

INFLUENCE DE L'AJOUT D'UN COLORANT SUR LA RÉSISTANCE AUX SELS DE DEVERGLAÇAGE D'UN BÉTON ROUTIER

Ir CLAUDE PLOYAERT
ConcreteTechnologyEngineer
INTER-BETON

Ir LUC RENS
Raadgevend ingenieur infrastructuur
FEBELCEM

Summary

Une coloration du béton est parfois prescrite pour des raisons esthétiques ou de sécurité (aménagement urbains, pistes cyclables, îlots directionnels, etc.).

Ces colorants sont des poudres très fines dont le dosage se situe généralement entre 2 et 5 % en masse par rapport à la quantité de ciment selon la teinte désirée.

L'article commente l'influence de l'ajout de ces fines poudres sur la qualité des bétons et en particulier sur leur résistance aux cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage.

Omwille van esthetische redenen of van de veiligheid (stedelijke inrichting, fietspaden, verkeerseilanden,...) wordt soms gekleurd beton gebruikt.

Kleurstoffen zijn zeer fijne poeders waarvan de dosering, uitgedrukt in verhouding tot de hoeveelheid cement, zich over het algemeen tussen de 2 en de 5% situeert, afhankelijk van de gewenste tint.

Deze bijdrage beschrijft de invloed van dergelijke fijne poeders op de kwaliteit van het beton en in het bijzonder op de weerstand tegen vorst-dooicycli in aanwezigheid van dooizouten.

1. Introduction

Les pigments sont des substances, généralement sous forme de fines particules, qui sont pratiquement insolubles dans le milieu d'application, et qui ne servent qu'à colorer les matériaux de construction à base de ciment et/ou de chaux.

Les exigences et les méthodes d'essai s'appliquant aux pigments utilisés pour la coloration des matériaux de construction à base de ciment et/ou de chaux sont données dans la norme NBN EN 12878.

Afin d'obtenir un pouvoir colorant élevé, les fabricants de colorants s'efforcent de commercialiser des pigments fins (les grains ont des diamètres compris entre 0,1 et 1 micron, ce sont des super-fillers).

L'illustration (tableau) I donne les pigments les plus importants constitués par des oxydes minéraux, classés par couleur. En regard, ont été indiquées leurs appellations chimiques, accompagnées de leurs formules et de leurs noms usuels. La dernière colonne donne une estimation de quelques caractéristiques physiques déclarées par des fabricants-fournisseurs.

Couleur	Formule chimique	Dénomination	Diamètre moyen des grains (μm)	Masse volumique réelle (g/cm^3)	Demande en eau (% en masse)
Blanc	TiO_2	Dioxyde de titane	Non connu	3,8 à 4,0	20 à 30
Noir	Fe_2O_3	Oxyde de fer	0,1 à 0,6	4,6 à 5,1	20 à 35
Rouge	Fe_2O_3	Oxyde de fer	0,1 à 0,7	4,9 à 5,1	25 à 35
Jaune	Fe_2O_3	Oxyde de fer	0,1 à 0,8	4,0 à 4,2	40 à 80
Vert	Cr_2O_3	Oxyde de chrome	0,3	5,2	13 à 20
Bleu	CoAl_2O_4	Aluminate de cobalt	Non connu	4,6	15 à 20
Brun	Fe_2O_3	Oxyde de fer	0,1 à 0,6	4,5 à 4,9	25 à 40

Illustration 1 : caractéristiques moyennes de quelques pigments

Selon les normes NBN EN 206-1 et NBN B15-001, les pigments sont considérés comme des additions de type I. En effet, il s'agit de matériaux inertes utilisés pour modifier une propriété du béton : la couleur. Les bétons colorés sont utilisés dans de nombreux cas tels que pavages en béton pour voirie, béton coloré prêt à l'emploi, etc. On considère, en cas d'emploi de pigments minéraux à haut pouvoir colorant, que des quantités de 2 à 5 % par rapport au poids de ciment donnent des teintes suffisantes. Il faut s'efforcer de ne pas utiliser

plus de pigments que nécessaire. Au-dessus d'un taux de pigmentation de 5 à 7 %, on atteint ce que l'on appelle le taux de saturation, c'est-à-dire le seuil au-delà duquel toute quantité supplémentaire n'augmente que très faiblement l'intensité de teinte, voire plus du tout. Toutefois, un moyen pour renforcer l'action des pigments est d'utiliser du ciment blanc. Plus les fines du béton sont claires, plus les pigments sont efficaces.

2. La résistance au gel et aux sels de déverglaçage des bétons colorés

Afin d'obtenir un revêtement en béton résistant aux sels de déverglaçage, le béton doit être de très bonne qualité. Il offrira ainsi une faible porosité et une grande résistance à la traction. Cette qualité s'obtient par la voie classique du E/C très bas, $\leq 0,50$ voire 0,45 ce qui implique une faible teneur en eau du béton ($\leq 180 \text{ l/m}^3$) et une teneur minimale en ciment de 360 - 375 kg/m^3 . Si des fines sont ajoutées comme par exemple des pigments qui comme nous l'avons vu plus haut demandent beaucoup d'eau de mouillage, la teneur en eau du béton ne peut absolument pas être augmentée au risque de voir augmenter la porosité du matériau.



Illustration 2 : les bétons colorés sont obtenus par l'ajout d'un pigment généralement sous forme de poudre. Ces colorants sont très fins (grains moyens de l'ordre de 0,1 à 1 μm) et ont donc une demande en eau importante. Il est important pour conserver les caractéristiques de durabilité du béton aux cycles de gel-dégel de ne pas augmenter la teneur en eau du mélange mais de compenser la perte d'ouvrabilité éventuelle par l'ajout d'un plastifiant

D'autres précautions doivent également être prises. L'utilisation d'un adjuvant entraîneur d'air est par exemple absolument nécessaire, L'expérience a montré qu'au-delà d'une certaine teneur en air fonction du D_{max} du béton, les écaillages dus aux cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage restent limités. Il faut toutefois que la teneur en eau du mélange soit relativement faible. Dans le cas contraire, une teneur en air adéquate combinée à un facteur d'espacement faible ne pourra jamais produire une durabilité à l'écaillage suffisante.



Illustration 3 : une teneur en air sur béton frais de minimum 3 % est nécessaire pour éviter un écaillage important des surfaces des revêtements soumises à des cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage

3. Analyse d'un cas concret avec utilisation de pigments dans la composition des bétons

En juillet 2000, plusieurs pistes cyclables ont été construites dans la région d'Aarschot. Les bétons utilisés ont été contrôlés à l'état frais et à l'état durci. Les compositions et l'ensemble des caractéristiques contrôlées sont données ci-après sous forme de tableau (Illustration 4). Aujourd'hui, treize ans plus tard, ces pistes cyclables montrent un très bon comportement.

Béton n°	1	2	3	4
	Avec pigment E/C ≃ 0,50	Avec pigment E/C ≃ 0,50	Avec pigment E/C ≃ 0,50	Sans pigment E/C ≃ 0,50
Gravier concassé 6/20	914 kg/m ³	899 kg/m ³	908 kg/m ³	909 kg/m ³
Gravier concassé 2/6	293 kg/m ³	289 kg/m ³	292 kg/m ³	291 kg/m ³
Sable de rivière 0/2	357 kg/m³	351 kg/m³	355 kg/m³	355 kg/m³
Sable de rivière 0/1	186 kg/m³	183 kg/m³	185 kg/m³	185 kg/m³
CEM III/A 42,5 N LA	366 kg/m³	360 kg/m³	364 kg/m³	364 kg/m³
Pigment (oxyde de fer rouge)	5 % soit 18,3 kg/m³	5 % soit 18,0 kg/m³	5 % soit 18,2 kg/m³	-
Plastifiant Entraîneur d'air	780 ml/m ³ 450 ml/m ³	770 ml/m ³ 480 ml/m ³	775 ml/m ³ 485 ml/m ³	780 ml/m ³ 490 ml/m ³
Eau totale ⁽¹⁾	183 l/m ³	185 l/m ³	187 l/m ³	185 l/m ³
Essais sur béton frais	Slump	35 mm	35 mm	20 mm
	Teneur en air	3,8 %	4,5 %	4,5 %
	Masse volumique humide	2320 kg/m ³	2285 kg/m ³	2310 kg/m ³
Essais sur béton durci	Résistance à la compression ⁽²⁾	55,6 N/mm²	53,1 N/mm²	52,8 N/mm²
	Absorption d'eau par immersion ⁽³⁾	6,3 %	6,6 %	6,4 %
	Résistance au gel, écaillages à 30 cycles ⁽⁴⁾	4,6 g/dm²	6,9 g/dm²	6,6 g/dm²
(1)	La teneur en eau est contrôlée par brûlage d'un échantillon de béton frais			
(2)	La résistance à la compression est mesurée sur carottes de 100 cm ² de section et de 10 cm de hauteur à 90 jours			
(3)	L'absorption d'eau par immersion est mesurée sur tranches découpées à la surface supérieure de carottes de 100 cm ²			
(4)	La résistance au gel-dégel en présence de sels de déverglaçage est mesurée à 90 jours d'âge sur tranches découpées à la surface supérieure de carottes de 100 cm ² , essai selon ISO/DIS 4846.2			

Illustration 4 : composition de béton et influence de plusieurs paramètres sur la résistance au gel-dégel en présence de sels de déverglaçage

(Résultats issus de mesures sur chantiers – pistes cyclables à Aarschot)

Plusieurs raisons peuvent être avancées quant à la bonne résistance aux cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage de ces revêtements :

- un squelette granulométrique contenant peu de sable (de l'ordre de 31 % par rapport à la totalité du squelette inerte). Il est connu que les particules plus petites que constituent les grains de sable demandent beaucoup d'eau de mouillage et par conséquent, un dosage important en sable augmente la porosité du mélange et le risque de dégâts ;
- une teneur en ciment élevée conjuguée à un rapport E/C des bétons relativement faible (maximum 0,50) ;
- une teneur en air entraîné des bétons comprise entre 3,8 et 4,5 % c'est-à-dire un réseau de microbulles d'air pouvant contribuer efficacement à la protection du béton contre les cycles de gel-dégel en présence de sels de déverglaçage ;
- l'ajout d'un colorant sans ajout complémentaire d'eau. Ainsi, il peut même être constaté en comparant les bétons 1, 2 et 3 (avec pigment) avec le béton 4 (sans pigment) que les superfines que constitue le pigment est en fait un réducteur de porosité (absorption d'eau par immersion nettement plus élevée pour le béton n° 4 par rapport aux autres bétons).
- enfin, généralement une mise en œuvre à la machine à coffrages glissants d'un béton consistant est également un facteur déterminant. En effet, une vibration du béton soignée et la protection contre la dessiccation immédiatement après celle-ci sont des conditions indispensables car c'est bien la peau des éléments en béton qui est sévèrement exposée aux sels fondants.



Illustration 5 : mise en œuvre d'un béton coloré rouge pour une piste cyclable à Aarschot

4. Conclusions

Lorsqu'une certaine quantité de colorant ou de manière générale de fines est ajoutée à un béton, il est important de ne pas augmenter la teneur en eau de celui pour garantir sa durabilité aux sels de déverglaçage. Afin de compenser la perte d'ouvrabilité, la quantité de (super)plastifiant peut éventuellement être augmentée.

5. Références bibliographiques

- NBN EN 12878 Pigments de coloration des matériaux de construction à base de ciment et/ou de chaux – Spécifications et méthodes d'essai. NBN, 2005 (+AC/2006).
- Rens L. Les revêtements en béton coloré lavé. Bulletin I-3, FEBELCEM, 2010.
- Ployaert C. Vers une composition optimale des bétons routiers. FEBELCEM, 2010.
- Ployaert C. Concevoir des ouvrages en béton résistant au gel-dégel et aux sels de déverglaçage. Bulletin T-4, FEBELCEM, 2012.

* * *