

# TABLE DES MATIERES

	<u>PAGES</u>
<u>PREMIER CHAPITRE</u> - Barrages du Fleuve Sénégal .....	1
1.1 - Généralités .....	1
1.2 - Barrages prévus par le plan .....	1
1.3 - Barrage de Manantali .....	3
1.3.1. - Etude préinvestissement pour la réguli- sation du fleuve Sénégal - Aménagement de de Manantali - Matériaux de construction.	3
1.3.2. - Etude d'exécution du barrage et de l'usine hydro-électrique de Manantali .....	4
1.4. - Barrage de Diama .....	4
<u>DEUXIEME CHAPITRE</u> - Ciment .....	5
II.1 - Production actuelle et sortes de ciment dans les pays de l'OMVS .....	5
II.2 - Production prévue dans les pays de l'OMVS .....	9
II.3 - Ciment pour les Barrages .....	14
<u>TROISIEME CHAPITRE</u> - Béton pour les barrages .....	23
III.1 - Béton de masse .....	23
III.2 - Béton pour construction ordinaire .....	23 (bis)
<u>QUATRIEME CHAPITRE</u> - Agrégat pour les barrages .....	25
IV.1 - Agrégats pour le barrage de DIAMA .....	25
IV.2 - Agrégats pour le barrage de MANANTALI .....	34

	<u>PAGES</u>
<u>CINQUIEME CHAPITRE</u> - Essais préliminaires pour les barrages	36
<u>SIXIEME CHAPITRE</u> - Matériaux de construction .....	38
VI.1.1. Généralités .....	38
VI.1.2. Traitement pour obtenir les meilleures conditions .....	39
VI.2. <u>Détermination des conditions de participation des laboratoires nationaux de Travaux Publics du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal au développement de l'Industrie des Travaux Publics.</u>	40
VI.2.1 Essais préliminaires (DAKAR) .....	41
VI.2.2 Equipement supplémentaire .....	45
VI.2.3 Essais préliminaires (BAMAKO) .....	50
VI.2.4 Equipement supplémentaire .....	54
(pour le laboratoire de Bamako)	
VI.2.5 Essais préliminaires (NOUAKCHOTT) .....	59
VI.2.6 Equipement supplémentaire pour le laboratoire de Nouakchott .....	63
<u>SEPTIEME CHAPITRE</u> - CONCLUSION	
Appendice I .....	68
Appendice II .....	71
Bibliographie et renseignements .....	73

## Chapitre I

### BARRAGES SUR LE FLEUVE SENEGAL

#### I. 1 - GENERALITES

*La maîtrise des eaux du Sénégal a toujours été un objet de préoccupation majeure de la part des Etats Riverains de ce fleuve :*

- République du Sénégal*
- République du Mali*
- République Islamique de Mauritanie*

*L'OMVS sur un plan régional pose le problème d'étudier et de définir la manière la plus efficace d'assurer la régularisation des débits du fleuve Sénégal pour, entre autres objectifs, aider le développement de l'agriculture dans la vallée, améliorer la navigabilité depuis Kayes jusqu'à la mer et fournir de l'énergie hydroélectrique nécessaire pour l'exploitation des ressources minérales et pour le développement industriel du Sénégal, du Mali, et de la Mauritanie.*

#### I. 2 - BARRAGES PREVUS PAR LE PLAN

*Les barrages prévus sont de 3 types :*

- a) Ouvrages de régularisation pour l'irrigation, la navigation et la production d'énergie*
- b) Ouvrages pour la production d'énergie hydro-électrique seule*
- c) Ouvrages d'irrigation et anti-sel .*

c) Ouvrages d'irrigation et anti-sel

Barrage de Diama - le barrage du Delta, avec les fonctions principales :

- 1 - D'arrêter la langue salée d'origine marine.
- 2 - Donner environ 50 000 ha en double culture.
- 3 - De permettre le remplissage des lacs et dépression de Guiers, R'Kiz et Aftout-Sahel.

Le plan prévu de construction de barrages prévoit un investissement d'environ 1,5 milliards de dollars pour les 25 années à venir.

1.3. - BARRAGES DE MANANTALI

1.3.1. - Etude préinvestissement pour la régularisation du fleuve Sénégal  
Aménagement de Manantali - Matériaux de construction (1)

a) Barrage en contreforts et ouvrages annexes

- Béton de masse .....	1 335 000 m3
- Béton armé .....	55 000 m3
- Armatures .....	4 300 t

b) Usine hydroélectrique et poste de couplage

- Béton armé .....	23 300 m3
- Armatures .....	1 400 t

TOTAL

Béton de masse .....	1 335 000 m3
Béton armé .....	78 000 m3
Armatures .....	5 700 t

1.3.2. - Etude d'exécution du barrage et de l'usine hydroélectrique de Manantali (2)

Dans cette étude au chapitre B.2.4. Essai sur les matériaux de construction page 18-20 (appendice I). Les essais qui sont prévus ne correspondent pas au béton de masse.

(1) Volume 7 (7-2-28) Sénégal-Consult - correspond seulement à l'un des 2 types étudiés par Sénégal-Consult. Ces chiffres sont donnés à titre indicatif.

(2) RRI - TRACTIONNEL - STUCKY - SONED.

Les essais prévus correspondent seulement pour béton jusqu'au diamètre maximum de 30 mm.

Les essais de ciment avec les caractéristiques essentiels ne sont pas prévus.

Pour un béton de masse, il faut prévoir un ciment de faible chaleur d'hydratation, avec dosage du ciment minimum possible (deuxième et troisième chapitre de cette étude).

1.4. - BARRAGE DE DIAMA

Le barrage mobile prévu comporte un seuil en béton de 170 m de long, surmonté de 9 piles de 3,50 m de large, délimitant 10 passes de 13,50 m de largeur, équipé de vannes secteur de 11 m de hauteur. (rapport SOGREAH, 1972).

Dans le cahier de prescriptions spéciales, au chapitre B.2 - Géotechnie et essais de matériaux page 9, (appendice II), aucun essai de matériaux de construction n'est prévu.

Pour un béton de masse (épaisseur plus d'un mètre), il faut prévoir un ciment de faible chaleur d'hydratation avec dosage du ciment minimum possible (deuxième et troisième chapitre de cette étude).

## Chapitre II

### C I M E N T

#### II. 1 - PRODUCTION ACTUELLE ET SORTES DE CIMENT DANS LES PAYS DE L'OMVS.

##### II.1.1 - Production actuelle et sortes de ciment au Sénégal

###### a) Production actuelle

L'industrie du ciment au Sénégal - **SOCOCIM**- Rufisque avec une production actuelle de 400 000 t/an. (Fig 1)

La consommation du Sénégal en 1976 était environ de 380 000 t, avec l'augmentation de la consommation en 1977, il n'y aura pas de possibilité d'exportation.

###### b) Sortes de ciment

La SOCOCIM à Rufisque produit les sortes de ciment avec les désignations et appellations normalisées suivantes :

- 1) Ciment à haute résistance initiale HRI 315/400
- 2) Ciment Portland artificiel CPA à haute résistance 210/325
- 3) Ciment portland artificiel CPA à haute résistance maritime sans constituant secondaire 210/325.

(Table I)

La production de CPA à haute résistance 210/325 est 95 % de la production et seulement 5 % constituant la production des 2 autres sortes de ciment.

Les prix du ciment sont 9 500 F.CFA par tonne hors taxe.

# INDUSTRIE DU CIMENT AU SENEGAL

SOCOCIM — RUFISQUE

Tonnes

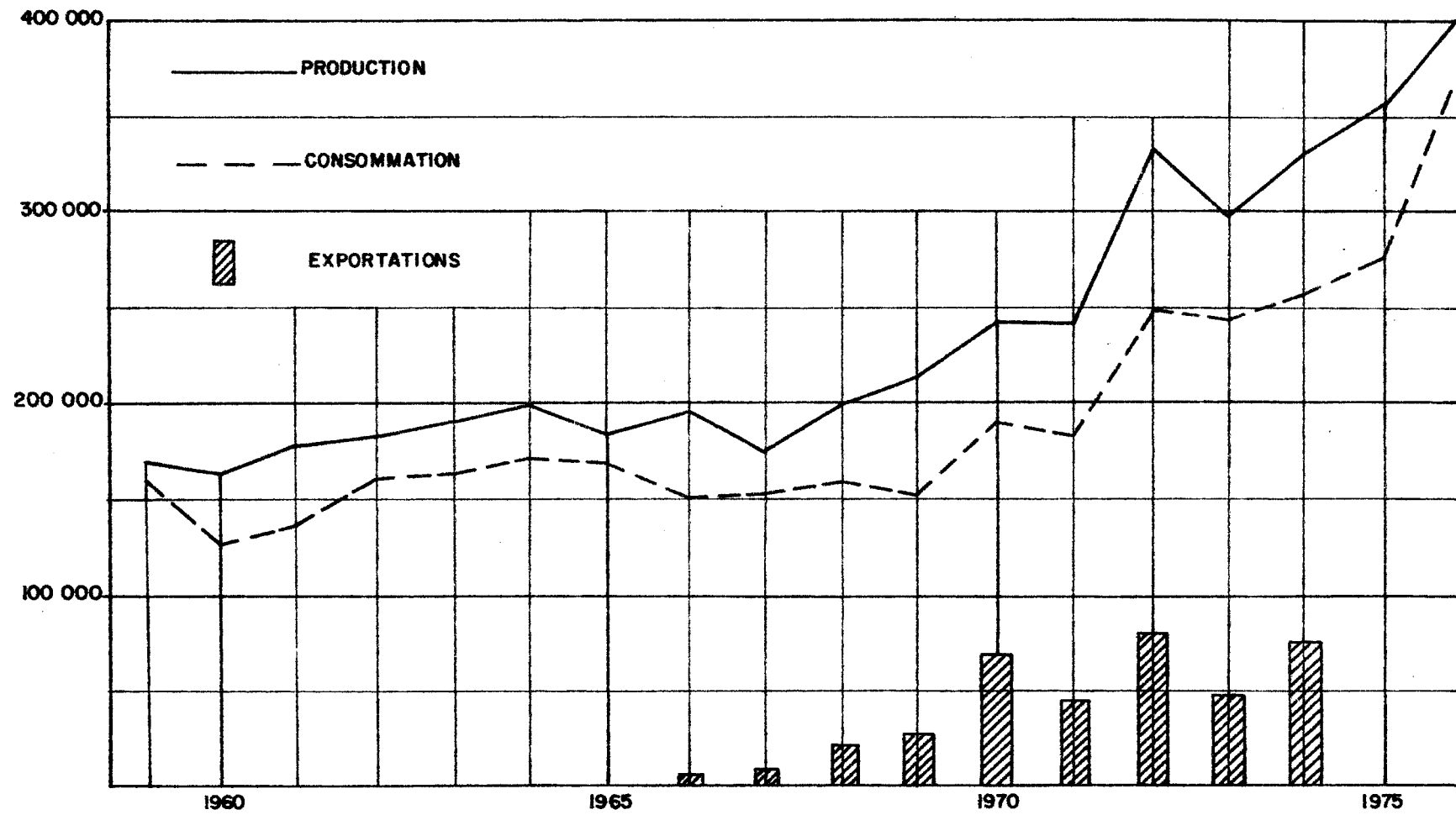


Fig. 1

SOCCIM - RUFISQUE  
CARACTERISTIQUES DES CEMENTS - PRODUCTION  
NOVEMBRE 1976

TABLE I

DESIGNATION	APPELLATION. NORMA- LISEE.	CLASSE DE RESISTANCE						CARACTERISTIQUES CHIMIQUE							
		COMPRESSION			TRACTION			CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	C <sub>3</sub> S
		2j	7j	28j	2j	7j	28j								
Ciment à haute résistance initiale.	H. R. I.	150 (248)	315 (389)	400	18 (54)	25 (72)	30	(64, 83)	(3, 12)	(21, 46)	(1, 83)	(3, 28)	(2, 33)		
Ciment Portland artificiel.	C. P. A. à haute résistance		210 (211)	325 (343)		20 (46)	25 (64)	(55, 10)	(2, 94)	(20, 95)	(1, 97)	(3, 20)	(2, 48)		
Ciment Portland artificiel.	C. P. A. à haute maritime sans constituant secondaire.		210 (156)	325 (263)		20 (36)	25 (55)	(64, 75)	3, 0 (2, 62)		(22, 28)	(2, 00)	(3, 38)	(1, 94)	(5, 58) (63, 10)

( ) Essais laboratoire

\* (C<sub>3</sub>A) + 0,27 (C<sub>3</sub>S) = 23,5 p. 100

(5,58) + 0,27 (63,10) = 23,5 p. 100



Pour la chaleur d'hydratation (une des plus importantes caractéristiques de ciment pour la production de béton de masse) il existe seulement 2 résultats d'essais pour le ciment maritime CPA 325 :

Premier (20 février 1976)

Laboratoire à Viviers (France) avec calorimètre de Langavant.

Chaleur d'hydratation après 7 jours

- 73,5 Cal/g
- 74,0 Cal/g

Cette méthode donne par rapport à la méthode de dissolution des résultats supérieurs d'environ 4 à 6 Cal/g.

Deuxième

Laboratoire bâtiments - Paris, par méthode ASTM (méthode de dissolution)

Après 3 jours .....	55 Cal/g
" 7 jours .....	63 Cal/g
" 28 jours .....	84 Cal/g
" 90 jours .....	98 Cal/g

## II. 1. 2 - Production actuelle et sortes de ciment au Mali

### a) Production actuelle

L'industrie du ciment au Mali à Diamou a une production de 50 000 tonnes/an.

La consommation du Mali en 1974 était environ de 90 000 t, c'est-à-dire, que l'importation actuelle est d'environ 40 000 t/an.

### b) Sortes de ciment

La cimenterie de Diamou produit une seule sorte de ciment : Ciment Portland artificiel CPA à haute résistance 210/325.

### II. 1. 3 - Production actuelle et sortes de ciment en Mauritanie

#### a) - Production

Actuellement, la production du ciment n'existe pas en Mauritanie.

La consommation actuelle est environ de 50 000 t/an.

L'importation du ciment du Sénégal en 1975 a été de 43 078 t.

Cette année, la Mauritanie a importé des Iles Canaries du Ciment portland artificiel.

#### b) - Sortes de ciment

Ciment d'importation

Sénégal Rufisque - CPA 325

Gran Canaria - Ciment pouzzolanique PUZ 320, équivalent en résistance au BSS 12/1958 - Avec 20-33 % de pouzzolane naturel.

### II. 2. - PRODUCTION PREVUE DANS LES PAYS DE L'CMVS

#### II. 2. 1 - Production prévue au Sénégal

Il existe 2 possibilités pour l'augmentation de la production du ciment au Sénégal.

#### a) - Extension de la production actuelle de la cimenterie de Rufisque en 2 phases :

Première phase : amélioration technique avec un nouveau broyeur extension de 100 000 t/an.

Deuxième phase : construire un nouveau four de 1600 t/jour (longueur 50-90 m et diamètre 4,20 m) avec une production annuelle d'environ 500 000 t/année.

#### b) - Construction d'une nouvelle cimenterie

A Pout, près de Thiès, avec une production de 500 000 t/an avec possibilité d'extension. La production est prévue pour 1981. (1977 pour la fin des études et la recherche de financements - 1978 - 1981 pour la construction et l'équipement).

## II. 2. 2 - Production prévue au Mali (1)

Avec une consommation d'environ 200 000 t/an en 1985 (Fig. 2) sur la base d'augmentation de 7 %/an de la consommation actuelle. Avec la réalisation du barrage de Manantali, et avec une production actuelle de seulement 50 000 t/an, avec le prix de 45 000 FM (95 US \$ par tonne) la construction de la nouvelle cimenterie prévue avec une capacité de 300 000 t/an, une urgence exceptionnelle. (Fig. 3).

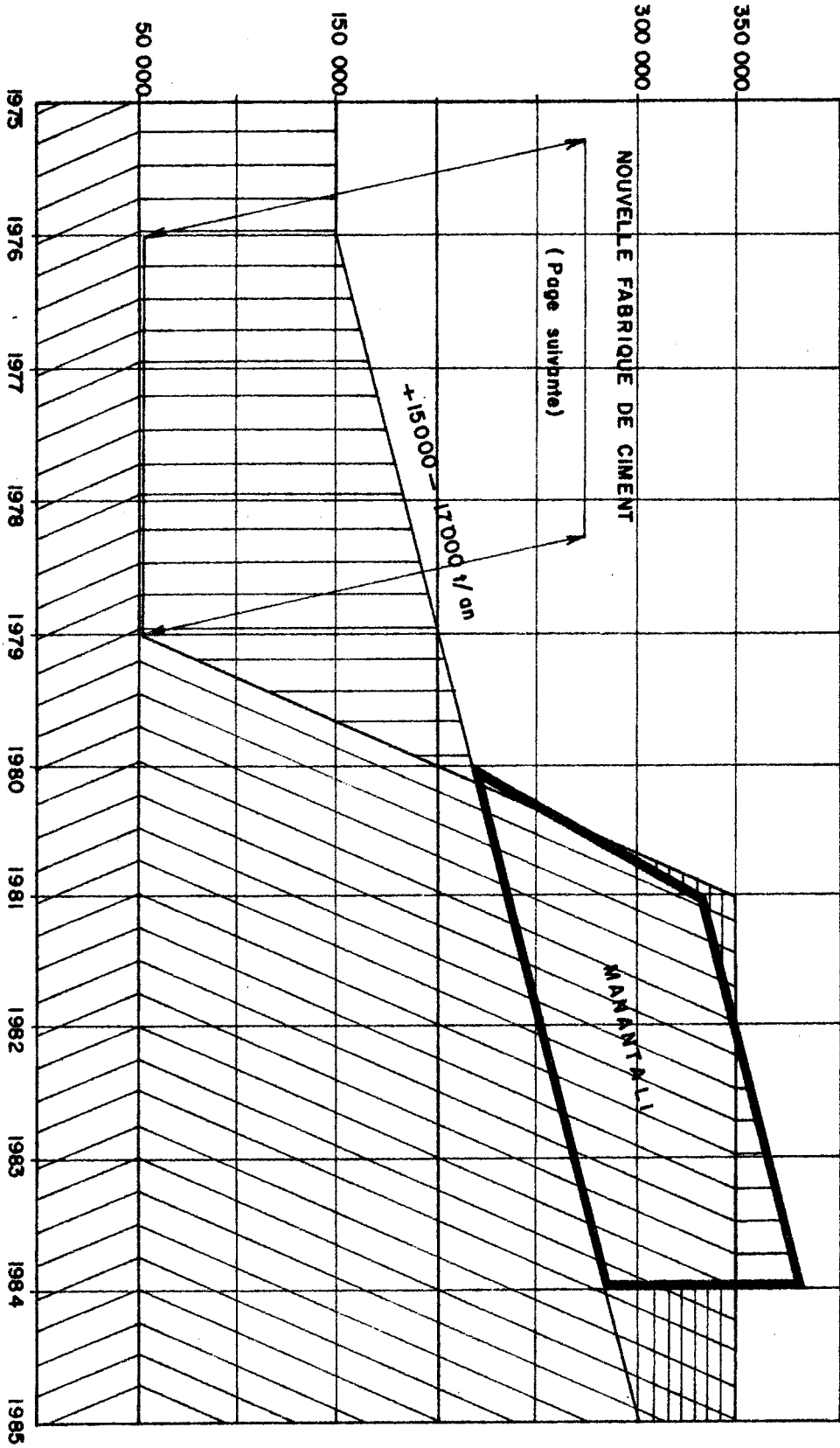
Il est nécessaire que les programmes d'étude (réalisée actuellement par un groupe allemand) de construction de l'usine et de mise au point de la fabrication soient réalisés dans les délais les plus courts qui sont techniquement possibles (Fig. 3). La solution d'importer le ciment à partir du Sénégal comporte 3 grandes difficultés :

1 - Transport du ciment (clinker) de Dakar à Manantali (Fig. 4) environ 850 km par chemin de fer et 85 km par la route de Mahina à Manantali.

2 - Le transport du ciment n'est pas une solution satisfaisante, à cause de la possibilité d'hydratation du ciment pendant le transport (humidité très élevée). Dans ce cas, il faut transporter le clinker et faire le broyage aux environs du site du barrage. Il faudrait alors construire des bâtiments, (silos) installer un broyeur, un laboratoire, etc. dont les coûts représentent environ 15-20 % du coût de construction d'une cimenterie.

3 - Actuellement, il n'existe pas de possibilité d'importation de ciment à partir du Sénégal.

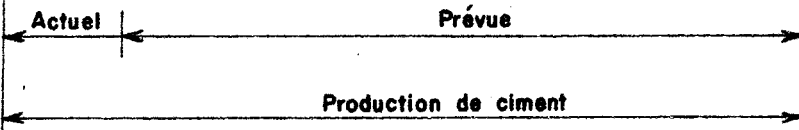
t/an



Production actuelle



Production prévue pour la nouvelle cimenterie



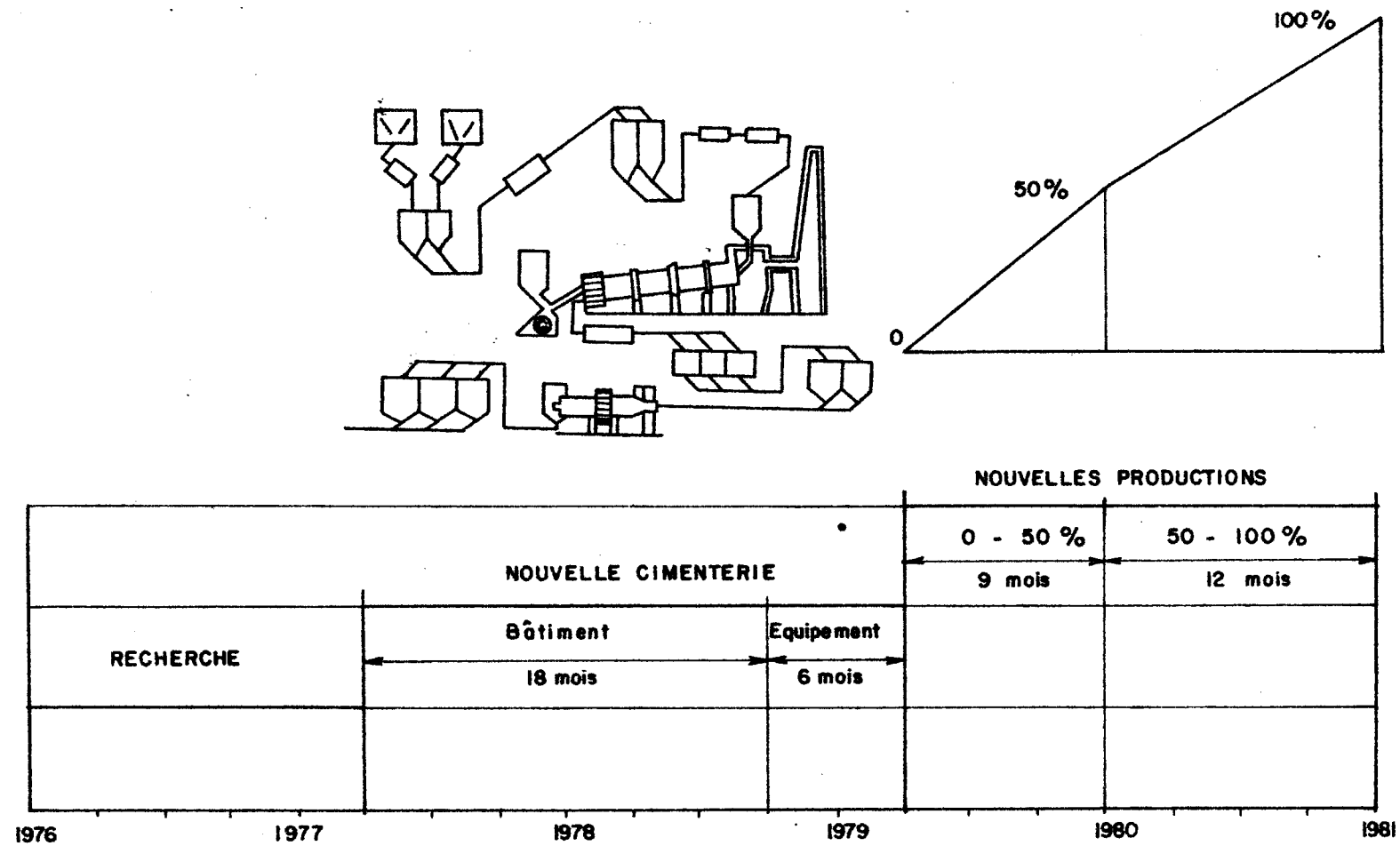


Fig. 3

Coût du transport actuel :

Par chemin de fer : 8 F CFA t/km

Par route : 15 F CFA t/km

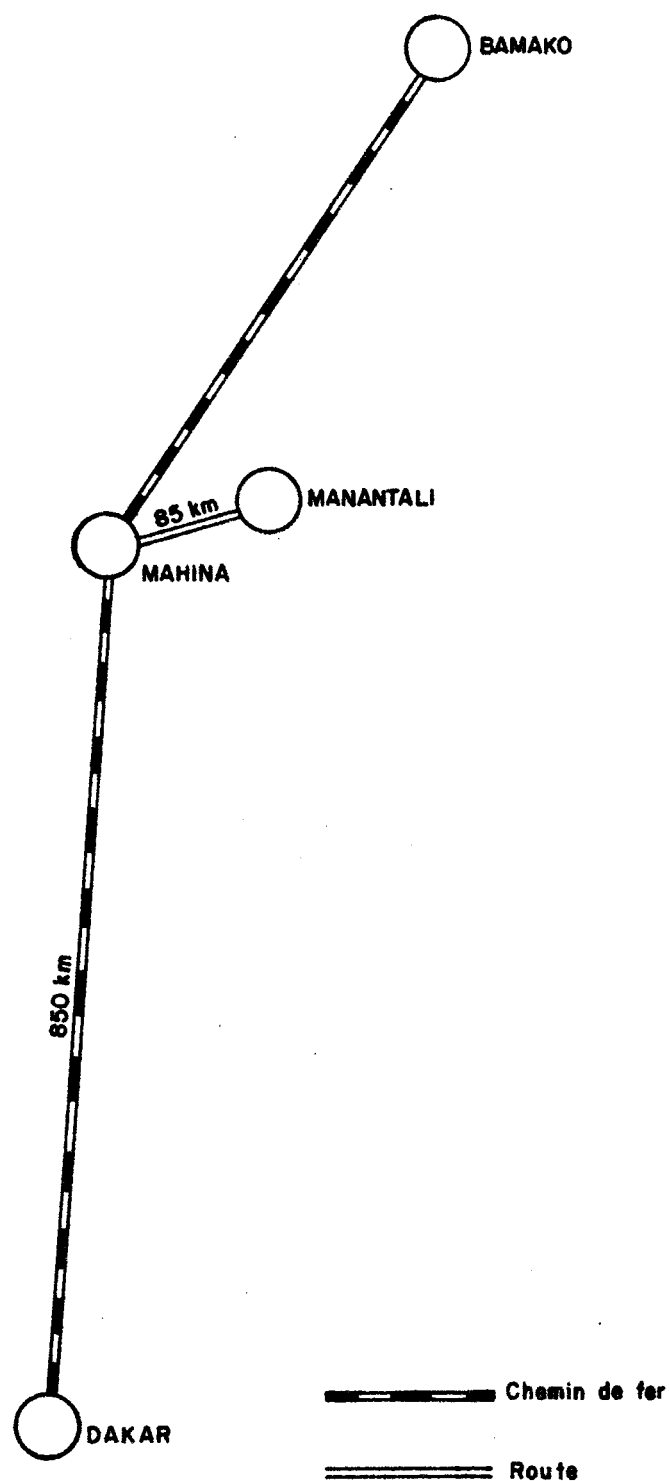


Fig. 4

## II.2.3 - Production prévue en Mauritanie

Pendant ces 2 dernières années, on a procédé à l'étude d'une production d'environ 100 000 t/an, avec 2 solutions :

- 1 - Solution provisoire consistant à importer du clinker et à le broyer, dans la région de Nouakchott.
- 2 - La construction d'une cimenterie intégrée dans la région d'Akjoujt à environ 200 ou 250 km de Nouakchott.

Les résultats de cette étude seront disponibles en avril 1977.

## II.3 - CIMENT POUR LES BARRAGES

### Qualité de ciment pour les barrages

Pour le béton de masse, il faut choisir des ciments faiblement exothermiques présentant des retraits techniques peu importants. Les résistances n'ont en général, dans ce cas, pas besoins d'être très élevées.

- Ciment faiblement exothermique - avec chaleur d'hydratation faible 7 jours, une chaleur d'hydratation de 50 - 55 cal/g (max. 60 cal/g) et après 28 jours 65 - 70 cal/g.

• Ordinaire	après 7 jours .....	80 - 90 cal/g (CPA 250)
	après 28 jours .....	100 - 130 cal/g

• A haute résistance :		
	après 7 jours .....	90 - 100 cal/g (CPA 325)

• A haute résistance initiale :		
	après 7 jours .....	100 cal/g (HRI 400)

On peut faire du ciment à faible chaleur d'hydratation par 2 possibilités :

- a) - Ciment Portland artificiel clinker avec un pourcentage de 20 - 60 de laitier, cendres ou pouzzolane naturel.

- b) - Ciment Portland artificiel sans constituants secondaires  
par les normes ASTM pour le ciment de faible chaleur d'hydratation on a prévu :

- Maximum  $C_3S$  ..... 35 % (tricalcium silicate)
- Minimum  $C_2S$  ..... 40 % (dicalcium silicate)
- Maximum  $C_3A$  ..... 7 % (tricalcium aluminate)

- a1.) Ciment Portland artificiel clinker avec pourcentage de 20 - 60 de pouzzolane naturel.

Puisqu'on n'a pas la possibilité d'utiliser le laitier ou les cendres volantes, qui n'existent pas dans les Etats du Sénégal, du Mali et de la Mauritanie.

Il faut chercher la possibilité de trouver les pouzzolanes naturels dans les environs immédiats.

(Economie de transport à la cimenterie)

Les pouzzolanes sont des produits naturels d'origine volcanique composés essentiellement de silice, silice alumine et oxyde ferrique. Ils sont employés dans la fabrication du ciment pour leur propriété "Pouzzolanique" qui vient de  $SiO_2$  actif (une phase amorphe) qui fixe la chaux qui se libère par l'hydratation de  $C_3S$  et  $C_2S$ .

En plus, dans le phénomène "pouzzolanique", la pouzzolane ne se limite pas seulement à la fixation de l'hydrocide calcique libérée dans l'hydratation du ciment portland, sinon qu'également, elle peut réduire la basicité des silicates hydratés, affermissant encore plus la réduction de la basicité de la pâte et, pour autant, sa stabilité face aux moyens agressifs de type chimique.



**a2.) Production de ciment portland artificiel clinker avec pouzzolane naturel.**

Jusqu'au broyage, il n'y a aucune différence dans la technologie de production du ciment portland artificiel et du ciment portland artificiel clinker avec pouzzolane naturel (Fig. 5)

Si nous considérons qu'une tonne de clinker de ciment consomme 100 kg de fuel-oil pour sa cuisson (80 kg minimum), le simple fait de substituer les 30 % de ce clinker par du pouzzolane, par exemple, économise 30 kg de fuel-oil pour chaque tonne qui sort sur le marché.

Naturellement, se créent de nouveaux frais d'exploitation d'une carrière et le transport du matériel à la fabrique, mais l'on a obtenu l'objectif principal d'économiser l'énergie thermique.

**b...) Caractéristique du ciment portland artificiel clinker avec pouzzolane naturel**

Le ciment portland artificiel clinker avec pouzzolane naturel présente les caractéristiques suivantes :

- 1 - La chaleur d'hydratation est faible pour un pourcentage de pouzzolane de plus de 20 %.

Il substitue une part du ciment portland par du pouzzolane, la chaleur développée dans l'hydratation diminuera avec le temps dans une proportion pratiquement proportionnelle à la pouzzolane ajoutée et la réduction de la tendance à la fissuration d'origine thermique.

- 2 - La résistance en compression jusqu'aux 28 ou 60 jours est moyenne en comparaison avec le ciment portland artificiel même clinker. Mais, après 28 ou 60 jours, la résistance augmente plus vite que pour le portland ciment artificiel sans constituant secondaire. (Fig. 6).

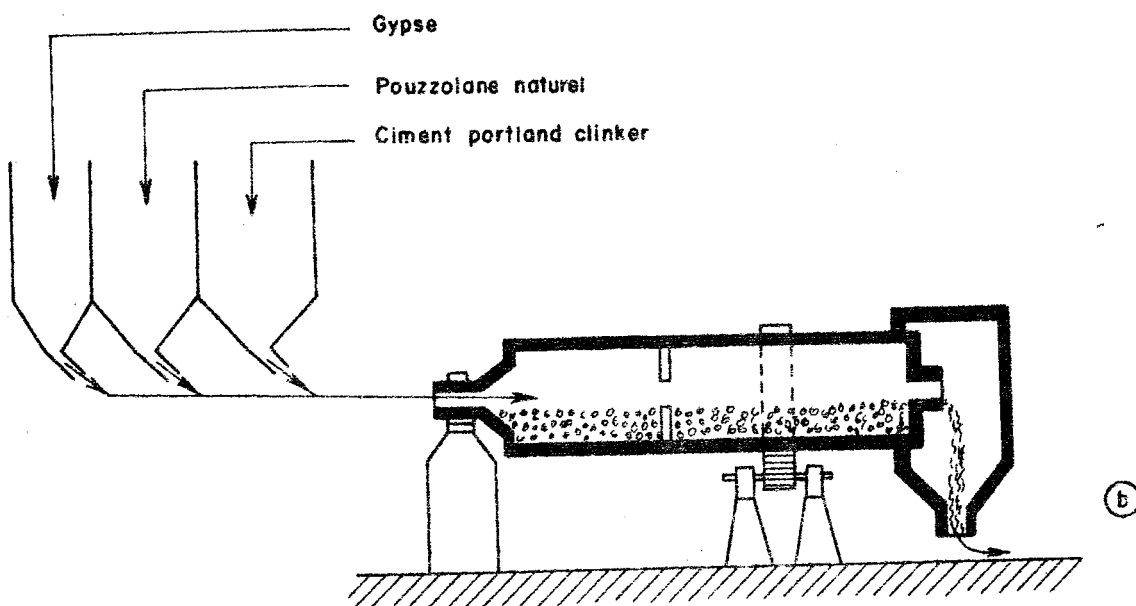
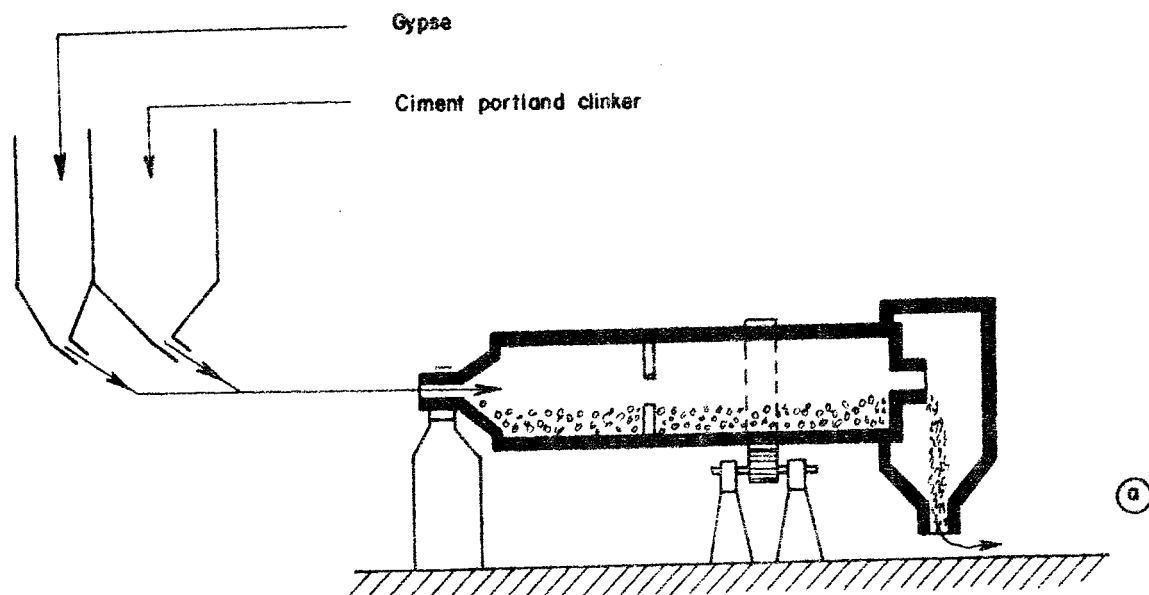


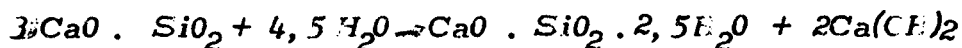
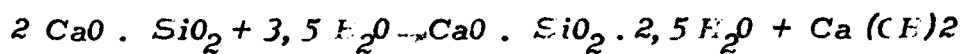
Fig. 5

a - Production de ciment portland artificiel

b - Production de ciment portland artificiel avec pouzzolane naturel

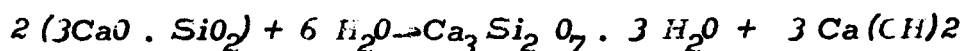
### 3 - La résistance chimique en ambiances agressives.

Dans cet aspect, nous rappellerons que le ciment portland hydraté et endurci, par sa grande quantité de chaux libéré (par le Chatelier).



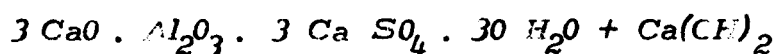
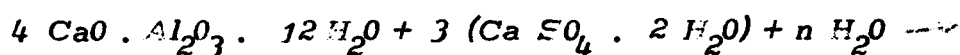
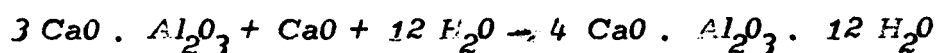
ou par sa nouvelle théorie - le silicate tricalcique anhydre.

$3 \text{ CaO} \cdot \text{SiO}_2$  donne par hydratation un silicate hydraté, la tobermorite et de l'hydroxyde de chaux

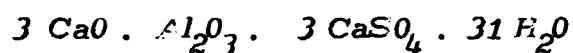
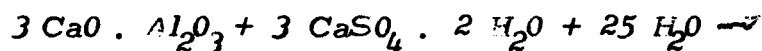


Est hautement basique et, par constitution  $\text{C}_3\text{A}$  - plus ou moins grande quantité, est vulnérable à l'attaque de sulfates en général (terrains et eaux séléniteux, eau de mer etc...).

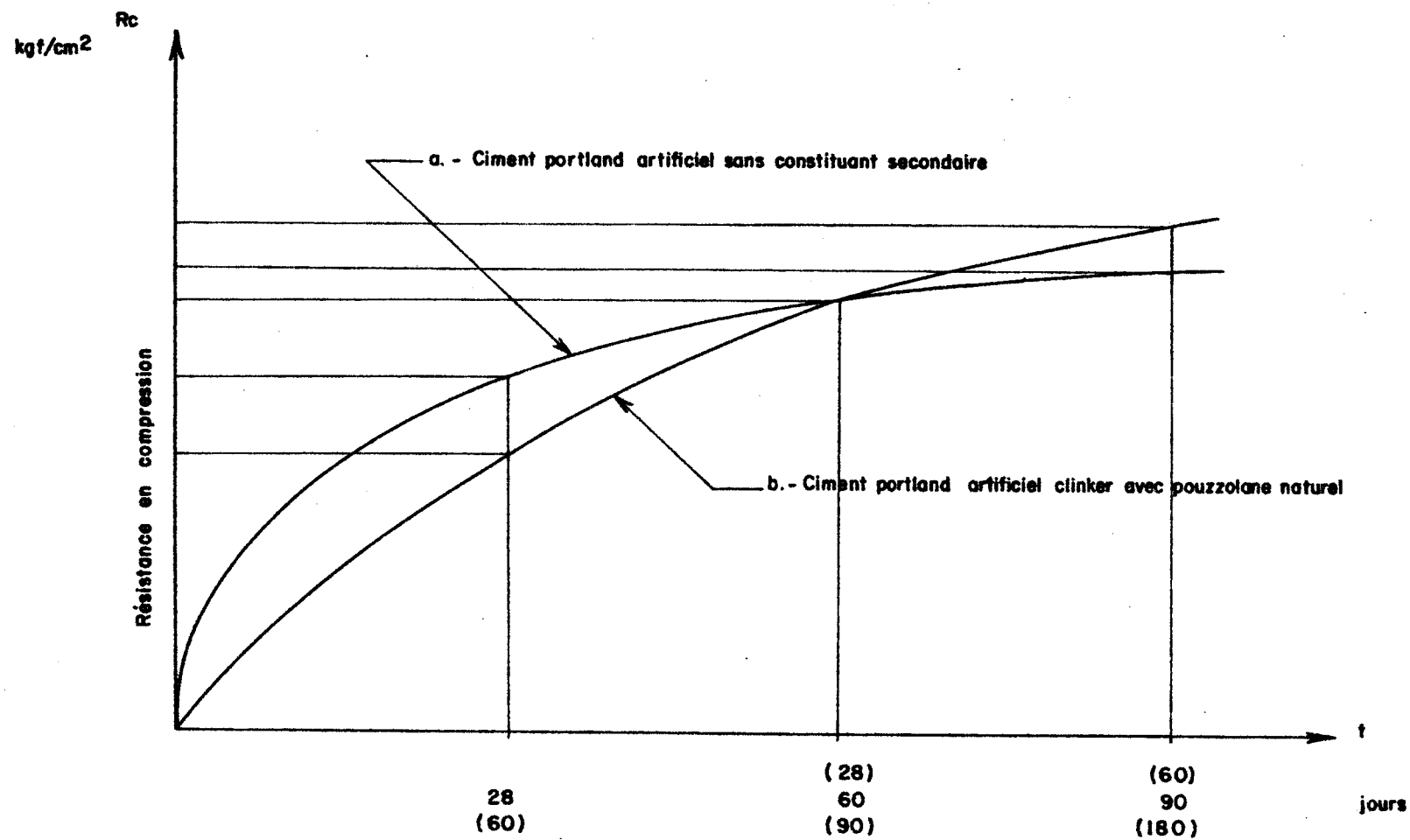
(par Lafuma)



(par la nouvelle théorie) :



Les deux choses de possible agression - chaux libérés et l'aluminate tricalcique, peuvent arriver à se réduire et jusqu'à s'annuler en présence de la pouzzolane.



**Fig. 6** Résistance en compression

a - Ciment portland artificiel sans constituant secondaire

b - Ciment portland artificiel clinker avec pouzzolane naturel

*La réaction chaux-pouzzolane produit des constituants hydratés stables.*



*qui tendent à remplir les espaces vides, renforçant la capacité et l'étanchéité du mortier, qualité de grande valeur dans le travail qui doit supporter le continu contact avec l'eau (les barrages, les ports, etc...) - plus grande imperméabilité et par conséquent, moins de tendance au délavage de la chaux par les eaux pures aux acides et à la formation d'efflorescences.*

## **b2) Ciment Portland artificiel sans constituant secondaire**

*Pour la production de ciment portland artificiel sans constituant secondaire avec faible chaleur d'hydratation, il faut produire un ciment de faible pourcentage de  $\text{C}_3\text{S}$  et  $\text{C}_4\text{A}$ , car ces principaux constituants du clinker donnent une haute chaleur d'hydratation (table II).*

*Avec l'augmentation de  $\text{C}_2\text{S}$ , la résistance en compression ne devient appréciable qu'après 90 jours. (Fig. 7).*

*La finesse du ciment (par Blaine) ne doit pas être plus élevée que  $3000 \text{ cm}^2/\text{g}$ . (Fig. 8).*

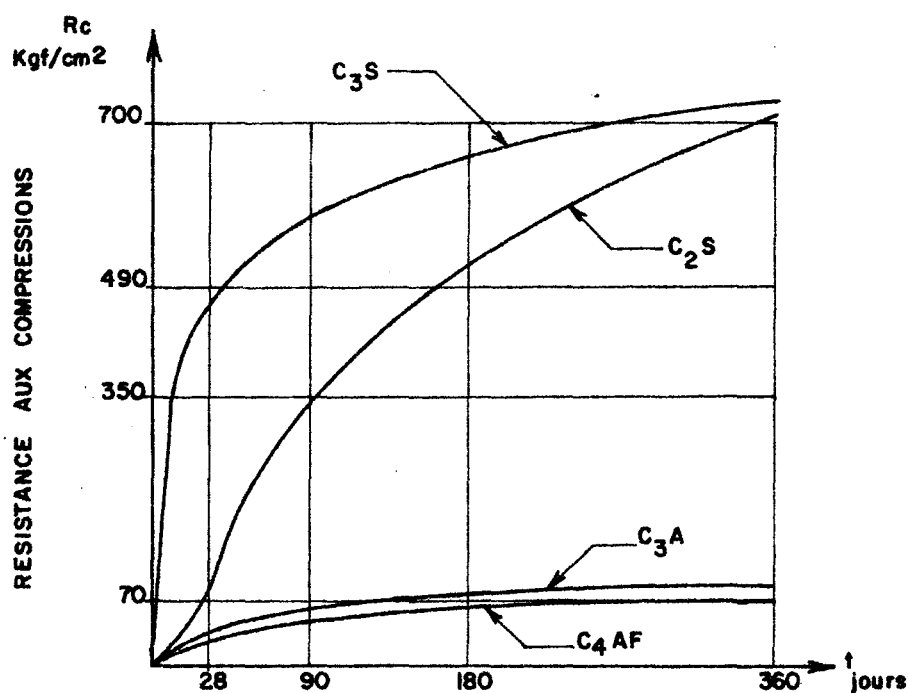


Fig. 7 Résistance aux compressions des quatres constituants du clinker

Table II

CHALEUR D'HYDRATATION DES QUATRE PRINCIPAUX CONSTITUANTS DU CLINKER

PRINCIPAUX CONSTITUANTS DU CLINKER	CHALEUR D'HYDRATATION (Cal/g)			
	7 jours	28 jours	180 jours	Après TOTAL
3 CaO. $\text{SiO}_2$ (ou $C_3S$ )	110	120	120	120
2 CaO. $\text{SiO}_2$ (ou $C_2S$ )	20	45	60	62
3 CaO. $\text{Al}_2\text{O}_3$ (ou $C_3A$ )	185	205	207	207
4 CaO. $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (ou $C_4AF$ )	40	50	70	100

# CIMENT

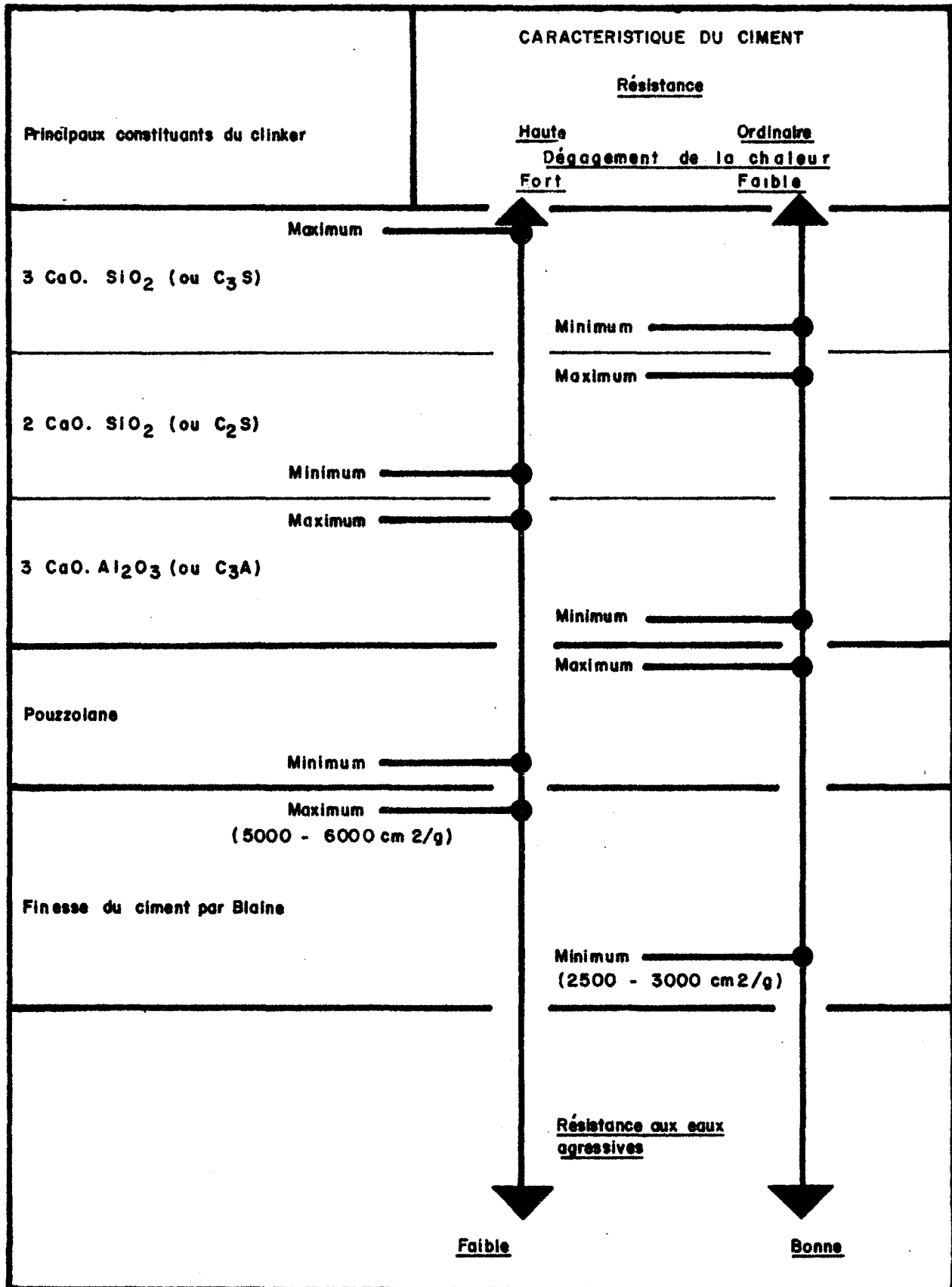


Fig. 8

### Chapitre III

#### BETON POUR LES BARRAGES

#### III. 1 - BETON DE MASSE

Pour faire un béton de masse dans une région, à une température très élevée, il faut compter, en plus, sur la température du béton frais et aussi pendant le durcissement.

Pour cette raison, il faut produire les bétons de masse de manière suivante :

- a) Ciment avec une faible chaleur d'hydratation
- b) Dosage de ciment minimum possible
- c) Agrégat de bonne qualité - résistance en compression minimum  $800 \text{ kgf/cm}^2$ .
- d) Granulat de diamètre maximum (120 à 125 mm).
- e) Dosage d'eau minimum possible pour déterminer la densité et la perméabilité maximale. Pour cela, il faut utiliser aussi les fluidifiants.
- f) Il faut bétonner avec une aiguille vibrante de 100 ou 125 mm.
- g) Pour une possibilité de mise en place d'une grande quantité de béton avant le début de prise, il faut utiliser les adjuvants retardeurs.

A la figure 9 est donné le schéma pour obtenir la densité maximum possible pour le béton de masse.

Dans le projet de construction et dans le projet de béton pour le massif objet hydrothermique (béton de masse), il faut proposer la température maximale de béton qu'on peut obtenir pour le dégagement de chaleur pendant le procédé d'hydratation de ciment, et les règles pour obtenir la régularisation du régime de la température du béton pour annuler la possibilité de fissuration.

Dans les régions dont la température de l'air est très élevée, il est très souvent nécessaire d'obtenir une règle spéciale pour le refroidissement du béton (tubes avec l'eau coulée dans la masse de béton).

.../...



**III. 2 - BETON POUR CONSTRUCTION ORDINAIRE**

*Pour les constructions ordinaires, il ne faut pas, généralement, proposer de règle spéciale sauf quand la température de l'air est très élevée.*

## BETON DE MASSE

### I CIMENT

- Ciment avec faible chaleur d'hydratation

- Dosage minimum possible (220 kg/m<sup>3</sup>)

### II AGREGAT

- Granulat de diamètre maximum (100 ou 125 mm)

### III EAUX

- Dosage minimum (min E/C)

### IV VIBRATION

- Optimum (aiguille vibrante 100 ou 125 mm de diamètre)

### V ADJUVANTS

- retardeur
- Fluidifiant

### VI DENSITE APPARENTE

Maximum possible

### VII EPROUVETTES

Cylindre par carottage  
min  $\varnothing$  20 cm min h = 40 cm

Fig. 9

## Chapitre IV

### AGREGAT POUR LES BARRAGES

*Il faut utiliser des agrégats pour béton de masse de bonne qualité résistance en compression - minimum  $800 \text{ kgf/cm}^2$ . Pour les autres éléments de construction, il faut utiliser des agrégats avec la résistance en compression minimum telle qu'elle est commandée pour la qualité de béton.*

#### IV. 1 - AGREGATS POUR LE BARRAGE DE DIAMA

##### a) - Agrégats pour béton de masse

*Aux environs du site du barrage, il n'existe pas la qualité d'agrégat nécessaire pour le béton de masse.*

*Pour la qualité d'agrégat nécessaire qui correspond au béton de masse, il existe actuellement 2 possibilités de gisements exploités :*

- Basaltes de Thiès*
- Grès de M'Bang*

*(Fig. 10, et table II et III)*

*Pendant les recherches effectuées pour la prospection du calcaire de Pout, pour la nouvelle cimenterie, on a trouvé du calcaire Paléocène (Fig10-a) de bonne qualité, comme agrégat pour béton de masse. (\* )*

*Pour obtenir du calcaire Paléocène pour le béton de masse, il faut ouvrir le gisement au bord de la route pour facilité l'exploitation.*

##### b) - Agrégat pour constructions ordinaires

*Pour un béton autre que le béton de masse, on peut utiliser des coquillages fossiles de la région proche du barrage de Diama. (Fig. 11)*

*La qualité d'agrégat correspond au béton pour construction ordinaire (Table VI).*

*(\* ) Recherches de substances utiles - propection du calcaire de Pout.*

*A. MICHOT, G. PEZERIL - 1976.*

Fig. 10

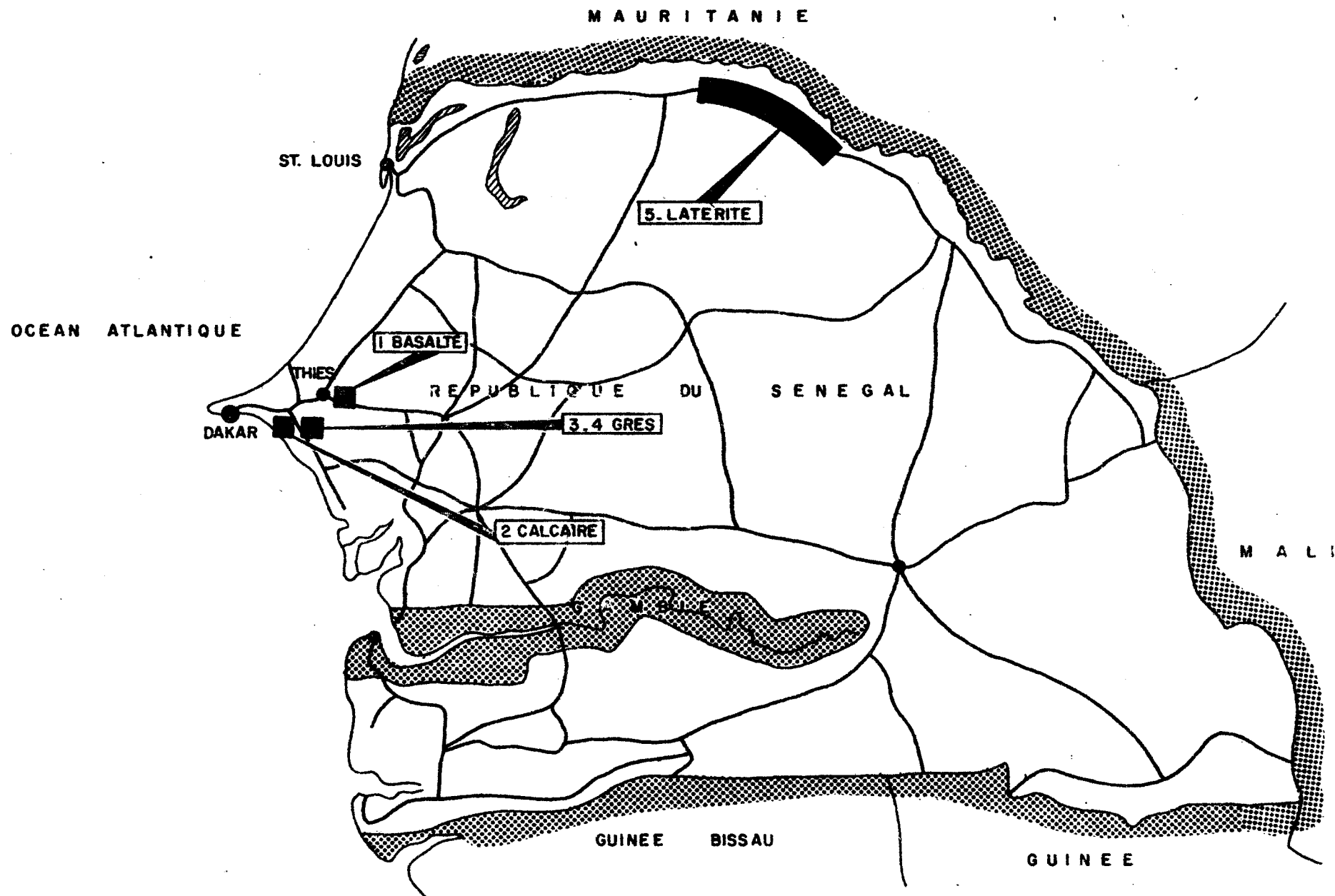


Table III

BETONS HYDRAULIQUESAGREGATS DE BASE : BASALTE - THIES 1 (gr s = 2,55 t/m<sup>3</sup>, gr = 2,93 t/m<sup>3</sup>)

CIMENT		GRAINULOMETRIE	E/C	gr BETON FRAIS t/m <sup>3</sup>	SLUIP ABRIS cm	RESISTANCE EN COM- PRESSION (RESISTANCE EN TRACTION) kgf/cm2	
CLASSE	DOSAGE kg/m <sup>3</sup>					7 jours	28 jours
MAI - 400	400	16/25 ; 8/16 ; 3/8 ; s.	0,43	2,52		317 (30,6)	477 (41,5)
		16/25 ; 8/16 ; 3/8 ; s.	0,475	2,53		305	432
		16/25 ; 8/16 ; 3/8 ; s.	0,475		0,0	218	350
	375	8/16 ; 3/8 ; s.	0,530			293	403
	350	16/25 ; 8/16 ; s.		2,53		267	353
CPA - 325	400	16/25 ; 8/16 ; s.	0,405	2,53		277	421
	350	16/25 ; 8/16 ; s.	0,46	2,47		272	327
CPA - 325 MARITIME	400	16/25 ; 8/16 ; 3/8 ; s.	0,575		10,0	269	392
	350	25/40 ; 16/25 ; 8/16 ; s.	0,47	2,55		183	224

BETONS HYDRAULIQUES

Table IV

AGREGAT DE BASE - GRES

CIMENT		GRANULOMETRIE	E/C	ST BETON FRAIS t/m <sup>3</sup>	SLUMP ABRAIS cm	RESISTANCE EN COMPRESSION	
CLASSE	DOSAGE kg/m <sup>3</sup>					7 jours	28 jours
D'BANG (2)							
CPA - 325	350	16/25 ; 0/16 ; s.	0,60	2,25		279	335
	300	16/25 ; 0/16 ; s.	0,69			195	273
CPA - 325 MARITIME	400	16/25 ; 0/16 ; 3/8 , s.	0,575	2,24		242	344
TOGOLON (3)							
HRI - 400	400	8/20 ; 3/8 ; s.	0,585	2,25		306	412
	400	8/20 ; s.	0,62		13,5	324 (*)	
	350	8/20 ; s.	0,68		13,0	292 (*)	
	300	8/20 ; s.	0,715		13,0	216	

(\*) 0.5 % plastifiant

C. E. R. E. E. Q.  
DAKAR

## BETONS HYDRAULIQUES

Table V

## AGREGAT DE BASE - CALCAIRE ET LATERITE

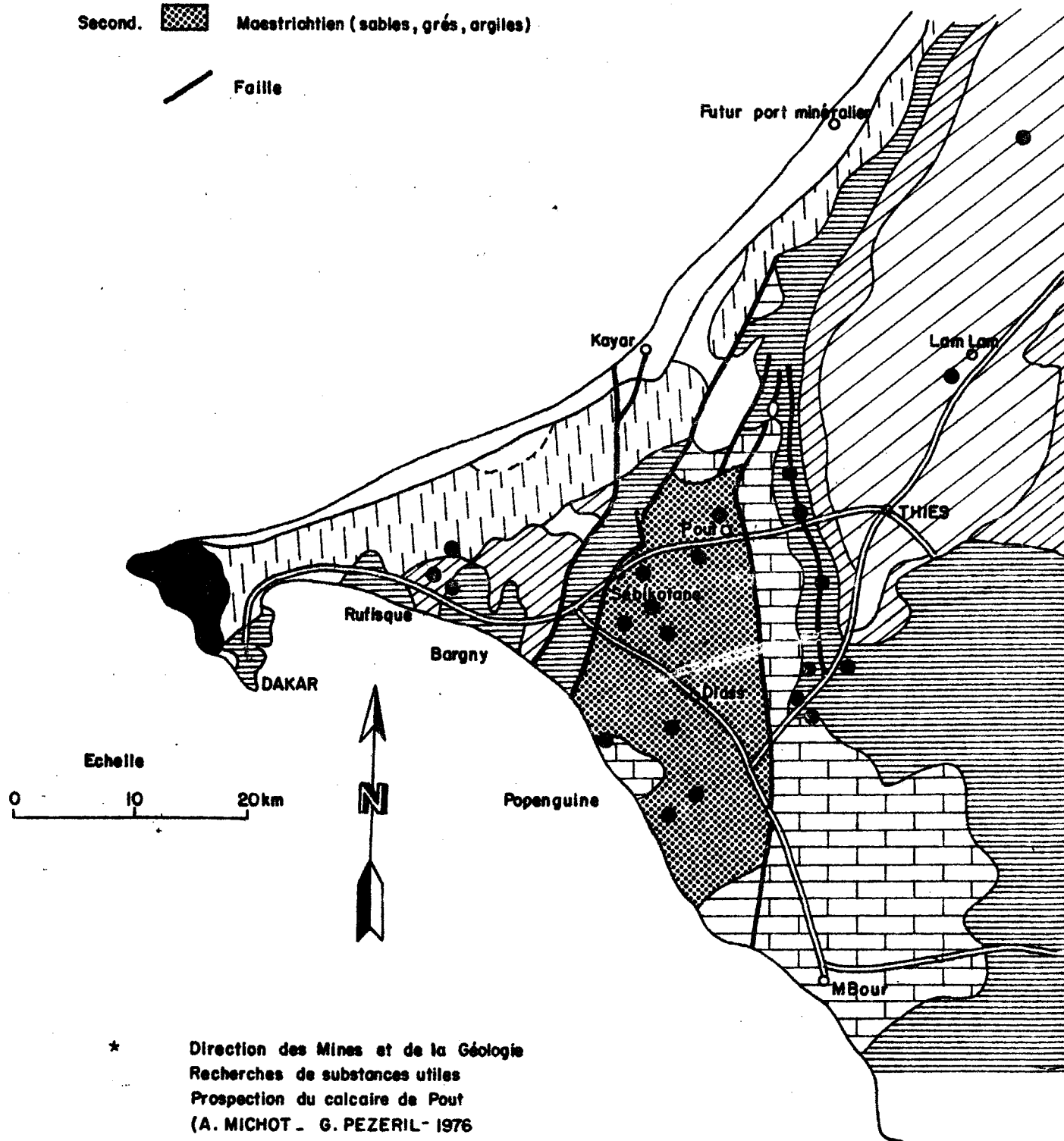
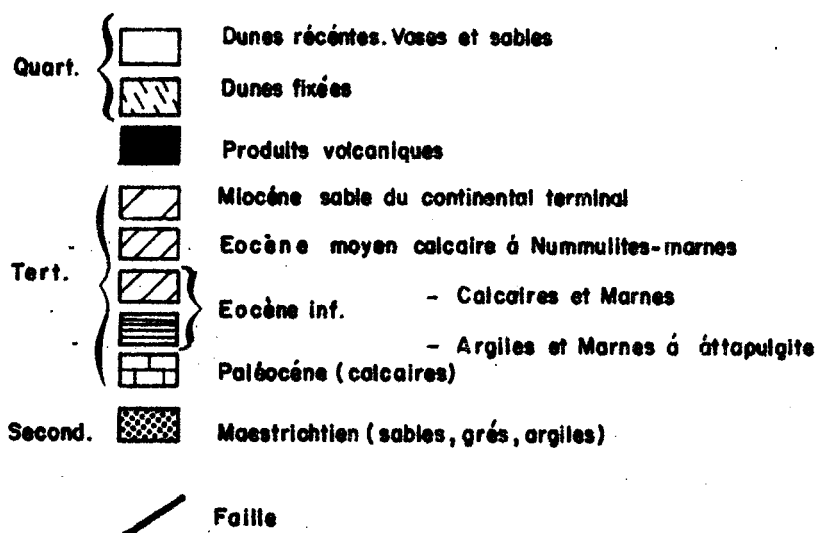
CIMENT		GRANULOMETRIE	E/C	gr BETON FRAIS t/m <sup>3</sup>	SLUMP cm ABRANS cm	RESISTANCE EN COMPRESSION	
CLASSE	DOSEGE kg/m <sup>3</sup>					7 jours	28 jours
<u>AGREGAT DE BASE CALCAIRE</u> 4 (Roche gr <sub>S</sub> = 2,65 g/m <sup>3</sup> . gr = 2,50 g/m <sup>3</sup> )							
CPA - 325	350	16/25 ; 8/16 ; 3/8 ; s.	0,51	2,41		234	276 (*)
	350	16/25 ; 8/16 ; s.	0,50	2,41		210	260 (*)
	350	25/40 ; 16/25 ; s.	0,565	2,35		172	185 (*)
	325	25/40 ; 16/25 ; 8/16 ; s.				234	248 (*)
<u>AGREGAT DE BASE LATERITE</u> 5							
CPA - 325	350		0,65	2,3		229	264 (*)
	350		0,65	2,3		205	244 (*)
	350		0,65	2,3		232	274 (*)
	350		0,65	2,3		191	214 (*)

(\*) Possibilité de faible adhérence mortier - granulat (possibilité de fines poussières en granulat.

C.E.R.E.E.Q.

DAKAR

# CADRE GEOLOGIQUE (\*)



\* Direction des Mines et de la Géologie  
 Recherches de substances utiles  
 Prospection du calcaire de Pout  
 (A. MICHOT - G. PEZERIL - 1976)

Fig. 10-a



# CARTE GEOLOGIQUE DE LA MAURITANIE

- |  |   |
|--|---|
| Socle précambrien                      | Cambrien — Carbonifère  |
| Grès, schistes, dolomies Infracambrien | Formations primaires  |
| Formation d'Akjoujt                    | Grès, schistes, dolomies                                      |
|  | Continental intercalaire, Eocène, Continental terminal, Quat. |
|  | Formations dunaires   |
|  | Coquillages fossiles  |

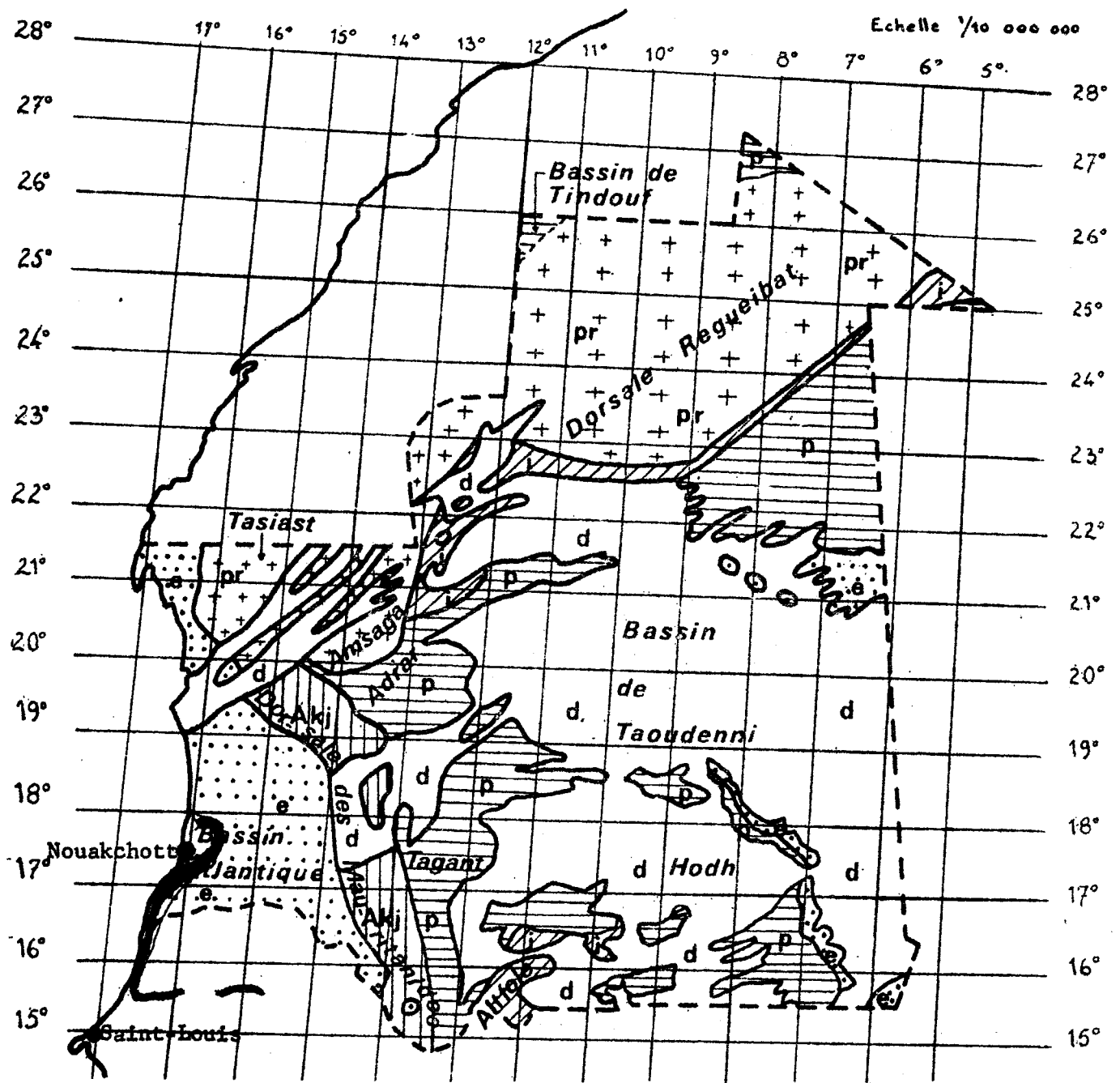


Fig. 11

BETONS HYDRAULIQUES

Table VI

AGREGAT DE BASE - COQUILLAGES (Poids spécifique du  
gros coquillage  
 $\gamma_s = 2,87 - 2,95 \text{ t/m}^3$ )

Ciment		Granulométrie	E/C	Béton Frais $\text{t/m}^3$	Résistance en compression	
Classe	Dossage				7 jours	28 jours
CPA 210/325 CAP-VERT	250	5/20 ; S = 0,063	0,74	2,27	133	195
	350	8/31.5 ; 5/20 ; S = 0/063	0,59	2,33	207	285
	350	Coquillages concassés 5/40 ; S = 0/0,63	0,50	2,40	270	395
	400	Coquillages concassés 5/40 ; S = 0/0,63	0,42	2,40	350	440

L N T P  
NOUAKCHOTT

Table VII

BETONS HYDRAULIQUES

CIMENT		GRANULOMETRE	E/C	BETON FRAIS t/m <sup>3</sup>	RESISTANCE EN COMPRESSION	
CLASSE	DOSAGE				7 jours	28 jours
<u>AGREGAT DE BASE : QUARTZITE</u>						
CPA 210/325	350	16/31 ; 8/16 S = 0/5	0,47	2,36	253	
			0,53	2,34	213	
			0,57	2,32	200	
<u>AGREGAT DE BASE : CALCO - GRESEUX - NOUADHIBOU</u>						
	350	16/40 ; 8/20 ; 0/88 = 0,063	0,57	2,48	208	305
<u>AGREGAT DE BASE : GRES - GRAVIERS CONCASSES - NOUADHIBOU</u>						
PUZ-I-350	350	10/20 ; 5/12,5 Sable de mer	0,49	2,32	350	420

#### **IV. 2 - AGREGAT POUR LE BARRAGE DE MANANTALI**

*Dans tous les environs du site du barrage, existent des roches grès (Fig. 12) de bonne qualité pour le béton de masse et le béton de construction ordinaire. Il n'existe aucune difficulté pour exploiter et utiliser cet agrégat.*

● BAMAKO

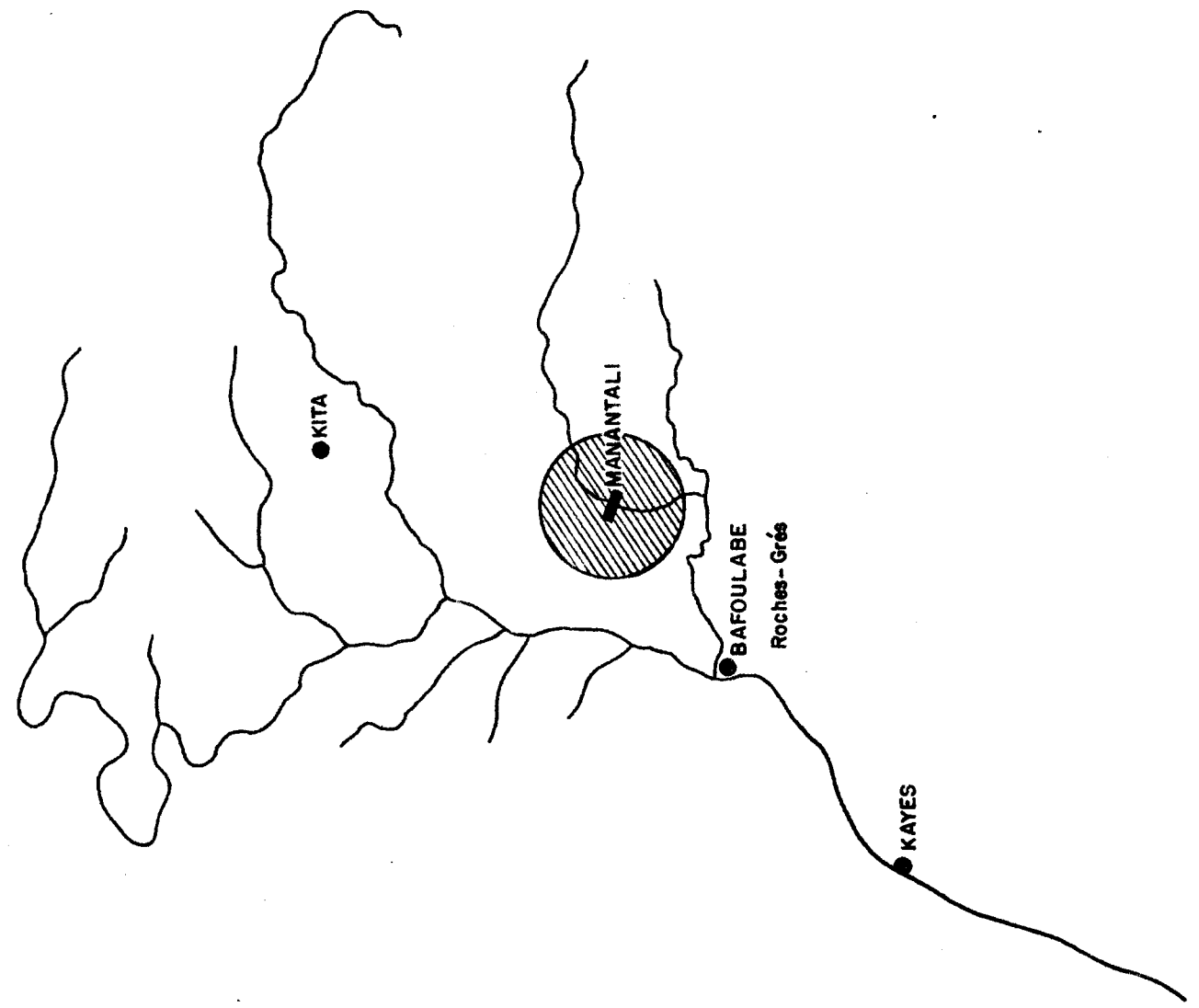
● KITA

MANANTALI

● BAFOULABE  
Roches - Grés

● KAYES

Fig. 12



## Chapitre V

### ESSAI PRELIMINAIRE POUR LES BARRAGES

L'essai préliminaire a une très grande importance pour le béton de masse. Les essais préliminaires doivent être exécuter avant le commencement des travaux du barrage.

Le temps nécessaire pour les essais préliminaires est d'au moins 6 mois. L'essai préliminaire doit être fait dans les mêmes conditions que le bétonnage du béton de masse pour les barrages, c'est-à-dire, avec une grande aiguille vibrante de 100 ou 125 mm.

Les essais préliminaires prévus ne correspondent pas aux constructions de grande masse. Les éprouvettes cubes 20 X 20 X 20 cm et cylindres  $\phi$  30 cm = H = 45 cm correspondent seulement aux constructions ordinaires.

L'effet de paroi donne la possibilité d'utiliser le diamètre maximum de la granulométrie pour :

- cubes 20 X 20 X 20      D max = 36 mm (D = 0,9R)
- cylindres  $\phi$  30 H = 45      D max = 57 mm (D = 0,9R)

Mais il ne donne pas la possibilité d'utiliser les grandes aiguilles vibrantes de 100 mm et de granulométrie avec agrégat de 100 mm.

Pour l'essais préliminaire du bétonnage du béton de masse, il faut procéder comme sur la fig. 13, avec la même aiguille vibrante pour le bétonnage des barrages.

Il faut carotter les éprouvettes cylindriques pour essais préliminaires dans des cubes d'un mètre. (Fig. 14)

Les essais nécessaires pour obtenir les caractéristiques sont donnés dans le chapitre VII, et en même temps, sont indiquées les possibilités de chaque laboratoire.

## BETON DE MASSE

### I BETONNAGE

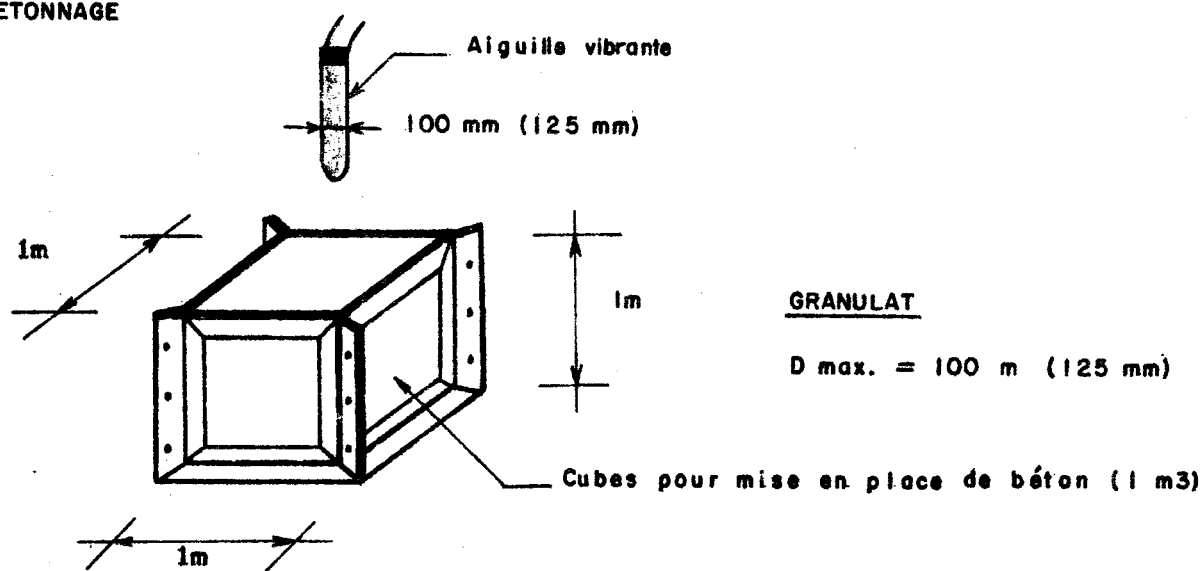
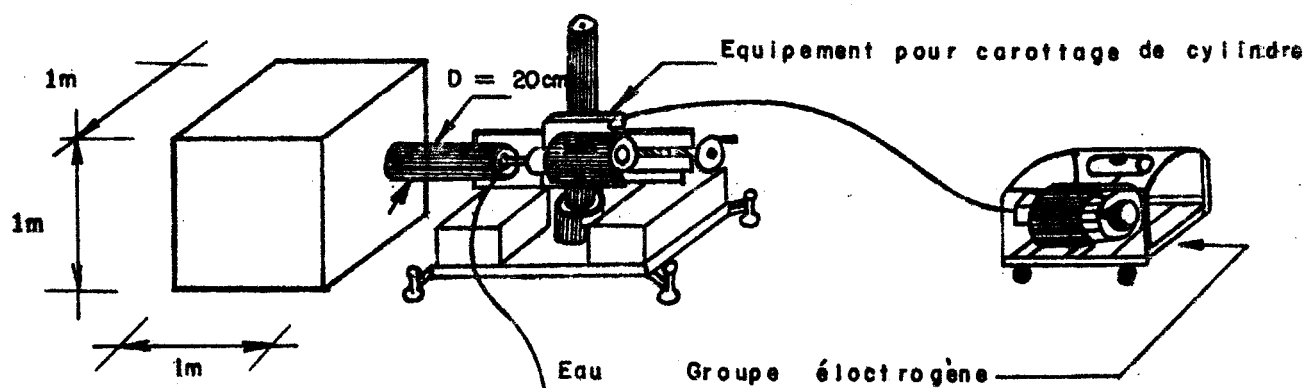


Fig. 13

### II EPROUVETTES



### EPROUVETTES CYLINDRIQUES PAR CAROTTAGE

Min  $\phi$  = 20 cm    Min H = 40 cm

Fig. 14

Chapitre VIMATERIAUX DE CONSTRUCTIONQUALITE ET MODALITES D'INTERVENTION DES STRUCTURES  
NATIONALES DANS LA RECHERCHE ET LE DEVELOPPEMENT (1)VI.1.1. GENERALITES

Les matériaux de construction ont de plus en plus d'importance dans les pays d'Afrique.

Les populations des capitales des Etats de l'OMVS augmentent très vite et les logements nécessaires pour ces populations demandent de plus en plus l'augmentation de la production des matériaux de construction.

Le développement industriel des pays de l'OMVS qui s'effectue par la régularisation du fleuve Sénégal par des barrages, demande dans la première phase la construction de barrages et la régularisation. Ensuite, il faut compter dans la vallée du fleuve sur une grande augmentation de la population.

Tous ces éléments demandent d'une façon urgente, la recherche des meilleures possibilités pour augmenter la production actuelle et bien sûr de trouver les conditions économiques les meilleures d'une part, et d'autre part, de chercher de nouveaux matériaux de construction (bon marché).

La qualité des matériaux et des éléments de construction est un facteur très important ; le transport est possible seulement si les éléments sont d'une qualité qui permet le transport.

---

(1) L'Economie des matériaux de construction est développée dans le rapport de synthèse.



## VI.1.2. TRAITEMENT POUR OBTENIR LES MEILLEURES CONDITIONS

Pour obtenir les meilleures conditions, il faut un traitement continu. La première phase est la recherche géologique pour obtenir des matières premières. Cette recherche géologique doit être en bonnes relations avec les institutions de recherches et d'essais de matériaux.

Dans les pays de l'OMVS, il existe de bonnes institutions géologiques qui ont la possibilité d'effectuer les recherches et essais nécessaires.

Pour que ces traitements soient à long termes, il faut que l'OMVS et les pays donnent une aide suffisante aux institutions.

Il faut savoir que seules les institutions sur place peuvent obtenir les meilleurs résultats dans ces traitements. C'est la raison pour laquelle il faut augmenter l'équipement supplémentaire pour les trois laboratoires de DAKAR-BAMAKO et NOUAKCHOTT.

Il existe en ce moment une très bonne coordination entre les laboratoires des 3 pays. Il faut une phase supplémentaire pour la future coordination des recherches des meilleures conditions pour les nouveaux matériaux.

On peut prévoir la spécialisation de ces laboratoires sur les recherches, par exemple, Nouakchott sur les éléments préfabriqués en plâtre, Dakar, sur les bétons légers et préfabriqués, Bamako sur l'utilisation des pouzzolanes.

Chaque marché est un peu conservateur et observe une grande prudence sur l'utilisation des nouveaux matériaux de construction.

Ces nouveaux matériaux doivent être compétitifs, c'est-à-dire, avoir les caractéristiques nécessaires et un prix convenable, en comparaison aux matériaux classiques.

Dans ce sens les laboratoires peuvent donner leur contribution pour diminuer le temps habituel d'utilisation des nouveaux matériaux sur les marchés en faisant une recherche complète qui doit répondre aux demandes du marché.

Le plan de construction de barrages, prévu pour l'aménagement du fleuve Sénégal, prévoit un investissement de 1,5 milliard de dollars pour les 25 années à venir. Dans la 1ère phase, la réalisation du programme régional d'infrastructure (barrages de Diama et de Manantali, ports, escales portuaires, chenal navigable) est estimée à 352,5 millions US \$.

La valeur globale de l'équipement supplémentaire (300 800 US \$) qui est absolument nécessaire, représente environ 0,1 % du montant du premier investissement pour le programme régional.

L'équipement parallèle des laboratoires des 3 pays concernés, se justifie pour la continuité des recherches et contrôles, si l'un d'eux était partiellement ou provisoirement déficient, et par la diversité des matériaux à étudier dans chacun des pays.

VI.2. Détermination des conditions de participation des Laboratoires Nationaux de Travaux Publics du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal au développement de l'Industrie des Travaux Publics.

Les dotations en matériel pour chacun des 3 laboratoires sont différentes, et ce fait s'explique par plusieurs raisons, en particulier, l'âge de ces laboratoires :

Les laboratoires de Dakar, et Bamako existent depuis quelques dizaines d'années, ce qui explique l'importance de leur potentiel en matériel, ils effectuent déjà eux-mêmes leurs propres recherches et possèdent donc un certain matériel spécifique.

Le laboratoire de NOUAKCHOTT a été créé en 1970 et est actuellement orienté vers les contrôles routiers, d'où un équipement spécifique restreint ou inadapté aux études et recherches envisagées (surtout dans le cadre de la construction de barrages). Par exemple, les presses de compression sont de petites presses manuelles, d'où la nécessité de le doter d'une presse de laboratoire adaptée.

Ce laboratoire, de par son jeune âge, et ses problèmes particuliers, devra donc recevoir une dotation en matériel plus importante, pour être mis au même niveau que les autres.

---

(1) - L'économie des matériaux de construction est développée dans le rapport de synthèse.

Chapitre VI.2.1

ESSAIS PRELIMINAIRES

ESSAIS DE CONTROLE

POUR LA DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES  
NECESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE BARRAGE  
AU CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET D'E-  
TUDES POUR L'EQUIPEMENT ( C.E.R.E.E. Q°)

---

LABORATOIRE POUR LES ESSAIS DE MATERIAUX

D A K A R

MATERIEL CARACTERISTIQUE	ESSAIS	
	Prélimi- naires.	Contrôle
<b>I - CIMENT</b>		
1 - Essai chimique	-	-
2 - Essai normal des ciments		
a - Densité apparente	X	X
b - Finesse du ciment - méthode Blaine	-	-
c - Quantité d'eau de gachage	X	X
d - Durée de prise	X	X
e - Gonflement par le Chatelier	X	X
f - Résistance à la compression et flexion	X	X
(c - f, chambre climatisée)	-	-
3- Essai de résistance des ciments aux eaux sulfatées (essai Anstatt)	X	X
4- Chaleur d'hydratation de ciment	-	-
5- Retrait de ciment mortier	-	-
6- Fluage de ciment mortier	-	-
7- Activité pouzzolanique	XX	XX
<b>II - GRANULAT</b>		
1- Essai minéralo-pétrographique (peut se faire au Bureau de la Recherche Géologique et Minière - BRGM)		
a - Analyse granulométrique (D 60mm) pour 20 kg d'agrégat.	X	X
b - Analyse granulométrique (D = 125mm) pour 500 kg d'agrégat - (pour bétonnage)	X	-
3- Coefficient de forme	X	X
4 - Détermination de la densité apparente	X	X
5 - Détermination du poids spécifique	X	X

6 - Détermination de la teneur en éléments très fins	X	X
7 - Résistance en compression des roches pour concassage.	X	X
8 - Machine pour sciage des roches	-	-
8- Essai Deval	X	X
9- Essai Los Angeles	(X)	(X)

### III - BETON FRAIS

1a - Détermination des proportions optima des constituants d'un béton.		
- Granulat $D \leq 60$ mm		
- Mixeur de 80 lit		
- Table vibrante	X	X
6- Détermination des proportions optimales des constituants d'un béton de masse		
- Granulat $D = 100$ mm ( $D = 125$ mm)		
- Mixeur de 250 lit	-	-
- Aiguille vibrante 100 mm ; (125 mm)	-	-
2- Essai de mesure de la température du béton frais	-	-
3a-Essai consistance par Abrams (Béton plastique)	X	X
b-Essai consistance par méthode Vebe (béton non plastique)	-	-
c-Méthode modifiée de Walz	-	-
4- Densité apparente du béton frais	v	v
5- Densité apparente du béton frais in situ par Gammadensimètre	(X)	(X)

### IV-BETON DURCI

1a-Résistance à la compression pour échantillons cubes 20 cm et cylindre $\Phi$ 16 cm - H = 32 cm	X	X
b-Résistance à la compression pour béton de masse Carottage - Cylindre $\Phi$ 20 cm H 40 cm	X(A)	-

2 - Densité apparente de béton durci	X	X
3a- Résistance à la traction indirecte (Essai Brésilien)		
- Cylindre $\phi$ 16 cm h = 32 cm	X	X
- Cylindre $\phi$ 20 cm h = 40 cm (de carottage pour béton de masse)	-	-
6 - Résistance à la traction directe		
- Cylindre $\phi$ 16 cm H = 32 cm	-	-
- Cylindre $\phi$ 20 cm H = 40 cm (De carottage pour béton de masse)	-	-
4a - Module d'élasticité statique	-	-
b - Module d'élasticité dynamique	-	-
5 - Essais non destructifs in situ		
a - Méthode de Schmidt		X
b - Auscultation dynamique - avec le son		(X)
6 - Retrait du béton	XX	XX
7 - Fluage du béton	XX	XX
8 - Perméabilité du béton	XX	XX
9 - Résistance du béton à la variation de température de 10°C à 60°C.	X	X
10 - Essai adhérence mortier -granulat pour granulat concassé avec possibilité de fines poussières de concassage. Changement de la température de 15°C à + 20°C (Méthode accélérée)	X	X
<b>V - <u>ACIER POUR BETON ARME</u></b>		
1 - Résistance à la traction	X(A)	-
2 - Essai technologique - Pliage	X	X

**NOTE :** X = Existe la possibilité pour détermination

- = N'existe pas la possibilité pour détermination

(A) = Existe la possibilité pour détermination, mais seulement pour quelques échantillons parce que l'équipement n'est pas prévue pour cette sorte d'essai.

(X) = Equipement commandé

XX = On peut fabriquer l'équipement nécessaire à DAKAR

Chapitre VI.2.2

EQUIPEMENT SUPPLEMENTAIRE

POUR LA DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES  
NECESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE BARRAGE  
POUR LE CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET  
D'ETUDES POUR L'EQUIPEMENT (C.E.R.E.E.Q.)

---

LABORATOIRE POUR DES ESSAIS DE MATERIAUX

D A K A R

PHASE I : ESSAIS PRELIMINAIRES

PHASE II : ESSAIS DE CONTROLE

PRIX DE L'EQUIPEMENT NECESSAIRE	PHASES	
	I - US \$	II
<b>I - CIMENT</b>		
1 - Essai chimique	5 000	
2b - Perméamètre de Blaine (pour finesse du ciment 2 X 250 US \$)	500	
2c - f - Equipement pour la chambre climatisée (sans bâtiment)	10 000	
4 - Chaleur d'hydratation		
a) Méthode adiabatique	4 000	
b) Méthode A S T I	600	
5 - Retrait de ciment		
- Equipement Graf-Kaufmann	500	
- 100 pièces de plot	100	
6 - Fluage de ciment		
Equipement CEMET - PARIS pour 6 échantillons par 1 000 US \$	6 000	
7 - Activité pouzzolanique par la résistance mécanique		
Equipement pour 3 X 3 échantillons (peut se faire à DAKAR)	600	
<b>I - CIMENT TOTAL PHASE I</b>	27 300	US \$
(6 415 500 F CFA)		
<b>II - GRANULAT</b>		
2b- Passoires < 125µ (80 X 80) avec équipement vibrant)	1 500	
7a- Machine pour sciage cylindres de béton et sciage des roches (IV-1b, 3b, 4a et 4b)	3 000	
Disque de diamant Ø 500 mm	1 000	
<b>II - GRANULAT TOTAL PHASE I</b>	5 500	US \$
(1 292 500 F CFA)		
<b>III - BETON FRAIS</b>		
1b - Cubes de mise en place de béton (1 m <sup>3</sup> )	100	
(peut se faire à DAKAR)		



- Fumeur de 250 litres pour laboratoire		6 000	
- Aiguilles vibrantes de 100 mm (125 mm) (Équipement avec 2 aiguilles)		2 500	
2	Thermomètre pour béton 50 cm et 100 cm	100	
	Thermomètre pour béton à surface (2)	50	
3b	- Équipement Vebe	800	
c	- Équipement modifié par Halz (2) (peut se faire à DAKAR)	150	
III - BETON FRAIS		9 700	US \$
TOTAL PHASE I			
IV - <u>BETON DURCI</u>			
1b	- Équipement pour carottage de cylindre $\phi$ 20 cm	2 500	
	- Groupe électrogène - (pour équipement pour carottage)	1 500	
	- Carotte diamant $\phi$ 20 cm H = 50 cm 3 cylindres à 600 US \$ pour IV 1b - A	1 800	
	$\phi$ 20 cm H = 50 cm 6 cylindres à 600 US \$		3 600
3b-	Résistance à la traction directe		
	- Équipement V I		
	- Carotte diamant à 1b pour béton de masse		
4a-	Module d'élasticité statique		
	- Extensiomètre mécanique 6 à 150 US \$	900	
	- Carotte diamant $\phi$ 20 cm H = 70 cm pour béton de masse 2 cylindres à 700 US \$	1 400	
b-	Module d'élasticité dynamique		
	- Équipement électro-dynamique	2 500	
	- Carotte diamant $\phi$ 20 cm H = 70 cm pour béton de masse à donner au 4a		
6-	Équipement pour retrait du béton	500	
	- Micromètre de 960 jusqu'à 1050 mm		

7 - Equipement pour fluage du béton avec ressort		800	
8 - Equipement pour perméabilité du béton		800	
IV - BETON DURCI		8 700	7 600
TOTAL			
PHASE I	8 700 US \$ (2 044 500 F CFA)		
PHASE II	7 600 US \$ (1 786 000 F CFA)		
V - <u>ACIER POUR BETON ARME</u>			
1 - Machine pour traction, impression et pliage	207		
(de RDA) et pour traction directe de béton			15 000
V ACIER			
TOTAL PHASE II			
(3 525 000 F CFA)			15 000

( voir récapitulation page suivante)

RECAPITULATION POUR L'EQUIPEMENT NECESSAIRE

( 1 US \$ = 235 F CFA )

EQUIPEMENT POUR	PHASE I		PHASE II		TOTAL	
	US \$	F CFA	US \$	F CFA	US \$	F CFA
I - CIMENT	27 300	6 415 500	-	-	27 300	6 415 500
II - GRAINULAT	5 500	1 292 500	-	-	5 500	1 292 500
III - BETON FRAIS	9 700	2 279 500	-	-	9 700	2 279 500
IV - BETON DURCI	8 700	2 044 500	7 600	1 786 000	16 300	3 830 500
V - ACIER POUR BETON ARME	-	-	15 000	3 525 000	15 000	3 525 000
US \$ 73 800 ( F CFA 17 343 000 )	51 200	12 032 000	22 600	5 311 000	73 800	17 343 000

Chapitre VI.2.3.

ESSAIS PRELIMINAIRES

ESSAIS DE CONTROLE

POUR LA DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES  
NECESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE  
BARRAGE

A

LA DIRECTION GENERALE DES TRAVAUX PUBLICS  
LABORATOIRE POUR DES ESSAIS DE MATERIEUX

BANAKO

MATERIEL CARACTERISTIQUE	ESSAIS	
	Préliminaire	Contrôle
<b>I - CIMENT</b>		
1 - Essai chimique	X (-)	X (-)
2 - Essai normal des ciments		
a - Densité apparente	X	X
b - Finesse du ciment - méthode Blaine	-	-
c - Quantité d'eau de gachage	X	X
d - Durée de prise	X	X
e - Gonflement par le Chatelier	X	X
f - Résistance à la compression et flexion	X	X
(c - f, chambre climatisée)	-	-
3 - Essai de résistance des ciments aux eaux sulfatées	X	X
4 - Chaleur d'hydratation du ciment	-	-
5 - Retrait de ciment mortier	-	-
6 - Fluage de ciment mortier	-	-
7 - Activité pouzzolanique	-	-
<b>II - GRANULAT</b>		
1 - Essai minéralo-géotrographique	-	-
2 - a - Analyse granulométrique ( D $\leq$ 60 cm) pour 20kg d'aggrégats	X	X
b - Analyse granulométrique (D = 125 cm) pour 500 kg d'aggrégats (pour bétonnage)	-	-
3 - Coefficient de forme	X	X
4 - Détermination de la densité apparente	X	X

5 - Détermination du poids spécifique	X	X
6 - Détermination de la teneur en élément très fins	X	X
7 - Résistance en compression des roches pour concassage	X	X
a- Machine pour sciage des roches	-	-
8 - Essai Deval	X	X
9 - Essai Los Angeles	X	X
<b>III - <u>BETON FRAIS</u></b>		
1a- Détermination des proportions optimales des constituants		
- Granulat D 60 mm		
- Mixeur de 80 lits		
- Table vibrante	X	X
b- Détermination des proportions optimales des constituants d'un béton de masse		
- Granulat D = 100 mm (D = 125 mm)		
- Mixeur de 250 lit		
- Aiguille vibrante 100 mm (125 mm)	-	-
2 -- Essai de mesure de la température du béton frais	-	-
3a - Essai consistance par Abrams (béton plastique)	X	X
b - Essai consistance par méthode Vebe (béton non plastique)	-	-
c - Méthode modifiée par Walz	-	-
4 - Densité apparente de béton frais	X	X
5 - Densité de béton frais in situ par méthode radio-izotope		-
<b>IV - <u>BETON DURCI</u></b>		
1a - Résistance à la compression pour échantillons cubes 20 cm et cylindre $\phi$ 16 cm H = 32 cm	X	X
b - Résistance à la compression pour béton de masse Carottage - cylindre $\phi$ 20 cm H = 40 cm	-	-

2 - Densité apparente de béton durci	X	X
3 - a - Résistance à la traction indirecte (Essai brésilien)		
- Cylindre $\phi$ 16 cm H = 32 cm	X	X
- Cylindre $\phi$ 20 cm H = 40 cm (de carottage, pour béton de masse)	-	-
b - Résistance à la traction directe		
- Cylindre $\phi$ 16 cm H = 32 cm	-	-
- Cylindre $\phi$ 20 cm H = 40 cm (de carottage pour béton de masse)	-	-
4 - a - Module d'élasticité statique	-	-
b - Module d'élasticité dynamique	-	-
5 - Essais non destructifs in situ		
a - Méthode Schmidt		X
b - Auscultation dynamique avec ultrason		-
6 - Retrait du béton	-	-
7 - Fluage du béton	-	-
8 - Perméabilité du béton	-	-
9 - Résistance du béton à la variation de température de 10 °C à 60°C.	-	-
10 - Essai adhérence mortier-granulat pour granulat concassé, avec la possibilité de fines poussières de concassage.		
Changement de la température de - 15°C à + 20°C (méthode accélérée)	-	-
<b>V - <u>ACIER POUR BETON ARMÉ</u></b>		
1 - Résistance à la traction	-	-
2 - Essai technologique - pliage	X	X

**NOTES :** X = la possibilité de déterminer existe

- = la possibilité de déterminer n'existe pas

Chapitre VI-2a4

EQUIPEMENT SUPPLEMENTAIRE

POUR DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES NECES-  
SAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE BARRAGE POUR

---

LA DIRECTION GENERALE DES TRAVAUX PUBLICS  
LABORATOIRE POUR DES ESSAIS DE MATERIAUX

B A H A K O

PHASE I : ESSAIS PRELIMINAIRES

PHASE II : ESSAIS DE CONTROLE

---



<p>- Carotte diamant <math>\phi</math> 20 cm H = 70 cm pour béton de masse à donner à 4a</p> <p>5b - Auscultation dynamique - avec équipement digital ultrason</p> <p>6 - Equipement pour retrait du béton</p> <p>- Micromètre de 950 jusqu'à 1050 mm</p> <p>7 - Equipement pour fluage du béton</p> <p>- Avec ressort</p> <p>8 - Equipement pour perméabilité du béton</p> <p>9 et 10 - Meuble à hydromètre et à température contrôlées - avec changement en programme de température 20°C à 100°C et une hydrométrie de 100% à 5 % (200 litres)</p>		2 500
<p>IV - BETON DURCI TOTAL</p> <p>PHASE I 21 200 US \$ (9 964 000 Francs Français)</p> <p>PHASE II 7 600 US \$ (3 572 000 Francs Français)</p>	21 200	7 600
<p>V - <u>ACIER POUR BETON ARMÉ</u></p> <p>1 - Machine pour traction, compression et pliage 20 T (de RDA) ( et pour traction directe de béton)</p>		15 000
<p>V - ACIER TOTAL PHASE II ( 7 050 000 Francs Français)</p>		15 000

MANIPULATION POUR EQUIPEMENT NECESSAIRE

(US \$ = 470 Francs Malians)

EQUIPEMENT POUR	PHASE I		PHASE II		TOTAL	
	US \$	FM	US \$	FM	US \$	FM
I - CIMENT	24 500	11 515 000	-	-	24 500	11 515 000
II - GRANULAT	11 000	5 170 000	-	-	11 000	5 170 000
III - BESSON PERLIS	9 700	4 559 000	-	-	9 700	4 559 000
IV - BETON DURCI	21 200	9 964 000	7 600	3 572 000	28 800	13 536 000
V - ACIER POUR BETON ARMÉ	-	-	15 000	7 050 000	15 000	7 050 000
	66 400	31 200 000	22 600	10 622 000	89 000	41 830 000

US \$ 89 000

(Francs Malians 41 830 000)

Chapitre VI.2.5.

ESSAIS PRELIMINAIRES

ESSAIS DE CONTRÔLE

POUR LA DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES  
NÉCESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE

BARRAGES

AU

LABORATOIRE NATIONAL DES TRAVAUX PUBLICS

NOUAKCHOTT

MATERIEL	CARACTERISTIQUE	ESSAIS	
		Prélimi- naires.	Contrôle
I - <u>CIMENT</u>			
1	Essai chimique	-	-
2	Essai normal des ciments		
a	Densité apparente	-	-
b	Finesse du ciment - méthode Blaine	-	-
c	Quantité d'eau de gachage	X	X
d	Durée de prise	X	X
e	Gonflement par le Chatelier	-	-
f	Résistance à la compression et flexion	X	X
	(f - préparation des éprouvettes)	-	-
	(c-f - chambre climatisée)	-	-
3	Essai de résistance des ciments aux eaux sulfatées	X	X
4	Chaleur d'hydratation de ciment	-	-
5	Retrait de ciment mortier	-	-
6	Fluage de ciment mortier	-	-
7	Activité pouzzolanique	-	-
II - <u>GRANULAT</u>			
1	Essai minérale - pétrographique	-	-
2a	Analyse granulométrique (D 60 mm) pour 20 kg d'agrégats		
b	Analyse granulométrique (D = 125 mm) pour 500 kg d'agrégat (pour bétonnage)	-	-
c	Concassage en laboratoire	-	-
3	Coefficient de forme	X	X
4	Détermination de la densité apparente	X	X
5	Détermination du poids spécifique	X	X
6	Détermination de la teneur en élément très fins.	X	X

7 - Résistance en compression des roches pour concassage	X	X
8 - Machine pour sciage des roches	-	-
8 - Essai Deval	-	-
9 - Essai Los Angeles	-	-
<b>III - BETON FRAIS</b>		
1a- Détermination des proportions optimales des constituants d'un béton		
- granulat D 60 mm		
- mieur de 80 lits	X	X
- aiguille vibrante 25 mm (table vibrante)	-	-
b- Détermination des proportions optimales des constituants d'un béton de masse		
- granulat D = 100 mm (125 mm)		
- mieur de 250 lits	-	-
- aiguille vibrante 100 mm (125 mm)	-	-
2 - Essai de mesure de la température du béton frais	-	-
3a- Essai de consistance par ABRES (béton plastique)	X	X
b- Essai de consistance par la méthode Vebc (béton non plastique)	-	-
c- Méthode modifiée par Walz	-	-
4 - Densité apparente de béton frais	X	X
5 - Densité apparente de béton frais in situ, par Gamadensimètre	-	-
<b>IV - BETON DURCI</b>		
1a- Résistance à la compression pour cubes de 20 cm et cylindres Ø 16 cm H = 32 cm	X (B)	-
b- Résistance à la compression pour béton de masse Carottage - cylindre Ø 20 cm H = 40 cm	X (A)	-

2 - Densité apparente de béton durci	X	X
3a- Résistance à la traction indirecte (essai brésilien)		
- cylindre $\phi$ 16 cm H = 32 cm	X	X
- cylindre $\phi$ 20 cm H = 40 cm (de carottage, pour béton de masse)	-	-
b- Résistance à la traction directe		
- cylindre $\phi$ 16 cm H = 32 cm	-	-
- cylindre $\phi$ 20 cm H = 40 cm (de carottage, pour béton de masse)	-	-
4a- Module d'élasticité statique	-	-
b- Module d'élasticité dynamique	-	-
5 - Essais non destructif in situ		
a- Méthode Schmidt		X
b- Auscultation dynamique avec Ultrason		-
6 - Retrait du béton	-	-
7 - Fluage du béton	-	-
8 - Perméabilité du béton	-	-
9 - Résistance du béton en changement de la température de 10° C à 60°C	-	-
10 - Essai adhérence mortier-granulat pour granulat concassé avec possibilité de fines poussières de concassage. Changement de la température de 150°C à 20° C (méthode accélérée)	-	-
<b>V - <u>ACIER POUR BÉTON ARMÉ</u></b>		
1 - Résistance à la traction	-	-
2 - Essai technologique - pliage	-	-
3 - Essai Brinell et Rockwell	-	-

**NOTE :**

X = existe la possibilité pour détermination

- = n'existe pas la possibilité pour détermination

(A) - existe la possibilité pour détermination, mais seulement pour quelques échantillons parceque l'équipement n'est pas prévu pour cette sorte d'essai

(B)- Equipement pompe manuelle (250 t).

Chapitre VI.2.4

EQUIPEMENT SUPPLEMENTAIRE

POUR DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES  
NECESSAIRES POUR LA CONSTRUCTION DE  
BARRAGE  
POUR

LABORATOIRE NATIONAL DES TRAVAUX PUBLICS  
NOUAKCHOTT

PHASE I : ESSAIS PRELIMINAIRES

PHASE II : ESSAIS DE CONTROLE

---

PRIX DE L'EQUIPEMENT NECESSAIRE	PHASES	
	US	II
<b>I - CIMENT</b>		
1 - Essai chimique	5 000	
2a- Densité apparente	400	
b- Pernéomètre de Blaine (pour finesse du ciment)		
2 x 250 US	500	
c- Gonflement par le Chatelier	100	
c-f - Equipement pour la chambre climatisée (sans bâtiment)	10 000	
a-f - Balance automatique au 1/1000 de gramme portée 300 g	2 000	
Balance automatique au 1/100 de gramme portée 2 kg	1 500	
f- Equipement pour mise en place éprouvette ciment- mortier		
4 x 4 x 16 Milen-Con	6 000	
4- Chaleur d'hydratation		
a) Méthode adiabatique	4 000	
b) Méthode ASTM	600	
5- Retrait de ciment		
Equipement graf-Kaufmann	500	
100 pièces de plot	100	
6- Fluage de ciment		
Equipement CEBTP - PARIS		
pour 6 échantillons par 1000 SU		
7- Activité pouzzolanique		
Equipement pour 3 x 3 échantillons	600	
<b>I - CIMENT TOTAL PHASE I</b>	<b>37 500</b>	<b>US</b>
<b>(1 627 500 US)</b>		
<b>II - GRANULAT</b>		
2b - Passoires 125 mm (80 x 80 cm) avec équipement vibrant	1 500	
c- Concasseur de laboratoire	1 500	
7a- Machine pour sciage des roches (et pour sciage cylindres de béton (IV , 1b, 3b et 4b)	3 000	
Disque de diamant Ø 500 mm	1 000	
8 - Equipement pour essai Deval	1 000	
9 - Equipement pour essai Los Angeles	2 000	
<b>II - GRANULAT TOTAL PHASE I (450 000 US)</b>	<b>10 000</b>	<b>US</b>



6 - Equipement pour retrait du béton - Micromètre de 950 à 1050 mm	500	
7 - Equipement pour fluage de béton Avec ressort	800	
8 - Equipement pour perméabilité du béton	300	
9 et 10 - Meuble à hydromètre et à température contrôlées - avec changement en programme de température en programme de température - 20°C à 100°C et une hydrométrie de 100 % à 5 % (200 litres)	10 000	
IV BETON DURCI TOTAL	21 200	37 600
PHASE I 21 200 US \$ (954 000 UM)		
PHASE II 37 600 US \$ (9 692 000 UM)		
V - <u>ACIER POUR BETON ARMÉ</u>		
1 - Machine pour traction, compression et pliage 20 T (de RDA) (*) (et pour traction directe de béton)	15 000	
- Equipement Brinell et Rockwell (*)	3 000	
V ACIER TOTAL PHASE I ( 810 000 UM )	18 000	

NOTE : (\*) Production d'acier pour béton armé  
et prévue après Juin 1973.  
(10 000 t/année.

REGANISULATION POUR EQUIPEMENT NECESSAIRE

( 1 US \$ = 45 UM)

EQUIPEMENT POUR	PHASE I		PHASE II		TOTAL	
	US \$	UM	US \$	UM	US \$	UM
I - CIMENT	37 500	1 687 500	-	-	37 500	1 687 500
II - GRANULAT	14 000	630 000	-	-	14 000	630 000
III - BETON FRAIS	9 700	436 500	-	-	9 700	436 500
IV - BETON DURCI	21 200	954 000	37 600	1 692 000	58 800	2 646 000
V- ACIER POUR BETON ARME	18 000	810 000	-	-	18 000	810 000
TOTAL .....	100 400	4 518 000	37 600	1 692 000	138 000	6 210 000

US \$ 138 000

(UM 6 210 000)

APPENDICE I

MARCHÉ N°

MAITRE DE L'OUVRAGE : ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR  
DU FLEUVE SENEGAL.

FINANCEMENT : REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE  
(Kreditanstalt für Wiederaufbau)

INTITULE : ETUDE D'EXECUTION DU BARRAGE ET DE L'USINE  
HYDROELECTRIQUE DE MANANTALI.

ATTRIBUTAIRE : INGENIEUR - CONSEIL

RRI

TRACTIONNEL - STUCKY

SONED

Ces trois sociétés agissent conjointement et solidairement

CAHIER DES PRESCRIPTIONS SPECIALES

DATE D'APPROBATION

DATE DE NOTIFICATION

(page 18 - 20)

**B. 2. 4. -****Essai sur les matériaux de construction**

y compris rédaction des rapports de laboratoire donnant les résultats bruts.

**PRIX B. 2. 4. 1. -**

Rémunère forfaitairement la mission de prélèvement au site des zones d'emprunt d'échantillons pour les essais sur les agrégats pour les bétons, transport exclu (Prix B. 2. 3. 2.). S'applique à chaque mission.

**PRIX B. 2. 4. 2. -**

Rémunère la détermination de la granulométrie sur un échantillon de 20 kg. S'applique par tranche de 20 kg de matériaux examinés.

**PRIX B. 2. 4. 3. -**

Rémunère l'exécution d'analyses chimiques et bactériologiques en saison sèche et en période de crue en vue de déterminer les dispositions constructives des ouvrages et équipements. S'applique à chaque analyse.

**PRIX B. 2. 4. 4. -**

Rémunère la confection d'éprouvettes de béton au laboratoire (cubes 20/20/20cm) y compris les dispositions pour la conservation des éprouvettes et leur préparation pour les essais. S'applique à chaque éprouvette confectionnée.

**PRIX B. 2. 4. 5. -**

Ce prix est identique au prix B. 2. 4. 4. mais s'applique pour les éprouvettes cylindriques de  $\varnothing$  30 cm H = 45 cm.

**PRIX B. 2. 4. 6. -**

Rémunère l'essai de la consistance et de détermination du poids spécifique apparent et du béton frais, conformément aux normes admises. S'applique à chaque essai.

**PRIX B. 2. 4. 7. -**

Rémunère la détermination du poids spécifique et la teneur en eau du béton des éprouvettes. S'applique à chaque éprouvette testée.

.../...

PRIX B. 2. 4. 8. -

Rémunère l'exécution d'un essai de compression simple sur une éprouvette de béton, y compris la détermination. S'applique à chaque essai.

PRIX B. 2. 4. 9. -

Rémunère l'exécution d'un essai de traction indirecte (essai brésilien) sur une éprouvette cylindrique de béton. S'applique à chaque essai.

PRIX B. 2. 4. 10 -

Rémunère forfaitairement l'exécution d'un essai de perméabilité du béton ? S'applique à chaque essai.

PRIX B. 2. 4. 11 -

Rémunère l'exécution de la détermination du module dynamique sur une éprouvette de béton. S'applique à chaque essai.

PRIX B. 2. 4. 12. -

Rémunère forfaitairement l'exécution d'un essai de bétonnage à température ambiante élevée, y compris recherche du traitement adéquat du béton après la mise en oeuvre, détermination du temps de prise et choix d'éventuels adjuvants retardateurs. S'applique à chaque essai complet. (Pour une température donnée, pour un degré hygrométrique et une composition du béton).