





**ANALYSE DU PROGRAMME D'ECHANGE
SUR LES MELANGES BITUMINEUX
PROGRAMME : MB-91-01**

**MINISTERE DES TRANSPORTS
LABORATOIRE CENTRAL**

DENIS PROTEAU, T.Sc.A.



CANQ
TR
GE
SM
207



**ANALYSE DU PROGRAMME D'ECHANGE
SUR LES MELANGES BITUMINEUX
PROGRAMME : MB-91-01**

**MINISTERE DES TRANSPORTS
LABORATOIRE CENTRAL**

DENIS PROTEAU, T.Sc.A.

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin St-Pey
St-Jeans
Québec (Québec)
G1B 4X0

REÇU
CENTRE DE DOCUMENTATION
12 JUIN 2003
TRANSPORTS QUÉBEC

GANQ
TK
GE
SM
207

**ANALYSE DU PROGRAMME D'ECHANGE SUR LES MELANGES
BITUMINEUX**

MB-91-01

Introduction

Le laboratoire central du ministère des Transports du Québec organise à chaque année un programme d'échange interlaboratoire sur les mélanges bitumineux. Ces programmes servent à améliorer les méthodes d'essais existantes et permettent à un laboratoire participant de se situer par rapport à l'ensemble des laboratoires enregistrés au fichier des fournisseurs de services dans la spécialité 3-62 intitulée "Construction - Contrôle qualité - Béton bitumineux et sous produits.

L'analyse statistique de ces programmes permet aux laboratoires participants d'évaluer la qualité de leurs essais. Dans le cadre de cette analyse, les diagrammes de dispersion jouent un rôle de toute première importance. Ils facilitent le repérage des erreurs systématiques et permettent d'un seul coup d'oeil de porter un jugement sur la répartition de l'ensemble des résultats.

Le traitement des données est effectué essai par essai. Cette approche modulaire simplifie le suivi des essais et permet à un participant de tracer un essai particulier advenant un problème. Le laboratoire peut par la suite, entreprendre les mesures correctives si requises et ainsi améliorer la qualité de cet essai.

L'analyse statistique des programmes d'échanges interlaboratoires fournit des renseignements de première importance que ce soit pour la mise au point d'un essai ou pour la mise à jour d'une spécification quelconque d'un document normalisé. De plus, les participants profitent de ces programmes et les incorporent au programme d'assurance de la qualité de leur laboratoire respectif.

Description des échantillons

Le mélange bitumineux utilisé pour ce programme d'échange provient d'une fournée unique. Il s'agit d'un type MB-12.5 modifié échantillonné le 19 juin 1991. Pour assurer l'homogénéité entre chaque paire de boîtes de mélange, une étape supplémentaire a été ajoutée à la préparation des échantillons. Le laboratoire participant devait effectuer à froid, le mélange puis la séparation de ses deux boîtes, après les avoir préalablement chauffées à la température minimale permettant la maniabilité du mélange.

Objectif du programme MB-91-01

L'objectif principal du programme d'échange MB-91-01 est de vérifier la répétabilité des essais pour un type de mélange donné. Lors des programmes d'échanges antérieurs, les participants effectuaient les essais sur chacune des deux boîtes de mélange tout en considérant que celles-ci étaient identiques. Or, il s'avère que quelquefois, certains laboratoires recevaient des échantillons ayant deux granulométries différentes.

Le programme d'échange MB-91-01 donne un aperçu de la répétabilité réelle pour le type de mélange analysé. On ne peut toutefois rien conclure en ce qui concerne la reproductibilité étant donné que nous n'avons pas la certitude que chaque paire de boîtes de mélange envoyée ait la même granulométrie.

Interprétation des annexes 1 à 16 inclusivement

La conception des tableaux ainsi que des diagrammes de dispersion des annexes 1 à 16 inclusivement a déjà été expliquée (consulter les références numéros 6 et 7). Voici cependant quelques commentaires concernant l'ensemble des résultats.

- 1- Veuillez noter que le laboratoire numéro 47 n'a pas effectué les essais de stabilité Marshall et de déformation. C'est pourquoi, on voit apparaître des valeurs nulles dans le tableau général figurant à l'annexe numéro 1.

Ces valeurs n'affectent aucunement les résultats après éliminations et n'influencent que très légèrement les résultats avant éliminations.

Note: Nous sommes obligés avec le logiciel actuel de saisir tous les essais du programme pour chaque participant. Nous devons donc par conséquent, insérer la valeur zéro pour chaque résultat manquant.

- 2- Comme il fallait s'y attendre, l'étape supplémentaire décrite au paragraphe intitulé "Description des échantillons" a permis la diminution de la variance des erreurs de précision (voir annexe numéro 4). En effet, si l'on compare les diagrammes de dispersion (annexes numéro 12 à 16) à ceux du programme d'échange de 1990 (MB-90-01), on constate un aplanissement de l'ellipse décrite par l'essai de points de chaque essai d'où la prédominance des erreurs systématiques.
- 3- L'écart type de précision (rayon S) ainsi que le rayon du cercle tracé sur chaque diagramme de dispersion (rayon F) sont inférieurs à ceux du programme MB-90-01 exception faite de la stabilité Marshall. Veuillez prendre note que le nombre de participants au programme d'échange MB-91-01 est identique à celui du programme de 1990 soit 47 participants.

Répétabilité

Vous trouverez à l'annexe numéro 17 des tableaux comparatifs entre les répétabilités du programme MB-90-01 et MB-91-01 pour tous les essais avant et après éliminations des valeurs aberrantes. Comme vous pouvez le constater, on remarque une amélioration de 25% à 49%, exception faite de l'essai Marshall (stabilité et déformation). Dans le but de rendre le tout plus visuel, des histogrammes sont ajoutés à l'annexe numéro 18.

Les répétabilités obtenues dans le programme MB-91-01 sont toutes inférieures aux répétabilités inscrites dans les normes de la série NQ 2300 du bureau de normalisation du Québec (B.N.O.).

L'objectif du d'échange MB-91-01 étant d'étudier la répétabilité des essais figurant dans les normes du B.N.Q., nous pouvons donc conclure que pour deux échantillons identiques et pour le type de mélange utilisé dans ce programme d'échange, il est possible pour un laboratoire donné de respecter l'exigence inscrite dans la série NQ 2300 concernant la répétabilité des essais suivants: densité brute (NQ 2300-040), densité maximale (NQ 2300-045) et teneur en bitume (NQ 2300-100).

Note : Les normes du B.N.Q. ne renferment pas de données concernant le facteur de répétabilité de la stabilité Marshall ainsi que pour la déformation.

Reproductibilité

Nous ne pouvons rien conclure concernant la reproductibilité. En effet, le pourcentage d'amélioration moyen de tous les essais avant et après éliminations est pratiquement nul (-2%). Par conséquent, comme il fallait s'y attendre, le mode opératoire supplémentaire de ce programme d'échange n'affecte en rien la reproductibilité des essais. Vous trouverez en annexe (annexes numéros 19 et 20) les tableaux et graphiques de la reproductibilité des programmes MB-90-01 et MB-91-01.

Granulométries

Vous trouverez la compilation des granulométries aux annexes numéros 21 à 24 inclusivement. Ces données ont été traitées en utilisant la norme ASTM E691-87 (voir référence numéro 9). Les caractéristiques qui seront étudiées figurent à l'annexe numéro 25.

Remarque: Les calculs concernant la granulométrie proviennent des résultats de tous les participants. L'analyse après élimination des valeurs aberrantes est impossible étant donné que le logiciel E691 n'effectue pas d'éliminations.

Veuillez prendre note que la méthode utilisée (ASTM E691) pour calculer la répétabilité et la reproductibilité diffère de celle que l'on emploie pour l'analyse des programmes d'échanges (norme internationale ISO 5725-1981 (F)). Cependant, les résultats obtenues sont dans le même ordre de grandeur.

Les histogrammes montrant les facteurs de répétabilité et de reproductibilité en fonction du tamis utilisé sont rassemblés à l'annexe numéro 26. Evidemment, c'est dans la portion pierre (exception faite pour le premier tamis) où l'on retrouve les valeurs les plus élevées.

Le coefficient de variation a été calculé afin d'apprécier la représentativité de la moyenne arithmétique par rapport à l'ensemble des résultats pour chaque tamis utilisé. Ainsi, grâce à ce coefficient, la comparaison des dispersions devient plus facile étant donné que nous pouvons maintenant comparer tous les tamis indépendamment du pourcentage passant moyen obtenu.

Vous trouverez à l'annexe numéro 27 un histogramme du coefficient de variation pour chaque tamis. Un faible coefficient de variation indique une bonne homogénéité de la distribution. Par conséquent, les tamis 0.160mm et 0.080mm sont ceux dont la distribution des résultats est la plus hétérogène. Nous désirons rappeler que ces résultats ne prévalent que pour le type de mélange utilisé dans ce programme d'échange et qu'il n'y a pas eu élimination d'un ou de plusieurs laboratoires.

Nouveau logiciel

La mise à jour du logiciel servant à analyser les programmes d'échanges (tel que décrit à la référence numéro 8) n'est pas commencée. L'analyse du programme MB-93-01 sera probablement faite avec le nouveau logiciel. Nous ne pouvons rien conclure pour l'instant concernant le logiciel utilisé pour l'analyse du programme MB-92-01.

Le nouveau logiciel ne nécessitera plus l'intervention humaine lors du processus des éliminations. Par conséquent, les éliminations graphiques seront désormais effectuées selon des critères bien précis et le programme s'assurera que chaque élimination n'affectera pas la normalité de la distribution des résultats.

Programme MB-92-01

Le prochain programme d'échange aura pour but d'analyser la reproductibilité des essais. Chaque laboratoire participant recevra une seule boîte de mélange.

Le mélange utilisé sera du type MB-16 dont la préparation a été faite en laboratoire au mois de février 1992. Par conséquent, nous sommes certain que toutes les boîtes de mélange envoyées aux participants auront exactement les mêmes caractéristiques.


Evidemment, chaque laboratoire participant devra effectuer la séparation du mélange afin d'obtenir des échantillons pour chaque série d'essais. Cette étape pourra sans doute influencer légèrement la qualité des résultats mais ce n'est que lors de l'analyse des données que nous pourrons connaître exactement les conséquences de cette procédure.

Note : Chaque participant de ce programme recevra quelques semaines après la date de remise des résultats fixée par le laboratoire central, un préliminaire (les diagrammes de dispersion ainsi que les tableaux des annexes numéro 1 à 11 inclusivement) de l'analyse finale. Ainsi, chaque laboratoire pourra rapidement se comparer à l'ensemble des participants.


Il est évident que le rapport final aura en tout temps priorité sur le rapport préliminaire.

Nous recommandons à tous les laboratoires qui ont été éliminés ou ceux qui se trouvent sur le graphique à l'extérieur du cercle définissant les erreurs de précision de réviser point par point leur procédure expérimentale et rechercher, pour les éliminer, toutes les sources d'erreurs possibles.

Je vous remercie pour votre participation et j'encourage tous les laboratoires à participer au prochain programme d'échange qui sera sans aucun doute bénéfique à chacun d'entre nous.



Analyse préparée par: Denis Proteau, T.Sc.A.
Section : Expertises en mélanges bitumineux



Approuvé par: Pierre Langlois, M.ing.
Chef - Section Expertises en mélanges
bitumineux

Le 16 mars 1992

Références

- (1) Grubbs, Meeting of Section B-ASTM-RD1, June 1950.
- (2) BNQ 5000-400 basée sur la norme internationale ISO 5725-1981 (F). Fidélité des Méthodes d'essai - Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité par essais interlaboratoires.
- (3) W.J. Youden, Statistical Techniques for collaborative Tests, publié par Association of Official Analytical Chemist, Arlington, Va, 22209.
- (4) W.J. Youden, Graphical Diagnosis of Interlaboratory Tests Results, Industrial Quality Control, 15 (1959) pages 24-28.
- (5) ASTM C 670, Standard Practice for Preparing Precision Statements for tests Method for Construction Materials.
- (6) Compte rendu des échanges interlaboratoires MB-84-02 et MB-85-01.
- (7) Compte rendu du programme d'échange interlaboratoire MB-90-01.
- (8) D. Proteau, J.C. Moreux, Analyse et interprétation des résultats des programmes d'essais interlaboratoires sur les enrobés bitumineux organisés au Québec entre 1978 et 1989, Proceedings of CTAA, vol. XXXVI, Montréal, 1991, pp 193-228.
- (9) ASTM Interlaboratory data analysis software, E691-87, 1916 race street Philadelphia, Pa 19103.
- (10) ISO 5725, Fidélité des méthodes d'essai. Détermination de la répétabilité et de la reproductibilité d'une méthode d'essai normalisée par essais interlaboratoires.

TABLE DES MATIERES

Introduction	1
Description des échantillons	1
Objectif du programme MB-91-01	2
Interprétation des annexes 1 à 16 inclusivement	2
Répétabilité	3
Reproductibilité	4
Granulométries	4
Nouveau logiciel	5
Programme MB-92-01	5
Références	7

MELANGES BITUMINEUX
ECHANGE INTERLABORATOIRE ME-91-01

NO LAB.	DENSITE BRUTE		DENSITE MAXIMALE		STABILITE MARSHALL		DEFORMATION		% BITUME	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	2.443	2.453	G 2.608 *	g 2.530	15.90	18.00	2.5	2.5	4.68	4.59
2	2.471	2.473	2.530	2.531	14.71	15.72	2.5	2.3	4.78	4.55
3	2.470	2.464	2.522 *	2.524	17.00	16.00	2.6	2.6	4.75	4.84
4	2.458	2.452	2.526	2.536	13.72	11.97	2.0	2.1	4.65	4.84
5	2.474	2.482	2.526	2.532	15.70	15.00	2.5	2.6	4.36	4.29
6	2.469	2.472	2.528	2.531	14.29	14.16	2.9	2.8	4.82	4.69
7	2.438	2.458	2.527	2.525	15.82	15.01	2.4	2.6	4.75	4.72
8	2.479	2.474	2.542 *	2.534	17.80	16.10	2.8	2.9	4.56	4.55
9	2.469	2.461	2.521 *	2.524	15.98	15.49	2.6	2.7	4.76	4.72
10	2.453	2.454	2.530	2.527	16.00	14.70	3.1	3.2	4.52	4.51
11	2.456	2.454	2.540	2.538	19.10	16.71	2.6	2.8	4.87	4.67
12	2.440	2.435	2.527	2.528	17.11	15.28	2.7	3.0	4.45	4.49
13	2.467	2.470	2.530	2.530	14.80	16.40	2.8	2.6	4.70	4.78
14	2.454	2.451	2.512 *	2.516 *	15.50	16.10	3.8	3.8	4.77	4.89
15	2.472	2.471	2.533	2.527	14.60	15.10	4.0	4.2 *	4.88	4.76
16	2.452	2.455	2.531	2.532	12.50	13.20	2.8	2.8	4.74	4.76
17	2.463	2.462	2.535	2.533	15.87	16.24	2.8	2.7	4.64	4.64
18	2.457	2.466	2.532	2.543 *	14.74	16.80	2.4	2.6	4.46	4.37
19	2.460	2.460	2.534	2.540	16.55	15.55	2.7	2.3	4.14 *	4.12 *
20	2.458	2.471	2.515 *	2.514 *	15.90	16.20	2.1	2.5	4.72	4.79
21	2.469	2.466	2.535	2.529	13.30	14.10	2.9	3.0	4.14 *	4.36
22	2.451	2.452	2.529	2.529	15.64	14.99	3.2	2.7	4.73	4.80
23	2.464	2.468	2.523	2.535	15.88	14.51	3.6	3.6	4.44	4.67
24	2.473	2.472	2.537	2.531	14.02	12.31	2.9	2.9	4.51	4.53
25	2.465	2.467	2.537	2.542	16.70	16.60	3.6	2.9	4.72	4.68
26	2.454	2.469	2.537	2.544 *	17.22	18.26	2.5	2.7	4.33	4.53
27	2.453	2.449	2.532	2.533	14.89	13.65	2.5	2.6	4.72	4.68
28	2.460	2.459	2.533	2.531	14.48	14.59	2.9	2.7	4.43	4.25
29	2.451	2.446	2.541	2.543 *	12.00	10.80	2.9	2.8	4.88	4.85
30	2.465	2.466	2.527	2.530	16.74	14.41	3.0	2.3	4.56	4.72
31	2.472	2.475	2.531	2.538	13.97	12.04	3.5	3.8	4.74	4.75
32	2.461	2.460	2.533	2.535	13.00	13.40	2.8	2.8	4.71	4.56
33	2.445	2.443	2.534	2.533	15.52	14.32	3.1	2.8	4.61	4.82
34	2.463	2.465	2.550 *	2.545 *	13.35	13.72	2.4	2.5	4.42	4.45
35	2.449	2.452	2.526	2.525	13.62	13.57	2.3	2.3	4.53	4.51
36	2.470	2.461	2.534	2.533	18.17	15.81	2.8	2.8	4.80	4.56
37	2.470	2.468	2.551 *	2.543 *	16.36	16.46	2.8	2.9	4.28	4.36
38	2.444	2.454	2.536	2.540	14.43	15.08	2.2	2.4	4.64	4.54
39	2.469	2.461	2.545 *	2.542	14.20	16.10	2.0	2.4	4.65	4.56
40	2.459	2.457	2.537	2.540	16.92	16.17	2.6	2.5	4.61	4.55
41	2.483	2.492	2.534	2.529	13.26	13.93	2.5	2.4	4.54	4.48
42	2.464	2.467	2.532	2.526	14.50	14.50	2.6	2.6	4.38	4.54
43	2.441	2.450	2.521 *	2.522 *	17.79	16.35	G 4.8 *	g 4.7 *	4.65	4.75
44	2.463	2.459	g 2.559 *	G 2.563 *	11.30	13.94	3.1	2.9	4.87	4.68
45	2.449	2.455	2.544 *	2.549 *	14.23	16.02	3.0	3.2	4.96	4.96
46	2.458	2.444	2.537	2.541	17.60	16.40	4.1	4.1	4.65	4.48
47	2.463	2.457	2.536	2.529	G 0.00 *	g 0.00 *	G 0.0 *	g 0.0 *	4.71	4.72
MOYENNE :	2.460	2.461	2.532	2.533	15.28	15.04	2.8	2.8	4.62	4.61
EC.TYPE :	0.011	0.011	0.008	0.008	1.70	1.55	0.5	0.5	0.19	0.18
GRUBBS :	0.035	0.035	0.026	0.025	5.61	5.09	1.6	1.5	0.63	0.59
BNQ :	0.038	0.038	0.009	0.009	4.82	4.37	1.4	1.3	0.41	0.41

LEGENDE : G REJET SELON LES STATISTIQUES DE GRUBBS (LE SEUIL DE PROBABILITE EST DE 0.01)
* REJET SELON LA NORME BNQ OU ASTM

ECART DE REPETABILITE ET DE REPRODUCTIBILITE

(TOUS LES LABORATOIRES)

	D B	D M	S kN	d mm	B %
Répétabilité de l'échange	0.013	0.010	2.62	0.5	0.24
Répétabilité norme BNQ	0.035	0.011	-----	-----	0.52
Reproductibilité de l'échange	0.030	0.022	4.60	1.3	0.52
Reproductibilité norme BNQ	0.076	0.019	4.59	1.3	0.81
Moyenne	2.461	2.533	15.16	2.8	4.62

D_B = densité brute

D_M = densité maximale

S = stabilité exprimée en kN

d = déformation exprimée en mm

B = pourcentage en bitume

ECART DE REPETABILITE ET DE REPRODUCTIBILITE

(SAUF LES LABORATOIRES ELIMINES)

	D _B	D _M	S kN	d mm	B %
Répétabilité de l'échange	0.010	0.008	2.53	0.4	0.21
Répétabilité norme BNQ	0.035	0.011	-----	-----	0.52
Reproductibilité de l'échange	0.028	0.019	4.49	1.3	0.46
Reproductibilité norme BNQ	0.076	0.019	4.47	1.3	0.81
Moyenne	2.460	2.534	15.21	2.8	4.64

D_B = densité bruteD_M = densité maximale

S = stabilité exprimée en kN

d = déformation exprimée en mm

B = pourcentage en bitume

VARIANCE DES ERREURS DE PRECISION
ET DES ERREURS SYSTEMATIQUES

AVANT ELIMINATION

	D B	D M	S KN	d mm	B %
2 S a Précision	0.00002	0.00001	0.8567	0.02844	0.00731
2 S s Systématiques	0.00009	0.00005	1.7897	0.19255	0.02632

ELIMINATION STATISTIQUE

	D B	D M	S KN	d mm	B %
2 S a Précision	0.00001	0.00001	0.8567	0.01583	0.00684
2 S s Systématiques	0.00010	0.00005	1.7897	0.20799	0.02713

ELIM. STAT. ET VISUELLE

	D B	D M	S KN	d mm	B %
2 S a Précision	0.00001	0.00001	0.7983	0.01583	0.00576
2 S s Systématiques	0.00008	0.00004	1.7198	0.20799	0.02087

LISTE DES LABORATOIRES ELIMINES

Densité brute : 7 20 26 41 46

Densité maximale : 1 4 14 18 20 23 44

Stabilité exprimée en KN : 44 47

Déformation exprimée en mm : 22 25 30 43 47

Pourcentage en bitume : 19 21 23 33 36

DENSITE BRUTE

LABORATOIRE NO	MOYENNE		B.N.Q.		GRAPHIQUE		NOTE GLOBALE
	A	B	A	B	A	B	
1	-2	-4	-4	-4	0	-2	2.67
2	+3	+3	+4	+4	+2	0	2.67
3	+4	+4	+4	+4	+2	+4	3.67
4	-4	-4	-4	-4	-3	-2	3.50
5	+3	+2	+4	+4	+1	0	2.33
6	+4	+3	+4	+4	+3	+1	3.17
7	-1	-4	-4	-4	0	-4	2.83
8	+2	+3	+4	+4	0	0	2.17
9	+4	-4	+4	-4	+3	-4	3.83
10	-4	-4	-4	-4	-1	-2	3.17
11	-4	-4	-4	-4	-2	-2	3.33
12	-2	-1	-4	-4	0	0	1.83
13	+4	+4	+4	+4	+4	+2	3.67
14	-4	-4	-4	-4	-2	-1	3.17
15	+3	+4	+4	+4	+2	+1	3.00
16	-4	-4	-4	-4	-1	-3	3.33
17	+4	+4	+4	+4	-4	+4	4.00
18	-4	+4	-4	+4	-3	+3	3.67
19	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
20	-4	+4	-4	+4	-3	+1	3.33
21	+4	+4	+4	+4	+3	+3	3.67
22	-4	-4	-4	-4	0	-2	3.00
23	+4	+4	+4	+4	+4	+2	3.67
24	+3	+3	+4	+4	+1	+1	2.67
25	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
26	-4	+4	-4	+4	-2	+2	3.33
27	-4	-3	-4	-4	-1	0	2.67
28	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
29	-4	-3	-4	-4	0	0	2.50
30	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
31	+3	+3	+4	+4	+2	0	2.67
32	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
33	-3	-2	-4	-4	0	0	2.17
34	+4	+4	+4	+4	-4	+4	4.00
35	-3	-4	-4	-4	0	-2	2.83
36	+4	-4	+4	-4	+2	-4	3.67
37	+4	+4	+4	+4	+2	+2	3.33
38	-2	-4	-4	-4	0	-2	2.67
39	+4	-4	+4	-4	+3	-4	3.83
40	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
41	+1	0	+4	+4	0	0	1.50
42	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
43	-2	-3	-4	-4	0	-1	2.33
44	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
45	-3	-4	-4	-4	0	-3	3.00
46	-4	-2	-4	-4	-3	0	2.83
47	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00

DENSITE MAXIMALE

LABORATOIRE NO	MOYENNE		B.N.Q.		GRAPHIQUE		NOTE GLOBALE
	A	B	A	B	A	B	
1	0	-4	0	-4	0	-4	2.00
2	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
3	-3	-3	-3	-4	-1	-2	2.67
4	-4	+4	-4	+4	-2	+4	3.67
5	-4	-4	-4	-4	-2	-4	3.67
6	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
7	-4	-3	-4	-4	-3	-3	3.50
8	+3	+4	+3	+4	+2	+4	3.33
9	-3	-3	-3	-4	0	-2	2.50
10	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
11	+3	+4	+4	+4	+3	+3	3.50
12	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
13	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
14	0	-1	-1	-2	0	0	0.67
15	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
16	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
17	+4	-4	+4	-4	+4	+4	4.00
18	-4	+3	-4	+3	-4	+1	3.17
19	+4	+4	+4	+4	-4	+2	3.67
20	-1	-1	-2	-2	0	0	1.00
21	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
22	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
23	-3	+4	-4	+4	-1	+4	3.33
24	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
25	+4	+3	+4	+4	+4	+2	3.50
26	+4	+3	+4	+3	+4	+1	3.17
27	-4	-4	-4	-4	-4	+4	4.00
28	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
29	+3	+3	+4	+3	+3	+1	2.83
30	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
31	-4	+4	-4	+4	-4	+3	3.83
32	+4	+4	+4	+4	-4	+4	4.00
33	+4	-4	+4	-4	-4	+4	4.00
34	+1	+2	+2	+3	0	0	1.33
35	-4	-3	-4	-4	-2	-3	3.33
36	+4	-4	+4	-4	-4	+4	4.00
37	+1	+3	+2	+3	0	+1	1.67
38	+4	+4	+4	+4	+4	+2	3.67
39	+2	+3	+3	+4	+1	+2	2.50
40	+4	+4	+4	+4	+4	+2	3.67
41	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
42	-4	-4	-4	-4	-4	-3	3.83
43	-3	-3	-3	-3	0	-2	2.33
44	0	0	0	0	0	0	0.00
45	+2	+1	+3	+2	+2	0	1.67
46	+4	+3	+4	+4	+4	+2	3.50
47	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00

STABILITE MARSHALL

LABORATOIRE NO	MOYENNE		B.N.Q.		GRAPHIQUE		NOTE GLOBALE
	A	B	A	B	A	B	
1	+4	+2	+4	+4	+4	0	3.00
2	-4	+4	-4	+4	-4	+4	4.00
3	+3	+4	+4	+4	+2	+4	3.50
4	-4	-2	-4	-4	-2	0	2.67
5	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
6	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
7	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
8	+3	+4	+4	+4	+1	+3	3.17
9	+4	+4	+4	+4	+4	+4	4.00
10	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
11	+1	+3	+4	+4	0	+2	2.33
12	+3	+4	+4	+4	+2	+4	3.50
13	-4	+4	-4	+4	-4	+3	3.83
14	+4	+4	+4	+4	-4	+3	3.83
15	-4	+4	-4	+4	-4	-4	4.00
16	-2	-3	-4	-4	0	-2	2.50
17	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
18	-4	+3	-4	+4	-4	+2	3.50
19	+4	+4	+4	+4	+3	+4	3.83
20	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
21	-3	-4	-4	-4	-1	-3	3.17
22	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
23	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
24	-4	-2	-4	-4	-2	0	2.67
25	+4	+3	+4	+4	+3	+2	3.33
26	+3	+1	+4	+4	+2	0	2.33
27	-4	-4	-4	-4	-4	-2	3.67
28	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
29	-2	0	-4	-4	0	0	1.67
30	+4	-4	+4	-4	+3	-4	3.83
31	-4	-2	-4	-4	-2	0	2.67
32	-3	-3	-4	-4	0	-2	2.67
33	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
34	-3	-4	-4	-4	-1	-3	3.17
35	-4	-4	-4	-4	-2	-2	3.33
36	+2	+4	+4	+4	0	+4	3.00
37	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
38	-4	+4	-4	+4	-3	-4	3.83
39	-4	+4	-4	+4	-3	+3	3.67
40	+4	+4	+4	+4	+3	+3	3.67
41	-3	-4	-4	-4	-1	-3	3.17
42	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
43	+3	+4	+4	+4	+1	+3	3.17
44	-1	-4	-4	-4	0	-3	2.67
45	-4	+4	-4	+4	-3	+4	3.83
46	+3	+4	+4	+4	+1	+3	3.17
47	0	0	0	0	0	0	0.00

DEFORMATION

LABORATOIRE NO	MOYENNE		B.N.Q.		GRAPHIQUE		NOTE GLOBALE
	A	B	A	B	A	B	
1	-4	-4	-4	-4	-1	-3	3.33
2	-4	-3	-4	-4	-1	0	2.67
3	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
4	-2	-2	-4	-4	0	0	2.00
5	-4	-4	-4	-4	-1	-4	3.50
6	+4	-4	+4	-4	+4	+4	4.00
7	-4	-4	-4	-4	0	-4	3.33
8	-4	+4	-4	+4	-4	+3	3.83
9	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
10	+4	+4	+4	+4	+1	0	2.83
11	-4	-4	-4	-4	-3	+4	3.83
12	-4	+4	-4	+4	-4	+1	3.50
13	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
14	+1	+1	+4	+4	0	0	1.67
15	+1	0	+4	+3	0	0	1.33
16	-4	-4	-4	-4	-4	+4	4.00
17	-4	-4	-4	-4	-4	-4	4.00
18	-4	-4	-4	-4	0	-4	3.33
19	-4	-3	-4	-4	-4	0	3.17
20	-3	-4	-4	-4	0	-3	3.00
21	+4	+4	+4	+4	+4	+1	3.50
22	+4	-4	+4	-4	0	-4	3.33
23	+2	+2	+4	+4	0	0	2.00
24	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
25	+2	+4	+4	+4	0	+3	2.83
26	-4	-4	-4	-4	-1	-4	3.50
27	-4	-4	-4	-4	-1	-4	3.50
28	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
29	+4	-4	+4	-4	+4	+4	4.00
30	+4	-3	+4	-4	+3	0	3.00
31	+3	+1	+4	+4	0	0	2.00
32	-4	-4	-4	-4	-4	+4	4.00
33	+4	-4	+4	-4	+1	+4	3.50
34	-4	-4	-4	-4	0	-3	3.17
35	-3	-3	-4	-4	0	0	2.33
36	-4	-4	-4	-4	-4	+4	4.00
37	-4	+4	-4	+4	-4	+3	3.83
38	-3	-4	-4	-4	0	-1	2.67
39	-2	-4	-4	-4	0	-1	2.50
40	-4	-4	-4	-4	-3	-3	3.67
41	-4	-4	-4	-4	-1	-1	3.00
42	-4	-4	-4	-4	-3	-4	3.83
43	0	0	+3	+3	0	0	1.00
44	+4	+4	+4	+4	+1	+3	3.33
45	+4	+4	+4	+4	+3	0	3.17
46	0	0	+4	+4	0	0	1.33
47	0	0	-1	-1	0	0	0.33

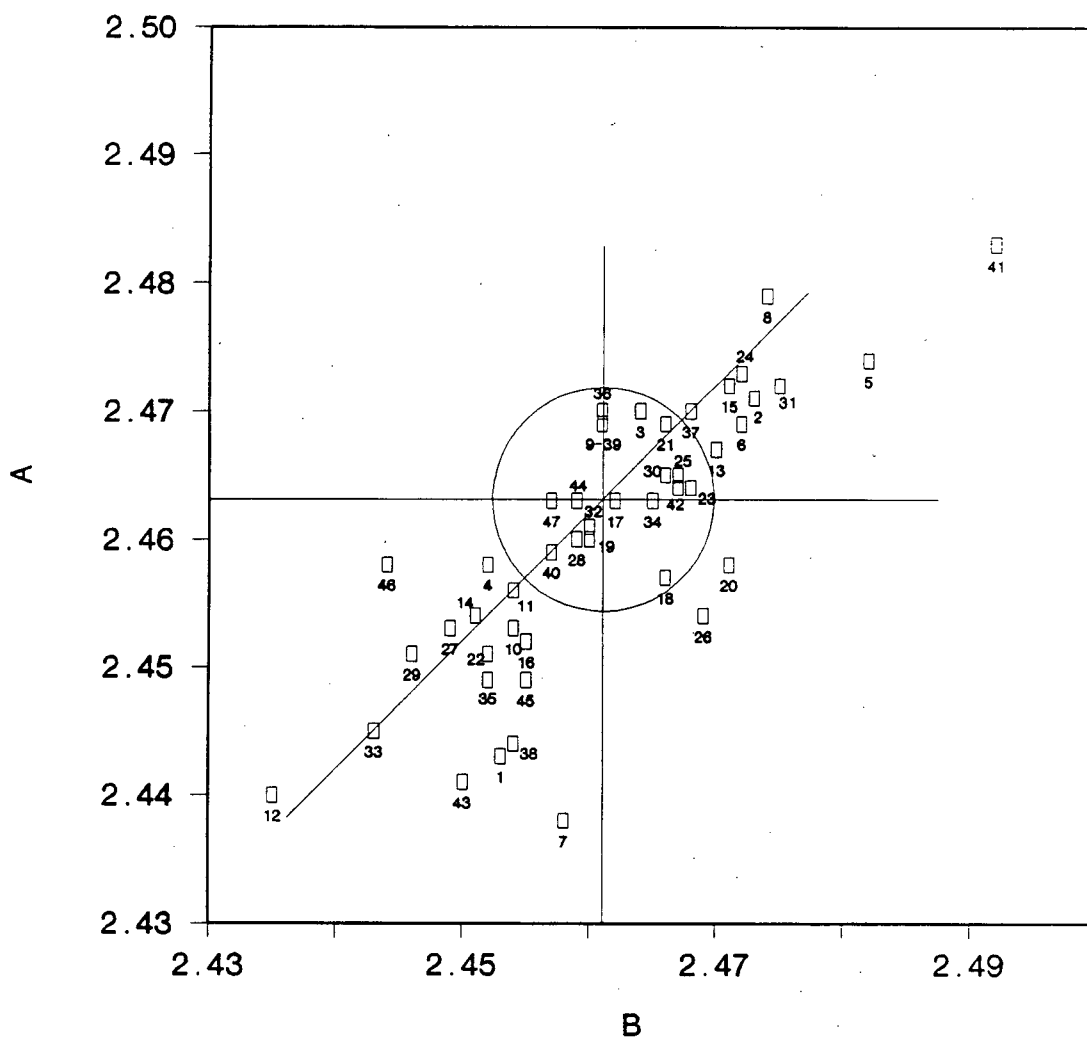
% BITUME

LABORATOIRE NO	MOYENNE		B.N.Q.		GRAPHIQUE		NOTE GLOBALE
	A	B	A	B	A	B	
1	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
2	+4	-4	+4	-4	+3	-3	3.67
3	+4	+3	+4	+4	+4	+1	3.33
4	+4	+3	+4	+4	-4	+1	3.33
5	-3	-2	-4	-4	0	0	2.17
6	+3	+4	+4	+4	+2	+4	3.50
7	+4	+4	+4	+4	+4	+4	4.00
8	-4	-4	-4	-4	-3	-3	3.67
9	+4	+4	+4	+4	+4	+4	4.00
10	-4	-4	-4	-4	-2	-2	3.33
11	+3	+4	+4	+4	+1	+4	3.33
12	-4	-4	-4	-4	0	-2	3.00
13	+4	+4	+4	+4	+4	+2	3.67
14	+4	+2	+4	+4	+3	0	2.83
15	+3	+4	+4	+4	+1	+3	3.17
16	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
17	+4	+4	+4	+4	-4	-4	4.00
18	-4	-3	-4	-4	0	0	2.50
19	0	0	-3	-3	0	0	1.00
20	+4	+4	+4	+4	+4	+2	3.67
21	0	-3	-3	-4	0	0	1.67
22	+4	+3	+4	+4	+4	+2	3.50
23	-4	+4	-4	+4	0	+4	3.33
24	-4	-4	-4	-4	-1	-3	3.33
25	+4	+4	+4	+4	+4	+4	4.00
26	-2	-4	-4	-4	0	-3	2.83
27	+4	+4	+4	+4	+4	+4	4.00
28	-3	-1	-4	-4	0	0	2.00
29	+3	+3	+4	+4	+1	+1	2.67
30	-4	+4	-4	+4	-3	+4	3.83
31	+4	+4	+4	+4	+4	+3	3.83
32	+4	-4	+4	-4	+4	-4	4.00
33	-4	+3	-4	+4	-4	+1	3.33
34	-3	-4	-4	-4	0	-1	2.67
35	-4	-4	-4	-4	-2	-2	3.33
36	+4	-4	+4	-4	+3	-4	3.83
37	-2	-3	-4	-4	0	0	2.17
38	+4	-4	+4	-4	-4	-3	3.83
39	+4	-4	+4	-4	-4	-4	4.00
40	-4	-4	-4	-4	-4	-3	3.83
41	-4	-4	-4	-4	-2	-2	3.33
42	-3	-4	-4	-4	0	-3	3.00
43	+4	+4	+4	+4	-4	+3	3.83
44	+3	+4	+4	+4	+1	+4	3.33
45	+2	+2	+4	+4	0	0	2.00
46	+4	-4	+4	-4	-4	-2	3.67
47	+4	+4	+4	+4	+4	+4	4.00

	D B	D M	S KN	d mm	B %
MOYENNE DES DIFFERENCES	0.0040	0.0035	1.0543	0.1376	0.0848
RAYON S	0.0035	0.0031	0.9341	0.1220	0.0751
RAYON F	0.0089	0.0078	2.3352	0.3049	0.1877

DENSITE BRUTE

MB-91-01



DENSITE MAXIMALE
 MB-91-01

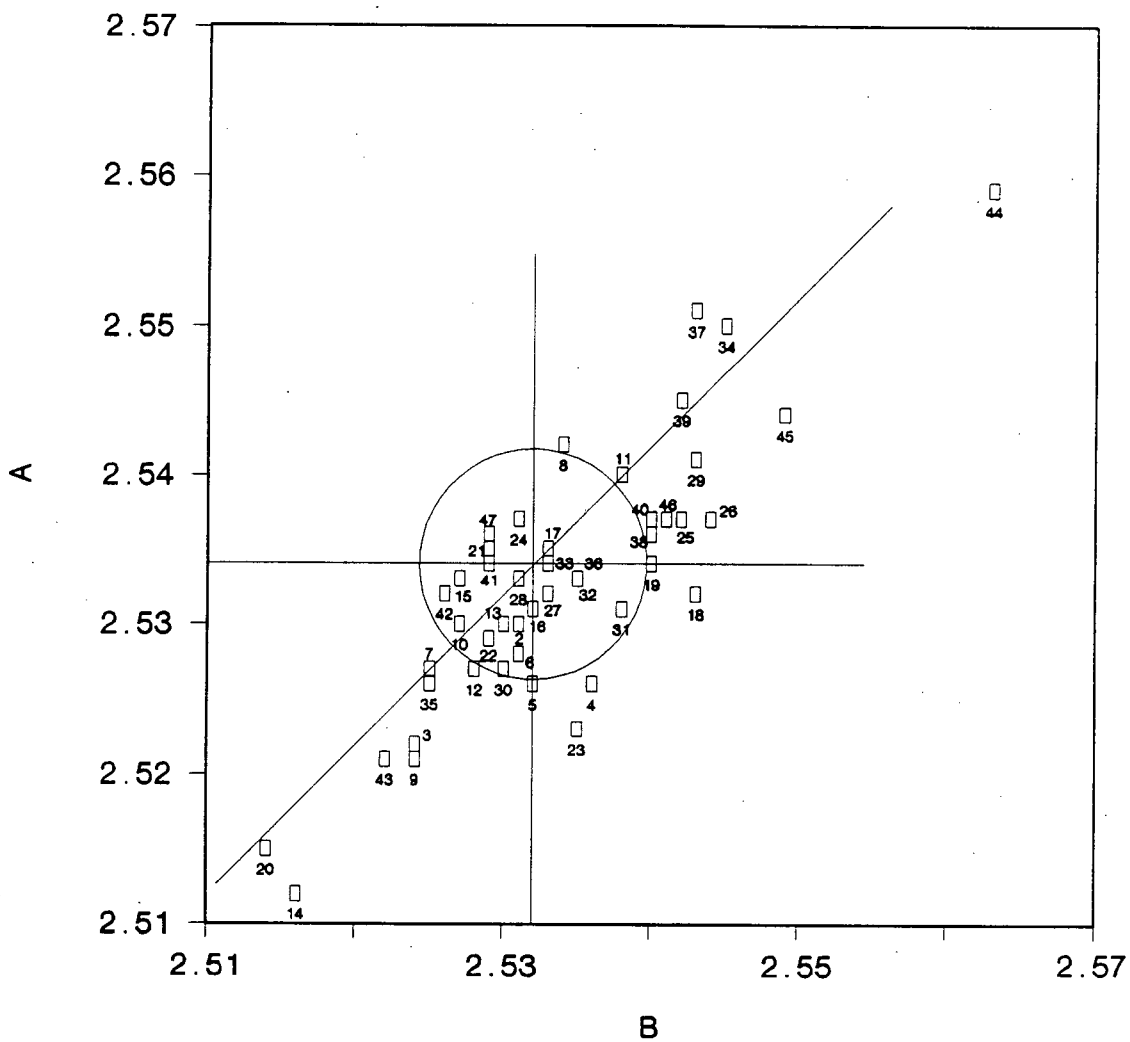


FIG 2

STABILITE
 MB-91-01

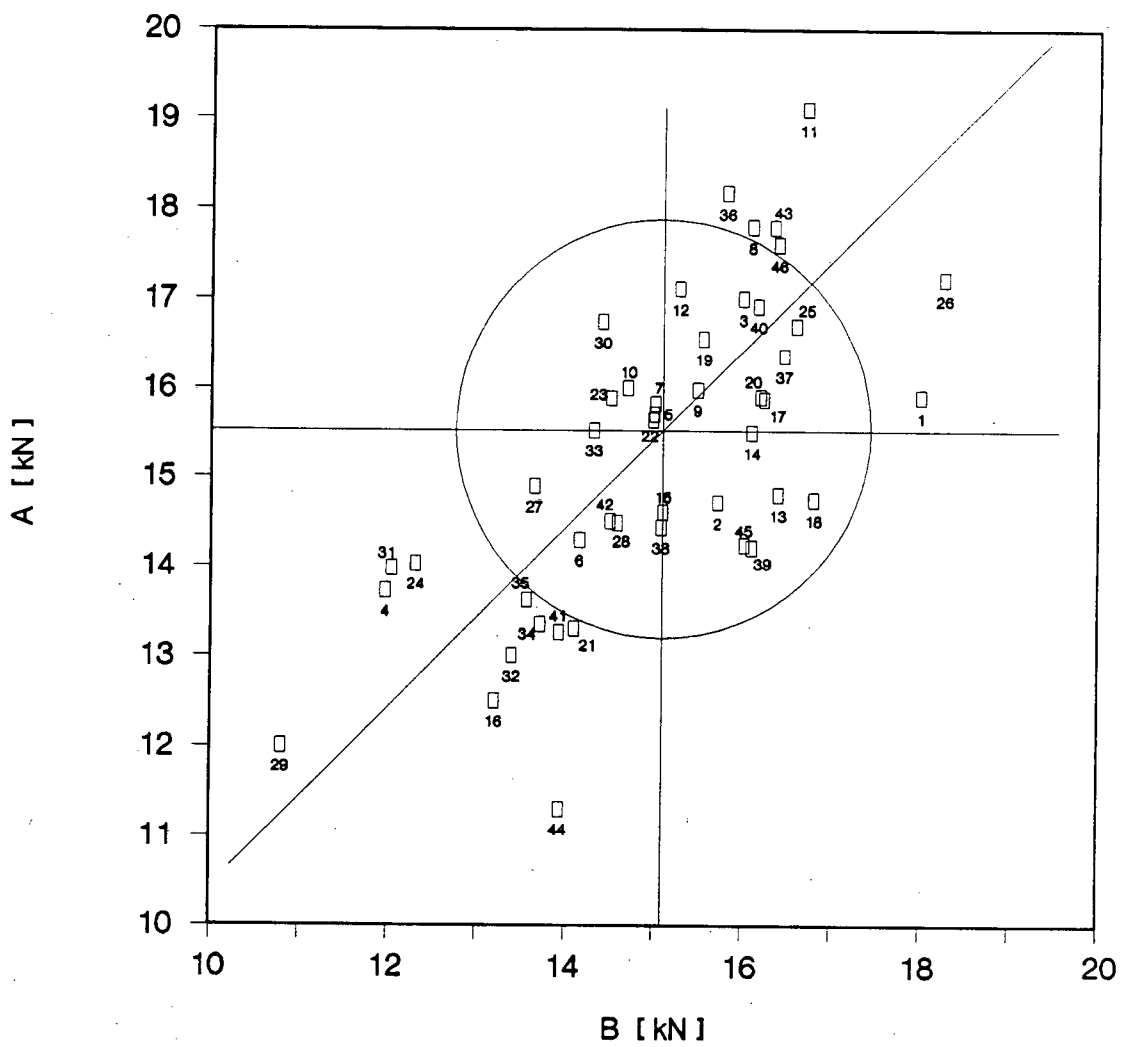


FIG 3

DEFORMATION
 MB-91-01

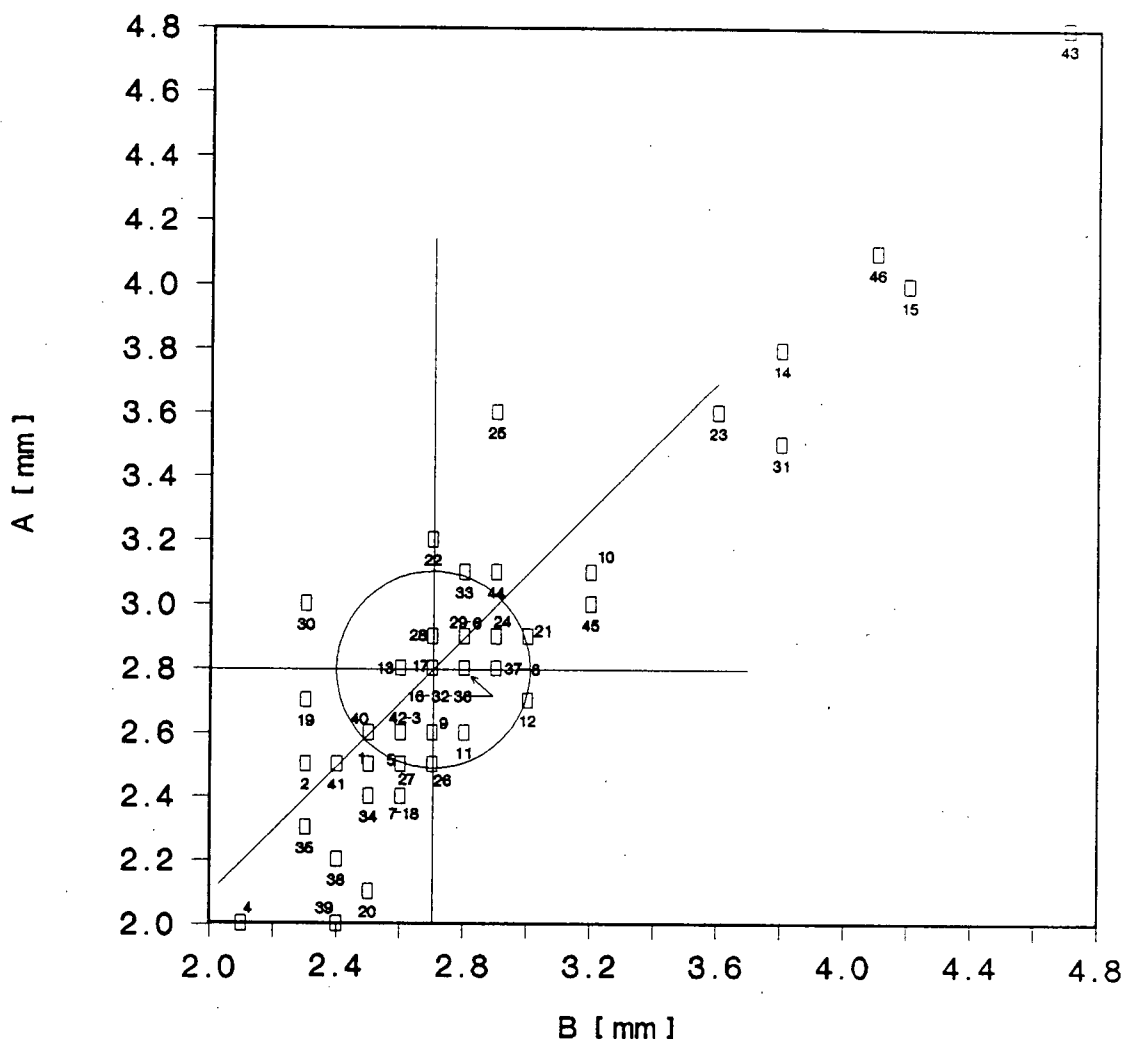


FIG 4

% BITUME
MB-91-01

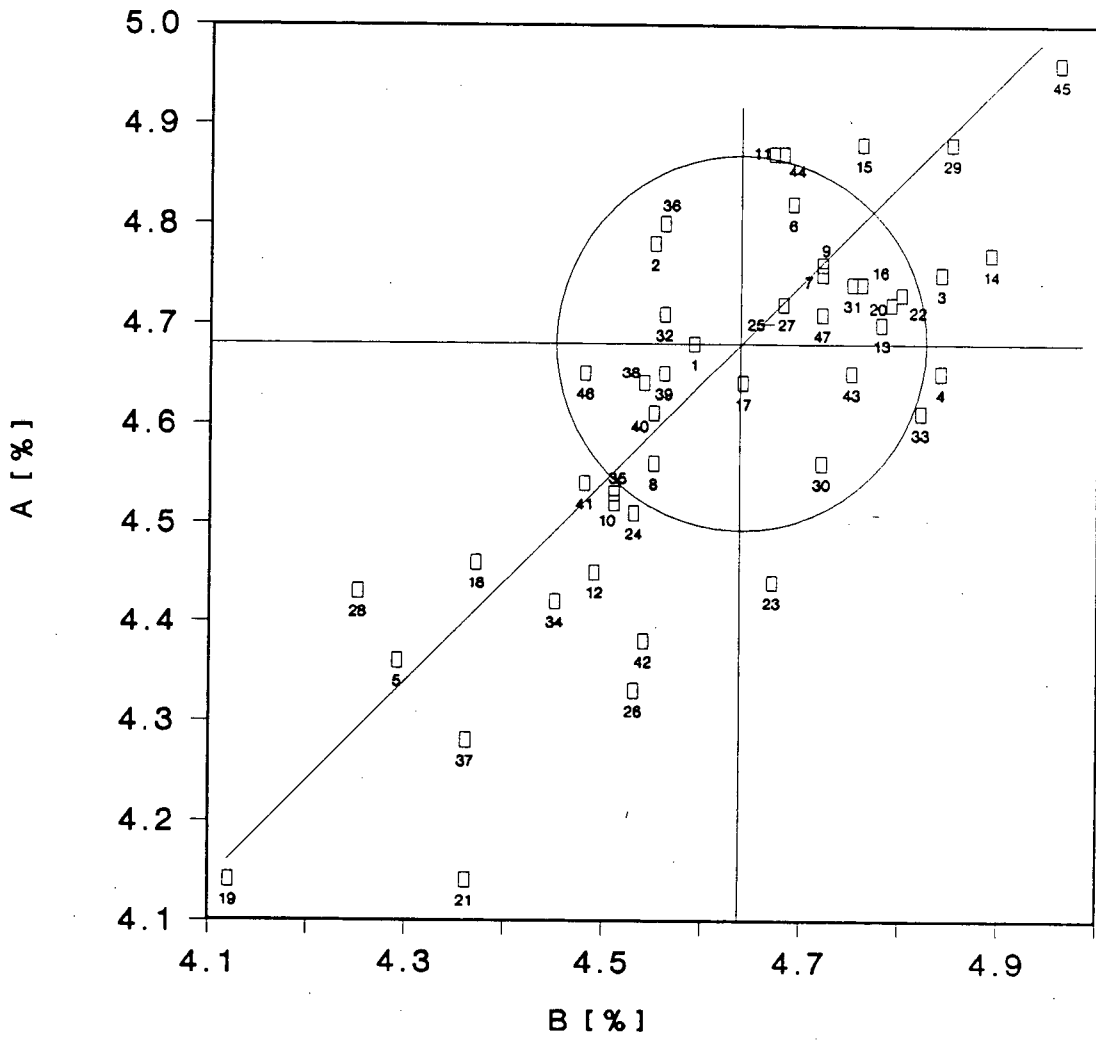


FIG 5

ANALYSE DE LA RÉPÉTABILITÉ (r)

Tous les laboratoires

Essais					
Numéro du programme	D.Brute	D.Maxim.	Sta. (kN)	Déf. (mm)	Bit. (%)
MB-90-01	0.022	0.019	3.10	0.5	0.47
MB-91-01	0.013	0.010	2.62	0.5	0.24
% Amélioration	41	47	15	0	49

Avec éliminations

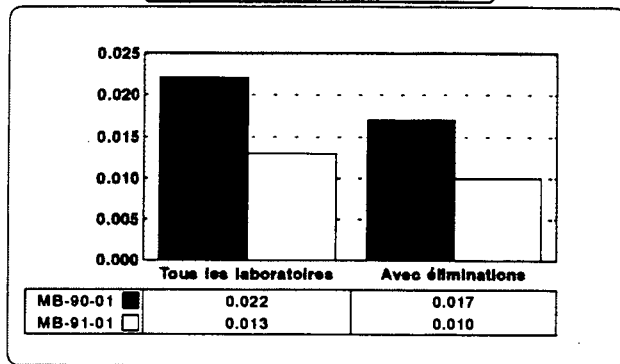
Essais					
Numéro du programme	D.Brute	D.Maxim.	Sta. (kN)	Déf. (mm)	Bit. (%)
MB-90-01	0.017	0.013	2.53	0.4	0.28
MB-91-01	0.010	0.008	2.53	0.4	0.21
% Amélioration	41	38	0	0	25

LÉGENDE

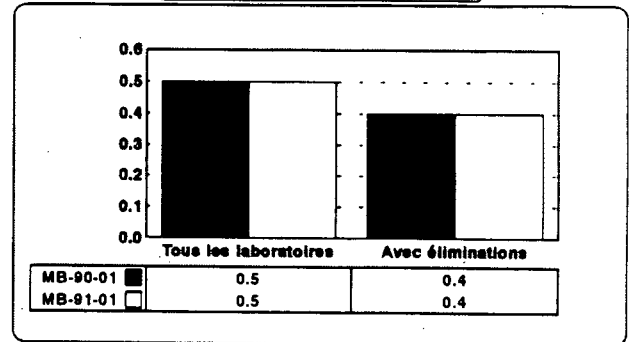
D.Brute = Densité brute
 D.Maxim. = Densité maximale
 Sta. = Stabilité Marshall
 Déf. = Déformation
 Bit. = Teneur en bitume

ANALYSE DE LA REPETABILITE (r)

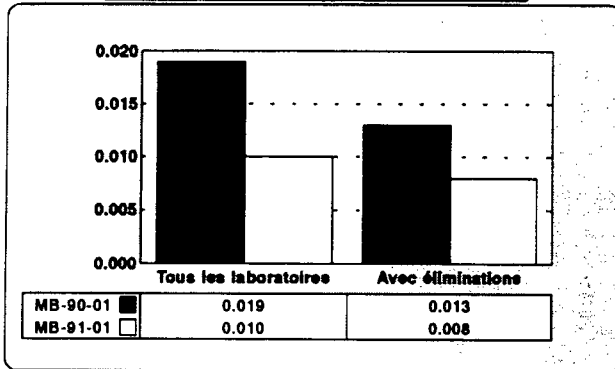
DENSITE BRUTE



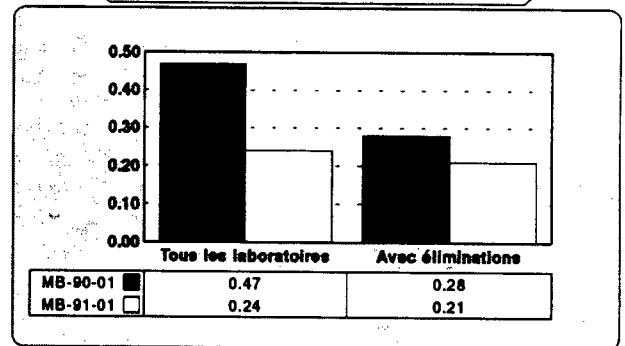
DEFORMATION (mm)



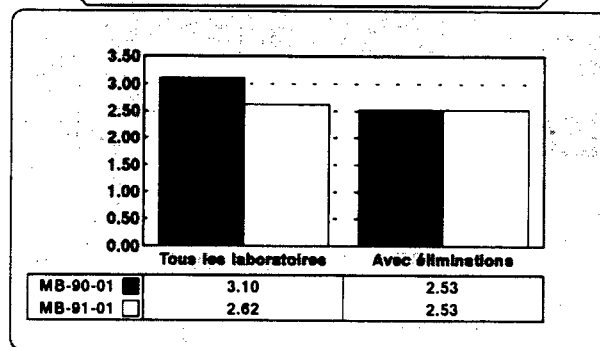
DENSITE MAXIMALE



TENEUR EN BITUME (%)



STABILITE MARSHALL (kN)



ANALYSE DE LA REPRODUCTIBILITÉ (R)

Tous les laboratoires

Essais					
Numéro du programme	D.Brute	D.Maxim.	Sta. (kN)	Déf. (mm)	Bit. (%)
MB-90-01	0.030	0.024	6.17	1.1	0.53
MB-91-01	0.030	0.022	4.60	1.3	0.52
% Amélioration	0	8	25	-18	2

Avec éliminations

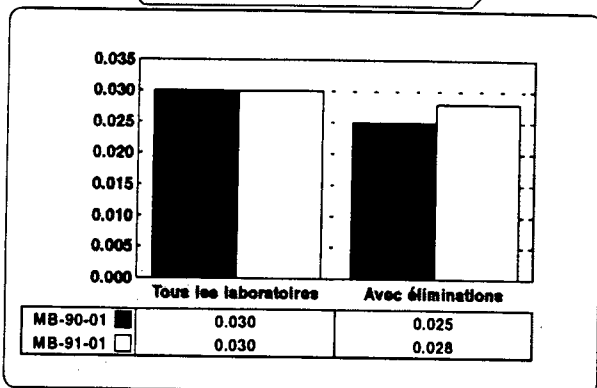
Essais					
Numéro du programme	D.Brute	D.Maxim.	Sta. (kN)	Déf. (mm)	Bit. (%)
MB-90-01	0.025	0.019	6.10	0.9	0.43
MB-91-01	0.028	0.019	4.49	1.3	0.46
% Amélioration	-12	0	26	-44	-7

LÉGENDE

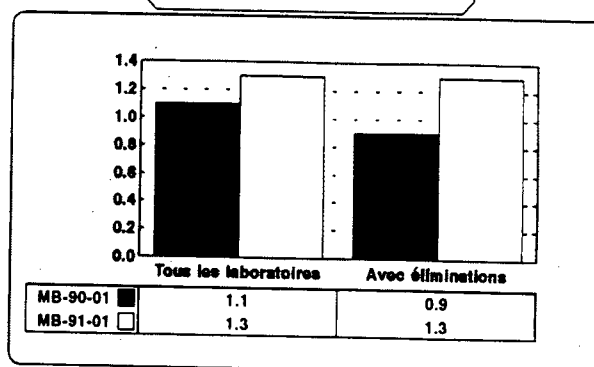
D.Brute = Densité brute
 D.Maxim. = Densité maximale
 Sta. = Stabilité Marshall
 Déf. = Déformation
 Bit. = Teneur en bitume

ANALYSE DE LA REPRODUCTIBILITE (R)

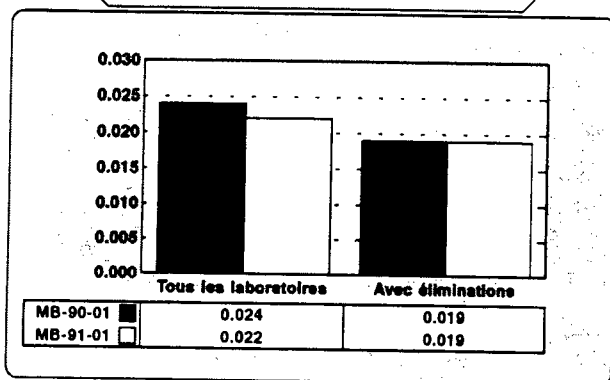
DENSITE BRUTE



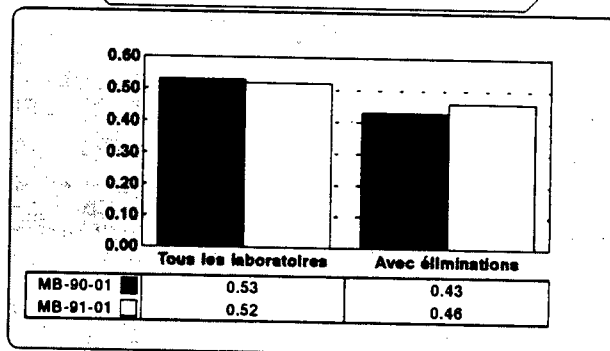
DEFORMATION (mm)



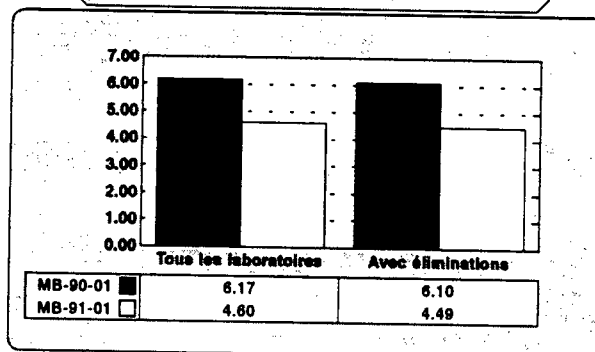
DENSITE MAXIMALE



TENEUR EN BITUME (%)



STABILITE MARSHALL (kN)



C O M P I L A T I O N D E S G R A N U L O M É T R I E S

% P A S S A N T

LAB	T A M I S (mm)																					
	20		16		12.5		10		5		2.5		1.25		0.63		0.315		0.16		0.08	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
1	99	100	93	90	86	84	81	79	59	58	49	48	40	39	33	32	20	20	8	8	4.7	4.9
2	98	99	96	92	88	84	84	78	59	56	48	45	40	38	33	32	20	19	9	8	5.2	4.8
3	100	100	92	95	87	90	82	85	60	62	48	49	40	41	33	33	20	20	9	9	5.1	5.2
4	97	100	93	95	90	90	86	85	55	62	46	50	38	41	31	33	19	24	9	9	5.0	5.0
5	99	96	92	92	83	84	76	77	54	54	45	44	37	37	30	30	19	18	9	8	4.8	4.7
6	100	100	95	90	86	84	82	80	59	57	48	45	40	38	33	31	20	19	9	9	5.2	5.0
7	100	99	93	91	86	85	81	80	60	60	48	48	40	40	33	32	20	20	8	8	5.1	4.8
8	98	99	94	92	86	84	79	80	57	57	45	45	38	38	32	31	19	19	8	9	5.0	5.1
9	100	100	92	91	87	86	82	81	59	59	48	48	40	40	32	32	20	19	8	8	4.8	4.5
10	98	98	92	94	85	86	80	81	58	58	46	46	38	38	32	32	19	19	8	8	4.6	4.6
11	98	99	94	96	85	90	78	81	56	60	45	48	38	40	31	33	20	21	8	9	4.5	5.1
12	100	100	95	92	86	85	78	78	56	57	47	46	38	38	32	32	20	20	9	9	4.9	5.1
13	100	98	94	93	84	86	81	83	59	61	48	49	40	41	33	34	20	21	9	9	5.1	5.3
14	98	98	96	96	90	88	84	80	61	60	50	50	42	42	34	34	21	21	9	9	4.7	5.6
15	100	100	96	95	90	89	86	84	63	61	52	50	45	43	31	32	19	19	8	9	4.6	4.9

LAB	T A M I S (mm)																					
	20		16		12.5		10		5		2.5		1.25		0.63		0.315		0.16		0.08	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
16	99	100	97	96	88	90	84	83	59	61	48	49	40	42	33	33	21	21	9	9	5.2	5.3
17	100	100	93	95	86	85	79	78	57	56	46	45	38	38	31	31	19	19	8	8	5.1	4.9
18	98	100	86	90	83	81	78	75	55	53	45	43	37	37	31	30	18	18	8	8	5.0	4.9
19	99	98	90	91	80	78	74	75	49	51	40	41	34	35	28	29	19	19	8	8	5.0	4.9
20	99	100	92	96	84	88	80	83	58	59	46	47	39	40	32	32	19	19	8	9	4.8	5.0
21	100	100	92	98	84	93	79	88	57	61	47	49	39	41	32	33	20	21	9	10	6.0	6.0
22	98	100	92	97	85	92	80	84	59	60	48	49	40	40	33	33	19	20	9	9	5.0	4.7
23	100	100	93	96	84	92	76	86	56	60	45	47	38	40	31	32	19	20	8	9	4.7	4.9
24	96	96	89	93	86	86	81	81	55	56	44	45	38	38	31	31	19	19	8	8	5.1	5.2
25	100	99	94	94	88	87	82	80	57	58	46	47	39	40	31	32	21	20	9	9	5.3	5.5
26	99	98	91	91	84	84	79	77	54	57	45	47	37	38	31	31	19	19	8	8	4.6	4.2
27	100	100	93	95	86	89	80	82	60	58	49	47	40	39	34	32	21	23	9	9	5.5	5.2
28	99	99	88	89	81	80	78	74	56	53	44	43	37	36	31	30	20	18	9	8	4.6	5.0
29	100	99	96	95	92	92	86	87	61	64	50	51	42	43	35	32	20	22	9	10	5.5	5.8
30	100	100	94	94	86	90	78	83	56	59	46	48	38	40	31	33	19	20	8	8	2.2	4.6

LAB	T A M I S (mm)																					
	20		16		12.5		10		5		2.5		1.25		0.63		0.315		0.16		0.08	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
31	100	100	90	92	83	84	81	80	57	57	45	46	38	39	31	32	19	20	9	9	4.9	5.2
32	100	98	95	91	91	84	85	79	60	57	48	46	40	39	33	32	19	19	8	8	5.0	4.8
33	100	99	96	96	87	89	81	85	59	63	48	51	40	42	32	34	19	21	9	9	4.8	5.3
34	98	100	93	93	83	86	78	78	54	55	44	44	37	37	30	31	18	19	8	8	4.3	4.5
35	98	97	87	89	84	81	79	77	57	56	45	44	38	37	31	30	19	19	8	8	4.6	4.6
36	99	99	96	94	91	86	85	81	62	58	50	47	41	40	34	32	21	20	9	9	5.5	5.3
37	100	100	93	92	81	86	76	80	55	55	44	44	37	37	30	30	18	18	8	8	4.8	5.0
38	100	100	94	95	97	89	80	83	58	57	49	47	40	41	33	33	20	20	9	9	5.0	5.3
39	100	100	94	92	83	85	78	78	57	56	46	45	39	38	31	32	19	19	9	9	5.0	5.1
40	99	99	93	93	86	85	80	78	58	56	47	46	39	38	32	32	20	20	8	8	5.0	4.9
41	100	98	90	93	85	86	81	78	58	55	46	44	39	37	32	31	19	18	9	8	4.8	4.3
42	97	100	89	94	82	84	76	80	53	57	44	45	37	38	30	31	18	19	8	9	4.6	4.9
43	100	99	94	93	88	87	82	82	58	59	46	48	39	40	32	33	20	20	9	9	5.0	5.1
44	100	100	94	99	89	92	81	86	58	61	48	49	39	41	33	34	20	21	9	9	5.1	5.2
45	99	99	95	99	91	91	85	85	63	60	50	48	41	41	34	33	20	19	8	8	4.9	4.9

LAB	T A M I S (mm)																					
	20		16		12.5		10		5		2.5		1.25		0.63		0.315		0.16		0.08	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
46	100	100	96	96	87	89	79	81	58	59	47	48	39	40	31	33	20	19	10	9	5.7	5.2
47	99	100	94	97	85	89	80	83	58	58	47	47	39	39	32	32	20	20	8	9	4.4	5.0

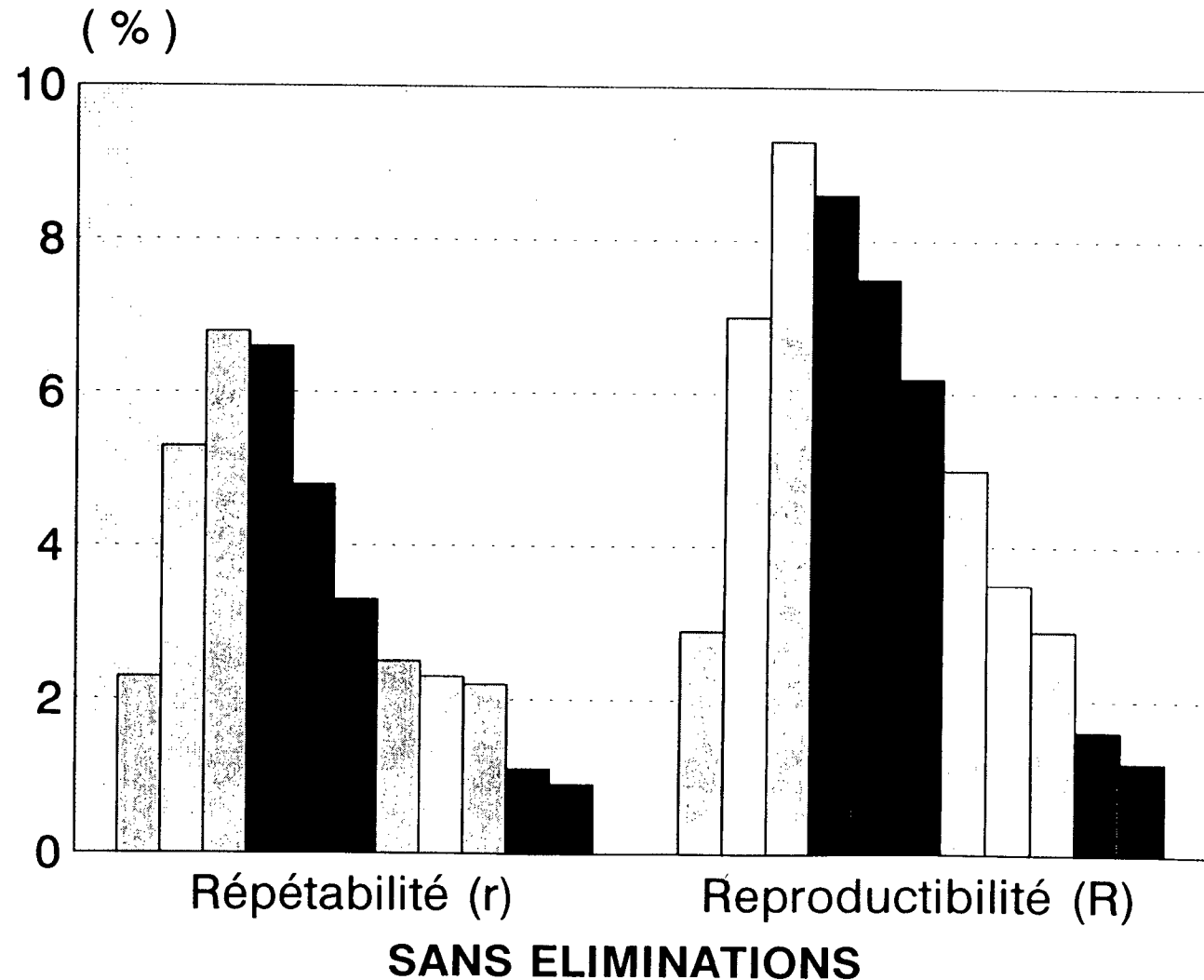
CALCULS STATISTIQUES
GRANULOMÉTRIES

TAMIS (mm)	% PASSANT MOY. GLOBALE	ÉCART TYPE GLOBAL (%)	COEFFICIENTS DE VARIATION	RÉPÉTABILITÉ (r) (%)	REPRODUCTIBILITÉ (R) (%)
20	99.2	0.62	0.0063	2.3	2.9
16	93.3	1.65	0.0177	5.3	7.0
12.5	86.4	2.27	0.0263	6.8	9.3
10	80.7	1.97	0.0244	6.6	8.6
5	57.8	2.06	0.0356	4.8	7.5
2.5	46.7	1.87	0.0400	3.3	6.2
1.25	39.1	1.56	0.0399	2.5	5.0
0.630	31.9	0.96	0.0301	2.3	3.5
0.315	19.6	0.68	0.0347	2.2	2.9
0.160	8.6	0.41	0.0477	1.1	1.6
0.080	4.95	0.30	0.0606	0.9	1.2

GRANULOMETRIES

REPETABILITE ET REPRODUCTIBILITE

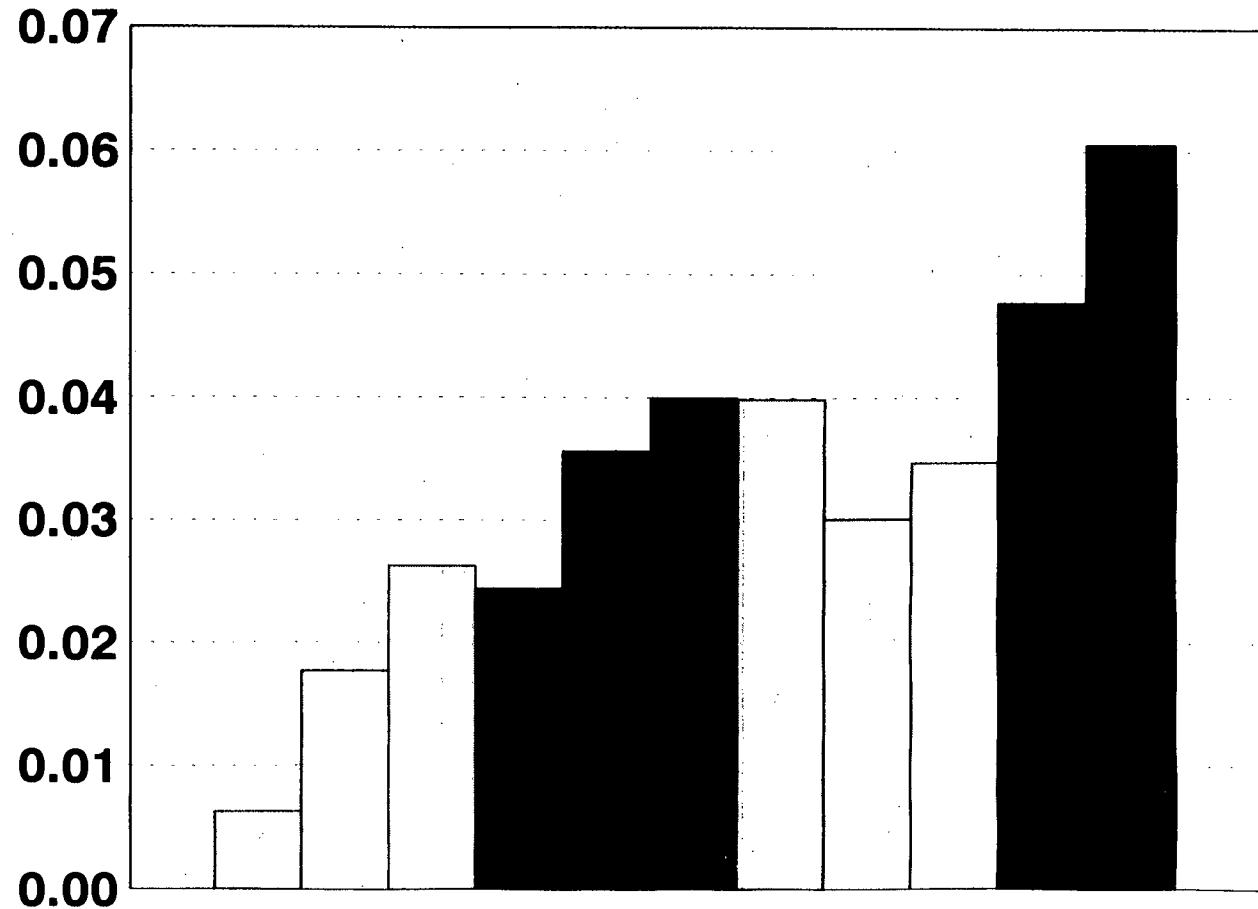
- Tamis 20
- Tamis 16
- ▨ Tamis 12.5
- Tamis 10
- Tamis 5
- Tamis 2.5
- ▨ Tamis 1.25
- Tamis 0.630
- ▨ Tamis 0.315
- Tamis 0.160
- Tamis 0.080



GRANULOMETRIES

COEFFICIENTS DE VARIATION

- Tamis 20
- Tamis 16
- Tamis 12.5
- Tamis 10
- Tamis 5
- Tamis 2.5
- Tamis 1.25
- Tamis 0.630
- Tamis 0.315
- Tamis 0.160
- Tamis 0.080



Coeff. de variation
SANS ELIMINATIONS

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 194 711