

Le 1^{er} juin 2004

Monsieur Pierre Tremblay, ing.

Regroupement Professionnel des Producteurs de granulats (RPPG)

ACRGTO

435, Grande-Allée Est

Québec (Québec)

G1R 2J5

OBJET: Révision de la norme CSA A23.1-00

Rapport final

- Essais de résistance au gel-dégel non-confiné des gros granulats selon A23.2-24A
- Validation des critères pour les granulats des Basses-Terres du Saint-Laurent

Notre dossier : 603635-0000

Monsieur,

C'est avec plaisir que vous nous transmettons les résultats de l'étude citée en rubrique.

1.0 DÉFINITION DU MANDAT

La norme CSA A23.1-00 est présentement en révision et en est au stade de l'enquête publique. La présente étude a pour but de valider la limite proposée pour l'essai de gel-dégel non-confiné en regard des granulats des Basses-Terres du Saint-Laurent, principalement dans les régions de Montréal et de Québec.

2.0 NORME A23.1

2.1 Édition 2000

L'édition 2000 de la norme A23.1 présentait l'essai de gel-dégel non-confiné (A23.2-24A) au tableau no 6 comme étant une « Autre exigence ». À ce titre l'essai de perte au MgSO₄, était un essai obligatoire au même tableau, devenant donc l'essai privilégié. (Voir annexe A)

Le tableau no 6 de l'édition 2000 proposait des limites de 6% (clause F-1, C-1, C-2) et de 10% (autres conditions) pour l'essai de gel-dégel non-confiné

L'industrie du granulat Québécois (producteurs, utilisateurs et donneurs d'ouvrage) privilégiaient alors la réalisation de l'essai MgSO₄ et les limites proposées pour l'essai de gel-dégel non-confiné ont alors provoqué peu de réactions.

2.2 Édition 2004

Le tableau 12 proposé lors de l'enquête publique portant sur la révision de la norme A23.1 présente maintenant l'essai de gel-dégel non-confiné comme étant un essai « obligatoire » alors que l'essai $MgSO_4$ est relégué aux « exigences alternatives ». (Voir annexe B).

Les limites proposées pour l'essai de gel-dégel sont toujours les mêmes, i.e. de 6% (classes F-1, C-X1, C-1 et C-2) et le 10% pour les autres conditions. (Voir annexe B).

La note no 3 du tableau no 12 indique que l'essai de gel-dégel non-confiné réalisés sur les gros granulats peut, ne pas être réalisé, si les résultats de l'essai $MgSO_4$ réalisé sur le même granulats rencontre les exigences.

2.3 Gel-dégel versus essai $MgSO_4$

L'essai de perte au $MgSO_4$ est réalisé depuis de nombreuses années au Québec et demeure un essai contesté en regard de sa répétabilité et de sa précision.

Cependant, les limites proposées pour l'essai au $MgSO_4$ apparaissent relativement faciles à rencontrer pour les bons granulats à béton et aucune étude récente importante, à notre connaissance, n'a été publiée sur la confiance pouvant être accordée à cet essai.

L'essai de gel-dégel non-confiné apparaît être un essai demandant beaucoup moins de manipulation et plus facile à réaliser que l'essai au $MgSO_4$. Le point critique de l'essai demeure les températures à rencontrer lors du cycle de gel-dégel. La norme est très précise sur ce cycle (voir Annexe C) alors que le congélateur doit atteindre $-18 \pm 2^\circ C$ pendant 16 ± 2 heures lors du cycle d'une durée de 24 heures.

De plus, le laboratoire réalisant cet essai peut se procurer un échantillon témoin (pierre de Brechin) afin de valider les résultats obtenus avec son cabinet (voir art. 2.8).

Donc l'essai de gel-dégel non-confiné apparaît être un essai plus approprié en regard du but recherché que l'essai au $MgSO_4$.

Cependant, la limite de 6% proposée apparaît limitative et aurait comme conséquence le refus de nombreuses sources de granulats des Basses-Terres du Saint-Laurent utilisés depuis de nombreuses années et ayant démontré un bon comportement à long terme dans les structures de béton exposées à des cycles de gel-dégel.

Ces granulats, des carbonates des Basses-Terres du Saint-Laurent, avec un historique qualitatif reconnu et plus qu'acceptable dans le domaine du béton de ciment, demeurent des sources d'approvisionnement significatives sur le marché des principaux centres urbains, i.e., Montréal et Québec.

Conséquemment, le Regroupement Professionnels des Producteurs de Granulats de l'ACRGTO a mandaté Terratech afin de réaliser une étude permettant de proposer une limite acceptable à l'essai de gel-dégel non-confiné.

3.0 MÉTHODOLOGIE

3.1 Sélection des sources

La sélection des granulats utilisés lors de cette étude fut basée sur les critères suivants :

- La carrière devait être en opération depuis au moins vingt (20) ans et avoir fourni des volumes significatifs de granulats aux producteurs de béton des régions de Montréal et/ou de Québec.
- La carrière devait se situer dans les formations géologiques des Basses-Terres du Saint-Laurent et plus particulièrement couvrir les Groupes géologiques de Chazy, de Black River et de Trenton qui demeurent les principaux groupes exploités dans les carrières.
- Les carrières devaient donc couvrir les principaux faciès pétrographiques, i.e. calcaire à grains fins (Trenton), calcaire cristallin (Chazy) et/ou dolomitique (Black River).
- Ces granulats devaient rencontrer les exigences usuelles au niveau de l'ensemble des essais exigées pour les granulats à béton à la norme CSA.
- Ces granulats devaient avoir démontré un bon comportement à long terme dans les structures de béton exposées à des cycles de gel-dégel.

Conséquemment cinq (5) sources ont été sélectionnées et identifiées comme :

Tableau no 1 : Sélection des granulats

Source no	Région géographique	Groupe géologique	Faciès pétrographique
A	- Montérégie - Sud-ouest de Montréal	Chazy	- Calcaire à grain fin - Calcaire cristallin dolomitique
B	- Montérégie - Sud de Montréal	Trenton	- Calcaire à grain fin
C	- Montérégie - Sud-ouest de Montréal	Chazy	- Calcaire à grain fin - Calcaire cristallin dolomitique
D	- Région de Québec	Équivalent Trenton	- Calcaire à grain fin
E	- Nord de la région de Montréal	Chazy	- Calcaire cristallin dolomitique

3.2 Réalisation des essais

L'ensemble des granulats a été échantillonné par Terratech et prélevé dans les granulats disponibles dans les réserves des carrières en mars 2004.

Pour chacune des carrières deux réserves ont été échantillonnées i.e. la réserve de pierre 5-10 mm et la réserve de 14-20 mm. Le choix de ces deux (2) classes granulaires avaient pour but de vérifier l'impact du calibre du granulat sur les résultats obtenus et sont, de plus, deux classes très utilisées dans le marché du béton de ciment.

Les essais de gel-dégel non-confiné ont été réalisés sur les deux matériaux pour un total de dix (10) essais.

En parallèle un essai a été réalisé sur la pierre de référence i.e. la pierre de Brechin, tel que fourni par le MTO.

Les résultats des autres essais (Micro-Deval, absorption, etc) ont été fournis par les producteurs de granulats et les valeurs indiquées représentant des valeurs moyennes obtenues sur les productions de granulats réalisées en 2003.

4.0 RÉSULTATS

Le tableau no 2, résume les résultats obtenus.

Tableau no 2 : Résultats

Source	Gel-dégel Non-confiné (1) (%)		Micro-Deval (%)		Los- Angeles (%) LC 21-400	Absorption (%) LC 21-067	MgSO ₄ (%) A23.2-9A
	5-10 mm	14-20 mm	A23.2-29A	LC 21-070			
A	5.4	3.4	—	15.6	23.4	0.70	—
B	7.1	5.7	—	16.1	18.3	0.44	—
C	9.9	7.9	19.7	17.1	28.9	0.60	5.1
D	4.7	3.1	—	13.0	21.3	0.60	—
E	6.8	6.1	17.1	16.0	22.3	0.88	9.5

- (1) Le granulat témoin (pierre de Brechin) indique une perte de 16.5%. La norme précise que le granulat témoin doit présenter une perte se situant entre 16.3% et 25.3%, 19 fois sur 20.
- (2) Les résultats des essais physiques présentés constituent une moyenne des résultats individuels des réserves de pierres nettes disponibles aux différentes carrières.

Les résultats obtenus indiquent :

- Les cinq (5) granulats présentent de bons résultats au niveau des essais Micro-Deval et Los-Angeles (réalisés selon les normes québécoises LC) ce qui indique que ces matériaux présentent de bonnes propriétés physiques.
- D'ailleurs les pourcentages d'absorption de ces granulats sont tous en deçà de 0,9% confirmant qu'ils ne contiennent que très peu, à pas, de minéraux argileux.

- Les résultats des essais de gel-dégel sont cependant plus problématiques en regard d'une éventuelle limite de 6% alors que les sources B, C et E seraient pénalisées. Ces sources sont cependant reconnues comme étant de bonne qualité.
- On remarque également que les pertes obtenues avec les calibres de 5-10 mm présentent de façon systématique des pertes plus élevées que celles obtenues avec les matériaux 14-20 mm. Ces différences systématiques sont reliées, à notre avis, principalement à une question de surfaces spécifiques plus élevées sur les matériaux plus fins.
- Considérant l'ensemble des résultats obtenus plus de 50% des sources de granulats actuellement utilisés dans les centres urbains de Montréal et de Québec pourraient être pénalisés par l'exigence proposée de 6% ce qui est, à notre avis, inacceptable considérant le bon comportement de ces matériaux dans les structures de béton.

5.0 SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

L'essai de gel-dégel non-confiné réalisé selon la méthode A23.2-24A apparaît être un essai adéquat afin d'évaluer le comportement des granulats à béton face aux cycles de gel-dégel.

L'essai de gel-dégel non-confiné apparaît être plus réaliste et reproductible, que l'essai $MgSO_4$, et devrait donc être privilégié.

Cependant nous sommes d'avis que les limites actuelles, tel que proposées par CSA, de 6% et 10% rejettent des granulats de bonne qualité provenant des Basses-Terres du Saint-Laurent qui approvisionnent les importants marchés de Montréal et de Québec.

D'après les résultats obtenus lors de cette étude, plus de 50% des carbonates des Basses-Terres du Saint-Laurent pourraient être pénalisés par les critères proposés malgré que ces granulats rencontrent l'ensemble des autres exigences fixées par la norme A23.1. De plus, ces sources ont démontré un bon comportement à long terme dans les structures de béton exposées, ce qui demeure évidemment le test le plus révélateur pour un granulats.

Conséquemment le tableau no 3 présente les limites proposées pour les granulats provenant des Basses-Terres du Saint-Laurent.

Tableau no 3 : - Méthode d'essai A23.2-24A : Limites proposées

Classes d'exposition	Limites actuelles	Limites proposées par le RPPG
F-1, C-X1, C-1, C-2	6	9
Autres conditions	10	13

Nous sommes d'avis que les limites proposées au tableau no 3 sont cohérentes avec les limites des autres essais et assure aux producteurs de béton d'obtenir des approvisionnement de granulats de bonne qualité provenant des Basses-Terres du Saint-Laurent dans les régions de Montréal et de Québec.

Considérant que la norme CSA A23.1 ne précise pas la classe granulaire sur laquelle l'essai doit être réalisé et considérant les écarts significatifs obtenus lors des essais réalisés sur différentes classes granulaires, il apparaît réaliste et raisonnable que les limites d'acceptation soient basées sur un résultat pondéré en fonction des pourcentages des différentes classes granulaires utilisées dans les différents mélanges de béton.

Espérant le tout à votre entière satisfaction, nous vous prions de ne pas hésiter à communiquer avec le soussigné si des renseignements supplémentaires s'avéraient nécessaires.

Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de nos salutations distinguées.

TERRATECH
Division de SNC-Lavalin Environnement inc.

Alain Blanchette, géol. M.Sc.A.
Chargé de projet
Ingénierie des matériaux

Vérification ISO 9001
Dr Gilbert Haddad, ing.
Directeur technique
Béton et matériaux

AB/mtt

p.j. Annexe A Extrait A23.1-00 – Tableau no 6 (1 page)
 Annexe B Extrait projet A23.1-04 – Tableau no 12 (2 pages)
 Annexe C Méthode A23.2-24A (8 pages)