

UNIVERSITE TOULOUSE III - PAUL SABATIER

UFR PCA



THESE

en vue de l'obtention du grade de



Docteur de l'Université Toulouse III

Discipline : Génie Civil

présentée et soutenue par

Guillaume Lemaire

**CONTRIBUTION A LA MAITRISE DE LA QUALITE DES
PAREMENTS DE BETON**

Soutenue le 23 janvier 2003 devant le jury :

Mme	Ginette Arliguie	présidente
MM.	Louis Demilecamps	Examineur
	Gilles Escadeillas	Codirecteur de thèse
	Jean-Louis Gallias	Rapporteur
	Richard Pleau	Rapporteur
	Erick Ringot	Codirecteur de thèse

LABORATOIRE MATERIAUX ET DURABILITE DES CONSTRUCTIONS (INSA-UPS)

135 avenue de rangueil, 31077 Toulouse Cedex

INTRODUCTION GENERALE

Si le béton justifie sa place prépondérante parmi les matériaux de construction, c'est notamment par sa souplesse de mise en œuvre mais aussi pour ses propriétés mécaniques et l'amélioration sans cesse apportée à sa durabilité. A cet égard, des progrès importants ont été réalisés ces dernières décennies avec l'avènement des bétons hautes performances (BHP, BTHP, BFUP, ...) puis, plus récemment, des bétons auto-plaçants (BAP).

Malgré ses indéniables qualités, le béton garde une image plutôt négative aux yeux du grand public peu conscient de ces progrès. Cette mauvaise réputation s'appuie notamment sur quelques réalisations d'ouvrages à la finition esthétique peu soignée ou ayant subi les outrages du temps. Le béton offre pourtant un vaste choix de formes, de textures et de couleurs laissant aux maîtres d'œuvres et d'ouvrages toute latitude pour imaginer et réaliser des ouvrages en béton apparent (béton architectonique ou brut de décoffrage) de haute qualité esthétique. Les plafonds du Louvre (partie récente) ou du Viaduc de Chavanon en sont quelques exemples majeurs.

Le béton peut être beau. Dreux lui-même l'annonçait déjà avec emphase dans ses films de vulgarisation dans les années 70-80. La réalité de terrain ne lui donne toutefois pas toujours raison car la maîtrise de la qualité des parements sur chantier reste encore souvent aléatoire. Lorsque les défauts de parement surviennent, leurs causes sont souvent mal connues. Les mesures correctives ne donnent pas toujours des résultats satisfaisants et les méthodes préventives sont encore qualitatives. Que peut-on mieux faire que de respecter les règles de l'art en matière de formulation et de mise en œuvre ?

La méconnaissance des mécanismes en jeu dans la formation des défauts de parement est sans aucun doute liée au grand nombre de paramètres physiques, chimiques, climatiques et technologiques à prendre en compte. Les impératifs industriels, de part la diversité des modes opératoires et des matériaux mis en œuvre ajoutent encore à la complexité de l'analyse. La maîtrise des parements est à l'origine de nombreux conflits entre les partenaires de la construction lors de la réception des ouvrages et est devenue un enjeu économique important pour le BTP. C'est dans ce contexte que l'entreprise *GTM-Construction* a décidé de nouer un partenariat avec le *Laboratoire des Matériaux et*

Durabilité des Constructions de Toulouse en vue d'améliorer la maîtrise de la qualité des parements de béton brut de décoffrage.

Le travail de cette thèse concerne donc l'amélioration de la maîtrise de la qualité esthétique des parements des bétons coulés en place et laissés "brut de décoffrage". Cette étude ne prend pas en compte les effets du vieillissement (carbonatation, salissure, algues, etc.) au-delà d'un an.

Les objectifs de ce travail étaient :

- la mise au point d'un outil de mesure de la qualité esthétique (couleur, homogénéité de teinte, bullage) des parements de béton ;
- la quantification de l'influence de certains paramètres de mise en œuvre ou de formulation sur la qualité esthétique des parements ;
- la compréhension des origines physiques et chimiques des défauts de surface (variations de "teinte", fantôme d'armature).

Les travaux présentés dans ce document et relevés dans la bibliographie s'appuient sur les recherches menées dans ce domaine, principalement en France, depuis les années 60 [ADA65] jusqu'à présent [LAL01]. Cependant, comme nous le verrons dans les premiers chapitres de ce document, les travaux de recherche visant à une meilleure compréhension des phénomènes liés à la qualité des parements sont peu nombreux. On note toutefois que plusieurs travaux importants sur ce sujet ont été menés récemment (ATILH, CERIB-LMSC, PN Calibé) ou bien sont en cours dans le cadre de thèses (CRIB, LAMH, CEA, PN BAP) ce qui montre l'intérêt actuel de cette problématique.

Le document est séparé en 4 parties comprenant en tout 9 chapitres. En voici une description succincte :

Partie 1 – Synthèse bibliographique

La première partie regroupe quatre chapitres consacrés à l'étude bibliographique. Les chapitres I, II et III font une synthèse des différents types de défauts rencontrés sur chantier, de leurs origines probables et des méthodes connues pour les éviter ou les réparer. Ils présentent aussi un état des lieux des connaissances de la microstructure des défauts. Le chapitre IV présente quelques notions de colorimétrie et fait le point sur les méthodes actuelles de contrôle de la qualité des parements de béton.

Partie 2 – Outil de contrôle de la qualité des parements

Le chapitre V décrit une méthode originale de contrôle de la qualité des surfaces en béton du point de vue de la couleur, de son homogénéité et du bullage. Cette méthode mise au point durant la thèse a fait l'objet d'un dépôt de brevet.

Partie 3 – Etude de l'influence des paramètres de mise en œuvre et de formulation

Le chapitre VI présente l'étude de l'influence des produits démoulants sur les qualités esthétiques du béton. Les résultats présentés ont été obtenus sur chantier et en laboratoire. Cette étude a été menée en collaboration avec le CRITT CATAR (ENSIACET).

Le chapitre VII est consacré à l'influence de la maturité du béton au décoffrage sur ses propriétés esthétiques. Les essais ont été réalisés sur pâte de ciment et sur béton. De plus, l'analyse de l'aspect des bétons a été complétée par des mesures de l'absorption capillaire et des analyses au MEB des surfaces. Cette étude a été menée pour partie en collaboration avec le CRIB (Université Laval).

Le chapitre VIII présente l'étude de l'influence des paramètres de formulation des bétons (82 conditions expérimentales) sur les qualités esthétiques du béton. Ce chapitre est décomposé en trois parties :

- présentation du programme expérimental ;
- analyse des résultats de façon classique (tableau en 2D) ;
- analyse de variance et de covariance à l'aide d'un logiciel de traitement de données (SAS). Cette partie a été menée en collaboration avec le Laboratoire de Probabilités et Statistique de l'Université Paul Sabatier (Toulouse III).

Partie 4 – Analyse de la microstructure des défauts

Le chapitre IX est consacré à l'étude de la microstructure des défauts de "teinte" de différentes origines (fuites de laitance, fantômes d'armature, maturités différentes au décoffrage ou origines inconnues). Les moyens mis en œuvre comprennent notamment un microscope électronique à balayage, un diffractomètre à rayons X, un spectromètre à infrarouge et un vidéo microscope.

Cette étude se terminera par une conclusion faisant un bilan des travaux réalisés, des applications industrielles possibles, mais aussi par les perspectives de recherche.