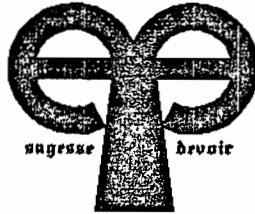


REPUBLIQUE DU SENEGAL



GC.0597

Ecole Polytechnique de THIES

PROJET DE FIN D'ETUDES

*en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur  
de conception en génie civil*

**TITRE:** ETUDE COMPARATIVE DES BETONS  
FAITS A PARTIR DES MATERIAUX  
LES PLUS UTILISES AU SENEGAL

**AUTEUR:** Mariata LY

**DIRECTEUR:** Thomas AQUIN

Juin 89.

A mon feu père

A ma mère

A mon mari

A mes frères et soeurs

A feu Niokhor Sène

A tous ceux qui luttent

pour la libération de

la femme

## REMERCIEMENTS

J'exprime mes vifs remerciements à:

-mon directeur de projet M. Thomas Aquin

-M. Mamadou Lamine Lo pour son aide au laboratoire

-M. Elhadj Mamadou Moussa Thiam pour son assistance soutenue

-M.M. Badara Tall et Niokhor Sène pour leur aide lors de la confection des moules pour les éprouvettes.

-Et enfin à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce projet.

## TABLE DES MATIERES.

Titre	Page
Remerciements .....	I
Table des matières .....	II
Liste des graphiques et symboles .....	IV
Sommaire .....	V
Chapitre 1. Introduction .....	1
Chapitre 2 Etudes des caractéristiques des matériaux .....	3
2-1 Essais sur le ciment portland .....	3
2-1-1 Rappel de quelques notions de chimie du ciment .....	3
2-1-2 Essais et résultats obtenus .....	4
2-2 Les granulats.....	9
2-2-1 provenances et disponibilités au Sénégal .....	9
2-2-2 Essais physiques et mécaniques.....	10
Chapitre 3 Essais sur les bétons et résultats obtenus .....	13
3-1 Dosages des bétons .....	13
3-2 Manipulations .....	18
3-2-1 Normes utilisées .....	18
3-2-2 Murissement des échantillons .....	18
3-2-3 Coiffe des éprouvettes .....	18
3-3 Essais sur le béton durci.....	18
3-4 Résultats obtenus .....	19
Chapitre 4 Comparaison et interprétations des résultats .....	45
4-1 Comparaison des résultats obtenus .....	45

4-2 Interprétations .....	46
Chapitre 5 Conclusion et recommandations .....	52
5-1 Conclusion .....	52
5-2 Recommandations .....	52
Bibliographie .....	54
Annexes .....	55

## LISTE DES GRAPHIQUES ET SYMBOLES

S: sable

D: de dune

B: basalte

M: de mer

G: grès

C: calcaire

R3: résistance à la compression à 3 jours.

R7: .. .. 7 ..

R28: .. .. 28 ..

R60: .. .. 60 ..

E/C: rapport en masse de l'eau et du ciment.

+ , o , x , Δ , ▽ représentent les points obtenus par lissage

+ représente les points expérimentaux

Graph 1: quantité d'eau fonction de la pénétration

Graph 2: courbes granulométriques

SDBR3: résistance en fonction de E/C à 3d pour le SDB

SDBR7: .. .. 7d ..

SDBR28: .. .. 28d ..

SDBR60: .. .. 60d ..

SMBR3: .. .. 3d pour le SMB

SMBR7: .. .. 7d ..

SMBR28: .. .. 28d ..

SMBR60: .. .. 60d ..

SDGR3 : .. .. 3d pour le SDG

SDGR7: .. .. 7d ..

SDGR28: .. .. 28d ..

SDGR60: .. .. 60d ..

SMGR3:	..	..	..	3d pour le SDG
SMGR7:	..	..	..	7d ..
SMGR28:	..	..	..	28d ..
SMGR60:	..	..	..	60d ..
SDCR3:	..	..	..	3d pour le SDC
SDCR7:	..	..	..	7d ..
SDCR28:	..	..	..	28d ..
SDCR60:	..	..	..	60d ..
SMCR3:	..	..	..	3d pour le SMC
SMCR7:	..	..	..	7d ..
SMCR28:	..	..	..	28d ..
SMCR60:	..	..	..	60d ..

FIG1 Résistance fonction de l'age du béton

FIG2 Comparaison des deux sables

FIG3 Comparaison des bétons à 28 jours

FIG4 Comparaison .. 60 ..

## SOMMAIRE

Le but de ce projet est de faire une étude de la résistance en compression et en flexion des bétons les plus utilisés au Sénégal. Pour cela la procédure suivante a été adoptée :

-Etude sur les caractéristiques des matériaux utilisés: le ciment du Cap Vert, le sable de plage, le sable de dune, le basalte, le calcaire dure, et le grès.

-Essai de compression sur des cylindres, de flexion sur des poutres pour les différents bétons.

-Présentation des résultats sous forme de courbes et de tableaux pour leurs utilisations.

-Interprétation des résultats et les écarts par rapport à ceux définis par la norme nationale du Canada (CAN3-A23.1-M77).

Le sujet est purement expérimental et tous les travaux ont été effectués avec le matériel du laboratoire de résistance des matériaux de l'Ecole Polytechnique de Thiès.

Le but de ce projet sera atteint si des études complémentaires sont faites sur les bétons au Sénégal pour permettre aux constructeurs de prévoir les résistances, à partir des dosages effectués, et des types de matériaux.

# CHAPITRE 1 - INTRODUCTION

## 1-1 Avant-propos

Le béton est un matériau dans lequel une pâte de ciment portland et d'eau sert à lier des matériaux tel que le gravier et le sable. La réaction d'hydratation qui se produit entre le ciment et l'eau fait la pâte jusqu'à ce qu'elle prenne la consistance d'une roche. Les bétons de bonne qualité sont d'un emploi plus avantageux que celui des maçonneries dans les constructions d'ouvrages pour les motifs suivants :

- matériau souple permettant d'exécuter économiquement les formes compliquées;

- possibilité d'exécuter des massifs monolithes étanches ;

- utilisation plus commode sous l'eau ;

- nécessité d'un nombre réduit de spécialistes pour la mise en oeuvre ;

- à résistance égale, son poids mort est plus faible ;

- possibilité d'atteindre de plus haute résistance ;

C'est pour ces raisons que le béton est très utilisé dans tous les pays. Dans ce cadre nous nous proposons de faire une étude comparative des bétons fabriqués à partir des matériaux les plus utilisés au Sénégal , soient :

- le ciment de la SO.CO.CIM comme liant hydraulique

- le basalte, le grès, le calcaire dur comme gros granulats

- le sable de dune et de mer comme granulats fins.

## 1-2 Objet du sujet

Pouvoir comparer les différents bétons sur le plan résistance, économique, et disponibilité des matériaux. Cette étude nous permettra aussi d'avoir des données sur les bétons faits au

Sénégal.

Le but de cette étude est aussi de contrôler et de rationaliser l'utilisation des matériaux déjà cités :

- fixer certaines données telles que le rapport en masse eau et ciment, le type de sable et de pierre pour avoir une résistance en compression ou flexion donnée

- recommander des mesures à observer pour améliorer la qualité du béton.

Les essais suggérés sur les matériaux permettront de vérifier leur conformité aux normes.

#### 1-3 Limites et contenu du sujet

En raison du budget très limité consacré au projet de fin d'études, on ne peut pas envisager de faire des essais sur tous les bétons utilisés, seulement les plus courants. Les étapes suivantes ont été retenues ;

- essais sur les matériaux utilisés ;

- essais de compression sur des cylindres des six types de béton ;

- essais de flexion sur des poutres.

Ces différents âges du béton donneront certains renseignements sur les performances possibles.

## CHAPITRE 2

### ETUDE DES CARACTERISTIQUES

#### DES MATERIAUX.

Le choix des différents matériaux entrant dans la constitution du béton influence directement sur ses principales propriétés, sa résistance, son coût de fabrication et de mise en place, ce qui nous pousse à faire un certain nombre d'essais sur ces matériaux.

#### 2-1 Essais sur le ciment portland.

##### 2-1-1 Rappel de quelques notions de chimie du ciment

Le ciment portland est un liant hydraulique fabriqué à partir d'une pierre de calcaire d'une source d'alumine et de silice en général de l'argile ou du schiste.

Ses principaux constituants sont la chaux ( $\text{CaO}$ ) 54 à 65 % fourni par la pierre calcaire, la silice ( $\text{SiO}_2$ ) 17 à 25 %, et l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 3 à 6 % provenant de l'argile ou du schiste, le fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 2 à 5 % contenu en faible proportion dans le calcaire et le schiste, et l'anhydride sulfureux ( $\text{SO}_2$ ) fourni par le gypse.

De plus sous forme d'impuretés on retrouve de la magnésie ( $\text{MgO}$ ) 1 à 2%. La soude et la potasse sont les alcalis du ciment peuvent réagir chimiquement avec certains granulats siliceux (opale, chert, calcedoine, et certaines roches volcaniques de nature cryto-cristaline ou vitreuse) et les carbonates contenus dans certaines calcaires dolomitiques.

Ces constituants sont sous forme de :

- silicate bicalcique ( $\text{SiO}_2, 2\text{CaO}$ ),  $\text{C}_2\text{S}$ , environ 24 % responsable des augmentations de résistance à moyen et long terme du

béton ;

- silicate tricalcique ( $\text{SiO}_2, 3\text{CaO}$ )  $\text{C}_3\text{S}$  , 50 % influe sur la prise finale et la résistance durant les premiers jours ;

- l'aluminate tricalcique ( $\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{CaO}$ ) ,  $\text{C}_3\text{A}$  11 % responsable de la prise initiale et participe à la résistance finale ;

- l'alimino-ferrite tétracalcique ( $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3, 4\text{CaO}$ )  $\text{C}_4\text{AF}$ , 8% il permet de diminuer quelque peu la température de formation du clincker (ciment non boyer) rendant ainsi la fabrication plus économique.

#### **2-1-2 Essais et résultats obtenus.**

Différents essais ont été effectués sur le ciment utilisé comme :

- la consistance normale ;
- le temps de prise initiale ;
- la finesse de mouture ;
- et la résistance à la compression à 3,7,28 jours.

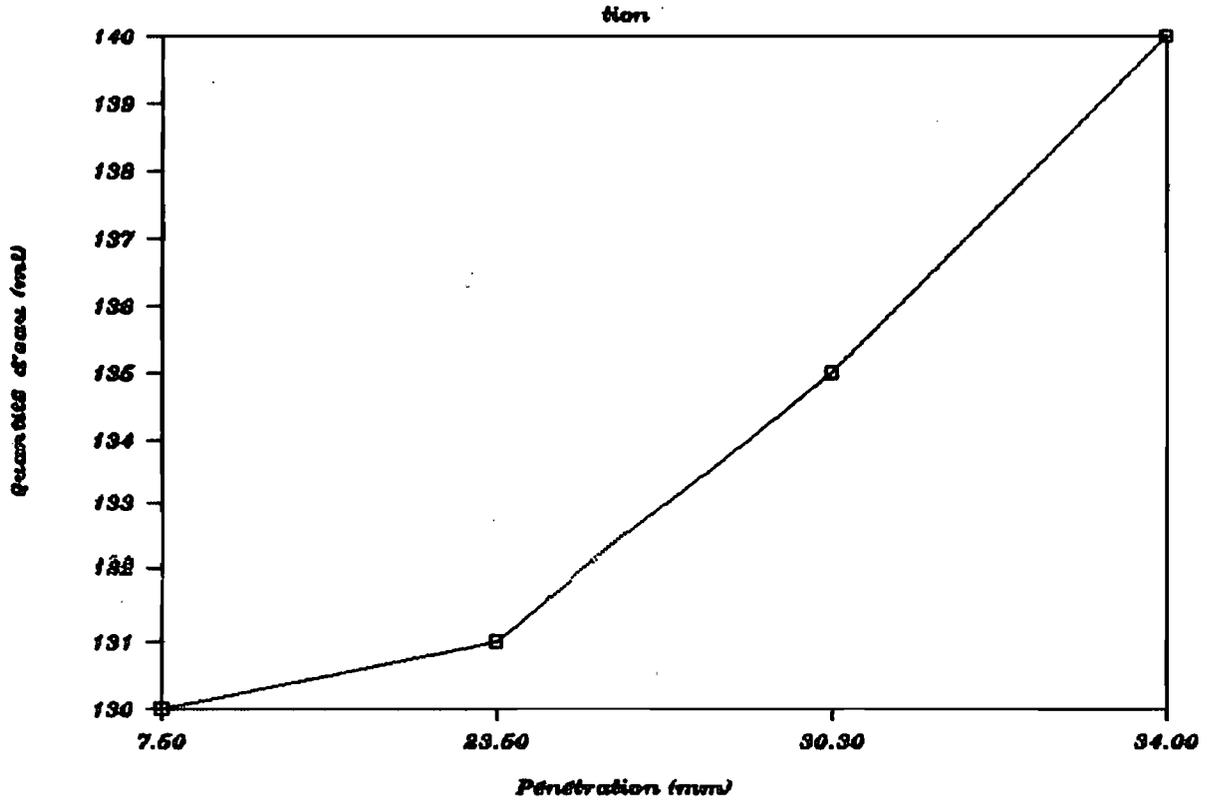
##### **2-1-2-1 Détermination de la consistance normale**

Le consistance normale correspond à une pénétration de l'aiguille de l'appareil Vicat de 10 mm à 1 mm près dans la pâte de ciment pour une teneur en eau comprise entre 26 et 32 %.

2-1-2-1-a Mesures obtenues

Essai N°	Quantité d'eau (ml)	Pénétration (mm)
1	130	7.5
2	131	23.5
3	135	30.3
4	140	34.0

Quantité d'eau fonction de la pénétra-



Graph 1

la quantité d'eau correspondante a une pénétration de 25mm

est de 131.5ml

### 2-1-2-1-b Calcul de la consistance normale.

$$C \% = \text{quantité d'eau requise (ml)} * 100 / \text{masse de ciment (g)}$$
$$= 131.5 / 500 * 100$$

$$C = 26.3 \%$$

Une pâte de consistance normale est requise pour fabriquer des éprouvettes dans le cadre d'essais comme la dilatation à l'autoclave et la détermination du temps de prise du ciment. La consistance normale nous permet d'avoir le pourcentage d'eau pour cette pâte.

### 2-1-2-2 Temps de prise initiale

Ces essais permettent de connaître l'intervalle de temps maximale qui peut exister entre le moment de l'addition de l'eau et celui de la mise en place sans nuire à la résistance du béton de vérifier indirectement le dosage en gypes lors de la fabrication du béton, si on sait qu'il retarde la prise du ciment.

Pour les besoins de l'expérience, l'appareil de vicat a été utilisé, elle a débuté 9 h 15 mn, avec une aiguille de 1 mm, les résultats suivants ont été obtenus :

pénétration (mm)	temps	temps de prise (mn)
26.5	12 h 10 mn	175
22	12 h 15 mn	180

Par interpolation la pénétration correspondant à 25 mn est 177 mn or la norme CAN-A5-77M. recommande un minimum de temps de prise de 60 mn; donc la valeur trouvée est correcte.

### 2-1-2-3 Finesse de mouture

Déterminer la finesse de mouture du ciment en fonction de sa surface spécifique, exprimée par sa surface totale en centimètres carrés par gramme de ciment. Avec l'appareil de Blaine on a lu un

temps  $t$ , de 38.2s entre les deux repères B et C de l'appareil.

La surface spécifique  $S$  est:

$$S = K\sqrt{t} \quad , \text{ ici } K=270$$

$$S = 1669 \text{ cm/g}$$

La norme ASTM.C204. recommande  $S=1500 \text{ cm/g}$  au minimum.

#### 2-1-2-4 Résistance en compression.

Le mortier préparé avec du ciment et du sable standard (sable d'Ottawa) à granulométrie contrôlée nous permettra de déterminer la résistance propre du ciment. Le sable utilisé étant de qualité constante n'intervient donc pas dans l'évaluation du ciment.

Avec des moules de dimensions:  $50 \times 50 \times 50$ , et des proportions en masse suivantes:

-ciment 1

-sable 2.75

-l'eau requise est celle qui donnera au mortier une consistance telle qu'après 25 chocs sur la table d'écoulement le diamètre final de la galette de mortier sera de 110% plus ou moins 5% de son diamètre initial.

Les résistance en compression suivantes ont été obtenues après 3,7;28 jours, rappelons que dans le cadre de la résistance simple la résistance  $R$ :

$$R = \text{charge de rupture/section.}$$

Age du mortier (d)	Essai N	Charge rupture (kN)	Resistance a la compression (MPa)
3	1	39.5	15.8
	2	42.8	17.1
	3	41.4	16.6
			Rm = 16.5
7	1	60	24
	2	57	22.8
	3	60	24
			Rm = 23.6
28	1	91	36.4
	2	86.2	34.5
	3	94.4	37.8
			Rm = 36.8

Rm est la resistance moyenne, pour la norme CAN-A5-77M.

Les resistances minimales recommandees sont :

- 3 jours 12.0MPa
- 7 jours 19.3MPa
- 28 jours 24.0MPa

## 2-2 Les granulats .

Les granulats occupent généralement 60 à 80 % du volume du béton. C'est pourquoi ils influencent si fortement les propriétés ainsi que le dosage et le coût du mélange. Ils ne jouent pas seulement un rôle passif de remplissage et de support dans le béton mais leurs caractéristiques physiques et chimiques peuvent influencer sur les propriétés du béton plastique et durci. Pour la stabilité chimiques des granulats il faut toujours définir les conditions d'environnements parceque des matériaux comme les calcaires réputés très stables par le passé dans les conditions d'environnement normales, sont devenus très vulnérables de nos jours avec l'apparition des pluies acides.

Idéalement, les granulats servant à la fabrication du béton doivent être composés de particules inertes, dures, résistantes et durables.

Nous avons ainsi effectué un certain nombre d'essais sur les gros granulats et granulats fins utilisés pour déterminer les propriétés recherchées et d'autres qui rentreront dans le calcul des quantités lors des dosages du béton.

Nous cherchons aussi à connaître la provenance et la disponibilité des granulats utilisés à travers le pays.

### 2-2-1 Provenances et disponibilités au SENEGAL

Les granulats utilisés dans ce présent projet nous viennent essentiellement des régions de Thiès et Dakar.

- Le basalte provient des carrières de Ngoundia sur la route de Khombole.
- Le grès des carrières de Toglo sur le route de Mbour
- Le calcaire dur vient de Bargny dans la région de Dakar
- Le sable de dune de Tivaouane

- Le sable de mer de la plage de Mboro.

Mais on retrouve les gros granulats en d'autres points du pays (voir la carte) alors que le sable de dune couvre presque tout le territoire et le sable de mer tout le littoral.

## 2-2-2 Essais physiques et mécaniques.

### 2.2.2.1 Granulométrie

Une analyse granulométrique que nous a donné les résultats suivants :

- Les diamètres nominaux des gros granulats  $d$  et  $D$  ( $d$  : diamètre de la plus grande ouverture ayant des passants inférieurs à 10 %,

$D$  : diamètre du Tamis de plus petite ouverture ayant de refus inférieur à 10 %) pour le basalte et le calcaire on a du 15 - 5 mm alors que pour le grès on a du 20 - 5 mm ;

- Le module de finesse des sables; le module du sable de dune est de 1,4, et le sable de mer de 1,8.

Des courbes granulométriques sont ainsi représentées pour voir le degré de variation de la taille des grains. Les résultats expérimentaux qui ont permis de faire cette analyse sont sous forme de tableaux (voir annexes).

### 2-2-2-2 Densité et masse volumique des granulats

Les densités et les masses volumiques en vrac des gros granulats sont représentées dans le tableau suivant:

Granulat	Masse volumique en vrac (Kg/m)	Densité (dsss)
Basalte	1565	3.22
Grès	1275	2.23
Calcaire	1330	2.49
Sable de dune	-	2.15
Sable de mer	-	2.65

### 2-2-2-3 Essais mécaniques

Les résultats sur les essais de résistance à la compression des gros granulats et leur résistance à l'abrasion ( en % de passant du tamis 1.70 mm ) sont consignés dans le tableau suivant:

### 2-3 Eau de gachage.

L'eau de robinet convient parfaitement comme eau de gachage. toute autre eau qui va être utilisé doit subir des analyse pour voir si elle ne contient pas des éléments nuisibles au béton comme les sulfates.

Granulats	Resistance ° la compression (MPa)	Los Angeles %
Basalte	137.5	13.9
Gres	65	36.6
Calcaire	37.4	28.5

## CHAPITRE 3.

### ESSAIS SUR LES BETONS

### ET LES RESULTATS OBTENUS.

Après une étude détaillée des différents constituants du béton, avant sa préparation nous allons déterminer les proportions optimales de ces divers éléments de façon à obtenir les meilleures caractéristiques pour ces bétons. Nous parlerons dans un premier temps des dosages et manipulations effectués, et ensuite des résistances à la compression, et à la flexion observées.

#### 3-1 Dosages des bétons.

Le dosage en ciment dépend de la résistance ou des propriétés du béton visées, comme l'étanchéité et s'exprime en kilogramme par mètre cube de béton. Le dosage minimum de  $250\text{kg/m}^3$  est prescrit pour éviter des bétons poreux et à partir de  $500\text{kg/m}^3$  il est à craindre le retrait lors du durcissement. Nous allons utiliser la méthode de l'American Concrete Institute (A.C.I) pour faire nos dosages. C'est une méthode de détermination approximative du mélange des différents constituants du béton. On cherchera à respecter les exigences des devis qui s'appliquent à l'ouvrage concerné tout en étant à la fois pratique et économique. Dans la norme AC.211.1 le calcul de dosage est fait selon trois méthodes:

- la méthode des masses;
- la méthode du rapport E/C par gachées d'essai;
- la méthode des volumes absolus.

Nous insisterons sur la méthode des volumes absolus que nous avons utilisée. Le principe consiste en l'utilisation des tables

A.C.I (voir annexes) permet de déterminer les volumes puis les masses de mélange après avoir établi le rapport E/C, l'affaissement, la grosseur maximale des pierres et le module de finesse du sable.

1°) La quantité d'eau est estimée à partir de l'affaissement (mesure de l'ouvrabilité), la grosseur de la pierre et la présence d'air occlus (A.C.I tableau 5. annexes).

2 ) La quantité de ciment est calculée à partir du rapport en masse E/C.

3°) La quantité de pierre est établie selon le module de finesse du sable utilisé et le diamètre du gros granulat, on lit le volume de pierre en vrac suggéré par mètre cube de béton (A.C.I tableau 7. annexes). Les règles empiriques suivantes sont utilisées pour les corrections:

-plus ou moins 2kg/m<sup>3</sup> d'eau font varier l'affaissement de plus ou moins 1cm.

-plus ou moins 3kg/m<sup>3</sup> d'eau font varier la teneur en air de plus ou moins 1%.

Dans ce cas on n'a pas d'air occlus dans le béton.

Exemple de calcul pour un mélange.

Prenons comme matériaux le basalte et le sable de plage et un E/C=0.5.

Caractéristiques des matériaux.

Ciment: la masse volumique est 3140kg/m<sup>3</sup>.

Basalte. densité:3.22 diamètre max. 14mm masse volumique en vrac. 1564kg/m<sup>3</sup>

Sable de mer. densité: 2.65 module de finesse: 1.8 (calcul voir annexes).

On a choisi un affaissement compris entre 80 à 100mm qui

suggéré par l'A.C.I pour les dalles, murs armés, poutres, et les colonnes d'édifice parce que le béton armé est plus utilisé dans ce type de constructions. Pour un diamètre de gros granulat de 14mm et un affaissement de 80 à 100mm : la quantité d'eau suggérée est  $215\text{kg}/\text{m}^3$  comme le rapport  $E/C=0.5$  la masse de ciment est  $C=430\text{kg}/\text{m}^3$ .

Volume de gros granulat en vrac.

Dans le tableau7 (tables A.C.I annexes) pour le module de finesse de 1.8, les valeurs n'existant pas nous pris les valeurs du module le plus faible , et le volume est de 0.6.

masse de basalte :  $0.6*1564=939\text{kg}$

masse de sable de mer (Mgf),  $Mgf=\text{volume}*\text{densité}*1000$   
 $\text{volume}=1-(\text{volume eau}+\text{volume ciment}+\text{volume pierre}) =0.356\text{m}^3$   
 $Mgf=943\text{kg}/\text{m}^3$ .

Ainsi pour un mètre cube de béton à partir de basalte et de sable de mer il faut les masses suivantes:

eau: 215kg

ciment: 430kg

pierre: 939kg

sable: 943kg.

Nous avons opéré de la sorte pour tous les types de mélanges et les dosages obtenus par mètre cube de béton sont consignés dans les tableaux suivants:

BASALTE ET SABLE DE DUNE

1	Rapport en masse	1	1	1	1	1
1	eau/ciment	1	0.5	0.55	0.6	0.7
1		1	1	1	1	1
1	Eau (kg)	1	215	215	215	215
1		1	1	1	1	1
1	Ciment(kg)	1	430	391	358	307
1		1	1	1	1	1
1	Pierre(kg)	1	939	939	939	939
1		1	1	1	1	1
1	Sable(kg)	1	765	791	815	850
1		1	1	1	1	1

BASALTE ET SABLE DE MER

1	Rapport en masse	1	1	1	1	1
1	eau/ciment	1	0.5	0.55	0.6	0.7
1		1	1	1	1	1
1	Eau (kg)	1	215	215	215	215
1		1	1	1	1	1
1	Ciment(kg)	1	430	391	358	307
1		1	1	1	1	1
1	Pierre(kg)	1	939	939	939	939
1		1	1	1	1	1
1	Sable(kg)	1	943	975	1004	1047
1		1	1	1	1	1

GRES ET SABLE DE DUNE

1	Rapport en masse	1	1	1	1	1
1	eau/ciment	1	0.5	0.55	0.6	0.7
1		1	1	1	1	1
1	Eau (kg)	1	200	200	200	200
1		1	1	1	1	1
1	Ciment(kg)	1	400	364	333	286
1		1	1	1	1	1
1	Pierre(kg)	1	842	842	842	842
1		1	1	1	1	1
1	Sable(kg)	1	634	659	679	712
1		1	1	1	1	1

## GRES ET SABLE DE MER

1	Rapport en masse	1	1	1	1	1	1		
1	eau/ciment	1	0.5	1	0.55	1	0.6	1	0.7
1	Eau (kg)	1	200	1	200	1	200	1	200
1	Ciment(kg)	1	400	1	364	1	333	1	286
1	Pierre(kg)	1	842	1	842	1	842	1	842
1	Sable(kg)	1	782	1	811	1	837	1	877

## CALCAIRE ET SABLE DE DUNE

1	Rapport en masse	1	1	1	1	1	1		
1	eau/ciment	1	0.5	1	0.55	1	0.6	1	0.7
1	Eau (kg)	1	215	1	215	1	215	1	215
1	Ciment(kg)	1	430	1	391	1	358	1	307
1	Pierre(kg)	1	798	1	798	1	798	1	798
1	Sable(kg)	1	705	1	731	1	755	1	790

## CALCAIRE ET SABLE DE MER

1	Rapport en masse	1	1	1	1	1	1		
1	eau/ciment	1	0.5	1	0.55	1	0.6	1	0.7
1	Eau (kg)	1	215	1	215	1	215	1	215
1	Ciment(kg)	1	430	1	381	1	358	1	307
1	Pierre(kg)	1	798	1	798	1	798	1	798
1	Sable(kg)	1	869	1	902	1	930	1	973

### 3-2 Manipulations.

Les manipulations se résument à faire du béton à partir des matériaux retenus. Chaque gachée de béton pour un rapport E/C et un type de béton donnés doit permettre de faire 12 cylindres de 7mm de diamètre et 14mm de hauteur (pour des mesures de résistance en compression simple à 3, 7, 28, 60 jours). Et 4 rapports E/C ont été étudiés 0.5, 0.55, 0.6, 0.7.

La consolidation a été faite par pilonnage de 10 coups/couche en 3 couches.

Pour les essais de flexion nous avons seulement pu faire avec le rapport E/C=0.55 et à 28 jours des poutres de dimensions:

150x150x450mm.

#### 3-2-1 Normes utilisées.

-CAN3-A23.1-M77 "Béton-Constituants et exécution des travaux"

-CAN3-A23.1-M77. "Essais concernant le béton"

-A.S.T.M (American Society for Testing Materials).

ASTM-C-127-73.

#### 3-2-2 Murissement des échantillons.

Les échantillons étaient plongés dans des contenants remplis d'eau pour le respect du murissement à 100% d'humidité, mais à la température ambiante, jusqu'à la date prescrite.

#### 3-2-3 Coiffe des éprouvettes.

Les extrémités des éprouvettes pour l'essai de compression simple ont été coiffées avec du soufre fondu pour obtenir une surface d'application de la force de compression plane et horizontale.

### 3-3 Essais sur le béton durci.

Les cylindres sont soumis à des essais de compression une heure après la coiffe pour déterminer la résistance du béton

après 3,7,28,60 jours après leur confection pour les rapport E/C de 0.5;0.55;0.6;0.7.

On applique la force de compression avec une presse hydraulique.

Les poutres ont servi à faire des essais de flexion pour un rapport E/C de 0.55 et à 28jours. Elles ont été chargées en deux points aux tiers de la portée.

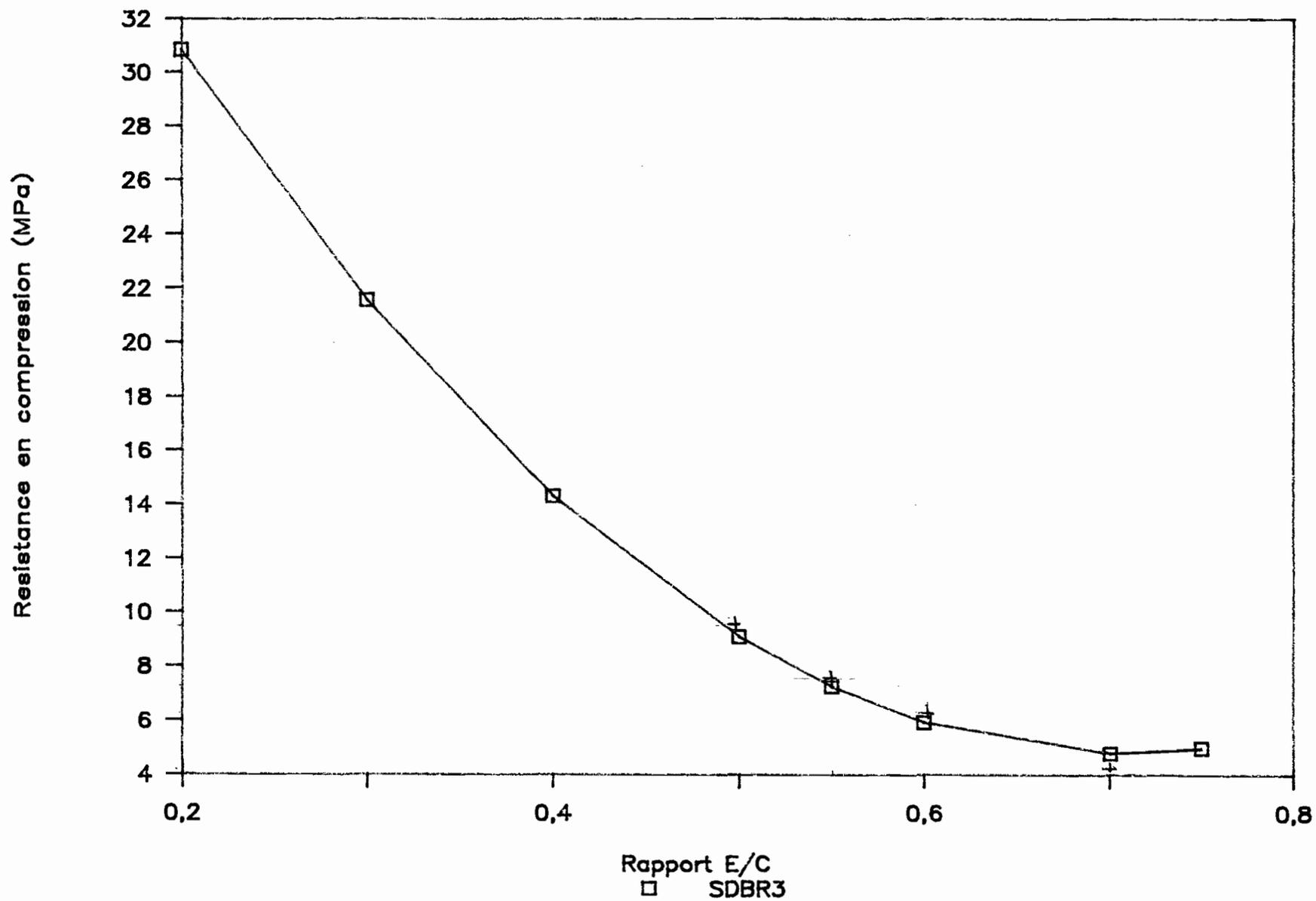
#### 3-4 Résultats obtenus.

Les résultats obtenus sont présentés sous forme de courbes et tableau, pour les résistances en compression et en flexion.

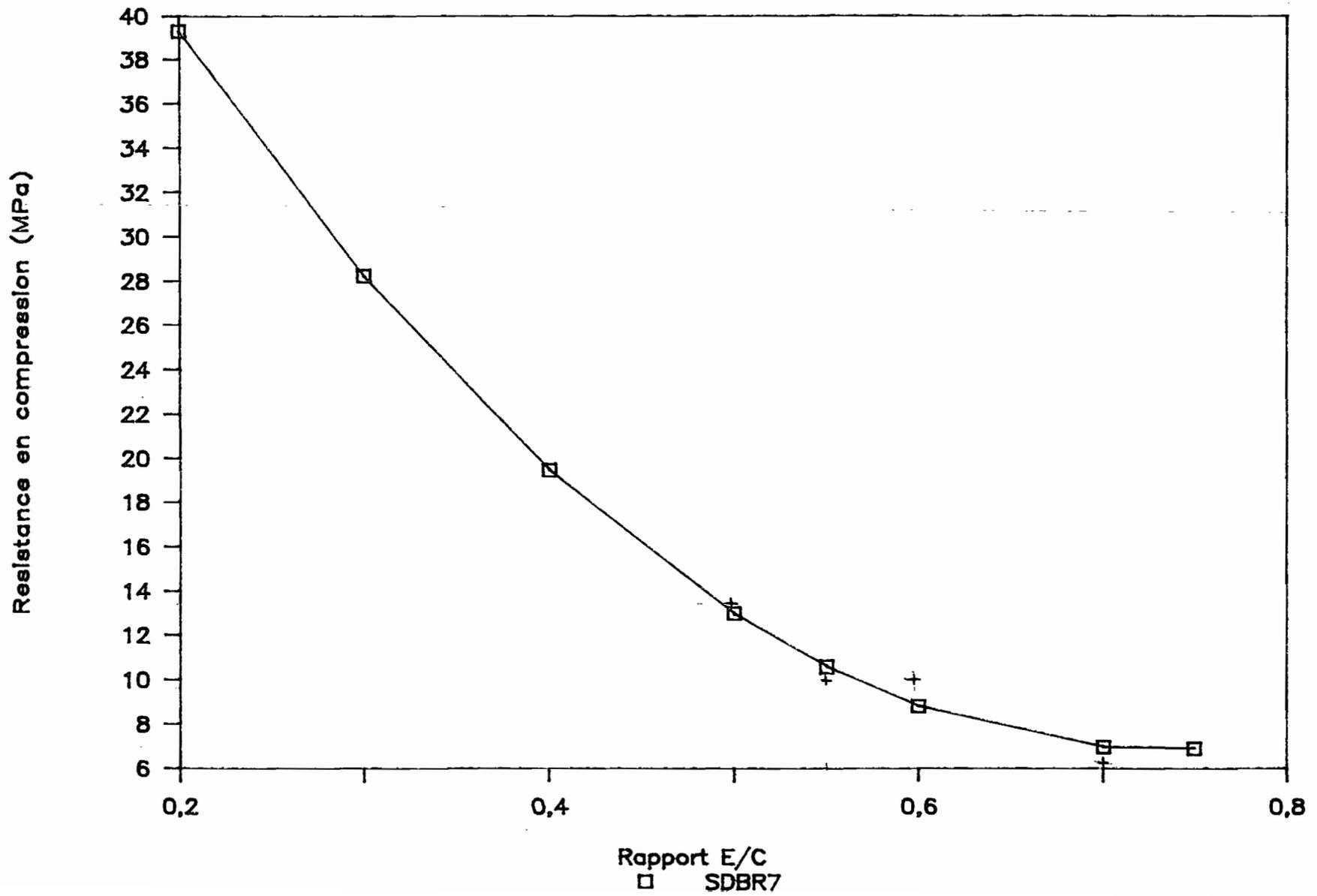
RESISTANCE A LA COMPRESSION.

BASALTE ET SABLE DE DUNE

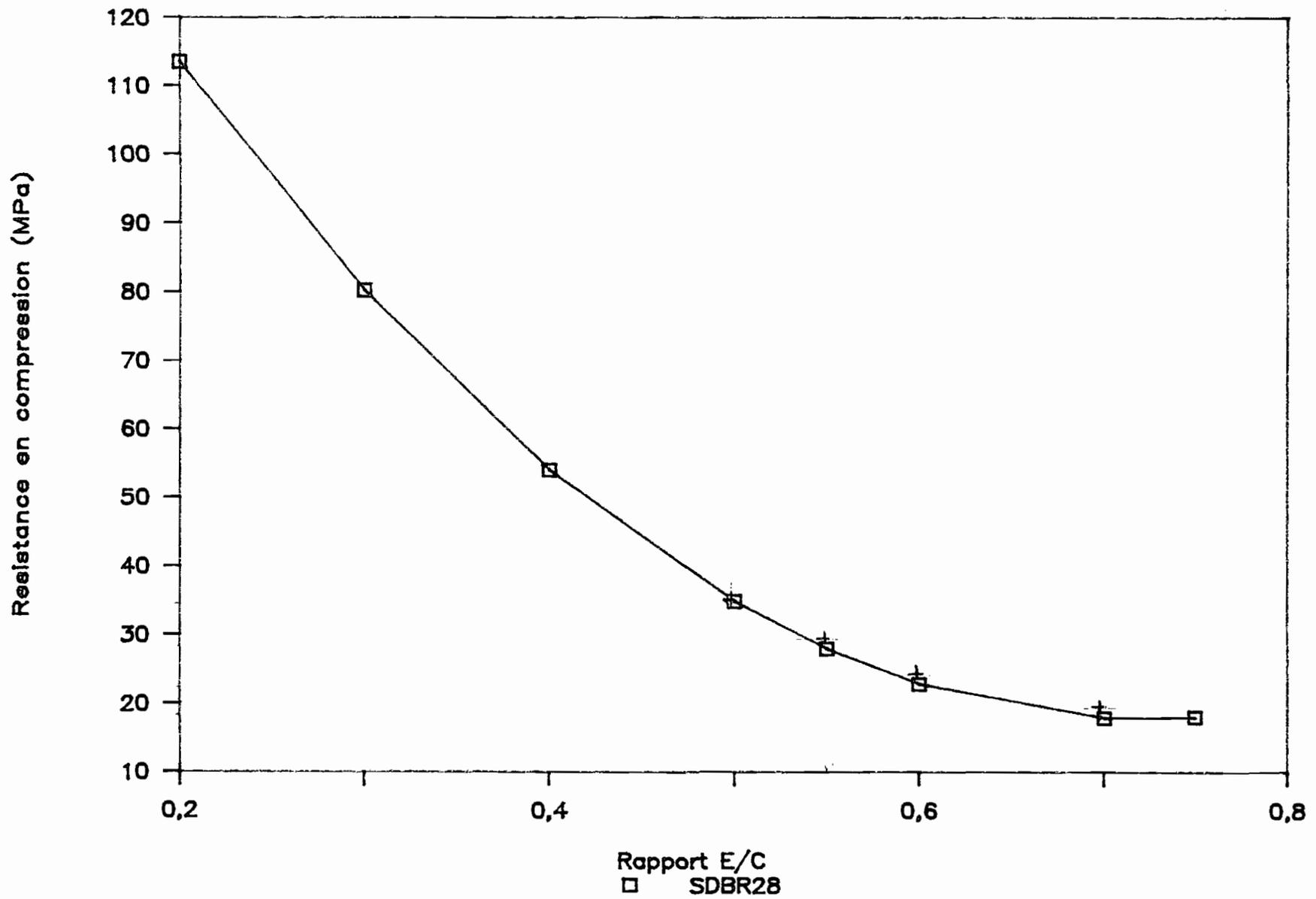
# RESISTANCE A 3 JOURS



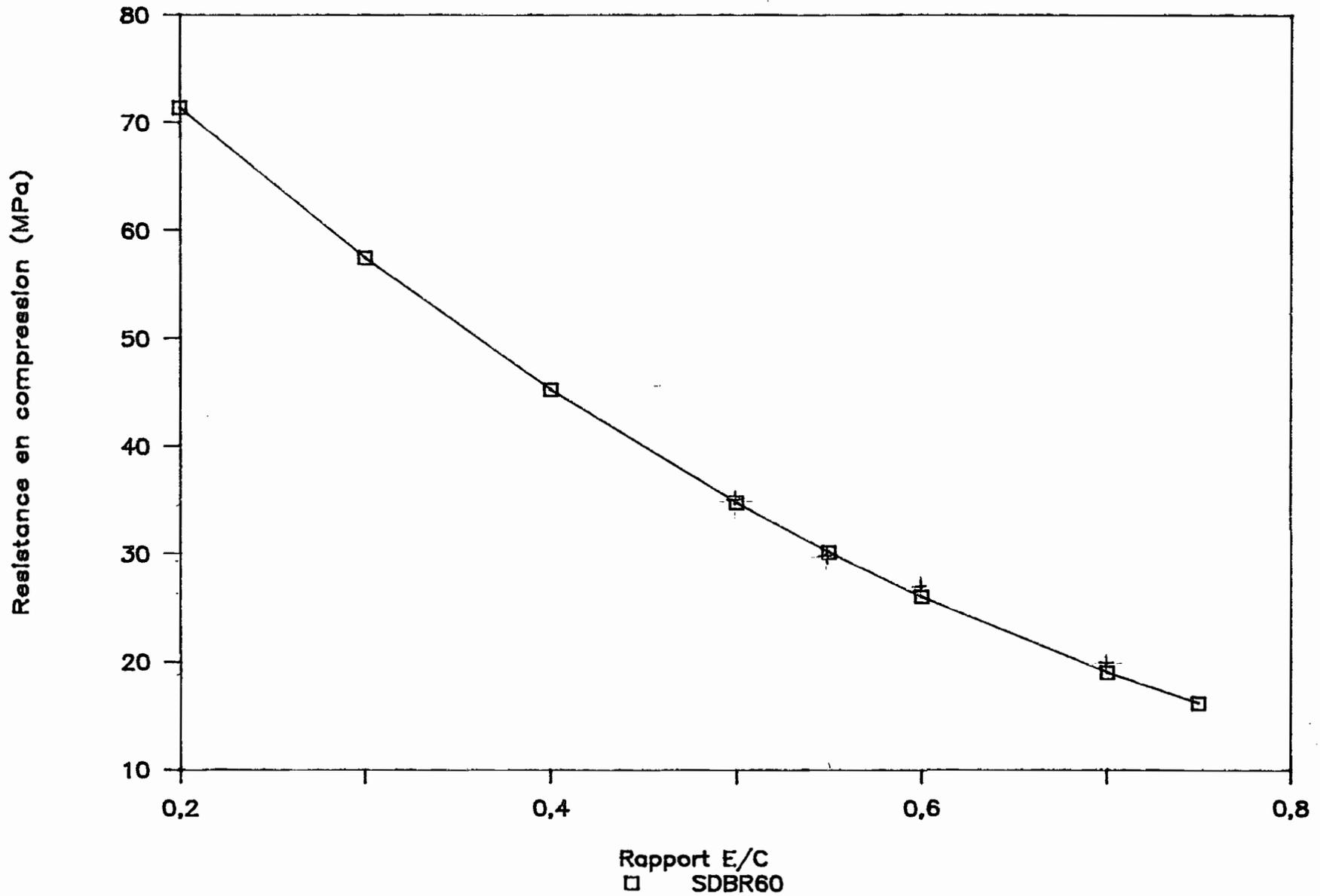
# RESISTANCE A 7 JOURS



# RESISTANCE A 28 JOURS

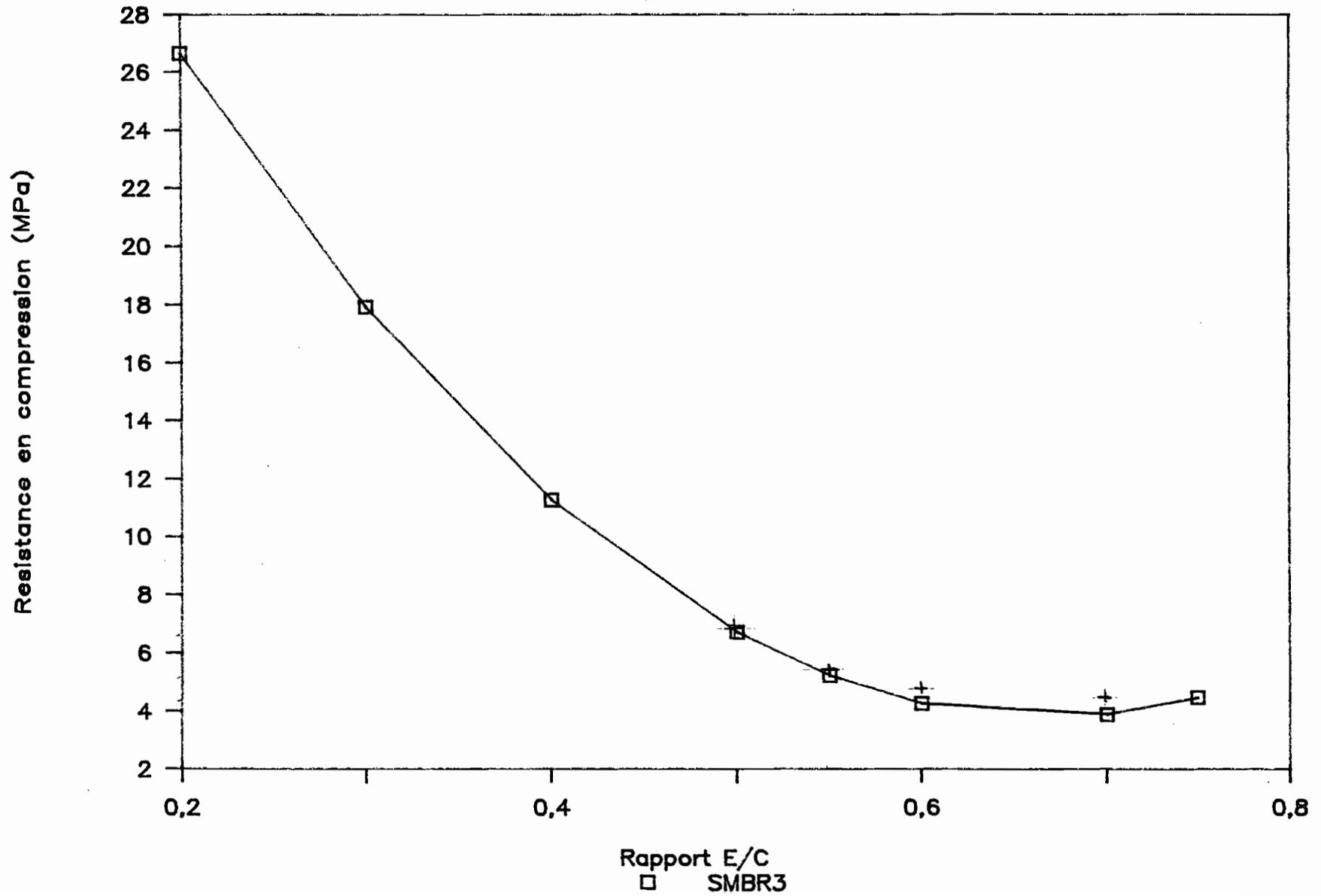


# RESISTANCE A 60 JOURS

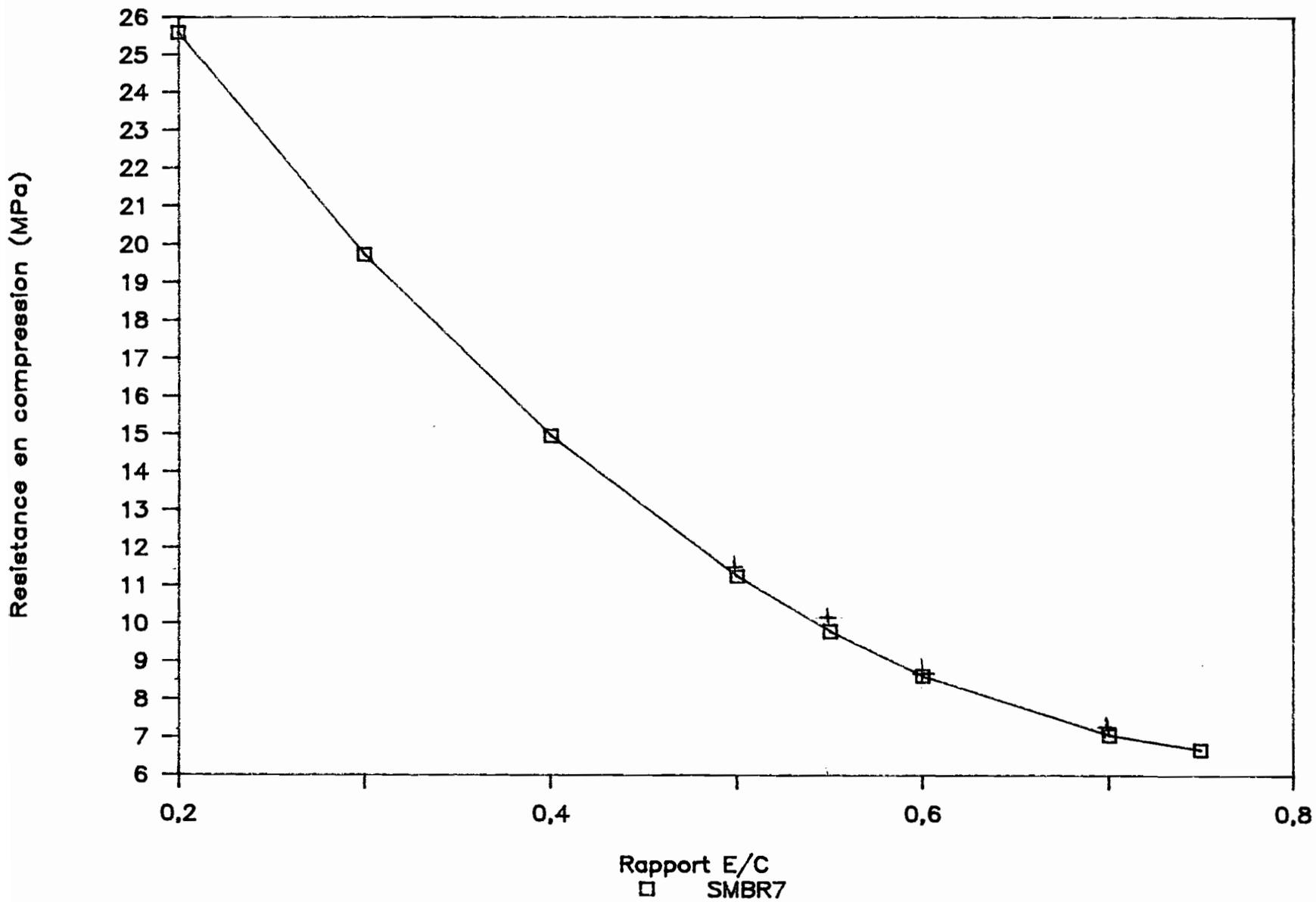


BASALTE ET SABLE DE MER

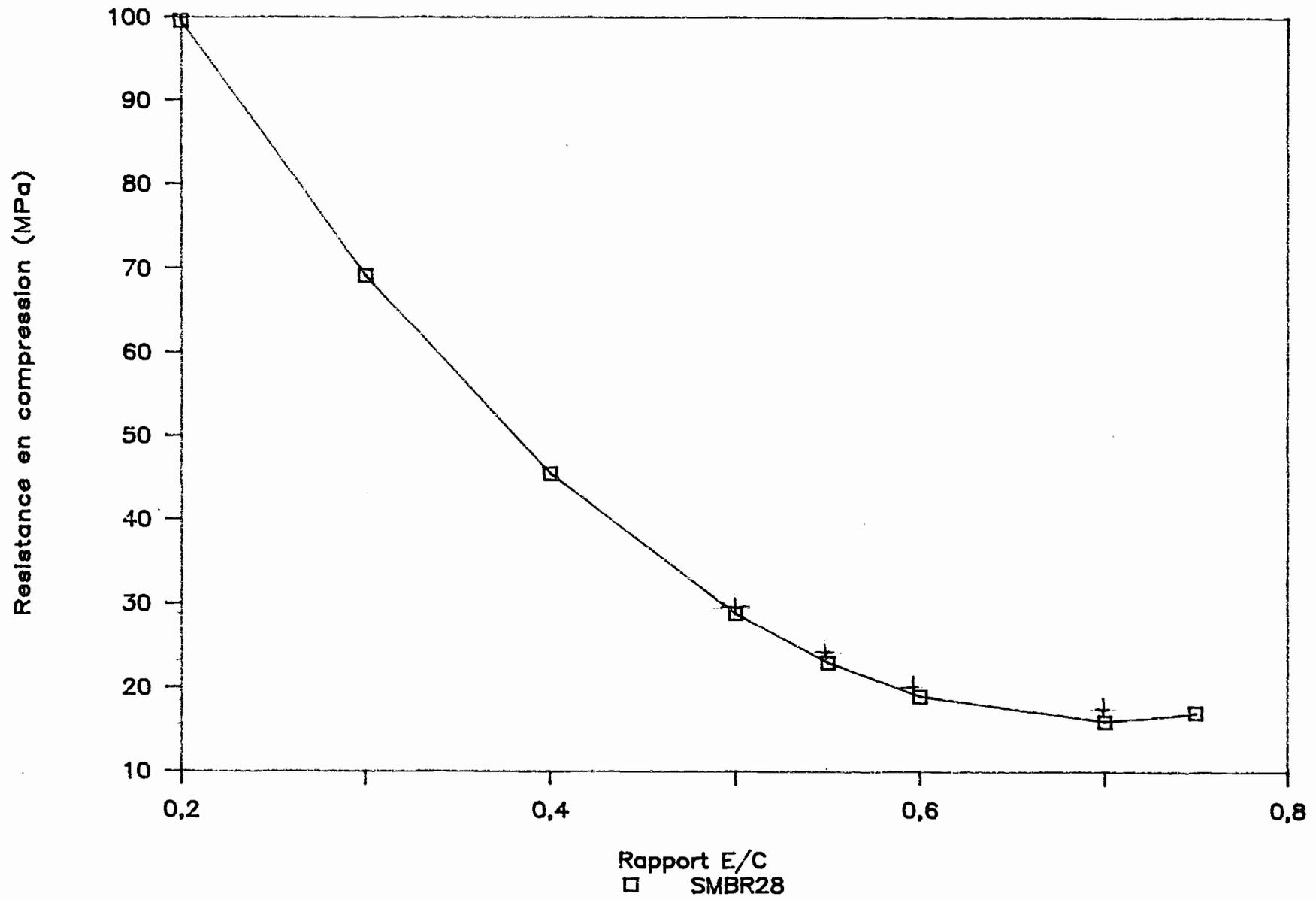
# RESISTANCE A 3 JOURS



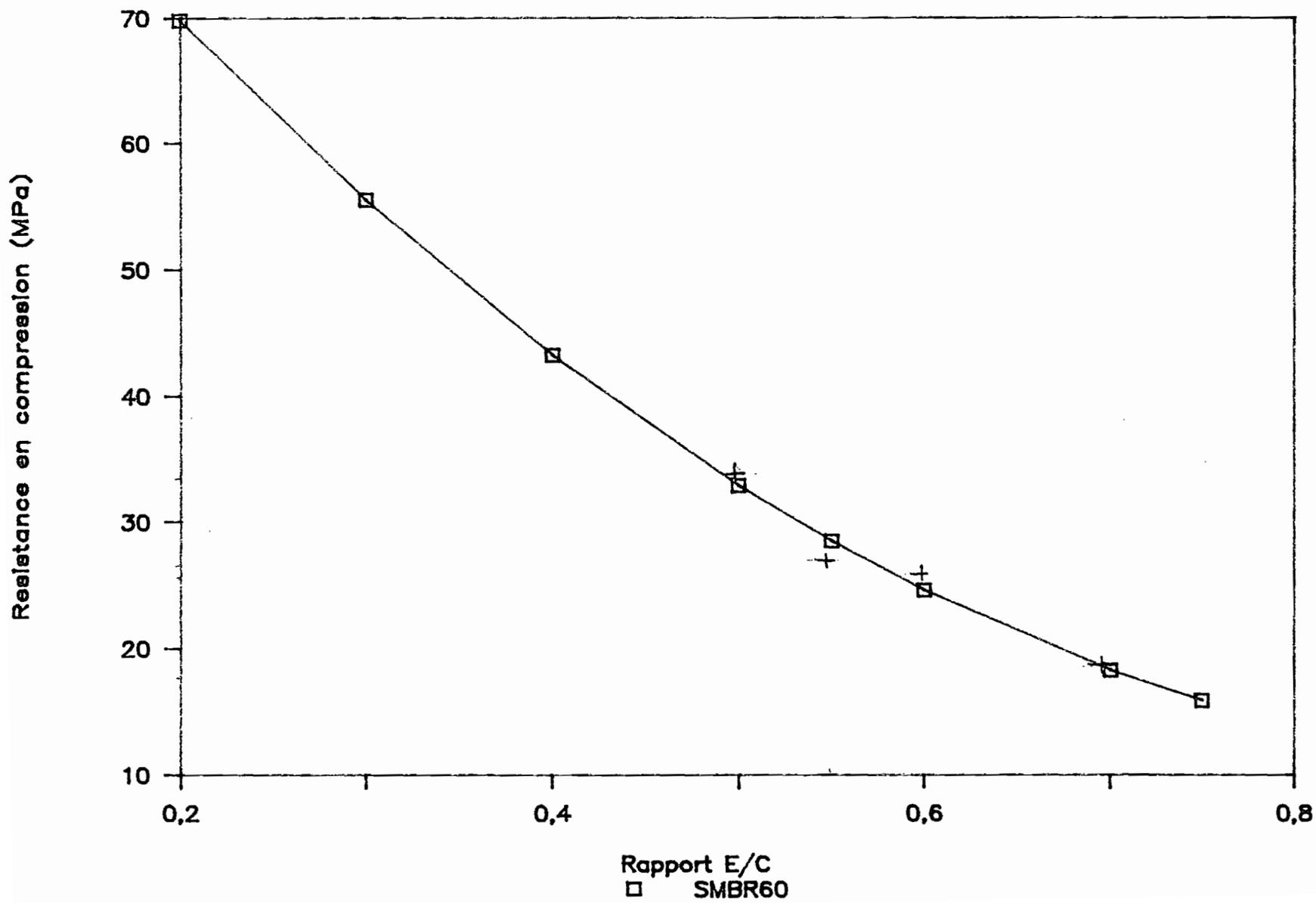
# RESISTANCE A 7 JOURS



# RESISTANCE A 28 JOURS

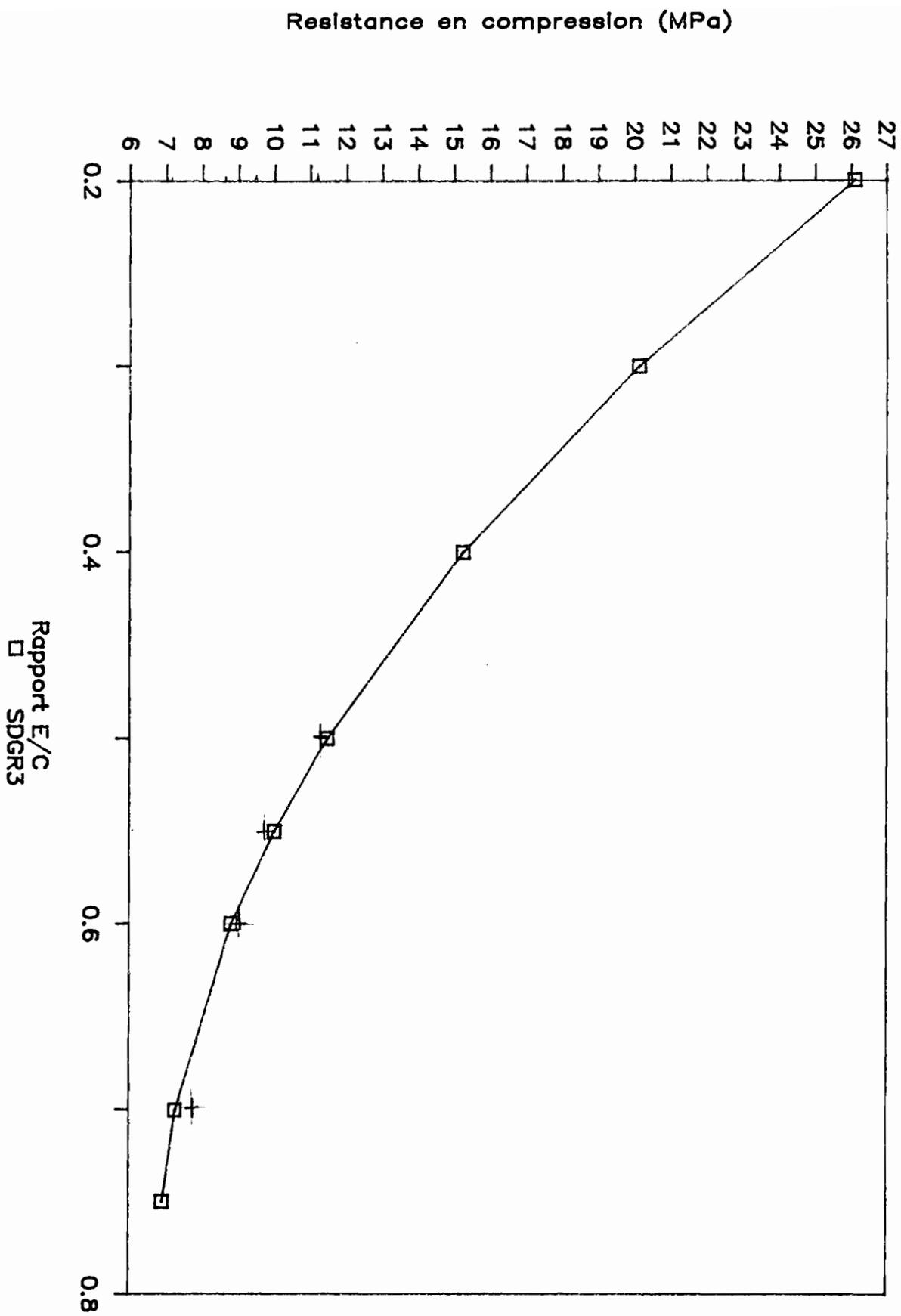


# RESISTANCE A 60 JOURS

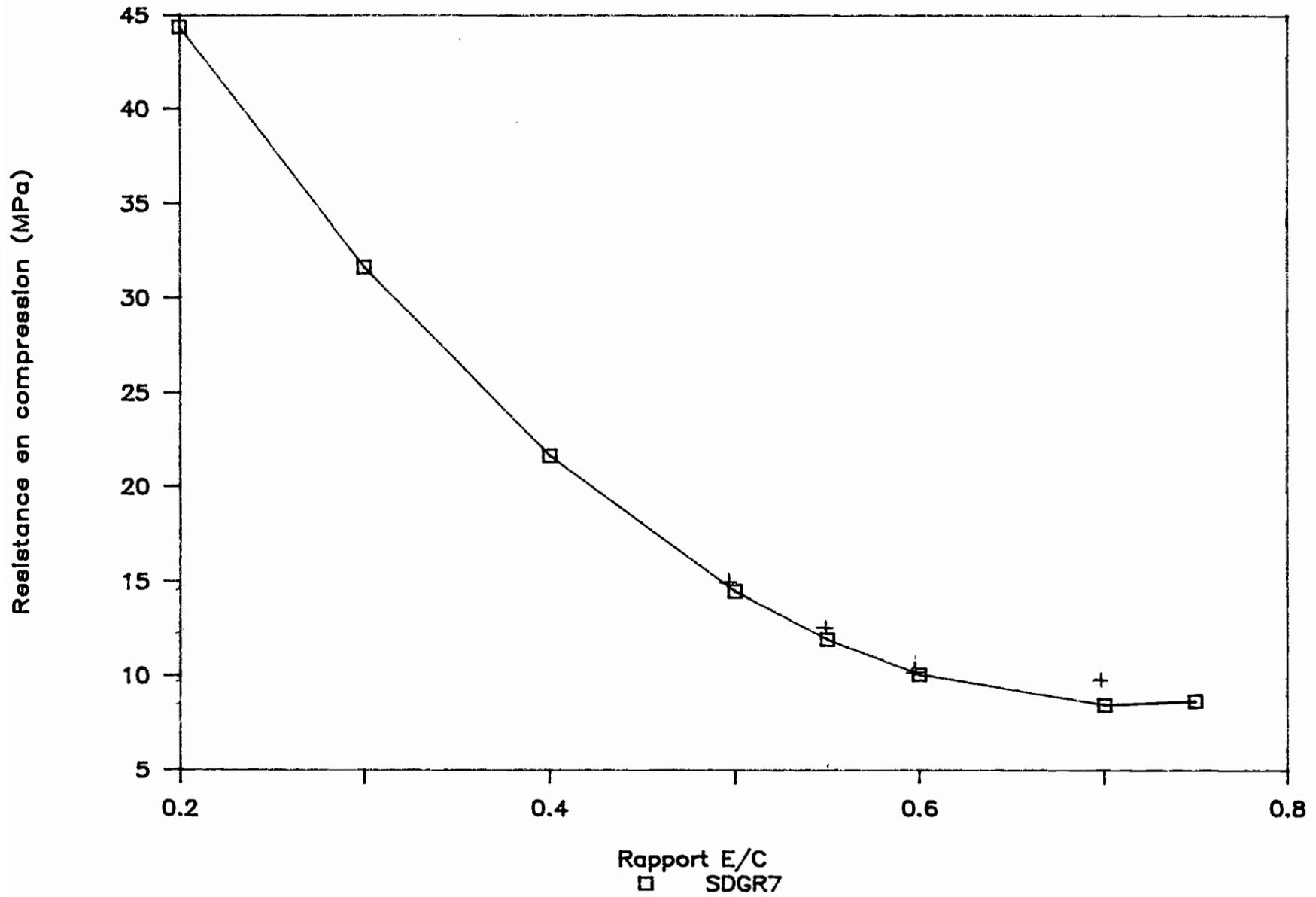


GRES ET SABLE DE DUNE

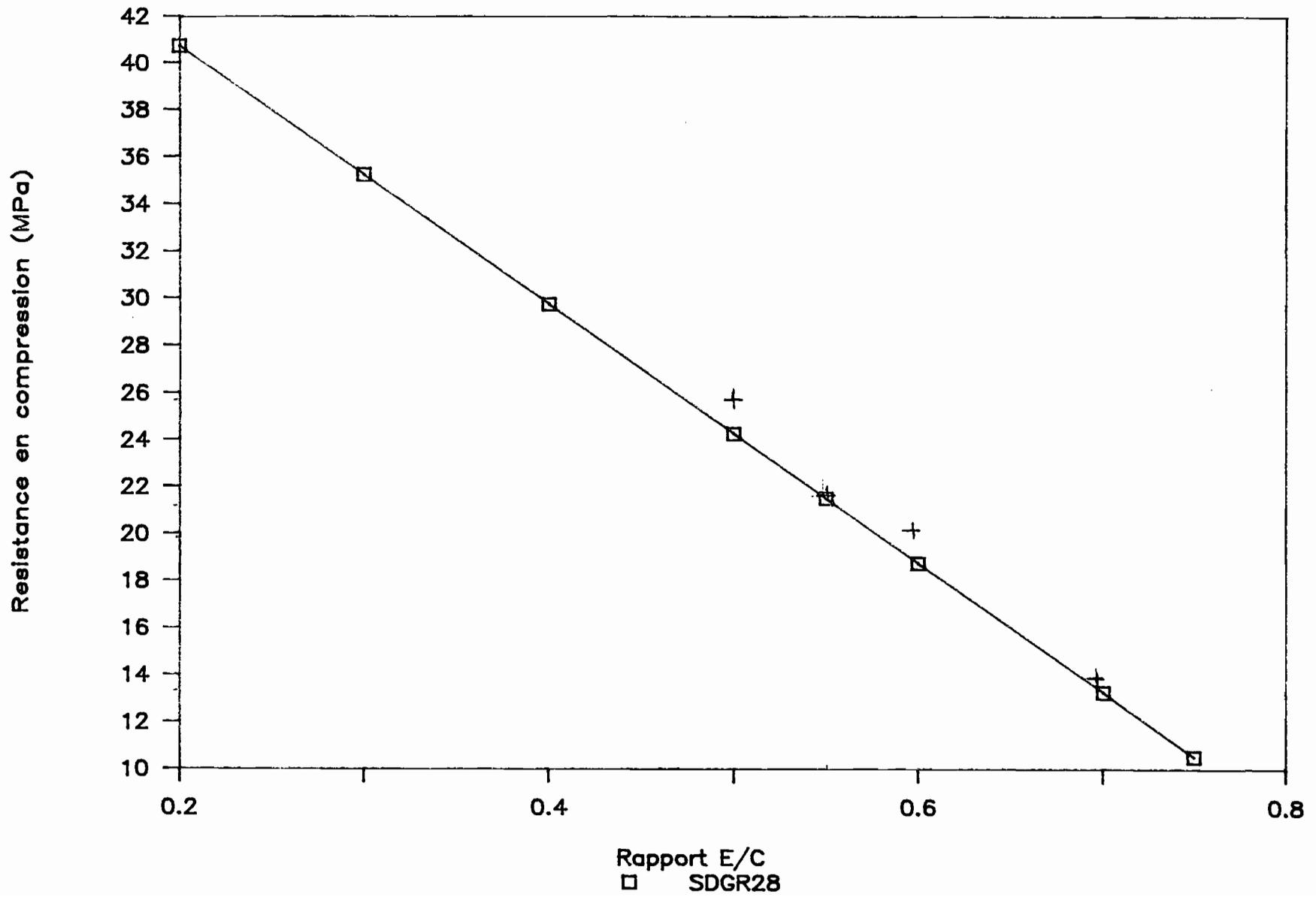
# RESISTANCE A 3 JOURS



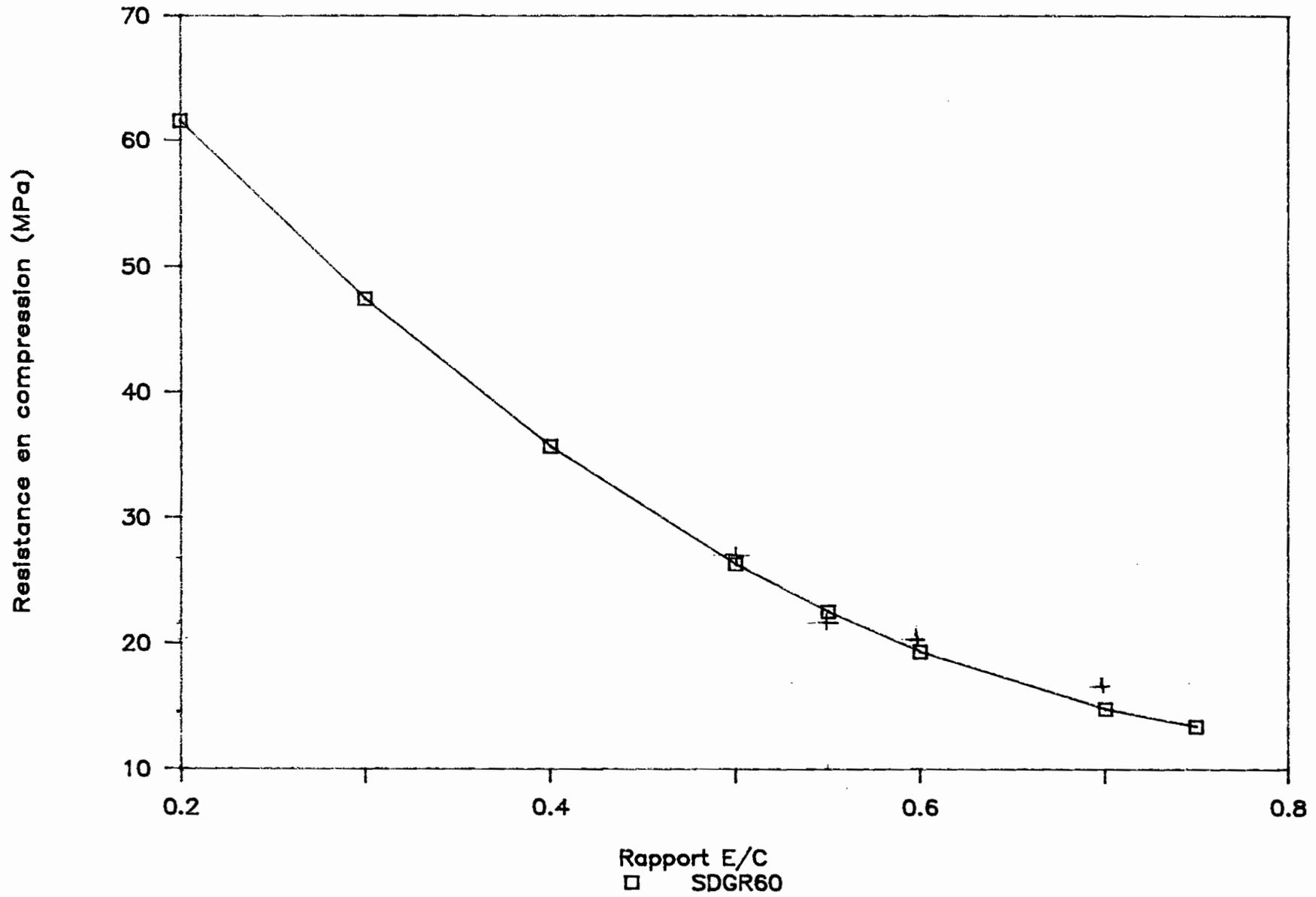
# RESISTANCE A 7 JOURS



# RESITANCE A 28 JOURS

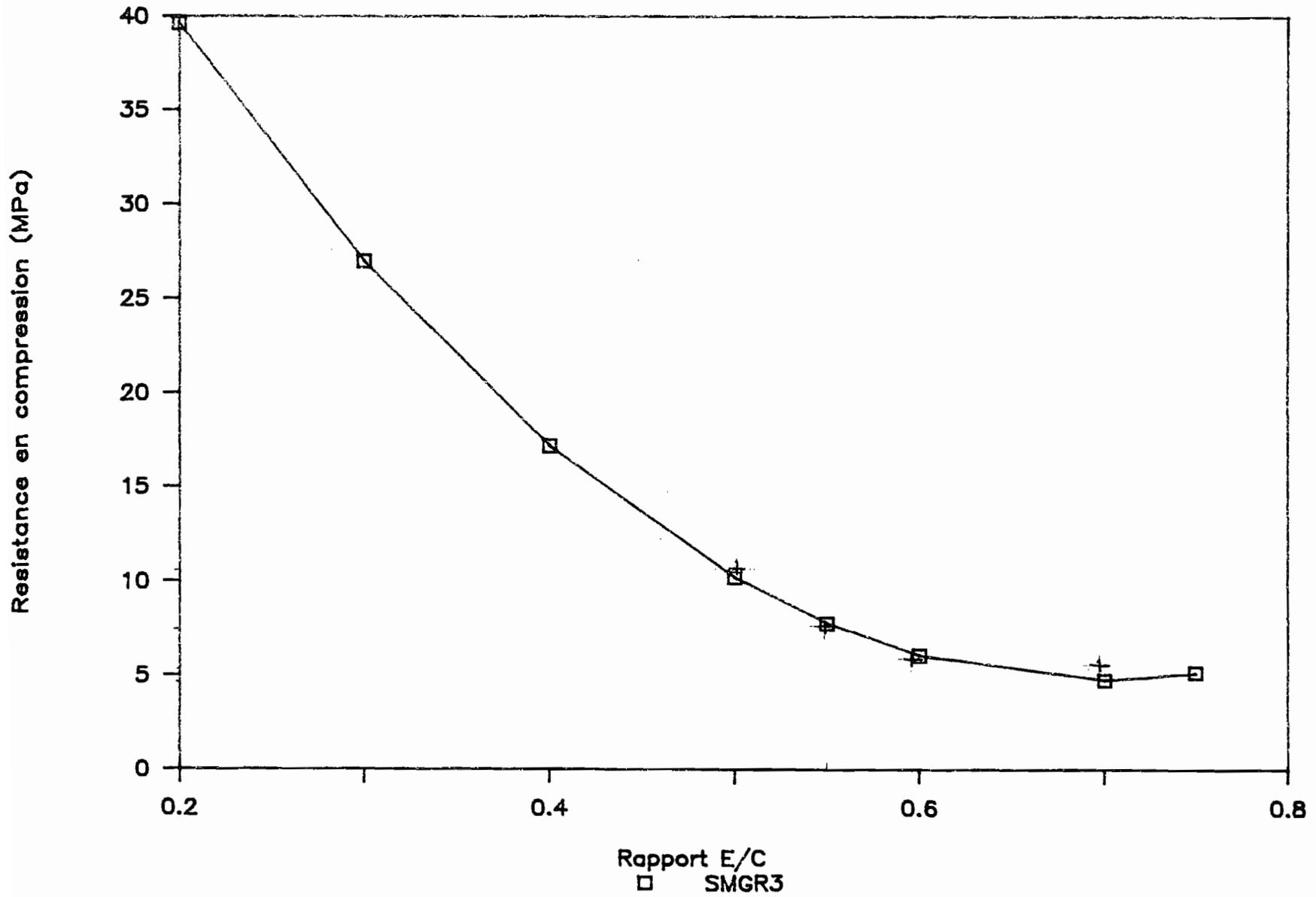


# RESISTANCE A 60 JOURS

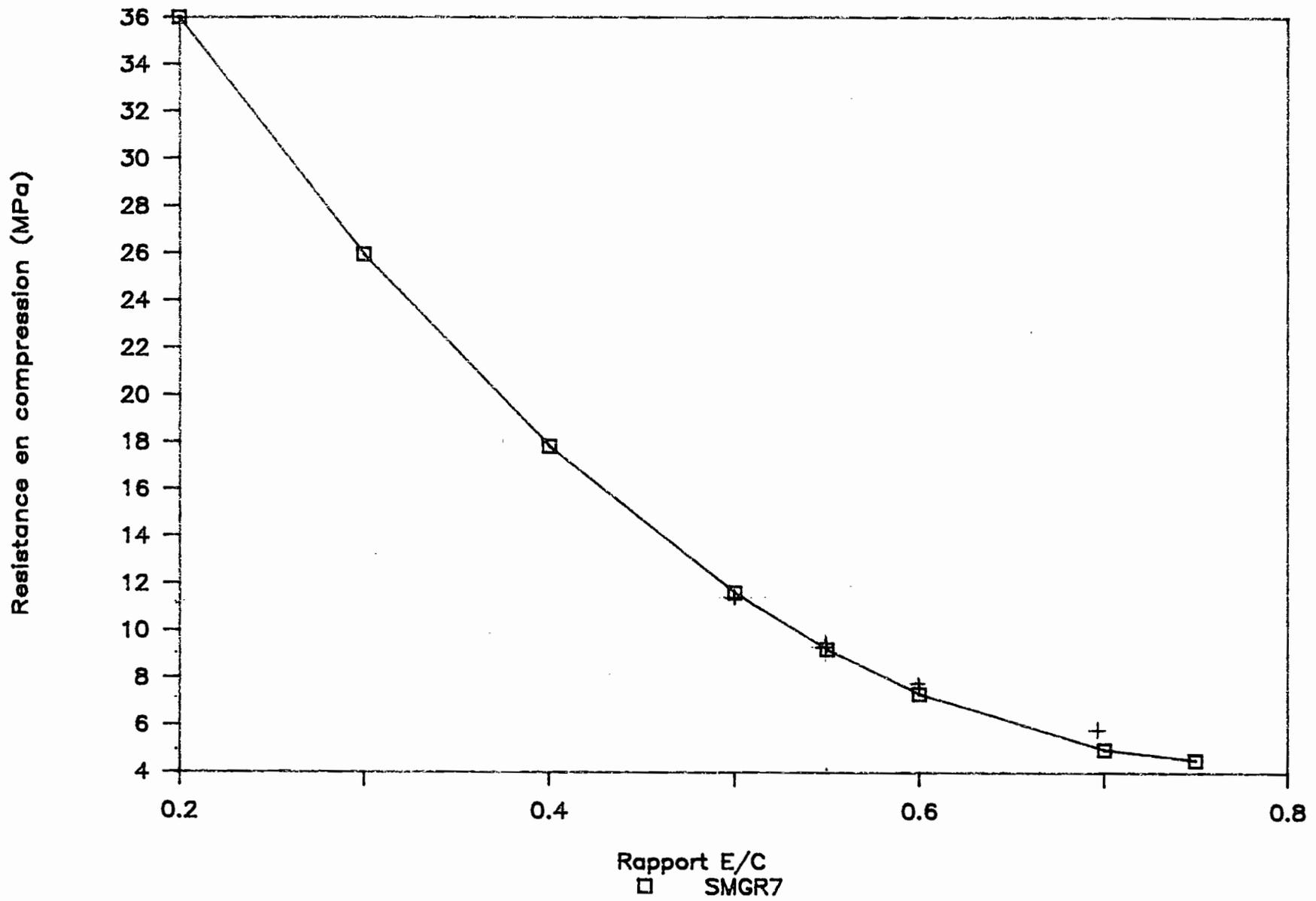


GRES ET SABLE DE MER

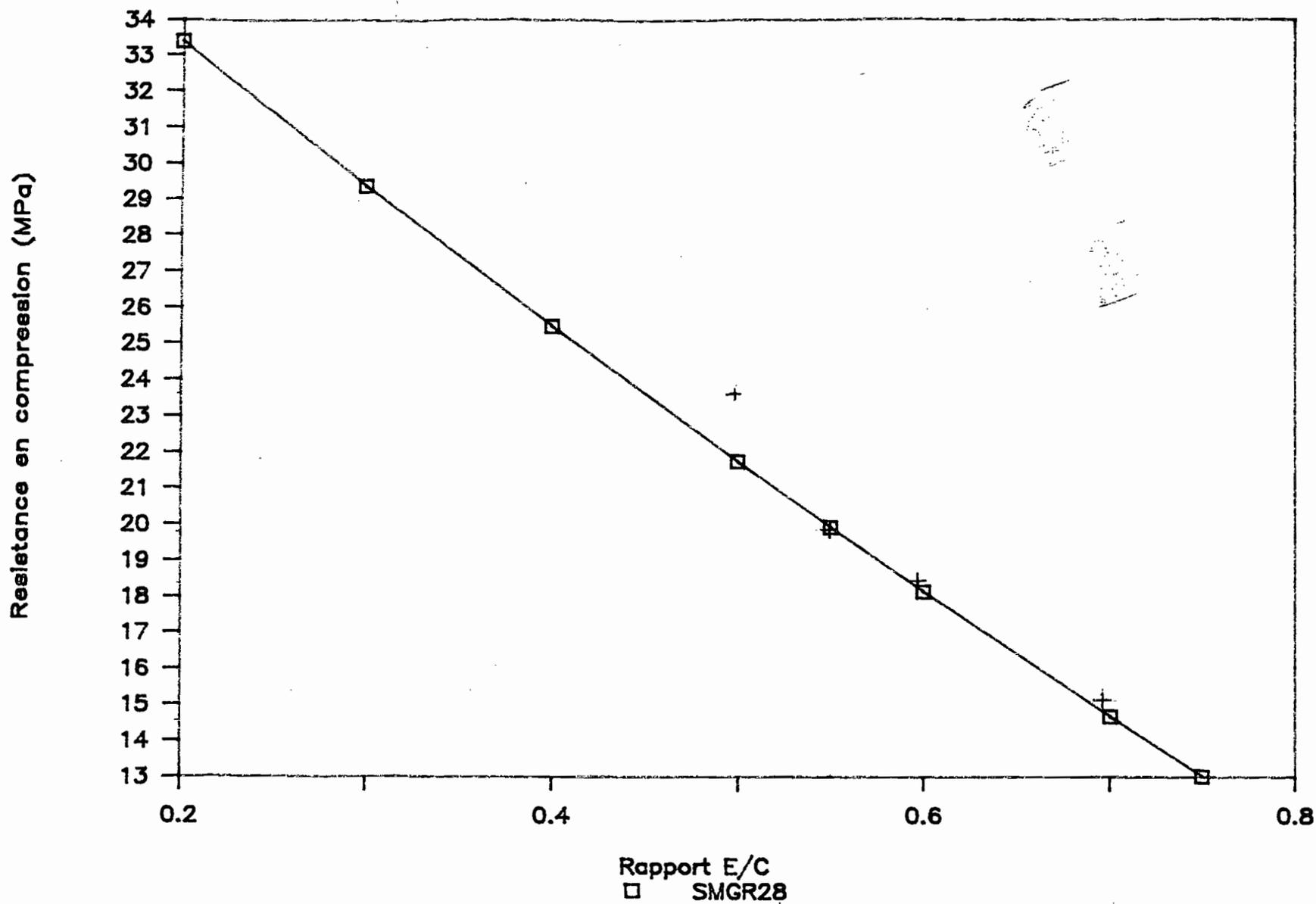
# RESISTANCE A 3 JOURS



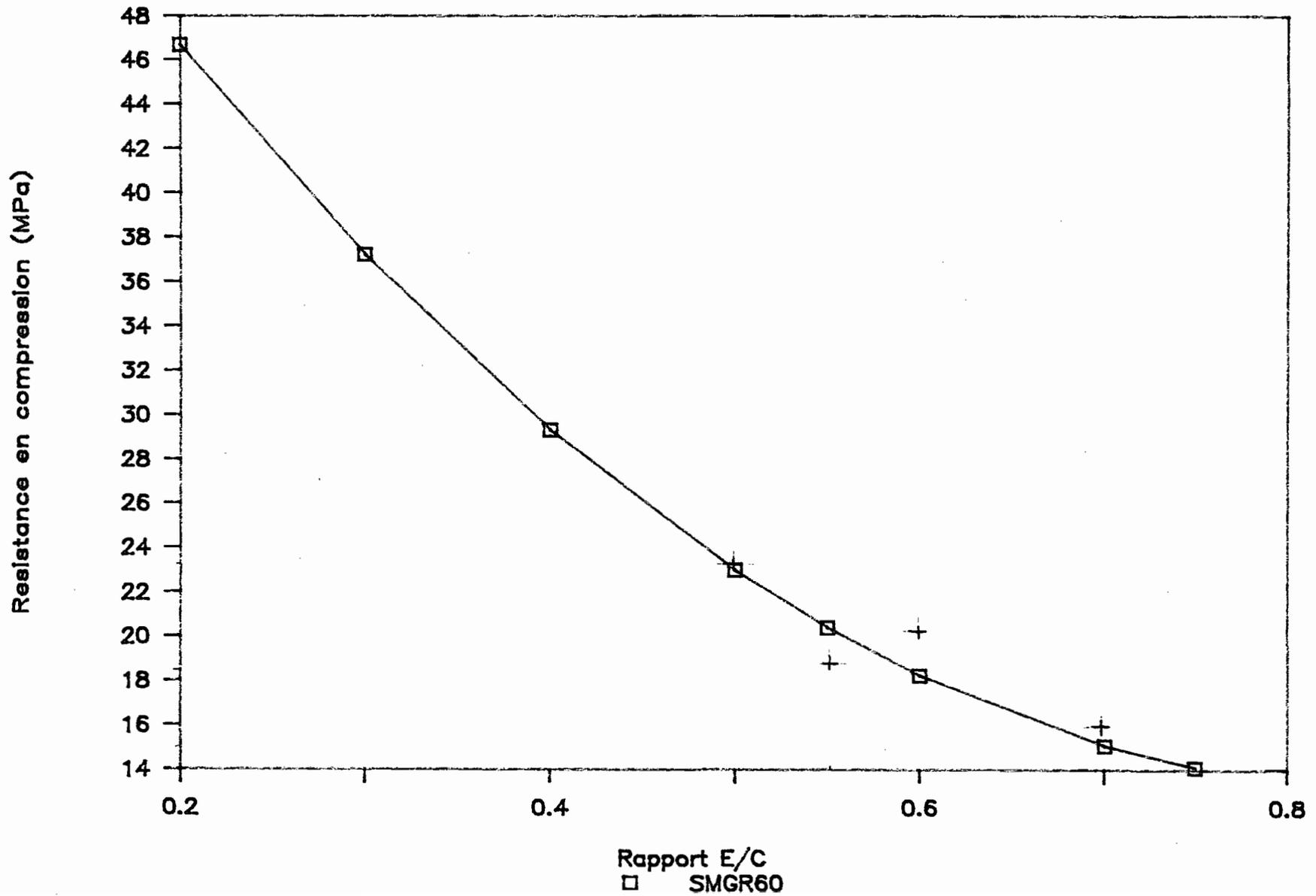
# RESISTANCE A 7 JOURS



# RESISTANCE A 28 JOURS

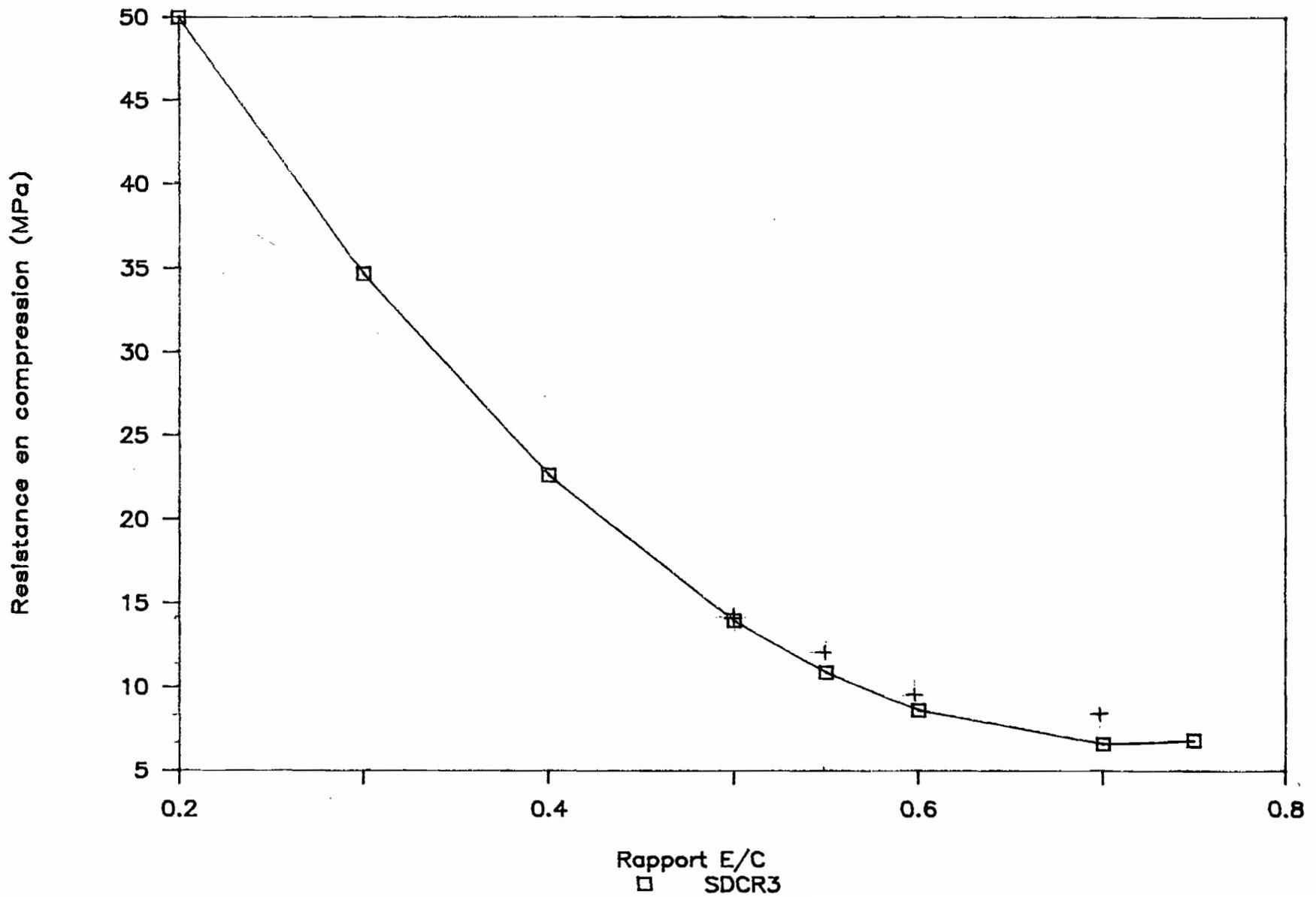


# RESISTANCE A 60 JOURS

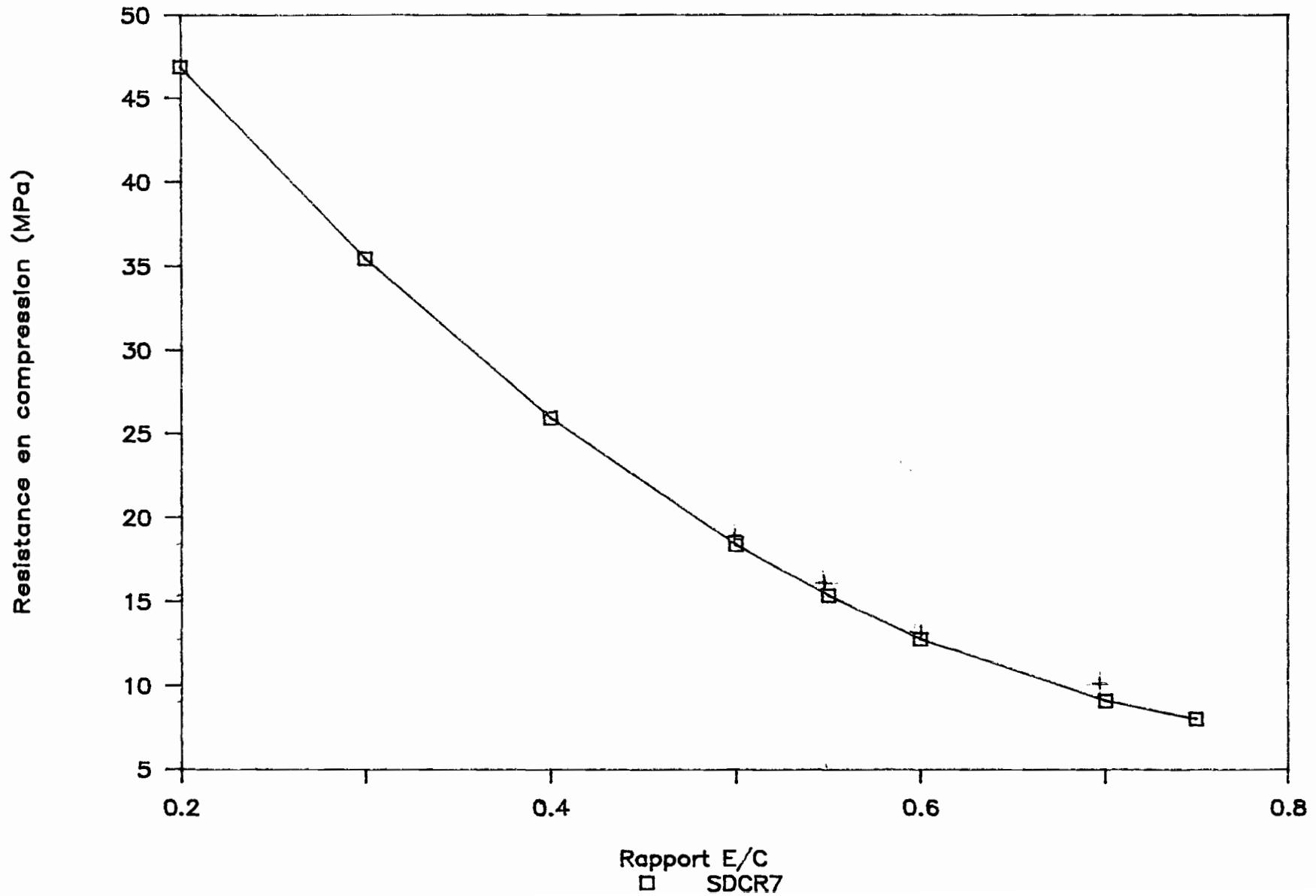


CALCAIRE ET SABLE DE DUNE

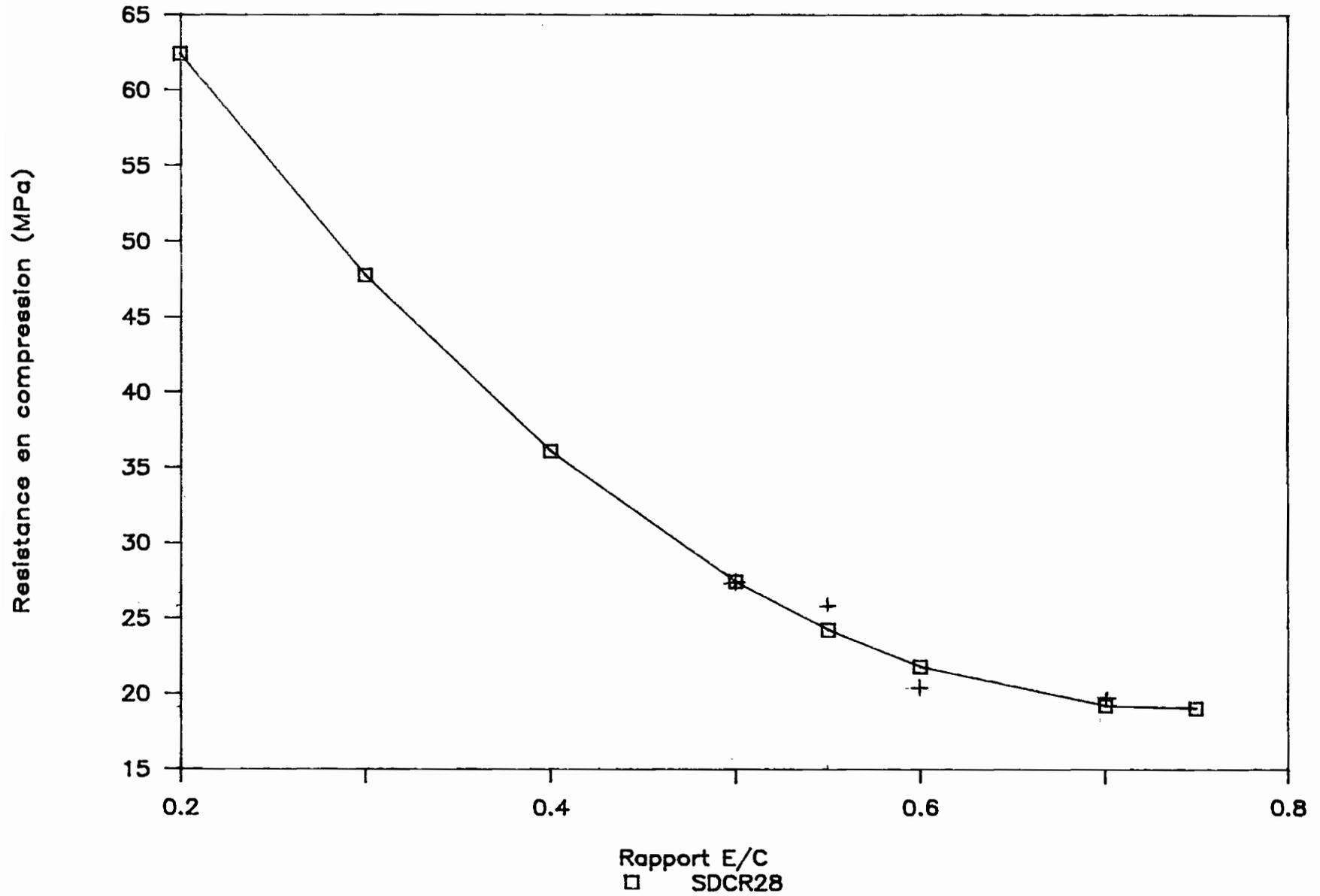
# RESISTANCE A 3 JOURS



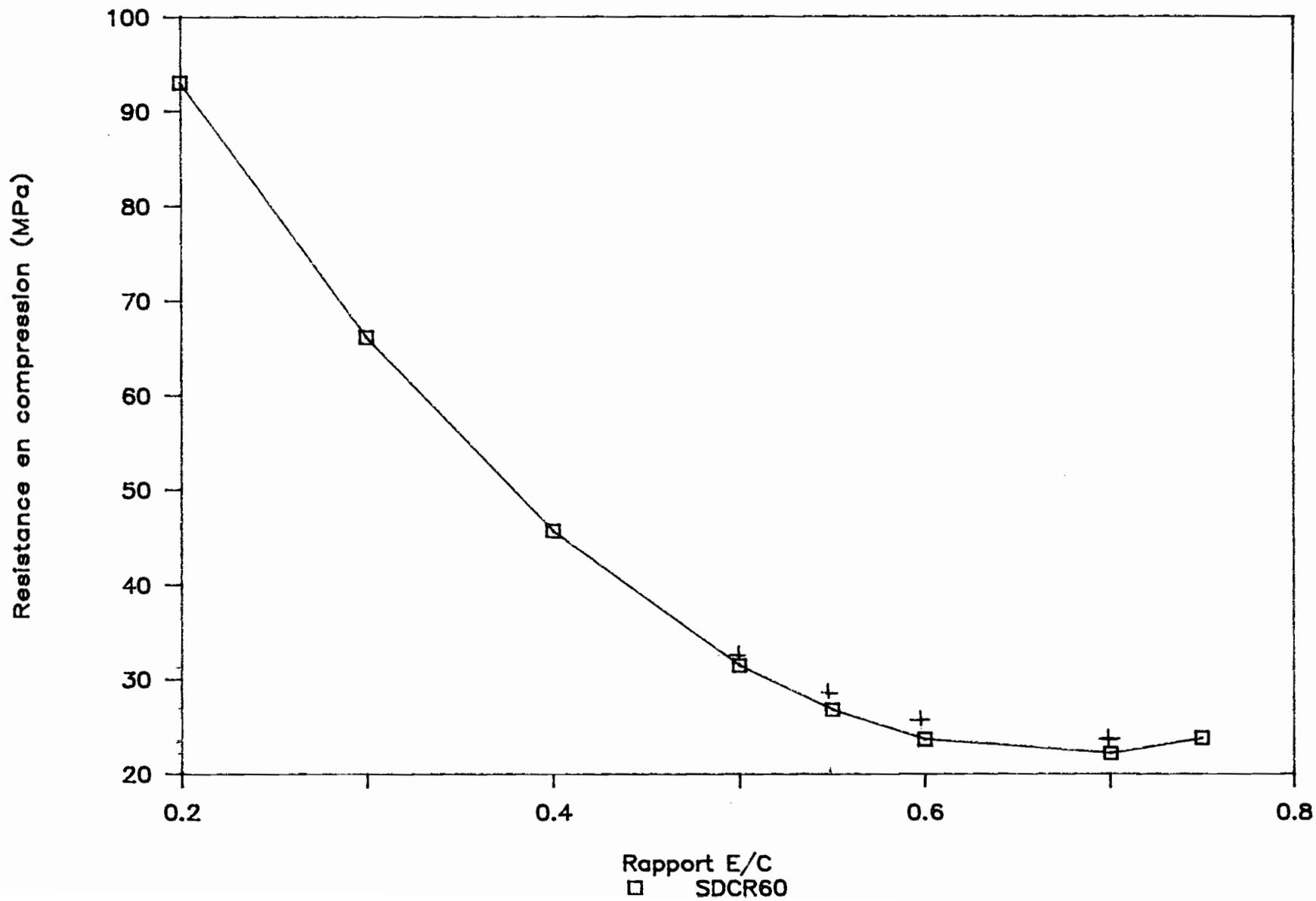
# RESISTANCE A 7 JOURS



# RESISTANCE A 28 JOURS

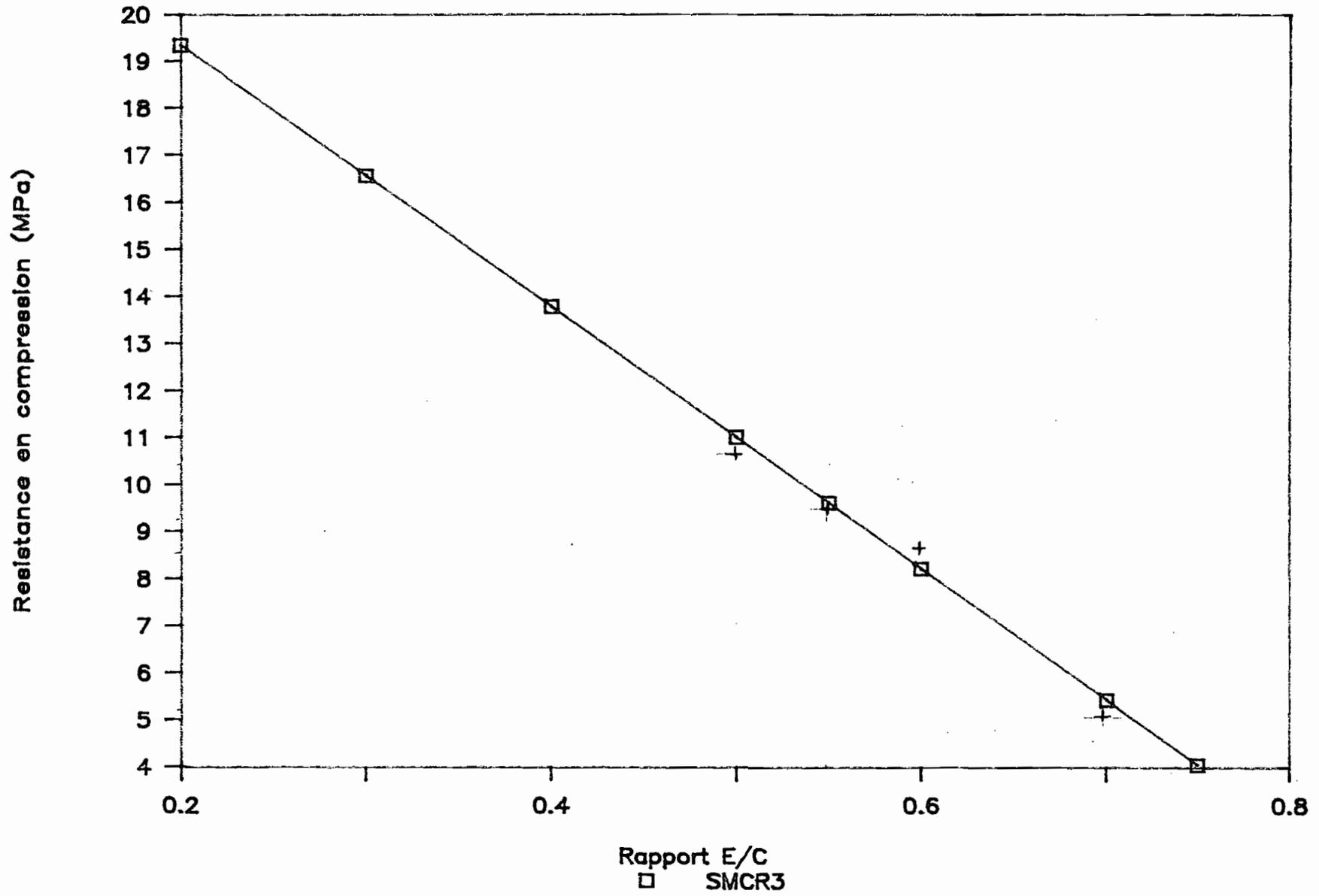


# RESISTANCE A 60 JOURS

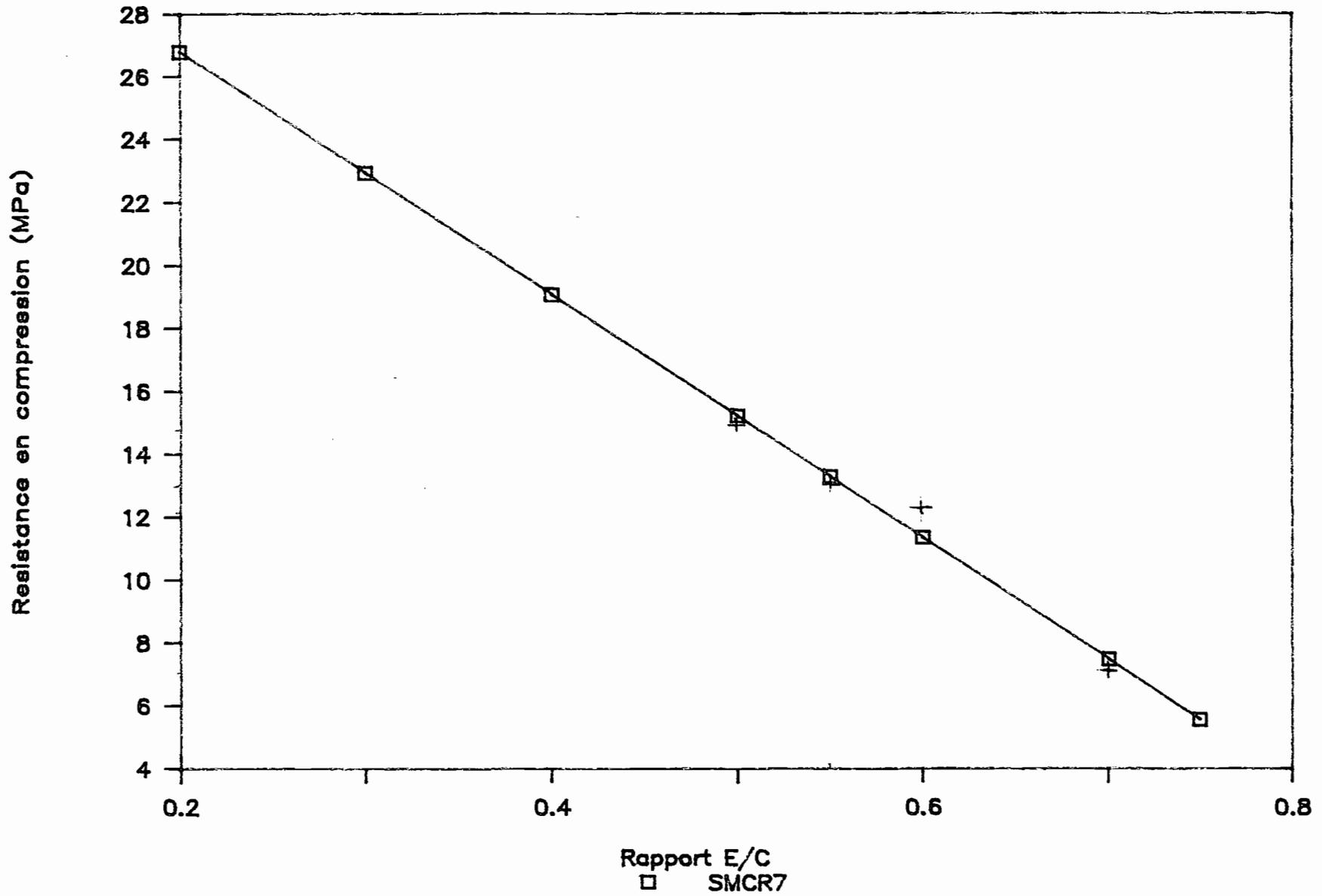


CALCAIRE ET SABLE DE MER

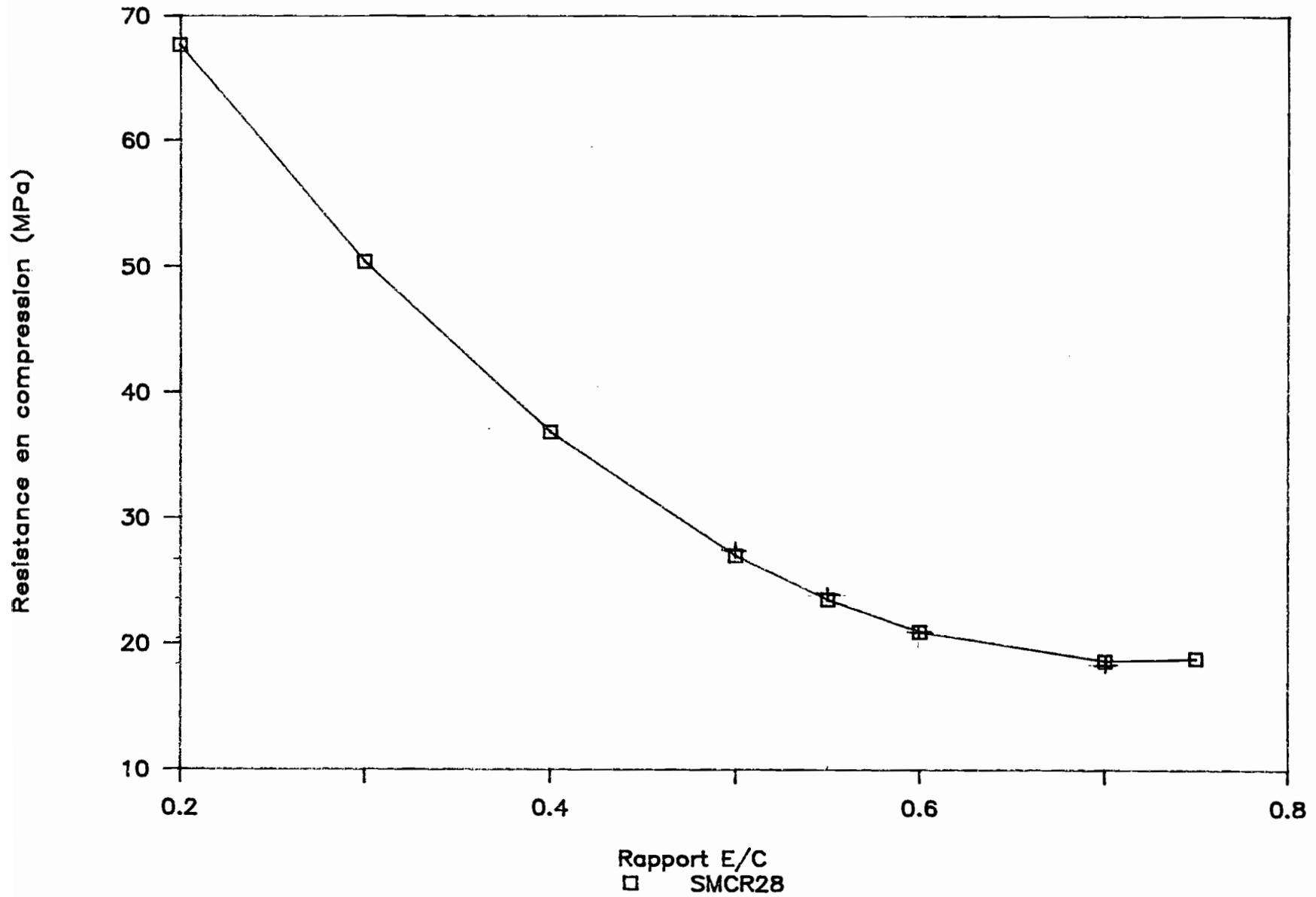
# RESITANCE A 3 JOURS



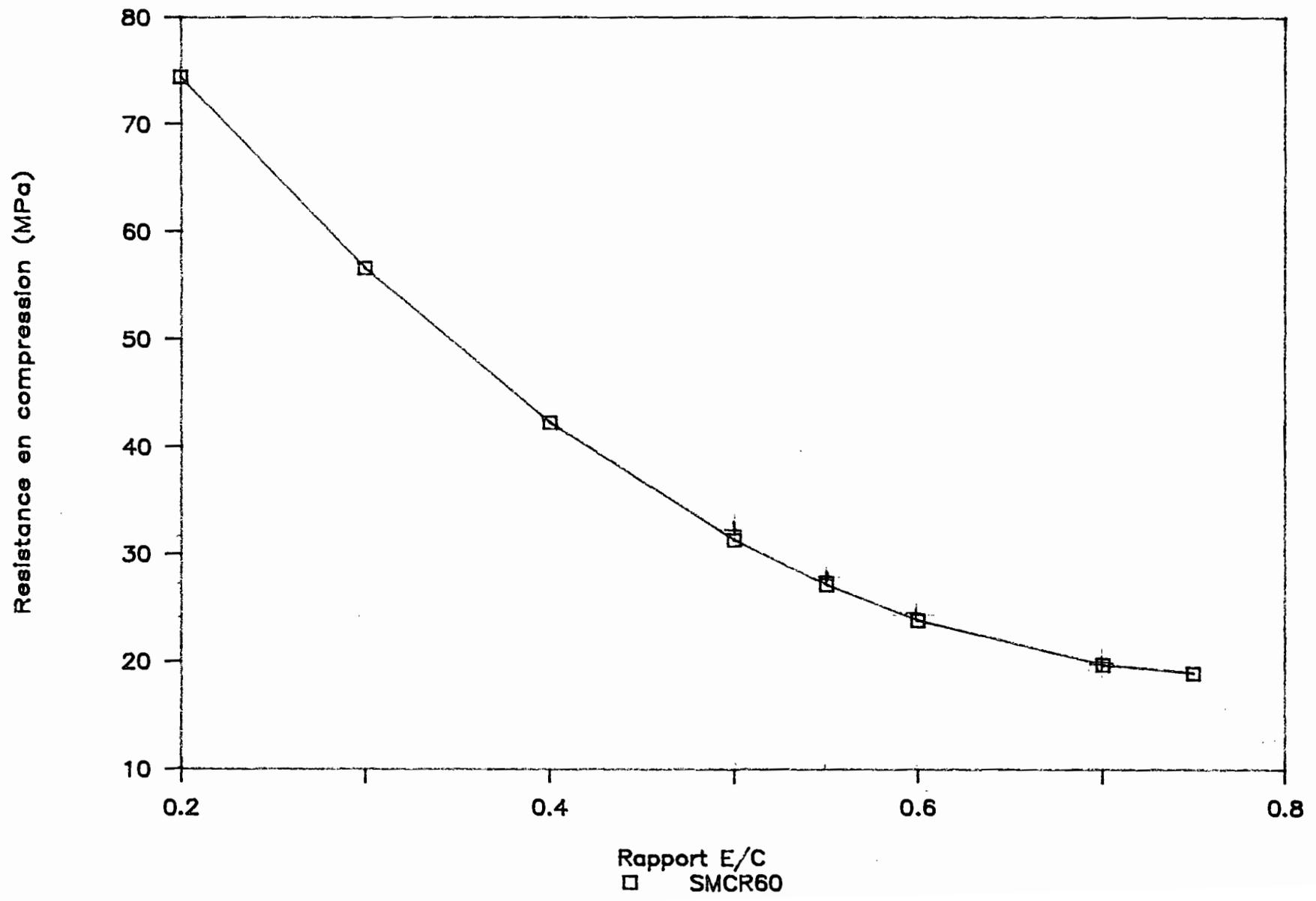
# RESITANCE A 7 JOURS



# RESISTANCE A 28 JOURS



# RESISTANCE A 60 JOURS



RESISTANCE A LA FLEXION.

## RESISTANCE A LA FLEXION

La résistance à la flexion ou module de rupture (R) est calculée dans notre cas (rupture entre les deux points d'applications de la charge) à partir de la formule suivante:

$$R=PL/bd^2$$

F: charge

L: portée de poutre =450mm

b: épaisseur moyenne de l'échantillon =150mm

d: hauteur=150mm

	SDB	SMB	SDG	SMG	SDC	SMC
Pm (kN)	19.4	14.25	12.75	11.5	18.8	14
R (MPa)	2.6	1.9	1.7	1.5	2.5	1.9

Pm=charge moyenne

## CHAPITRE 4.

### COMPARAISON ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS.

#### 4.1 Comparaisons des résultats obtenus.

Les résultats obtenus confirment le comportement des bétons jusque là observé :

la résistance augmente avec l'âge du béton (voir figure 1) et elle diminue quand le rapport en masse de l'eau et du ciment E/C augmente.

Nous constatons que les résistances sont très voisines pour le même rapport E/C et pour le même âge de béton pour les six types avec lesquels nous avons travaillé.

Mais seulement, nous remarquons pour un gros granulats donné que les résistances trouvées pour le sable de dune sont un peu plus élevées (voir figure 2); et pour les gros granulats: les résistances à 28 jours ( $F'c$ ) et à 60 jours les plus importantes sont observées avec le béton à partir du basalte quelque soit le sable utilisé suivies de celles du béton à partir du calcaire, et le béton à partir du grès est le moins résistant et ceci pour un même rapport E/C. (voir figure 3 et figure 4).

Mais avant 28 jours pour le même sable, le béton fait avec du calcaire est plus résistant suivi du grès et le béton à partir du basalte est le moins résistant .

En ce qui concerne l'augmentation de résistance pour chaque béton c'est avec le calcaire que nous notons une grande augmentation entre 28 jours et 60 jours et une étude complémentaire pourrait nous informer sur le comportement à long terme de ces bétons (à 91 jours et 1 an). Il aurait été intéressant de comparer nos résultats avec ceux obtenus à travers le pays, mais les

résistances que nous proposent le Centre Experimental de Recherche et d'Etude pour l'Equipement (C.E.R.E.E) ne nous permettent pas de faire une comparaison adéquate, sur tout compte de résultats (voir annexes) et ne spécifient pas provenance de sable et l'ouvrabilité : en résumé :

#### 4.2 Interprétation

Les résistances obtenues pour le sable de dure, relativement au sable de mer qui a un module de finesse supérieur, qui apparemment est aussi plus propre (absence de matières organiques et d'argile), sont surprenantes.

Surtout si nous savons que la qualité du sable dépend de sa roche d'origine, les sables silicieux sont reconnus comme performants, et qu'une étude géologique nous montre que :

-le sable de dure a une teneur plus forte en silice bien que présentant une altération ferrugineuse ( $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $OH_2O$ ).

-le sable de mer est aussi essentiellement silicieux (92% de  $SiO_2$  mais contient des débris de coquillage ( $CaCO_3$ ), d'ilménite, de tourmaline, de mercaptite).

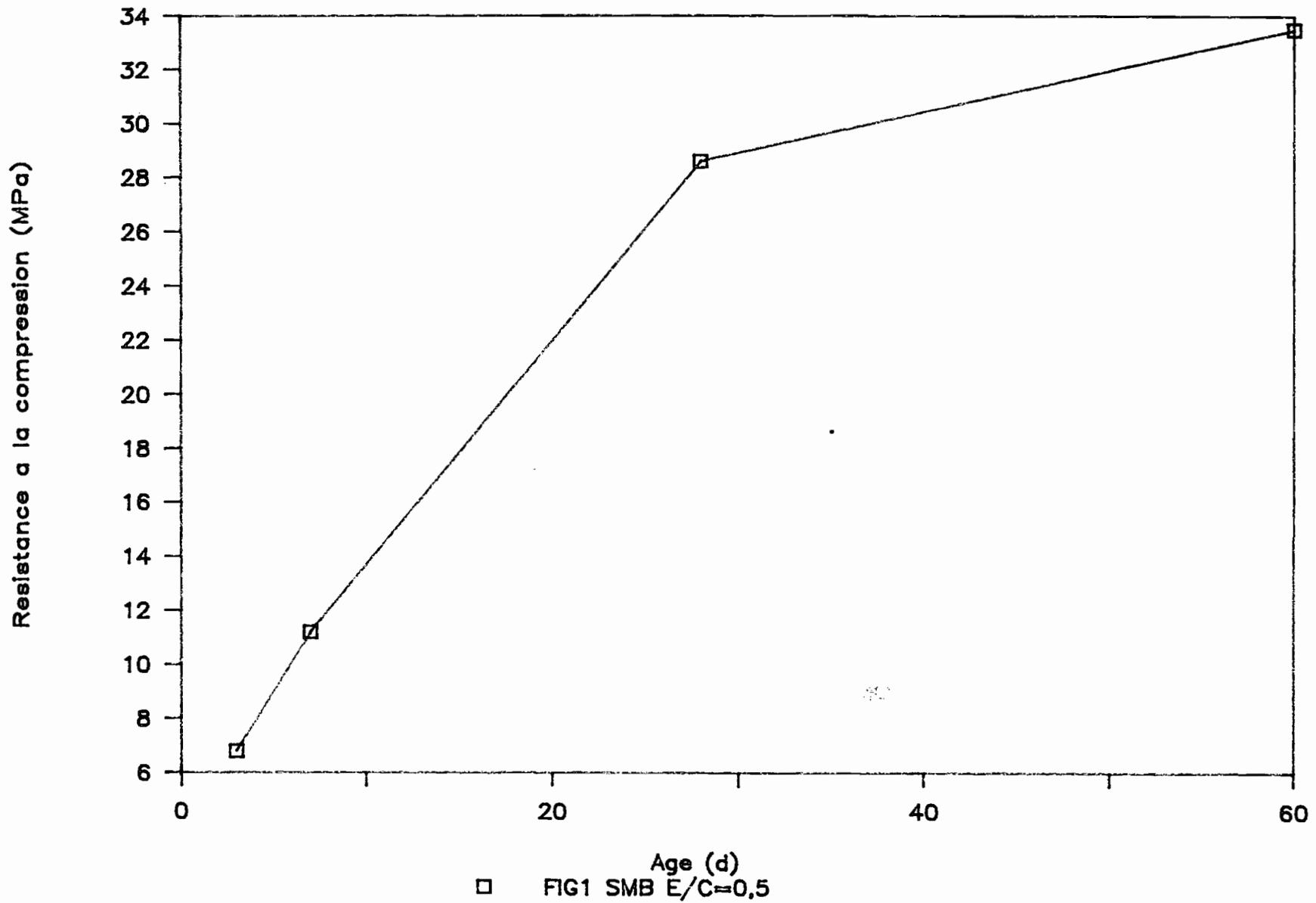
On peut penser que c'est à cause de la qualité de roche de provenance des sables qu'il y a cette différence de résistance. Mais aussi il faut dire dans les dosages par la méthode de l'A.C.I. on a pris le volume de une granulats suggéré par mètre cube de béton de 0,6 à 0,66; correspondant au module de finesse le plus petit donné, pour le diamètre maximal du granulats respectivement 19mm et 20mm alors que nous avons des modules de finesse plus faibles.

Les comparaisons faites ci-dessus concernent les résistances à la compression, pour ce qui est de la résistance à flexion on n'a pas un nombre important de résultats pour pouvoir les compa-

ner.

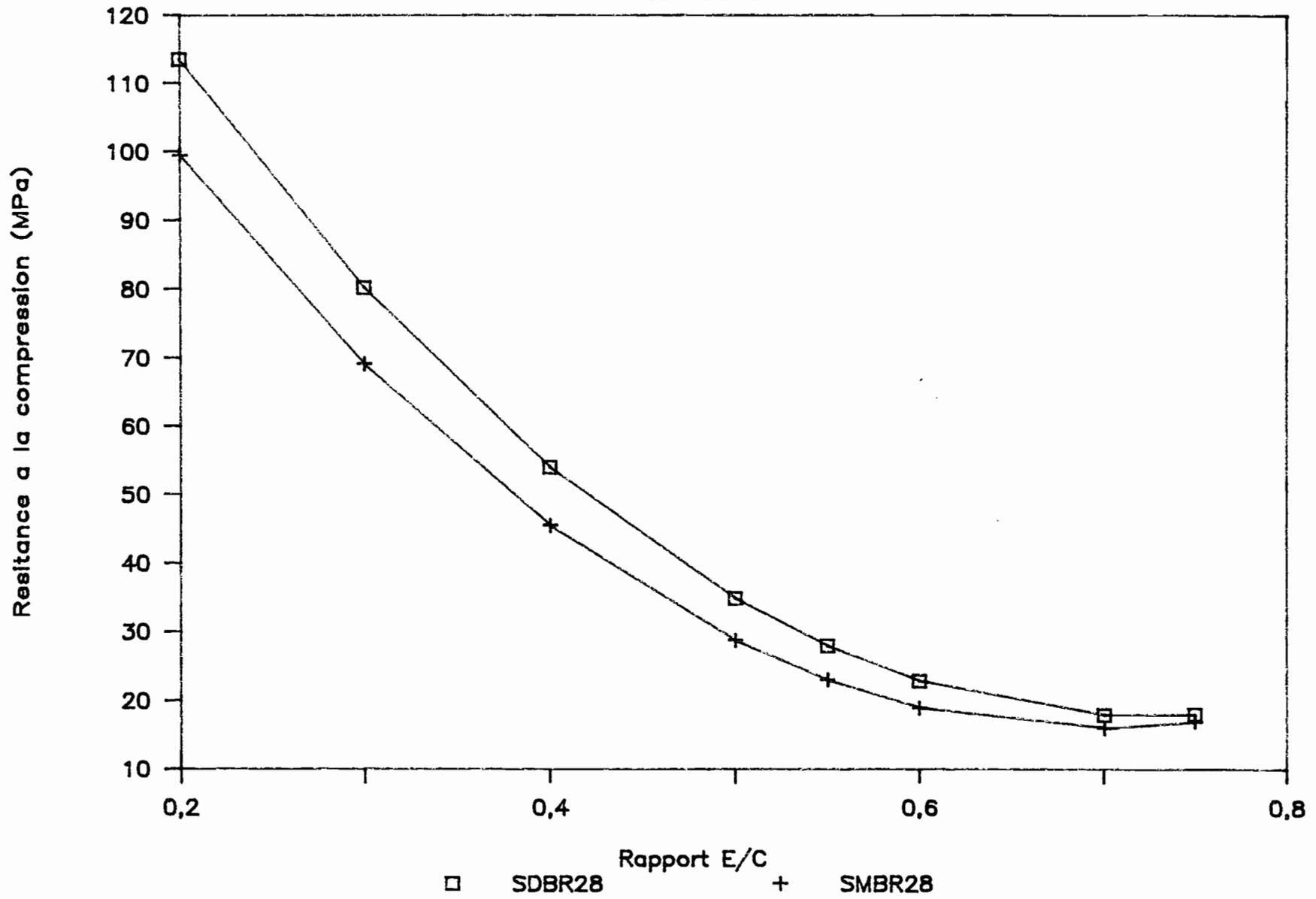
Mais on sait qu'il y a toujours des corrélations possibles avec les résistances à la compression.

# RESISTANCE FONCTION DE L'AGE



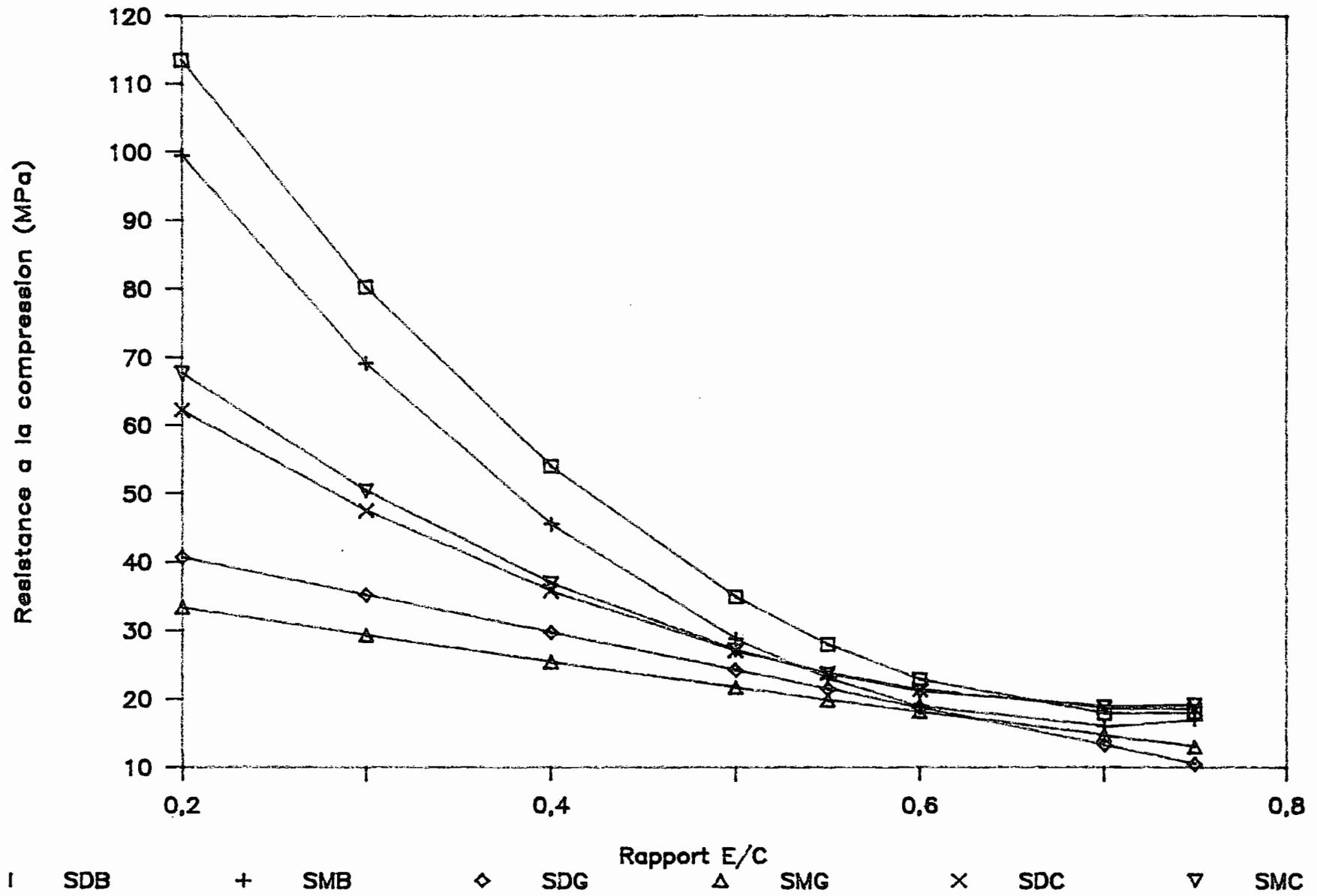
# FIG2 RESISTANCE

A 28 JOURS



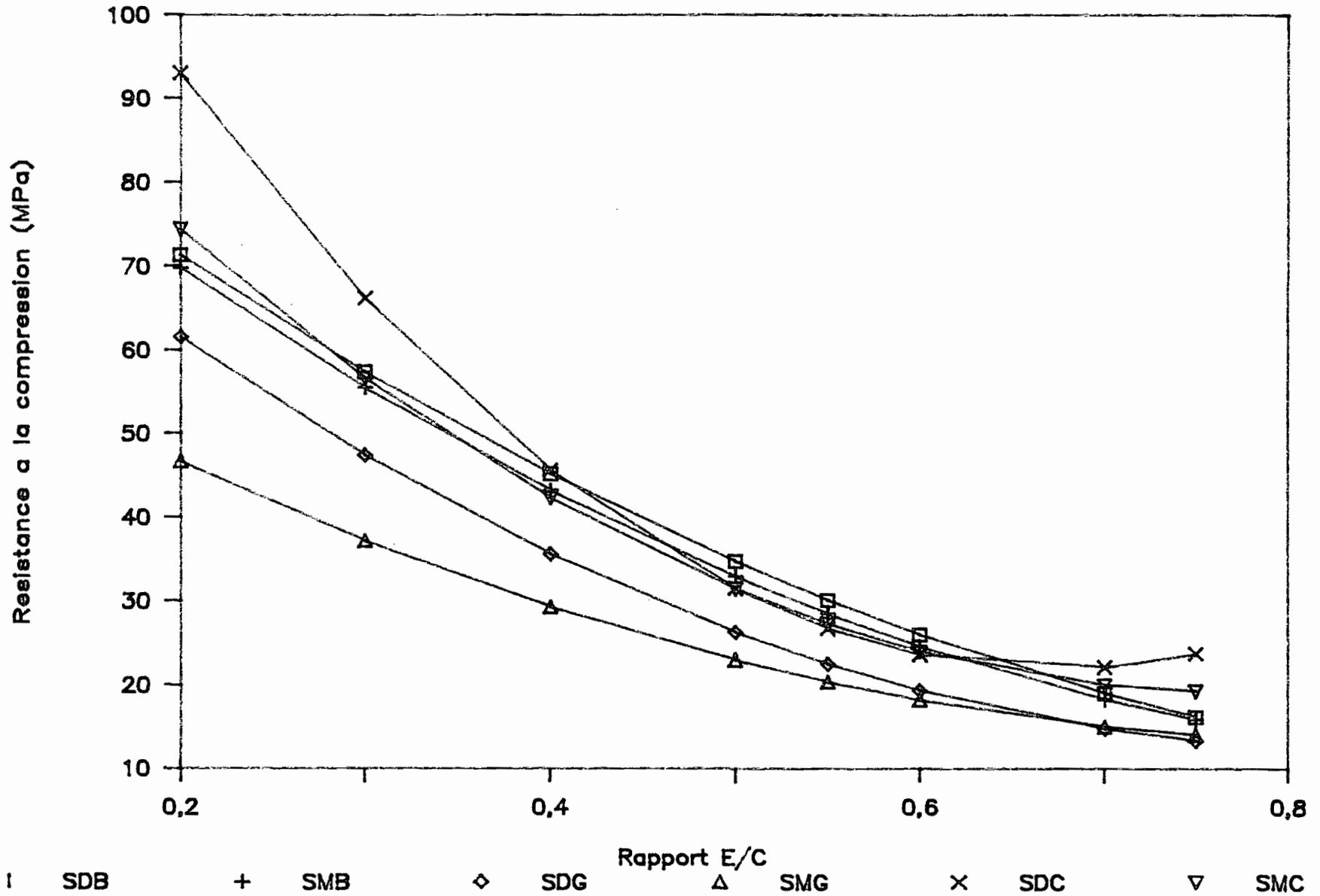
# FIG3 RESISTANCE

A 28 JOURS



# FIG4 RESISTANCE

A 60 JOURS



## CHAPITRE 5.

### CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.

#### 5-1 Conclusion

Nous venons de faire une étude sur les résistances des bétons les plus utilisés au Sénégal, on remarque que le projet ne comporte presque pas d'études théoriques, il est purement expérimental, et nous avons utilisé, l'expérience et certains résultats du l'American Concrete Institute pour faire nos dosages et nos essais. Apparemment les dosages seraient éloignés des résultats qu'on pourrait trouver si on avait des tableaux types (A.C.I), pour les modules de finesse de l'ordre ceux des sables que nous avons au Sénégal (sable très fins). Mais les dosages faits, avec ces tables une fois établies et que les résistances trouvées pour le béton avec sable de mer ne sont pas très supérieures à celles obtenues à partir du sable de dune, les prix pratiqués sur le marché ne seront pas justifiés, parce que le prix du sable de mer (3.000 francs. CFA le mètre cube) est trois plus élevé que celui du sable de dune (1000 francs. CFA le mètre cube) pour les granulats les prix sont voisins et en moyenne 8000 francs CFA le mètre cube et les résistances obtenues le justifient. Nous avons envisagé d'évaluer le coût du mètre cube de béton parcequ'il varie de beaucoup à travers le pays.

#### 5-2 Recommendations

Comme nous l'avons vu sur les courbes des résultats obtenus les résistances sont plus élevées pour un rapport E/C plus faible mais dans ces cas il se pose un problème de maniabilité, il peut être résolu par l'adduction de plastifiants comme, les agents entraîneurs d'air (gras d'animaux et végétaux, résines naturelles) qui améliore l'ouvrabilité et élimine les risque de ségréga-

trion et de ressuage des bétons plastiques, des ajouts hydrauliques, matériaux pouzzolaniques ou fumée de silice qui augmente la maniabilité du bétons frais pour un affaissement et une résistance donnés, et la résistance du béton durci à long terme. On peut aussi ajouter des superplastifiants pour obtenir des bétons à haute résistance, pour de très faibles rapport E/C mais avec une bonne ouvrabilité; comme superplastifiant on peut noter: des condensats de formaldéhyde et de sulfonate de naphtalène, des lignosulfonats modifiés.

Nous recommanderons aussi des études pour l'établissement de tableaux de dosages comme ceux de l'A.C.I. mais pour les matériaux utilisés au Sénégal.

## BIBLIOGRAPHIE

1. AITCIN. JOLICOEUR. MERCIER. "Technologie des granulats"
2. EMILE OLIVIER. "Technologie des matériaux de construction."
3. ASSOCIATION QUEBECOISE DES TECHNIQUES ROUTIERES. "Technologie  
du béton.
4. CPCA. "Informations sur le béton ."
5. CAN3. A23. 1M77. "Béton constituants et exécutions des travaux"  
"Essais concernant le béton."
6. BERNARD DUBUISSON et collaborateurs. "Encyclopédie pratique de  
la construction et du  
batiment.
7. "Encyclopédie du bâtiment". Edition Eyrolles
8. DENIS TRAMBLEY. "Béton de ciment."

**ANNEXES.**

RESULTATS DE L'ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Grès = 5039 g

Tamis	Refus (g)	% Refus cumulé	% Tamisat
1"	0	0	100
3/4"	82	0,02	99,98
1/2"	803	17,6	82,4
3/8"	1280	43,0	57
n° 4	2372,1	90,0	10
n° 8	169,1	93,0	6,6
plat	332	-	

perte = 0,02%

BASALTE (2697 g)

Tamis	Refus (g)	% refus cumulé	% Tamisat
3/4"	0	0	100
1/2"	247,8	9,2	90,8
3/8"	1246,2	55,4	44,6
n° 4	1194,8	99,7	0,3
n° 8	4,2	0	0
plat	0	-	-

perte = 0,1 %

CALCAIRE

( masse initiale 2684 g )

Tamis	Refus (g)	% Refus cumulé	% Tamisat
3/4" (20 mm)	0	0	100
1/2" (14 mm)	117,1	4,4	95,6
3/8" (10 mm)	818,4	34,9	65,1
n° 4 (5 mm)	1603,9	94,6	5,4
n° 8 (2,5 mm)	68,7	97,2	2,8
Plat	68,7	-	-

perte = 0,3 %

SABLE DE PLAGE (masse initiale = 730 g)

Tamis	Refus (g)	% Refus cumulé	% Tamisat
3/8 (10mm)	0	0	100
n°4 (5 mm)	0	0	100
n°8 (2,5mm)	0	0	100
n°16 (1,25mm)	0	0	100
n°30 (630 mm)	1,2	0,2	99,8
n°50 (315 mm)	603,1	83	17
n°100 (160mm)	70,5	92,4	7,6
Plat	53,7		

Le module de Finesse M.F. =  $\frac{0,2 + 83 + 92,4}{100} = 1,8$

MF = 1,8

perte = 0,2 %

- A<sub>2</sub> -

SABLE DE DUNE

(masse initiale 1118 g)

Tamis	Refus (g)	% Refus cumulé	% Tamisat
3/8"	0	0	
n° 4	0	0	
n° 16	0	0	
n° 30	8,2	0,7	99,3
n° 50	642	58,2	41,8
n° 100	240	79,6	20,4
Plat	213 ,2		

perte = 1,3 %

CHOIX DE L'AFFAISSEMENT  
BETON CONSOLIDÉ PAR VIBRATION INTERNE

TABLEAU 1

Types de construction	* Affaissement en mm	
	Maximum	Minimum
Murs de fondation et assises armées	80	20
Assises, caissons et murs armés	80	20
Dalles, poutres et murs armés	100	50
Colonnes d'édifice	100	50
Tabliers de pont	50	20
Pavages	50	20
Trottoirs, entrées de garage et dalle sur le sol	80	20
Béton de masse	50	0

\* Lorsque le béton doit être consolidé à la main on peut augmenter l'affaissement de 20 mm pourvu que la teneur en ciment soit augmentée en proportion de l'eau ajoutée.

DOSAGE EN EAU SUGGERE

TABLEAU 5

Diamètre des particules mm	Dosage en eau kg/m <sup>3</sup> de béton						
	10	14	20	28	40	56	80
Affaissement en mm	avec air occlus ←						
30 à 50	180	175	165	160	145	140	135
80 à 100	200	190	180	170	160	155	150
150 à 180	215	205	190	185	170	165	160
	sans air occlus ←						
30 à 50	205	200	185	180	160	155	140
80 à 100	225	215	200	195	175	170	160
150 à 180	240	230	210	205	185	180	---

Dosages en eau approximatifs pour  
différents affaissements et grosseur  
maximale de gros granulats.

VOLUME DE GROS GRANULAT EN VRAC SUGGERE PAR m<sup>3</sup> DE BETON

TABLEAU 7

Diamètre maximal du gros granulat mm	Volume de gros granulat pilonné SSS par unité de volume de béton pour différents modules de finesse du sable			
	2,40	2,60	2,80	3,00
10	0,50	0,48	0,46	0,44
14	0,60	0,58	0,56	0,54
20	0,66	0,64	0,62	0,60
28	0,71	0,69	0,68	0,65
40	0,76	0,74	0,72	0,70
56	0,79	0,77	0,75	0,73
80	0,83	0,81	0,79	0,77

Les volumes correspondent à ceux de granulats pilonnés SSS selon la norme CAN3 A23,2-M 10A. Pour des bétons moins maniabiles (pavages) on peut augmenter les quantités de gros granulat de 10%.

ESSAIS DE COMPRESSION RESULTATS OBTENUS

Sable de dune et basalte :

E/C = 0,5

Age (d)	3			7			28			60		
n°épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	37,6	31,4	37	50,4	51,2	52,5	133,6	136	130	134,2	133,9	134,4
Résistance moyenne (MPa)	9,2			13,3			34,6			34,9		

E/C = 0,55

Age (d)	3			7			28			60		
n°épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	25	29,8	27	35	37	39,4	110,2	110,6	111,0	111,6	115,5	113,6
Résistance Moyenne (MPa)	7,1			9,6			28,7			29,5		

$$E/C = 0,6$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	21,8	25	24	37,4	36,4	35,4	86,4	90	81	105,2	97,8	101,5
Résistance Moyenne (MPa)	6,1			9,5			22,3			26,4		

$$E/C = 0,7$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	18,4	18	18,6	28	24,8	25,4	69,2	70	69	72,2	71,1	74,1
Résistance Moyenne (MPa)	4,8			6,8			18,0			18,8		

Sable de mer et basalte

E/C = 0,5

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	27,2	26,3	24,7	40,0	42,5	48,6	105,1	111,9	113	130,8	122,8	133,8
Résistance moyenne (MPa)	6,8			11,2			28,6			33,5		

E/C = 0,55

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	20	20	18,6	38,7	39,6	36,9	90	91	89	97,2	105,8	107,2
Résistance moyenne (MPa)	5,1			10			23,4			26,9		

$$E/C = 0,6$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	18,5	16,2	16,4	32	34	32,6	74	70	71	97,2	105,8	107,2
Résistance moyenne (MPa)	4,4			8,5			18,6			25,8		

$$E/C = 0,7$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	15	14,7	15,8	24,6	29,8	27,6	60,8	61	63,2	66,7	68	74,2
Résistance Moyenne (MPa)	3,9			7,1			16,0			18,1		

Sable de dune et grès

E/C = 0,5

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	38,6	47	47,2	56,8	53,6	56,3	88,4	98,9	96,3	108,1	99,4	100,4
Résistance Moyenne (MPa)	11,5			14,4			24,6			26,7		

E/C = 0,55

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	36	37,4	40	45	48,3	47	78,7	78,8	78,8	82,2	88	79,4
Résistance moyenne (MPa)	9,8			12,2			20,5			21,6		

$$E/C = 0,6$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	33,8	34,6	34	38	37,7	39	75	73,6	79	77,6	77,3	77,7
Résistance moyenne (MPa)	8,9			9,9			19,7			20,1		

$$E/C = 0,7$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	26,4	29,8	26,8	32	34	31,9	50,2	51,8	49,6	57	52,6	60,3
Résistance Moyenne (MPa)	7,2			8,5			13,1			14,7		

Sable de mer et grès

E/C = 0,5

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	42,4	38,8	37,8	43,2	46,4	44,3	84,7	82,2	84,8	89,8	91,8	85,2
Résistance Moyenne (MPa)	10,3			11,6			21,8			23,1		

E/C = 0,55

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	28,6	28,8	28	35,2	39,6	32	75,8	74	76,4	78,4	79,5	72,5
Résistance Moyenne (MPa)	7,4			9,3			19,6			20,0		

$$E/C = 0,6$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	24	24	24,4	25,4	30	28,6	69,8	68,2	73,2	71,6	71	72
Résistance Moyenne (MPa)	6,3			7,3			18,3			18,5		

$$E/C = 0,7$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	18	18,2	18,2	20	18,4	19,6	56	56,2	56,8	62,3	58	53,2
Résistance Moyenne (MPa)	4,7			5,0			14,6			15,0		

Sable de dune et calcaire

E/C = 0,5

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	54,8	53,6	51,8	70,4	71,8	70	100,8	102,2	96,2	114,6	116,8	129,8
Résistance Moyenne (MPa)	13,9			18,4			26,4			31,3		

E/C = 0,55

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	41,2	41,2	45	58,8	59	59	98,2	89,8	94	106,4	101	106,6
Résistance Moyenne (MPa)	11,2			15,3			25,8			27,2		

$$E/C = 0,6$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	33	31,8	33,8	47,6	51,6	49	70,5	82,9	77,2	92	88,5	88,2
Résistance Moyenne (MPa)	8,5			12,8			20,0			23,3		

$$E/C = 0,7$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	25,6	25,4	25	34,8	37	33,6	70,2	74,8	74,7	84,4	87,8	85,5
Résistance Moyenne (MPa)	6,6			9,1			19,0			22,3		

Sable de mer et calcaire

E/C = 0,5

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	38,6	44,6	41	60	56,4	55,8	97,2	104,6	109,8	122,2	115,8	126
Résistance Moyenne (MPa)	10,8			14,9			26,9			31,5		

E/C = 0,55

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	35	39,6	35,2	53,5	51,4	46	87	106,7	82,6	100	105,2	108,5
Résistance Moyenne (MPa)	9,5			13,1			23,9			27,2		

$$E/C = 0,6$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	34,6	33,3	33,3	46,6	47,2	45,4	76	80,7	82,6	96	87,8	94,8
Résistance Moyenne (MPa)	8,7			12,1			20,7			24,1		

$$E/C = 0,7$$

Age (d)	3			7			28			60		
n° éprouvette	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Force de compression (kn)	20,2	19,4	20				73,4	70,8	71,9	79,8	77	74
Résistance Moyenne (MPa)	5,2			7,1			18,7			20,0		

**CENTRE EXPERIMENTAL DE RECHERCHES ET D'ETUDES POUR L'EQUIPEMENT**

ETABLISSEMENT PUBLIC A CARACTERE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL

DAKAR - Hann

Dakar, le 22 février 1983

BP 189

Dossier N° \_\_\_\_\_

Tél: 22-25-29-21-35-18

Réception N° \_\_\_\_\_

Compte : 4-17 400



Essai: B. 7672

BCEAO Dakar

**Essais de Compression sur Cylindres de Beton** | H 32 cm  
O 16 cm

Provenant du chantier : Contrôle de production

Nature du travail : \_\_\_\_\_

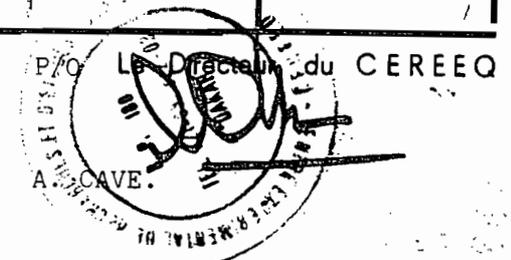
Entrepreneur: Hamo

COMPOSITION  DU  BETON	Gravier :	_____
	Gravier :	_____
	Gravier :	Grès 1050 kg
	Sable :	Sable 600 "
	Ciment :	ciment CPA 400 350
	Eau :	eau 225

Durée du malaxage : \_\_\_\_\_ Temps de vibration : \_\_\_\_\_

Date de réception au centre : 21.02.83

No ou marques	DATE S		AGE	POIDS sec du cylindre	Charge de rupture	Résistance	Moyenne bars
	de fabrication	de l'essai			KN	bars	
1	18.02.83	22.02.83	4 J	13,750	436	217	221
2				13,770	450	225	



DAKAR - Hann

Dakar, le 4 mai 1983

BP 189

Dossier N° \_\_\_\_\_

Tél: 22-25-29-21-35-18

Réception N° \_\_\_\_\_

Compte : 4-17 400

Essai: B. 7766

BCEAO Dakar



Essais de Compression sur Cylindres de Beton | H 32 cm  
O 16 cm

Provenant du chantier : ICS NBAO HI

Nature du travail : Contrôle de production

Entrepreneur: HAMO

COMPOSITION  DU  BETON	Gravier:	Votre bordereau de livraison n° 848 du 6.04.1983		
	Gravier:	_____		
	Gravier:	Grès 8/20	1025 kg	_____
	Sable :	sable	630 kg	_____
	Ciment :	ciment	350 kg	_____
	Eau :	eau	225 l	_____

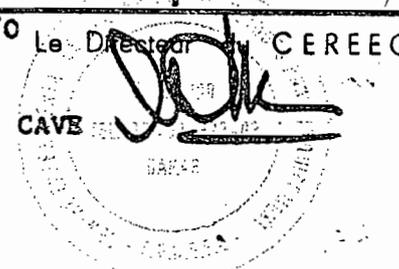
Durée du malaxage: \_\_\_\_\_ Temps de vibration: \_\_\_\_\_

Date de réception au centre: 6.04.83

N° ou marques	DATES		AGE	POIDS sec du cylindre	Charge de rupture KN	Résistance bars	Moyenne bars
	de fabrication	de l'essai					
1				13 900	500	250	
2	30.03.83	6.04.83	7 J	13.900	510	255	245
3				11,520	400	230	
4				12,070	670	378	
5	30.03.83	2.05.83	33 J	11.960	670	378	367
6				13,900	690	345	
							1,015

P/O Le Directeur CEREEQ

A. CAVE



DAKAR - Hann

Dakar, le 22 février 1983

BP 189

Dossier N° \_\_\_\_\_

Tél: 22-25-29-21-35-18

Réception N° \_\_\_\_\_

Compte : 4-17 400

Essai: B. 7671

BCEAO Dakar



## Essais de Compression sur Cylindres de Béton

H 32 cm  
O 16 cm

Provenant du chantier : \_\_\_\_\_ Contrôle de production

Nature du travail : \_\_\_\_\_

Entrepreneur: \_\_\_\_\_ HAMO

COMPOSITION  DU  BETON	Gravier :	_____
	Gravier :	_____
	Gravier :	Grès 1050 kg
	Sable :	sable 600 kg
	Ciment :	ciment maritime 350 kg
	Eau :	eau 225 l

Durée du malaxage : \_\_\_\_\_ Temps de vibration : \_\_\_\_\_

Date de réception au centre : 21.02.83

No ou marques	DATES		AGE	POIDS sec du cylindre	Charge de rupture	Résistance	Moyenne
	de fabrication	de l'essai			KN	bars	
1	18.02.83	22.02.83	4 J	13,470	435	217	221
2				13,420	450	225	

Directeur  
 CEREEQ  
 A CA.VE

DAKAR - Hann

Dakar, le 3 mai 1983

BP 189

Dossier No \_\_\_\_\_

Tél: 22-25-29-21-35-18

Réception No \_\_\_\_\_

Compte : 4-17 400

Essai: B. 7739

BCEAO Dakar



Essais de Compression sur Cylindres de Beton | H 32 cm  
O 16 cm

Provenant du chantier : M6le 8 ACCR I.C.S.

Nature du travail : \_\_\_\_\_

Entrepreneur: HAMO

COMPOSITION

DU  
BETON

Gravier: Votre bon de commande n° 843 du 28.03.83  
 Gravier: \_\_\_\_\_  
 Gravier: Grès 8/20 1026 kg  
 Sable : sable 630 kg  
 Ciment : ciment maritime 350 kg  
 Eau : eau 207 l

Durée du malaxage: \_\_\_\_\_ x Temps de vibration \_\_\_\_\_ Adjuvant 0,25 %

Date de réception au centre: 28.03.83

No ou marques	DATES		AGE	POIDS sec du cylindre	Charge de rupture KN	Résistance bars	Moyenne bars
	de fabrication	de l'essai					
1				13,850	860	330	326
2	23.03.83	30.03.83	7 J	11,950	590	333	
3				11,300	560	316	
4				12,080	780	440	415
5	23.03.83	27.04.83	34 J	14,050	200	400	
6				13,920	810	405	

P/O Le Directeur du CEREEQ

A. CAVE

2.3.4. = Ø = 15 cm

DAKAR - Hann

Dakar, le 3 mai 1983

BP 189

Dossier N° \_\_\_\_\_

Tél: 22-25-29-21-35-18



Réception N° \_\_\_\_\_

Compte : 4 - 17 400

Essai: B. 7764

BCEAO Dakar

Essais de Compression sur Cylindres de Beton | H 32 cm  
O 16 cm

Provenant du chantier : I.C.S MBO Inter G.

Nature du travail : Contrôle de production

Entrepreneur: HAMO

COMPOSITION  DU  BETON	Gravier:	Votre bordereau de livraison n° 346 du 6/04/83	
	Gravier:	_____	
	Gravier :	Grès 8/20	1025 kg
	Sable :	sable	630 kg
	Ciment :	ciment maritime	350 kg
	Eau :	eau	225 l

Durée du malaxage: \_\_\_\_\_ Temps de vibration: \_\_\_\_\_

Date de réception au centre: 5.04.83

N° ou marques	DATE S		AGE	POIDS sec du cylindre	Charge de rupture	Résistance	Moyenne
	de fabrication	de l'essai			KN	bars	
1				14,150	420	240	
2	25.03.83	6.04.83	12 J	14,050	380	190	208
3				11,650	400	226	
4				13,920	570	285	
5	25.03.83	27.04.83	32 J	12,080	520	294	293
6				12,120	530	299	

P/O Le Directeur du CEREEQ

A. CAVE

DAKAR - Hann

Dakar, le

3 mai 1983

BP 189

Dossier N°

Tél: 22-25-29-21-35-18

Réception N°

Compte : 4-17 400

Essai: 3. 7765

BCEAO Dakar



Essais de Compression sur Cylindres de Beton

H 32 cm  
O 16 cm

Provenant du chantier : ICS MBAO Inter G.

Nature du travail : Contrôle de production

Entrepreneur: HAMO

COMPOSITION  DU  BETON	Gravier:	Votre bordereau de livraison n° 347 du 6.04.83	
	Gravier:		
	Gravier :	Grès 8/20	1025 kg
	Sable :	sable	630 kg
	Ciment :	ciment maritime	350 kg
	Eau :	eau	225 l

Durée du malaxage: Temps de vibration:

Date de réception au centre: 6.04.1983

No ou marques	DATE S		AGE	POIDS sec du cylindre	Charge de rupture KN	Résistance bars	Moyenne bars
	de fabrication	de l'essai					
1				12,170	400	226	
2	28.03.83	6.04.83	9 J	13,950	430	215	214
3				11,600	360	203	
4				13,800	600	330	
5	28.03.83	27.04.83	29 J	13,920	670	335	334
6				11,990	600	339	

P70

Le Directeur du CEREEQ

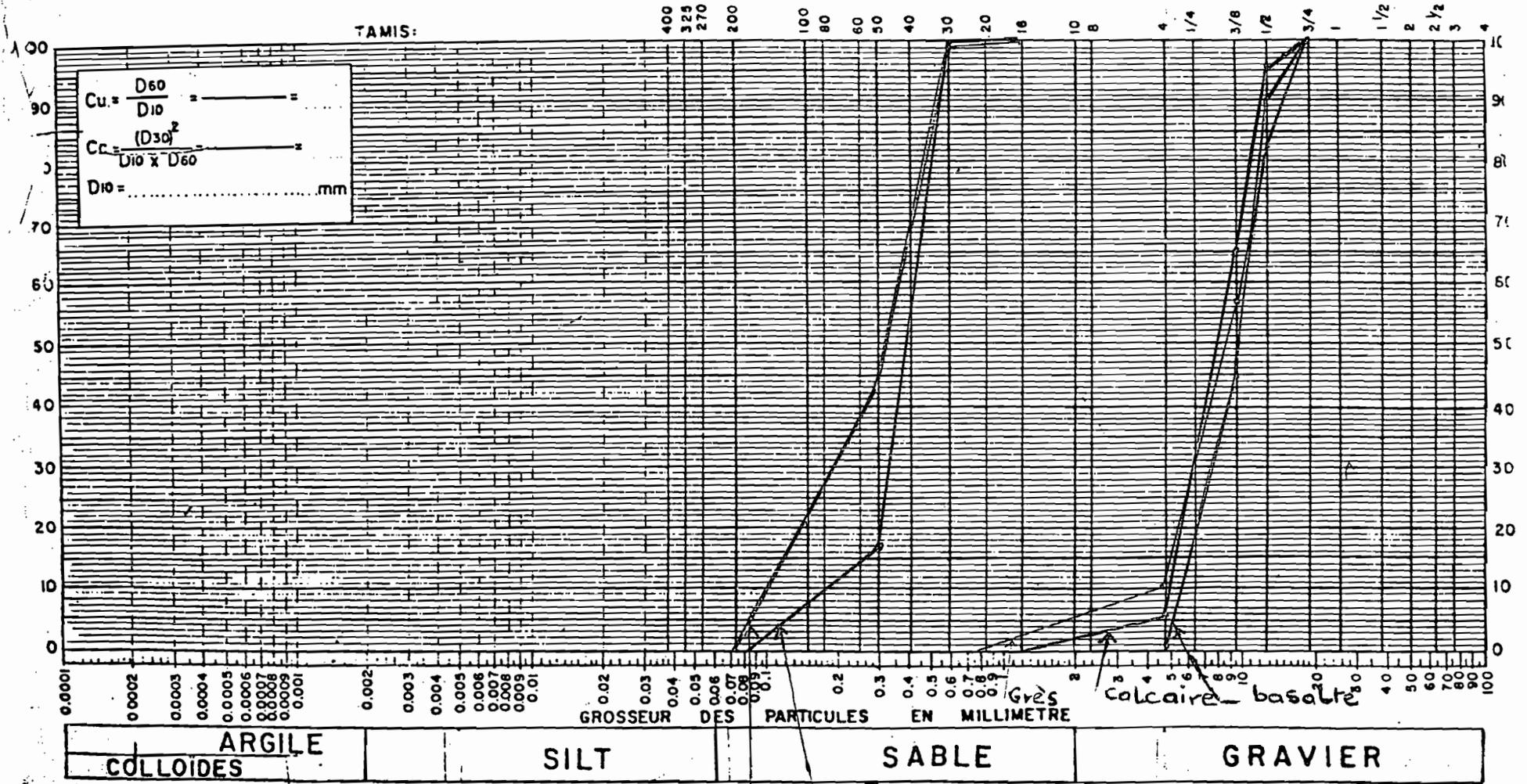
A. CAVE



DATE \_\_\_\_\_

ECHANTILLON NO \_\_\_\_\_

### COURBE GRANULOMETRIQUE (M.I.T.)



10-A

graph 2

M.I.T.  
Sable de mer  
Sable de dune