

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24^e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

COMPARAISON ENTRE DEUX ESSAIS
DE RESISTANCE AU GEL ET DEGEL
DE GRANULATS

CANQ
TR
GE
RC
104

470127

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE-VILLE, 24^e ÉTAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUÉBEC, QUÉBEC, G1R 5H1

COMPARAISON ENTRE DEUX ESSAIS
DE RESISTANCE AU GEL ET DEGEL
DE GRANULATS



Guy Dallaire, ing.
Ministère des Transports
Laboratoire Central
Division Granulats
2700, Einstein
Ste-Foy, Qué.
G1P 3W8

Sainte-Foy, le 19 janvier 1982

CANQ
TR
GE
RC
1104
Dépot

TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
1- INTRODUCTION	1
2- DESCRIPTION DES ESSAIS	2
3- ESSAIS ET ANALYSE DES RESULTATS DES ESSAIS AU GEL	2
4- RELATION AVEC L'ABSORPTION	
4.1 Granulats de faible à moyenne teneur en absorption	6
4.2 Granulats à teneur élevée en absorption	8
5- CONCLUSION	8

1- INTRODUCTION

Un essai est un moyen de mesurer, de façon quantitative ou qualitative, une caractéristique d'un matériau dans des conditions très spécifiques. Le résultat informe du comportement relatif à une sollicitation.

Parmi les nombreuses sollicitations que subit un granulat au niveau d'une fondation de route (incluant la saison d'automne de mise en oeuvre), il y a l'action des effets du gel et du dégel et des intempéries qui combinés aux impacts du trafic et l'équipement de chantier peuvent conduire à une fragmentation du granulat. Il existe, en autres, deux essais conçus pour simuler de façon accélérée ces phénomènes. Le Laboratoire Central des Ponts & Chaussées de France utilise un essai de sensibilité au gel laquelle est mesurée au moyen de l'appareil Los Angeles. En Amérique l'essai de durabilité au moyen d'une solution de sulfate de magnésium (ASTM C-88) constitue une pratique courante. Les résultats de cette étude montrent une corrélation valable entre ces deux essais pour une certaine catégorie de granulats compris dans les intervalles 9.5 - 12.5 mm et 12.5 - 19 mm.

2- DESCRIPTION DES ESSAIS

L'essai de durabilité au $MgSO_4$ est utilisé pour estimer la résis-

tance des granulats à l'action du gel et dégel, des intempéries et de la fatigue. Il consiste en cinq (5) cycles d'immersion des granulats dans une solution de sulfate de magnésium et de séchage dans une étuve. Le sulfate absorbé cristallise et l'augmentation de volume crée des forces internes dans les granulats produisant ainsi une désagrégation. Le calcul en pourcentage des pertes des granulats représente la résistance d'un granulat. Cet essai se veut une représentation du phénomène du gel de l'eau absorbée.

L'essai de gel LCPC nous informe de la résistance aux chocs d'agrégats après avoir subi des cycles de gel et dégel. Il consiste à saturer d'eau des granulats qui après vingt-cinq (25) cycles de gel et dégel entre + 25°C et - 25°C sont soumis à l'essai Los Angeles. Le résultat à cet essai est déterminé à partir de la différence des Los Angeles de deux prises d'essais d'un même échantillon dont un a subi les cycles ci-haut mentionnés. N'étant pas doté de l'armoire à cycles programmés qui permet des remontées et descentes graduelles de température d'une durée de deux heures, les échantillons ont donc subi des variations brusques de température.

3. ESSAIS ET ANALYSE DES RESULTATS DES ESSAIS DE GEL

Le Laboratoire Central a prélevé 148 échantillons dans 58 carrières (annexe 2) de pierre concassé. Les granulats de ces sources sont d'origines ignées, sédimentaires et métamorphiques. L'annexe 3 décrit les principaux constituants identifiés.

Tous ces échantillons ont été soumis aux essais précités et à ceux d'absorption, de densité et de nombre pétrographique.

L'échelle des valeurs obtenues avec l'essai de sensibilité au gel varie de 0 à 22 comparativement de 0 à 66 pour l'essai au $MgSO_4$. Cette dernière étant plus étendue permet une meilleure évaluation pour des granulats de qualité douteuse. Le coefficient de corrélation obtenu entre ces deux essais pour l'ensemble des cinquante-six (56) carrières (liste en annexe) est de 0.80 (figure No 3). Parmi ces carrières, vingt-six (26) d'entre elles sont constituées de lits de calcaire et schiste (formations Chazy, Trenton, Black River...). Pour les agrégats de cette famille de roches, le coefficient de corrélation est de 0.81 (figure 4). Ces deux valeurs démontrent une corrélation cohérente entre les deux essais, même pour des granulats de natures différentes.

Qu'il y ait beaucoup ou peu de facteurs qui entraînent une variation dans ces deux essais, il est quand même important de noter que suite à une variation de température il y a une relation significative entre une chute de résistance aux chocs (sollicitations mécaniques externes) des granulats et un fractionnement résultant de la force de cristallisation du sulfate de magnésium dans les pores ou les fissures du granulat (sollicitations mécaniques internes).

Ce qui caractérise souvent les agrégats calcaires est l'hétérogénéité de l'ensemble des fragments et celle des fragments individuels. Un échantillon peut révéler des granulats de calcaire cristallin, de calcaire gréseux, de calcaire schisteux, de schiste argileux... alors que

chacun de ceux-ci peuvent renfermer des microlits de shale, des microfissures, des fossiles, des cristaux de calcite de différentes grosseurs etc... Il en résulte que l'essai le plus parfait peut être discrédité suite à une hétérogénéité d'un ensemble de fragments ou de celle des fragments individuels. La dispersion de résultats d'essais n'est donc pas nécessairement due à des différences de mode opératoire. Le potentiel d'utilisation d'un essai est beaucoup plus important que le rejet ou le discrédit de cet essai lequel peut montrer des imperfections relatifs à certains types d'agrégats particuliers. D'autre part, en fonction de la nature des agrégats, des spécifications et des usages, il est nécessaire d'évaluer le degré d'importance de la précision d'un essai. Un praticien peut avoir une bonne idée du potentiel d'un matériau tel que la diabase, par exemple, qui montre à l'essai Los Angeles un coefficient de 13 au lieu de 15 ou une perte à l'essai au $MgSO_4$ de 3 au lieu de 1.

Il est reconnu que, pour certains types d'agrégats calcaires, la solution de sulfate de magnésium engendre par une action chimique sur des constituants des pertes additionnelles (1) mais non quantifiées à date. L'identification par des techniques de coloration (2), de laminés riches en argile ou en boue, de constituants dolomitiques et argileux qui peuvent causer ces pertes additionnelles, est un élément très valable pour établir une possibilité de cette réaction chimique (et aussi l'hétérogénéité précitée). Dans le cas de doute relatif à des pertes moyennes à élevées (8 à 30 par exemple), l'essai de sensibilité au gel de même que l'essai au sulfate de sodium qui n'est pas considéré comme très réactif avec les agrégats calcaires fournira des explications additionnelles sur ces

agrégats douteux. La valeur de la perte à l'essai de sensibilité nous permettra, d'après la figure # 4, de situer davantage l'agrégat dans l'échelle de valeur de résistance au gel et dégel. *

4. RELATIONS AVEC L'ABSORPTION

D'après une étude effectuée en France (3), les granulats prélevés en hiver dans les assises de chaussées ont montré, pour la moitié des échantillons, une teneur en eau dépassant la saturation sous vide. Le fait que la saturation en eau des granulats est maintenue pendant toute la durée de l'essai français confère à celle-ci une tentative de simulation plus proche de la réalité du mécanisme de gel et dégel dans les chaussées que l'autre essai. La valeur de l'absorption de l'essai ASTM C-127 est un indice de rétention d'eau d'un granulat. Elle représente une teneur en eau inférieure à celle du granulat saturé durant l'essai de sensibilité au gel. Cette teneur minimale en eau est utile pour le rejet éventuel de granulats qui montrent des pertes élevées à différents essais (Deval, $MgSO_4$...). La mise en graphique des valeurs d'absorption de l'essai ASTM C-127 et les différences de valeurs initiales et finales à l'essai Los Angeles montre pour les agrégats de carrière

* Nous soulignons qu'une étude effectuée en 1976 par notre laboratoire montre que pour des pertes supérieures à 5% à l'essai au sulfate de sodium, il y a une corrélation de 0.81 avec les pertes au $MgSO_4$. Cette relation peut confirmer l'absence de réaction chimique.

de calcaire un coefficient de corrélation de 0.82 (figure 5B). Pour ces mêmes agrégats, le coefficient de corrélation est de .87 avec l'essai $MgSO_4$ (figure 6B). Pour l'ensemble des carrières, la relation avec ce dernier essai se définit par un coefficient de 0.82 (figure 6A), alors que pour l'essai de sensibilité au gel le coefficient de corrélation est de .77 (degré premier) (figure 5B).

4.1 Granulats de faible à moyenne teneur en absorption (ASTM C-127)

Les figures 5A, 5B, 6A et 6B nous confirment que les granulats de faible absorption, c'est-à-dire une zone dont la moyenne est de 0.75% et en acceptant le critère de reproductibilité de cet essai qui indique un écart de 0.25, montrent dans plus de 95% des cas une bonne résistance à la fragmentation suite à des cycles de gel et dégel ou à la cristallisation sulfatique.

Plus précisément pour les agrégats calcaires, en se basant sur les résultats des deux essais, les figures 5B et 6B montrent pour la zone précitée une catégorie d'agrégats qui a une capacité de pouvoir garder presque entièrement leur nature et leurs propriétés sous des actions internes ou externes.

Les granulats de faible avidité en eau (inférieurs à 1%) qui résistent aux sollicitations des deux essais ne doivent pas être identifiés automatiquement comme granulats à haute performance. Ces derniers doivent être aussi caractérisés par d'autres essais: Dorry, Deval, analyse pétrographique etc...

Pour des valeurs intermédiaires en absorption (de 1 à 1.5%) les résistances aux actions, exercées dans les deux essais, varient. Telles qu'indiquées dans les figures 5 et 6, les détériorations des granulats peuvent être petites ou moyennement élevées. Dans ce dernier cas, un maximum d'informations permettrait une meilleure appréciation de ces matériaux. La valeur Deval, par exemple, informe de la qualité de la résistance des granulats à l'attrition (production de particules fines par le frottement réciproque des granulats). Cette caractéristique n'est pas primordiale pour des usages comme: couche bitumineuse de base et de liaison, béton de masse, trottoir, revêtement à faible circulation etc... Cette catégorie de granulats pourrait être acceptée pour ces usages par contre pour les fondations la nature des fines produites peut avoir un effet sur les qualités mécaniques (gélivité, capacité de support, perméabilité) d'une chaussée. Selon la nature de ces fines, qui peut être caractérisée par l'essai au bleu de méthylène, différentes possibilités de traitements de ces matériaux devront être envisagées. Les mêmes remarques pourraient être soulignées avec l'essai de friabilité (4).

Des granulats de valeurs intermédiaires en absorption peuvent montrer des valeurs étendues à des essais de gélivité artificielles. Les valeurs peuvent être concluantes pour certains usages alors que pour d'autres, elles nécessitent d'être confirmées par d'autres essais pour évaluation du potentiel d'utilisation de ces granulats.

4.2 Granulats à teneur élevée en absorption

Pour des agrégats provenant des formations géologiques des Basses-

Terres du St-Laurent, les teneurs élevées en absorption sont souvent caractérisées par la présence d'éléments schisteux. (Dans le contexte de notre étude, les échantillons ayant plus de 18% de schiste argileux montrent une absorption supérieure à 2.7%). L'essai micro deval est un essai de sensibilité à l'eau et détecte la présence de matériaux tendres, schisteux, altérables etc... Les résultats élevés à cet essai (plus de 35) associés à des valeurs d'absorption supérieures à 1.5 vont par exemple identifier une catégorie de matériaux sensibles à la cristallisation sulfatique et à des fragmentations lors des cycles de congélation.

La figure 6B confirme par un coefficient de corrélation de 0.87 que lorsque l'absorption augmente, les pertes à l'essai $MgSO_4$ ont également la tendance à être élevées. L'essai $MgSO_4$ détecte bien des quantités moyennes à élevées de schiste argileux. Quant à l'autre essai, nous croyons pour certains schistes, la fragmentation résultante des 25 cycles de gel et dégel en phase saturée est aussi significative que la fragmentation par l'essai Los Angeles. Dans certains cas, il serait donc avantageux d'apprécier, par une granulométrie, la fragmentation attribuable uniquement aux cycles de gel et dégel. Cette opération est facile et favorisera le rejet de matériaux pour un ou des usages spécifiques.

5. CONCLUSION

Il y a une relation, pour des agrégats de carrières de calcaire, entre l'essai de sensibilité au gel et l'essai au $MgSO_4$.

Il n'y a pas pour les graviers de la Gaspésie de relations valables (figure 7).

Si on compare les relations des deux essais avec l'essai d'absorption ASTM-C-127, l'essai au $MgSO_4$ contribue par son coefficient de corrélation (0.87 contre 0.82) à une meilleure évaluation de la sensibilité au gel. De plus l'essai au sulfate fournit une échelle plus étendue de valeurs.

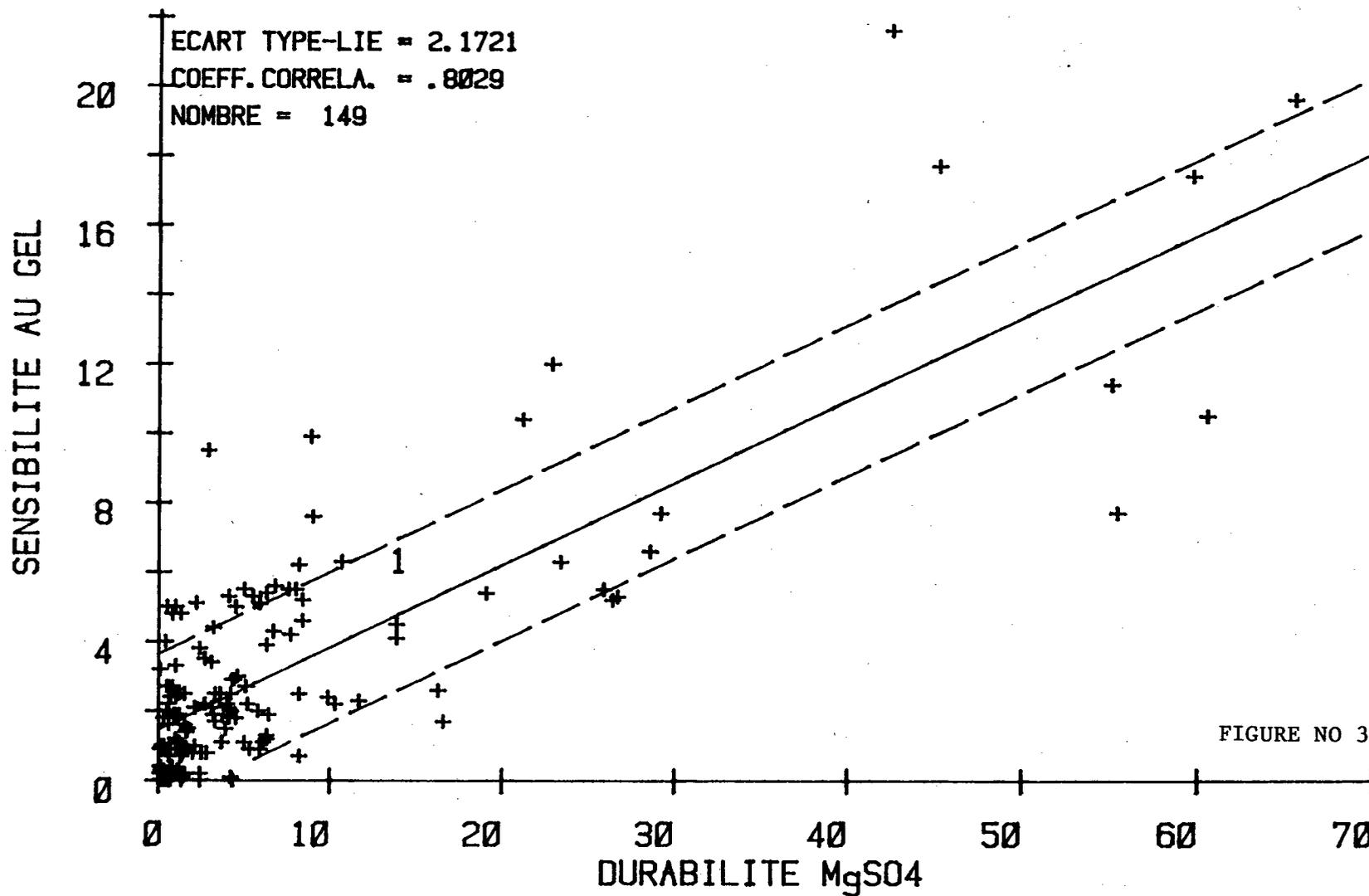
Il faut connaître, selon la nature d'un matériau et l'usage que l'on veut en faire, l'importance et le niveau de la fiabilité d'un essai. Dans plusieurs cas, il est possible de se prononcer pour l'acceptation (ou le refus) de matériaux soumis pour plusieurs usages. Par contre, dans le cas d'un matériau dont la dispersion pour un essai crée des problèmes d'évaluation pour un usage, des essais additionnels (Deval, friabilité...) peuvent être prévus.

REFERENCES

- (1) ASTM C-88-76 "Soundness of Aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate.
- (2) Techniques de coloration d'agrégats carbonatés - Robert Houde, géologue, Ministère des Transports, Juin 1981.
- (3) La gélivité des granulats routiers, C. Archimbaud et C. Tourenq, Bull. liaison Labo P. et Ch. No 51, 1971, Ref 983.
- (4) LCPC Mesure du coefficient de friabilité des sables, Projet de mode opératoire G-21.

PIERRE CONCASSEE

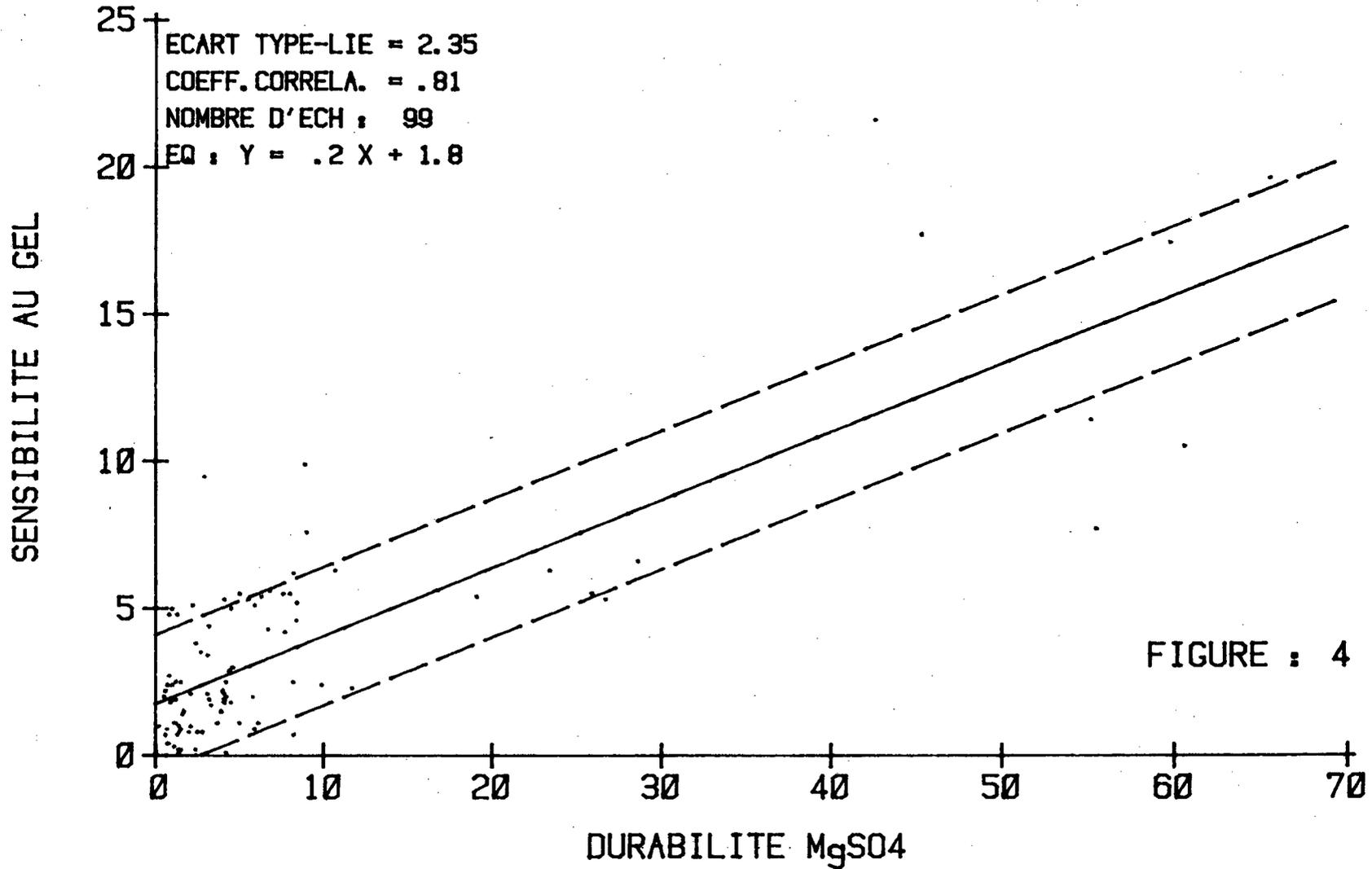
SENSIBILITE AU GEL VERSUS DURABILITE MgSO4
TOUTES LES CARRIERES



MINISTRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
PLACE HAUTE VILLE, 24e ETAGE
700 EST, BOUL. ST-CYRILLE
QUEBEC, QUEBEC, G1R 5H1

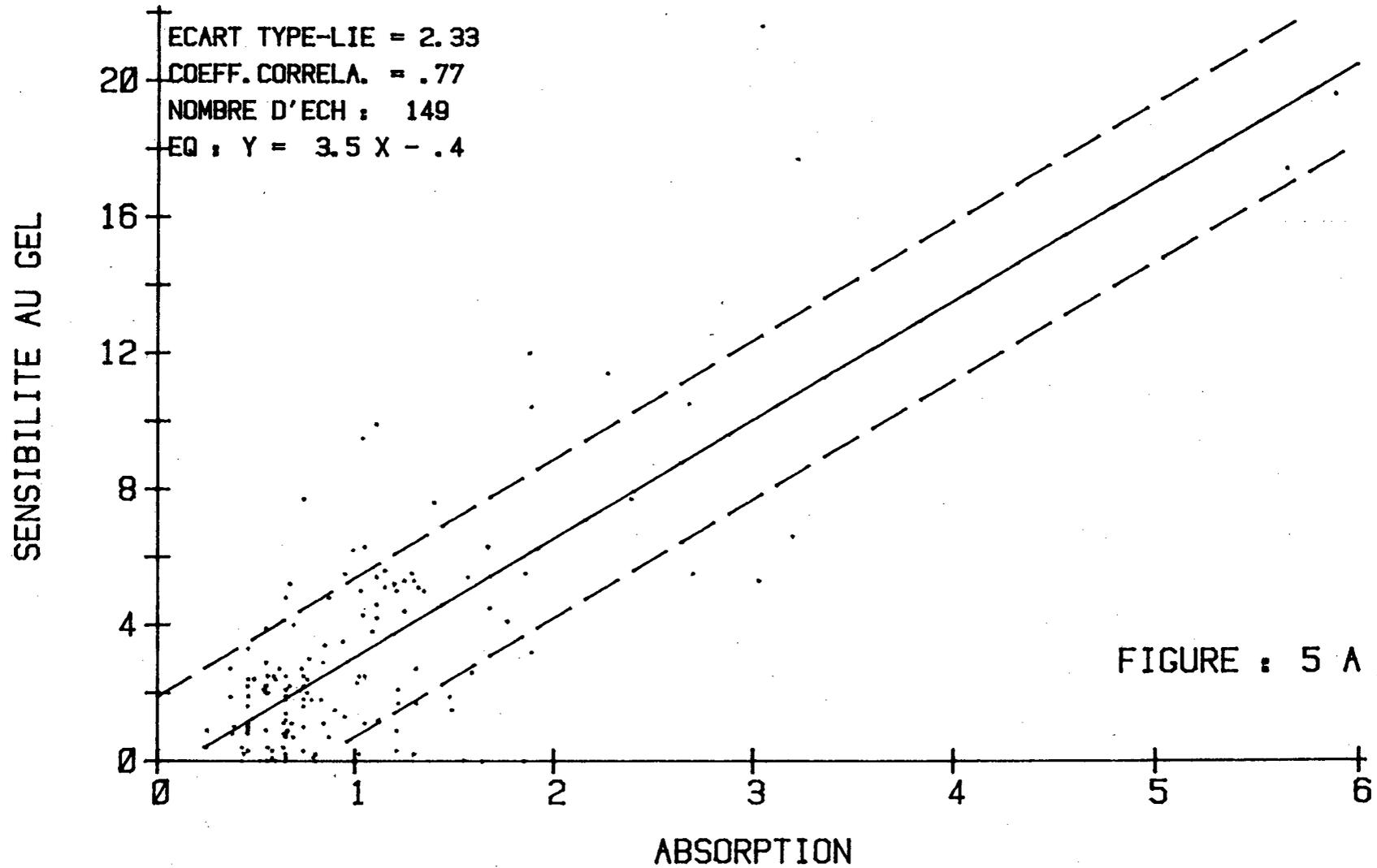
PIERRE CONCASSEE

SENSIBILITE AU GEL VERSUS DURABILITE MgSO4
CARRIERES DE CALCAIRE



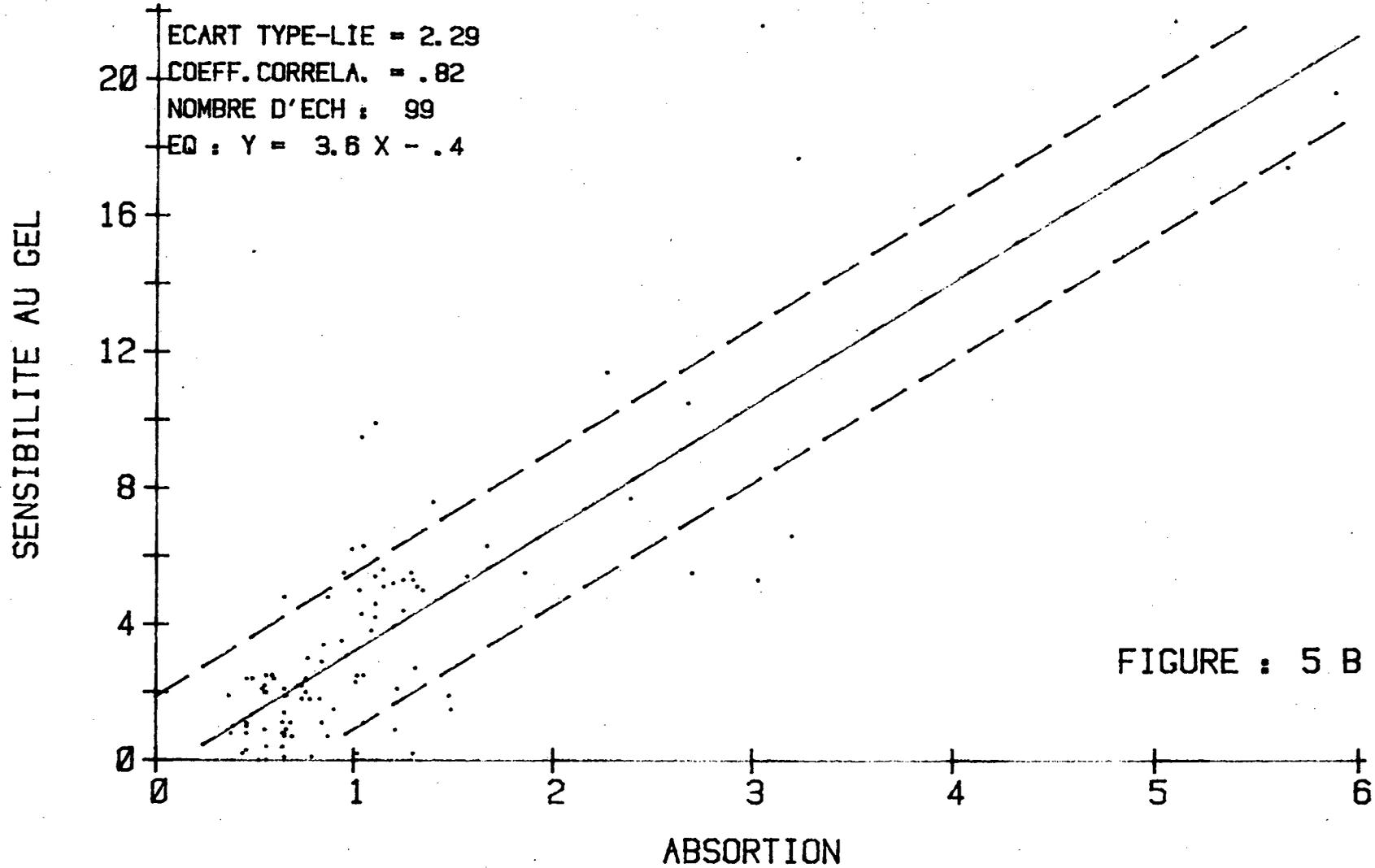
PIERRE CONCASSEE

SENSIBILITE AU GEL VERSUS ABSORPTION
POUR TOUTES LES CARRIERES



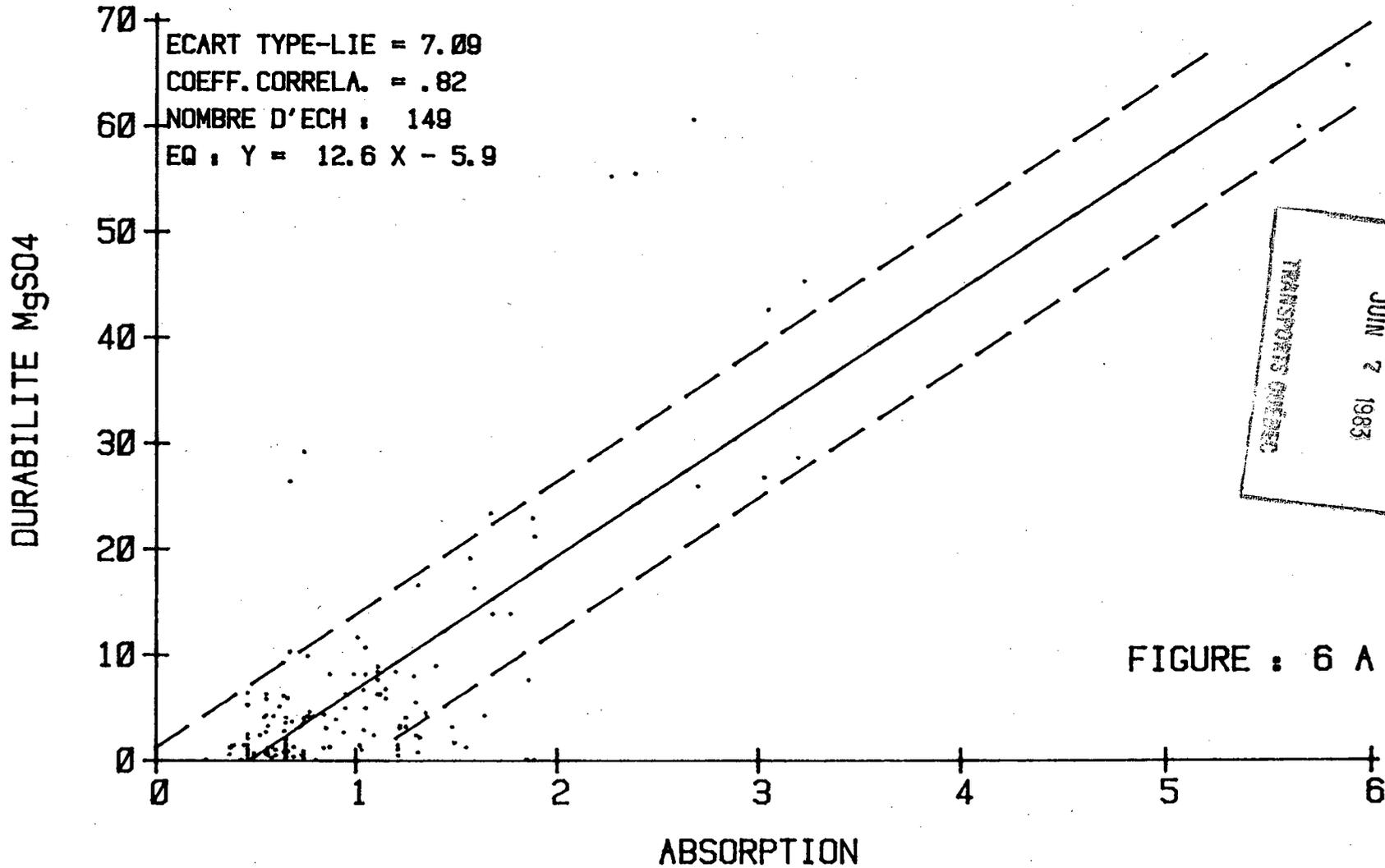
PIERRE CONCASSEE

SENSIBILITE VERSUS ABSORTION
SUR LES CARRIERES DE CALCAIRE



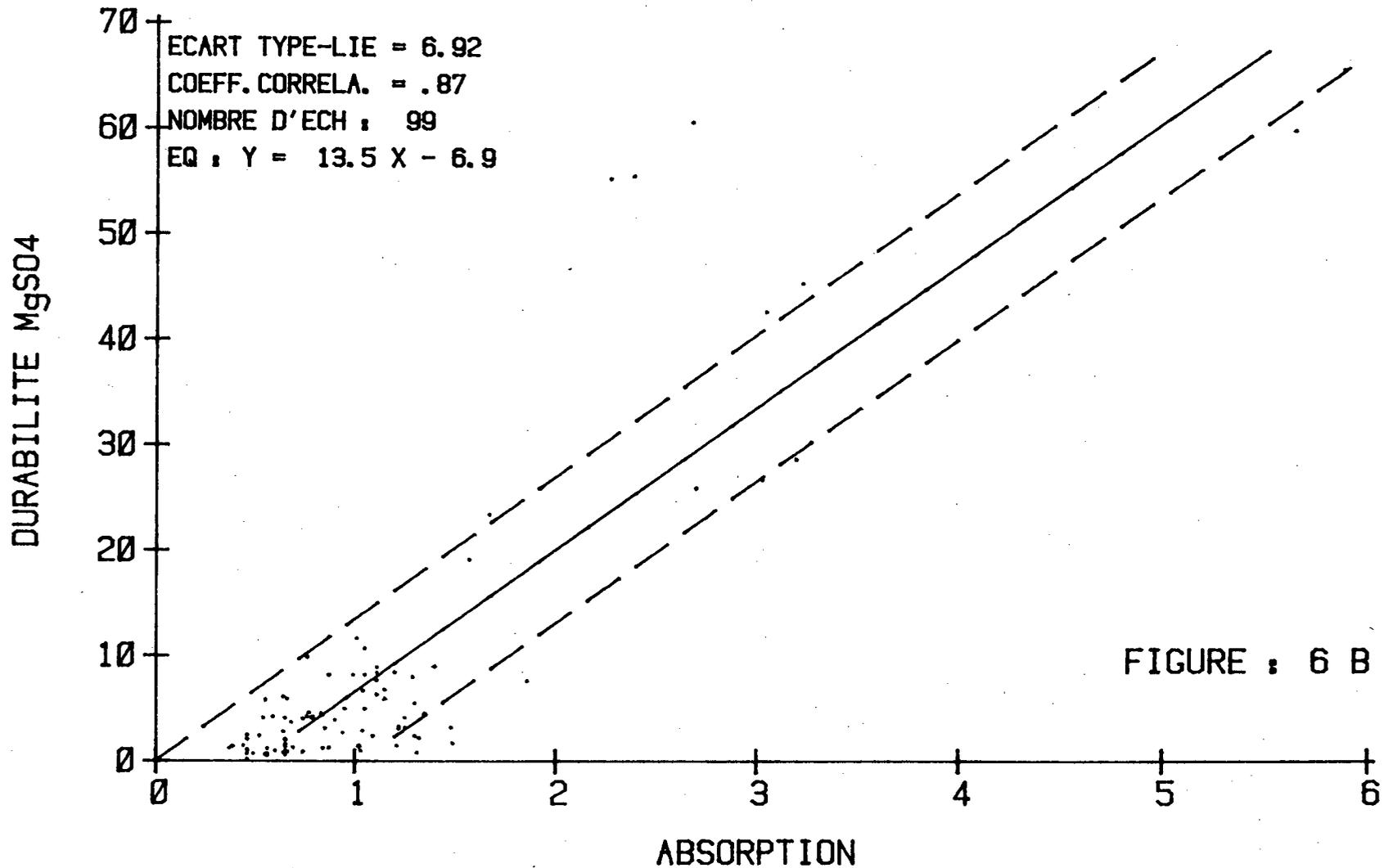
PIERRE CONCASSEE

ABSORPTION VERSUS DURABILITE MgSO4
TOUTES LES CARRIERES



PIERRE CONCASSEE

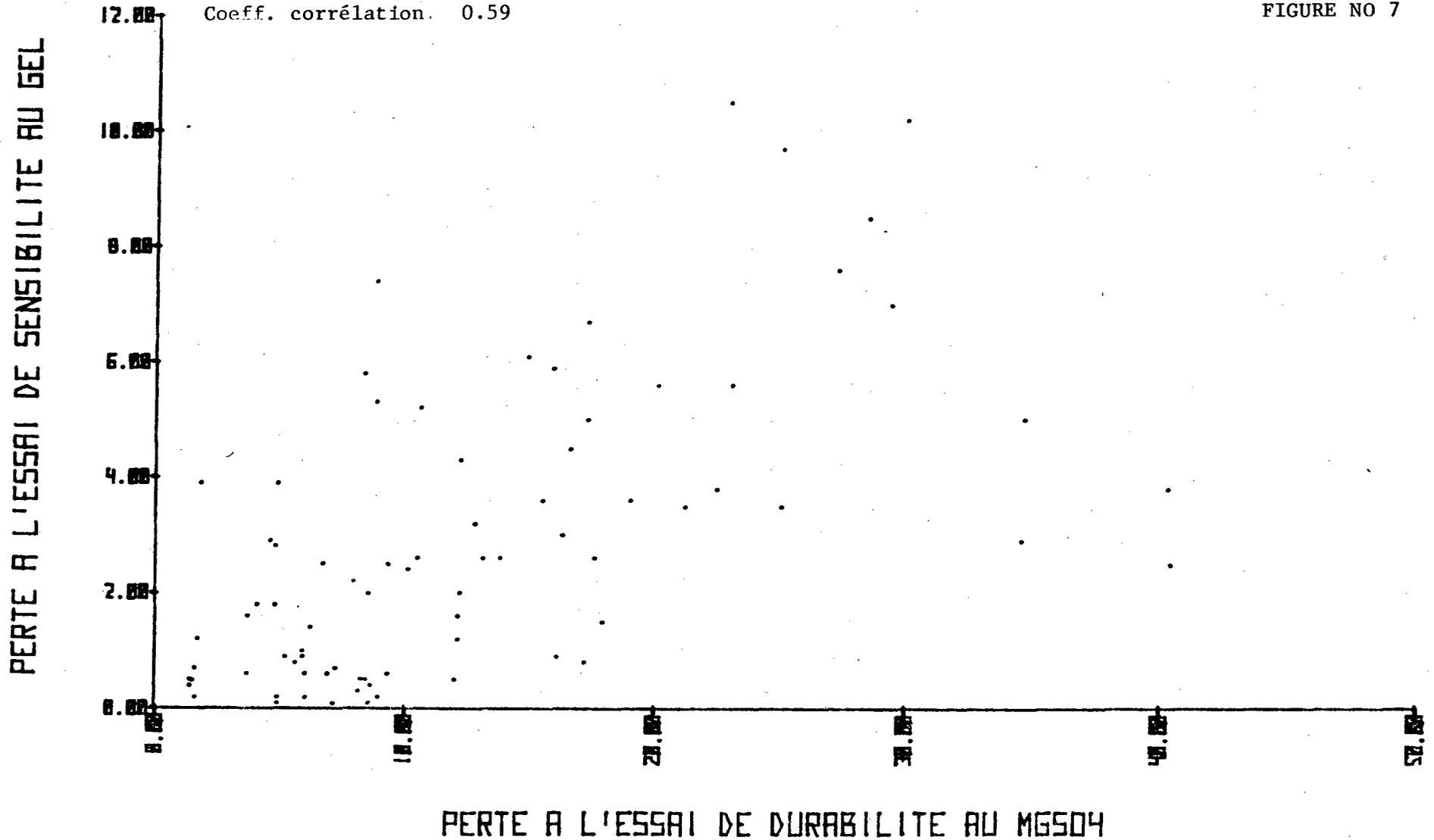
ABSORPTION VERSUS DURABILITE $MgSO_4$
SUR LES CARRIERES DE CALCAIRE



GRAVIER (GASPESIE)

ESSAIS DE SENSIBILITE AU GEL (LCPC G-22)
VS ESSAIS DE DURABILITE AU MG504 (ASTM-C-88)

FIGURE NO 7



ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE TRI ROC Inc.	1	93	DANVILLE	5.3	5.6	10.5	11.5	1.0	2.74	0.74	113	0.3
CARRIERE TRI ROC Inc.	2	93	DANVILLE	5.3	5.3	10.8	11.1	0.3	2.75	0.74	112	0.2
CARRIERE WATERLOO	2	98	WATERLOO	14.1	14.3	32.1	34.6	2.5	2.73	0.65	200	3.6
CARRIERE WATERLOO	3	98	WATERLOO	14.1	14.2	32.0	34.5	2.5	2.72	0.56	200	3.3
CARRIERE WHISELL Inc.	4	99	ST-PHILIPPE D'ARGENTEUIL	12.9	11.7	28.3	33.6	5.3	2.59	3.03	262	26.7
CARRIERE WHISELL Inc.	5	99	ST-PHILIPPE D'ARGENTEUIL	12.1	11.2	27.4	34.0	6.6	2.53	3.20	281	28.6
CARRIERE WHISELL Inc.	6	99	ST-PHILIPPE D'ARGENTEUIL	13.5	11.7	28.1	33.6	5.5	2.55	2.70	273	25.9

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE ST-FRANCOIS	11	76	ST-GERMAIN	11.2	10.4	29.0	33.4	4.4	2.66	1.25	258	3.2
CARRIERE ST-FRANCOIS	12	76	ST-GERMAIN	10.5	10.3	27.6	32.6	5.0	2.67	1.35	238	4.5
CARRIERE ST-FRANCOIS	13	76	ST-GERMAIN	10.8	10.9	28.3	33.6	5.3	2.67	1.25	265	4.1
CARRIERE ST-FRANCOIS	15	76	st-GERMAIN	10.7	9.5	28.9	34.5	5.6	2.67	1.15	208	6.8
CARRIERE ST-FRANCOIS	16	76	ST-GERMAIN	10.0	9.1	28.7	34.2	5.5	2.68	1.29	218	8.0
CARRIERE ST-FRANCOIS	17	76	ST-GERMAIN	10.3	9.0	29.3	34.7	5.4	2.68	1.11	210	6.3
CARRIERE ST-FRANCOIS	18	76	ST-GERMAIN	10.3	9.1	29.2	34.5	5.3	2.67	1.30	205	5.5
CARRIERE ST-FRANCOIS	19	76	ST-GERMAIN	10.6	9.6	28.9	34.0	5.1	2.68	1.15	190	5.9
CARRIERE ST-FRANCOIS	20	76	ST-GERMAIN	11.2	12.2	27.2	32.3	5.1	2.66	1.32	152	2.2
CARRIERE ST-FRANCOIS	21	76	ST-GERMAIN	6.6	11.3	22.7	32.2	9.5	2.66	1.04	156	2.9
CARRIERE ST-LOUIS	1	77	ST-LOUIS-de-FRANCE	8.7	8.9	18.9	21.6	2.7	2.66	1.31	120	0.8
CARRIERE ST-LOUIS	2	77	ST-LOUIS-de-FRANCE	8.5	6.8	18.8	20.3	1.5	2.65	1.49	126	1.7
CARRIERE ST-MAURICE	1	78	ST-LOUIS-de-FRANCE	8.5	9.1	20.4	22.3	1.9	2.67	0.66	111	0.9
CARRIERE ST-MAURICE	2	78	ST-LOUIS-de-FRANCE	8.7	9.3	20.2	22.7	2.5	2.68	0.56	118	1.2
CARR:ST-PAUL CONSTRUCTION	1	79	ANGE-GARDIEN	9.2	9.6	21.7	23.8	2.1	2.69	0.65	125	2.1
CARR:ST-PAUL CONSTRUCTION	2	79	ANGE-GARDIEN	9.5	11.0	23.3	23.7	0.4	2.70	0.56	129	0.7
CARR:ST-PAUL CONSTRUCTION	1	80	STE-PIE	7.3	8.1	17.9	20.3	2.4	2.69	0.60	103	1.0
CARR:ST-PAUL CONSTRUCTION	2	80	STE-PIE	7.5	7.9	17.6	20.0	2.4	2.72	0.49	108	0.7
CARR:SIMARD & BEAUDRY	5	81	LAVAL	10.9	11.6	36.0	55.6	19.6	2.50	5.89	274	65.6
CARR:SIMARD & BEAUDRY	6	81	LAVAL	11.1	10.5	35.7	53.1	17.4	2.50	5.65	263	59.8
CARR:SIMARD & BEAUDRY	7	81	LAVAL	12.3	12.2	28.5	33.9	5.4	2.63	1.57	144	19.1
CARR:SIMARD & BEAUDRY	8	81	LAVAL	11.4	13.1	28.0	34.3	6.3	2.63	1.67	133	23.4
CARR:SIMARD & BEAUDRY	9	81	LAVAL	11.7	9.9	23.4	24.5	1.1	2.67	0.64	153	6.1
CARR:SIMARD & BEAUDRY	10	81	LAVAL	10.7	10.5	23.6	25.6	2.0	2.67	0.55	141	5.8

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE RIOUX	1	64	COWANSVILLE	11.6	11.9	25.1	27.6	2.5	2.70	1.05	204	8.2
CARRIERE RIOUX	2	64	COWANSVILLE	11.4	12.5	24.7	28.1	3.4	---	---	158	3.1
CARRIERE RIOUX	3	64	COWANSVILLE	11.7	12.0	26.6	27.3	0.7	2.71	0.87	152	8.2
CARRIERE RIOUX	5	64	COWANSVILLE	11.1	10.9	26.3	27.8	1.5	2.70	0.90	127	3.9
CARRIERE RIOUX	6	64	COWANSVILLE	11.8	11.2	27.4	27.5	0.1	2.70	0.79	117	4.2
CARRIERE RIOUX	7	64	COWANSVILLE	11.3	11.3	26.8	28.6	1.8	2.70	0.78	122	4.1
CARRIERE RIOUX	8	64	COWANSVILLE	10.9	9.1	26.4	28.2	1.8	2.71	0.83	122	4.5
CARRIERE RIOUX	9	64	COWANSVILLE	11.5	11.0	26.9	28.0	1.1	2.68	1.05	116	5.0
CARRIERE ROBERVAL	1	65	POINTE-BLEUE	10.2	10.0	24.6	26.9	2.3	2.79	1.01	140	11.7
CARRIERE ROBERVAL	2	65	POINTE-BLEUE	10.5	9.8	25.2	27.6	2.4	2.67	0.76	146	9.9
CARRIERE ST-ARMAND	1	70	ST-ARMAND	10.0	13.1	26.3	28.7	2.4	2.71	---	200	0.7
CARRIERE ST-ARMAND	2	70	ST-ARMAND	12.6	12.7	27.6	28.7	1.1	2.70	0.46	212	1.1
CARRIERE ST-DOMINIQUE#1	21	71	ST-DOMINIQUE	8.7	8.4	23.5	25.5	2.0	2.70	0.56	113	0.5
CARRIERE ST-DOMINIQUE#1	22	71	ST-DOMINIQUE	8.7	7.5	24.2	24.2	0.0	2.72	0.65	114	0.7
CARRIERE ST-DOMINIQUE#2	11	72	ST-DOMINIQUE	7.7	7.4	19.7	20.6	0.9	2.72	0.46	148	0.5
CARRIERE ST-DOMINIQUE#2	12	72	ST-DOMINIQUE	7.5	8.3	19.5	21.3	1.8	2.67	0.65	137	0.3
CARRIERE STE-FELECITE	1	74	STE-FELECITE	7.0	8.9	23.9	28.9	5.0	2.63	1.03	114	1.0
CARRIERE STE-FELECITE	2	74	STE-FELECITE	7.2	9.9	24.9	28.7	3.8	2.63	1.09	109	2.4
CARRIERE ST-FLAVIEN	2	75	ST-FLAVIEN	7.1	6.5	15.0	14.5	-0.5	2.82	1.55	110	1.3
CARRIERE ST-FLAVIEN	3	75	ST-FLAVIEN	6.2	4.9	13.4	13.3	-0.1	2.80	1.64	116	4.3

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARR: MONT-BRUNO#2	8	53	ST-BRUNO	3.2	3.2	11.7	12.1	0.4	2.77	0.25	100	0.1
CARR: MONT-BRUNO#2	9	53	ST-BRUNO	2.9	3.3	11.1	12.0	0.9	2.79	0.25	100	0.1
CARRIERE PATENAUDE	10	56	ST-NICEPHORE	7.1	7.9	17.8	20.3	2.5	2.68	1.02	126	1.5
CARRIERE PATENAUDE	11	56	ST-NICEPHORE	6.8	7.7	16.7	21.5	4.8	2.68	0.87	103	1.3
CARRIERE PATENAUDE	12	56	ST-NICEPHORE	7.4	7.9	18.3	21.8	3.5	2.68	0.94	106	2.7
CARRIERE PATENAUDE	14	56	ST-NICEPHORE	7.3	7.7	19.9	25.4	5.5	2.69	0.95	176	5.0
CARRIERE PATENAUDE	15	56	ST-NICEPHORE	7.2	7.6	19.2	25.5	6.3	2.67	1.05	178	10.7
CARRIERE PATENAUDE	16	56	ST-NICEPHORE	7.3	7.9	19.3	24.5	5.2	2.67	1.20	171	8.4
CARRIERE PATENAUDE	20	56	ST-NICEPHORE	7.4	7.4	18.4	20.4	2.0	2.69	0.76	107	4.2
CARRIERE PATENAUDE	21	56	ST-NICEPHORE	7.8	7.2	19.3	20.4	1.1	2.68	0.68	107	3.7
CARRIERE PATENAUDE	22	56	ST-NICEPHORE	7.2	6.9	18.3	20.2	1.9	2.63	1.48	106	3.2
CARRIERE PATENAUDE	23	56	ST-NICEPHORE	7.1	7.2	17.9	20.8	2.9	2.68	0.84	106	4.4
CARRIERE PATENAUDE	24	56	ST-NICEPHORE	7.2	6.7	19.6	23.9	4.3	2.75	1.04	129	6.7
CARRIERE PATENAUDE	25	56	ST-NICEPHORE	7.0	6.8	19.7	24.3	4.6	2.69	1.11	150	8.4
CARRIERE PATENAUDE	26	56	ST-NICEPHORE	7.0	8.0	20.2	26.4	6.2	2.70	0.99	153	8.2
CARRIERE PATENAUDE	27	56	ST-NICEPHORE	6.8	6.8	19.6	25.1	5.5	2.67	1.86	146	7.6
CARRIERE PATENAUDE	28	56	ST-NICEPHORE	6.9	5.2	20.3	24.5	4.2	2.70	1.11	144	7.7
CARRIERE PAVAGE LA SALLE	1	57	VICTORIAVILLE	8.5	8.2	21.2	22.9	1.7	2.64	1.31	156	16.6
CARRIERE PAVAGE LA SALLE	2	57	VICTORIAVILLE	8.3	8.8	21.1	23.7	2.6	2.62	1.59	141	16.3
CARRIERE PIC CONSTRUCTION	1	59	ST-HONORE	8.4	7.3	21.9	22.9	1.0	2.68	0.39	117	1.4
CARRIERE PIC CONSTRUCTION	2	59	ST-HONORE	8.7	8.2	22.7	24.6	1.9	2.68	0.37	121	1.2
CARRIERE RICHELIEU	19	61	ST-HUGUES	9.8	9.6	24.3	31.9	7.6	2.58	1.40	176	9.0
CARRIERE RICHELIEU	20	61	ST-HUGUES	6.1	10.2	20.8	30.7	9.9	2.67	1.11	163	8.9
CARRIERE RICHELIEU	1	62	ST-PIE	7.6	7.2	17.3	19.1	1.8	2.63	0.74	118	0.9
CARRIERE RICHELIEU	2	62	ST-PIE	7.8	7.4	18.1	19.5	1.4	2.62	0.65	114	1.6
CARRIERE RICHELIEU	1	63	STE-ROSALIE	8.8	9.4	20.6	22.3	1.7	2.55	---	120	3.3
CARRIERE RICHELIEU	2	63	STE-ROSALIE	8.6	9.5	20.9	23.0	2.1	2.65	1.22	123	3.1

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE GRENON&FRERE	1	35	MISTASSINI	11.2	9.5	44.7	46.9	2.2	2.64	0.67	211	10.3
CARRIERE GRENON&FRERE	2	35	MISTASSINI	11.8	11.0	44.8	47.5	2.7	2.64	0.62	171	5.1
CARRIERE HEBERT	1	37	SHERBROOKE	7.7	9.6	16.7	20.0	3.3	2.88	0.46	120	1.0
CARRIERE HEBERT	2	37	SHERBROOKE	7.9	9.6	17.0	19.7	2.7	2.88	0.37	120	0.6
CARRIERE GULF DU CANADA	1	36	BEDFORD	10.3	11.2	24.6	25.6	1.0	2.70	0.46	105	0.2
CARRIERE GULF DU CANADA	2	36	BEDFORD	11.5	11.2	25.8	25.6	-0.2	2.71	0.56	105	0.6
CARRIERE INTER-COMTE	1	39	BROMONT	2.8	2.8	11.0	11.4	0.4	2.76	0.43	100	0.1
CARRIERE INTER-COMTE	2	39	BROMONT	3.1	2.9	11.6	11.4	-0.2	2.76	0.43	100	0.1
CARRIERE INTER-CITE	4	40	CHAMBORD	8.7	8.4	21.6	21.8	0.2	2.68	0.44	106	1.5
CARRIERE INTER-CITE	5	40	CHAMBORD	8.5	8.0	21.4	22.2	0.8	2.68	0.38	101	1.4
CARRIERE LAKE ASBESTOS	1	44	BLACK LAKE	4.5	5.1	14.6	19.6	5.0	2.61	1.21	120	0.5
CARRIERE LAKE ASBESTOS	2	44	BLACK LAKE	4.8	5.5	15.5	15.8	0.3	2.60	1.21	120	1.1
CARRIERE LAURENTIENNE	6	45	MIRABEL	10.3	9.7	19.0	19.7	0.7	2.76	0.69	110	1.3
CARRIERE LAURENTIENNE	7	45	MIRABEL	10.9	9.8	19.4	19.8	0.4	2.35	0.64	106	0.8
CARR: LES CALCITES DU NORD	7	47	MISTASSINI	15.4	15.0	70.6	78.3	7.7	2.68	0.74	318	29.2
CARR: LES CALCITES DU NORD	8	47	MISTASSINI	17.5	14.4	71.6	76.8	5.2	2.68	0.67	310	26.4
CARR: METHÉ & FRERES	1	49	STANBRIDGE STATION	14.2	15.3	31.7	32.5	0.8	2.69	0.65	200	2.0
CARR: METHÉ & FRERES	2	49	STANBRIDGE STATION	14.8	17.1	32.4	33.2	0.8	2.70	0.46	200	2.5
CARR: MONT ST-BRUNO #1	3	52	ST-BRUNO	6.7	6.8	18.5	30.5	12.0	2.70	1.88	345	22.9
CARR: MONT ST-BRUNO #1	4	52	ST-BRUNO	6.4	5.8	18.9	29.3	10.4	2.68	1.89	335	21.2

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE DESOURDY	2	26	SHERBROOKE	8.7	12.1	19.0	23.0	4.0	2.79	0.69	117	0.4
CARRIERE DESOURDY	3	26	SHERBROOKE	8.8	8.7	19.2	20.8	1.6	2.77	0.46	100	1.5
CARRIERE P.C. DOYLE	5	29	MELBOURNE	7.5	8.3	26.2	28.7	2.5	2.62	0.74	109	3.6
CARRIERE P.C. DOYLE	6	29	MELBOURNE	7.6	8.4	26.8	28.7	1.9	2.62	0.46	101	6.4
CARRIERE DUFFERIN	1	30	AYLMER	13.4	12.6	27.2	28.0	0.8	2.67	0.64	123	2.8
CARRIERE DUFFERIN	2	30	AYLMER	13.4	11.8	27.9	27.1	-0.8	2.68	0.52	130	2.4
CARRIERE ERCO	1	31	VARENNES	11.3	11.2	34.1	34.0	-0.1	2.55	1.85	143	0.1
CARRIERE ERCO	2	31	VARENNES	10.2	11.6	32.0	35.2	3.2	2.55	1.89	139	0.1
CARRIERE MIRON	1	32	MONTREAL	14.0	15.3	30.2	34.5	4.3	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	2	32	MONTREAL	13.8	15.1	29.4	33.9	4.5	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	3	32	MONTREAL	13.2	13.3	29.4	33.1	3.7	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	4	32	MONTREAL	13.0	14.3	28.9	33.0	4.1	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	5	32	MONTREAL	12.7	13.5	28.9	30.7	1.8	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	6	32	MONTREAL	13.0	13.8	28.8	31.3	2.5	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	7	32	MONTREAL	8.9	9.7	23.9	24.4	0.5	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	8	32	MONTREAL	8.9	9.4	23.1	24.6	1.5	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	9	32	MONTREAL	12.3	13.2	28.7	32.9	4.2	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	10	32	MONTREAL	12.3	13.1	29.3	32.3	3.0	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	11	32	MONTREAL	12.1	13.3	29.3	31.0	1.7	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	12	32	MONTREAL	12.5	12.7	29.1	31.7	2.6	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	13	32	MONTREAL	11.8	12.5	28.5	30.6	2.1	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	14	32	MONTREAL	11.7	12.9	27.8	31.6	3.8	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	15	32	MONTREAL	7.5	7.8	22.9	22.5	-0.4	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	16	32	MONTREAL	7.3	7.8	23.1	22.5	-0.6	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	19	32	MONTREAL	6.2	6.8	17.7	19.2	1.5	---	---	---	---
CARRIERE MIRON	20	32	MONTREAL	6.3	6.7	18.0	20.0	2.0	---	---	---	---
CARRIERE GOSSELIN	5	34	THETFORD-MINES	6.2	5.2	13.0	11.4	-1.6	2.77	0.65	100	0.7
CARRIERE GOSSELIN	6	34	THETFORD-MINES	6.2	4.8	12.5	11.2	-1.3	2.77	0.60	100	0.5

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

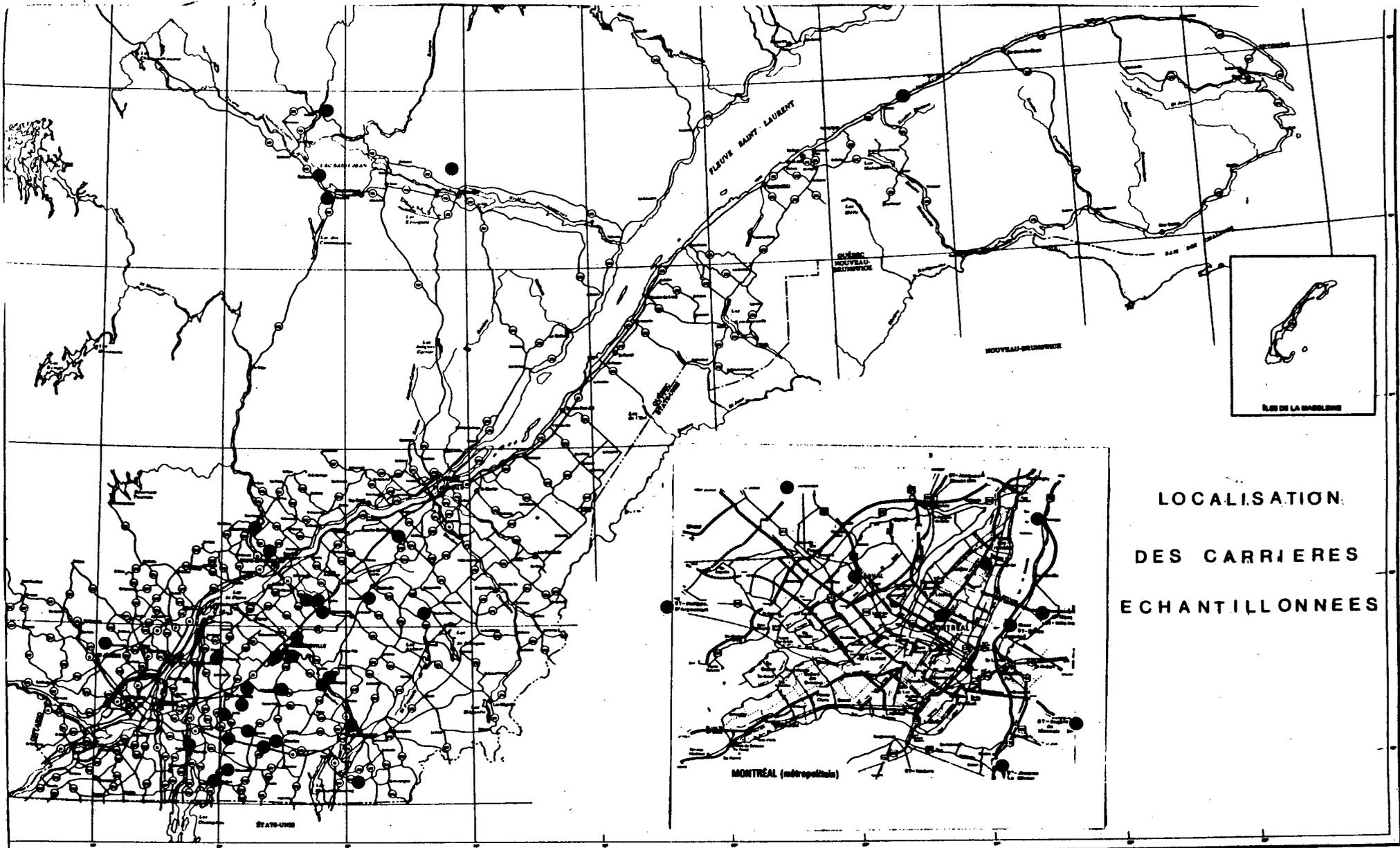
ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE ACTON VALE	1	2	ACTON VALE	8.6	7.3	19.6	20.5	0.9	2.71	0.55	100	0.7
CARRIERE ACTON VALE	2	2	ACTON VALE	8.9	9.2	18.1	20.3	2.2	2.73	0.55	100	0.6
CARR:ABREGATS BEDFORD Inc.	1	3	STANBRIDGE STATION	11.1	12.5	31.6	31.9	0.3	2.70	0.46	102	1.1
CARR:AGREGATS BEDFORD Inc.	2	3	STANBRIDGE STATION	12.5	13.4	31.0	32.0	1.0	2.71	0.46	102	2.1
CARR:BAILLARGEON Ltee	1	4	ST-JEAN	8.3	7.7	19.9	20.0	0.1	---	---	125	1.4
CARR:BAILLARGEON Ltee	2	4	ST-JEAN	8.2	8.8	19.9	21.8	1.9	2.69	0.65	114	1.0
CARRIERE BERNIER	1	7	ST-JEAN	8.4	8.1	21.4	23.3	1.9	2.68	0.65	149	4.1
CARRIERE BERNIER	2	7	ST-JEAN	8.3	8.3	21.3	23.5	2.2	2.69	0.74	135	4.0
CARR:CONTINENTAL	5	15	SHAWANIGAN	8.2	8.0	26.3	26.5	0.2	2.79	0.65	100	0.3
CARR:CONTINENTAL	6	15	SHAWANIGAN	8.3	8.2	26.4	26.4	----	2.80	0.65	100	0.3
CARRIERE DEMIX	2	21	MONT-ST-HILAIRE	6.6	6.5	18.2	18.3	0.1	2.68	0.58	100	1.3
CARRIERE DEMIX	3	21	MONT ST-HILAIRE	6.6	6.3	18.1	18.4	0.3	2.68	0.58	100	0.3
CARRIERE DEMIX	2	22	MONTREAL-EST	11.3	9.5	29.7	47.4	17.7	2.57	3.23	182	45.3
CARRIERE DEMIX	3	22	MONTREAL-EST	9.9	9.7	29.0	50.6	21.6	2.57	3.05	184	42.6
CARRIERE DEMIX	5	23	ST-JACQUES-LE-MINEUR	11.2	11.0	25.0	27.5	2.5	2.70	0.59	144	4.2
CARRIERE DEMIX	6	23	ST-JACQUES-LE-MINEUR	11.2	11.3	25.2	27.3	2.1	2.71	0.54	145	4.1
CARRIERE DEMIX	11	24	VARENNES	6.0	5.7	13.8	14.0	0.2	---	---	100	0.1
CARRIERE DEMIX	12	24	VARENNES	5.7	5.8	14.0	13.7	-0.3	---	---	100	0.1
CARRIERE DESCHENES	1	25	AYIMER	15.4	14.2	34.2	35.1	0.9	2.67	0.66	115	5.9
CARRIERE DESCHENES	2	25	AYIMER	13.7	16.7	34.8	37.8	3.0	2.66	0.77	132	4.6

ESSAI DE GEL SUR LES GRANULATS AVEC L'APPAREIL LOS ANGELES

ANNEXE 2

PROVENANCE	R.	F.	MUNICIPALITE	#200		LOS ANGELES	LOS ANGELES GEL + DEGEL	P12F-P12	DENSITE	ABSORPTION	N.P.	MgSO ₄
				L.A.	G.D.							
CARRIERE SINTRA	1	82	AYER'S CLIFF	12.4	13.2	27.1	27.8	0.7	2.69	0.65	122	0.6
CARRIERE SINTRA	2	82	AYER'S CLIFF	13.4	15.4	27.9	32.7	4.8	2.69	0.65	125	0.8
CARRIERE SINTRA	1	83	GRANBY	6.0	6.6	14.8	16.0	1.2	2.72	0.65	100	1.0
CARRIERE SINTRA	2	83	GRANBY	6.1	6.9	14.7	16.3	1.6	2.72	0.74	100	0.6
CARRIERE SINTRA	7	84	PRINCEVILLE	7.1	6.7	17.4	20.3	2.9	2.71	0.55	123	4.3
CARRIERE SINTRA	8	84	PRINCEVILLE	7.1	6.5	17.3	19.5	2.2	2.71	0.55	127	2.7
CARRIERE SINTRA	9	84	PRINCEVILLE	6.9	6.8	16.9	20.8	3.9	2.72	0.55	130	6.3
CARRIERE SINTRA	10	84	PRINCEVILLE	7.0	5.6	16.6	17.5	0.9	2.72	0.46	107	5.3
CARRIERE SINTRA	11	84	PRINCEVILLE	6.9	6.5	17.1	19.3	2.2	2.72	0.46	106	5.2
CARRIERE SINTRA	1	85	ST-CHARLES	5.6	5.5	11.8	12.9	1.1	2.77	0.84	121	1.2
CARRIERE SINTRA	2	85	ST-CHARLES	5.3	5.0	12.2	12.4	0.2	2.76	1.02	121	1.4
CARRIERE SINTRA	1	86	ST-CYRILLE	6.4	6.8	15.3	16.2	0.9	2.76	1.21	124	1.5
CARRIERE SINTRA	2	86	ST-CYRILLE	6.4	5.9	15.2	15.4	0.2	2.72	1.30	126	2.4
CARRIERE SINTRA	2	88	ST-VALERE	5.3	5.2	15.8	17.1	1.3	2.72	0.95	156	6.3
CARRIERE SINTRA	3	88	ST-VALERE	5.5	5.0	15.8	17.0	1.2	2.85	1.12	131	6.3
CARRIERE SINTRA	1	89	ST-WENCESIAS	5.5	5.4	21.2	25.7	4.5	2.82	1.68	166	13.9
CARRIERE SINTRA	2	89	ST-WENCESIAS	5.8	5.1	21.6	25.7	4.1	2.82	1.77	174	13.9
CARRIERE SINTRA	1	90	SHERBROOKE	10.8	14.2	23.4	26.1	2.7	2.77	0.73	113	0.5
CARRIERE SOBERGEL	5	91	STE-ANGELE-de-MONNOIR	9.8	7.5	24.5	32.2	7.7	2.62	2.39	480	55.5
CARRIERE SOBERGEL	6	91	STE-ANGELE-de-MONNOIR	9.9	9.0	24.4	34.9	10.5	2.60	2.68	504	60.6
CARRIERE SOBERGEL	7	91	STE-ANGELE-de-MONNOIR	9.8	9.1	24.3	35.7	11.4	2.62	2.27	451	55.2



LOCALISATION
DES CARRIERES
ECHANTILLONNEES

CARACTERISTIQUES PETROGRAPHIQUES DE CARRIERES

<u>CARRIERES</u>	<u>CONSTITUANTS IDENTIFIES AU COURS DE 10 DERNIERES ANNEES</u> <u>(* PREDOMINENTS SELON LES ECHANTILLONS SOUMIS)</u>
Hébert Dejourdy Sherbrooke	Schiste quartzo-feldspathique (*) Schiste à chlorite quartz et feldspath (*) Schiste à chlorite dur et mou (*) Schiste à mica, chlorite mica et calcite (*) Schiste à feldspath, olivine et quartz (*) Grauwacke, métagrauwacke dolomitique (*) Quartzite à grains fins et grossiers (*) Grès (*) Calcaire cristallin Serpentinite Cornéenne à épidote et chlorite (*) Gneiss quartzo feldspathique (*) Dolomie Dolomie talqueuse (*) Schiste talqueux Pélite (*) Pélite gréseuse Andésite (*)
Inter Comté à Bromont	Pélite (*) Andésite (*) Diabase (*) Syénite (*) Pélite gréseuse (*) Grès-quartzite Gneiss basique (*) Pyroxénite Gneiss granitique Shyolite
Doyle Melbourne	Grès-quartzite (*) Grauwacke (*) Schiste à chlorite
Tri-Rock	Grauwacke (*) Métagrauwacke (*) Basalte Andésite (*) Andésite amygdalaire Calcaire cristallin

<u>CARRIERES</u>	<u>CONSTITUANTS IDENTIFIES AU COURS DE 10 DERNIERES ANNEES</u>	
	<u>(* PREDOMINANTS SELON LES ECHANTILLONS SOUMIS)</u>	
Pavage La Salle Princeville Arthabaska	Grès (de dureté moyenne à très bonne) Grauwacke (*) Schiste argileux Schiste ardoisier Schiste à chlorite (mou et dur) Pélite argileuse	
Sintra St-Charles Cté Drummond	Andésite (*) Andésite amygdaloïdale (*) Basalte (*) Schiste argileux Schiste métamorphique mou	
Sintra St-Valère	Basalte (*) Basalte amygdaloïdale Gabbro (*) Porphyre à feldspath (*)	
Gosselin Lac Aylmer ou Thedford	Trachyte (*) Andésite (*) Rhyolite (*) Schiste à chlorite quartzo-feldspathique (*) Schiste à quartz et chlorite Grauwacke chloritisé (*)	
Sintra Ayer's Cliff.	Trachyte (*) Métagrauwacke (*) Schiste métamorphique (dur) (*) Schiste quartzo-feldspathique Schiste à chlorite et quartz (*)	
Les Marbres Waterloo Cté Shefford	Calcaire cristallin (*) dur et mou à grains moyens Calcaire dolomitique (*) Calcaire dur (*) Schiste à chlorite quartz et feldspath Schiste à séricité	

<u>CARRIERES</u>	<u>CONSTITUANTS IDENTIFIES AU COURS DE 10 DERNIERES ANNEES</u> <u>(* PREDOMINENTS SELON LES ECHANTILLONS SOUMIS)</u>
Rioux & Frères Cowansville Cté Missisquoi	Schiste graphitique (*) dur Schiste graphitique mou
Patenaude St-Nicephare Cté Drummond	Pelite argileuse (*) dure et molle Grès et microgrès Pelite dure
Lake Asbestos Thedford Cté Mégantic	Serpentinite (*) Péridotite serpentinise (*) Andésite
Mont Bruno # 1 St-Bruno Cté Chambly	Pelite (*) Pelite argileuse (*) dure, molle Grès (*) Schiste argileux (*) Schiste ardoisier (*) Dolomie Trachyte, phonolite, diabase, andésite Gabbro Siltstone
Mont Bruno # 2	Basalte (*) Pelite (*) dure Pelite gréseuse (*) Siltstone Cornéenne Diabase (*) Phonolite, trachyte
Demix St-Hilaire Cté Rouville	Syenite à nepheline (*) Essexite (*) Diorite Syenite à feldspath
Demix Varennes Cté Verchères	Trachyte (*) Phonolite (*) Syenite à nepheline

<u>CARRIERES</u>	<u>CONSTITUANTS IDENTIFIES AU COURS DE 10 DERNIERES ANNEES</u> <u>(* PREDOMINENTS SELON LES ECHANTILLONS SOUMIS)</u>
Demix (suite) Varenes Cté Verchères	Syenite basique Diorite Schiste métamorphique mou Schiste argileux Ardoise molle Schiste à chlorite
Whissel Inc. St-Philippe Cté D'Argenteuil	Grès (*) différentes duretés et friabilités Grauwacke (*) Ardoise Schiste métamorphique et argileux
Continental Shawinigan Cté St-Maurice	Diorite (*) Gneiss à biotite et hornblende (*) de différentes duretés Granite Syenite
Grenon Calcite du Nord Mistassini Lac St-Jean	Calcite (*) dure et friable Calcaire cristallin (*) Granite

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 104 458