



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITÉ AMAR TELIDJI- LAGHOUAT

FACULTE DE GÉNIE CIVIL ET D'ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

MÉMOIRE DE MASTER

PRÉSENTÉ PAR :

GASMI ABDELHAMID.

GHABANI TAHER ABDERRAHMANE.

DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GÉNIE CIVIL

OPTION : STRUCTURE.

Thème

Diagnostic Pathologique du Phénomène de Ségrégation dans les ouvrages en Béton Armé Entretien et Réparation

Jury de soutenance :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>
<i>Lakhdhari mohamed</i>	Maître Assistant A	Président
<i>Benchaa Benabed</i>	Professeur	Examineur
<i>Damene Zineb</i>	Maître de Conférences A	Encadreur
<i>Amieur Taha Yacine</i>	Ingénieur LTP-Sud	Invité d'honneur

Promotion: Juin – 2022

CITATIONS

« Les portes de l'avenir sont ouvertes à ceux qui savent les Pousser » **COLUCHE**

REMERCIEMENTS

Nous remercions avant tout Dieu de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude.

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadreur, **Mme.Damene Zineb** pour les conseils et les orientations qu'elle nous a fourni pendant la réalisation de notre projet.*

*Nous remercions particulièrement **Mr Amieur Taha Yacine** du laboratoire (LTP-Sud) pour l'orientation et les documents concernant le cas pathologique à étudier.*

Nous voudrions aussi remercier tous les enseignants de département de Génie Civil à l'Université Amar Telidji de Laghouat.

Nous tenons également à remercier tous ceux qui nous ont apporté leur aide et leurs encouragements, en particulier nos familles.

*Et Nous tenons à remercier Les membres de jury **Mr.Lakhdari Mohamed** et **Mr.Benchaa Benabed** pour l'attention qu'ils ont accordé à notre modeste travail et leurs efforts d'enseignement au cours des années précédentes*

Nos remerciements les plus chaleureux vont à tous mes camarades d'option structures de département de génie civil de l'université de Laghouat, ainsi que à tous mes autres camarades de cette Université pour leur présence dans les moments difficiles et les excellents moments que nous avons passé avec eux tout au long de ces cinq années.

DÉDICACE

À l'occasion de mon obtention du diplôme, Je dédie ce succès à celui qui sans le savoir m'a tantôt servi de source d'inspiration, tantôt de modèle, tantôt de repoussoir, et partir duquel J'ai forgé mon identité et que je suis devenu qui je suis, à celui qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon chère père, en ce jour j'espère réaliser l'un de tes rêves. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour.

A ma chère mère, ma source inépuisable De tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. J'espère ne jamais te décevoir, ni trahir ta confiance et tes sacrifices. Que la vie et ta santé te gardent à nos côtés et te préserve tout le bonheur que tu nous a tant donné et souhaité.

A toute ma famille, mes sœurs qui constituait une partie de mon existence et qui m'ont donné la chance d'arriver là où je suis, Mon chère neveu Haroun, à tous mes chers amis, pour leur soutien inconditionnel et leurs encouragements. A tous ceux qui ont toujours été là pour moi.

Une dédicace à mon encadreur qui, dès la première minute à cru en moi et a répondu toujours favorable et avec patience à mes préoccupations tout au long de mon cursus et mon mémoire, à tous mes enseignants qui ont marqué mon passage scolaire depuis le primaire en arrivant jusqu'à mon cursus universitaire.

À tous ceux avec qui nos chemins se sont croisées pendant toutes ces années je repense certainement avec nostalgie à toutes ces rencontres et à tous ces moments de joie de succès, mais aussi de stress de travail et d'efforts et même d'échecs des fois. A tous ces intervenants durant cette longue histoire de matins tôt et de nuits blanches, tous ceux qui ont cru en moi je vous présente mes remerciements et ma profonde gratitude et reconnaissance.

RESUME

Ce travail a pour but de présenter l'état de l'art sur l'un des problèmes courant du béton frais, le phénomène de ségrégation, ses paramètres qui contribuent à son apparition et ses conséquences sur le comportement du béton soit en état frais ou à l'état durci.

Le développement du secteur de construction impose la mise à jour des méthodes de construction traditionnel et l'utilisation des matériaux innovants pour répondre aux exigences techniques de conception des ouvrages mais la non-prise en charge de la problématique de la durabilité ainsi que l'absence d'une vraie politique de surveillance ; main d'œuvre non qualifiée et entretien des ouvrages d'art insatisfaisante dans notre pays, nous a incité à proposer ce thème qui a pour objectifs : de comprendre les techniques pour une réalisation parfaite, les actions principales dans la réparation des pathologies jusqu'à l'application.

Notre travail constitue une orientation par des mesures préventives qui aident à éviter ou à résoudre les problèmes qui surviennent sur chantier pendant la réalisation des projets en particulier les dégradations dû au phénomène de ségrégation.

Mot-clé : Ségrégation, prévention, béton armé, renforcement, réhabilitation.

ABSTRACT

This work is intended to present the state of the art on one of the common problems of fresh concrete, the phenomenon of segregation, its parameters that contribute to the appearance and its consequences has the behavior of concrete either in fresh state or in the hardened state.

The ongoing development in the field of construction require the updating of traditional construction methods and the use of innovative materials to meet the technical requirements of design of the works but not-Taking charge of the problem of sustainability as well as the lack of a real policy of supervision, manpower is not qualified and maintenance of the works of art is not satisfactory in our country, encouraged us to propose this theme which has for objectives: to understand the techniques for a perfect realization, the main actions in the repair of pathologies until the application.

Our work constitutes an orientation by preventive measures which help to avoid or to solve the problems which arise on site during the realization of the projects in particular the degradations due to the phenomenon of segregation. Our work constitutes an orientation by preventive measures which help to avoid or to solve the problems which arise on site during the realization of the projects in particular the degradations due to the phenomenon of segregation.

Keywords: Segregation, concrete, reinforced, rehabilitate.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى عرض أحدث التطورات بشأن إحدى المشاكل الشائعة المتمثلة في الخرسانة أثناء عملية الصب، و تعرضها لظاهرة الانفصال الحبيبي، والعوامل التي تسهم في ظهورها وعواقبها، لما لها من تأثير ملحوظ على الخرسانة قبل التصلب أو بعد التصلب.

إن من متطلبات التطور الجاري والمستمر في ميدان التشييد تحديث أساليب التشييد التقليدية واستخدام مواد مبتكرة لتلبية المتطلبات التقنية لتصميم الأشغال و الحرص على بناء سليم ومستدام، فضلاً عن عدم وجود سياسة حقيقية للإشراف، واليد العاملة الغير مؤهلة والصيانة الغير مرضية في بلدنا، شجعنا على اقتراح هذا الموضوع الذي يهدف إلى تحقيق فهم شامل للوسائل التقنية من أجل تشييد سليم، و معرفة الإجراءات الرئيسية في إصلاح المشاكل التي قد تطرأ من الدراسة لغاية التطبيق.

يشكل عملنا توجيهاً من خلال الإجراءات الوقائية التي تساعد على تجنب أو حل المشكلات التي تنشأ في الموقع أثناء تنفيذ المشاريع ولا سيما التدهور الناتج عن ظاهرة الفصل.

الكلمات المفتاحية : الخرسانة المسلحة , الإصلاحات , الانفصال الحبيبي, إعادة التأهيل

LISTE DE FIGURES

Chapitre I : Phénomène de ségrégation.

Figure I-1: Représentation du cas de ségrégation statique dans un volume de béton	4
Figure I-2: Séparation et accumulation d'eau due au ressuage dans le béton	6.
Figure I-3: le phénomène du nid de gravier	7.
Figure I-4 : Micro ségrégation	8
Figure I-5 : le phénomène de veines de sable	8
Figure I-6: Phénomène de cassure du béton frais	10
Figure I-7 : Évolution de la vitesse initiale de ressuage et de l'affaissement au cône d'Abrams en fonction du dosage en ciment des bétons	11
Figure I-8 : Influence de Rapport E/C Sur la résistance du béton	11
Figure I-9: Influence du rapport E/C sur les propriétés du béton	12
Figure I-10 : l'influence de Rapport G/S sur la compacité virtuelle	13
Figure I-11 : Vue intérieure d'un malaxeur de centrale à béton	15
Figure I-12 : Influence de vibration au béton	16
Figure I-13 : Le béton coulé sur le tablier du pont des ARTS-ET-MÉTIERs	17.
Figure I-14 : Effet Boycott	18.
Chapitre II : Revue sur les dégradations, Mesures Préventives et Techniques de réparations	
FigureII-1 : Phénomène de ségrégation	23
FigureII-2 : Poteau endommagé à cause d'une agression au chantier	24
Figure II-3 : Le béton projeté	27
Figure II-4 : Le mécanisme de la projection de voie humide	27
Figure II-5 : Le mécanisme de la projection par voie sèche	28

LISTE DES FIGURES

Figure II-6 : La méthode de ragréage	29
Figure II-7 : La méthode d'injection	31
Figure II-8 : Représentation schématique de l'essai d'étalement	38
Figure II-9 : Détermination de l'étalement	38
Figure II-10 : Représentation schématique de l'essai à la boîte en L	39
Figure II-11 : Représentation schématique de l'essai Stabilité au tamis	39

Chapitre III : Etude Expérimental de cas « Viaduc El- Ghazaouet »

Figure III-1 : Localisation Géographique du projet	43
Figure III-2 : Vue du Viaduc	44
Figure III-3 : Prélèvement des carottes de Culée 12 Droite	44.
Figure III-4 : Prélèvement des carottes de Culée 12 Droite	45.
Figure III-5 : La mise en place d'un coffrage étanche	48
Figure III-6 : Mise en place des injecteurs en respectant l'espacement $E < 30$ cm	59
Figure III-7 : Injection des résines	50.
Figure III-8 : Carotte avant traitement C12 Droite Surface S1	51
Figure III-9 : Carotte Après traitement C12 Droite Surface S1	52.

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II : Revue sur les dégradations, Mesures Préventives et Techniques de réparations

Tableau II-1 : Classification générale des pathologies liées au bâtiment.....20

Tableau II-2 : Comparaison entre le Ragréage et le béton projeté.....30-31

Tableau II-3 : Valeurs préconisées pour les essais A.F.G.C.....40

Chapitre III : Etude de cas Expérimental « Viaduc El- Ghazaouet »

Tableau III-1 : Les performances de produit « Résistance en compression ».....50

Tableau III-2 : Les performances de produit « Résistance en flexion ».....51

TABLE DES MATIERES

CITATIONS.....	I
REMERCIEMENTS.....	II
DÉDICACE.....	III
RESUME.....	IV
LISTE DE FIGURES.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
INTRODUCTION GENERAL.....	1

CHAPITRE I : LE PHENOMENE DE SEGREGATION.

I.1 Introduction.....	4
I.2 Phénoménologie de la ségrégation.....	4
I.2.1 Type de la ségrégation.....	5
I.2.1.1 Séparation liées à des paramètres internes.....	5
I.2.1.2 Séparation liées à des paramètres externes.....	5
I.3 Les formes de ségrégation.....	6
I.3.1 Le ressuage.....	6
I.3.2 Nid de gravier.....	7
I.3.3 Le micro ressuage.....	7
I.3.4 Remonté d'eau (Veines de sable)	8
I.4 Conséquences du ressuage sur la qualité du béton.....	9
I.4.1 Conséquences sur la résistance du béton durci.....	9
I.5 Les Paramètres influents.....	10
I.5.1 Paramètre intrinsèques au matériau.....	10
I.5.1.1 Rapport « Eau / Ciment »	10
I.5.1.2 Les Granulats.....	12
I.5.1.3 Dosage d'adjuvant.....	13
I.5.1.4 Méthode de formulation de béton.....	13
I.5.2 Paramètre non intrinsèques au matériau.....	14
I.5.2.1 Effet de Malaxage.....	14

I.5.2.2 Effet de la vibration	15
I.5.2.4 Effet de Transport.....	16
I.5.2.5 Mise en œuvre.....	16
I.5.2.6 Effet de la géométrie de moule.....	17
I.6 Conclusion.....	18

CHAPITRE II : Revue de documentation sur les dégradations du béton et Techniques de réparations.

II.1 Introduction.....	20
II.2 Description des dégradations du béton armé.....	20
II.2.1 Dégradation du béton par interactions mécaniques.....	21
II.2.2 Dégradation du béton par interactions chimiques.....	21
II.2.3 Dégradation du béton par interactions physiques.....	22
I.3 Défauts et non-conformité dans la fabrication du béton.....	22
II.3.1 Les défauts liés à la formulation et à la mise en œuvre du béton.....	22
II.3.2 Les défauts liés au comportement au jeune âge du béton.....	24
II.3.3 Les défauts liés aux agressions du chantier, chocs.....	24
II.4 Les mesures préventives.....	24
II.4.1 Transport.....	24
I.4.2 Mise en place.....	25
II.4.3 Mélange de béton.....	25
II.4.4 Compactage du béton.....	25
II.4.5 La Vibration.....	25
II.5 Traitement « Les méthode de réparation ».....	26
II.5.1 Béton Projeté.....	26
II.5.1.1 Projection par voie humide.....	27
II.5.1.2 Projection par voie sèche	28
II.5.2 La méthode de Ragréage.....	28
II.5.2.1 Préparation de surface.....	29
II.5.2.2 Traitement des armatures.....	29
II.5.2.3 Reconstitution de l'enrobage.....	30

II.5.3 Etude comparative (Ragréage avec passivant vs Béton projeté).....	30
II.5.4 La méthode d'injection.....	31
II.5.4.1 Matériau d'injection.....	32
II.5.4.2 Matériel d'injection.....	33
II.5.4.3 Méthode d'injection / application.....	33
II.6 Béton Auto Plaçant.....	34
II.6.1 Historique.....	35
II.6.2 Définition du Béton Auto plaçant.....	35
II.6.3 Domaines d'application.....	35
II.6.4 Les principaux constituants des BAP.....	36
II.6.4.1 Les granulats.....	36
II.6.4.2 Le ciment.....	36
II.6.4.3 L'eau de gâchage	36
II.6.4.4 Adjuvants chimiques.....	36
II.6.6 Caractéristique des bétons auto-plaçant.....	37
II.6.6.1 Essai d'étalement (Slump Flow)	37
II.6.6.2 Essai de boîte en L.....	38
II.6.6.3 Essai de stabilité au tamis.....	39
II.7 Conclusion.....	40

CHAPITRE III : ETUDE DE CAS EXPERIMENTAL « VIADUC ELGHAZAOUET »

III.1 Introduction.....	42
III.2 Localisation graphique et description du projet.....	42
III.3 Présentation de projet.....	43
III.4 Les Désordres Constatés.....	44
III.5 Diagnostic et proposition de solutions.....	45
III.5.1 Analyse des causes de la pathologie.....	45
III.5.2 Solutions proposées.....	46
III.5.2.1 Les matériaux de réparation.....	46
III.5.2.2 Méthodologie de réparation.....	47

<i>III.5.3 Traitement et réparation des pathologies de ségrégation.....</i>	<i>48</i>
<i>III.6 Présentation de produit Utilisé à la réparation SikaGrout-212 Scellement.....</i>	<i>50</i>
<i>III.7 Essais De Contrôle.....</i>	<i>51</i>
<i>III.8 Conclusion.....</i>	<i>52</i>
<i>Références Bibliographiques.....</i>	<i>54</i>
<i>Annexes.....</i>	<i>58</i>

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Aujourd'hui le béton est le matériau le plus utilisé au monde en construction pour les réalisations des ouvrages en Génie Civil. Le béton et ses propriétés mécaniques doivent être parfaits pour couvrir largement les exigences imposées pour une construction durable. Spécialement en construction des ouvrages d'art à cause de leur importance et considérer comme l'infrastructure et l'équipement essentiel du pays.

La plupart des constructions en béton armé souffrent à des problèmes liés à l'état frais, dont plusieurs ont déjà atteint l'ouvrabilité et la durabilité de notre béton

L'un de ces problèmes liés au béton frais est le phénomène de ségrégation, ce problème reste un obstacle à l'obtention d'un béton sain et homogène. Le mécanisme de ce phénomène est la séparation des constituants de béton à l'état frais, les gros granulats descendent sous l'effet de gravité au bas et les grains fins et l'eau remonte en haut et possible l'apparition d'eau à la surface cette dernière représente le ressuage. Cette séparation suscite d'avoir un mélange non uniforme et qui n'est pas compatible à la formulation du mélange initiale et par conséquent une mauvaise performance mécanique.

Notre étude a porté sur le risque d'apparition du phénomène de la ségrégation qui crée un mélange non homogène et ne correspondant pas à la formulation du mélange initiale et par conséquent une mauvaise performance aux ouvrages d'art et le comportement mécanique et par la suite peut être la principale cause de pénétration des agents agressifs à l'intérieur des éléments structurels.

La connaissance des causes de la ségrégation ainsi les effets au comportement à l'état frais et à l'état durci est nécessaire, pour avoir une vision générale sur le comportement du béton soit dans son état durci ou son état frais, qui est caractérisé par une sédimentation des grains, par conséquent l'apparition des ségrégations affectant le comportement mécanique du béton après sa dessiccation.

Nous nous sommes efforcés dans ce travail de démontrer les paramètres qui contribuent à l'apparition et les mesures préventives pour minimiser le risque de ségrégation. En plus étudier tous les moyens possibles et les meilleurs techniques pour une réparation devant faire face aux problèmes lors du coulage de béton, mais Quels sera notre choix ? Pour un matériau luttant et résistant, ou qui remplace le béton traditionnel et nous aide à éviter complètement le problème.

L'objectif de notre étude est de présenter une synthèse bibliographique sur le phénomène de ségrégation du béton et une revue sur les pathologies du béton, en plus l'effet de la ségrégation sur les propriétés du béton coulé et les techniques les plus utilisés au diagnostic et réparations des bâtiments.

La présente étude s'articule autour trois volets de recherche :

Le premier volet a porter sur la phénoménologie de la ségrégation et l'influence des paramètres les plus pertinents sur le processus de la ségrégation, certains paramètres intrinsèques au matériau et d'autres sont non intrinsèques au matériau et dépend a des facteurs extérieurs.

Le deuxième volet de notre étude à porter sur une revue aux types des dégradations du béton et les méthodes de réparation en plus les mesures préventives pour assurer une formulation et coulage correct afin de minimiser le risque de ségrégation selon les recommandations règlementaires.

Le troisième volet porte une étude expérimentale du traitement des ségrégations de certains cas réels : des culées d'un viaduc au niveau de liaison autoroutière reliant port de Ghazaouet (à Tlemcen) à l'autoroute Est-Ouest.

Nous finalisons notre travail par une conclusion.



CHAPITRE I

LE PHÉNOMÈNE DE SÉGRÉGATION

I.1 Introduction

Le béton frais est une bonne combinaison de matériaux compatibles et le dosage convenable de chacun de ses constituants afin d'obtenir une formulation répondant aux propriétés des éléments structuraux, après qu'il est mis en service dans le moule et faire le coulage. L'ouvrabilité de béton frais, la propriété la plus importante du matériau, affecte non seulement le coulage parfait, mais aussi sa durabilité, collage parfait du coffrage et du ferrailage, mais aussi performances mécaniques et physiques parfaites dans l'état durci.

La dose et la forme du liant ont eu le plus d'impact sur la consistance en addition du squelette granulométrie, le type des granulats utilisé et la dose d'eau sont tout impliqué.

I.2 Phénoménologie de la ségrégation

La ségrégation, l'une d'importantes manifestations de la dégradation de l'homogénéité d'un béton frais. Dans le cas de la ségrégation, les grains présentent au cours du temps d'un mouvement relatif entre eux. Certains (les plus denses ou les plus volumineux) tombent alors que les autres (les fins ou ceux ayant une masse volumique réduite) remontent vers la surface.

L'expression la ségrégation dans le béton, c'est la séparation des différents constituants d'un béton ou d'un mortier frais, qui peut être à cause d'une mauvaise composition du béton, défaut en mise en œuvre, des fautes en composition par l'ouvrier, méthode inadéquate de transport. Cette séparation est à cause de gravité, les constituants de la matrice, les liants et les solvants moins denses, remontent vers la surface, tandis que les granulats les plus denses descendants ont un mouvement d'ensemble vers le bas.

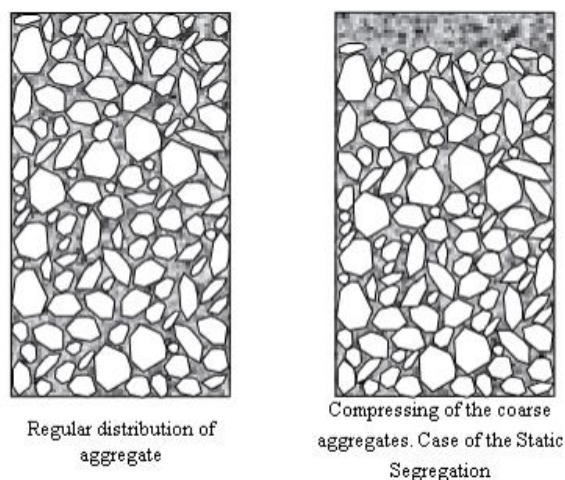


Figure I-1 : Représentation du cas de ségrégation statique dans un volume de béton [1]

1.2.1 Type de la ségrégation

Il y a deux formes de ségrégation, selon les facteurs qui la causent :

1.2.1.1 Séparation liées à des paramètres internes

Ces facteurs qui ont mené à leur occurrence ont trait aux caractéristiques propres des constituants, la méthode de la composition de béton et à la façon dont elles sont mélangées.

Dans ce cas, les facteurs peuvent être :

- Une mauvaise composition du béton.
- Les joints de coffrage, pertes de laitance (effet de filtre)
- Une mise en œuvre inadéquate.
- Masse volumique élevée des agrégats grossiers.
- Diminution de la quantité de fines particules.

1.2.1.2 Séparation liée à des paramètres externes

Ces facteurs diffèrent de ce qui précède : ils ne concernent pas la matière, mais des facteurs externes qui l'affectent.

Ces facteurs sont :

- Un transport inadéquat.
- Une mauvaise manipulation du béton.
- Bétonnage a grand hauteur.
- Le grand délai séparant la fabrication complète du béton et le transport au chantier.
- L'inclinaison de coffrage
- Le ferrailage complexe aux projets d'ouvrages d'art.
- Les armatures denses (effet de tamis).
- La mauvaise vibration.

1.3 Les formes de ségrégation

1.3.1 Le ressuage

Le ressuage est une forme de ségrégation du béton frais. On entend par ressuage ou séparation/rejet d'eau, la propriété de sédimentation du béton frais entre le moment du compactage et le début de la prise. La durée de ce phénomène est d'environ deux à trois heures pour le béton, mais elle peut dans des circonstances exceptionnelles atteindre cinq à six heures. En vertu de la loi de gravitation, les matières solides ont tendance à s'enfoncer, tandis qu'une partie de l'eau de gâchage remonte à la surface de la masse de béton frais. Le risque de ségrégation est d'autant plus important que la teneur en eau du béton soit élevée. Le ressuage du béton s'accompagne d'un "tassement" du béton frais, le béton durci présentant alors un volume inférieur à celui du béton frais.

La sédimentation des grains est très lente, par conséquent le débit d'eau ressuée est modeste. Ainsi, la pellicule d'eau ne sera visible que si le débit d'évaporation à la surface du béton est inférieur au débit d'eau ressuée [2].

Le phénomène de ressuage correspond à l'apparition d'une pellicule d'eau claire à la surface libre horizontale du béton frais lorsque la fraction de la phase liquide est plus importante et/ou la viscosité du mélange est faible. Cette manifestation est liée à un tassement progressif du squelette sous la pesanteur et à une remontée concomitante de l'eau qui est ainsi (chassée). Le ressuage peut entraîner la formation de fissure au droit des obstacles s'opposant au mouvement de tassement du béton, comme la présence d'armatures, ou la variation locale de l'épaisseur de la pièce [3].

Afin d'améliorer continuellement la qualité du béton, il est essentiel de comprendre quelles en sont les causes et quels en sont les effets de ce phénomène.

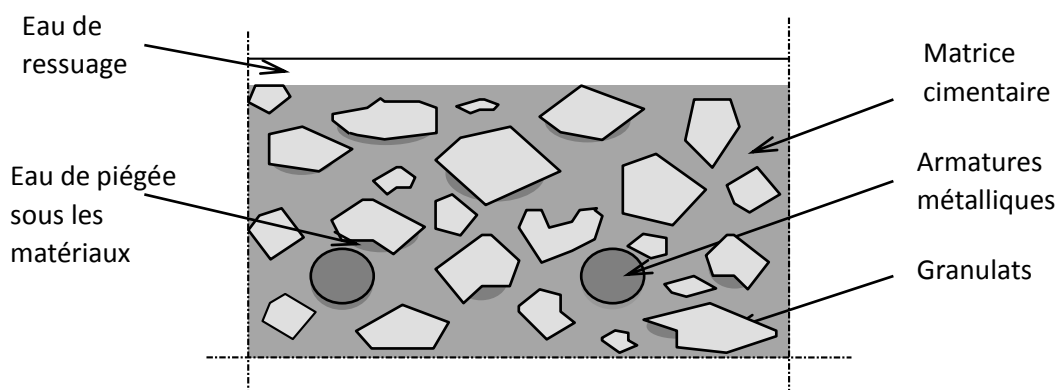


Figure I-2 : Séparation et accumulation d'eau due au ressuage dans le béton [4].

I.3.2 Nid de gravier

Les nids de gravier peuvent être la cause de tensions internes du béton. Il est clair que les particules fines qui font défaut dans certaines zones sont concentrées ailleurs. Le retrait sera différent d'un point à un autre de cette masse de béton non homogène. Les nids de gravier constituent aussi des points faibles à l'égard de certaines attaques. Les eaux agressives (l'eau de pluie est de celles-là) peuvent facilement pénétrer à l'intérieur du béton ce qui augmente très fortement la surface sur laquelle elles peuvent agir. Dans les nids de gravier, le béton est perméable et gélif ; il peut donc s'y produire une destruction par le gel qui, de proche en proche, affectera aussi les parties saines voisines [5].

À conséquence de ce phénomène, de l'absence de ciment dans le béton plein. Les granulats n'ont pas un liant entre eux, c'est-à-dire qu'y a plus de porosité, occupé par l'air et les pellicules d'eau. Tout ça a conséquence d'un : composition granulométrie inadéquate, mélange insuffisant de béton frais, ségrégation lors de la mise en œuvre, compactage manquant, vibration manquant...Etc.



Figure I-3 : le phénomène du nid de gravier.[1]

I.3.3 Le micro ressuage

Ils sont des zones où les graviers ne sont pas complètement apparents, moins sévères que le nid de graviers.

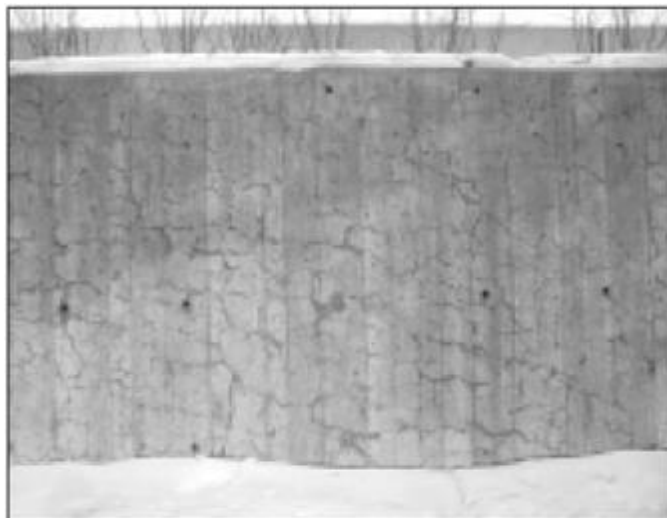


Figure I-4 : Micro ségrégation.[14]

I.3.4 Remonté d'eau (Veines de sable)

L'eau a une **influence directe** sur maniabilité et l'ouvrabilité du béton en addition avec sa résistance traverse le rapport E/C (quantité d'eau/quantité de ciment) qui garantir sa durabilité, et pour comprendre que trop peu d'eau offrira **peu de résistance**, car la réaction n'aura pas lieu et ajouter trop d'eau, comme le béton étant plus maniable les granulats à l'intérieur de coffrage sera libre et facile à déplacer, et donc produise un phénomène de **remontée d'eau**.



Figure I-5 : le phénomène de veines de sable.[14]

1.4 Conséquences du ressuage sur la qualité du béton :

1.4.1 Conséquences sur la résistance du béton durci

Dans une colonne de béton durci, on observe des variations de densité et de résistances selon la hauteur [6], [7], [8]. Sur le paramètre résistance, ces variations peuvent atteindre 20 à 30 % [4], les densités et les résistances importantes en partie inférieures de l'élément c'est les principales causes de cette variation, totalement le ressuage qui est à l'origine de ça.

Lorsque le ressuage est critique, on voit bien une accumulation d'eau sous les armatures métalliques ou sous les gros granulats [7], la pâte de ciment entourant ces éléments sera plus poreuse : on parlera alors d'une auréole de transition de mauvaise qualité, ce qui entraînera une mauvaise adhérence locale des aciers ou des granulats vis-à-vis de la matrice cimentaire [4].

Au niveau de la prévision de ces effets, l'influence de la sévérité du ressuage sur la résistance du béton durci a été montrée par **Lecomte** [9]. La connaissance du ressuage et de son influence sur l'adhérence pâte/granat conditionnant la résistance du béton, pourrait permettre d'améliorer les procédures de fabrication du béton pour minimiser la marge des erreurs.

Dans les cas sévères de ressuage, la forte porosité existant sous les granulats provoque une microfissuration à peu près horizontale, ce qui entraînera une certaine anisotropie du béton (variation de résistance suivant la direction de charge de l'ordre de 25% [7], en fait, c'est surtout pour la résistance à la traction en partie haute de l'élément que la diminution est la plus nette [10].

Le ressuage est aussi associé à un tassement d'ensemble. Si l'on tient compte de l'effet des pièces fixes comme les armatures métalliques [30], qui est la cause le phénomène de fissuration accidentelle du béton frais par tassement nommé « le cassure du béton frais »

Selon **[POWERS]**, une différence de concentration en granulats sous et sur la barre d'acier; les grains butant sur les armatures. Cette non-homogénéité nous pouvons résoudre par une vibration supplémentaire après le tassement mais ce discours peut augmenter le coût de la construction, donc il vaut mieux de faire des formulations pour des bétons peu ressuant.

Le béton est un matériau qui, au repos, acquiert progressivement une certaine cohésion à l'état frais. Lors du ressuage, le squelette granulaire descend et est cisailé par les armatures métalliques. Ce cisaillement produit des fractures dans le béton qui, si la cohésion développée est suffisamment importante, ne se referment pas L'on évoque souvent l'image d'un

cisaillement au couteau d'un yaourt. Cette fissuration accidentelle par tassement, profonde et ouverte se produit généralement dans l'heure qui suit le coulage [4].

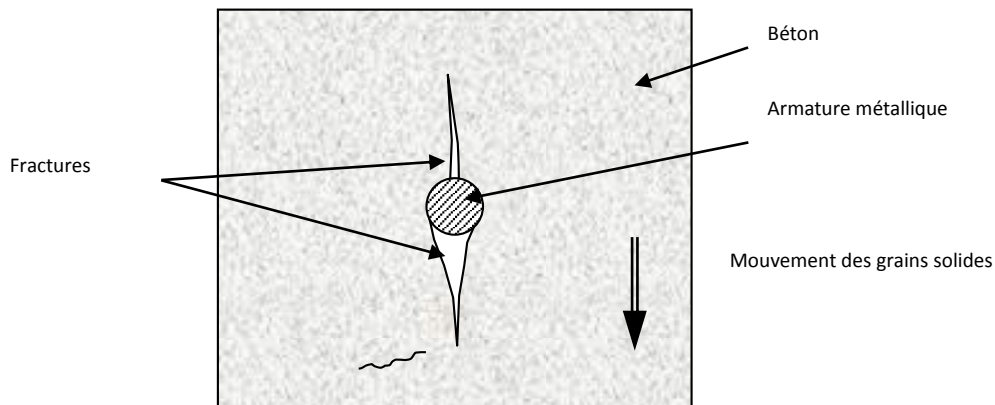


Figure I-6: Phénomène de cassure du béton frais.[2]

Ce phénomène de cassure de béton à l'état frais dû au cisaillement des cages d'armatures, ces fissurations peuvent causer par les tassements différentiels des constituants du béton.

Ce phénomène peut être évité et la **limitation du ressuage**, par l'utilisation de la technique de re-vibration avant la prise de béton qui permet à la re-fermeture des fissures et améliorer la cohésion du matériau.

I.5 Les Paramètres influents

I.5.1 Paramètre intrinsèques au matériau

I.5.1.1 Rapport « Eau / Ciment »

Le ciment est un liant hydraulique, c'est sous la forme d'une poudre très fine qui a la propriété de durcir au contact de l'eau. C'est le constituant fondamental qui permet la transformation du mélange sans cohésion à un corps solide.

Le ciment complète la courbe granulométrique du béton dans les éléments fins, elle remplit les pores les plus fins entre les grains de sable et Il faut noter que le développement dans le temps des hydrates du ciment jointé progressivement les pores (les capillaires), cela mène donc à augmenter la compacité d'ensemble du béton et améliore sa durabilité.

L'apport du ciment sert à retenir l'eau injectée dans le squelette granulaire pour stabiliser la dispersion des grains et maintenir l'effet lubrifiant de l'eau durant l'écoulement [12]. D'autre part, l'excès de ciment diminue la compacité du mélange granulaire, ce qui réduit la dispersion des grains à égal dosage en eau et donc neutralise l'effet lubrifiant de l'eau [13].

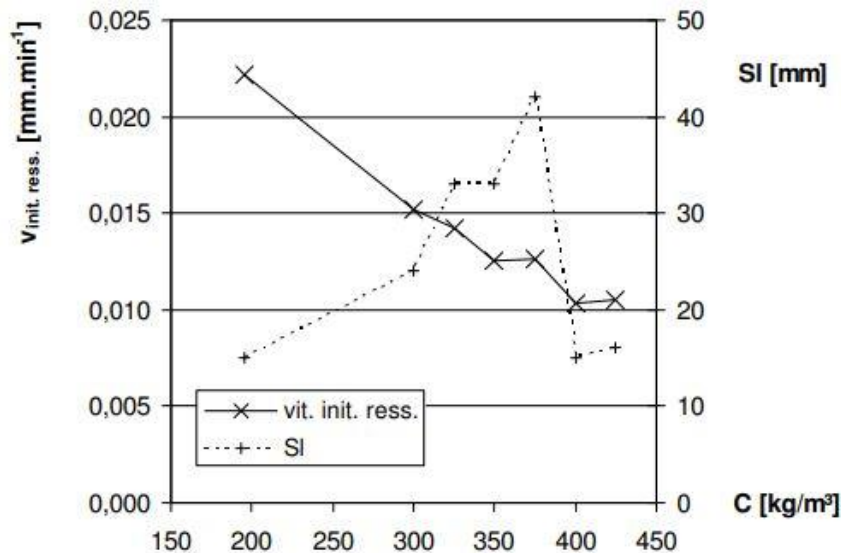


Figure I-7: Évolution de la vitesse initiale de ressuage et de l'affaissement au cône d'Abrams en fonction du dosage en ciment des bétons.[12]

Le dosage en eau a un grand impacte à la détermination de la résistance du béton, qui concerne de la nature du ciment, sa propre résistance et de la manière de son durcissement. La structure intérieure et la porosité (pores capillaires interconnectés) du béton et sa teneur en ions alcalins sont les paramètres qui indiquent sa durabilité.

L'eau est un des constituants de base du béton, la moitié de l'eau de gâchage sert à l'hydratation du ciment, le reste de l'eau permet d'assurer la maniabilité du béton à l'état frais, si en augmentant la quantité d'eau à la formulation du béton, elle devient fluide donc son seuil de cisaillement et sa viscosité plastique diminuent. Alors, en plus de diminuer la résistance mécanique du béton en plus l'ajout excessif d'eau provoque des problèmes de ségrégation.

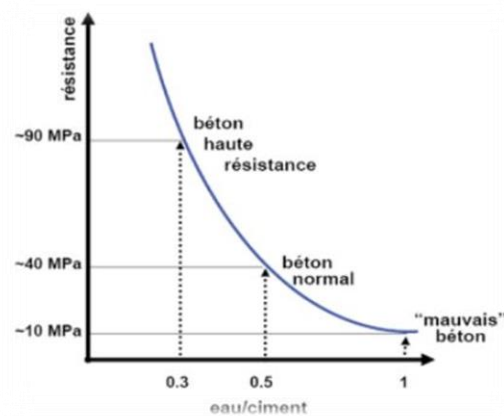


Figure I-8 : Influence de Rapport E/C Sur la résistance du béton.[15]

D'après [Powers] il faut apparaître un rapport E/C égale à 0.42 pour avoir une hydratation complète du ciment, Si E/C est supérieur à 0.42 des capillaires se créent dus à l'excès d'eau, pour un rapport E/C inférieur, la porosité capillaire sera faible mais non nulle à cause de la contraction de Chatelier, [34] donc c'est un paramètre déterminant vis-à-vis de la résistance, de la porosité et donc de la durabilité du béton. Plus le rapport E/C est faible plus ses propriétés sont favorisées. En règle générale le rapport E/C est compris entre 0,4 et 0,6. [15]

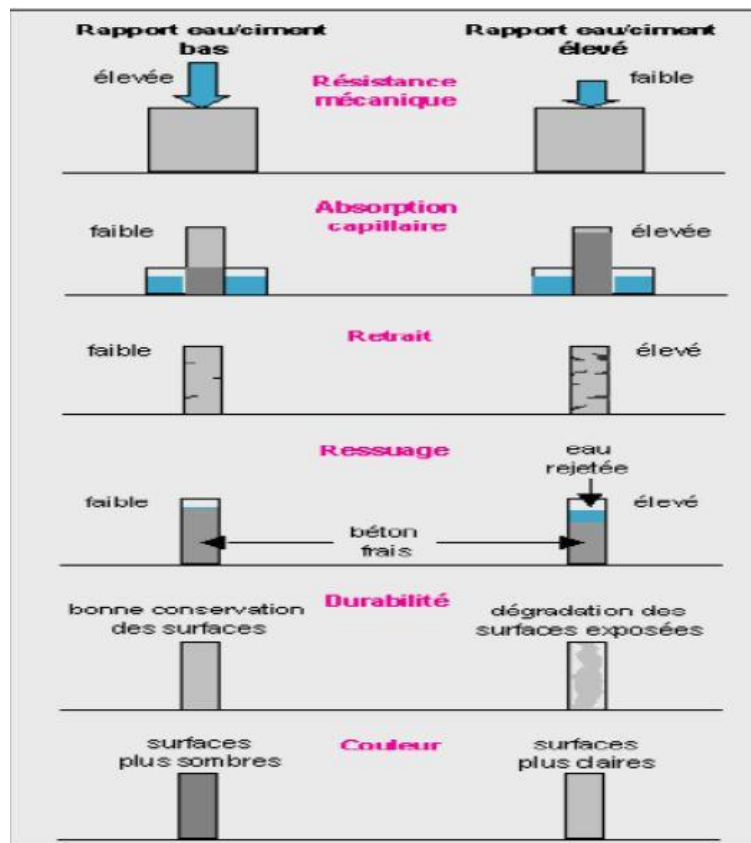


Figure I-9: Influence du rapport E/C sur les propriétés du béton.[15]

I.5.1.2 Les Granulats

L'ensemble des matériaux inertes naturels ou artificiels qui sont solidarisés par le ciment. Les granulats occupent environ les trois quarts du volume du béton et forment le squelette inerte du béton. Les propriétés du béton frais et celles du béton durci, comme la résistance à la compression et la durabilité, dépendent fortement des propriétés des granulats utilisés. [16]

La granularité influence de manière déterminant la porosité du squelette granulaire, et par conséquent la densité du béton et sa résistance. Elle a également une influence considérable sur la demande en eau et sur l'ouvrabilité du béton. [16]

Plus la taille maximale des granulats utilisés augmente, plus le risque du blocage par les armatures et le tassement par gravité de ces constituants causé par leur poids lourd augmente et avoir le risque de ségrégation.

Cette dimension doit être compatible avec les exigences géométriques de l'ouvrage (espacement des armatures, épaisseur d'enrobage, géométrie de coffrage à mouler), la granulométrie du sable peut par exemple être caractérisée par son module de finesse. Le module de finesse d'un sable pour béton est généralement compris entre 2,2 et 2,8. [17]

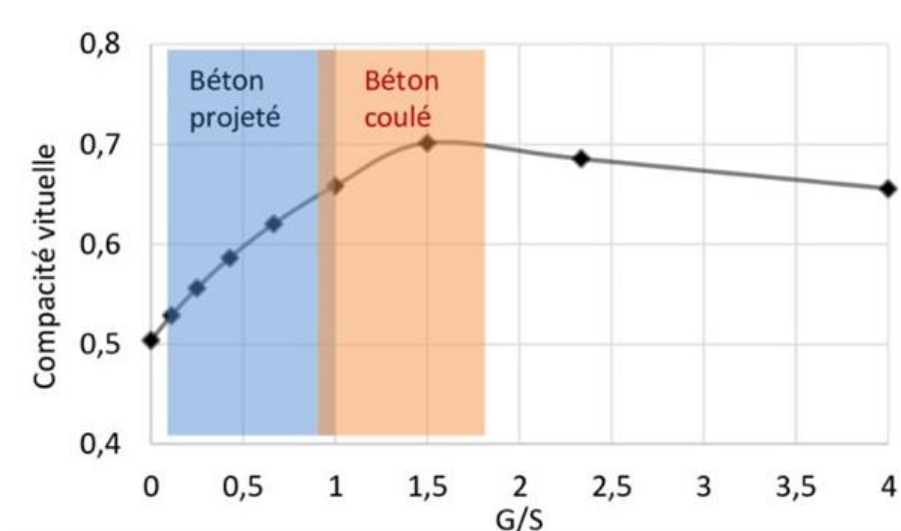


Figure I-10: l'influence de Rapport G/S sur la compacité virtuelle.[19]

I.5.1.3 Dosage d'adjuvant

Ainsi que les paramètres mentionnés ci-dessus ya un paramètre qui affecte positivement à l'apparition du phénomène de ségrégation, **[Powers]** trouve expérimentalement une réduction de la vitesse initiale de ressuage (-20%) avec l'utilisation de chlorure de calcium. L'amplitude est elle aussi diminuée par cet adjuvant (- 40%) [11]. [18] évoquent de fort ressuyages pour les bétons contenant un superplastifiant à saturation et un dosage faible à modéré en ciment. [19] ont étudié expérimentalement l'effet d'un adjuvant modificateur de viscosité. Cet adjuvant, même introduit en faible quantité, réduit considérablement l'amplitude et la vitesse de ressuage.

I.5.1.4 Méthode de formulation de béton

La formulation du béton est pour but de déterminer les proportions des différents constituants (ciment, eau, sable et gravier ou pierres) conduisant à des bétons dont l'ouvrabilité est compatible avec les moyens de mise en œuvre et qui possédera, après durcissement, les meilleures caractéristiques (résistance mécanique élevée, faible retrait, diminuer le risque de

ségrégation etc...). Plusieurs méthodes de composition sont proposées, tels que Bolomey, Faury et Dreux Gorisse etc.

Quelle que soit la méthode utilisée, la composition du mélange calculée ne peut correspondre parfaitement au béton désiré, car il n'est pas possible d'appréhender avec précision la composition du béton. La détermination de la composition du mélange de béton n'est qu'une première approche de préparation de mélanges d'essais qui permettront de corriger expérimentalement la composition calculée pour aboutir au béton désiré.[20]

Parfois les problèmes d'ouvrabilité de béton qui manifeste des pathologies après le durcissement de notre matériau en raison des erreurs à la mise en œuvre ou des erreurs par le formulaire, cette étape nous permet d'éviter beaucoup de problèmes de composition du béton et d'incompatibilité des constituants et détermine également les quantités de tous les (les granulats, dosage d'eau, dosage d'adjuvant, dosage de ciment).

1.5.2 Paramètre non intrinsèques au matériau :

1.5.2.1 Effet de Malaxage

Le malaxage constitue une étape importante dans la fabrication du béton, car il conditionnera la qualité de son homogénéité. Pour assurer le succès de cette opération, il est nécessaire de sélectionner un matériel approprié et de déterminer un temps de mélange suffisant.

Un article publié par Soga, Takagi et Kimura aborde précisément l'influence du malaxage sur l'apparition de ressuage [21].

Globalement, ces auteurs tirent de leur étude sont que la vitesse de ressuage diminue avec :

- l'augmentation du temps de malaxage.
- l'augmentation de la vitesse de rotation des pales du malaxeur.
- la diminution du temps d'introduction de l'eau de gâchage.

Un malaxage inadéquat c'est-à-dire moins d'homogénéité du béton donc le risque d'apparition du phénomène de ségrégation est possible, cette étape devrait être faite dans des conditions comme le choix de machine (bétonnière ou malaxeur) qui dépend de son aptitude à malaxer des différents types de mélanges pour donner des bétons homogènes. En addition, les bétons très fermes ou contenant des additions (éléments fins) peuvent nécessiter des durées de malaxage plus longues.

Certains auteurs ont mis en évidence une corrélation entre qualités de malaxage et ressuage, un mauvais malaxage se distinguerait d'un malaxage de qualité par un ressuage plus fort [21].



Figure I-11: Vue intérieure d'un malaxeur de centrale à béton.[15]

D'autre part le temps de malaxage doit donc être suffisant pour assurer l'homogénéité parfaite des différents constituants, il varie suivant le béton à produire et le type de malaxeur. Il doit être déterminé par des essais.

I.5.2.2 Effet de la vibration

La vibration consiste à déterminer la compacité, cette vibration est interne et sert à remplir tous les vides et notamment le contour des armatures (condition nécessaire à l'adhérence) et tente de chasser les bulles d'air en les faisant remonter à la surface. Aussi, cette opération reste délicate puisque le vibreur a tendance à repousser les gravillons qui rebondissent sur son corps comme des boules de billard et a tendance à attirer le mortier. [22]

Le temps de vibration est important, car s'il est court, le serrage de béton est insuffisamment, s'il est trop long, il peut entraîner une ségrégation de ses constituants.

Par contre ya une vibration extérieure sur chantier par les engins en place qui transmettent des vibrations au sol, le béton une fois coulé, prendra ces vibrations avec différentes intensités. Il n'est évident que ces vibrations permettre à un tassement du squelette granulaire et d'arrangements des constituants.



Figure I-12 : Influence de vibration au béton.[14]

1.5.2.3 Effet des conditions météorologiques

En situation normale, l'eau de ressuage protège la surface du béton. Par conséquent, il ne devrait y avoir aucun effet de l'évaporation. Cependant, si le débit de ressuage est inférieur au débit d'évaporation, la surface supérieure du béton s'assèche et, au lieu d'être brillante devient mat [4]. D'après [Powers] le ressuage peut être accéléré par attraction capillaire des grains secs de surface. [11]

1.5.2.4 Effet de Transport

Le béton doit être transporté le plus rapidement possible au chantier, généralement en camion malaxeur. Il doit aussitôt (maximum un à deux heures après la fabrication) être mis en place si l'on veut conserver sa qualité et assurer l'homogénéité du béton à cause de la malaxation du camion toupie. Dans le cas de transport en camion-benne, y'a un risque de tassement différentiel dû à la secousse de camion et le manque de malaxage pendant la durée de transport.

1.5.2.5 Mise en œuvre

La mise en œuvre du béton dépend en grande partie de la réussite d'un ouvrage et de sa durabilité par temps. Donc, il doit apporter un soin particulier et prendre en compte tous les paramètres techniques. Durant la mise en œuvre, il y a des fautes techniques qui conduisent à l'apparition de la ségrégation :

- Les chocs ou les manœuvres brutales.
- La grande hauteur de chute du béton au coulage.
- Ouvrabilité et plasticité du béton n'est conforme aux conditions de mise en œuvre (ferraillage dense, forme de coffrage).
- Serrage inadéquate (vibration).
- Mal disposition, diamètre ou la quantité des aciers d'armature.
- L'enrobage trop faible.
- Un manque d'étanchéité des coffrages pendant la mise en œuvre du béton conduisant à des pertes de laitance.
- Ferraillage dense spécialement au ouvrages d'art qui caractérisées par les éléments structuraux complexes.

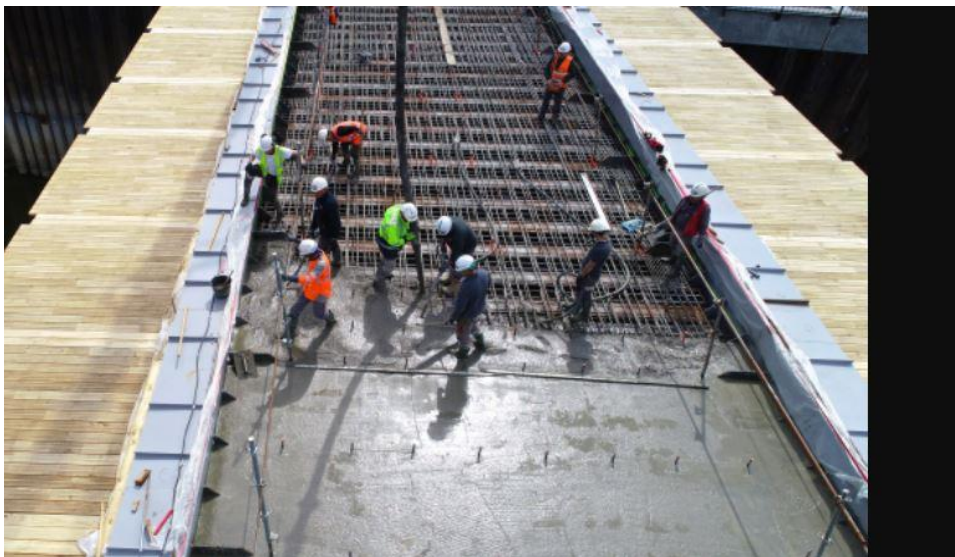


Figure I-13: Le béton coulé sur le tablier du pont des ARTS-ET-MÉTIERS.[25]

1.5.2.6 Effet de la géométrie de moule

La géométrie de moule ya une influence directe au béton, il observe un phénomène d'adhérence de la pâte de ciment contre les parois qui peut entraîner une scission de la pâte. [2] L'effet d'une telle inclinaison sur pâte de ciment a été rapporté à maintes reprises [23] En effet, les tests de ressuage de coulis d'injection pour gaines de Précontrainte réalisés dans des gaines transparentes permettent de visualiser ce phénomène. Lorsque l'on regarde ce ressuage par le haut, on voit l'eau ressuier selon un schéma en arête de Poisson.

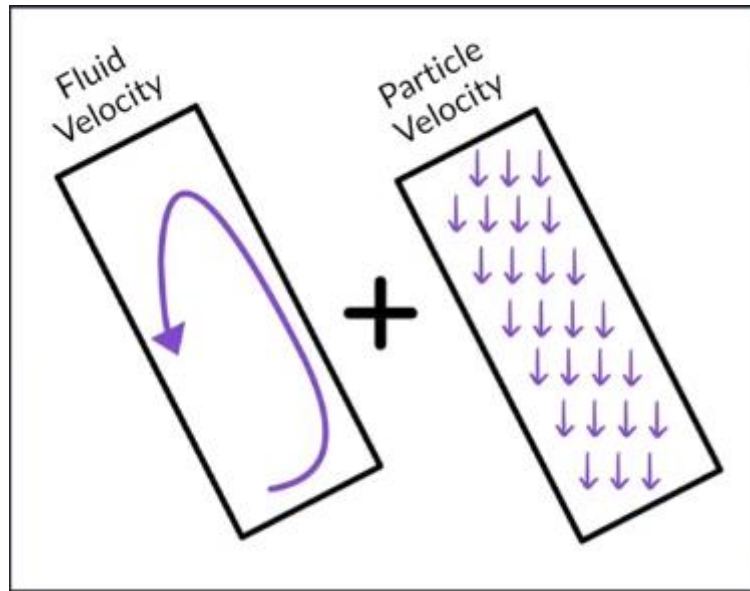


Figure I-14: Effet Boycott

I.6 Conclusion :

En cette partie nous avons fait une recherche sur le phénomène pour connaître les causes possibles et les conséquences de la ségrégation sur les propriétés du béton coulé et nous avons découvert les conséquences de cette anomalie sur le comportement physique du béton en état frais ou sur le comportement mécanique du béton en état durci et les paramètres intrinsèques et non-intrinsèques des matériaux qui sont à une grande influence sur la présence de ségrégations. Cette variation dans la structure interne de notre béton conduite à une différence a la résistance mécanique du béton.



CHAPITRE II

*Revue de documentation sur les dégradations du
béton et Techniques de réparations*

II.1 Introduction

Sous l'effet de l'environnement plus ou moins agressif, le béton subit de nombreuses agressions physiques, physico-chimiques et chimiques dont l'intensité est liée à la cinétique de pénétration de l'eau et des gaz. Cette dernière est fonction de la porosité, donc de la perméabilité du béton. Les agents agressifs extérieurs comme le CO₂, sulfates et chlorures...ect, contenus dans le sol, dans l'eau ou dans l'air, altèrent les qualités du béton en réagissant avec les hydrates du ciment en formant des composées expansives ou solubles. [24]

II.2 Description des dégradations du béton armé

Les dégradations peuvent venir d'un défaut de la formulation, d'agressions physique et mécanique provenant de l'environnement ou plus de réactions chimiques.

Il y a trois **types de dégradation du béton** dans ce qui suit, ils sont décrits en détail :

le tableau ci-dessous représente les différentes pathologies qui peuvent menacer un bâtiment.

Tableau II-1 : Classification générale des pathologies liées au bâtiment. [37]

Famille	Lésions	Types
Physique	Humidité	Capillaire, De filtrage, De condensation, Accidentelle.
	Saleté	Par dépôt, Par nettoyage différentiel.
	Erosion	Météorologique.
Mécanique	Déformations	Tassement, Effondrement, Flambement, Flèche.
	Fissures	Par charge, Par dilatation.
	Fissures superficielles	Par support, Par finition.
	Détachement	Finitions continues, Finitions par élément.
	Erosion	Coup, Frottement.
Chimique	Efflorescence	Sels solubles cristallisés, Réaction chimique avec les sels.
	Oxydation	Oxydation superficielle.
	Corrosion	Oxydation préalable, Immersion, Paire galvanique
	Erosion	Pollution.

II.2.1 Dégradation du béton par interactions mécaniques

La dégradation la plus évidente est du type mécanique. Il peut s'agir d'un phénomène normal d'usure, aussi appelée fatigue, ou de défauts qui apparaissent dès les premières heures de la mise en place du béton. Dans certains cas, comme une surcharge, peut aussi être accidentelle.

L'armature en acier qu'il contient permet d'augmenter considérablement la résistance aux forces de traction, principales responsables des problèmes mécaniques, et ainsi d'augmenter la durabilité des bétons. L'altération physique d'un béton est très souvent d'ordre accidentel, c'est-à-dire qu'un élément extérieur est responsable de son usure. [25]

Ces désordres se manifestent fréquemment par l'apparition de fissures, éventuellement aggravées par une déformation inacceptable de la structure. Lorsque des contraintes brusques, comme un impact ou une explosion, provoquent une dislocation plus ou moins importante du béton, le lien entre les dégâts et leur cause est généralement évident. Avant de procéder à des réparations, on s'assurera toutefois que d'autres mécanismes de dégradation active ne doivent pas être traités au cours des travaux. [26]

II.2.2 Dégradation du béton par interactions chimiques

Une attaque chimique dissolvante intervient sous l'effet d'acides, de sels échangeurs d'ions, d'eau douce ou de bases fortes.

L'attaque dissolvante progresse de la surface vers l'intérieur du béton. Les composants de la pâte de ciment et parfois du granulat sont dissous par des substances pénétrantes puis lessivées. Dans la littérature, on retrouve souvent le terme de corrosion du béton pour désigner l'attaque chimique dissolvante.

Le degré d'attaque dépend du type, de la concentration et de la quantité des fluides chimiquement agressifs et de la solubilité, notamment du taux de lessivage des sels produits dans le béton, l'évolution des dégradations dépend donc de la porosité du béton qui détermine l'infiltration des fluides agressifs et le lessivage de la pâte de ciment. Le degré d'attaque est aussi influencé par la température et la vitesse d'écoulement des solutions agressives. [27]

II.2.3 Dégradation du béton par interactions physiques

Parfois avant tout les actions physico-chimique et physico-mécanique, durant la mise en prise, le matériau béton est le siège d'une élévation de température plus ou moins importante. Il existe des défauts liés au comportement au jeune âge du béton, qui apparaissent au premier stade de la mise en place du béton.

On entend l'ensemble des causes qui peuvent provoquer l'éclatement du béton comme :

- Le retrait.
- Le ressuage.
- L'érosion.
- L'exposition répétée à des cycles gel-dégel.
- L'usure.
- Les phénomènes thermiques, y compris les incendies.

I.3 Défauts et non-conformité dans la fabrication du béton

La réalisation des parties d'ouvrage en béton armé, spécialement sur chantier ainsi en usine de préfabrication des éléments en béton armé, peut recevoir des défauts ou non-conformité lors ou après la fabrication du béton, et on les constate souvent à l'instant du décoffrage.

Ses défauts peuvent également être causés par des chocs divers (lors de poses, circulations d'engins sur chantier...).

En tout cas, il faut s'assurer d'identifier l'origine et quantifier l'importance et l'évolution des défauts par des moyens d'investigation adéquates pour donner une méthode de réparation suffisante et efficace.

II.3.1 Les défauts liés à la formulation et à la mise en œuvre du béton

La rhéologie inadaptée ou une vibration insuffisante d'un béton trop ferme ou d'un béton d'une pièce très armée peut provoquer un mauvais remplissage du moule constitué par les coffrages. Cette insuffisance peut aussi affecter la liaison béton - armatures.

On peut ainsi constater la présence de lacunes, véritables trous dans la structure. Dès lors, il faudra apprécier la possibilité d'une réparation dont le but sera de reconstituer le monolithisme.

L'apparition de défauts de surface, tels que les nids de cailloux, constitue une présomption de l'existence de défauts internes dont il est difficile d'apprécier l'importance. Les réparations de surface ne peuvent remédier à ces défauts internes.

Au contraire, un excès de vibration, surtout sur une formule béton insuffisamment étudiée, peut provoquer une ségrégation des granulats, souvent en fond ou au contact du moule, créant ainsi un surdosage en granulats et donc un manque de mortier. Dans de telles zones, les aciers peuvent être insuffisamment protégés et des vides peuvent se créer entre les granulats, rendant le matériau poreux.

Ce type de défauts peut aussi avoir pour origine une étanchéité du coffrage insuffisante entraînant des fuites de laitance. Il convient dès lors, en fonction de l'étendue et de la gravité du défaut et des sollicitations dans la partie d'ouvrage, de choisir entre un revêtement de surface, permettant une protection superficielle de la zone, et une démolition partielle (piquage, hydrodémolition) afin ensuite de reconstituer la zone par ragréage ou coulage de béton.



Figure II-1 : Phénomène de ségrégation.

On rencontre des défauts purement esthétiques telles les taches noires, le ressuage ou les défauts de teintes. Ces défauts peuvent être d'origines diverses : formulation du béton, coffrages sales, hétérogénéité du ciment... Leur reprise passe par la mise en œuvre de produits de surface allant des peintures aux enduits ou encore par sablage. [28]

II.3.2 Les défauts liés au comportement au jeune âge du béton

Lors de sa prise, le matériau béton est le siège d'une élévation de température plus ou moins importante et de phénomène de retrait. Ce comportement intrinsèque au béton peut conduire, en l'absence de dispositions suffisantes, à la formation de fissures, pouvant aller jusqu'à des ouvertures supérieures à 5/10 de mm. En fonction de la densité et des ouvertures et des profondeurs de la fissuration, il pourra être nécessaire de recourir à des produits de protection appliqués en surface voire à des injections, afin d'éviter la pénétration d'agents agressifs et la corrosion des armatures. [28]

II.3.3 Les défauts liés aux agressions du chantier, chocs

Lors des chantiers, les pièces en béton peuvent être manutentionnées (préfabrication) ou encore heurtées par des engins. On peut ainsi constater des épaufrures ou éclats, de profondeur parfois suffisante pour atteindre les armatures. Il convient dans ce cas de ragréer les épaufrures après avoir éventuellement assuré la protection des armatures apparentes par passivation. [28]

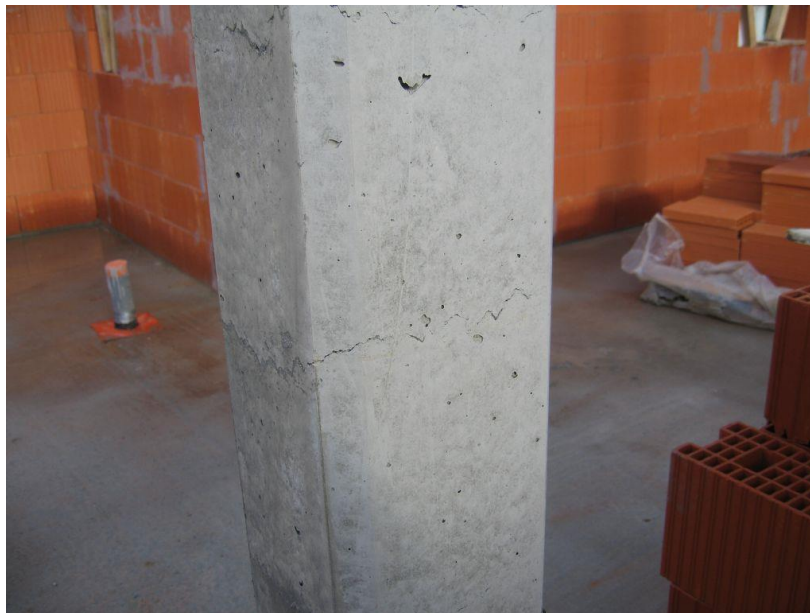


Figure II-2 : Poteau endommagé à cause d'une agression au chantier.

II.4 Les mesures préventives

II.4.1 Transport

Le matériel utilisé pour le transport du béton devra être fréquemment nettoyé à l'eau pour ne pas introduire des corps étrangers ou des déchets dans le béton. Par ailleurs, le matériel sera tel que la hauteur de chute du béton lors du coulage, ou les chocs mécaniques durant la manutention, ne soient pas de nature à créer des problèmes de ségrégation dans le béton.

La durée de transport du béton doit être limitée en fonction des conditions ambiantes de température, d'hygrométrie ou de vent. Elle ne peut dépasser 1h30. Le béton fabriqué sur le chantier doit être mis en œuvre moins de 30 minutes après sa fabrication. [29]

I.4.2 Mise en place

Le béton doit être déversé d'une hauteur inférieure à 0,8 mètre et être réparti régulièrement. Les accumulations locales entraînent une surcharge sur les étalements, ainsi que des risques de ségrégation. En plus des précautions précédentes, il peut être nécessaire d'utiliser des manchons ou des tubes, pour limiter la hauteur de chute libre du béton (à l'origine de phénomènes de ségrégation), surtout dans des coffrages hauts et profonds. Il faut éviter le ruissellement du béton sur les parois du coffrage ou le phénomène de cascade sur les armatures. [29]

II.4.3 Mélange de béton

Il est essentiel que les ingrédients du mélange (ciment, sable, gravier et eau) soient correctement mélangés afin pour produire du béton frais dans lequel la surface de toutes les particules d'agrégat est revêtue de pâte de ciment et qui est homogène à l'échelle macro et donc possédant propriétés uniformes. Sur un chantier, on a souvent tendance à mélanger le béton le plus rapidement possible, et il est donc important de savoir quel est le temps de malaxage minimum nécessaire pour produire un béton de composition uniforme et, par conséquent, d'une résistance satisfaisante. [29]

II.4.4 Compactage du béton

L'objectif de cette méthode de serrage est d'atteindre la densité et l'homogénéité plus possible du mélange. Cette méthode est plus ancienne et rarement utilisée, aujourd'hui la méthode habituelle est le compactage par vibration.

II.4.5 La Vibration

Les bonnes pratiques imposent spécialement le temps de vibration et les procédures d'emplacement des vibrateurs. Le temps de la vibration est relié à la nature du béton, la densité et la position de ferrailage, le volume de béton. Les derniers indices permettent d'apprécier le temps nécessaire pour une vibration correcte

Les problèmes qui peuvent apparaître au cas de vibration incorrecte :

- Ségrégation « Tassement des composants du béton »
- Ressuage « la laitance montre au surface »

II.5 Traitement « Les méthode de réparation »

II.5.1 Béton Projeté

Ce béton est un béton formulé à partir de ses composants usuel, mettre dans un tuyau, accéléré par un jet d'air comprimé et mis en place par la projection sur une paroi auquel il adhère. L'énergie cinétique bénéficiée par la compression d'air compact le mélange qui devient dense et homogène. Cette technique permet de réaliser des couches de béton de faible épaisseur adhérente à la paroi. Elle est particulièrement adaptée pour la réalisation d'ouvrages de sections variables où des travaux de réparation d'ouvrages, et des chantiers qu'il est difficile d'établir un coffrage.

L'adhérence du béton projeté sur une surface n'a pas besoin d'un coffrage. Cette absence de coffrage c'est-à-dire un gain de temps, une réduction de la main-d'œuvre, qui représentent un réel avantage économique.

Les composants du béton projeté sont :

- **Ciment** : Le ciment conforme à la norme **NF EN 197-1** est choisi en fonction de l'agressivité de l'environnement dans lequel est situé l'ouvrage. Les dosages utilisés sont compris entre **350 et 450 kg/m³**.
- **Granulats** : Le diamètre des plus gros granulats doit être 15mm et le sable doit contenir le moins possible de grains plats.
- **Eau** : le rapport **E/C** généralement compris entre **0,40 et 0,45**.
- **Adjuvants** : on utilise des adjuvants super plastifiants pour faciliter la projection et des accélérateurs de prise qui assurer l'adhérence du béton sur la paroi et pour obtenir des résistances initiales élevées.
- **Fibres** : les fibres utilisées pour améliorer la cohésion, la ductilité, la résistance et la tenue du béton projeté sur son support.
- **Additions** : Les fumées de silice sont parfois utilisées pour l'amélioration des performances du béton et faciliter la projection et le béton être plus collant.



Figure II-3 : Le béton projeté.

Il y a deux manières de projection : voie sèche et par voie humide et la différence entre les deux techniques c'est la manière dont l'eau de gâchage du béton utilisé soit lors la fabrication du béton ou lors de l'application du béton.

II.5.1.1 Projection par voie humide

Ce procédé le béton utilisé à la projection est malaxé dans une centrale du béton ensuite pompé par d'air comprimé jusqu'à la lance de projection à haute vitesse contre une paroi réceptrice, ce procédé est largement utilisé lorsque les volumes du béton sont importants.

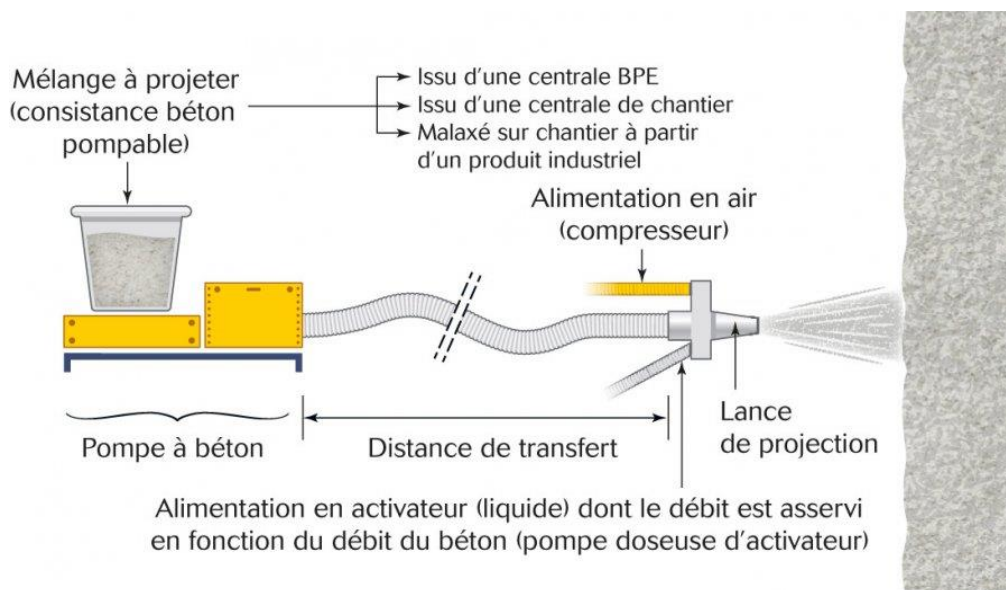


Figure II-4 : Le mécanisme de la projection de voie humide.

Le grand avantage de cette technique est le contrôle de la qualité est très simple, le dosage des composants du mélange est connu, par contre le procédé ne peut être arrêté, Parce que le mélange est déjà préalable.

II.5.1.2 Projection par voie sèche :

Dans la méthode de la projection par voie sèche, le mélange est introduit dans une machine de malaxage pour la assurer l'homogénéité du mélange et mette le dans la machine à projeté puis le transfert du mélange jusqu'à la lance (Transfert à haute vitesse), L'eau arrive séparément à la lance par des quantités réglables pour garantir l'humidification du mélange juste à l'instant de la projection sur la surface réceptrice.

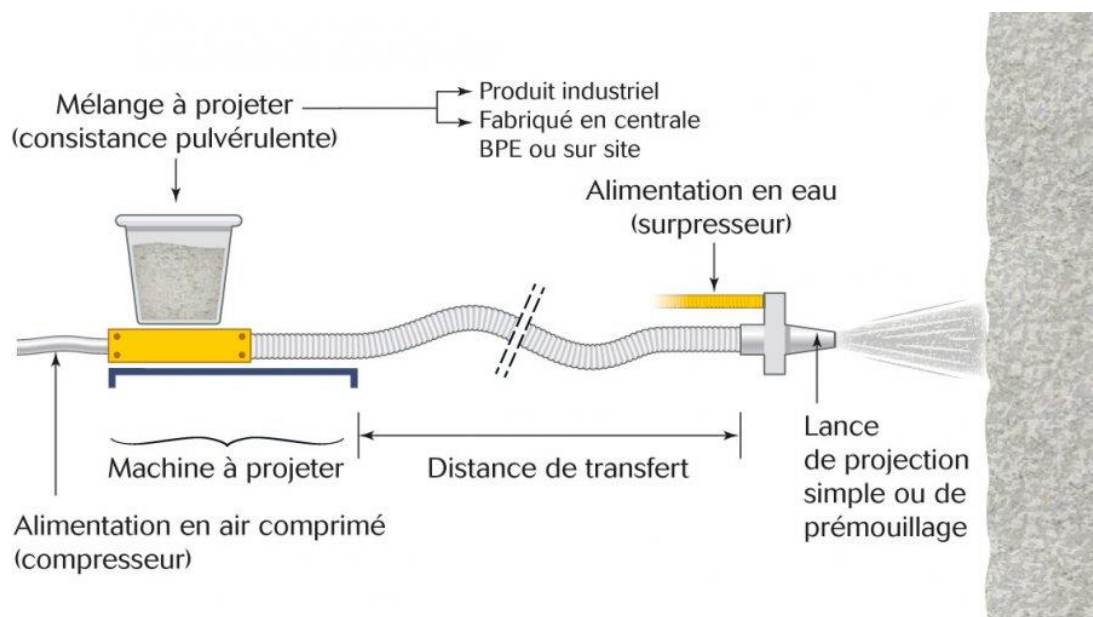


Figure II-5 : Le mécanisme de la projection par voie sèche.

L'avantage de ce procédé on peut s'arrêter à tout moment au cours des travaux, en plus le contact ciment-eau ne se fait qu'à la lance donc il n'y a aucun mélange en prise préalable en cas où les travaux sont arrêtés.

Par contre son inconvénient est que le dosage de l'eau dans le mélange se fait directement à la lance, donc c'est compliqué le contrôle de la qualité du béton projeté

II.5.2 La méthode de Ragréage

La méthode de ragréage l'une des méthodes de réparation des bétons, il est une technique traditionnelle et généralement utilisée lorsque les surfaces de béton à reprendre sont relativement faibles.

Le principe de cette méthode est de protéger et conserver les armatures par la reconstitution manuelle ou mécanique de l'enrobage en utilisant les mortiers de réparation.

Ce type de réparation est à usage courant parce qu'on a besoin que d'un peu de matériel mais la réparation est assez longue, par contre le béton projeté est plus rapide mais on a besoin d'importants matériels.



Figure II-6 : La méthode de ragréage.

Les étapes de la réparation sont les suivantes :

II.5.2.1 Préparation de surface

Cette étape est très importante pour la pérennité des réparations, elle doit être effectuée avec soin. Il s'agit dans un premier temps d'éliminer toutes les zones présentant une faible cohésion sur l'élément à reprendre. C'est-à-dire qu'il faut vérifier chaque zone afin de voir s'il n'y a pas de décollement du béton, de la fissuration du béton, des épaufrures, etc. Les zones de ségrégation seront aussi éliminées. [30]

II.5.2.2 Traitement des armatures

Une fois les armatures corrodées dégagées, il s'agit de les nettoyer afin d'enlever toute la corrosion dans certains cas, la perte de section de l'acier étant très élevée, le remplacement d'acier endommagé est obligatoire et important, faire un découpage de la zone atteinte et faire

le soudage par une armature équivalente, ou en scellant une nouvelle armature dans le parement, la section d'armatures soudé doit être au moins égale à la section d'armature utilisée initialement dans l'élément de la structure concernée. On peut faire cette application par différentes méthodes soit par brossage ou application au pinceau.

II.5.2.3 Reconstitution de l'enrobage

Dans cette partie qui est présente la fonction réelle du ragréage, Il sert à reconstituer l'enrobage de béton manuellement en utilisant un mortier de réparation efficace et convenablement Il peut prendre en compte de la corrosion dans la formulation de ce mortier pour limiter au maximum le risque d'apparition du phénomène de la corrosion dans les zones réparées.

Les caractéristiques qui doivent être dans un mortier utilisé :

- La capacité de la cohésion verticale sans coffrage.
- Une augmentation rapide de la résistance initiale du mortier et la résistance mécanique supérieure au béton support.
- Une adhérence qui doit être supérieure ou similaire à la cohésion du support.
- L'imperméabilité de mortier à l'eau et les agents agressifs.
- Les produits doivent être conforme à la norme **NF P 18-840** ou être admis à la marque « NF Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique »

II.5.3 Etude comparative (Ragréage avec passivant vs Béton projeté)

Sur le tableau ci-dessous, nous récapitulons les plus importantes différences dans les deux techniques de béton projeté et de ragréage :

Tableau II-2 : Comparaison entre le Ragréage et le béton projeté.

	La méthode du Ragréage	La méthode du béton projeté
Avantages	➤ Petites destructions localisées de béton, pas de risque de déstabilisation de la structure ➤ Adapté aux petites surfaces	➤ Mise en place du mortier plus rapide ➤ Béton moins poreux ➤ Adapté à grandes surfaces
Inconvénients	➤ Beaucoup de main d'œuvre nécessaire ➤ Nécessite un revêtement imperméable ➤ Délais de mise en prise plus longue	➤ Risque de déstabilisation ➤ Pas adapté aux petites surfaces

<i>Durée de vue estimé</i>	<i>Temps de carbonatation / détérioration du nouveau béton Limite par rapport à la présence de chlorures</i>	<i>Temps de carbonatation / détérioration du nouveau béton Limite par rapport à la présence de chlorures</i>
----------------------------	--	--

II.5.4 La méthode d'injection

L'injection est une technique pour la réparation des structures et les rendre à nouveau étanches et cohérente à long temps. Cette procédure consiste à pomper un matériau à base d'époxy dans des parties endommagées ou fissurées aux structures par l'introduction d'un liquide sous pression pour colmater entièrement les vides à l'intérieur des fissures des structures.

Les performances du matériau généralement à base de composants époxydiques— et la pression d'injection varient en fonction des matériaux de la paroi réceptrice et de la taille du trou à reboucher.

L'avantage de cette technique est économique car il peut éviter les couts chers des réparations des structures et réduire le temps d'exécution, d'autre part capable à la formation des nouveaux joints étanche entre les parts des structures et l'amélioration des caractéristiques mécaniques et physiques des matériaux d'ouvrage

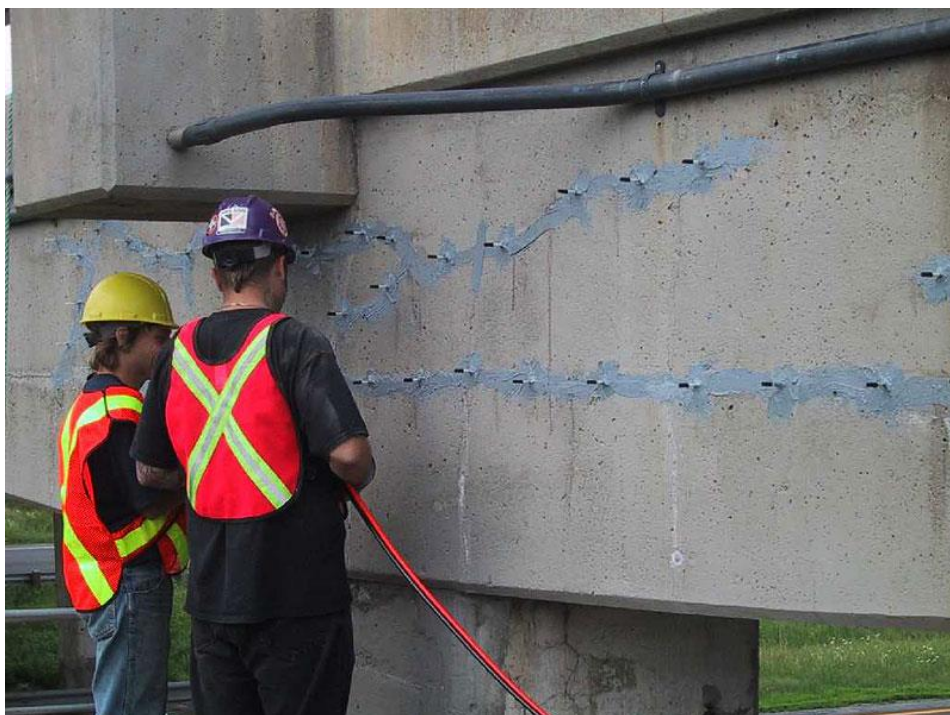


Figure II-7 : La méthode d'injection.

Les principaux facteurs sur lequel nous devrions nous concentrer pour le succès de cette technique et assurer l'efficacité et la durabilité des travaux d'injection, le choix de la bonne combinaison de matériaux d'injection, l'équipement d'injection et la méthode opératoire d'injection.

II.5.4.1 Matériau d'injection

Le choix et la sélection du bon matériau d'injection et le bon produit d'injection compatible avec les besoins et les exigences définies par l'expert pour la réparation du projet sont le facteur clé de succès.

Les propriétés physiques et mécaniques comme la viscosité et la flexibilité ainsi que le comportement du matériau à la présence d'eaux sont des conditions importantes, ce qui peut influencer de manière significative la durabilité de l'injection.

Les matériaux de base d'injection sont :

a. Acrylates

Le groupe de substances des gels acrylates comprend les matériaux d'injection ayant des propriétés de gonflement. Les gels acrylates sont constitués de plusieurs composants, qui après la réaction sont capables de libérer l'eau stockée dans des conditions sèches. [31]

En raison de leur faible viscosité et de leur temps de réaction ajustable, ils conviennent pour diverses applications telles que les injections de surface ou des injections d'arrêt. Les gels acrylates ont un effet d'étanchéité et sont très flexibles. Il existe également des systèmes qui se rigidifient et sont capables d'absorber des forces de compression élevées. Les gels acrylates sont donc parmi les matériaux de construction par injection, les plus polyvalents. Le matériel d'injection peut être nettoyé à l'eau avant la réaction, les gels sont respectueux de l'environnement et exempts de solvants. [31]

b. Les Polyuréthanes

Ce sont des matériaux d'injection ayant des propriétés élastiques limitées. Ils sont utilisés pour créer une étanchéité dans les bâtiments. Les polyuréthanes réagissent pour former une résine flexible qui, grâce à son excellente adhérence sur les flancs, sont capables d'absorber les mouvements de fissuration et d'assurer ainsi une étanchéité permanente. Les polyuréthanes peuvent également être utilisés pour les fissures sous pression et aquifère. Dans certaines circonstances, il est recommandé de procéder à une préinjection avec une mousse de

polyuréthane, qui a un effet d'étanchéité temporaire en cas de forte expansion et permet une post-injection contrôlée avec une résine de polyuréthane. [31]

c. Époxydes

Les agents d'injection à base de résine époxy sont utilisés pour des assemblages par adhésion. Ils sont adaptés à une utilisation dans des fissures et des cavités de volume limité. Les époxydes permettant d'obtenir des résistances élevées à la traction et à la compression et peuvent donc être utilisés dans le cadre de la réfection du béton de par sa résistance mécanique accrue. Le substrat pouvant être sec jusqu'à un maximum d'humidité mate, ils assurent un transfert de charge permanente pouvant être utilisés de manière fiable. C'est un système qui a fait ses preuves depuis de nombreuses années. [31]

d. Ciments Fins

Les matériaux d'injection à base de ciment fin sont utilisés pour les assemblages par adhésion (pression) et les remplissages de cavités de plus grands volumes. Une distinction est faite entre deux groupes:

Les matériaux modifiés par des polymères, dans lesquels une dispersion plastique remplace la teneur en eau et améliore le comportement d'écoulement assurant la stabilité du mélange sous haute pression. Ces propriétés sont un facteur décisif, notamment lors de l'injection des tuyaux d'injection. Le second groupe est constitué par des ciments fins qui sont simplement mélangés à de l'eau afin de colmater définitivement des cavités ou des fissures plus importantes ou de fixer des ancrages. [31]

II.5.4.2 Matériel d'injection

Ce facteur est la clé de succès, il est de disposer d'un équipement convenable pour le matériau d'injection choisi pour la préparation du mélange la distribution juste du matériau. Cela englobe le dosage du mélange, la distribution par une pompe appropriée, l'utilisation des emballeurs, ports et connecteurs appropriés.

II.5.4.3 Méthode d'injection / application

La méthode d'injection et les techniques d'application correcte doivent être contrôlées et suivies par des opérateurs qualifiés et expérimentés, pour assurer le succès et de fournir des solutions complètes et permanentes d'étanchéité.

Les techniques d'injections sont les suivants :

a. Les tuyaux d'injection

Sont installés dans la zone des joints de bétonnage avant le bétonnage, afin d'être injectés ultérieurement avec un matériau d'injection approprié et obtenir ainsi une étanchéité fiable dans la zone des joints de béton.

b. Injection des fissures

Les fissures peuvent être causées par une surcharge ou des contraintes dans la structure dues à des forces externes (par exemple, des mouvements de terre). Les fissures non étanches doivent être obturées et étanchées pour assurer l'étanchéité et la durabilité de la structure d'un bâtiment.

c. Injection de surface

Cette méthode peut être étanchée de manière fiable par des mesures d'injection de surface. A l'aide d'injections de surface, un écran d'étanchéité - le voile - est réparti sur toute la surface directement derrière le niveau de l'élément de construction qui n'est pas étanche. Lors d'une injection de surface, le matériau d'injection est injecté directement derrière l'élément de construction.

Le phénomène de la séparation granulaire est un problème général dans tous les chantiers de construction. Bien qu'il existe des méthodes préventives et des techniques de réparation, la seule solution reste de développer des matériaux innovants qui compensent le béton traditionnel et réduisent l'apparence de ce problème, de ces matériaux le béton autoplaçant.

II.6 Béton Auto Plaçant :

Les bétons autoplaçant BAP, sont développés depuis une vingtaine d'années et sont à l'heure actuelle l'un des bétons innovants à causer son utilisation modeste et les caractéristiques spécifiques à l'état fluide par rapport les bétons traditionnels. En cette partie on a introduit et présenter par un aperçu détaillé le béton autoplaçant en tant que matériau innovant et comme une solution. Il énonce au début les définitions ainsi que leur l'historique de leur développement, cette partie a pour faire une aperçu général sur la description des composants

des BAP, les propriétés et les caractéristiques à l'état frais et durci, à la fin, il met en évidence les avantages et les inconvénients apportés par les BAP.

II.6.1 Historique

Pendant les années quatre-vingt, les chercheurs entreprirent des efforts majeurs au Japon a objectif d'amélioration de la durabilité des ouvrages en béton armé. Les chercheurs d'université de Kōchi (Tokyo) ont développé le premier prototype de BAP pendant l'été de 1988. Cette découverte de sa technique du béton a une grande ampleur sur le domaine de la construction en béton armé et engendre un intérêt vaste au niveau mondial. Trois années plus tard, en mai 1992, au 4ème Congrès International CANMET & ACI à Istanbul, l'intervention des chercheurs accélérés la diffusion de cette nouvelle génération du béton.

II.6.2 Définition du Béton Auto plaçant

Ce béton l'autoplaçant, nommé aussi le béton autocompactant, il est un béton qui se caractériser à l'état frais par le compactage par lui-même par l'effet de gravité permet de son poids propre, et né besoin d'aucune méthode de compactage ou vibration d'où ça sert à minimiser le risque de présence du phénomène de ségrégation.

Les propriétés caractéristiques de béton autoplaçant sont :

- Degré élevée de la fluidité et la viscosité du mélange (comme le miel), sans aucun risque de ségrégation.
- Une capacité excellente au remplissage des formes du coffrage par un béton homogène, même à la présence de ferraillages denses et aux dés coffrages d'une forme complexe.

II.6.3 Domaines d'application

Aujourd'hui le béton auto plaçant est utilisé dans des nombreux domaines spécialement au domaine de la réalisation des ouvrages d'art à cause des critères positifs par rapport aux bétons traditionnels.

Les avantages en faveur du béton autoplaçant sont les suivants [32], [33]:

- Rendement amélioré et exécution plus rapide.
- Réduction des nuisances sonores durant l'exécution.
- Liberté accru des formes de coffrage.
- Facilité de bétonnage d'éléments exigus.

- Qualité accrue des surfaces de béton.
- Facilité de bétonnage d'éléments avec une armature dense ou importante.
- Remplissage de parties difficilement accessibles.
- Diminution de la pénibilité du travail et suppression de l'apparition du syndrome du vibreur.

II.6.4 Les principaux constituants des BAP

Les matériaux de base sont les granulats, ciment et l'eau de gâchage qui peut être peu différents aux matériaux composant du béton ordinaire :

II.6.4.1 Les granulats

Les granulats roulés ou concassés sont généralement les plus utilisés, les granulats roulés en vrac ont un plus petit volume de vide inter granulaire et ce qui nécessite une moindre quantité de la pâte cimentaire pour le remplir.

La flottabilité des granulats concassés dans la pâte est meilleure, parce que leur surface spécifique est grande et la masse identique. Tout cela contribue à empêcher tout risque de blocage du béton par les barres d'armature lors du coulage, généralement le diamètre maximal des granulats utilisés est 16 mm.

II.6.4.2 Le ciment

Tous les types normalisés de ciment sont adéquats pour la fabrication de BAP. Cependant, l'utilisation du ciment portland (contenant seulement le clinker) nous donne toute latitude pour varier et contrôler les quantités introduites des additions minérales.

II.6.4.3 L'eau de gâchage

L'eau du réseau public ou l'eau potable convenable pour la fabrication de béton Auto plaçant. Par contre les eaux recyclées et de lavage ne sont pas satisfaisantes quand sont sous certaines conditions restrictives à cause d'effets directs indésirables sur les propriétés du béton, ainsi que l'importance de la mesure l'humidité des granulats et spécialement du sable pour prendre en compte au calcul de la teneur en eau des adjuvants.

II.6.4.4 Adjuvants chimiques

Ces ajouts sont à l'objectif d'obtenir un degré de fluidité exigé à un béton autoplaçant généralement on utilise un adjuvant fluidifiant basé de poly carboxylates.

Cet adjuvant permet de réduire le dosage en eau qui avait un effet direct sur la viscosité. L'efficacité et l'utilité d'adjuvant peuvent être plus ou moins liées selon la compatibilité de ciment et les additions utilisées.

En outre le dosage élevé d'adjuvant retarder généralement le début de prise et l'adjuvant stabilisateur permet de réduire le risque de ségrégation du BAP (ressuage, granulats grossiers tasser vers le bas), et devient stable et minimiser la sensibilité aux variations du rapport E/C.

Donc il faut sélectionner les adjuvants les mieux appropriés au ciment utilisé par les essais préliminaires sinon, il a possible de voir une perte des performances recherchées du BAP.

II.6.6 Caractéristique des bétons auto-plaçant

Les importantes propriétés des BAP sont, la fluidité, la viscosité, la capacité de remplissage et la stabilité. Ces propriétés sont obtenues grâce à une teneur très élevée en matière cimentaire (liant) qui ensemble avec l'eau et l'adjuvant fluidifiant constitue la pâte (coulis de ciment), sous forme d'une suspension colloïdale à viscosité élevée, dans laquelle nagent les granulats plus grossiers sans aucune tendance à la ségrégation. En plus de la fluidité élevée généralement obtenue avec les bétons fluides, ce coulis (suspension) présente une certaine viscosité. C'est la combinaison de cette viscosité avec une fluidité très élevée qui confère au béton sa stabilité envers la ségrégation ainsi que sa capacité à se désaérer naturellement. [34]

Pour le contrôle de ses propriétés sur béton frais il existe des nombreux procédés, les trois essais de caractérisation ont été recommandé en l'an 2000, par l'Association Française de Génie Civil [AFGC], ces recommandations sont devenues sur le site pour valider une formule de BAP. [35]

Les trois essais permettant de caractériser et de contrôler la rhéologie des BAP et leurs propriétés à l'état frais, sont : l'essai d'étalement, l'essai à la boîte en L et, l'essai de stabilité au tamis.

II.6.6.1 Essai d'étalement (Slump Flow)

Le cône utilisé si le même cône que celui normalement utilisé pour l'essai d'affaissement, Ce cône est placé sur une plaque d'étalement, à surface propre et humidifiée et on mesure l'étalement qui correspond au diamètre moyen de la galette de béton obtenue, qui devrait être compris entre 600 et 800 mm.

Pour l'AFGC les valeurs favorisées d'étalement sont généralement fixées dans l'intervalle 600 à 750 mm d'autre part y'a une possibilité de mesurer le temps d'écoulement du béton pour

atteindre un étalement de 50 cm (noté T50) ce qui donne un indice sur la viscosité d'un mélange de béton. [37]

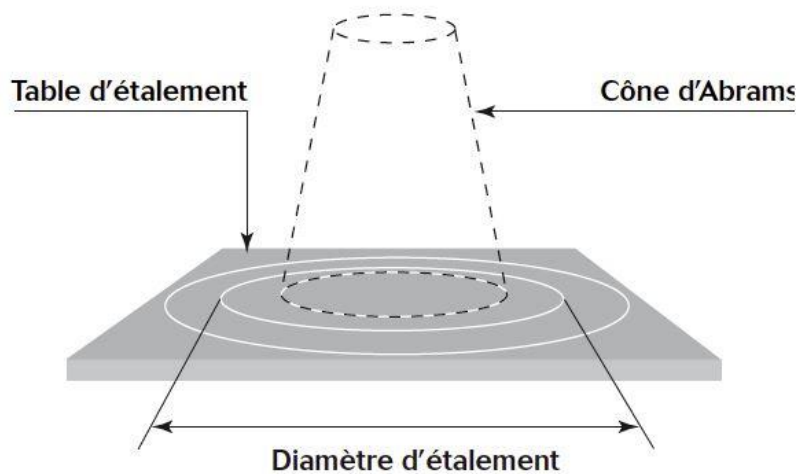


Figure II-8 : Représentation schématique de l'essai d'étalement.



Figure II-9 : Détermination de l'étalement.

II.6.6.2 Essai de boîte en L

On fera une mesure du temps d'écoulement du béton dans la partie horizontale. Ce temps d'écoulement devrait être compris entre 3 et 7 secondes en plus on peut mesurer la hauteur aux deux extrémités de la partie horizontale par le béton H1 et H2

Le mode opératoire est exprimé d'après l' [AFGC] comme suit :

La partie verticale de la boîte est entièrement remplie par béton et après l'arasement, on laisse le béton reposer pendant une minute. Puis on lève la trappe et on laisse le béton s'écouler dans la partie horizontale de la boîte à travers le ferrailage. La distance libre entre les barres est de 39 mm. On mesure les hauteurs H1 et H2 et on exprime le résultat en matière de taux de remplissage $H2/H1$, le rapport devrait être supérieur à 0,80.

Quand le béton s'écoule mal à travers le ferrailage on ne considère qu'un signe d'un problème de ségrégation. [38]

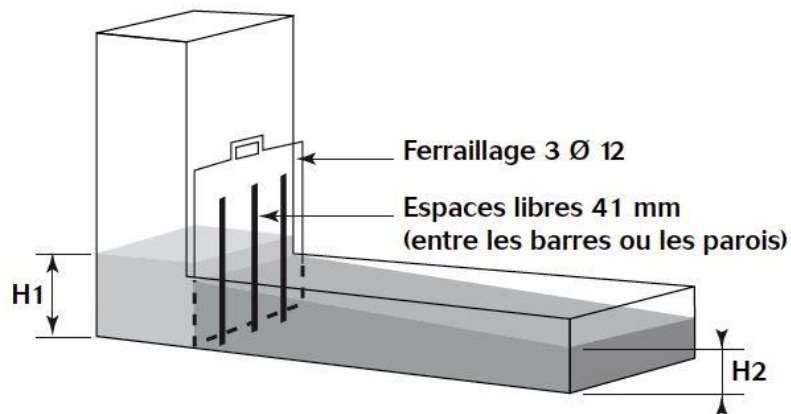


Figure II-10 : Représentation schématique de l'essai à la boîte en L

II.6.6.3 Essai de stabilité au tamis

Cet essai permet d'évaluer les bétons autoplacants vis-à-vis du risque de ségrégation du BAP, qui doit être stable et conserver l'homogénéité sous l'effet de la gravité. En plus Il peut être utilisé cette méthode à la phase d'étude de formulation d'un béton en laboratoire et pour le contrôle de la stabilité du béton livré sur le chantier.

Le mode opératoire d'après les recommandations de l' [AFGC] est le suivant : A la fin du malaxage, dix litres de béton sont versés dans le seau. Après quinze minutes, un échantillon de 4,8 kg est versé du seau sur le tamis, deux minutes plus tard, on pèse la quantité de pâte (laitance) ayant traversé le tamis. [39]

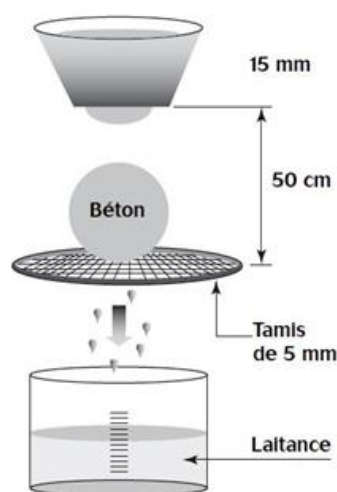


Figure II-11 : Représentation schématique de l'essai Stabilité au tamis.

Le pourcentage en poids de laitance par rapport au poids de l'échantillon donne l'indice de ségrégation π .

- $0 < \pi < 15\%$ Stabilité satisfaisante.
- $15\% < \pi < 30\%$ Stabilité critique, l'essai à refaire.
- $\pi > 30\%$ Stabilité très mauvaise, Donc le béton est inutilisable. [36]

Tableau II-3 : Valeurs préconisées pour les essais A.F.G.C

Etalement	600 mm à 750 mm
H1 / H2	>0.8
Laitance	<15%

II.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons vu une revue sur les pathologies et les différents types soient chimiques, mécaniques et physiques. En plus, les défauts du béton frais et les défauts liés au comportement du béton et les agressions au chantier, et les mesures préventives pour éviter le phénomène de ségrégation.

À la deuxième partie nous avons fourni une explication sur les différentes méthodes de réparation et de confortement d'un ouvrage en béton armé. Quelle que soit la méthode, l'objectif est de réparer l'endommagement du béton causé par la ségrégation et faire la reconstitution d'enrobage et combler le manque de surface par ajout d'un béton par les différentes méthodes, à la fin, nous offrons comme une solution radicale le béton autoplaçant qui est caractérisé par de nombreuses propriétés qui servent à limiter le risque d'apparition de phénomène de ségrégation et contribue à faciliter la mise en œuvre aux chantiers.



CHAPITRE III

ETUDE Expérimental DE CAS « VIADUC EL GHAZAOUET »

III.1 Introduction

Pour mener à bien notre projet de fin d'étude qui avait pour objectif le traitement d'un problème pathologique répandu dans plusieurs chantiers d'ouvrage d'art. On a trouvé un cas de pathologie de ségrégation. Un des ingénieurs du laboratoire LTP-Sud, nous a contactés pour un cas de phénomène de ségrégation dans un ouvrage de viaduc dont il faisait le suivi.

Dans le cadre de la réalisation de la liaison autoroutière reliant le port de Ghazaouet à l'autoroute Est-Ouest sur 41 km, 1^{re} tranche sur 13 km, le phénomène de ségrégation a été bien remarqué après le décoffrage des deux culées C12 droite et C1 droite du viaduc au niveau de liaison autoroutière reliant le port de Ghazaouet (Tlemcen) à l'autoroute Est-Ouest sur 41-1^{er} tranche sur 13 Km.

Après des constats visuels sur site, il a été relevé deux non-conformités suite à la malfaçon du bétonnage de ces éléments. Plusieurs essais d'investigation ont été faits sur la culée C12, afin de voir ou s'assurer de la qualité du béton mis en place. Des actions correctives aussi ont été déposées par l'entreprise dans le but de démontrer le mode de traitement qui va se faire, et en se basant sur les remarques faites par le maître d'ouvrage, le présent chapitre représente le traitement général qui englobe toutes les phases de correction et qui donne beaucoup plus de détails et d'informations sur façon de réparation des ségrégations sur les deux culées.

Dans ce travail nous avons ciblé notre recherche sur les paramètres influents le phénomène de ségrégation et leurs conséquences sur le comportement mécanique de béton in situ et le comportement physique de béton frais et la durabilité du béton en général, en plus nous avons suivi la revue bibliographique pour pouvoir décider d'une méthode de réhabilitation de l'ouvrage cité en objet.

III.2 Localisation graphique et description du projet

Le chantier du premier tronçon de la pénétrante autoroutière entre le port et El Assa, sur une distance de 13 kilomètres, devant relier Ghazaouet à l'autoroute Est-Ouest (au niveau de la commune de Hammam Bouhrara).

Le viaduc prend forme à l'entrée sud de la ville portuaire de Ghazaouet. Constitué de plusieurs travées et de dizaines de culées en béton armé, cet imposant viaduc franchit les obstacles naturels des monts à l'entrée de Ghazaouet sur environ 5 kilomètres et traverse la route nationale 98 qui dessert Nedroma et Tlemcen.



Figure III-1 : Localisation Géographique du projet.

III.3 Présentation de projet

Cette enjambée gigantesque du viaduc de Ghazaouet, permettant de désengorger le trafic et d'éliminer les bouchons qui se forment quotidiennement à l'entrée de la ville, revêt une importance capitale, puisqu'elle aura un impact sur le milieu local, le tourisme de la région et l'environnement. Au-delà du souci esthétique et de bonne intégration dans le paysage, le viaduc conçu selon les normes internationales les plus récentes afin d'assurer un maximum de sécurité aux automobilistes.

En outre, la construction du viaduc aura également un effet économique positif sur la région de Ghazaouet désenclavée par la pénétrante de l'autoroute Est-Ouest, d'autant plus qu'une zone d'activités qui a vu le jour récemment à proximité de Sidi Amar.

Le chef de service exploitation et entretien des routes, Mohamed Ali Dahmane a indiqué que le premier tronçon de ce projet de 41 kilomètres, qui porte sur une double voie a été réalisé sur 13 km du port de Ghazaouet vers le village d'El Assa dans la commune de Nedroma.

Les travaux de ce tronçon dotés d'une enveloppe de 25 milliards DA sont pris en charge par trois entreprises publiques, privées et étrangères. Sa réalisation comprend 7 ouvrages d'art dont 4 viaducs l'un d'eux sur plus de 1 km de long, selon la même source.



Figure III-2 : Vue du Viaduc

III.4 Les Désordres Constatés

Une anomalie remarquée sur la C12 droite du viaduc 8.7 a fait le sujet d'un carottage de la C12 droite pour connaître la structure interne de culée.

Le résultat des éprouvettes prélevées dans les zones saines était très satisfaisant. Les autres éprouvettes où la ségrégation était apparente, la carotte a démontré la profondeur du phénomène, d'où le traitement est indispensable et en urgence.



Figure III-3 : Prélèvement des carottes de Culée 12 Droite.



Figure III-4 : Prélèvement des carottes de Culée 12 Droite.

Après le carottage des actions correctives sont proposées en utilisant une résine synthétique à haute densité suivant la fiche technique du produit proposé par l'entreprise.

Mais nous avons quelques réserves du fait que la profondeur de la ségrégation est plus ou moins importante, d'où la nécessité d'un traitement qui va assurer la bonne qualité de la structure en matière d'homogénéité et de résistance.

III.5 Diagnostic et proposition de solutions

III.5.1 Analyse des causes de la pathologie

La pathologie ségrégation fait référence à une séparation des composants de béton frais, résultant en un mélange non uniforme. Les principales causes de la ségrégation sont des différences en densité et en taille spécifiques constituants du béton.

Plusieurs causes peuvent également conduire à la ségrégation. On cite par exemple :

- Transport de mélanges de béton sûr de longues distances
- Mélange mal dosé où il n'y a pas suffisamment de matrice pour lier les agrégats
- Chute de béton depuis des endroits en hauteur.
- Béton vibrant longtemps.

III.5.2 Solutions proposées

La tendance à la ségrégation peut être corrigée en proportionnant correctement le mélange, par une manipulation, un transport, une mise en place, un compactage et une finition appropriés, en utilisant l'entraînement de l'air adjuvant et matériaux pouzzolaniques, et en choisissant des granulats grossiers et fins avec approche de la gravité spécifique. [40]

Les agents entraîneurs d'air ont été utilisés en grande partie parce que les bulles d'air semblent maintenir les particules solides en suspension. Les réducteurs d'eau réduisent également quantité de ressuage parce qu'ils libèrent de l'eau piégée dans le mélange. [41]

Il est essentiel que les ingrédients du mélange (ciment, sable, gravier et eau) soient correctement mélangés afin de produire du béton frais dans lequel la surface de toutes les particules d'agrégat est revêtue de pâte de ciment et qui est homogène à l'échelle macro et donc possédant propriétés uniformes.

III.5.2.1 Les matériaux de réparation

a. Bétons Conventionnels. [42]

Les réparations profondes en béton conventionnel sont généralement utilisées lorsque la surface à réparer est plus grande que 1000 cm² et la profondeur dépasse 150 mm ou lorsque la profondeur de la réparation dépasse de 25 mm le niveau inférieur des aciers d'armature.

Il s'agit d'un matériau de réparation très économique.

- Il est préférable d'amener la surface du vieux béton à l'état avant d'appliquer le nouveau béton (pré-saturation de plusieurs heures).
- Un bon mûrissement est essentiel pour assurer une bonne durabilité et pour minimiser la fissuration due au retrait de séchage. Le périmètre de la zone à réparer doit être scié sur une profondeur d'au moins 25 mm.
- Les bétons conventionnels peuvent être utilisés avec plusieurs types de techniques de mise en place: utilisation de coffrages conventionnels, projection par voie humide, projection par voie sèche, et pompage.
- Il est important d'utiliser un béton de réparation durable dont les propriétés physicochimiques (module élastique, coefficient de dilatation thermique) sont similaires à celles du béton existant.

b. Les latex [43]-

Le terme latex, qui désignait à l'origine le liquide sécrété par certains végétaux, se rapporte maintenant à une vaste famille d'émulsions de polymères synthétiques mise en solution dans l'eau.

Les latex (composés de monomères et non de polymères) se distinguent en cela des autres résines, que l'on incorpore au béton à l'état frais et dont on provoque la polymérisation à l'intérieur de la matrice. Cette différence fondamentale explique la grande simplicité de mise en œuvre du mortier ou du béton de latex : il suffit d'ajouter le latex au mélange frais.

c. Les mortiers latex [43]

Les mortiers de latex contiennent généralement entre 10 et 20% de latex par rapport à la masse de ciment. Les latex confèrent au mortier une adhérence importante sur des supports même lisses, une amélioration de la plasticité permettant une réduction de la quantité d'eau de gâchage, une amélioration de l'imperméabilité, une diminution du module d'élasticité et une augmentation de la résistance à la traction. Les mortiers au latex se révèlent donc d'excellents matériaux pour réparer les structures.

d. Résine époxy

Ce sont des composées organiques qui à l'aide de durcissements appropriés, constituent des produits mécaniquement et chimiquement résistants, et dotés d'excellentes propriétés d'adhérence. On peut les utiliser pour faire adhérer du béton à des surfaces, ou pour ressouder des portions d'une section de béton en service fissurés ou détachés. Une fois durci, le composé ne se ramollit pas, ne coule pas et ne suint pas du moins dans les conditions d'emploi ordinaires.

III.5.2.2 Méthodologie de réparation

Les travaux de réparation doivent être précédés par une préparation comprenant :

- ✓ La purge des bétons dégradés,
- ✓ Le traitement des armatures corrodées, leur remplacement éventuel ou l'ajout d'armatures supplémentaires, s'il y a corrosion.
- ✓ Le nettoyage des surfaces. Important et nécessaire.

Les trois modes de réparation peuvent être envisagés :

- La restauration du béton par ragréage (petites surfaces),
- La restauration du béton par bétonnage / béton projeté,
- Le renforcement structural par ajout de béton (technique d'injection) et/ou d'armatures, mortier de réparation ou résine.

III.5.3 Traitement et réparation des pathologies de ségrégation

La réparation va se faire en deux phases, une première phase consacrée spécialement au piquage et nettoyage à l'air comprimé toute la surface où la ségrégation est jugée profonde, et élimination de toute trace de corrosion sur les armatures.

Ensuite, mettre en place un coffrage étanche et résistant remplissage de toute la zone curée préalablement par un mortier de scellement à haute résistance, prévoir des réservations en haut de la zone pour mettre le remplissage par le mortier de scellement et assurer la fermeture des joints entre le panneau de coffrage et la surface du mur par une silicone, pour l'étanchéité du coffrage.



Figure III-5 : La mise en place d'un coffrage étanche.

La dernière étape de la première phase est de remplir les vides par **SIKAGROUT 212 SCELLEMENT**, un mortier de scellement à haute résistance et à retrait compensé possédant une très grande fluidité.

L'utilisation des vibreurs est indispensable afin de s'assurer que le remplissage est fait d'une façon correcte.

Pour la deuxième phase du traitement, c'est l'injection proprement dite d'une résine époxydique par une pression bien définie.

Nous commençons cette phase par un perçage des petits trous espacés de maximums 30 cm des deux plans, donc un quadrillage qui va se faire au niveau de la zone de l'intervention avec des mailles de maximums 30 cm de part et d'autre.

Ensuite c'est la mise en place des injecteurs forés de 12 mm de diamètre pour les résines et de 21 mm pour les mortiers qui seront placés dans les trous forés précédemment.

L'injection de la résine commence par les injecteurs inférieurs, pour assurer un remplissage total de toute la zone poreuse, le refoulement de la matière injectée par l'injecteur à côté ou qui se trouve juste en dessus est le signe de la saturation par la résine.

Après décoffrage, et après durcissement du mortier de scellement, un quadrillage est fait pour déterminer l'emplacement des injecteurs.



Figure III-6 : Mise en place des injecteurs en respectant l'espacement $E < 30$ cm.



Figure III-7 : Injection des résines.

III.6 Présentation de produit Utilisé à la réparation SikaGrout-212 Scellement

Il s'agit d'un mortier hydraulique prêt à l'emploi. Après gâchage à l'eau, on obtient un mortier de consistance fluide. Ses performances sont :

- À retrait compensé,
- Il présente des résistances mécaniques très élevées, en compression et en flexion, même à court terme.
- Son adhérence est excellente sur le béton, le mortier et l'acier.
- Il assure une liaison monolithique et résiste parfaitement aux chocs et vibrations.

Tableau III-1 : Les performances de produit « Résistance en compression ».

Résistance en Compression

▪ Mortier gâché pur :

Résistances mécaniques (NF EN 196-1) pour des températures comprises entre 20 °C et 35 °C (valeurs données à titre indicatif)

	Plastique	Fluide
Jour 1	35 - 40 MPa	25 - 35 MPa
Jour 3	45 - 55 MPa	40 - 50 MPa
Jour 7	60 - 65 MPa	50 - 60 MPa
Jour 28	65 - 75 MPa	60 - 70 MPa

▪ Mortier gâché avec ajout de charge :

Exemple : 12,5 kg de sable (1-10 mm) par sac de 25 kg de SikaGrout®-212 Scellement. Gâchage avec 3,5 à 4 litres d'eau.
(valeurs données à titre indicatif)

Jour 1	30 - 35 MPa
Jour 3	45 - 50 MPa
Jour 28	55 - 65 MPa

Tableau III-2 : Les performances de produit « Résistance en flexion »

Résistance à la Flexion

- Mortier gâché pur :

Résistances mécaniques (NF EN 196-1) pour des températures comprises entre 20 °C et 35 °C (valeurs données à titre indicatif)

	Plastique	Fluide
Jour 1	6 - 7 MPa	4 - 5 MPa
Jour 3	8 - 9 MPa	6 - 7 MPa
Jour 7	10 - 11 MPa	7 - 8 MPa
Jour 28	11 - 12 MPa	9 - 10 MPa

- Mortier gâché avec ajout de charge :

Exemple : 12,5 kg de sable (1-10 mm) par sac de 25 kg de SikaGrout®-212 Scellement. Gâchage avec 3,5 à 4 litres d'eau.
(valeurs données à titre indicatif)

Jour 1	4 - 5 MPa
Jour 3	7 - 8 MPa
Jour 28	8 - 9 MPa

III.7 Essais De Contrôle

Après avoir effectué les traitements nécessaires et réparations, des essais de vérification et de contrôle sont obligatoires pour s'assurer de la conformité du traitement suivant la norme. Il peut s'agir des essais non destructifs ou des essais ultrasoniques.

Les deux photos suivantes montrent la différence en matière d'homogénéité du squelette granulaire dans un même endroit carotté avant et après traitement.



Figure III-8 : Carotte avant traitement C12 Droite Surface S1



Figure III-9 : Carotte Après traitement C12 Droite Surface S1

III.8 Conclusion

Après avoir identifié le cas expérimental de ségrégation qui a menacé les culés du projet, nous avons constaté que ce phénomène est couramment rencontré dans ce type de projet. Nous avons donné une explication détaillée des procédures de réparations et traitement de la ségrégation qui a touché les culées C12 et la C1,

Nous signalons que des essais non destructifs et ultrasoniques peuvent être faits après traitement, pour contrôle et évaluation de la réparation. Les résultats vont démontrer si la méthode du traitement a été faite d'une façon réglementaire et selon les normes

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans ce travail nous avons traité un problème courant et souvent rencontré dans le béton en état frais sur les chantiers de construction et les centrales à béton, en particulier lors fabrication et coulage du béton.

Nous avons cherché à travers ce phénomène pour connaître les causes possibles et les conséquences de la ségrégation sur les propriétés du béton coulé. Ce phénomène se traduit par une séparation des gros granulats de la matrice cimentaire et par un mouvement des grains entre eux, les gros granulats allés vers le bas sous l'effet de leur propre poids et les plus petits à monter. Cette variation conduit à une distribution non uniforme des granulats dans la masse se traduisant directement par une résistance différentielle.

Sous la lumière de cette recherche nous avons découvert les conséquences de cette anomalie sur le comportement physique du béton en état frais ou sur le comportement mécanique du béton en état durci et les paramètres intrinsèques et non intrinsèques des matériaux qui sont à une grande influence sur la présence de ségrégation, En outre nous avons vu les différents méthodes de réparation des éléments touchés par la ségrégation et la méthode d'application.

Enfin, après avoir identifié le cas expérimental de ségrégation qui a menacé les Culés de viaduc, nous avons constaté que ce phénomène est couramment rencontré dans ce type de projet. Nous avons donné une explication détaillée des procédures de réparations et traitement de la ségrégation qui a touché les culées C12 et la C1.

Après tout ce que nous pouvons recommander ultérieurement c'est l'utilisation de béton autoplçant comme une solution pour minimiser le risque d'apparition de ce problème au comportement physique du béton en état frais vu la fluidité importante des BAP, le risque de ségrégation verticale sera moindre. Ainsi, il est très important de vérifier l'uniformité du squelette granulaire dans la masse du béton et atteindre un béton sain et homogène.

RÉFÉRENCE BIBLIOGRAPHIQUE.

- [1] **Bensebti, S., et al.** "La ségrégation statique dans les bétons autoplaçants «mise en place d'une procédure expérimentale»." *Annales du Bâtiment et des Travaux Publics*.No.2-3 2007.
- [2] **Josserand, Laurent.** « Ressuage des bétons hydrauliques ». Diss. Ecole des Ponts, Paris Tech, 2002.
- [3] **Baron Jacques et Ollivier Jean-Pierre :** « La durabilité des bétons », Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris 1992.
- [4] **Sierra, R.** "Theme VI-Les pates de ciment : Rhéologie, Evolution des propriétés et des structures-Répartition des différentes formes d'eau dans la structure Des Pates pures des C3S et de ciment portland' 7E Congres international de la chimie de ciment. Vol.3, 1982.
- [5] **Bulletin du ciment** « Service de recherches et conseils techniques De L'E.G Portland Wildeegg, 1960-1961.
- [6] **Loh, Chang-Kaan, et al.** "An experimental study on bleeding and channelling of cement paste and mortar." *Advances in cement research* 10.1 (1998).
- [7] **Giaccio, Graciela, and Alberto Giovambattista.** "Bleeding: evaluation of its effects on concrete behaviour." *Materials and Structures* 19.4 (1986).
- [8] **Lecomte andre, and François de Larrard.** "Résistance à la compression de bétons hydrauliques au squelette granulaire non optimisé." *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées* 234 (2001).
- [9] **Ash, John E.** "Bleeding in Concrete-A Microscopic Study." *Journal Proceedings*. Vol. 69. No. 4. 1972.
- [10] **Power T.C.:** « The properties of fresh concrete. », J. Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
- [11] **Joisel, A. (1952),** Composition des bétons hydrauliques. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, série : béton armé XXI.
- [12] **X. Willem, L. Courard, A. Darimont et R. Degeimbre,** « Etude de la consolidation du béton frais sur base de la porosité a l'état durci »,5-6 juillet 2004, Unité de Recherche sur les Matériaux de Constructions, Université de Liège, Belgique.

Références Bibliographiques.

[13] **Lissadre, Laure.** *Analyse de la fissuration des bétons et des techniques de mise en œuvre en vue d'optimiser la réalisation des ouvrages.* Diss. Thèse de licence, Strasbourg, 2006.

[14] **Site internet**, Consulté le 18 mars 2022.

<https://www.infociments.fr/betons/eau>

[15] **Site internet**, Consulté le 19 mars 2022.

<https://www.holcim.be/fr/les-constituants-du-beton-les-granulats>

[16] **J.-P. Lott, et al, 2005 CIMBÉTON :** *centre d'information sur le ciment et ses applications* « Ciment et béton » conception et réalisation – Edition 2005, Paris.

[17] **De Larrard, F. Ferraris C. :** « Rhéologie du béton frais remanié : Plan expérimental et dépouillement des résultats. », *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussées* n°213.

[18] **Khayat K.H., Guizaniz. :** « Use of viscosity-modifying admixture to enhance stability of fluid concrete. », *A.C.I. Materials journal*, jul.1997.

[19] **A.Nacéri**, Article « Etude comparative de méthode de formulation de béton » Algérie Equipement, Université Msila Janvier 2004.

[20] **Soga S., Takagi K., Kimura A.:** « Influence of the mixing energy on fresh concrete. », *Transactions of the japan concrete institute*, 1986.

[21] **Mehiri Kais, Engelaere Charles, Dehaudt Sylvain** « Dispositif et procédé de vibration pour le traitement d'un mélange durcissable », *Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton Manufacture*, février 2013.

[22] **Leroy R, Willaert J, Mirmand H, Rouanet D. :** « Identification des paramètres favorisant la formation de poches d'air et d'eau dans les coulis de ciment pour gaines de précontrainte. », *Bulletin des laboratoires des ponts et chaussée*, n°229, 2000.

[23] **Neville A. M.** *Propriétés des bétons.* Centre de recherche interuniversitaire sur le béton-Sherbrooke-Laval. Édition Eyrolles (2000).

[24] **Site internet**, Consulté le 12 avril 2022.

<https://www.construire-habitat.com/degradation-betons-causes-consequences/>

Références Bibliographiques.

- [25] **Ait Si Youssef Siham, Karab Chayma**, polycopié Pathologie des bâtiments Université Mohammed V Rabat Ecole Supérieure de Technologie Salé.
- [26] **Site internet**, Consulté le 20 avril 2022.
<https://www.holcimpartner.ch/fr/betonpraxis/degradations-dues-aux-attaques-chimiques-dissolvantes>
- [27] **Mémento pour la mise en œuvre sur ouvrages d'art** – Collection de fiches techniques "Traitement des non-conformités et défauts apparents des bétons", le réseau scientifique et technique (Sétra, Lcpc, CETE), Octobre 2009.
- [28] **Resplendino, Jacques, and François Toulemonde**. « Designing and Building with UHPFRC. John Wiley & Sons, 2013.
- [29] **Lorry-Alan MOALIC**, Fiches réhabilitation d'ouvrage en béton armé du diagnostic ou confortement, Annexe 1, INSA de STRASBOURG, Juin 2011.
- [30] **Site internet**, Consulté le 23 avril 2022
<https://dza.sika.com/fr/construction/injection.html>
- [31] **R'mili, Abdelhamid, and M. Ben Ouezdou**. "Caractéristiques et propriétés des bétons autoplaçants (BAP)." Conférence: Matériaux Sols et Structures MS2. Vol. 7. 2007.
- [32] **HOLCIM**, « Le béton autoplaçant » Suisse, version 2004.
- [33] **Mili, Abdelhamid & Ben Ouezdou, Mongi**. « Caractéristiques et propriétés des bétons autoplaçants (BAP) » (2008).
- [34] **Mehta P.K.**, "Concrete: Structure, Properties and Materials", Second Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., U.S.A, 1991.
- [35] **Duval .R.**, " La durabilité des armatures et du béton d'enrobage ", dans la durabilité des bétons, Baron .J et Ollivier .J.P, Presses de l'ENPC, France, 1992.
- [36] **Mirza J.and Durand B.**, "Rapport intérimaire, Evaluation en chantier de matériaux de réparation destinés aux structures hydrauliques en béton endommagées par l'érosion", Rapport IREQ-92-154, Hydro-Québec, Montréal, juin, 1992.
- [37] **NF EN 12350-8**, Normes nationales et documents normatifs nationaux, Béton autoplaçant, Essai d'étalement (Slump Flow), Octobre 2010.

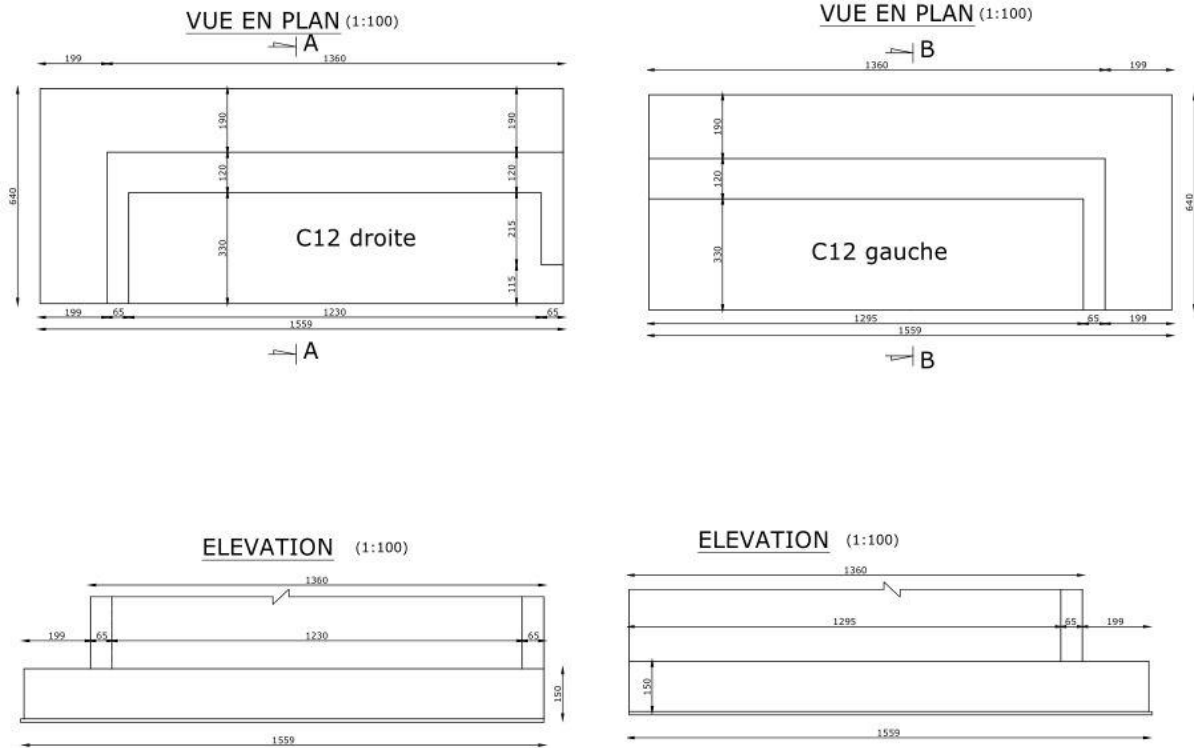
Références Bibliographiques.

- [38] **NF EN 12350-10**, Normes nationales et documents normatifs nationaux, Béton autoplaçant, Essai à la boîte en L, Novembre 2010.
- [39] **NF EN 12350-11**, Normes nationales et documents normatifs nationaux, Béton autoplaçant, Essai de stabilité au tamis, Octobre 2010.
- [40] **Kedjour Naser-Eddine** "Propriété et pathologie du béton" Publie par Office Des Publications Universitaire 1993 269P.
- [41] **M. Thiery, P. Dangla, G. Villain et G. Platret**, « Modélisation du processus de carbonatation des matériaux cimentaires ». In 1er Congrès International sur la Technologie et la Durabilité (C.I.T.E.D.U.B), Page 1-10, Alger (Algérie) 2004.
- [42] **Selma Haouara** « les facteurs d'influence sur la dégradation des ouvrages en béton arme dans la région de Biskra » Mémoire de Magistère 2004 universités de Biskra faculté des sciences et sciences de l'ingénieur Département de Génie Civil laboratoire de génie civil.
- [43] **Gadri, Karima.** : « Contribution A L'étude D'un Béton De Sable Avec Fibres Et Résine Destine Pour La Réparation Mince Des Structures », Mémoire de Magistère. Université De Biskra Faculté Des Sciences Et Sciences De L'ingénieur Département De Génie Civil Laboratoire De Génie Civil.

ANNEXES :

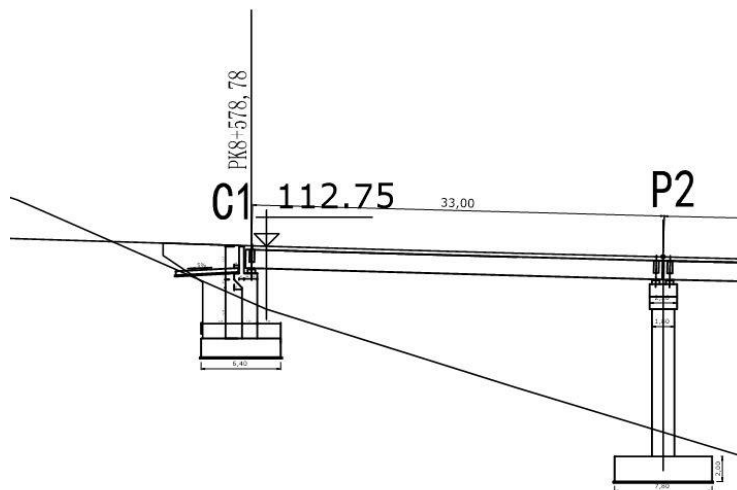
I. Les Caractéristiques géométriques de Viaduc :

i. Plan de coffrage des culées (PK 8.7 +762) :

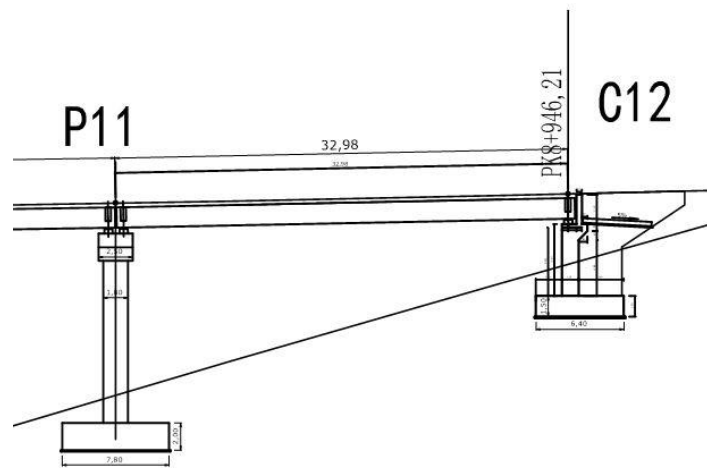


ii. Coupe transversales des Culées :

« Culée 1 »



« Culée C12 »



iii. **Fiche Technique du matériau « SIKAGROUT-212 SCELLEMENT »**

C'est un mortier hydraulique prêt à l'emploi et après gâchage à l'eau, on obtient un mortier de consistance fluide, conforme à la **EN 1504-6**



➤ **Domaines d'application**

- Scellement de boulons d'ancrage ou de fers à béton.
- Scellement de précision d'équipements industriels soumis à des chocs ou vibrations.
- Scellement de rails de chemin de fer ou de ponts roulants.
- Calage de turbines, alternateurs, compresseurs, générateurs, machines-outils.
- Calage de poutres ou constructions d'appuis de sommiers de pont.
- Assemblage d'éléments préfabriqués métalliques, en béton armé ou béton précontraint.

➤ Caractères généraux

Le produit est exempt de chlorures et de particules métalliques s'oxydant au contact de l'humidité.

- Il protège les aciers de la corrosion par son pH basique.
- Un système d'expansion programmé et contrôlé compense l'action du premier et du second retrait.
- Il présente des résistances mécaniques très élevées, en compression et en flexion, même à court terme.
- Il assure une liaison monolithique et résiste parfaitement aux chocs et vibrations.
- Il peut être pompé, injecté, vibré ou compacté.
- Il n'est pas altéré par des variations importantes d'humidité ou de température ; il résiste à l'eau et à l'huile.
- Il permet une remise en service rapide des équipements grâce à ses hautes résistances initiales.

Les performances de produit « Résistance en compression ».

Résistance en Compression

- Mortier gâché pur :

Résistances mécaniques (NF EN 196-1) pour des températures comprises entre 20 °C et 35 °C (valeurs données à titre indicatif)

	Plastique	Fluide
Jour 1	35 - 40 MPa	25 - 35 MPa
Jour 3	45 - 55 MPa	40 - 50 MPa
Jour 7	60 - 65 MPa	50 - 60 MPa
Jour 28	65 - 75 MPa	60 - 70 MPa

- Mortier gâché avec ajout de charge :

Exemple : 12,5 kg de sable (1-10 mm) par sac de 25 kg de SikaGrout®-212

Scellement. Gâchage avec 3,5 à 4 litres d'eau.

(valeurs données à titre indicatif)

Jour 1	30 - 35 MPa
Jour 3	45 - 50 MPa
Jour 28	55 - 65 MPa

Les performances de produit « Résistance en flexion »

Résistance à la Flexion

- Mortier gâché pur :

Résistances mécaniques (NF EN 196-1) pour des températures comprises entre 20 °C et 35 °C (valeurs données à titre indicatif)

	Plastique	Fluide
Jour 1	6 - 7 MPa	4 - 5 MPa
Jour 3	8 - 9 MPa	6 - 7 MPa
Jour 7	10 - 11 MPa	7 - 8 MPa
Jour 28	11 - 12 MPa	9 - 10 MPa

- Mortier gâché avec ajout de charge :

Exemple : 12,5 kg de sable (1-10 mm) par sac de 25 kg de SikaGrout®-212

Scellement. Gâchage avec 3,5 à 4 litres d'eau.

(valeurs données à titre indicatif)

Jour 1	4 - 5 MPa
Jour 3	7 - 8 MPa
Jour 28	8 - 9 MPa

RESUME

Ce travail a pour but de présenter l'état de l'art sur l'un des problèmes courant du béton frais, le phénomène de ségrégation, ses paramètres qui contribuent à son apparition et ses conséquences sur le comportement du béton soit en état frais ou à l'état durci.

Le développement du secteur de construction impose la mise à jour des méthodes de construction traditionnel et l'utilisation des matériaux innovants pour répondre aux exigences techniques de conception des ouvrages mais la non-prise en charge de la problématique de la durabilité ainsi que l'absence d'une vraie politique de surveillance ; main d'œuvre non qualifiée et entretien des ouvrages d'art insatisfaisante dans notre pays, nous a incité à proposer ce thème qui a pour objectifs : de comprendre les techniques pour une réalisation parfaite, les actions principales dans la réparation des pathologies jusqu'à l'application.

Notre travail constitue une orientation par des mesures préventives qui aident à éviter ou à résoudre les problèmes qui surviennent sur chantier pendant la réalisation des projets en particulier les dégradations dû au phénomène de ségrégation.

Mot-clé : Ségrégation, prévention, béton armé, renforcement, réhabilitation.

ABSTRACT

This work is intended to present the state of the art on one of the common problems of fresh concrete, the phenomenon of segregation, its parameters that contribute to the appearance and its consequences has the behavior of concrete either in fresh state or in the hardened state.

The ongoing development in the field of construction require the updating of traditional construction methods and the use of innovative materials to meet the technical requirements of design of the works but not-Taking charge of the problem of sustainability as well as the lack of a real policy of supervision, manpower is not qualified and maintenance of the works of art is not satisfactory in our country, encouraged us to propose this theme which has for objectives: to understand the techniques for a perfect realization, the main actions in the repair of pathologies until the application.

Our work constitutes an orientation by preventive measures which help to avoid or to solve the problems which arise on site during the realization of the projects in particular the degradations due to the phenomenon of segregation. Our work constitutes an orientation by preventive measures which help to avoid or to solve the problems which arise on site during the realization of the projects in particular the degradations due to the phenomenon of segregation.

Keywords: Segregation, concrete, reinforced, rehabilitate.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى عرض أحدث التطورات بشأن إحدى المشاكل الشائعة المتمثلة في الخرسانة أثناء عملية الصب، و تعرضها لظاهرة الانفصال الحبيبي، والعوامل التي تسهم في ظهورها وعواقبها، لما لها من تأثير ملحوظ على الخرسانة قبل التصلب أو بعد التصلب.

إن من متطلبات التطور الجاري والمستمر في ميدان التشييد تحديث أساليب التشييد التقليدية واستخدام مواد مبتكرة لتلبية المتطلبات التقنية لتصميم الأشغال و الحرص على بناء سليم و مستدام، فضلاً عن عدم وجود سياسة حقيقية للإشراف، واليد العاملة الغير مؤهلة والصيانة الغير مرضية في بلدنا، شجعنا على اقتراح هذا الموضوع الذي يهدف إلى تحقيق فهم شامل للوسائل التقنية من أجل تشييد سليم، و معرفة الإجراءات الرئيسية في إصلاح المشاكل التي قد تطرأ من الدراسة لغاية التطبيق.

يشكل عملنا توجيهاً من خلال الإجراءات الوقائية التي تساعد على تجنب أو حل المشكلات التي تنشأ في الموقع أثناء تنفيذ المشاريع ولا سيما التدهور الناتج عن ظاهرة الفصل.

، الانفصال الحبيبي، إعادة التأهيل الكلمات المفتاحية : الخرسانة المسلحة، الإصلاحات