09724

ORGANISATION POUR LA MISE

EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

O.M.V.S.

Organisation pour la Mise en Valeur
du Fleuve Senegal (OMVS)
Haut Commissariat
Centre Régional de Documentation
Saint-Louis

ETUDE D'EXECUTION DU BARRAGE DE MANANTALI

RAPPORT FINAL

MISSION A.2.1 - RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRES

VOLUME 3 - CIMENTS, AGREGATS, BETONS

TEXTES

GROUPEMENT MANANTALI

Ingénieurs-Conseils

JUIN 1979

Organisation pour la Mise en Valeur
du Fleuve Sénégal (OMVS)
Haut Commissariat
Centre Régional de Documentation
Saint-Louis

09724

PREAMBULE

La deuxième phase des études du projet de barrage à MANANTALI a consisté essentiellement en l'établissement du projet définitif du barrage et la définition complète des ouvrages en vue de la rédaction des documents d'appel d'offres.

Ces études ont été réparties en neuf missions différentes ayant fait l'objet de rapports individuels édités en version provisoire au début de l'année 1979 :

- Mission A.2.1 : Reconnaissances complémentaires
  - Volume 1 : Topographie - Hydrométrie - Analyses d'eau
  - Volume 2 : Géologie et géotechnique
  - Volume 3 : Ciments, agrégats et bétons.

- Mission A.2.2 : Modèles physique et mathématique
  - Volume 1 : Modèle réduit hydraulique
  - Volume 2 : Modèle mathématique.

- Mission A.2.3 : Projet définitif des ouvrages de génie civil
  - Volume 1 : Mémoire descriptif
  - Volume 2 : Plans et figures
  - Volume 3 : Notes de calcul (en édition restreinte).

- Mission A.2.4 : Projet définitif des équipements du barrage

- Mission A.2.5 : Cahier des prescriptions spéciales du génie civil
  - Volume 1 : Cahier des prescriptions administratives
  - Volume 2 : Cahier des prescriptions techniques
  - (Lors de l'édition définitive, les prescriptions spéciales du génie civil sont incorporées au dossier d'appel d'offres).

- Mission A.2.6 : Cahier des prescriptions techniques et administratives pour les équipements du barrage.
  (Lors de l'édition définitive, ces prescriptions sont incorporées au dossier d'appel d'offres).

- Mission A.2.7 : Gestion de l'ouvrage.

- Mission A.2.8 : Organisation des travaux.

- Mission A.2.9 : Dossier d'appel d'offres.

Le présent document constitue le rapport final de la Mission A.2.1 : Reconnaissances complémentaires - Volume 3 : Ciments, agrégats, bétons - Textes.

TABLE DES MATIERES

	Page
1. ESSAIS PRELIMINAIRES DES BETONS	
1.1. Introduction	1
1.2. Essais sur les agrégats utilisés pour la fabrication des éprouvettes de béton	1
1.3. Liants hydrauliques	4
1.4. Essais des bétons	7
1.5. Conclusions	14
2. ESSAIS PRELIMINAIRES DES CIMENTS	
2.1. Introduction	16
2.2. Types de ciments retenus pour les essais	16
2.3. Caractéristiques principales des ciments	17
2.4. Essais de pouzzolanicité des ciments	18
2.5. Essais des mortiers	19
3. RESUME FINAL DES ESSAIS	
3.1. Agrégats	21
3.2. Ciments	21
4. LISTE DES RAPPORTS DE LABORATOIRE	22

CHAPITRE 1 : ESSAIS PRELIMINAIRES DES BETONS

Récapitulation des essais réalisés

1.1. Introduction

Les essais préliminaires des bétons ont été effectués par le Centre Expérimental de Recherches et d'Etudes pour l'Equipement (CEREEQ) à Dakar, de juin 1977 à juillet 1978, conformément au programme de mars 1977 du Groupement Manantali, Ingénieurs-Conseils.

1.2. Essais sur les agrégats utilisés pour la fabrication des éprouvettes de béton

Deux types d'agrégats ont été utilisés : des "Quartzites" et des "Grès".

1.2.1. Résistance à l'usure DEVAL (résistance à l'attrition)

Remarque : L'essai DEVAL n'est pas significatif en valeurs absolues pour la résistance du béton proprement dite, mais donne des indications intéressantes concernant l'aptitude des cailloux au concassage.

Les coefficients de qualité D suivants ont été enregistrés (moyenne de deux essais), voir dossier 77/1923-1 CEREEQ, chapitre II-1.3.3.

Type de l'essai	Type d'agrégats :		
	Quartzites	Grès	Rapport $\frac{\text{Grès}}{\text{Quartzites}}$
DEVAL - Standard (pierres)	13,0	5,4	0,42
DEVAL - Modifié (gravillons)	5,7	2,4	0,42

Ces résultats font apparaître que la résistance à l'écrasement des grès représente environ 40 à 50 % de celle des quartzites.

1.2.2. Examens pétrographiques

L'examen pétrographique des roches a été confié par le CEREEQ au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (B.R.G.M.) à Dakar (voir dossier CEREEQ, chapitre II-1.3.1.).

1.2.2.1. Caractéristiques des roches :

Quartzites : Il s'agit d'une quartzarénite à texture mosaïque, avec quelques vides.
La granulométrie des quartz fournis se compose de deux populations :

- une classe vers 0,2 mm
- une classe vers 0,5 mm.

Grès : Il s'agit d'une quartzarénite tendant à acquérir une texture mosaïque, à nombreux vides.
Les grains des quartz nourris ont une granulométrie homogène de 0,2 à 0,3 mm.

1.2.2.2. Masse volumétrique

Les mesures par pesée hydrostatique des masses volumétriques de certains produits de concassage ont donné en moyenne les résultats suivants (voir dossier CEREEQ, chapitre II.-1.3.5.) :

Quartzites :	2,56 t/m^3
Grès :	2,51 t/m^3.

1.2.2.3. Pyrites

Les rapports B.R.G.M. ne font pas mention d'une présence quelconque de pyrites. Par contre, l'analyse de certains échantillons carottés des deux types de roche montre des traces nettes de pyrites, sinon des taches brunes de 1 à 3 mm de diamètre, provenant probablement de l'altération de pyrite.

Des tests effectués au Laboratoire des matériaux pierreux de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPF-L), montrent que les échantillons testés ne présentent aucune réactivité. Ceci indique que la pyrite n'est pas réactive dans les échantillons (voir les procès-verbaux de l'EPF-L no 193/77/S du 1.11.77 et no 99/78/S du 25.5.78).

1.2.3. Réactivité potentielle des agrégats (alcali réaction)

Les analyses de deux échantillons (quartzites et grès), effectuées sur demande du CEREEQ, au Centre expérimental de recherches et études du bâtiment et des travaux publics (C.E.B.T.P.) à Paris, donnent un point significatif dans la zone des agrégats considérés comme réactifs, mais voisine de la limite des zones (voir dossier CEREEQ, chapitre II.-1.3.2. et procès-verbal no 217/78/S du 22.11.78 de l'EPF-L).

Ces résultats montrent qu'il faut être très prudent dans le choix du ciment à utiliser pour la construction du barrage de Manantali. Il a été donc décidé d'entreprendre une série d'essais préliminaires de ciment de différentes teneurs en alcalis. Ces essais sont exécutés par le Laboratoire des matériaux pierreux de l'EPF-L et résumés dans le chapitre 2 "ESSAIS PRELIMINAIRES DES CIMENTS".

A titre de comparaison, un essai de réactivité potentielle a été effectué par l'EPF-L sur un échantillon de roche du type diorites, prélevé à une vingtaine de kilomètres du site du barrage. Cette analyse donne des points significatifs dans la zone des agrégats considérés comme non-réactifs (voir procès-verbal no 96/78/S du 24.5.78 de l'EPF-L).

1.3. Liants hydrauliques

Deux types de ciments ont été utilisés pour la fabrication des échantillons de béton :

a) Ciment portland artificiel Cap-Vert (RUFISQUE)

b) Ciment en provenance de DIAMOU.

1.3.1. Analyses chimiques

(Voir dossier CEREEQ, chapitre II.-2.2. et procès-verbal no 135/77/S du 26.8.77 de l'EPF-L).

1.3.1.1. Ciment de Rufisque

Ce ciment devrait convenir au point de vue des alcalis si l'on se réfère aux résultats des essais effectués à Paris par le C.E.B.T.P.

1.3.1.2. Ciment de Diamou

Les essais effectués à l'EPF-L et au C.E.B.T.P. indiquent une teneur en insolubles très élevée (17,69 %, respectivement 13,38 %). Elle peut provenir, éventuellement, de l'adjonction d'un matériau quelconque.

La teneur en alcali est relativement faible. De ce point de vue, ce ciment devrait également convenir pour la fabrication de béton avec les agrégats dits "réactifs".

1.3.2. Essais mécaniques

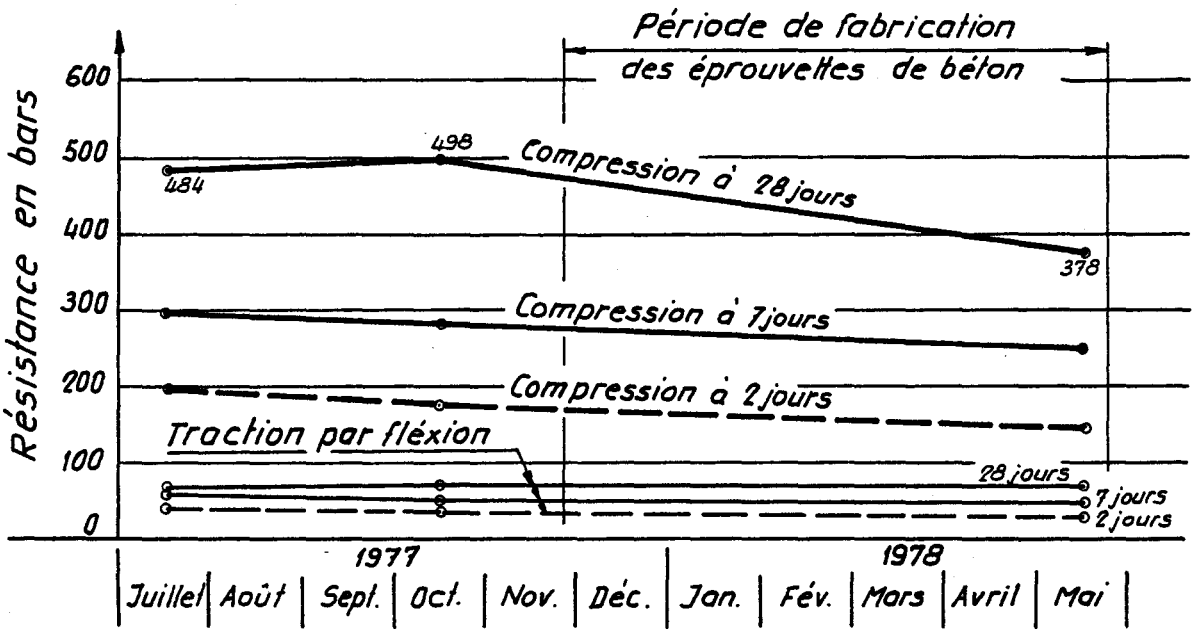
(Voir dossier CEREEQ, chapitre II.-2.3. et procès-verbal no 135/77/S du 26.8.77 de l'EPF-L)

Un seul lot de chaque type de ciment a été utilisé pour la préparation de tous les bétons. Des essais normaux de réception ont eu lieu.

Etant donné que les essais de béton se sont échelonnés sur une période de 7 mois environ (novembre 1977 à juin 1978), des essais sur les liants hydrauliques ont été effectués au cours de cette période, afin de déterminer des changements éventuels des caractéristiques des liants dus à un stockage prolongé.

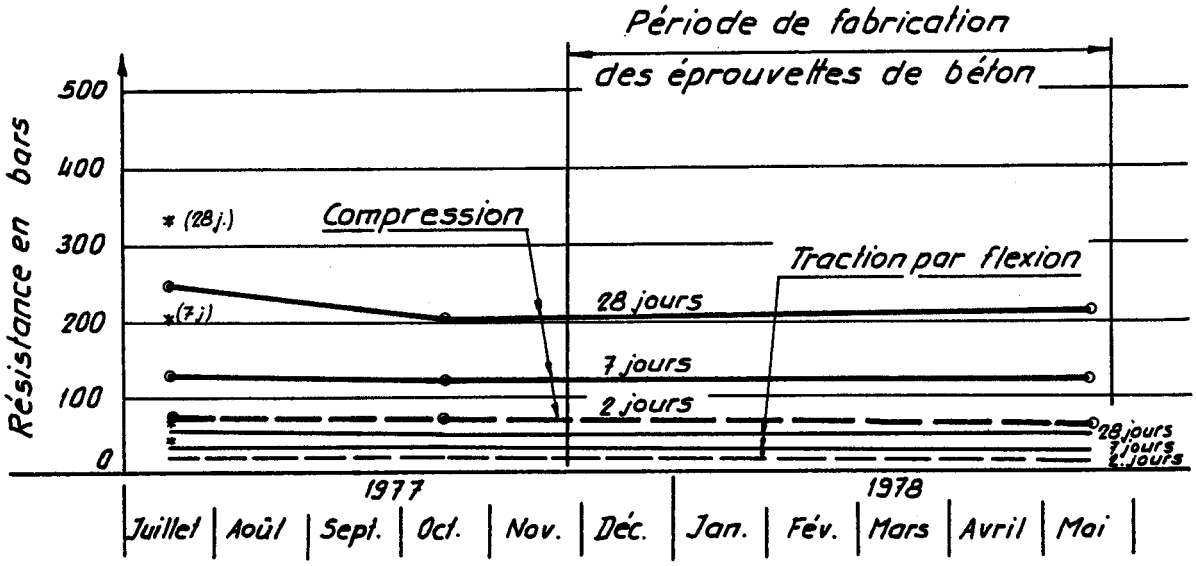
Les résultats des essais, exécutés selon les normes françaises AFNOR, sont résumés sur les graphiques ci-après :

a) Ciment de RUFISQUE



Remarque : La résistance moyenne à la compression à 28 jours a diminué de $\left(\frac{484 + 498}{2}\right) - 378 = 113$ bars, c'est-à-dire de 23,3 % en 7 mois, soit environ 3,3 % par mois de stockage.

b) Ciment de DIAMOU



Remarque : Les essais effectués en juillet 1977 au Laboratoire des matériaux pierreux de l'EPF-L ont donné les résultats suivants (marqués d'un * dans le graphique ci-dessus) :

Age	Compression, en bars	Traction par flexion, en bars
7 jours	204	42
28 jours	336	68

Essais exécutés selon les normes suisses.

c) Comparaison des ciments de RUFISQUE et de DIAMOU

Résistances moyennes en bars pendant la période de fabrication des essais.

	Age (jours)	RUFISQUE (bars)	DIAMOU (bars)	Différence en % (Rufisque = 100 %)
Résistance à la compression	2	158	65	- 59 %
	7	264	121	- 54 %
	28	426	208	- 51 %
Résistance à la traction par flexion	2	35	15	- 57 %
	7	50	28	- 44 %
	28	70	49	- 30 %

Les résistances indiquées dans le rapport CEREEQ, page 5, représentent la moyenne de 3 essais pour la flexion et de 6 essais pour la compression.

1.4. Essais des bétons

(Voir dossier CEREEQ, chapitre III)

1.4.1. Composition granulométrique des bétons

- Les séries A désignent les "Quartzites"
- Les séries B désignent les "Grès".

La composition granulométrique des premiers bétons (série A1) a été réalisée à partir des produits de concassage provenant de la carrière de Bargny.

La composition granulométrique des séries A2 à A4 et B1 à B4 a été obtenue à partir des 9 composantes provenant d'un concassage supplémentaire des matériaux.

Ce concassage supplémentaire a été demandé par le Groupement, afin d'obtenir une plus grande souplesse d'adaptation de la courbe gra-

nulométrique au fuseau de base, surtout dans le domaine des fins.

Toutes les courbes granulométriques ainsi obtenues s'inscrivent ou sont très proches du fuseau de base fixé par le Groupement.

1.4.2. Essais sur les bétons frais

1.4.2.1. Maniabilité

On constate une grande dispersion dans les valeurs caractérisant la maniabilité (durée de vibration et "Slump test"), avec des quantités d'eau nécessaire au gâchage très élevées (0,6 à 0,75 pour les quartzites et 0,73 à 0,92 pour les grès). Cela peut s'expliquer par le fait que l'on se trouve en présence de matériaux très poreux (en particulier les grès).

Quelques essais ont été effectués avec une courbe granulométrique légèrement modifiée en ajoutant des matériaux fins. On a constaté alors une augmentation de la quantité d'eau de gâchage nécessaire.

Valeurs moyennes des critères de maniabilité

		Quartzites	Grès
Courbes granulométriques de base (A1 et A2 pour les quartzites, B1 et B3 pour les grès)			
	Temps de vibration en secondes	102	59
	Affaissement mm	19	14
	E/C	0,60	0,65
Courbes granulométriques modifiées (A3 et A4 pour les quartzites, B2 pour les grès)			
	Temps de vibration en secondes	30	90
	Affaissement mm	26	10
	E/C	0,75	0,92

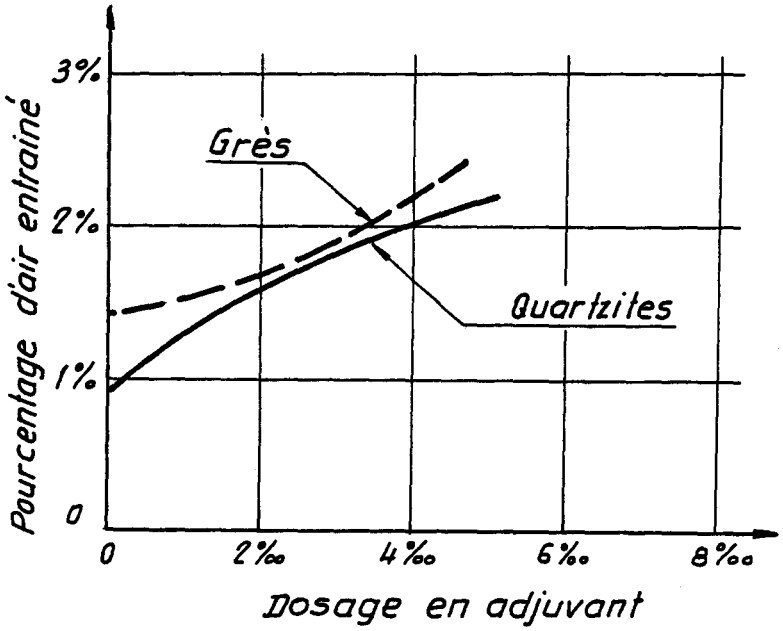
1.4.2.2. Pourcentage d'air occlus, dans le béton frais

L'entraîneur d'air utilisé était du type Frioplast A6.

a) Pourcentage moyen d'air occlus

	Quartzites	Grès
Sans adjuvant	0,9 %	1,42 %
Avec adjuvant	1,58 %	1,98 %

b) Pourcentage d'air entraîné, en fonction du dosage en adjuvant



1.4.2.3. Poids spécifique du béton frais

	Moyennes mesurées
Quartzites	2,40 t/m^3
Grès	2,30 t/m^3

Remarque

Les bétons fabriqués au Laboratoire ne donnent qu'une image imparfaite du futur béton de chantier. En effet, le malaxeur utilisé était trop petit pour permettre l'introduction des agrégats supérieurs à 50 mm. De ce fait, la composante 50/120 mm a dû être ajoutée à la main, en dehors du malaxeur (au sol), après l'homogénéisation du reste du mélange. Le "Slump test" a été effectué sur les matériaux sortant directement du malaxeur sans avoir été mélangés au préalable aux agrégats 50/120mm. Par contre, la durée de vibration a été contrôlée sur le béton "complet", soit après avoir été mélangé une deuxième fois à la main.

1.4.3. Essais mécaniques

Traction : Résistance moyenne sur deux prismes 20/20/60 cm (Traction pure $\frac{M}{W}$ x 0,6).

Compression : Résistance moyenne sur 4 déchets de prismes (après rupture en flexion).

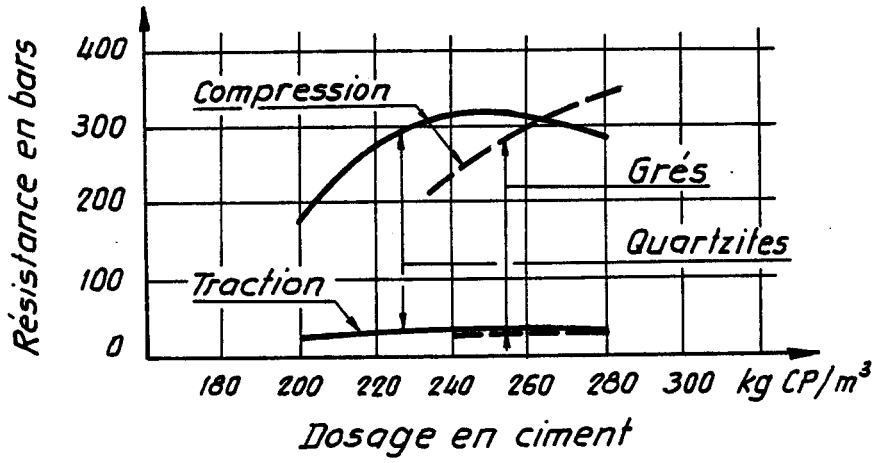
1.4.3.1. Résistance des bétons en fonction des agrégats

- Dosage en ciment : 240 kg CP/m^3
- Type de ciment : RUFISQUE
- Age du béton : 28 jours
- Nombre de séries : Quartzites 5
  Grès 3

	Type d'agrégats :			
	Quartzites	Grès	Rapport	$\frac{\text{Grès}}{\text{Quartzites}}$
Résistance moyenne à la traction (bars)	31,6	22,7		0,72
Résistance moyenne à la compression (bars)	314	238		0,76

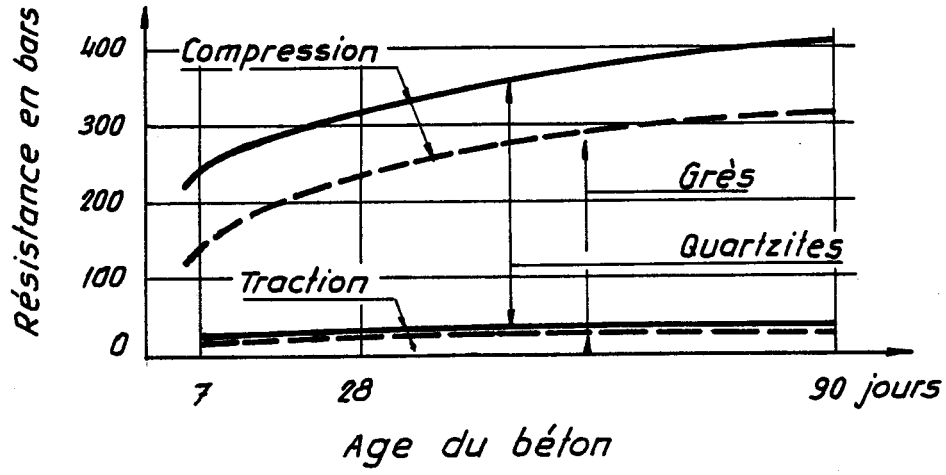
1.4.3.2. Résistance des bétons en fonction du dosage en ciment

- Type de ciment : RUFISQUE
- Age du béton : 28 jours



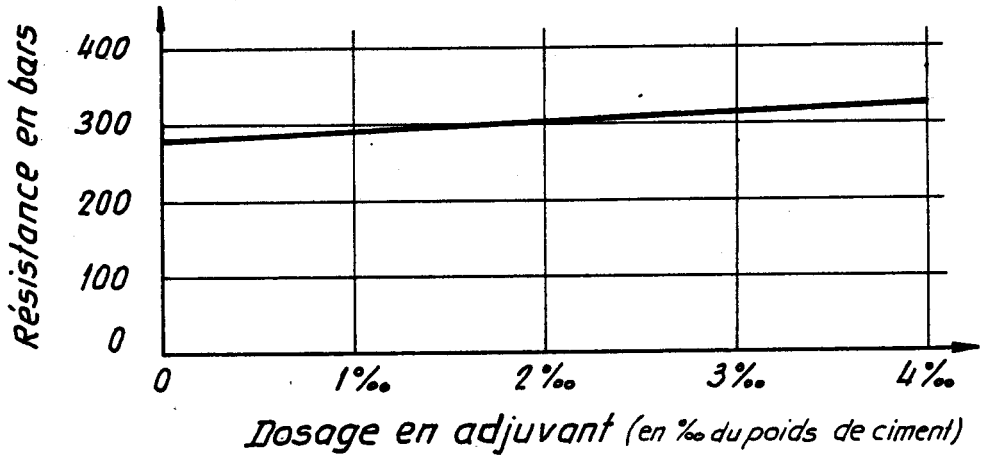
1.4.3.3. Résistance des bétons en fonction de l'âge

- Dosage en ciment : 240 kg CP/m^3
- Type de ciment : RUFISQUE



1.4.3.4. Résistance des bétons en fonction du pourcentage d'adjuvant

- Type des agrégats : Quartzites
- Dosage en ciment : 240 kg CP/m^3
- Type de ciment : RUFISQUE
- Age du béton : 28 jours



1.4.3.5. Résistance des bétons en fonction du type de ciment utilisé

- Type des agrégats : Grès
- Dosage en ciment : 240 kg CP/m^3
- Types de ciment : RUFISQUE - DIAMOU
- Adjuvant : 3 %o de Frioplast A6
- Age du béton : 28 jours

	Type de ciment		
	Rufisque	Diamou	Rapport $\frac{\text{Diamou}}{\text{Rufisque}}$
Résistance à la compression, en bars	219	153	0,70
Résistance à la traction, en bars	22	21	0,96

1.4.4. Essais de perméabilité

1.4.4.1. Résultats des essais effectués au Laboratoire des matériaux pierreux de l'EPF-L

(Voir procès-verbal no 174/78/S du 14 septembre 1978)

Ces essais ont été effectués selon les normes SIA 162, directive 6.

Type de béton	Profondeur moyenne de pénétration en cm
Béton "Quartzites"	
• Ciment Rufisque 240 kg/m^3	
• Adjuvant : 3 ‰ de Frioplast A6	4 à 7 cm
• Ciment Rufisque 280 kg/m^3	
• Adjuvant : 2,5 ‰ de Frioplast A6	4 à 8 cm
Béton "Grès"	
• Ciment Rufisque 240 kg/m^3	
• Adjuvant : 3 ‰ de Frioplast A6	13 à 17 cm

Selon les normes SIA 162, directive 6, les 3 types de béton essayés peuvent être considérés comme étanches.

1.4.4.2. Résultats des essais effectués au "Labor für Präparation und Methodik" LPM à Beinwil, Suisse

(Voir procès-verbal A-1050 du 14.7.78)

Le coefficient de perméabilité k_w a été calculé en fonction des mesures de perméabilité selon Darcy.

Type de béton	Coefficient de perméabilité k_w en cm/sec
Béton "Quartzites"	
· Ciment Rufisque 240 kg/m^3	
· Adjuvant 3 ‰ de Frioplast A6	10×10^{-8} cm/sec
Béton "Grès"	
· Ciment Rufisque 240 kg/m^3	
· Adjuvant 3 ‰ de Frioplast A6	39×10^{-8} cm/sec

Les deux types de béton peuvent être considérés comme étanches ($k_w < 50 \times 10^{-8}$ cm/sec).

1.4.5. Essais de "durabilité"

Les analyses microscopiques, effectuées au "Labor für Präparation und Methodik" LPM à Beinwil Suisse, permettent de juger la durabilité du béton (voir procès-verbal A-1050 du 14.7.1978).

Les deux types de béton analysés (quartzites et grès) peuvent être considérés comme partiellement résistants au gel, avec un résultat légèrement supérieur pour les quartzites.

1.5. Conclusions

L'analyse des résultats de tous les essais effectués nous montre qu'il est possible de fabriquer un béton de barrage satisfaisant avec les agrégats du type "Quartzites", sous réserve des essais complémentaires de

réactivité potentielle ciment-granulats

(résumés dans le chapitre 2 ci-après).

Par contre, nous proposons de renoncer aux "Grès", étant donné que tous les essais effectués avec ce genre d'agrégats donnent des résultats nettement inférieurs à ceux exécutés avec des "Quartzites".

Enfin, les résultats des essais de réactivité potentielle effectués nous permettent d'envisager la fabrication d'un béton avec des agrégats du type "diorites".

1.5.1. Caractéristiques du béton admises pour l'établissement de l'avant-projet détaillé

· Masse volumétrique :	2,40 t/m^3
· Résistance à la compression à 90 jours sur cubes 20/20/20 cm :	400 bars
· Résistance à la traction par flexion à 90 jours :	58 bars

1.5.2. Essais préliminaires des bétons lors de la phase d'exécution

Une nouvelle série d'essais préliminaires sera entreprise lors de la 1ère campagne d'exécution en utilisant le type de ciment choisi en fonction des essais de réactivité potentielle ciment-granulats. Ces essais seront exécutés en utilisant des agrégats du type "quartzites" et "diorites".

2.3. Caractéristiques principales des ciments

(Voir procès-verbaux nos 3555/78, 236/78/S, 239/78/S et 113/79/5)

Type de ciment	A	A1	B	B1	C	C1
Densité moyenne apparente (t/m^3)	2,25	2,21	2,24	2,21	2,24	2,21
Résistance à la flexion, en bars						
7 jours	76	62	55	50	65	50
28 jours	92	82	80	68	80	72
90 jours	94	92	91	87	91	88
Résistance à la compression, en bars						
7 jours	422	289	260	203	268	217
28 jours	526	445	356	324	397	342
90 jours	620	554	440	441	448	464
Teneur en Silice, en %	20,12	-	19,62	-	21,05	-
Teneur en CaO, en %	66,18	-	62,50	-	61,50	-
Teneur en Fe_2O_3, en %	1,52	-	2,81	-	2,48	-
Teneur en Al_2O_3, en %	4,52	-	4,44	-	5,00	-
Teneur en alcalis exprimée en Na_2O équivalent ($Na_2O+0,658xK_2O$), en %	0,53	-	0,97	-	1,17	-
Composition potentielle : C_3S; en %	67,40	-	59,68	-	41,49	-
C_2S; en %	6,85	-	11,24	-	29,07	-
C_3A; en %	9,41	-	7,00	-	9,04	-
C_4AF; en %	4,62	-	8,54	-	7,54	-
Chaleur d'hydratation selon BS 1370						
7 jours, en cal/g	81	70	69	62	72	64
28 jours, en cal/g	90	81	81	74	80	75
Quantité de chaleur dégagée (par calcul) en cal/g	109	-	102	-	94	-
Surface spécifique selon Blaine, en cm2/9	4.400	-	3.200	-	3.300	-
Refus sur tamis de 4900m/cm2, en %	3,10	-	14,5	-	2,35	-

2.4. Essais de pouzzolanicité des ciments

2.4.1. Types de ciment analysé

A1. PZ 45-F-NA Dyckerhoff (RFA) avec 30 % de Trass

B1. CP Eclépens (Suisse) avec 30 % de Trass

C1. CP St-Maurice (Suisse) avec 30 % de Trass.

2.4.2. Résultats des essais

(Voir procès-verbal no 5/79/S)

Les deux types de ciment A1 et B1 ont un point représentatif situé au-dessous de l'isotherme de solubilité sur le diagramme de pouzzolanicité. Par contre, le point représentatif du ciment C1 est situé pratiquement sur l'isotherme de solubilité du même diagramme.

2.4.3. Interprétation des essais

On peut donc considérer les deux mélanges ciment-trass A1 et B1 comme "pouzzolaniques", c'est-à-dire le trass utilisé est capable de fixer la chaux libérée dans le mélange.

Malgré le résultat négatif de l'essai de pouzzolanicité du ciment C1, on peut le considérer également comme "pouzzolanique", étant donné les résultats des essais de résistance sur prismes de mortier (voir chapitre 2.3.). En effet, la résistance à la compression à 7 jours qui n'était que 80 % de celle obtenue sans trass, a été de 104 % à 90 jours.

2.5. Essais des mortiers

2.5.1. Essais de réactivité ciment-granulat

Les résultats des essais de réactivité ciment-granulat, exécutés selon les normes ASTM C 227-71, sont consignés dans le procès-verbal no112/79/S du L.M.P. de l'EPF-L.

2.5.1.1. Récapitulation des résultats

Variations de la longueur des éprouvettes, exprimées en pour mille (‰) en fonction des types de ciments et des agrégats utilisés.

Type des agrégats	Quartzites						Grès					
Type de ciment	A	A1	B	B1	C	C1	A	A1	B	B1	C	C1
Mesures à 3 mois	-0,037	-0,456	+0,068	-0,269	-0,156	-0,112	-0,290	-0,352	-0,190	-0,188	-0,169	-0,137
Mesures à 5 mois	-0,309	-0,576	-0,188	-0,199	-0,151	-0,036	-0,385	-0,549	-0,298	-0,106	-0,119	-0,059
Mesures à 6 mois	-0,222	-0,484	-0,105	-0,151	-0,119	+0,016	-0,341	-0,438	-0,224	-0,061	-0,092	-0,026

Retrait (-) Gonflement (+)

Remarque :

Selon les critères d'appréciation des normes ASTM C 227-71, sont considérés comme "dangereux" les gonflements suivants :

- gonflements (+) mesurés après 3 mois : supérieurs à 0,5 ‰;
- gonflements (+) mesurés après 6 mois : supérieurs à 1,0 ‰.

2.5.1.2. Interprétation des résultats :

Le tableau 2.5.1.1. indique :

- que les résultats ne sont nullement influencés par le type d'agrégat (quartzite ou grès),
- qu'aucun résultat ne s'approche des valeurs réputées "dangereuses",
- que toutes les éprouvettes ont tendance à se raccourcir, en particulier les éprouvettes du type A et A1 des deux agrégats. (Cela provient probablement d'une finesse de mouture plus élevée du ciment A1 PZ 45-F-NA Dyckerhoff, que celle des autres ciments utilisés).

2.5.2. Essais de délavage par percolation d'eau

2.5.2.1. Récapitulation des résultats (voir procès verbal 117/79/5)
Somme des grammes de CaO délavé à la fin de l'essai.

Type des agrégats	QUARTZITES						GRES					
Type de ciment	A	A1	B	B1	C	C1	A	A1	B	B1	C	C1
CaO délavé en gr.	5,1	4,8	6,4	4,2	5,3	3,5	8,1	4,8	6,3	3,6	5,6	3,4

2.5.2.2. Interprétation des résultats.

- L'addition de Trass aux 3 ciments A, B et C diminue la vitesse de délavage de la chaux. Cet effet est toutefois faible avec le ciment du type A et les quatzites.
- L'action du Trass est plus fortement marquée pour un ciment où la vitesse de délavage est élevée.
- Les résultats sont généralement peu influencés par le type d'agrégats, à l'exception de ceux obtenus avec le ciment A.

2.5.3. Analyses d'eau

Nous rappelons que les résultats des analyses de l'eau du Bafing sont commentés dans le volume 1, chapitre 3 de la mission A.21.

Nous constatons en particulier, que sur les 27 analyses effectuées, 3 analyses donnent des résultats qui dépassent la valeur limite d'une faible agressivité de l'eau, selon les normes DIN 4030 (teneur en CO_2 agressif selon Heyer supérieure à 30 g/m^3).

CHAPITRE 3 : RESUME FINAL DES ESSAIS

3.1. Agrégats

- Les agrégats du type "QUARTZITES", utilisés pour l'exécution des essais préliminaires des bétons, peuvent convenir pour la fabrication des bétons du barrage de Manantali (voir chapitre 1).

3.2. Ciments

- Les essais de réactivité ciment-granulat indiquent clairement qu'une teneur en alcalins du ciment jusqu'à 1,17 % (exprimée en Na_2O - équivalent) n'a aucune influence néfaste sur la qualité du mortier.

- Pour protéger le béton contre l'agressivité possible de l'eau du Bafing, les précautions suivantes sont envisagées :

  - diminuer quelque peu la finesse de mouture du ciment selon Blaine (à environ 2500 cm^2/g), afin de réduire dans la mesure du possible le retrait du béton;
  - utiliser un ciment Portland avec une teneur en chaux pas trop élevée;
  - adjonction de trass ou de pouzzolane active, afin de fixer la chaux libérée lors de la prise.

- Untersuchungsbericht Nr. A 1050 du Labor für Präparation und Methodik, Beinwil.
  Essais de perméabilité et de durabilité (19 pages)

- Procès-verbal no 236/78/S du L.M.P. de l'EPF-L.
  Chaleur d'hydratation de ciments (2 pages)

- Procès-verbal no 239/78/S du L.M.P. de l'EPF-L.
  Analyse chimique et chaleur d'hydratation de ciments (3 pages)

- Procès-verbal no 3555/78 du L.M.P. de l'EPF-L.
  Essais de résistance à la flexion et à la compression (6 pages)

- Procès-verbal no 5/79 du L.M.P. de l'EPF-L.
  Essais de pouzzolanicité de ciments, selon ISO R 863 (5 pages)

- Procès-verbal n°112/79/S du L.M.P. de l'EPF-L.
  Essais de réactivité ciment-granulat, selon ASTM C 227-71 (10 pages)

- Procès-verbal n° 113/79/S du L.M.P. de l'EPF-L
  Essais de temps de prise, de stabilité de volume et de finesse de mouture (6 pages)

- Procès-verbal n° 117/79/2 du L.M.P. de l'EPF-L
  Délavage de mortier de ciment à l'eau (9 pages)