

432585

MINISTÈRE DES TRANSPORTS  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e  
QUÉBEC, (QUÉBEC)  
G1K 5Z1

LABORATOIRE CENTRAL - MINISTÈRE DES TRANSPORTS

COMPORTEMENT DES BÉTONS AU GEL ET DÉGEL

Daniel Vézina, ing.  
Responsable Section Béton de ciment

SAINTÉ-FOY, le 20 décembre 1982

QTRD  
CANQ  
TR  
GE  
RC  
145



Gouvernement du Québec  
Ministère des Transports

Etudes et recherches  
Direction Générale :

Génie

|                                                                                                                                                                                                                         |                                 |                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rapport No                                                                                                                                                                                                              | Code de classement<br>RTQ-83-03 | Date du rapport                                                                               |
| Titre du rapport:<br>Comportement des bétons au gel et dégel                                                                                                                                                            |                                 | Rapport d'étape <input checked="" type="checkbox"/><br>Rapport final <input type="checkbox"/> |
| Auteur(s) du rapport:<br>Daniel Vézina, ing.                                                                                                                                                                            |                                 | No du projet d'étude<br>ou de recherche:<br>M 73 BC-1                                         |
| Objet de l'étude ou de la recherche: Etablir une corrélation soit entre le nombre pétrographique ou soit la durabilité au $MgSO_4$ des agrégats et le comportement des bétons au gel et dégel dont ils sont constitués. |                                 |                                                                                               |
| Etude ou recherche financée par: (Nom et adresse de l'organisme)<br>Ministère des Transports                                                                                                                            |                                 |                                                                                               |
| Etude ou recherche réalisée par: (Nom et adresse de l'organisme)<br>Laboratoire central, 2700, rue Einstein, SAINTE-FOY (Québec) G1P 3W8                                                                                |                                 |                                                                                               |

Renseignements complémentaires:

Résumé du rapport

Cette étude a pour but de déterminer une relation entre soit le nombre pétrographique ou soit la durabilité au sulfate de magnésium des granulats et le comportement au gel et dégel des bétons dont ils sont en grande partie constitués.

Ce rapport résume les résultats de la première partie, laquelle a porté sur l'évaluation de trois mélange de bétons de ciment fabriqués et échantillonnés à chaque centrale participante. L'évaluation qualitative des a porté sur la résistance à la compression et le comportement au test accéléré de gel et dégel, tandis que celle des agrégats est donnée par les essais qualitatifs spécifiés au C.C.D.G. du ministère.

L'étude fait surtout ressortir l'influence de la résistance à la compression des bétons plutôt que celle de la nature des agrégats sur le comportement des bétons au gel et dégel.

|                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                  |                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Mots-clés<br>Béton, gel et dégel,<br>nombre pétrographique,<br>essai de durabilité ( $MgSO_4$ )<br>résistance à la compression | Diffusion autorisée <input type="checkbox"/><br>Diffusion restreinte <input type="checkbox"/><br>Diffusion interdite <input type="checkbox"/><br>Révision par le<br>Comité de direction <input type="checkbox"/> | <br>Directeur général<br>Date: 83-01-21 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|

**MINISTÈRE DES TRANSPORTS**  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e  
QUÉBEC, (QUÉBEC)  
G1K 5Z1

## INTRODUCTION

La relation entre les essais en laboratoire et le comportement réel en chantier est souvent remise en question et, à plus forte raison, s'il s'agit de mesurer le comportement d'un matériau à partir de ses éléments.

Cette étude, divisée en deux phases, a pour but de déterminer une corrélation soit entre le nombre pétrographique ou soit la durabilité au sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ) des granulats et le comportement des bétons dont ils sont en grande partie constitués. L'évaluation qualitative du béton est basée sur la résistance à la compression et sur le comportement au test accéléré de gel et dégel.

## ÉCHANTILLONNAGE

La première phase a porté sur l'analyse des agrégats et des mélanges de béton de ciment de treize (13) centrales réparties ici et là à travers la province.

### A) Agrégats

Des échantillons, d'une masse minimale de 6,5 kg, ont été prélevés pour chacun des calibres d'agrégats utilisés des treize (13) différentes usines de béton de ciment.

### B) Mélanges de béton de ciment

À Chaque <sup>centrale</sup> usine participante, furent demandés trois mélanges de béton soit de 20, 28 et 35 MPa, et aux exigences suivantes: ciment de

type 10, teneur en air comprise entre 5 et 7%, affaissement de 75 mm.

À partir de chacun des mélanges échantillonnés, furent confectionnés quatre (4) cylindres de 150 par 300 mm et six (6) prismes de 76 par 102 par 406 mm.

#### ESSAIS EXÉCUTÉS À L'USINE ET EN LABORATOIRE

##### A) À l'usine

Lors du prélèvement des échantillons aux centrales, la teneur en air et l'affaissement ont été exécutés sur chacun des trois (3) mélanges de béton.

##### B) En laboratoire

###### 1- Essai accéléré de gel et dégel

L'essai de gel et dégel, exécuté sur les trois (3) prismes de 76 par 102 par 406 mm de chacun des mélanges, était en conformité avec la norme d'essai D-666 (71), méthode B, de l'A.S.T.M.

Les conditions climatiques simulées par l'appareil sont:

- Gel dans l'air d'une durée de une heure et quinze minutes (1h15) à  $-17,8 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ .
- Dégel dans l'eau d'une durée de quarante-cinq (45) minutes à  $4,4 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ .
- Soit douze (12) cycles complets accélérés de gel et dégel par vingt-quatre (24) heures.

Le comportement du béton de ciment à l'essai de gel et dégel accéléré est basé sur la variation du module d'élasticité de chacun des prismes préparés. C'est ainsi qu'à tous les trente-six (36) cycles (3 jours), chaque prisme a été pesé, mesuré et son état évalué en fonction du module d'élasticité dynamique ( $E_n$ ). La valeur  $E_n$  indique la détérioration relative du béton au gel et dégel. Cette détérioration est considérée complète dès que le module d'élasticité n'est plus que soixante-dix pour cent (70%) de sa valeur originale.

$$E_n = \frac{U_n^2}{U_0^2} \times 100 \quad \text{où}$$

$E_n$  = module d'élasticité à n cycles

$U_0$  = fréquence de résonance fondamentale longitudinale à 0 cycle

$U_n$  = fréquence de résonance fondamentale longitudinale à n cycles

L'essai accéléré de gel et dégel s'est prolongé jusqu'à cinq cents (500) cycles, même si la norme C-666(71) de l'ASTM n'en exige que trois cents (300).

## 2- Résistance en compression des cylindres de béton

La résistance à la compression a été déterminée à vingt-huit (28) jours, en conformité avec la norme BNQ 2622-912.

## 3- Essais sur les agrégats

Les caractéristiques des agrégats ont été évaluées à partir des essais qualitatifs spécifiés au cahier des charges et devis

généraux du Ministère des Transports. Les essais de détermination du Nombre Pétrographique et de la durabilité au sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ) ont été exécutés en concordance technique avec respectivement les normes BNQ 2560-900 et BNQ 2622-908.

#### CLASSIFICATION DES BÉTONS

Suite à une trop grande étendue des résultats, il a été nécessaire de reclassifier les bétons en quatre (4) classes selon leur résistance à la compression (R) à vingt-huit (28) jours.

- Classe I -  $R < 26 \text{ MPa}$
- Classe II -  $26,0 \text{ MPa} < R < 32 \text{ MPa}$
- Classe III -  $32,0 \text{ MPa} < R < 38,5 \text{ MPa}$
- Classe IV -  $38,5 \text{ MPa} < R$

#### INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

L'interprétation des résultats en fonction de la résistance en compression ne tient pas compte des différents paramètres qui peuvent grandement influencer le comportement des bétons durcis au gel et dégel. Parmi ces paramètres, notons: le rapport eau-ciment (E/C), la teneur en air, la nature des agrégats, les adjuvants, etc.

Cette limitation dans l'interprétation des résultats est nécessaire, étant donné que les échantillons de béton soumis aux essais provenaient de centrales utilisant des constituants différents dans des proportions

appropriées.

A) Module d'élasticité relatif (E) en fonction du temps

Le module d'élasticité relatif du comportement des bétons à l'essai accéléré de gel et dégel nous a permis de constater que les trois cents (300) cycles spécifiés dans la norme C-666(71) de l'ASTM sont insuffisants dans le cas de cycles rapides. L'exigence devrait être portée à cinq cents (500) cycles pour permettre une meilleure évaluation du comportement au gel et dégel.

1° Durabilité des bétons de ciment en fonction de la durabilité au  $\text{MgSO}_4$  des agrégats

La corrélation entre la durabilité du béton et celle des agrégats est difficile à établir vu un manque de données et une étendue plutôt restreinte des résultats à l'essai de durabilité au sulfate de magnésium des agrégats (pertes égales ou inférieures à 8,2%). En général, les meilleurs comportements à l'essai de gel et dégel accéléré sont obtenus par les mélanges contenant des agrégats ayant les plus faibles pourcentages de perte à l'essai de durabilité au sulfate de magnésium ( $\text{MgSO}_4$ ).

2° Durabilité des bétons de ciment en fonction du nombre pétrographique

Les bétons contenant des agrégats, dont le nombre pétrographique est inférieur à 120, ont tendance à avoir les meilleurs comportements à l'essai de gel et dégel accéléré. Cette tendance se

manifeste par des écarts plus marqués pour des agrégats dont le nombre pétrographique est supérieur à 125.

B) Résistance en compression des bétons de ciment en fonction de la durabilité au  $MgSO_4$  des agrégats

Malheureusement, les conditions reliées à cette phase de l'étude ne permettent pas de tirer une conclusion avec un bon degré de confiance. Malgré tout, il a été observé qu'avec les agrégats montrant les plus faibles pertes à l'essai de durabilité au sulfate de magnésium, furent obtenus les bétons donnant les plus hautes résistances en compression.

CONCLUSION

L'étude fait surtout ressortir l'influence de la résistance à la compression des bétons, plutôt que celle de la nature des agrégats sur le comportement des bétons au gel et dégel. Cette conclusion, d'ailleurs prévisible, s'explique pour les raisons suivantes:

- La grande différence entre les résistances en compression telles qu'obtenues et celles prévues.
- La présence de plusieurs variables incontrôlables, dont le rapport eau-ciment, la teneur en ciment, la teneur en air, les adjuvants, etc., toutes des variables qui ont une influence importante sur le comportement des mélanges.
- Le trop peu de différence dans la qualité des agrégats utilisés:

des pertes à l'essai de durabilité au sulfate de magnésium inférieures à 8,2% pour tous les échantillons analysés et des nombres pétrographiques de 130 ou moins, à l'exception d'un résultat à 160.

Quant aux principales tendances qui ont été constatées relativement à l'influence des agrégats sur le comportement des bétons soumis à l'essai accéléré de gel et dégel, il y a:

- a) Qu'un agrégat, avec un nombre pétrographique voisin de 100, tend à donner un meilleur comportement qu'un autre de 125, et au-delà de cette valeur, la tendance est encore plus marquée.
- b) Que l'influence de la qualité et de la nature de l'agrégat diminue avec l'augmentation des résistances en compression des bétons.
- c) Que pour une même classe, telle qu'établie auparavant, la résistance des bétons à l'essai accéléré de gel et dégel diminue lorsque les pertes d'un granulat à l'essai de durabilité au sulfate de magnésium augmente.

Cette première phase nous porte donc à penser qu'il sera très difficile d'établir des exigences qualitatives sur les agrégats en rapport avec leur comportement dans un mélange de béton de ciment soumis aux cycles accélérés de gel et dégel.

La deuxième phase prévoit donc la reprise des essais, mais sur des mélanges fabriqués en laboratoire avec comme seule variable le gros

agrégat dont la nature et la qualité générale seront beaucoup plus étalées. Il serait alors peut-être possible d'obtenir de meilleures corrélations entre la qualité des agrégats et le comportement du béton, surtout pour les échantillons de faibles résistances en compression.