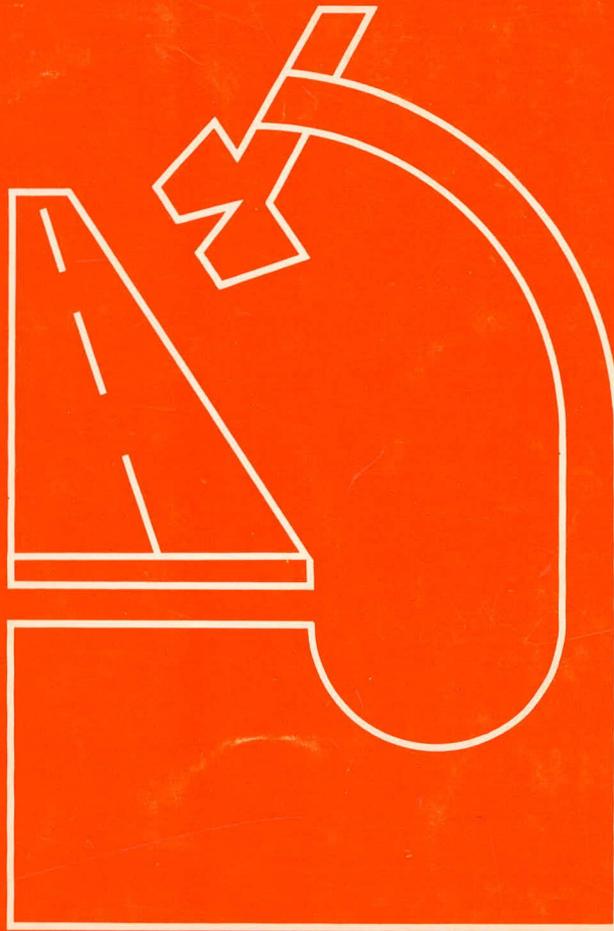


A+24/DGG/15-6

ESSAIS DE DURABILITE $MgSO_4$ et Na_2SO_4

(ASTM C-88) sur les agrégats

de carrières de calcaire



LABORATOIRE
CENTRAL

SOLS ET MATÉRIAUX

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QUÉBEC

CANQ
TR
GE
SM
130



470 489

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

ESSAIS DE DURABILITE $MgSO_4$ et Na_2SO_4

(ASTM C-88) sur les agrégats

de carrières de calcaire

Guy Dallaire, ing.
Chef de la division
Sols et Agrégats
Laboratoire Central
Ministère des Transports.

FEVRIER 1976.

CANQ
TR
GE
SM
130

LABORATOIRE CENTRAL - MINISTERE DES TRANSPORTS

Essais de durabilité $MgSO_4$ et Na_2SO_4 (ASTM C-88)

sur les agrégats de carrières de calcaire

DESCRIPTION DE L'ESSAI

L'essai de durabilité (appelé aussi gélivité artificielle) ASTM C-88 est un essai utilisé au Québec pour mesurer la résistance d'un agrégat (gros ou fin) aux effets du gel et dégel, des intempéries et de la fatigue. Cet essai consiste à imbiber l'agrégat d'une solution de sulfate de magnésium ou de sulfate de sodium, puis de le faire sécher. Le sulfate absorbé cristallise, et l'augmentation de volume crée une pression interne dans la roche. Un phénomène semblable se produit lorsque l'eau gèle. Ces opérations sont répétées 5 fois et à la fin, on calcule le résultat sous forme de pourcentage des pertes.

EFFETS DE L'ESSAI DE GELIVITE ARTIFICIELLE

Cet essai a été conçu dans le but d'accélérer l'éclatement, l'écaillage, la désagrégation et autres fractionnements qui se produisent lorsque des agrégats de mauvaise qualité sont exposés à des conditions de gel et dégel. Ces fractionnements et ces changements volumétriques permanents s'effectuent surtout sur des schistes argileux, des dolomies et calcaires schisteux, des calcaires fossilifères en lits minces, calcaires siliceux avec intercalations schisteuses... Toutefois, nous avons noté que des schistes métamorphiques résistent beaucoup mieux que prévu, mais qu'une certaine relation existe avec le faible taux d'absorption. Nous avons également noté que certains agrégats, considérés comme potentiellement bons, ont subi, surtout à l'essai $MgSO_4$ des pertes élevées (15% à 30%);

dans ce cas, le comportement est difficilement explicable si ce n'est qu'une réaction chimique se produit entre la solution et certains constituants de l'agrégat. L'explication probable est que ces agrégats réagiraient chimiquement avec la solution (4).

NATURE DE LA SOLUTION

Différentes opinions ont été émises quant aux choix de la nature des sels de sulfate pour l'essai de gélivité. Certains états américains utilisent la solution au Na_2SO_4 , alors que d'autres états américains et plusieurs provinces canadiennes utilisent la solution au MgSO_4 . L'avantage du MgSO_4 est que sa solubilité varie de 26.2% à 29% comparativement de 19.4% à 40.8% pour le Na_2SO_4 pour des températures variant de 20 à 30°C. En plus, pour ce même intervalle de température, le sulfate de magnésium a seulement une forme cristalline, alors que le sulfate de sodium en a trois (1). La figure # 3 montre la solubilité des sulfates de magnésium et de sodium en fonction de la température; on constate que dans les conditions de laboratoire, le contrôle de la température n'est pas nécessaire pour le MgSO_4 , alors que pour le sulfate de sodium, un contrôle rigide doit être maintenu pour obtenir les effets maximum de ce sel.

INTERPRETATION DE RESULTATS D'ESSAIS

Dans le but de connaître et de préciser davantage l'essai ASTM C-88, nous avons effectué, sur 408 échantillons de carrières calcaire, des essais avec les solutions de MgSO_4 et de Na_2SO_4 . Les résultats apparaissent sur le graphique I. Les valeurs sont surtout concentrées dans le rectangle $Y < 5$ et $X < 20$ ($Y = \% \text{ de perte au } \text{Na}_2\text{SO}_4$, $X = \% \text{ de perte au } \text{MgSO}_4$). En effet, 76% des 408 échantillons ont subi, avec le

Na_2SO_4 , des pertes de 0 à 5%, alors que pour ce même intervalle, 71% de ces échantillons ont subi une perte inférieure à 20% au MgSO_4 .

Les 291 (i.e. 71%) des 408 échantillons précités, ayant à la fois des pertes au Na_2SO_4 inférieures à 5 et des pertes au MgSO_4 inférieures à 20%, montrent que l'essai au MgSO_4 provoque plus de détérioration que l'essai au Na_2SO_4 . Par cette prédominance de pertes au sulfate de sodium variant de 0 à 5, variation correspondante à des pertes de 0 à 20 au sulfate de magnésium, l'ingénieur et le technicien peuvent mieux évaluer la qualité d'un agrégat avec l'essai au sulfate de magnésium. D'ailleurs, des études (1, 2) confirment ce fait et soulignent entre autres que pour des matériaux de pauvre qualité, les différences sont plus prononcées avec le sel de magnésium.

En excluant les échantillons dont la perte au Na_2SO_4 est inférieure à 5, il y a une bonne corrélation (coef. de 0.81) entre la perte au sulfate de magnésium et la perte (>5) au sulfate de sodium. Le graphique II montre la relation entre ces pertes. Cette relation peut être utile lorsqu'il y a un doute relatif à des pertes moyennes à élevées (8 à 30) au MgSO_4 , dans ce cas-ci une perte supérieure à 5 à l'essai Na_2SO_4 fournira souvent des explications additionnelles et complètera des informations sur la qualité d'un agrégat.

De la compilation des essais au sulfate sur les 408 échantillons et d'essais complémentaires (absorption, nombre pétrographique, etc.), l'essai ASTM C-88 au MgSO_4 est un outil très utile pour l'évaluation de la qualité de durabilité d'un agrégat de carrière calcaire, mais ne remplace pas et ne remplacera jamais l'appréciation globale d'un agrégat.

Les propriétés comme la texture, l'absorption, la fragilité, la forme, etc... ainsi que la composition chimique sont évidemment à considérer. Le calcaire cristallin soumis à l'essai au $MgSO_4$ a une perte de l'ordre de 3% et est un matériel nuisible dans la construction de route. Nous avons noté que des agrégats (de calcaire ou de dolomie) de bonne qualité ont des pertes élevées à l'essai au sulfate de magnésium; ces pertes élevées seraient, entre autres, dues, d'après la note # 3 de la méthode ASTM C-88 - 1972, à une réaction chimique entre l'agrégat et la solution fraîche de magnésium. Ces pertes peuvent être aussi dues à des microfissures. Il importe donc, dans le contrôle de construction, de ne pas systématiser la qualité d'agrégats d'après un essai.

REPRODUCTIBILITE DE L'ESSAI

Un programme d'échange sur l'essai au $MgSO_4$ nous a permis de constater, dans certains cas, une variation prononcée dans les résultats. Les facteurs énumérés ci-dessous peuvent influencer les résultats d'essais.

- Un mauvais tamisage au départ avec un bon tamisage à la fin (ou bien le contraire).
- Des agrégats sales soumis à l'essai sans être lavés.
- Un mauvais choix de tamis lors du tamisage de la partie pierre après l'essai.
- Une température trop basse (surtout la nuit) dans les bains contenant de la solution.
- Une solution de densité trop basse (manque de saturation).
- Une quantité insuffisante de solution.
- Une immersion insuffisante ou inadéquate.
- Un chauffage insuffisant ou non régulier à l'étuve avec la possibilité d'évaporation inadéquate.

- Un manque de lavage de l'agrégat (gros ou fin).
- La durée du séchage.
- Un mauvais lavage après les 5 cycles.
- Des balances non calibrées.
- Des tamis usés ou percés.
- Des tamis non conformes aux spécifications.

Il importe donc d'uniformiser l'essai au sulfate, de comparer l'équipement, d'être minutieux dans les opérations de l'essai. Les différents laboratoires doivent donc se rencontrer pour diminuer les sources de variations et ainsi éviter les erreurs d'interprétation.

CONCLUSION

- Les pertes inférieures à 5% à l'essai Na_2SO_4 n'ont pas de signification pour les agrégats de carrières de calcaire de la province de Québec.
- Les pertes supérieures à 5% à l'essai Na_2SO_4 ont une relation assez étroite (voir graphique II, coef. de corrélation de 0.81) avec les pertes au MgSO_4 . Cette relation est utile dans certains cas pour vérification de la qualité douteuse d'un agrégat.
- La solution au MgSO_4 est définitivement préférable à la solution de Na_2SO_4 .
- L'essai ASTM C-88 ne constitue pas un moyen "ex cathedra" d'évaluation au gel et dégel d'un agrégat, mais contribue très souvent à déterminer le potentiel d'un agrégat.
- Une communication constante doit exister entre les laboratoires d'analyses de matériaux routiers pour une uniformisation de l'essai.

REMERCIEMENTS

L'auteur remercie M. Gérard Moreau, t.p., et son équipe de la section agrégat du Laboratoire Central de leur collaboration pour la publication de ce travail. A cette fin, M. André Lelièvre a aussi apporté une aide très appréciée.

Guy Dallaire, ing.
Chef de la division Sols et Agrégats
Laboratoire Central
Ministère des Transports
Complexe Scientifique
2700, rue Einstein
Ste-Foy, Québec
G1P 3W8

Québec, le 27 janvier 1976.

GD/fg

REFERENCES

- 1) HRB Proc., 1932, pages 319 à 328, Paul, I.
- 2) ASTM, Proc., 1939, pages 882 à 891, WuerPel, C.E.
- 3) ASTM Special Technical Publication # 169, 1956.
- 4) 1972 ASTM Book of ASTM Standard, Part # 10.

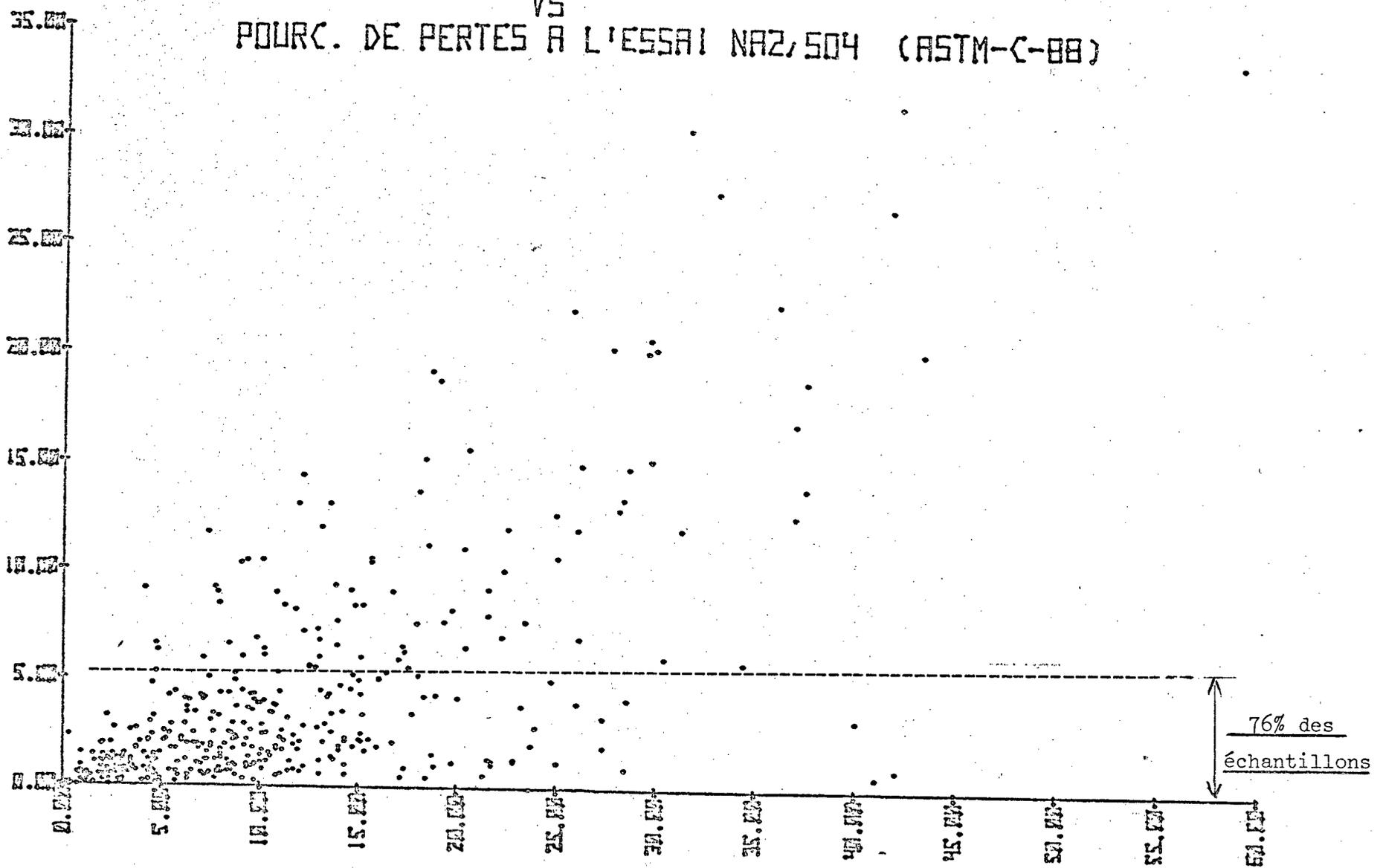
AGREGATS DE CARRIERES DE PIERRE CALCAIRE

POURC. DE PERTES A L'ESSAI MG, 504

VS

POURC. DE PERTES A L'ESSAI NAZ, 504 (ASTM-C-88)

POURC. DE PERTE A L'ESSAI NAZ, 504



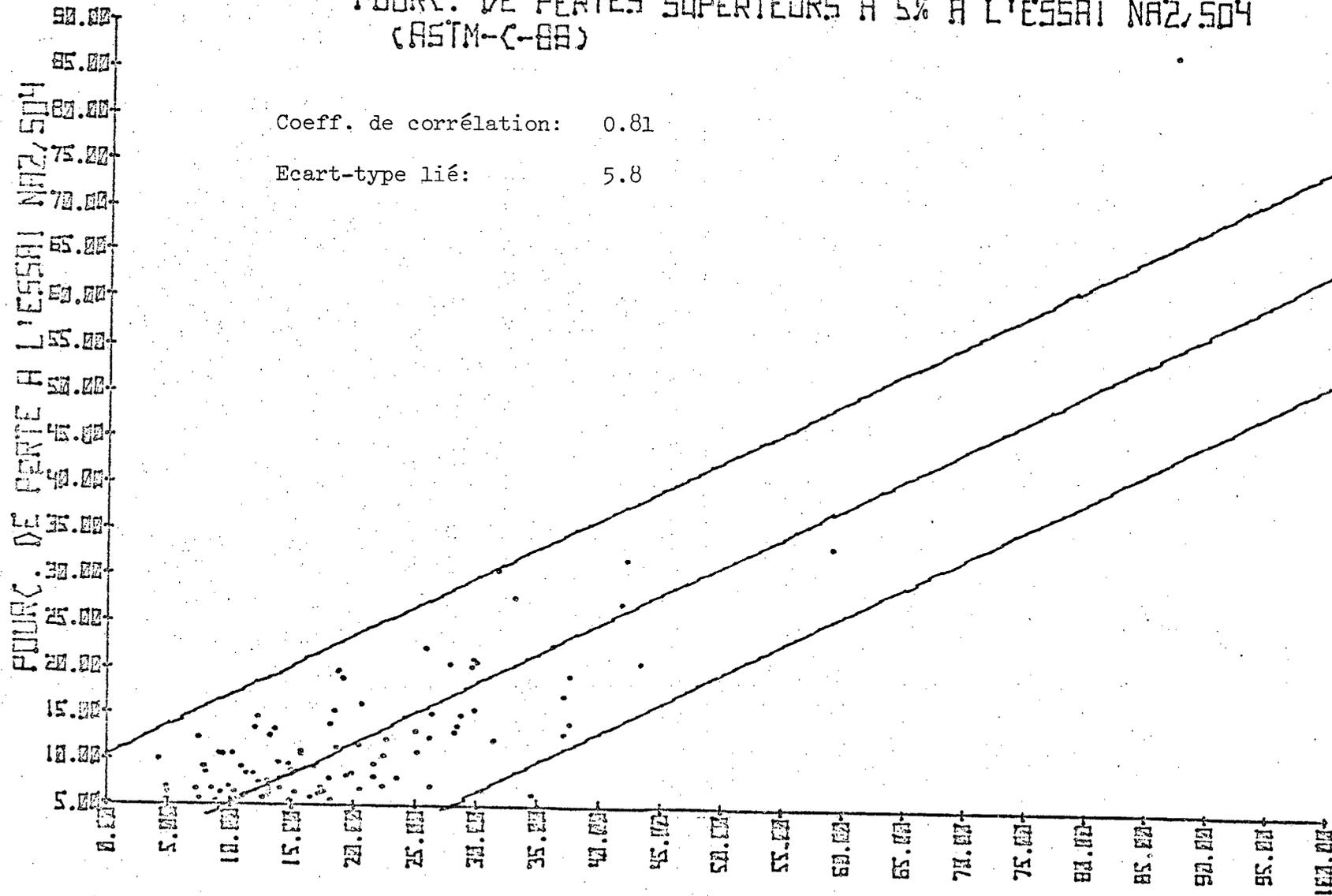
POURC. DE PERTE A L'ESSAI MG, 504

AGREGATS DE CARRIERES DE PIERRE CALCAIRE

POURC. DE PERTES A L'ESSAI MG, 504

VS

POURC. DE PERTES SUPERIEURS A 5% A L'ESSAI NAZ, 504
(ASTM-C-88)



POURC. DE PERTE A L'ESSAI MG, 504

CONCENTRATION, GRAMMES DE SULFATE DANS 100 GR. D'EAU

SOLUBILITE DES SULFATES DE SODIUM ET DE MAGNESIUM DANS L'EAU.

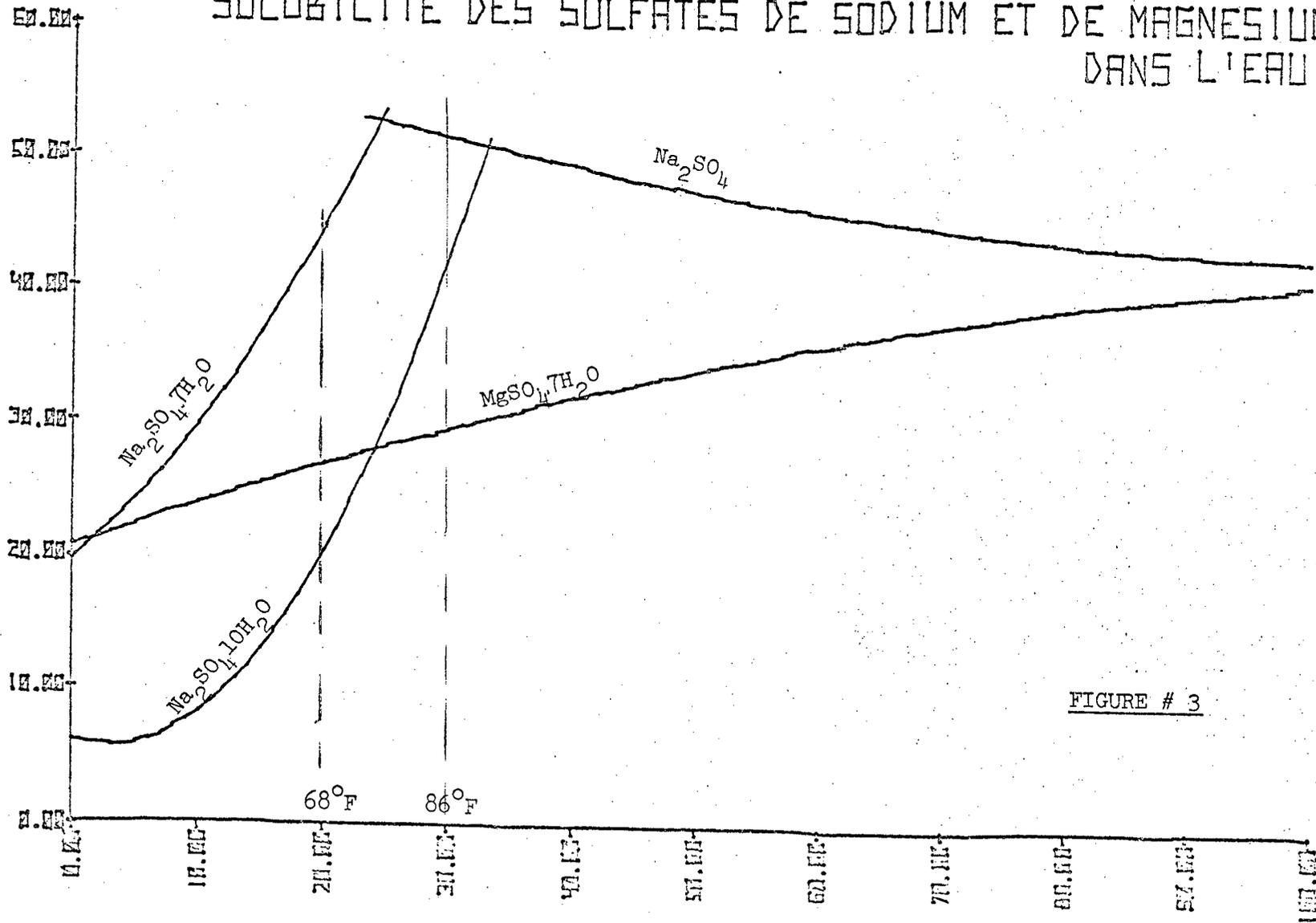


FIGURE # 3

TEMPERATURE EN DEGRES CENTIGRADES

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 102 137