

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Génie Civil

Option : STRUCTURES

Présenté par : KHOBIZI Sena

**Thème : REHABILITATION DES STRUCTURES EN
BETON ARME**

Sous la direction de : Mme KHALDI Nacera

Juin 2017

Remerciements :

Après avoir rendu grâce à dieu le tout puissant et le miséricordieux je tiens à remercier vivement tous ceux qui de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce mémoire. Ce mémoire de master est le résultat d'un travail de plusieurs mois .Mes vifs remerciements vont à mon encadreur madame KHALDI NACERA pour son encadrement et ses conseils scientifiques tout le long de ce travail.

Je tien aussi à remercier : les ingénieurs en génie civil du service technique de l'APC de Guelma, et les superviseurs de la remise en état de la piscine communale, en fin je présente mes sincères remerciements à toute l'équipe de formation du département de Génie Civil de l'Université 08 mai 1945 Guelma.

Mes remerciements vont aux membres du jury d'avoir honoré ma soutenance et pour l'effort fourni à fin de juger ce modeste travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à:

Ma très chère mère, à la mémoire de mon père,

Mon frère, Mes deux sœurs,

Toute ma famille,

Et à Toutes mes amies.

Khobizi sena

Liste des figures

Figure		Page
Figure II.1	Fissuration à 45° d'une dalle ; dispositions préventives du ferrailage	15
Figure II.2	processus de corrosion	16
Figure II.3	déformation du béton autour d l'acier après formation de fissures interne	16
Figure II.4	avancement du front de dé passivation en fonction du temps	17
Figure II.5	fissuration dues à la corrosion	18
Figure II.6	fissures de perte d'adhérence	20
Figure II.7	fissures de l'extrémité de corbeau	20
Figure II.8	disposition de ferrailage pour éviter le dégradation de carbone	21
Figure II.9	Schéma du choix d'investigation	23
Figure II.10	Schéma des investigations non destructives	25
Figure II.11	L'auscultation sonique des bétons	26
Figure II. 12	Scléromètre	27
Figure II.13	Ferrosan ou Pachomètre	27
Figure II.14	Mesures par ultrason	28
Figure II. 15	Schéma des investigations destructives	28
Figure II.16	Prélèvement d'acier	30
Figure II. 17	Mesure du potentiel de corrosion	30
Figure III.1	Dégagement des armatures	35
Figure III.2	Préparation de surface dégradée.	35

Figure III.3	Application manuelle de mortiers	37
Figure III.4	Béton projeté par voie sèche et par voie humide	38
Figure III.5	la réparation d'une fissure à l'aide d'une injection	39
Figure III.6	Ajouter mortier de réparation	40
Figure III.7	Ajout des tirant	41
Figure III.8	Taxidermies avec des barres d'acier	41
Figure III.9	Renforcement avec ajout d'armatures	42
	Tissus de fibre de carbone	42
Figure III.10	carbonatation du béton	47
Figure IV.1	Les essais sus béton (compression traction)	48
Figure IV.2	Les essais de Carbonatation	49
Figure IV.3	Le dispositif normatif du béton	56
Figure IV.4		

Liste des tableaux

Figure	Page
Tableau I. 1 : Classification générale des pathologies liées au bâtiment. (Source J. Monjo-Carrio, 2011)	8
Tableau III.1 : Types de préparation en fonction du type de dégradation	31
Tableau III.2 : Traitements et réparations en fonction des désordres	31
Tableau III.2.1 Principes et méthodes de réparation applicables aux matériaux de réparation	32
Tableau III.3 : Classification des mortiers par Emersons et Morgan	42
Tableau III.4: Produits d'injection-avantages et inconvénients	43
Tableau IV.2.1 : Les normes des essais de durabilité des structures	50
Tableau IV.1 : Modes opératoires d'essais performantiels	51
Tableau IV.2 : Méthodes d'essais relatives aux caractéristiques de durabilité, dans le projet de norme belge NBN B15	51
Tableau IV.3 : Les principales normes relatives aux produits de réparation	52
Tableau IV.4 : Parties de la norme EN 1504	52
Tableau IV.4.1 : Principes et méthodes relatifs à la corrosion des armatures	53
Tableau V.1.5.1 Les causes et les solutions de dégradation de structures	68

Résumé :

Les désordres survenus au niveau des structures sont souvent dus aux dégradations des matériaux employés, ou au changement de fonctionnalité (exemple l'accroissement de surcharges d'exploitation), le manque d'entretien...

Etablir un bon diagnostic impose des connaissances particulières du comportement des bétons sous l'influence des agents agressifs auxquels il est exposé, de son comportement mécanique.

Après un diagnostic, et afin d'y remédier à cette problématique, il est impérativement indispensable de procéder à des méthodes soit de : réhabilitation, de réparation ; ou bien le renforcement.

L'objectif de ce travail est précis, c'est d'arriver à réaliser une expertise et rassembler les facteurs d'influence sur la dégradation des ouvrages en béton armé et l'élaboration d'un plan de réhabilitation.

Mots clé : béton armé, dégradation, diagnostic, réhabilitation, durabilité.

ملخص:

ان الاضطرابات في الهياكل و البنايات غالبا ما تكون بسبب تدهور المواد المستخدمة او العوامل الخارجية. كل عملية البناء او اعادة التأهيل تتطلب عناية خاصة من حيث التشخيص السليم الذي يتطلب معرفة خاصة لسلوك الخرسانة تحت تأثير العوامل العدوانية التي تتعرض لها. تتطلب معالجة الاضطرابات و مشاكل تدهور البنايات و الهياكل تقنيات و اساليب تتكيف مع طبيعة المشكل و تبني طريقة اعادة التأهيل او الإصلاح او التعزيز.

الهدف من هذا البحث هو المعرفة الدقيقة لأسباب والعوامل المؤثرة في الخرسانة المسلحة ووضع خطة لإعادة تأهيلها و كيفية علاجها بمختلف التقنيات المتاحة.

الكلمات الرئيسية: الخرسانة المسلحة، تدهور، التشخيص، اعادة التأهيل، ديمومة .

Abstract:

Structural disorders are often due to the use of materials or the change in functionality

For example increased operating overhead ,the lack of maintenance.

Establish a good diagnosis impose particular knowledge of the behavior of concretes under the influence of aggressive agents to which it is exposed; of its mechanical behavior.

After a diagnosis, and in order to remedy this problem, it is imperative to carry out methods either of: rehabilitation, repair; or reinforcement.

The objective of this work is precisely to arrive at carrying out an expertise and to assemble the influencing factors on the degradation of concrete, structures and the elaboration of a rehabilitation plan.

Keywords: degradation ,diagnosis ,rehabilitation, durability

INTRODUCTION :

Les structures de génie civil réalisées en béton armé sont très concernées par les problèmes de dégradations, de vieillissements, de corrosions, d'agressions diverses, etc... Ces structures étant « plus sensibles », il est indispensable de les protéger efficacement et d'assurer une inspection et un entretien régulier de ces structures.

Le diagnostic est un moment clé lorsqu'il y a présence de pathologies. En effet, si la source du problème est mal diagnostiquée, les réhabilitations préconisées ne correspondront pas réellement à ce qui est nécessaire et l'ouvrage sera toujours soumis aux mêmes attaques.

Pour effectuer un diagnostic, différents moyens d'investigation sont disponibles. On a d'une part les méthodes destructives, pour les structures pouvant être localement dégradées et les méthodes non destructives pour les ouvrages nécessitant d'être préservés tels que les bâtiments classés monuments historiques.

Une fois les causes ainsi que les pathologies diagnostiquées, il est nécessaire de prévoir des travaux de réhabilitation afin de redonner à la structure ses caractéristiques physiques et mécaniques initiales. Afin de retarder ou de limiter de nouvelles pathologies similaires, il est possible de protéger la structure. Il existe un grand nombre de protections, elles sont à choisir selon les différentes pathologies, mais aussi sur la durée de pérennisation espérée. Elles vont du simple revêtement appliqué sur le parement, aux traitements électrochimiques.

[1]

En effet, les coûts de réparations de ces Ouvrages sont en général très élevés et nécessitent souvent l'arrêt complet de l'exploitation pendant la phase de réhabilitation (les réservoirs et châteaux d'eau, les ponts, les bâtiments et complexes industriels, les aqueducs, etc....).

La réhabilitation de ces Ouvrages nécessitera la mise en œuvre des techniques particulières, telles que : renforcements de la structure par collage de matériaux composites (fibres de carbone, tissus imprégnés de résines spéciales thermodurcissables), injections, béton projeté, etc.... ou dans certains cas : modifications complètes de l'Ouvrage, etc....

Quel que soit le types de structures en béton armé, on s'attachera à déterminer précisément l'origine et l'étendue des désordres, les sollicitations diverses et les agressions auxquelles sont soumis l'Ouvrage.

Chapitre 0

Problématique :

La réhabilitation d'une structure est une opération qui consiste à lui restituer, par des travaux appropriés, un niveau de service perdu, la baisse du niveau de service peut résulter de toutes sortes de causes ; les plus fréquentes sont la dégradation progressive des matériaux (agressions atmosphériques, modification des propriétés des matériaux), l'utilisation intensive (effet de répétition des charges) voire abusive (utilisation au delà des charges prévues), les accidents et sinistres (incendies, choc ,séisme, ...)

Les critères qui rentrent en jeu dans la conservation des structures sont nombreux et subjectifs: pour l'habitant, la localisation est prioritaire ; pour l'historien, la mémoire prime ; pour l'architecte, la qualité d'élaboration l'emporte ; pour les associations, l'image du quartier domine. La décision de réhabiliter peut être emportée sur des critères économiques, patrimoniaux ou sociaux. Cependant, les enjeux techniques et économiques en présence ramènent le plus souvent l'équation à quelques paramètres :La valeur patrimoniale des structures (au sens culturel, qui comprend l'ancienneté, la rareté et la beauté), ou son appartenance à un ensemble dont la cohérence doit être conservée ; La surface qu'il occupe, comparée au droit à construire en cas de démolition / reconstruction, ainsi que les servitudes d'éclairage et de prospect qui ont pu également évoluer; ces critères sont souvent déterminants pour les bâtiments situés en ville; L'adéquation de sa typologie (épaisseur construite, trame de structure, éclairage) à l'évolution souhaitée pour son occupation, et l'importance des travaux à engager pour l'atteindre; La présence des occupants et l'incidence sur leur vie quotidienne des scénarios de réhabilitation ou de reconstruction envisagés ; La possibilité ou non d'interrompre l'activité du bâtiment; La comparaison en coût global - c'est-à-dire travaux + accompagnement social éventuel + coût d'entretien ou d'exploitation après travaux – entre la réhabilitation de l'édifice et sa démolition / reconstruction.

La durabilité des ouvrages en béton armé dépend de leur comportement face aux conditions climatiques et environnementales qui existent dans les milieux où ils sont construits. Ces ouvrages sont souvent exposés à de nombreuses agressions physico-chimiques auxquelles ils doivent résister afin de remplir de façon satisfaisante pendant leur période d'utilisation, toutes les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus.

Ces ouvrages sont nécessaires au bon fonctionnement de notre société, car ce sont des éléments facilitant ou améliorant la vie des usagers. Pour leur permettre de remplir leur rôle, il est nécessaire de s'assurer de leur bonne santé et dans le cas contraire les réparer.

Les défauts constatés sur un ouvrage en service pouvant rapidement devenir très importants, la surveillance des constructions est indispensable et toute intervention ayant pour objet l'entretien ou la réparation, doit être aussi rapide que possible, afin d'éviter toute aggravation.

Objectif :

L'objectif de cette étude est de s'intéresser aux principales causes des dégradations et les identifier donc c'est une des étapes les plus importantes et les plus difficiles de tout le processus de réhabilitation des structures endommagées.

Il n'est généralement pas possible d'évaluer la nécessité de réhabiliter une structure ou de choisir la ou les méthodes de réhabilitation sans avoir, au préalable, bien identifier l'origine des dégradations.

Pour effectuer un diagnostic, différents moyens d'investigation sont disponibles. On a d'une part les méthodes destructives, pour les structures pouvant être localement dégradées et les méthodes non destructives pour les ouvrages nécessitant d'être préservés tels que les bâtiments classés monuments historiques.

À partir du moment où une pathologie est diagnostiquée, même si cela ne remet pas en cause la stabilité de l'ouvrage, il est important de diagnostiquer d'où vient le problème, et à quel degré il affecte l'édifice ensuite, il est nécessaire de supprimer le problème à la source et de réparer l'ouvrage.

Plan de travail :

Chapitre 1 : Etude bibliographique qui présente les définitions générales (pathologie réparation, réhabilitation ; rénovation, restauration ...), il est réservé à la description des pathologies du béton armé ainsi la classification des ces pathologies

Chapitre 2 : Causes générales des dégradations et diagnostic des structures.

Chapitre 3: Les étapes clés pour la réhabilitation et le renforcement d'ouvrages en béton et les techniques de réhabilitation.

Chapitre 4: Durabilité et normalisation

Chapitre 5 : Exemple d'étude d'un cas réel

Conclusion.

Chapitre : 1

I Etude bibliographique

I.1 Définitions générales :

La réhabilitation :

Elle concerne l'amélioration de l'habitat existant. Elle peut être légère (installation de l'équipement sanitaire, électricité, chauffage), moyenne, ou lourde

C'est la mise en conformité d'un patrimoine architectural et urbain déconsidéré (habitations et immeubles vétustes, îlots, quartiers...) aux normes de confort de tout type, d'hygiène et de sécurité en vue de leur réutilisation. La réadaptation à de nouveaux usages doit se faire en conservant les principales caractéristiques patrimoniales des édifices. Bien qu'elle présente certaines difficultés, elle est jugée plus économique que la restauration ou la rénovation

A porter le confort de normes d'aujourd'hui ; Employer les techniques et les matériaux actuels : isolation, salle d'eau, électricité ...

Les changements d'aspect extérieur et les changements de destination (d'usage) nécessitent des autorisations d'urbanisme [1]



La réparation

La réparation de structures en béton concerne principalement le traitement de pathologies affectant le béton armé telles que la carbonatation, la corrosion et la fissuration. Elle se caractérise par la mise en œuvre de mortiers spécialement formulés pour ce type de travaux mais également par l'injection de résine présentant des caractéristiques techniques spécifiques.



Le renforcement

Le renforcement de structure en béton est généralement consécutif à une modification d'ordre structurel qui peut être soit liée à un changement de destination de l'ouvrage (augmentation des charges d'exploitation) soit à un affaiblissement de la structure (création de trémie ou incendie). Il peut être réalisé par la technique du béton projeté par voie sèche ou par la mise en œuvre de matériaux composites de dernière génération.

Le renforcement est une opération qui consiste à augmenter le niveau de service et en particulier (augmentation de la ductilité, de la résistance) d'une construction pour en permettre l'utilisation dans des conditions non prévues à l'origine ou de lui procurer une protection suffisante contre des sollicitations. Un renforcement peut être associé à une réparation. [2]



Restauration :

Elle est réservée aux bâtiments ayant une valeur historique certaine qu'il s'agit de remettre en état à l'identique.

Redonner au bâtiment caractère un bon moyen d'éviter les désordres de tout genre : employer les matériaux d'origine selon les techniques d'époque .La restauration demande un savoir-faire de spécialiste [1]

Englobe l'ensemble des actions nécessaires à la conservation d'un édifice et à la récupération de son image qu'il s'agisse de sa conception originale ou du moment historique où il a atteint son apogée, en maintenant la plus grande fidélité possible aux techniques et matériaux de construction de l'époque [2]



Rénovation :

Elle concerne les opérations qui commencent par une démolition. Elles sont similaires aux opérations de travaux neufs si ce n'est la phase de démolition et de libération des emprises foncières

Il peut s'agir d'un quartier ou d'une ville ; on parle alors de rénovation urbaine ou de renouvellement urbain, éventuellement dans le cadre de la ville reconstruite sur elle-même pour limiter la périurbanisation et ses effets environnementaux et fonciers néfastes [1]



II Description des pathologies du béton armé :

La fissuration :

Dans cette partie, nous nous intéressons aux principales pathologies apparaissant dans le béton armé durci. Ces pathologies ont des causes et conséquences variables. Elles sont décrites par la suite.

Il est important avant tout de souligner qu'il est impossible aujourd'hui d'éviter la fissuration du béton armé, que ce soit lors de sa mise en œuvre ou bien le béton durci dû au vieillissement du matériau. Les causes de la fissuration sont multiples, mais peuvent être répertoriées en quatre catégories :

- Les causes dues aux propriétés des matériaux, avec par exemple le retrait suite à l'évaporation de l'eau de gâchage, ou le gonflement du liant ou encore à la résistance mécanique de la cohésion du liant.
- Les causes directes externes, avec notamment les déformations excessives sous l'action des charges ou encore des déformations sous l'action des variations de température ou sous l'action de l'humidité.
- Les causes externes indirectes, à savoir les répercussions sur certaines structures d'actions provenant d'autres éléments tels que les tassements différentiels des fondations.
- Les causes dues à un phénomène de corrosion des armatures, les armatures corrodées ayant un volume plus important que les aciers en bon état, l'état de contrainte du béton au droit d'une armature corrodée est plus important et la fissuration s'enclenche.

Parmi les différents types de fissures, on distingue principalement trois catégories :

- Le faïençage, c'est un réseau caractéristique de microfissures qui affecte principalement la couche superficielle du béton
- Les microfissures, ce sont des fissures très fines dont la largeur est inférieure à 0,2 mm.
- Les fissures, ce sont des ouvertures linéaires au tracé plus ou moins régulier dont la largeur est d'au moins 0,2 mm.

Il est important lors du processus de réhabilitation d'un ouvrage, de s'intéresser à l'évolution de la largeur d'une fissure. Il est possible de classer les fissures en trois catégories selon leur évolution :

- ✓ Les fissures passives ou mortes, pour les fissures dont les ouvertures ne varient plus dans le temps, quelles que soient les conditions de température, d'hygrométrie ou de sollicitation de l'ouvrage. Cependant, elles sont rares, car les matériaux aux alentours de la fissure varient selon la température, c'est le phénomène de dilatation thermique.

- ✓ Les fissures stabilisées, lorsque leur ouverture varie dans le temps en fonction de la température.
- ✓ Les fissures actives ou évolutives, lorsque leur ouverture continue à évoluer indépendamment des cycles de température.

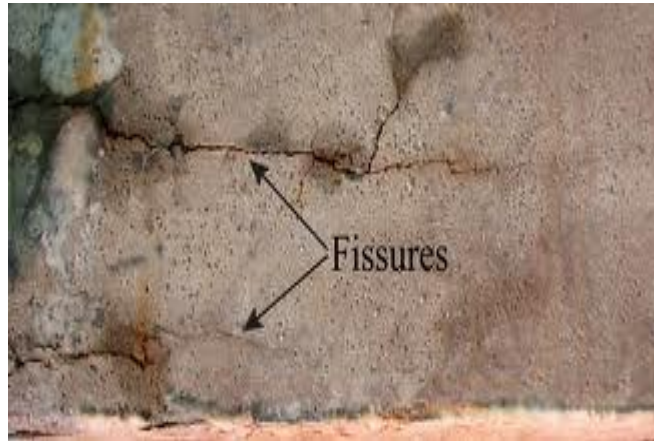


Figure 1.1 : Fissuration

La carbonatation des bétons :

- le CO₂ présent dans l'air pénètre dans le béton par le réseau poreux et les fissures et, en présence d'eau dans les pores, abaisse le pH (initialement de 13) de la solution interstitielle du béton à 9 par réaction avec la pâte de ciment hydratée et notamment la portlandite :



- au fur et à mesure de la progression du front de carbonatation, les armatures initialement protégées par une couche d'oxyde de fer (liée à l'alcalinité de la solution interstitielle) sont alors dépassivées et le phénomène de corrosion s'initie.
- la carbonatation est maximale lorsque l'humidité relative est modérée (cycle séchage/humidité).
- après environ 30 ans, la profondeur de carbonatation dans un béton d'ouvrage peut varier de 1 à 30 mm suivant la compacité du béton, la fissuration de peau et le milieu environnant.

La corrosion induite par carbonatation est donc fonction de :

- ✓ l'exposition des parements au CO₂ et à l'eau
- Liée au choix de la classe d'exposition.

- ✓ la qualité du béton en place (compacité) et notamment en parement avec l'absence de ségrégation, de bullage ou de fissuration (retrait gêné, dessiccation).
- Liée à la qualité de formulation et d'exécution
- ✓ l'enrobage du premier lit d'armature.
- Lié à la valeur spécifiée et à son respect lors de l'exécution. [1]

Le phénomène de la corrosion :

La corrosion est une réaction chimique ou électrochimique entre un matériau, généralement un métal, et son environnement qui entraîne une dégradation du matériau et de ses propriétés.

Ces phénomènes touchent tous les types d'ouvrages en béton armé :

- le bâtiment : balcons, pignons dans toutes les atmosphères, en milieu urbain, ou maritime, parkings souterrains du fait de la pollution par les agents de déverglaçage ; les bâtiments industriels : poteaux, poutres et dalles soumis assez souvent à des expositions d'agents chimiques ;
- les ponts et ouvrages d'art : les zones les plus sensibles sont les tabliers, les appuis et les équipements de tablier pour lesquels l'influence des sels de déverglaçage est importante ;

Les structures portuaires souffrant de l'agression due aux chlorures de l'eau de mer en zone de marnage, d'éclaboussures, d'embruns

III CLASSIFICATION GENERALE DES PATHOLOGIES :

Tableau I. 1. Classification générale des pathologies liées au bâtiment. (Source J. Monjo-Carrio, 2011).

Famille	Lésions	Types
Physique	Humidité	Capillaire/De filtrage/De condensation/Accidentelle/De travaux
	Abrasion	Usure accompagnée d'une perte de matière consécutive au frottement d'un élément par un abrasif ou par le passage répétitif des piétons, véhicules et chariots industriels, etc.
	Saleté	Par dépôt / Par nettoyage différentiel
	Cavitation	Usure d'une structure hydraulique caractérisée par une perte de masse en présence de bulbes de vapeur qui se forment lors d'un changement brusque de direction d'un écoulement rapide de l'eau.

	Erosion	Météorologique
	Chocs	Le béton éclate sous l'effet de chocs produits par des engins de transport ou de levage, des outils.
	Surcharges	Il s'agit d'ouvrages ayant supporté des charges trop importantes qui ont entraîné des fissurations et des éclatements du béton.
	Le feu	Les très fortes élévations de température lors d'un incendie par exemple, entraînent un éclatement du béton.
	Cycle gel/dégel	Après un nombre important de cycles gel/dégel, certains bétons peuvent se déliter en surface et se désagréger. C'est le cas des ouvrages de montagne, des chambres froides.
Mécanique	Déformations	Tassement/Effondrement/Flambement/Gauchissement/ Flèche
	Fissures	Par charge / Par dilatation – contraction
	Fissures superficielles	Par support / Par finition
	Détachements	Finitions continues / Finitions par éléments
	Erosion	Coups / Frottements
Chimique	Efflorescence	Sels solubles cristallisés/Réaction chimique avec les sels
	Oxydation	Oxydation superficielle
	Corrosion	Oxydation préalable/Immersion/Aération différentielle/Paire galvanique
	Organismes	Présence et attaque d'animaux/Présence de plante
	Réactions sulfuriques	Les sulfates proviennent essentiellement du milieu extérieur. Ces ions ne sont pas passifs vis-à-vis de la matrice cimentaire et conduisent à la formation de certains composés chimiques expansifs tels que : L'étrangeté, le gypse et la traumatise. Ces composés provoquent le gonflement du béton créant en son sein des tensions qui engendrent des fissurations.
	Erosion	Pollution
	Alcali-	Réaction qui se produit entre la solution interstitielle du béton,

	réaction cancer béton	ou du	riche en alcalin, et certains granulats lorsqu'ils sont placés dans un environnement humide .Des gels gonflants apparaissent en développant des micro faiençages et un éclatement du béton.
--	--------------------------------------	------------------	---

Le tableau ci-dessus regroupe les différentes pathologies qui peuvent atteindre un bâtiment.

Elles y sont classées en trois grandes catégories ; physique, mécanique et chimique, avec en complément le détail de leur typologie et de leur origine.

L'étude de ces pathologies constitue une étape majeure dans le processus de la réhabilitation.

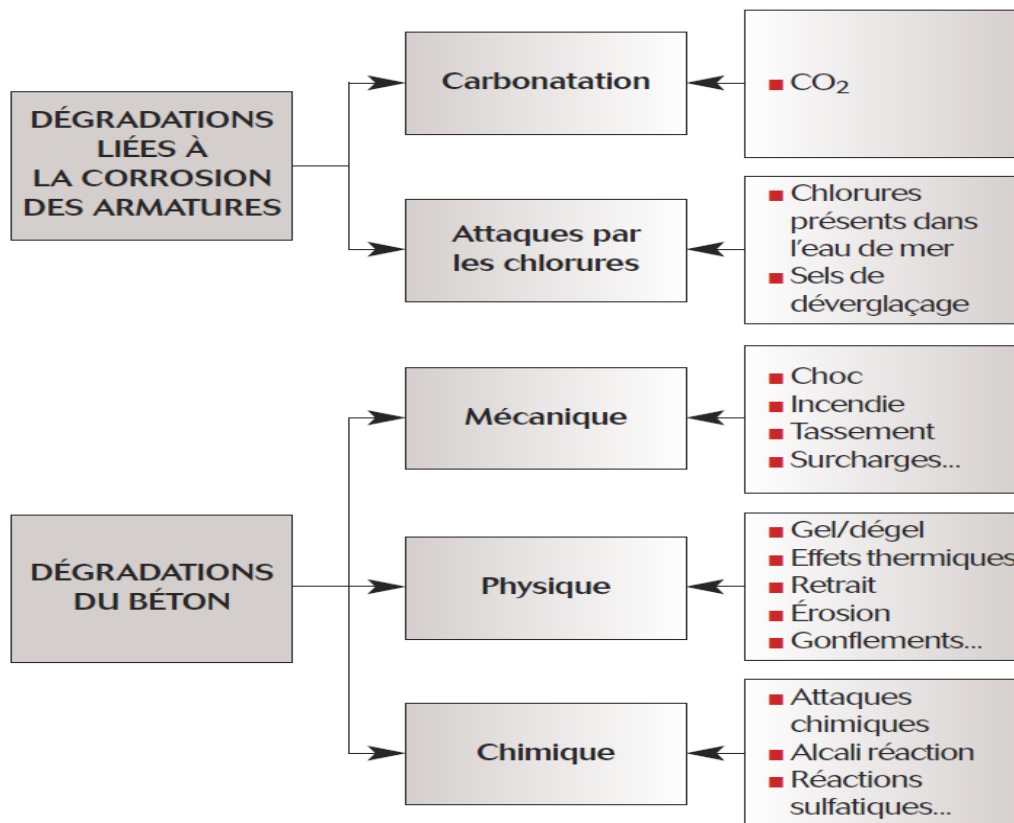
Chapitre :2

II. Causes générales des dégradations des structures

Introduction : Lorsque nous constatons une dégradation sur un ouvrage en service, il est difficile de dire si celle-ci est apparue pendant la construction, peu après, ou longtemps après. Or, à l'analyse, il apparaît le plus souvent qu'une dégradation n'a pas une cause unique et qu'elle est favorisée par un grand nombre de paramètres, relatifs tout autant à la nature du matériau qu'à la conception de l'ouvrage ou à la technologie de son exécution.

II.1 Principales causes de dégradations des bétons armés ou précontraints

[3]



Les signes apparents extérieurs des désordres d'un ouvrage en béton sont souvent des fissures, des désagrégations et des épaufrâtes. Les causes de ces problèmes sont multiples, les plus fréquemment rencontrées sont :

II.2.1. Déplacements des coffrages : Les coffrages sont dimensionnés pour résister au poids de béton frais, mais ils sont toujours déformables. La déformation provoquée par le béton frais peut alors entraîner, dans les parties déjà durcies mais encore jeunes, l'apparition de fissures importantes. Pour empêcher l'apparition de telles fissures il faut :

- * Vérifier que le coffrage est bien conçu ;
- * Revêtir la surface du bois utilisé pour le coffrage afin d'empêcher l'absorption qui induit un gonflement du bois;
- * Vérifier périodiquement les montages et l'exécution pendant le coulage.

II.2.2. Ségrégation du béton frais : Entre la fin du bétonnage et le début de prise se produit un phénomène de sédimentation (tassement) : par gravité, les grains lourds en suspension sont

attirés vers le bas. L'eau qui reflue (ressuage) entraîne à son tour une partie des grains les plus fins vers la surface de l'élément. Il en résulte, dans la zone inférieure de l'élément, une concentration plus élevée en gros grains et, dans la partie supérieure, une concentration plus forte en pâte de ciment. Les conséquences du phénomène se traduisent par la cassure du béton frais avec des fissures visibles qui suivent le tracé des armatures les plus proches. Pour colmater les fissures superficielles, il suffit de différer le réglage des surfaces et de commencer la cure du béton le plus tôt possible après sa mise en place ; ce traitement retarde en effet la prise, cela réduit la différence entre la ségrégation en surface et celle en pleine masse

II.2.3. Décoffrage prématuré : La vitesse et l'économie actuellement recherchées dans la construction ont pour conséquence que le coffrage est retiré avant que le béton ait acquis une résistance suffisante. Le décentrement et le décoffrage prématurés d'un béton peuvent entraîner:

- *Des déformations excessives de pièces minces fléchies;

- *Une fissuration des parties tendues;

- *Une microfissuration préjudiciable au niveau de la durabilité de la structure.

Pour éviter ces problèmes, il faut laisser les étais et les coffrages en place jusqu'à ce que le béton soit assez résistant. Le durcissement du béton en cours de prise est influencé par un certain nombre de paramètres liés au béton et aux conditions thermiques dans lesquelles il est placé:

- *Le dégagement de chaleur du béton en cours de prise et un facteur prépondérant; il est évidemment relié à la chaleur d'hydratation et au dosage du ciment constituant le béton; la connaissance du degré d'avancement des réactions ou degré de maturation du béton, peut être appréciée par la mesure du dégagement de chaleur et, après calibrage, elle devient un outil non destructif permettant d'estimer la résistance du béton au jeune âge;

- *Les conditions climatiques dans lesquelles est placé le béton jouent également un rôle non négligeable; à cet effet, le coffrage constitue une enveloppe de protection plus ou moins efficace suivant sa nature: un coffrage constitué par un matériau isolant génère un traitement thermique passif du béton;

- *Lorsque les conditions climatiques sont trop sévères pour permettre un décoffrage dans les délais souhaités, le béton peut être soumis à un traitement thermique actif.

II.2.4. Retrait lors du durcissement : Le retrait thermique peut être la cause de pré fissuration du béton. La prise puis le durcissement du béton se font avec un dégagement de chaleur ; le matériau se contracte au cours de son refroidissement. A ce phénomène viennent s'ajouter des effets de masse, la température d'hydratation pouvant être plus élevée au sein d'une pièce massive et plus faible au voisinage des parois par échange thermique avec l'extérieur. L'expérience montre que le retrait gêné, hydraulique et / ou thermique, peut provoquer la fissuration dans tous les éléments, mais particulièrement dans les murs et les dalles en fonction de la longueur, l'épaisseur, le ferrailage, l'hygrométrie ambiante et les conditions climatiques (ensoleillement, vent, pluie...).

Le retrait hydraulique s'effectue sous l'action de l'évaporation d'une partie de l'eau de gâchage.

Dans le cas d'une dalle, cette évaporation se produit intégralement sur les deux faces : alors qu'en partie basse le coffrage de la dalle rend cette évaporation malaisée, la face supérieure, au contraire, est en contact avec l'atmosphère et la dessiccation sera d'autant plus rapide que l'air sera chaud (ensoleillement) et, surtout, en mouvement. Les deux faces de la dalle sont ainsi soumises à un retrait différentiel, et, dans certains cas (béton trop liquide, absence de produit de cure), il peut en résulter un soulèvement de la dalle au droit des angles. Ce phénomène de soulèvement des angles, empêché par les liaisons avec les poutres ou les murs périphériques, explique certaines fissures à 45° que l'on voit parfois apparaître dans les angles des dalles. Pour éviter ces fissures qui sont sans gravité, il est nécessaire de prévoir un quadrillage d'armatures supérieures obtenu par le croisement des chapeaux (Figure II.1.a), ou, à la rigueur, des armatures disposées dans le sens perpendiculaire à la fissure (Figure II.1.b)

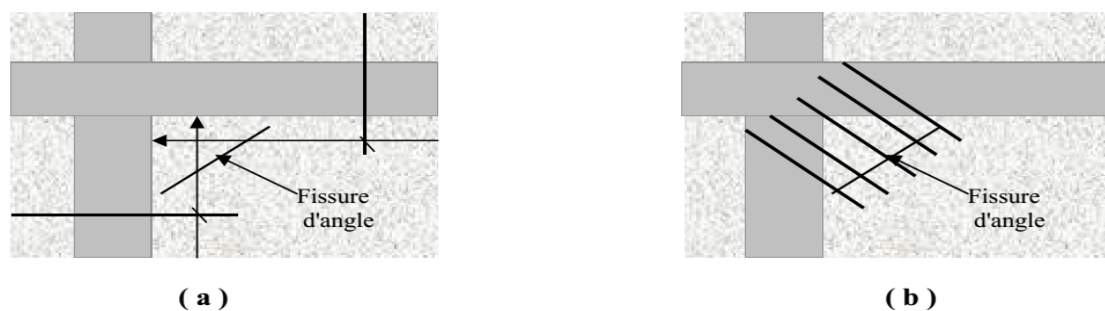


Figure II.1: Fissuration à 45° d'une dalle ; dispositions préventives du ferrailage: (a) : croisement des chapeaux.(b) : armatures en renfort

II.2.5. Contraintes thermiques : La prise du ciment provoque un dégagement de chaleur. Le béton est mauvais conducteur et dans les pièces massives, cette chaleur s'accumule au cœur, ce qui élève la température et accélère la réaction. De plus, le cœur des pièces refroidit moins vite que la surface. Dans le cas des pièces constituées de parties d'épaisseur différentes, des cisaillements apparaissent dans les zones de transition.

En conséquence, il faut limiter les variations brusques d'épaisseur, les angles vifs. Dans certains cas, le choix d'un ciment à chaleur d'hydratation modérée peut, en outre, s'avérer nécessaire. Très souvent une protection thermique même légère diminue nettement les gradients de température.

II.2.6. Absorption d'eau par le béton : On constate souvent que parmi les différentes parties d'un même ouvrage construit avec les mêmes matériaux, certaines sont saines tandis que d'autres sont gravement détériorées. Cela est dû à la différence de quantité d'eau absorbée par le béton. Il n'est pas possible d'empêcher le gonflement du béton dû à l'augmentation de la teneur en eau. Le remède est soit de tenir compte de la dilatation du béton dans des ouvrages soumis à des cycles de séchage et d'humidification, soit de maintenir le béton humide en le gainant dans une sorte d'épais manchon de bois empêchant la dessiccation de la masse.

II.2.7. Corrosion des armatures :

II.2.7.1. Déroulement du processus de corrosion : Le mécanisme comprend deux phases : La première, dite phase d'incubation, dépend en grande partie des processus assurant le transport des éléments agressifs jusqu'à l'armature, mais aussi des réactions chimiques se produisant au sein du béton et des réactions électrochimiques à l'interface.

La seconde phase est la période de croissance pendant laquelle la corrosion se produit avec une certaine vitesse, conduisant à la formation de la rouille et aux états ultimes de dégradation.

La pénétration des agents agressifs (Figure II.2) s'effectue sous forme gazeuse (molécules d'air ou de CO₂) ou ionique. Les processus de transport font intervenir les phénomènes de diffusion et de convection ou de capillarité. Les fissures du béton ont un rôle à part (Figure II.3). Ce sont en effet les passages préférentiels pour le milieu ambiant. Dans le cas où elles pénètrent jusqu'à l'armature, le temps d'initiation est très court. Il se produit tout d'abord une perte d'adhérence locale, pouvant se propager suivant le profil de l'acier, pour dépasser localement le métal (Figure II.4).

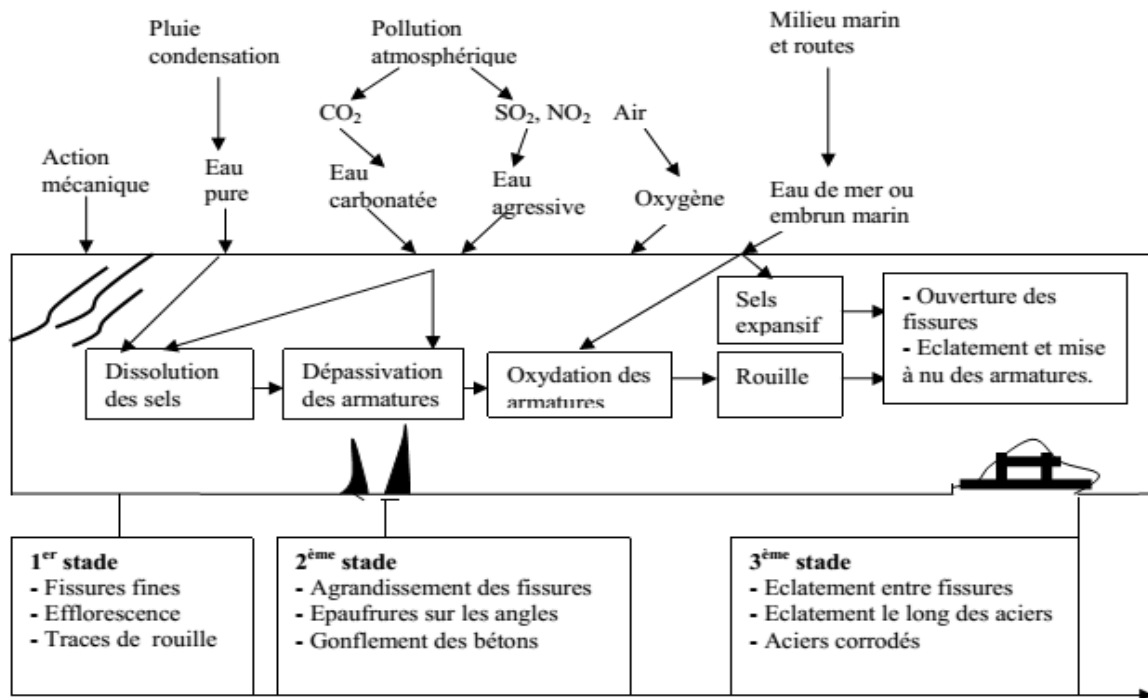


Figure II.2: Processus de corrosion.

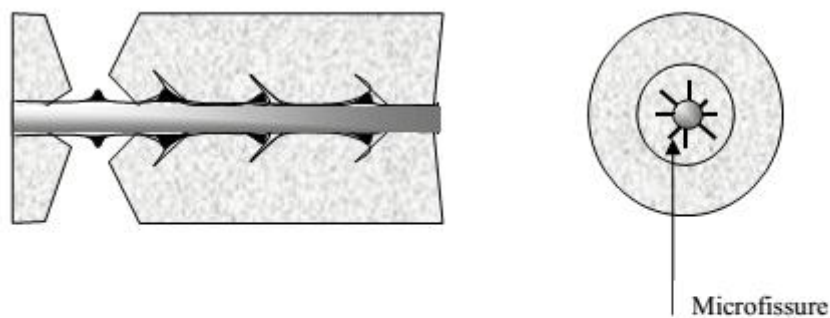


Figure II.3 : Déformation du béton autour de l'acier, après formation de fissures internes.

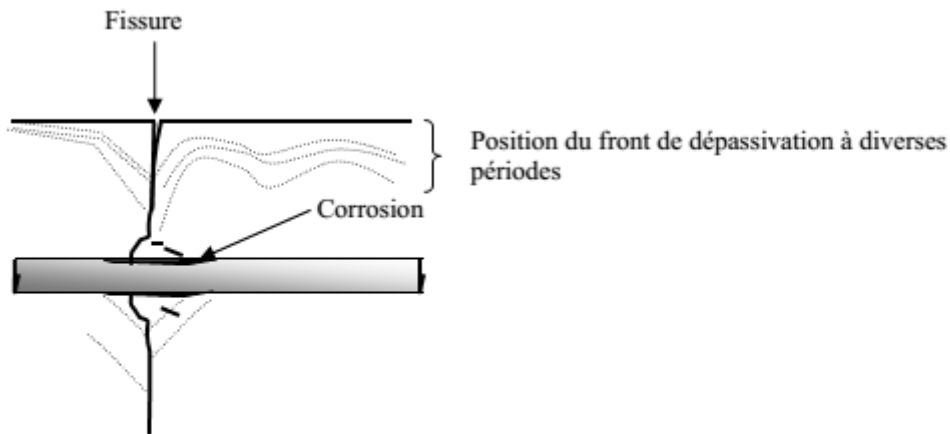


Figure II.4: Avancement du front de dépassivation en fonction du temps.

II.2.7.2. Conséquence de la corrosion: la corrosion de l'acier provoque la réduction de la section de l'armature (partiellement, localement ou en totalité). De plus, la réaction chimique de formation de la rouille (mélange d'oxydes et d'hydroxyde de fer) s'effectue avec une expansion (le volume de l'acier devient 3 à 4 fois supérieur). Ce gonflement provoque dans le béton des contraintes d'expansion importantes, supérieures à la résistance à la cohésion du béton. La manifestation visuelle qui en résulte se présente sous forme de fissures en surface qui s'amorcent à partir de l'acier (Figure II.5).

Des fissures internes reliant les armatures peuvent aussi disloquer le béton. La décohé sion peut présenter des pustules ou des plaques de béton. Les manifestations diffèrent selon l'épaisseur du béton, l'écartement et le diamètre des aciers. Il en résulte que l'élément en béton armé ne fonctionne plus , au point de vue de la résistance des matériaux, comme il avait été calculé primitivement .

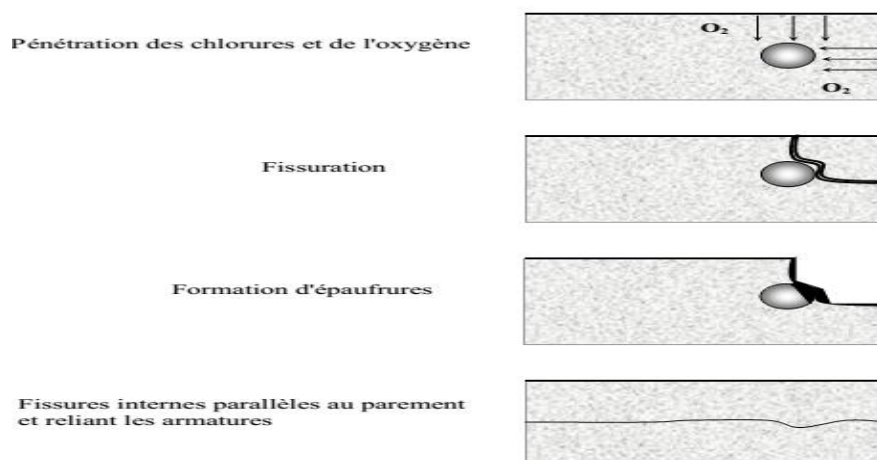


Figure II.5 : fissuration dues à la corrosion

II.2.8. Réactions chimiques : Il existe deux sortes de milieux agressifs vis à vis du béton :

*Les milieux fluides : eaux douces, eau de mer, liquides organiques, gaz...

*Les milieux solides : produits de stockage, sols, ... En fonction de la concentration de l'agent agressif, de la mobilité de son milieu, de la température ambiante et de la durée d'exposition, ces milieux peuvent attaquer le béton et provoquer des dégâts irréversibles si des précautions de protection ne sont pas prises à temps. La vitesse de dégradation du béton dépend également de plusieurs facteurs dont notamment :

*La nature des différents constituants (ciment, agrégats...) et composition minéralogique

*La composition du béton

*Le mode de sa mise en œuvre

*De l'âge du béton et des conditions climatiques Les symptômes d'attaque chimique sont la désagrégation des surfaces, l'agrandissement des fissures et des joints. Pour éviter ces désordres il faut utiliser un béton dense de bonne qualité car il empêche la pénétration des solutions chimiques, il résiste mieux et plus longtemps aux attaques chimiques qu'un béton ordinaire.

II.2 .9. Altération atmosphérique : Si l'eau absorbée par le béton est exposée à des températures inférieures à zéro degré Celsius, elle gèle en augmentant le volume ; la pression résultante fissure le béton. Au moment du dégel la surface fissurée s'épauvre. La meilleure protection à prendre est :

*De diminuer la porosité en utilisant un béton dense et de bonne qualité (le rapport eau/ciment est inférieur à 0.5) ;

*Utilisation des adjuvants pour accroître la résistance aux agents atmosphériques ;

*L'emploi d'un revêtement de coffrage absorbant pour accroître la densité de la surface du béton pour des ouvrages partiellement enterrés ou placés en eau peu profonde.

II.2.10. Ondes de chocs : Le béton est susceptible de s'épaufrer quand il est soumis à des ondes de choc. Ceci est dû aux différentes vitesses de propagation des ondes dans les différents matériaux (les agrégats, le liant et les armatures). La résistance aux chocs peut être améliorée par l'emploi pour la confection du béton, d'agrégats anguleux et rugueux et par l'utilisation de sections fortement armées.

II.2.11.1 Tassement uniforme : Lorsque les tassements sont uniformes, ils ne provoquent pas de désordres dans les constructions, si ces dernières possèdent une certaine raideur. Ce type de tassements se rencontre principalement lorsque les fondations assez rigides reposent sur une importante couche de sol compressible ou une bi-couche. Généralement, dans le cas de sol compressible dont la couche est importante toutes les mesures nécessaires sont prises au moment de la conception. Il n'en est pas de même lorsqu'il s'agit d'une bi-couche constitué d'une couche très compressible surmontée d'une autre couche relativement résistante mais de faible épaisseur ; la force portante à la partie supérieure de la couche compressible est alors fonction de la valeur du rapport H/B (H étant l'épaisseur de la couche résistante et B étant la largeur de la semelle) qui conditionne la répartition des charges au travers de la couche résistante. Cette répartition des charges peut alors être différente de la répartition à 45° et les tassements uniformes peuvent être plus importants que prévu. Dans les deux cas, si l'amplitude du tassement doit être importante, la seule solution consiste à surélever le plancher du rez de chaussée et de prévoir des canalisations suspendues et très flexibles au moment de la construction.

II.2.11.2 Tassements différentiels : Lorsqu'un sol tasse d'une façon inégale sous les différents points d'une fondation, on dit qu'il y a un tassement différentiel. Il se manifeste soit par un basculement soit par de graves désordres dans les éléments non structuraux et parfois dans la structure elle-même si les efforts sont incompatibles avec la sécurité des matériaux. Les causes des tassements différentiels sont multiples, mais les plus fréquemment rencontrés sont :

Les sols compressibles ; les remblais récents ; les remblais d'épaisseurs ; la non homogénéité du sous-sol de fondations ; l'emploi des fondations hétérogènes ; les affouillements du sol sous les fondations ; la modification du volume de certains sols en fonction de la teneur en eau...

II.2.12. Désordres dus à un défaut de conception : Si certains schémas de fissuration correspondent à un type de sollicitations bien défini, on peut aussi, à partir du relevé des fissures, essayer de comparer l'état d'une structure à celui prévu par le calcul, dans le but de déceler des anomalies de fonctionnement. Si le tracé des fissures est conforme au schéma prévu, une indication sur le risque de dépassement d'un chargement normal est donnée par la valeur de l'ouverture des fissures et sa variation. Des fissures correspondant à un schéma non

prévu constituent, aussi, une indication de fonctionnement anormal. La plupart du temps, les fissures résultent d'une insuffisance consécutive à des oublis ou à des impasses au niveau des études, parfois aussi d'un manque de coordination entre le bureau d'études et le chantier.

II.2.12.1. Fissures de perte d'adhérence: Des fissures longitudinales le long d'une barre (Figure II.6), si elles sont provoquées par une mise en traction de cette barre, révèlent une rupture d'adhérence, qui peut être due, par exemple, à un recouvrement insuffisant; ces fissures constituent un danger grave de corrosion et correspondent à un fonctionnement défectueux.

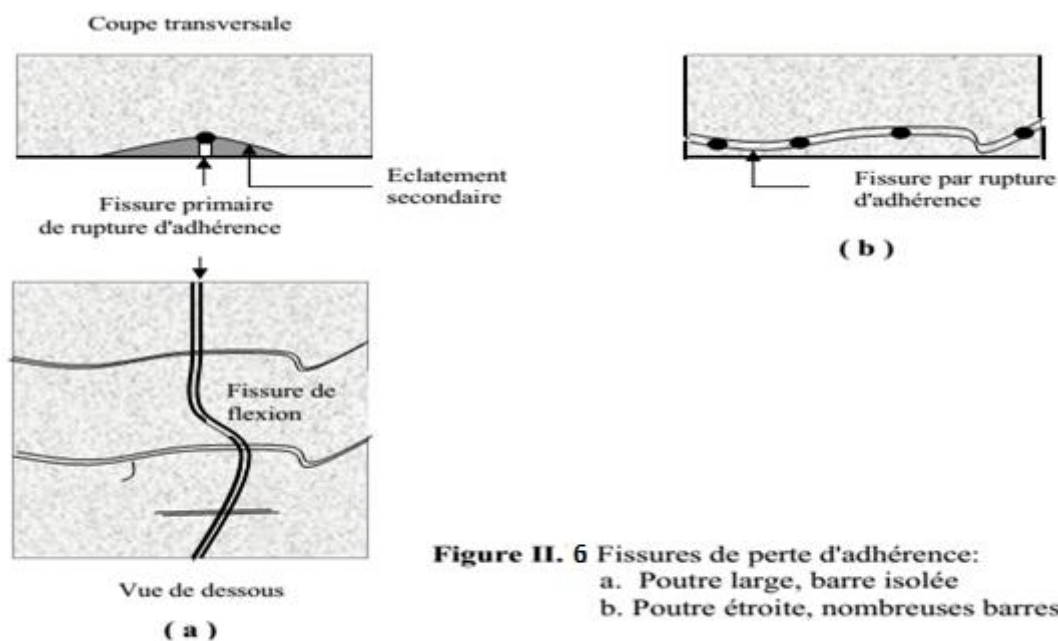


Figure II. 6 Fissures de perte d'adhérence:
a. Poutre large, barre isolée
b. Poutre étroite, nombreuses barres

II.2.12.2. Fissures typiques des corbeaux: Dans le cas d'une charge localisée P appliquée à faibles distance du nez de la console, il existe un risque de fissuration presque à la verticale (Figure II.7). On constate que la stabilité du nez de la console dépend de la position correcte d'armatures, qui est fonction du rayon de courbure . Il est donc conseillé de compléter le ferrailage principal par des aciers en forme de boucle, de faible diamètre, et disposés à plat (Figure II.8).

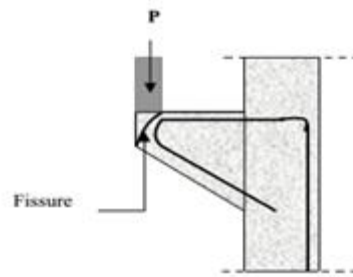


Figure II.7 : Fissure à l'extrémité du corbeau.

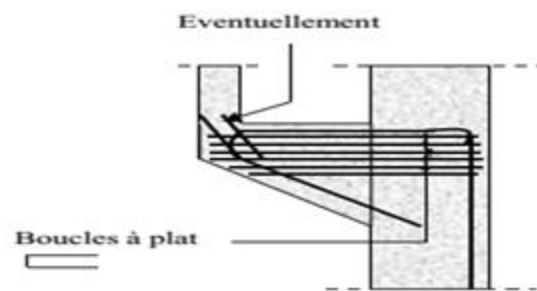


Figure II.8 : Disposition de ferrailage pour éviter la dégradation du corbeau.

II.2.3 Les phases de dégradation

La dégradation du béton armé comporte deux phases successives :

- Une phase d'incubation ou de latence (dite parfois d'amorçage) qui correspond à l'altération lente du béton, sans qu'il ne se produise encore des effets visibles,
- Une phase de développement (dite parfois de croissance) des dégradations du matériau.

La phase d'incubation s'arrête :

- *Soit lorsque les produits formés par les réactions internes du ciment atteignent un "volume critique " provoquant un gonflement néfaste du béton (par exemple, par réaction sulfatique),
- *Soit lorsque l'enrobage de béton ne protège plus les aciers contre la corrosion (par exemple, si l'enrobage est carbonaté).

La phase de développement est celle où les dégradations sont visibles. A ce stade les réparations deviennent lourdes et coûteuses.

II .3 Techniques de diagnostic :

Le diagnostic d'un ouvrage est une étape importante dans le processus de sa réhabilitation. Il permet avant tout de se prononcer sur son état de santé et de voir quelles sont les éventuelles pathologies ainsi que leur ampleur. Généralement lorsque l'on effectue un diagnostic, c'est quand un client a découvert quelque chose qui n'allait pas dans le fonctionnement de l'ouvrage ou bien l'apparition de désordres.

Le diagnostic peut avoir principalement deux finalités. Dans un premier temps, il peut être demandé de suivre l'évolution des différentes pathologies dans le temps, que ce soit à court, moyen ou long terme. Cela permet d'évaluer le comportement de l'ouvrage sous l'effet de ces troubles, de voir s'il y a une stagnation du phénomène ou s'il y a une dégénérescence, auquel cas il est important de prévoir des réparations. L'autre finalité d'un diagnostic c'est de répertorier tous les désordres, mais aussi la constitution de chaque élément, en vue d'un traitement immédiat.

Pour répondre à la demande du client, il est nécessaire de comprendre le plus précisément possible ses besoins et les caractéristiques de l'ouvrage à diagnostiquer. Pour cela, on effectue une visite sur site ou, à défaut de pouvoir s'y rendre, l'analyse de photos et de plans agrémentés de toutes les observations du client.

Cette phase est primordiale pour préparer au mieux le futur diagnostic. Il s'agit de :

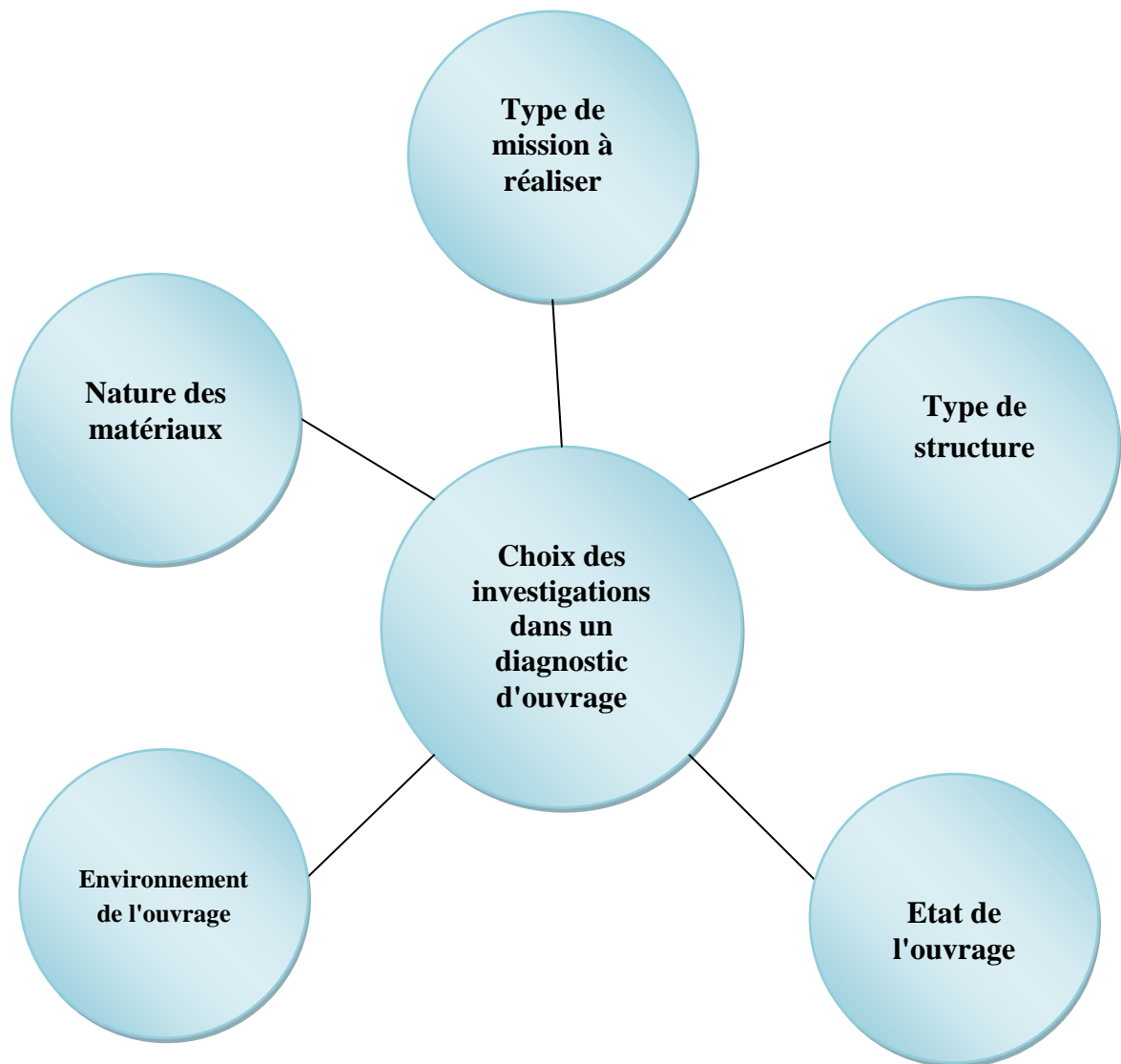
- Connaître le type d'ouvrage sur lequel on va réaliser le diagnostic et l'environnement dans lequel il se trouve ;
- Relever les principales dimensions de l'ouvrage et ses matériaux constitutifs ;
- Noter les principaux types de désordres et estimer leur quantité.

Lorsque l'ensemble de ces données sont recueillies, un document contractuel permettant de matérialiser l'offre de l'entreprise au client est rédigé : le devis.

Figure II.9: Schéma du choix d'investigation

II.1- Choix des investigations :

Le choix des investigations dans un diagnostic d'ouvrage dépend de plusieurs paramètres. Il est primordial de les évaluer afin de mettre en œuvre la mission. Ces différents paramètres sont les suivants :



Le choix des investigations dépend de :

✓ **Type de mission à réaliser :**

Diagnostic de maintenance en vue d'éventuelles réparations, diagnostic structure pour un calcul de résistance ou encore évaluation des risques vis-à-vis des biens et des personnes.

✓ **Nature des matériaux :**

Les matériels et techniques utilisés pour réaliser le diagnostic ne sont pas les mêmes si l'on a à faire à du béton, de l'acier, du bois ou encore de la pierre.

✓ **Type de structure :**

Géométrie et taille de l'ouvrage.

✓ **Etat de l'ouvrage :**

Les investigations dépendent des désordres qui affectent l'ouvrage. On aura par exemple recours à un matériel particulier en présence de fissures ou d'armatures corrodées dans le béton.

✓ **Environnement de l'ouvrage :**

L'étude porte également sur l'environnement dans lequel se trouve l'ouvrage car certains désordres y sont parfois directement liés. C'est ainsi fréquemment le cas pour les structures soumises à des attaques chimiques.

De plus, les accès limités voire impossibles sur une partie de la structure peuvent être un frein à la réalisation d'investigations et nécessiter l'utilisation de moyens spécifiques (nacelle, échafaudages, etc.).

II.2- Types d'investigations :

Il est possible de classer les différentes investigations en deux catégories : soit les méthodes non destructives, soit les méthodes destructives. Les principales méthodes rencontrées lors de diagnostics sont décrites dans la suite

II.2.1. Investigations non destructives :

Le principe des investigations non destructives réside dans le fait qu'on ne touche pas directement à la structure. Pour les ouvrages en béton armé, il existe différentes méthodes permettant d'effectuer un diagnostic sans risques de porter atteinte à son intégrité.

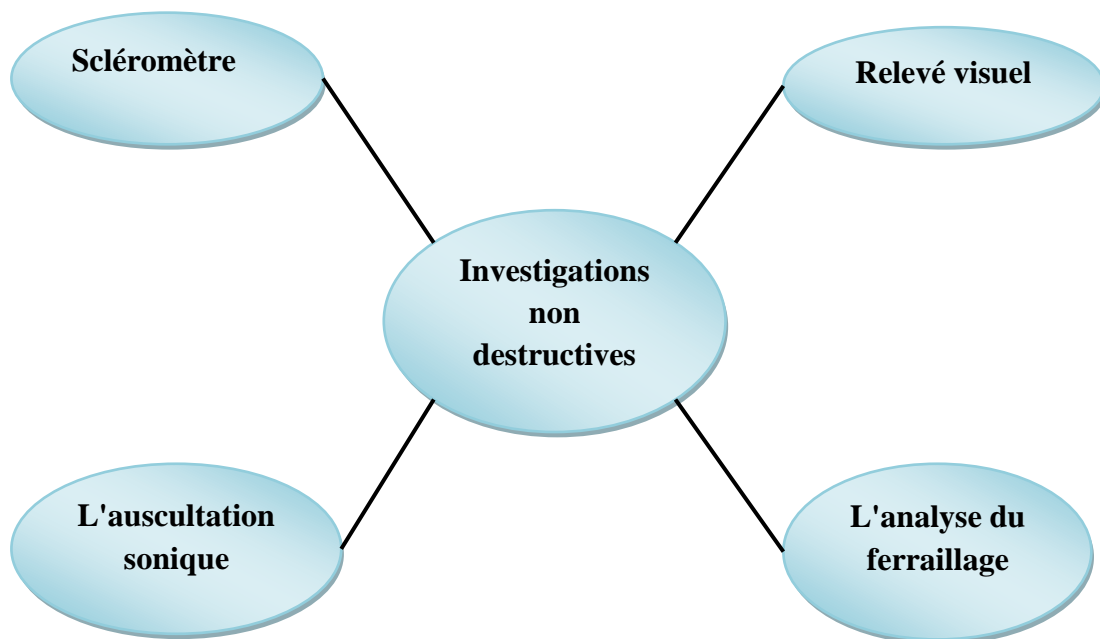


Figure II.10: Schéma des investigations non destructives

II.2.1.1. Relevé visuel :

Le principe du diagnostic visuel est d'aller sur le site et de répertorier les différents défauts que présentent les structures. Ces défauts, pour les ouvrages en béton armé peuvent être très nombreux.

Les principaux désordres sont les suivants :

- Les fissures avec leur ouverture et leur longueur.
- Les fractures avec leur ouverture, décalage ou rejet.
- La présence de coulures de calcite.
- Les zones d'altération superficielles et profondes.
- Les zones humides ainsi que les zones de mousses ou de végétation.
- Les zones de faïençage.
- Les éclats de béton en formation ou profonds ainsi que la présence d'aciers apparents.
- Les zones de ségrégation.

Tous ces éléments doivent être répertoriés sur des plans, accompagnés d'un reportage photographique des principaux désordres. Cette première étape permet de définir la gravité des troubles mais aussi de permettre de classer les différents éléments selon leur priorité.[1]

II.2.1.2. L'analyse du ferrailage :

Les mesures de reconnaissance du ferrailage (position et enrobage) peuvent se faire à l'aide d'un pachomètre. La profondeur d'auscultation de cet appareil est de l'ordre de 10cm suivant le béton et le réseau d'armature. Il existe deux types de mesures : soit par détection linéaire, consistant à détecter les aciers perpendiculaires à la trajectoire du pachomètre, soit par imagerie, permettant de détecter les aciers présents dans un carré de soixante centimètres de côté. [4]

La première méthode permet par exemple de connaître l'espacement des cadres d'une poutre. Alors que la deuxième permet de déterminer le clavetage des aciers au niveau d'une jonction poteau/poutre. Cependant, pour les deux types de mesure, les résultats donnent les enrobages et l'espacement du ferrailage. Il peut être utile, lorsque cela est possible, de dégager quelques armatures afin de calibrer l'appareil. L'inspection des armatures dégagées permet de confirmer leur nature, et de mettre en évidence d'éventuels désordres ou pertes de section en zone altérée.

II.2.1.3. L'auscultation sonique :

L'auscultation sonique est une méthode utilisée pour caractériser la qualité du béton. Le principe de l'essai repose sur la mesure de la vitesse de propagation du son dans le matériau. On mesure la propagation d'une première impulsion d'un train d'ondes généré par un

transducteur, entre deux points déterminés du béton. On peut, à partir du temps de propagation mesuré, exprimer une vitesse conventionnelle de propagation : c'est le quotient de la distance entre les deux transducteurs par le temps mesuré.

Deux méthodes de mesure sont possibles : soit la mesure en transparence, qui fournit une information sur la qualité du béton « à cœur », soit la mesure en surface, qui concerne la couche externe, sur une épaisseur de 6 à 8 cm de béton environ.

Pour les mesures en transparence, le principe est que la vitesse de propagation du son est moindre dans le

vide. Si le béton est poreux ou de mauvaise qualité, il y aura plus d'air dans le matériau. Ainsi la vitesse de propagation mesurée sera plus faible. Pour ce qui est des mesures en surface, elles permettent de déterminer la présence d'une bicouche ou bien la profondeur d'une fissure.[8]



Figure II.11: L'auscultation sonique des bétons

II.2.1.4. Scléromètre :

Le principe de l'essai sclérométrique repose sur la corrélation entre la dureté d'un matériau et sa résistance à la compression. Pour déterminer la dureté du béton, une bille d'acier est projetée sur une sonde en contact avec l'ouvrage à inspecter. Lors de son rebond, la bille

entraîne un index couissant sur une règle de mesure. Plus le rebond sera important, plus le



matériau sera dur.

Figure II.12: Scléromètre

- Auscultation non-destructive par géoradar, ferroskan ou pachomètre permettant de déterminer l'ensemble des caractéristiques structurales d'un élément en béton armé : ferrailage, enrobage, épaisseur de planchers ou de voiles, nombre de lits d'acier...
- Auscultation non-destructive par géoradar basse fréquence permettant de détecter la présence de vides dans les maçonneries, tirant métallique, homogénéité des...[8]



Figure II.13: Ferroskan ou Pachomètre

- Mesures par ultrason pour évaluer la qualité et l'homogénéité du béton, repérer la présence de fissures, ou encore mesurer l'épaisseur d'éléments métalliques (Colonne métallique par exemple)



Figure II.14 : Mesures par ultrason

II.2.2. Investigations destructives :

Lorsque cela est possible, il peut s'avérer utile d'avoir recours à des essais destructifs. Ces méthodes permettent généralement de faire des prélèvements et de connaître la nature des matériaux présents, leurs caractéristiques mécaniques et chimiques ainsi que leur état d'altération.

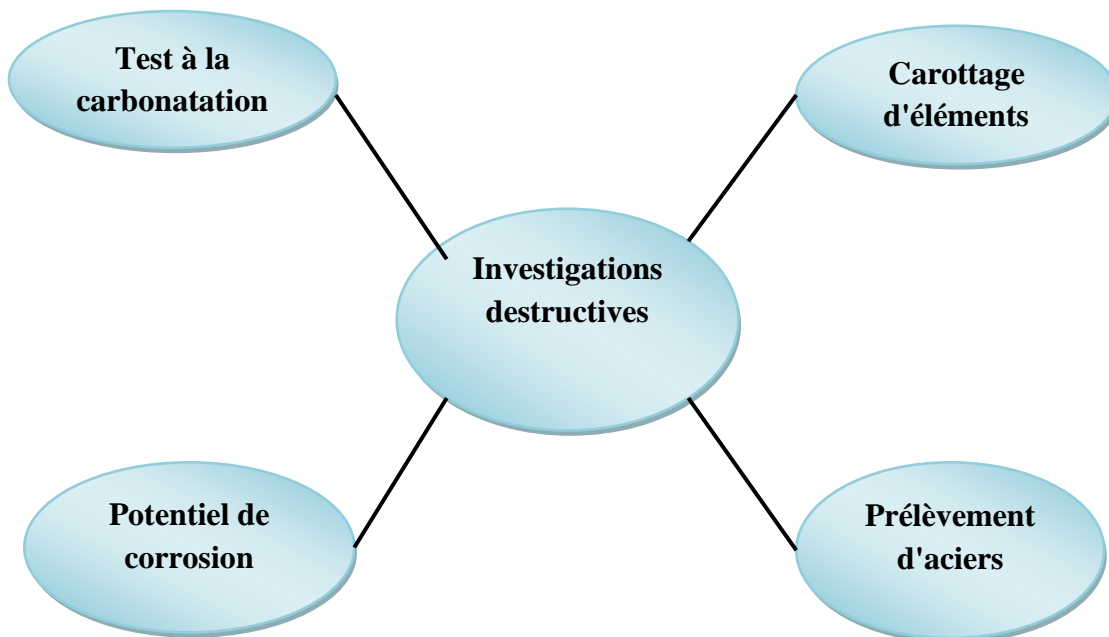


Figure II.15: Schéma des investigations destructives

II.2.2.1 Test à la carbonatation : [1]

Le dioxyde de carbone atmosphérique qui pénètre à travers la porosité du béton, depuis la surface du parement, réagit avec les constituants alcalins contenus dans le béton. Au fur et à mesure de sa pénétration, ce processus conduit à une réduction de la valeur du pH d'une valeur de 13 à une valeur inférieure à 9. Ceci a pour effet de diminuer voire supprimer l'effet de passivation de l'acier qui lui assurait une protection naturelle contre la corrosion.

Le degré d'avancement de la carbonatation (profondeur de carbonatation) de la matrice cimentaire est directement lié aux caractéristiques intrinsèques des matériaux (porosité, âge,...) ainsi qu'aux conditions environnementales (humidité, température,...)

Une des méthodes d'essai existante consiste à pulvériser un colorant sensible au pH (solution de phénolphthaléine) sur une coupe fraîche de béton. La partie non colorée indiquant la zone carbonatée ($\text{pH} < 9$).

II.2.2.2 Carottage :

Le carottage d'éléments en béton armé peut avoir différentes utilités. On y a recours principalement pour effectuer des essais de résistance à la compression sur les carottes prélevées, afin de déterminer les caractéristiques mécaniques des éléments. Il est aussi possible d'analyser chimiquement le prélèvement afin de connaître les constituants du béton tels que le type de ciment utilisé, le rapport E/C estimé, la taille des granulats. En ce qui concerne les dallages, il est parfois nécessaire de devoir carotter l'élément afin de réaliser des essais géotechniques tels que le pénétromètre dynamique ou bien un prélèvement de sol en vue de déterminer les caractéristiques mécaniques du sol en place. Cela a lieu généralement lorsque l'ouvrage change de destination, quand les charges d'exploitation changent ou si une restructuration du bâtiment est envisagée.

II.2.2.3 Prélèvement d'acier :

En cas de re-calcul d'une structure, il est important de connaître les aciers présents dans un ouvrage.

Le prélèvement d'acier permet de déterminer le type d'acier (HA, lisse, TOR, etc.) ainsi que leurs caractéristiques mécaniques telles que la limite d'élasticité. [4]



Figure II.16: Prélèvement d'acier.

II.2.2.4 Mesure du potentiel de corrosion :

La mesure du potentiel de corrosion ne peut se faire que sur des ouvrages ayant un ferrailage continu et n'ayant pas de revêtement de surface pouvant agir comme isolant.

Le principe de l'essai est de mettre à nu une armature puis la connecter à une borne d'un millivoltmètre à haute impédance. Une électrode de référence est placée sur le parement étant elle-même reliée à une autre borne du millivoltmètre.

Elle est dite de référence car elle a un potentiel constant du à un équilibre électrochimique.

Les résultats obtenus permettent de déterminer la probabilité de corrosion des armatures.



Figure 2.17: Mesure du potentiel de corrosion

Conclusion :

Dans cette partie nous avons vu l'importance du diagnostic dans l'opération de réhabilitation d'un ouvrage ainsi que des différents moyens disponibles pour le réaliser. C'est l'étape clé qui permet de déterminer les types de pathologies dont souffre l'ouvrage ainsi que leur ampleur. Cela permet aussi de faire des prévisions quant à l'évolution de ces troubles. Mais c'est avant toute chose, l'étape qui va permettre de mettre en œuvre la méthode de réparation la plus adaptée. Cela permet aussi d'évaluer la cause de ces problèmes. Cette cause peut être tout simplement le vieillissement naturel de la structure, mais cela peut aussi être à cause de l'environnement alentours. Afin de rendre les réparations pérennes, il est nécessaire de mettre en œuvre des travaux de réparation et de protection adaptées, mais aussi de travailler sur l'origine du problème afin d'éviter l'apparition rapide de nouvelles pathologies semblables.

Le diagnostic est donc un outil d'aide à la décision au maître d'ouvrage pour la pérennité de son ouvrage. Deux choix sont possibles :

- ✓ Maintien de l'ouvrage avec ou sans mesures conservatoires pour une utilisation « normale ».
- ✓ Déconstruction dans le cas où le coût des réparations ne justifie pas le maintien.[1]

Chapitre : 3

III.1 Les étapes clés pour la réhabilitation et le renforcement d'ouvrages en béton :

1/Auscultation et diagnostic précis de l'état de l'ouvrage

- Analyse des documents
- Observations visuelles

2/ Mise en sécurité de l'ouvrage (si nécessaire)

3/ Détection, identification et constat des dégradations et de leurs causes

- Sondages tests
- Analyses en laboratoire
- Analyses en situation
- Inspections visuelles

4/ Estimation et pronostic de l'évolution des dégradations

- Observations
- Modèles prédictifs

5/Détermination des objectifs de la réparation ou du renforcement

6/ Sélection des méthodes et techniques les mieux adaptées

7/ Mise au point du cahier des charges du projet de réparation ou de renforcement

8 /Réalisation des travaux

9/ Contrôle et réception des travaux

10/ Suivi de l'efficacité de la réparation ou du renforcement, gestion, surveillance et maintenance de l'ouvrage [3]

III.2 Techniques de réhabilitation :

La préparation de la surface de béton en vue de l'application d'un produit de réparation englobe toutes les étapes qui suivent l'élimination du béton dégradé. Elle dépend du type de réparation et du nombre de ces étapes qui s'imposent lorsqu'on n'enlève pas ou guère de béton. Une bonne préparation permet de disposer d'une surface sèche, égale et plane qui est exempte de salissures, de poussière, d'huile et de graisse. L'élimination des contaminants de surface assure un contact direct entre les primaires et produits de réparation et le substrat,

augmentant la surface réelle et la rugosité du support, et assurant une meilleure adhérence du produit appliqué. Cependant, l'état optimal de la surface de béton dépend du type de réparation envisagé et de l'état du support.

Tableau III.1 : Types de préparation en fonction du type de dégradation.

Type de réparation	Méthode de préparation
Réparation des surfaces	Décapage chimique, Nettoyage mécanique, Scarification, Décapage au jet, Sablage au jet, Gravure à l'acide, Décapage thermique
Réparations des fissures	Elimination des salissures ouvrir la fissure et évacuer les parties non adhérentes

Tableau III.2 : Traitements et réparations en fonction des désordres.

Désordres	Traitements et réparations
Bullage	Ragrée la surface avec un produit adapté
Ecaillage	Traiter les armatures corrodées, compenser la réduction du diamètre des armatures, reprendre au mortier ou béton à base de liants hydrauliques modifiés.
Fissures	Traiter la fissure ouverte avec un joint souple étanche Traiter les armatures corrodées; reprendre au mortier de réparation; ajouter un complément d'armatures Faire une injection dans la fissure et renforcer si nécessaire avec le TFC

III.2.1 Principes et méthodes de réparation applicables aux matériaux de réparation

Principe	Exemples de méthodes basées sur les principes
Principes et méthodes relatifs aux défauts dans le béton	
3. Restauration du béton	3.1. Application manuelle de mortier 3.2. Nouveau béton ou mortier coffré 3.3. Pulvérisation de béton ou mortier 3.4. Remplacement d'éléments
4. Renforcement structural	4.1. Ajout ou remplacement de barres de renforcement incorporées ou externes 4.2. Ajout d'armature ancrée dans des trous pré-creusés ou sciés 4.3. Collage d'une plaque de renforcement 4.4. Ajout de mortier ou de béton 4.5. Injection dans les fissures, les vides ou les interstices 4.6. Colmatage des fissures, des vides ou des interstices 4.7. Précontrainte (précontrainte par post-tension)
5. Augmentation de la résistance physique	5.1. Revêtement 5.2. Imprégnation 5.3. Ajout de mortier ou de béton
Principes et méthodes relatifs à la corrosion de l'armature	
7. Préservation ou restauration de la passivité	7.1. Augmentation de la couche avec du mortier ou du béton supplémentaire 7.2. Remplacement du béton pollué ou carbonaté 7.3. Ré-alcalinisation électrochimique du béton carbonaté 7.4. Ré-alcalinisation du béton carbonaté par diffusion 7.5. Extraction électrochimique des chlorures

III.2.2 Solutions de réhabilitation :

Pour la réfection des bétons, le mortier, le béton doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Tenue verticale sans coffrage
- Montée en résistance rapide et de résistance mécanique supérieure au béton support
- Adhérence supérieure ou égale à la cohésion du support
- Imperméabilité à l'eau et aux agents agressifs
- Coefficient de dilatation thermique et de module d'élasticité équivalente au béton support

- Bonne protection des aciers
 - Les produits doivent être conformes à la norme NF P 18-840 ou être admis à la marque « NF Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique ». [4]
- Pour effectuer la réparation des bétons il existe principalement deux méthodes. :

III.2.2.1

Ragréage

Le ragréage est la technique traditionnelle de réparation des bétons. Il permet de reconstituer les sections d'armatures qui ont disparues, de stopper le phénomène de corrosion des aciers par passivation et de protéger les armatures par reconstitution manuelle ou mécanique de l'enrobage à l'aide de mortier de réparation.

La technique de réparation du béton consiste à :

- éliminer les zones de faible cohésion.
- dégager l'armature corrodée jusqu'à une zone où celle-ci est saine.
- nettoyer l'armature.
- remplacer l'armature si la perte de section est trop forte.
- passiver les armatures corrodées par application de produit.
- reconstituer manuellement l'enrobage de béton à l'aide de mortier de réparation.
- mise en place d'une protection de surface.

Il est nécessaire de bien dégager toutes les armatures corrodées et de les passiver sur la totalité de la corrosion sous peine de corrosion rapide des aciers sains et non passivés.

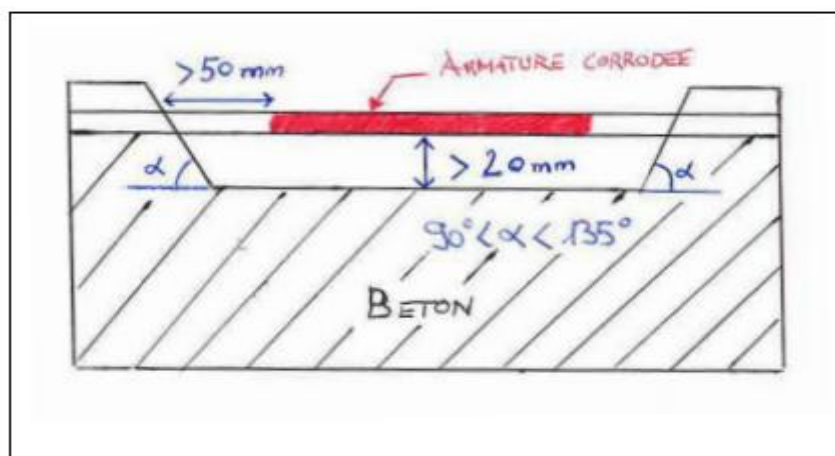


Figure III.1 Dégagement des armatures

Il sera important de traiter un élément dans son ensemble sous peine que la réparation ne soit pas pérenne.

En effet, pour les zones traitées, le pH sera à nouveau élevé protégeant ainsi les armatures.

Mais dans les zones adjacentes, le pH du béton peut y être beaucoup plus faible. Il peut alors se développer une nouvelle pile de corrosion où l'ancienne anode devient cathode et inversement.

Après réparation, l'ensemble de l'ouvrage restera sensible aux agressions, notamment aux chlorures. Il sera nécessaire de compléter la réparation par un revêtement imperméabilisant qui protégera le béton contre ces chlorures.[4]

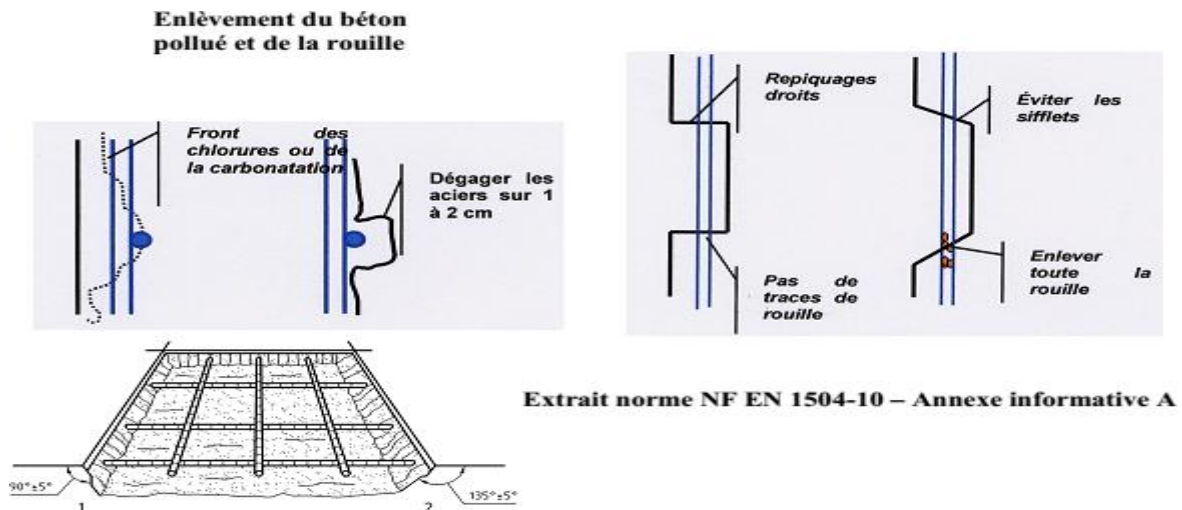


Figure III.2: Préparation de surface dégradée

- **Ragréage – Application manuelle**

La mise en place des mortiers est réalisée classiquement à la truelle en serrant fortement pour éviter les bulles d'air et obtenir ainsi une bonne adhérence.

Pour le dressage des arêtes, une règle peut être utilisée. [5]



Figure III.3 : Application manuelle de mortiers

- **Ragréage – Bétonnage en place**

Coulage ou injection de béton ou mortier Pour des volumes de béton importants ou des épaisseurs de béton d'au moins 5 à 10 cm :

- pour le coulage, possibilité de connexions avec le support
- ajustement nécessaire des coffrages
- éviter l'emprisonnement d'air...

III.2.1.2 Béton projeté

La réparation à l'aide de béton projeté consiste à piquer les zones dégradées et à projeter sur l'ensemble de l'ouvrage du béton par voie humide. Cette surépaisseur de béton est moins poreuse, plus durable et peu sensible aux attaques par les chlorures. Le béton projeté n'étant pas encore carbonaté, il stoppe l'évolution de la carbonatation, le temps d'être lui-même complètement carbonaté. Il empêche également la pénétration d'humidité grâce à sa faible porosité, ce qui protège les armatures de la corrosion. Il est nécessaire d'appliquer des inhibiteurs de protections sur la structure sous peine d'avoir une corrosion [6]

Le béton projeté est un béton mis en œuvre à l'aide d'une lance, par projection sur une paroi sous l'impulsion d'un jet d'air comprimé.

La technique consiste à :

- malaxer et homogénéiser les constituants (ciment, granulats, adjuvants, fibres...) à l'état sec ou en incorporant l'eau de gâchage ;
- transporter le mélange par des canalisations avec l'aide d'une pompe ;
- projeter le matériau sur le support à revêtir grâce à un jet d'air comprimé.

Il existe deux techniques de projection : par voie sèche ou par voie mouillée. La différence entre les deux techniques est liée à la manière dont l'eau de gâchage du béton est introduite (soit lors du malaxage du béton, soit lors de l'application du béton).

Projection par voie sèche

Le mélange sec (granulats, ciment et éventuellement accélérateur de prise et adjuvants) est fabriqué dans un malaxeur puis propulsé par de l'air comprimé vers la lance de projection. Cette lance est associée à une lance de projection d'eau (et éventuellement d'accélérateur de prise sous forme liquide). (Fig. 1).

Projection par voie mouillée

Le mélange comprenant l'eau est stocké après malaxage dans une trémie. Il est ensuite pompé jusqu'à la lance de projection et projeté grâce à l'air comprimé. (Fig. 2).

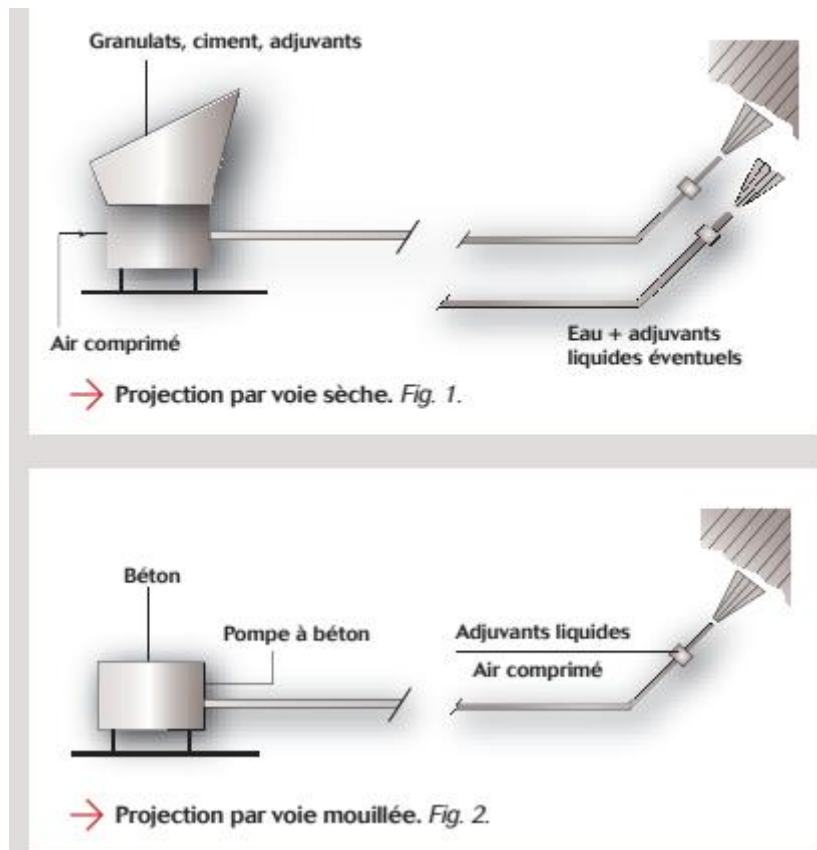


Figure III.1.4: Béton projeté par voie sèche et par voie humide

Intérêt de la technique

La technique du béton projeté permet de réaliser des couches de béton de faible épaisseur qui épousent le support et y adhèrent parfaitement. Elle est utilisée en travaux neufs ou en réparation d'ouvrages anciens (réparations locales, confortements d'ouvrages, renforcements de structures...).

Le choix de la technique de projection est fonction :

- de l'importance du chantier. La technique par voie sèche qui offre une grande souplesse d'utilisation est privilégiée pour des chantiers de faible importance ou nécessitant des arrêts fréquents ;
- de la nature des travaux à effectuer ;
- des cadences de réalisation souhaitées : la technique par voie humide permet des capacités de production élevées ;
- des performances mécaniques à obtenir : la technique par voie sèche permet d'obtenir des résistances élevées.

L'adjonction de fibres (dosage 35 à 50 kg/m³) offre au béton projeté des propriétés

complémentaires, fonction du type de fibres : limitation des effets du retrait, amélioration des résistances mécaniques, meilleure cohésion du béton à l'état frais.

Réalisation

Les opérations de bétonnage comprennent la succession des étapes suivantes :

- préparation du support;
- mise en place des armatures : treillis soudés, barres ;
- projection du béton par passes successives ;
- mise en œuvre d'une couche de finition éventuelle et protection parcourue. [3]

III.2.1.3 Reconstitution de l'enrobage

La reconstitution de l'enrobage peut se faire à l'aide de béton projeté. Cependant, cette surépaisseur entraîne une surcharge de la structure pour laquelle une vérification structurelle devra être réalisée au niveau d'exécution. [6]

Injections :

Il s'agit d'un autre système de réparation de fissures et de brèches passives, applicable à des murs en maçonnerie appareillée ou en brique, qui consiste à introduire un liquide sous pression pour colmater entièrement le vide entre les lèvres de la fissure. En durcissant et en adhérant au support, ce liquide restitue à l'élément endommagé sa continuité d'origine. Les caractéristiques du liquide –généralement à base de composants époxydiques– et la pression d'injection varient en fonction des matériaux du mur et de la taille du trou à reboucher.[7]



Figure III.5 : la réparation d'une fissure à l'aide d'une injection

Les travaux d'injection permettent :

- l'amélioration des caractéristiques mécaniques et physiques du matériau constitutif de l'ouvrage et du sol à proximité immédiate de l'extrados ;
- le rétablissement de la liaison de l'ouvrage avec le terrain ;
- l'amélioration de l'étanchéité [6]

III.2.1.4 Enduit de renfort à base de mortier ou de béton armé :

Cette technique consiste à augmenter la section du mur endommagé ou sous-dimensionné en incorporant aux parements des épaisseurs de matériau –mortier ou béton– après la pose de treillis métalliques, solidarisés entre eux dans le mur. La mise en œuvre du matériau de renfort peut se faire en disposant des coffrages parallèles aux parements et en y coulant ensuite la préparation, ou bien par simple projection sur les parements avec le treillis déjà en place ou encore par gainage en choisissant la procédure selon l'épaisseur requise et le supplément de résistance attendu du renfort. Cette solution est très polyvalente en ce qu'elle s'adapte à des structures de murs complètes, à des murs entiers ou à des pans précis. Cette qualité la rend tout spécialement appropriée pour renforcer des bâtiments que les mouvements sismiques auront abîmés, en augmentant la rigidité des parties du bâtiment qui l'exigent et, au besoin, celle de l'ensemble du bâti[7]

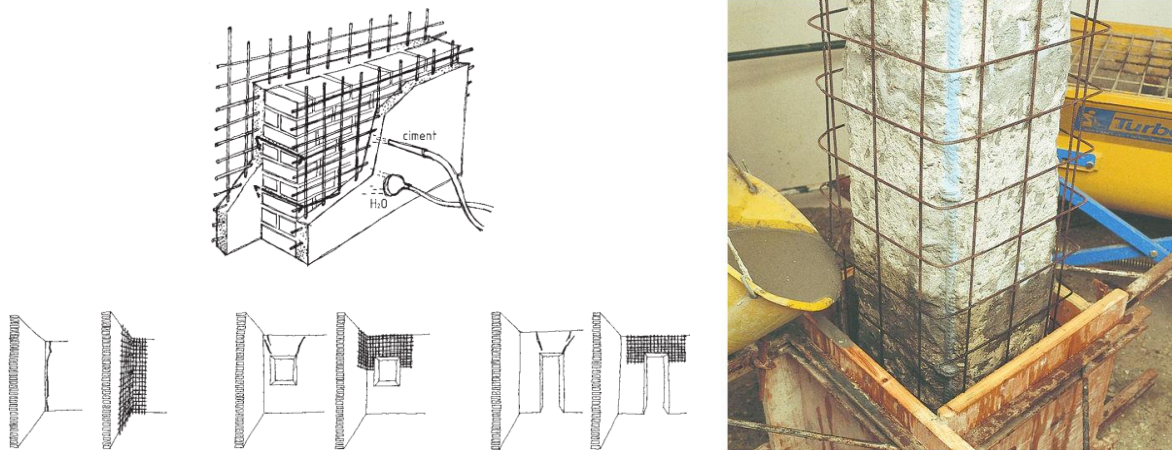


Figure III.6 : Ajout de mortier de réparation

III.2.1.5 Pose de tirants :

La pose de tirants dans les structures murales vise généralement à freiner l'effondrement des murs ou leurs déformations progressives transversalement à leur plan. Cette méthode consiste à disposer des éléments linéaires qui vont exercer des tractions. Appelés tirants, ces éléments sont constitués en principe d'un câble d'acier et fixés à deux murs opposés par des pièces spécifiques d'ancrage qui évitent l'évolution de leur écartement et la perte subséquente de leur capacité résistante. Il convient de prévoir que l'un des deux éléments d'ancrage, au moins, admettra le réglage périodique de la tension pour compenser les effets de l'allongement

Figure III.1.8: Taxidermies avec des barres d'acier

III.2.1.7 Réparation avec remplacement d'armatures :

- Si désordres limités à une partie de la structure, (cas courants de chocs), les armatures BA sont remplacées après travaux de préparation adaptés;
- Si désordres liés à la corrosion et concernent une partie importante de la structure et que l'environnement est agressif, il est envisageable de remplacer les armatures BA par des armatures non corrodables, (inoxydables, matériaux composites).
- les caractéristiques du béton ou mortier de ré-enrobage des armatures remplacées doivent être compatibles avec les caractéristiques du béton existant et l'agressivité de l'environnement de l'ouvrage. [5]

III.2.1.8 Renforcement avec ajout d'armatures :

- Le renforcement d'une poutre par exemple se fait par ajout de béton et d'armatures de capacité portante vis-à-vis de la flexion et de l'effort tranchant). [5]

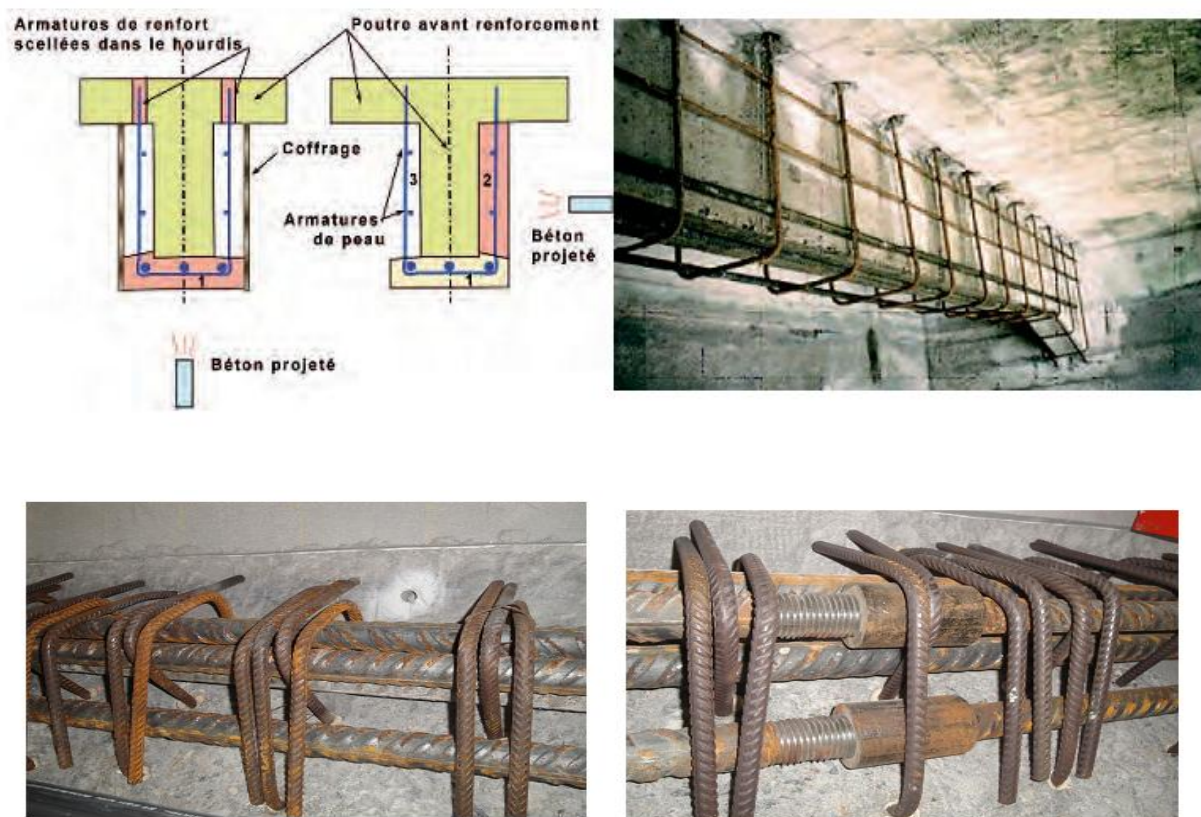


Figure III.9 : Renforcement avec ajout d'armatures

III.2.1.9 Renforcement par tissus de fibre de carbone

La fibre de carbone est un produit nouveau dans le domaine du BTP sur des ouvrages neufs ou en rénovation. Ce produit innovant a une résistance à la traction de plus 4300 MPA pour le tissu de carbone et 3100 MPA pour les lamelles de carbone contrairement à l'acier qui est compris entre 250MPa et 350MPa. Grâce à ce produit nous pouvons donc renforcer les ouvrages en béton armé sans rajouter de gros éléments. [net1]



Figure III.10 : Tissus de fibre de carbone

III.2.1.10 La réparation par mortiers

La réparation par mortier est l'une des méthodes les plus utilisées pour des structures affectées par la corrosion. C'est une méthode de reconstitution de l'enrobage dégradé et pollué par les chlorures. Elle est utilisée pour restaurer la passivation des armatures touchées par la corrosion. D'un point de vue électrochimique, une réparation par mortier est conçue pour supprimer la réaction anodique qui existait avant la réparation et l'empêcher de se reproduire. Elle peut être utilisée pour réparer les désordres dus à la corrosion à divers stades de leur évolution (depuis l'amorçage de la corrosion jusqu'à la corrosion des armatures).

Cette technique passe par trois phases de réparation qui sont la préparation du support, la protection des armatures et la mise en œuvre du mortier de réparation. Avant de procéder à un ragréage, il est nécessaire de préparer les surfaces à traiter afin de créer un support sain, propre, rugueux, pour qu'il y ait une bonne adhérence au niveau de la surface de reprise. Les techniques les plus courantes sont l'hydro démolition et le décapage au marteau pneumatique. Lors de cette phase le béton dégradé ou pollué est retiré sur toute la surface, les armatures sont débarrassées de toute trace de corrosion manuellement (décapage et brossage) ou mécaniquement (sablage hydro sablage, etc.) et, en dernier lieu, les surfaces du béton sont nettoyées par soufflage ou aspiration afin d'éliminer toutes traces de poussières polluées.

La protection des armatures consiste à appliquer sur toute la surface de celles qui sont

entièrement dégagées (périphérie complète), un produit assurant une protection vis-à-vis de la corrosion tel que les oxydes de zinc ou les époxydes zinc. Les armatures très corrodées doivent être remplacées. Ce remplacement se fait par scellement ou soudure afin de restituer la section initiale en tenant compte des longueurs d'ancrage, de recouvrement et des armatures de couture. Dans le cas de soudures, celles-ci devront être effectuées selon les normes en vigueur après que la soudabilité de l'acier ait été vérifiée. L'enrobage des armatures est reconstitué de façon à retrouver la géométrie de la structure. Une couche complémentaire de protection peut être appliquée sur le mortier pour avoir une forte imperméabilisation. Pour améliorer l'adhérence entre l'ancien béton et le nouveau béton, une couche d'accrochage peut être mise en œuvre. Trois méthodes peuvent être utilisées pour l'application du mortier : à la main, en mortier projeté ou en mortier coulé (coffrage).

Les mortiers de réparation :

La norme EN 1504 définit deux catégories de mortiers de réparation : mortier de réparation structurale et non structurale. Pour les mortiers non structuraux, ils sont appliqués sur une surface de béton pour restituer l'aspect géométrique ou esthétique de la structure. Pour les mortiers structuraux, ils sont appliqués à une structure en béton pour remplacer le béton défectueux et pour restituer à la structure son intégrité et sa durabilité. Les mortiers de réparation peuvent être classés en deux familles selon leurs compositions, à savoir des mortiers à base de liant hydraulique et mortiers à base de liants hydrauliques modifiés par des polymères. Ces derniers peuvent modifier et améliorer les propriétés mécaniques, physiques et de durabilité du matériau [11]. Des exemples de ces mortiers sont présentés dans ce tableau :

<i>Mortiers classiques</i>	<i>Mortiers modifié par des polymères</i>	<i>Mortiers à base de résine</i>
<ul style="list-style-type: none"> -Mortiers à base ciment portland ordinaire -Mortiers à base de ciment alumineux 	<ul style="list-style-type: none"> -Mortiers à base de ciment modifié par un polymère styrène butadiène -Mortier à base de ciment modifié par un polymère vinyle acétate 	<ul style="list-style-type: none"> -Mortier d'époxy -Mortier acrylique -Mortier polyester

Tableau III.3 : Classification des mortiers par Emersons et Morgan

Tableau III.4: Produits d'injection-avantages et inconvénients.

Produits	Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coulis de ciment 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible coût. • Possibilité de mise en œuvre par des moyens simples. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retrait. • Ségrégation – ressuage (produit hétérogène). • Utilisation délicate dans les fissures fines.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Silicates 	<ul style="list-style-type: none"> • Long temps d'injectabilité. • Viscosité réglable par addition d'eau. • Injection des fissures \geq 0.2mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retrait en milieu asséché. • Emploi délicat. • Injection de vides importants déconseillée.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résines époxydiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de retrait. • Excellente adhérence. • Faible viscosité: injection des fissures \geq 0.2mm. • Propriétés mécaniques élevées. • Bon comportement en présence d'humidité. • Prise et durcissement rapides • Bon comportement aux agents agressifs. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emploi délicat. • Coût élevé.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résines polyester 	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés mécaniques élevées. • Faible viscosité. • Injection des fissures \geq 0.2mm. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produit inflammable. • Retrait. • Faible résistance à l'alcali du béton. • Adhérence sujette à caution. • Coût relativement élevé. • Emploi délicat.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résines polyuréthanes 	<ul style="list-style-type: none"> • Blocage provisoire de venues d'eau par formation de 	<ul style="list-style-type: none"> • Léger retrait. • Sensibilité à l'eau.

	<p>mousse.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En milieu sec possibilité d'injecter des fissures actives avec des polyuréthannes "souples". • Fissure $\geq 0.2\text{mm}$. • Faible viscosité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emploi délicat.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Résines acryliques 	<ul style="list-style-type: none"> • Faible viscosité réglable. • Fissure $\geq 0.2\text{mm}$. • Sous forme de gel: • Gonflement en présence d'eau. • Sous forme de résine: • Résistances chimiques élevées. • Résistances mécaniques élevées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sous forme de gel: • Nécessité pour éviter le retrait d'une présence d'eau permanente. • Adhérence faible. • Propriétés mécaniques faibles. • Sous forme de résine: • Retrait. • Coût relativement élevé.

Chapitre : 4

VI. Durabilité et normalisation

IV.1 Durabilité :

La durabilité d'une réhabilitation correspond au fait qu'elle ne doit pas être renouvelée avant un certain délai, qui est précisé dans une garantie. Cette durabilité dépend de la pertinence du choix de la technique retenue, de sa mise en œuvre et des sollicitations après traitement. La pérennité de l'ouvrage correspond à son aptitude à remplir les fonctions prévues (mécaniques, esthétiques, etc.). Elle peut être allongée, après traitement de réhabilitation, quand les parements sont de plus revêtus d'un écran protecteur contre les agents agressifs. La notion de garantie est une notion contractuelle, dont la durée est liée au traitement choisi, pour une structure dans des conditions d'exploitation données. La garantie prend effet après la réception des travaux. La réception des travaux est un acte de fin de travaux qui atteste que la réalisation est conforme au contrat. Avant cette réception l'efficacité du traitement doit être vérifiée.

La durabilité des structures en béton est maintenant devenue un point important, y compris dans l'approche normative des ouvrages, ne serait-ce que parce que les réparations ont un coût non négligeable. Ainsi, les Eurocodes (règles européennes de construction) définissent la notion de durée d'utilisation de projet, durée pour laquelle la structure doit être dimensionnée de sorte que sa détérioration n'abaisse pas ses performances au-dessous de celles qui sont escomptées, compte tenu de l'environnement et du niveau de maintenance prévu. Il y a beaucoup de facteurs à considérer pour ce dimensionnement, parmi lesquels la composition, les propriétés et les performances des matériaux, ainsi que la qualité de la mise en œuvre et le niveau de contrôle.

La norme EN 206 (« Béton : spécifications, performances, production et conformité ») définit des classes d'environnement auxquelles le béton sera soumis :

- X0 : aucun risque, correspond à du béton coulé à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible ;
- XC1 à XC4 : corrosion induite par carbonatation, le risque croissant de 1 à 4 ;
- XD1 à XD3 : corrosion induite par des chlorures autres que marins ;
- XS1 à XS3 : corrosion induite par des chlorures provenant de l'eau de mer ;
- XF1 à XF4 : gel et dégel, avec ou sans sels de déverglaçage ;
- XA1 à XA3 : attaques chimiques.[8]

En fonction de l'environnement de l'ouvrage et des risques d'agression auxquels il va être exposé pendant sa durée de service, on optimise ensuite les performances du béton, sa

durabilité et l'enrobage des armatures (l'enrobage est l'épaisseur de béton qui protège les armatures métalliques les plus proches de la surface).

Les essais de durabilité sont de deux types :

- indicateurs de durabilité caractérisant les propriétés du béton en relation avec la résistance aux agressions extérieures et permettant d'alimenter des modèles de vieillissement (exemple : coefficient de diffusion des ions chlore vis-à-vis de la protection des armatures en milieu marin) ;
- essais de vieillissement accéléré (exemple : carbonatation accélérée).[8]



Figure IV.1 carbonatation du béton

IV.1.1 Etablir un cadre d'utilisation des essais de durabilité dans un contexte d'évaluation de la durabilité des ouvrages existant

L'approche performantielle doit conduire à l'utilisation de bétons durables résistants aux agressions pour lesquelles ils ont été prescrits. Les essais de durabilité permettent de s'en assurer en amont et en cours de construction. Ces essais permettent également d'évaluer la durabilité des bétons des ouvrages en service. Il s'agit là d'un enjeu majeur pour les maîtres d'ouvrage gestionnaires qui ont besoin de connaître l'état de leurs ouvrages et d'anticiper leurs dégradations pour optimiser leurs plans de maintenance. Les essais de durabilité, réalisés dans le cadre de diagnostics en association avec d'autres techniques, constituent des outils indispensables à l'évaluation et à la prédiction du vieillissement des ouvrages en service. Le travail portera donc sur le choix des essais d'évaluation au regard de critères à définir, sur les modalités de prélèvements et d'échantillonnage et sur les éventuelles adaptations des modes opératoires (prise en compte de l'effet de parement notamment). Seront également identifiées les modalités d'utilisation des résultats d'essais (classes de durabilité potentielle, modèles prédictifs). Ce travail se fera en lien avec les travaux de calage des seuils admissibles s'appuyant sur l'évaluation d'un panel d'ouvrages existants. Ce travail sera également

l'occasion d'identifier les liens et les complémentarités avec d'autres méthodes d'évaluation de la durabilité du béton.

IV.1.1.1 Essais de durabilité sur béton et ses constituants :

Le béton est un matériau composite, c'est-à-dire fabriqué à partir de l'assemblage de granulats, de ciment, d'eau et d'adjuvants. C'est le matériau maître dans les constructions contemporaines car il présente le double intérêt : d'être produit à moindre coût et d'être extrêmement malléable. En effet, il existe autant de recettes de fabrication d'un béton que de constructions. Selon la nature des ouvrages, il peut plus ou moins être résistant, à l'épreuve des chocs thermiques, perméables ou endurants.

a) Les essais sus béton

- Essais à l'état frais :
- Essai de compression
- Essai d'étalement
- Masse volumique
- Teneur en air



Figure IV.2 Les essais sus béton (compression traction ...)

- Résistance en traction
- Résistance à la flexion
- Module d'élasticité statique
- Coefficient de Poisson
- Essais de fluage



Figure IV.3 Les essais de Carbonatation

- **Carbonatation :**
- Résistance au gel
- Dilatation thermique
- Perméabilité à l'eau et à l'air
- Carbonatation accélérée
- Réaction vis-à-vis de l'alcali-réaction
- Réactivité sulfatique
- Essais chimiques et microstructuraux

b) Les essais sur constituants :

Essais sur ciments :

- Temps de prise
- Stabilité à la chaud
- Résistance à la flexion et à la compression
- Masse volumique
- Retrait ou gonflement
- Chaleur d'hydratation
- Essai de flexion sur ciment
- Indice d'activité
- Finesse
- Surface spécifique Blaine
- Besoin en eau

Essais sur granulats :

- Sur sables : masse volumique, friabilité, équivalent de sable
- Sur gravillons : masse volumique, coefficient d'aplatissement, Los Angeles, sensibilité au gel, fragmentation dynamique
- Sur enrochements : masse volumique, résistance au gel/dégel

Essais sur additions



Figure IV.4 : Essai de flexion sur ciment

- Indice d'activité
- Finesse
- Surface spécifique Blaine
- Besoin en eau [net2]

IV.2 Normes :

L'un des problèmes les plus délicats que rencontre le domaine de la construction est la réparation et le renforcement des ouvrages endommagés.

Vu la rareté des organismes d'études et de contrôle ou les entreprises de réalisation ainsi que les documents de référence utiles. Un document intitulé "Recommandations techniques pour la réparation et le renforcement des ouvrages endommagés" est mis à la disposition de tous les ingénieurs, techniciens et opérateurs déjà appliqués qui vise en premier lieu les travaux de reprise des bâtiments endommagés par un séisme mais il peut aussi servir de guide pour les autres types d'ouvrages dont l'endommagement provient d'autres origines.

Il est important de noter également qu'il est prévu d'éditer les autres documents complémentaires qui s'intitulent :

- Catalogue des méthodes de réparation et de renforcement.
- Méthodes de diagnostic rapide des bâtiments soumis au risque sismique.
- Méthodes d'évaluation de la résistance des bâtiments soumis au risque sismique.
- Le règlement parasismique algérien (RPA) version 2003.
- Le règlement d'urbanisme en cas de modification de l'aspect extérieur ou d'extension.
- La sécurité des personnes en cas d'incendie et de panique[1]

IV.2.1. Les normes des essais de durabilité des structures :

Des normes étrangères françaises ou autres fournissent déjà des procédures d'essais performantiels, le tableau suivant rassemble, par types d'exposition, les modes opératoires

disponibles

Exposition	Mode opératoire	Référence
Indicateurs généraux	Détermination de la masse volumique apparente et de la porosité accessible à l'eau	AFPC-AFREM (1997)
	Essai de perméabilité aux gaz du béton durci	AFPC-AFREM (1997)
	Mesure de l'absorption d'eau par capillarité	AFPC-AFREM (1997)
	Méthodologie d'approche de la microstructure des bétons par les techniques microscopiques	AFPC-AFREM (1997)
	Estimation du degré d'hydratation par la mesure de la teneur en eau liée	GranDuBé (2006)
	Quantification de la microfissuration des bétons	GranDuBé (2006)
	Détermination de la teneur en alcalins dans un béton durci	GranDuBé (2006)
Carbonatation	Essai de carbonatation accéléré. Mesure de l'épaisseur de béton carbonaté	AFPC-AFREM (1997)
	Produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton, Méthodes d'essai, Détermination de la résistance à la carbonatation	NF EN 13295 (2004)
Chlorures	Méthode de prélèvement d'échantillons (poudres) pour la mesure de teneur en chlorure dans le béton	AFPC-AFREM (1997)
	Extraction et dosage des chlorures libres (extraits à l'eau) et totaux dans le béton	AFPC-AFREM (1997)
	Essai accéléré de corrosion par immersion séchage sur éprouvettes de béton armé	AFPC-AFREM (1997)
	Essai de brouillard salin sur grand corps d'épreuve	AFPC-AFREM (1997)
	Essai dynamique de brouillard salin	AFPC-AFREM (1997)
	Extraction et dosage des chlorures libres et totaux dans un béton durci	GranDuBé (2006)
	Détermination des isothermes d'interaction entre les ions chlorures et le béton	GranDuBé (2006)
	Détermination des coefficients de diffusion effectif et apparent des chlorures dans le béton par essais de migration en régime permanent et transitoire	GranDuBé (2006)
	Essai d'immersion pour la détermination du coefficient de diffusion des chlorures en régime non stationnaire par mesure du profil de pénétration.	NT Build 443
	Essai de migration pour la détermination du coefficient de migration des chlorures en régime non stationnaire	NT Build 492
	Standard test method for electrical indication of concrete's ability to resist chloride ion penetration	ASTM C 1202-05 (2005)
Gel/dégel	Essai d'écaillage des surfaces de béton durci exposés au gel en présence d'une solution saline	NF P 18-420 (1995)
	Essai de gel sur béton durci, Gel dans l'eau – Dégel dans l'eau	NF P 18-424 (1994)

	Essai de gel sur béton durci, Gel dans l'air – Dégel dans l'eau	NF P 18-425 (1994)
	Détermination au microscope des vides d'air et des paramètres du réseau de vides d'air dans le béton durci, Partie 2 – méthode modifiée de comptage par point	ASTM C 457-98 (1998)
Sulfates	Produits de calage et/ou scellement à base de liants hydrauliques, Essai de tenue à l'eau de mer et/ou à l'eau à haute teneur en sulfates	NF P 18-837 (1993)
	Standard test method for length change of hydraulic-cement mortars exposed to a sulfate solution	ASTM C 1012 - 95a (2000)
	Standard test method for potential expansion of Portland-cement mortars exposed to sulfates	ASTM C 452 - 02 (2002)
Lixiviation	Essai de lixiviation à pH constant	Projet de norme expérimentale (2007)

Tableau IV.1 : Modes opératoires d'essais performantiels.

Type de dégradation	Essai performantiel	Référence	V _{dég}	C
Carbonatation	Essai de carbonatation accéléré.	Adapté de prEN 13295	Profondeur de carbonatation	1,2
Gel/dégel	Cycles de gel/dégel et caractérisation par des essais de fendage ou mesures de vitesses du son.	NBN B 05-203	Diminution de résistance ou de vitesse du son	1,2
Sels de déneigement	Cycles de gel/dégel avec solution de NaCl.	NTN PROBETON 018 ou prENV 12390-9.	Perte de masse	1,2
Pénétration des chlorures	Détermination du coefficient de diffusion des chlorures à l'état non stationnaire par mesure du profil de pénétration.	NT Build 443 (1995)	Coefficient de diffusion des chlorures à l'état non stationnaire	1,4
Eau de mer	Variations dimensionnelles dans une solution d'eau de mer reconstituée.	NF P18-837	Allongement	1,2
Sulfates	Variations dimensionnelles dans une solution à haute teneur en sulfates.	NF P18-837	Allongement	1,2
Acides ou autres produits chimiques	Cycles d'immersion/séchage, solution acide régulée en pH	cf. NBN B 15	Perte de masse	1,2

Tableau IV.2 : Méthodes d'essais relatives aux caractéristiques de durabilité, dans le projet de norme belge NBN B15 [9]

IV.2.2 Les normes de produit de réparation des structures :

Normes françaises de mise en œuvre des ouvrages NF DTU, normes européennes sur les produits de construction, normes de conception des ouvrages (Eurocodes)... : les normes dans le secteur de la construction font partie des règles de l'art depuis des décennies. Elles constituent des éléments de référence incontournables pour les acteurs de l'acte de construire en tant que gages de qualité et de sécurité, d'aide à la mise en œuvre des réglementations, ou d'appui en termes d'assurance. [10]

Les principales normes relatives aux produits de réparation sont les suivantes :

Ouvrages d'art, Normes sur les techniques de réparations			Année
NF P 95-101	Réparation et renforcement des ouvrages en béton et en maçonnerie – Reprise du béton dégradé – Spécifications relatives à la technique et aux matériaux utilisés		1990
Produits spéciaux destinés aux constructions en béton hydraulique			
N° de normes	Titre	Nature du liant	Année
NF P 18-800	Définitions, classification, conditionnement, marquage, conditions de réception	H – R	1989
NF P 18-802	Contrôle sur chantier	H – R	1992
Produits ou systèmes de produits destinés aux réparations de surface du béton durci			
NF P 18-840	Caractères normalisés garantis- Normes d'essais garantis – Normes		1993
NF P 18-852	Essais d'adhérence sur surfaces sciées	H – R	1993
NF P 18-853	Essai d'adhérence après cycles thermiques sur surfaces sciées	H – R	1993
NF P 18-854	Essai de tenue aux chocs répétés sur surfaces sciées	H – R	1993
NF P 18-855	Essai de perméabilité aux liquides avec surfaces sciées	H – R	1992
NF P 18-856	Essai de tenue aux rayonnements U.V.	R	1993
NF P 18-857	Essai de tenue aux chocs sur surfaces sciées après cycles	H – R	1993
NF P 18-858	Essai d'adhérence sur surfaces rugueuses	H	1993
NF P 18-859	Essai d'adhérence après cycles thermiques sur surfaces rugueuses	H	1993
NF P 18-860	Essai de tenue aux chocs répétés sur surfaces rugueuses	H	1993
NF P 18-861	Essai après cycles de gel-dégel, de tenue aux chocs répétés sur éprouvettes à surface rugueuse	H	1993
NF P 18-862	Essai de perméabilité aux liquides sur éprouvette à surface rugueuse	H	1993

H : produits hydrauliques

R : résines de synthèse

Tableau IV.3 : Les principales normes relatives aux produits de réparation

La norme européenne EN 1504 définit les produits et systèmes pour la protection et la réparation des structures en béton. Elle se compose de dix parties et de 65 méthodes d'essai. Les dix parties sont présentées dans ce tableau

<i>EN 1504-1</i>	Termes et définitions de la norme
<i>EN 1504-2</i>	Caractéristiques des produits/systèmes de protection de surface pour béton
<i>EN 1504-3</i>	Caractéristiques de réparation structurale et non structurale
<i>EN 1504-4</i>	Caractéristiques de collage
<i>EN 1504-5</i>	Caractéristiques d'injection
<i>EN 1504-6</i>	Caractéristiques d'ancrage des barres d'acier d'armatures
<i>EN 1504-7</i>	Caractéristiques de protection contre la corrosion des armatures
<i>EN 1504-8</i>	Maîtrise de la qualité et l'évaluation de la conformité des sociétés de fabrication
<i>EN 1504-9</i>	Principes généraux régissant l'utilisation des produits/systèmes de protection et de réparation des structures en béton
<i>EN 1504-10</i>	Informations concernant l'application sur site des méthodes et systèmes de contrôle de la qualité des travaux

Tableau IV.4 : Parties de la norme EN 1504

La partie 9 de la norme définit deux grandes familles de dégradation, la dégradation des bétons et la corrosion des armatures. Elle établit aussi 11 principes de réparation incluant la réparation des défauts du béton pour les six premiers principes et jusqu'à la corrosion des armatures pour les quatre derniers principes. On présente dans le tableau IV.4 les principes de solution pour la corrosion des armatures. Ces principes peuvent être répertoriés en deux familles, les méthodes électrochimiques et les méthodes non électrochimiques. L'application des méthodes nécessite au préalable une bonne connaissance du mécanisme de corrosion, un bon diagnostic et une bonne maîtrise de la technique. Les méthodes non électrochimiques sont connues pour être des méthodes classiques de réparation, assez simple à appliquer et moins coûteuses, contrairement aux méthodes électrochimiques. [11]

<i>Principe</i>	<i>Définition</i>	<i>Méthodes fondées sur le principe</i>
Principe 7	Préservation ou restauration de la passivité de l'armature	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation de la couverture de l'armature avec mortier ou béton hydraulique supplémentaire. - Remplacement du béton contaminé ou carbonaté. - Ré alcalinisation électrochimique du béton carbonaté - Ré alcalinisation du béton carbonaté par diffusion. - Extraction électrochimique du chlorure
Principe 8	Augmentation de la résistivité électrique du béton	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation de la teneur en humidité par des traitements de surface, des revêtements ou par recouvrement.
Principes 9 10 et 11	Contrôle et protection cathodique	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation de la teneur en oxygène (au niveau de la cathode) par saturation ou revêtement de la surface - Application d'un potentiel électrique - Badigeonnage de l'armature avec des revêtements contenant des pigments actifs - Badigeonnage de l'armature avec des revêtements de protection - Application d'inhibiteurs sur le béton

Tableau IV.5 : Principes et méthodes relatifs à la corrosion des armatures

La norme NF EN 206-1 :

Garantit la durabilité de la structure vis-à-vis des agressions extérieures et les normes relatives aux produits préfabriqués en béton intègrent cette nouvelle approche, en mettant à la disposition du prescripteur une définition d'un ensemble de classes d'exposition pour prendre en compte l'environnement dans lequel se trouve l'ouvrage ainsi que les risques d'agressions et d'attaques auxquels il va être exposé pendant sa durée de service.

Cette évolution s'inscrit dans une logique de progrès visant à optimiser la qualité des bétons et à maîtriser la durabilité des ouvrages. Un béton durable est un béton compact (présentant une faible porosité) dont les constituants de qualité ont été bien choisis conformément aux normes. Cependant, quelles que soient les précautions prises pour adapter et optimiser sa formulation, il ne pourra assurer sa fonction durablement que si les « règles de l'art » ont été respectées lors de sa fabrication (malaxage efficace adapté à la formulation, respect des tolérances sur les constituants) et de sa mise en œuvre (vibration correcte, cure adaptée, prise en compte des conditions climatiques lors du bétonnage, retraits maîtrisés, respect des valeurs d'enrobage des armatures, etc.). Pour obtenir

la durabilité spécifiée, il convient de respecter les recommandations ou les normes d'exécution des ouvrages tels que le fascicule 65, le DTU 21, ou les normes des produits préfabriqués ainsi que la norme NF EN 13369 pour les produits structuraux. [11]

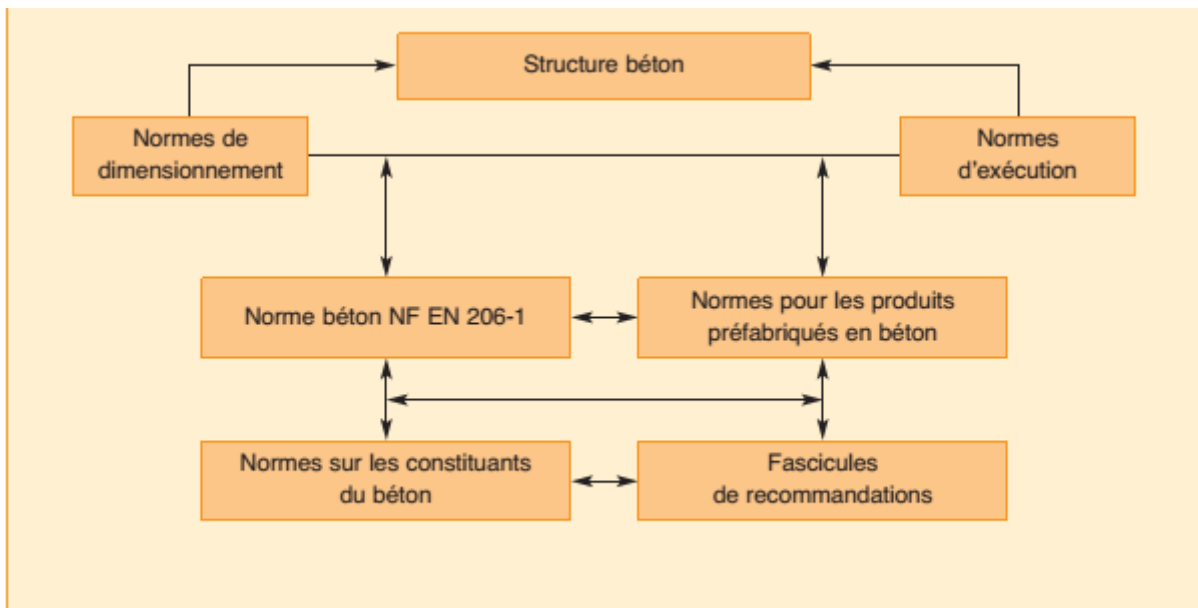
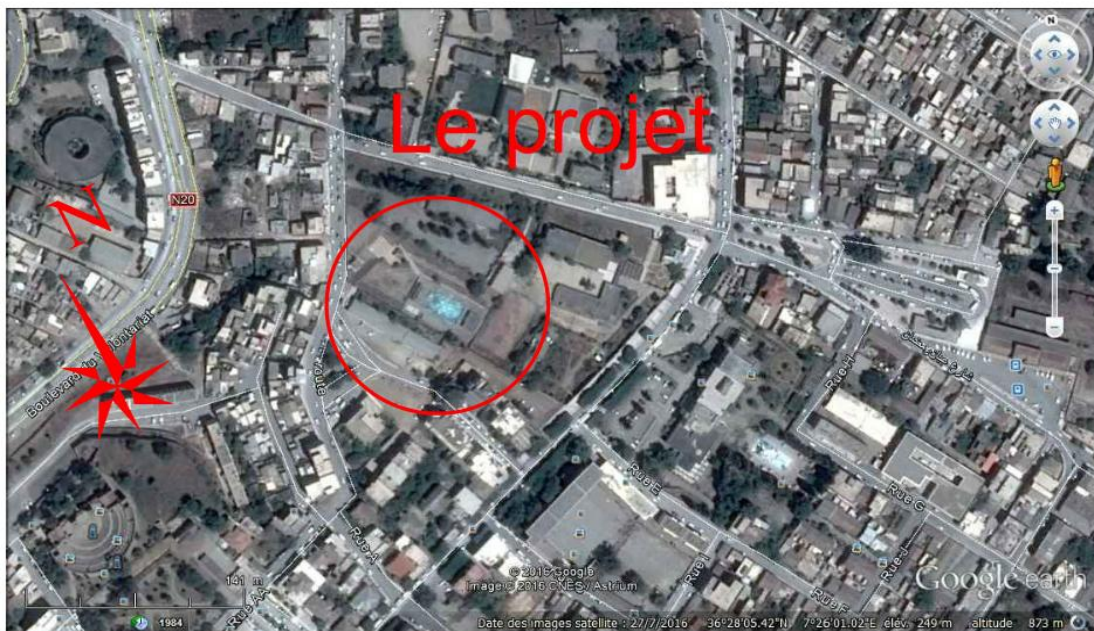


Figure IV.6 le dispositif normatif du béton

Chapitre : 5

Etude d'un cas réel : Réhabilitation de la piscine 08 Mai 45 -Guelma-

Lors de notre stage de fin d'étude qui s'est déroulé au sein du bureau d'étude et d'architecture Ben Merabet Mohamed nous avons effectué une étude d'expertise de la piscine 08 Mai 45, et voici le rapport détaillé de notre intervention



Site de la piscine

V.1 La piscine communale – Etat des lieux en 2016

V.1.1. Description de l'ouvrage :

La piscine communale comprend :

- Piscine pour adultes
- Piscine pour mineurs
- Des gradins
- Vestiaires
- Des locaux administratifs
- Des locaux commerciaux

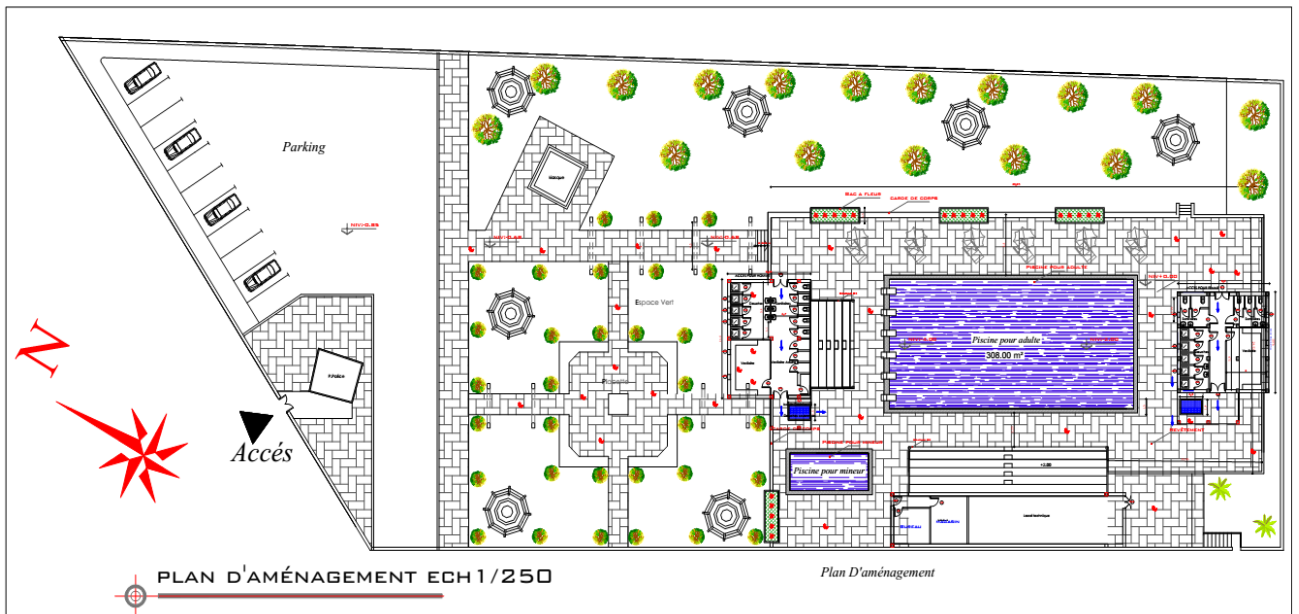
Longueur	Largeur
49.5m	24 m



La piscine



Accès Parking  PLAN DE MASSE



V.1.2 Présentation du projet :

- ✓ Nom de projet : Travaux d'aménagement et réhabilitation de la piscine communale 08 Mai 45
- ✓ Nom de l'ouvrage : piscine 08 Mai 45 Guelma
- ✓ Maître de l'ouvrage : APC de Guelma.
- ✓ Age approximatif (environ 37 ans).

- ✓ Constructions destinées à usage collectif avec une capacité de 50 personnes par séance
- ✓ Système de contreventement de la structure: Structure en béton armé et voiles de soutènement
- ✓ Système de fondation : Radier général, semelles isolées pour les vestiaires
- ✓ Particularité du site d'implantation : terrain plat
- ✓ Le problème de sol au tour de la construction n'existe pas (faille, liquéfaction, glissement, tassement -soulèvement).
- ✓ Il n'ya pas des constructions adjacente à notre ouvrage.

V.1.3 Désordres constatés :

Au fur et à mesure des années, même une piscine solide et résistante peut s'user et s'abîmer. Les principaux désordres constatés sont :

V.1.3.1 Pour les deux bassins

- **Au niveau du revêtement** : des carreaux de carrelage qui se sont décollés et des joints qui se sont abîmés (le plus difficile étant souvent de retrouver des carreaux semblables après quelques années!), de la peinture qui s'écaille... on doit donc entreprendre des travaux de rénovation assez importants, en commençant par la dépose de l'ancien carrelage jusqu'à la pose du nouveau.



Photo : 1

- **Au niveau de la structure** : apparition des microfissures ou des fissures au niveau de la structure. En fonction de leur nature, elles pourront être réparées facilement avec du mortier de ciment,



Photo : 2

- **Au niveau des canalisations** : on détecte une fuite au niveau des canalisations enterrées de la piscine, il faudra commencer par trouver l'origine de la fuite, avant de la réparer. Ce qui peut impliqué de briser le béton pour accéder aux canalisations...



Photo : 3

• **Mauvais état de l'échelle métallique**



Photo : 4

- **Écrasement et éclatement du béton** : (apparition des cadres ferrailage)



Photo : 5

- **Dégradation du béton :** (l'érosion des armatures)



Photo : 6

V.1.3.2 Pour les vestiaires : pour hommes et femmes

Au niveau de la structure

- Il y a de nombreuses zones d'éclat du béton et de fissuration. Cela modifie les caractéristiques géométriques des éléments de la structure et la fragilise. Il faut rétablir leur section initiale et injecter les fissures afin de limiter les intrusions chimiques dans le béton.



Photo : 7

- Réseau d'évacuation des eaux pluviales inadéquat.



Photo : 8

- Espaces extérieurs à aménager (restructurer).
- Dégradation du cadre bâti (enveloppe extérieure et parties communes) connaît un état de dégradation assez avancé.
- Problèmes d'infiltration des eaux.(étanchéité et joints des façades).



Photo : 9

- Fissure verticale pour tous les poteaux et les poutres avec un niveau lourd.



Photo : 10

- Manque d'enrobage.



Photo : 11

- Écrasement et éclatement du béton (apparition des cadres ferrailage)
- Corrosion des armatures (diminution importante du diamètre des armatures).



Photo : 12

- Mauvais état de l'étanchéité.



Photo : 13

- Dégradation des corps d'état secondaire (C.E.S) tel que des files électrique; conduites gaz et eau



Photo : 14

Au niveau des planchers

- Tous les étages de la construction sont fissurés (fissure au milieu des planchers).
- Au niveau de la majorité des planchers il y'a une déformation (milieu des planchers)



Photo : 15

- Apparition des fissures avec corrosion des armatures qui a entraîné la carbonatation du béton.
- L'apparition des armatures dans la majorité des plancher.
- Corrosion des armatures (corrosion importante).
- Apparition des infiltrations des eaux à travers les planchers.

Au niveau du voile en béton armé

- Fissure verticale et inclinée dans le voile de soutènement



Photo : 16

- Corrosion des armatures (constaté dans quelques endroits).



Photo : 17

Au niveau des murs en maçonnerie

- Fissure verticale et inclinée dans quelque endroit (dégradation par manque d'entretien).



Photo : 18

- Décollement des enduits dans tous les cloisons.



Photo : 19

Au niveau des escaliers et des gradins :

- Dégradation des escaliers de l'entrée principale.



Photo : 20

- Localisation de la dégradation pour les gradins (marches et Garde du corps).



Photo : 21

- Dégradation des marches et contre marches qui sont réalisées en béton).



Photo : 22

- Mauvais scellement du Garde du corps métallique et mauvaise fixation.



Photo : 23

V.1.4 Évaluation des dommages et ses causes :

❖ Niveau générale des dommages :

Le niveau de dégradation est très avancé au niveau de la qualité du béton et les armatures.

❖ Causes probables :

Les causes probables de ces dégradations sont dus essentiellement a :

1. la négligence et au manque d'entretien.
2. La corrosion des aciers sont dues à l'oxydation des armatures qui sont exposées à l'air et à l'eau.
3. le volume de l'oxyde produit par la corrosion des armatures provoque des fissures dans le béton.
4. Dégradation totale de l'étanchéité



Piscine après réhabilitation

V.1.5 Elaboration du rapport final d'expertise (l'expertise de projet) :

Vu ce constat nous pouvons conclure ce qui suit :

- ✓ Vu le niveau de dégradation très avancé constaté au niveau de la qualité du béton des poteaux ainsi que leurs armatures (ronds à béton).
- ✓ Vu Absence des voiles de contreventements.

V.1.5.1 Les causes et les solutions de dégradation de structures :

Phénomène	Constatations	Cause de dégradation	Solution
<i>Dégradation de l'étanchéité</i>			
Photo 7 Photo 10 Photo 12 Photo 14 Photo 16 Photo 18	<i>Fissure : verticale et incliné au niveau de poteaux et poutres</i>	<i>*la contrainte thermique provoquée sur poutres et poteaux</i>	<i>* Refaire une nouvelle protection d'étanchéité (avec différentes couches...) * Traitement des fissures par le produit (comme : SIKA LA TEX ; ...etc.) *Préparation des fissures par injection de la résine de réparation</i>



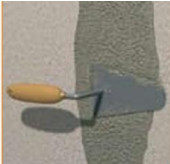

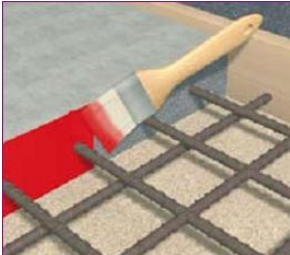
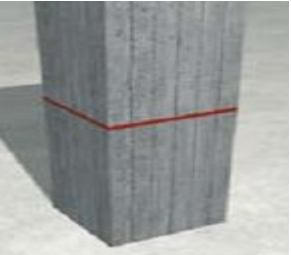

<p>Photo 8 Photo 9</p>	<p>humidité au niveau du plafond</p>	<p>*Engorgement de canalisation des eaux pluviales * défaut de réalisation de la dalle</p>	<p>*entretien ou rénovation de canalisation (descente d'eau ; gargouille ...). *nettoyage et brossage des surfaces qui peuvent être humides * utilisation du produit anti humidité (comme SIKA GRAD)</p>
<p>Traitement des armatures</p>			
<p>Figure 5 Figure 6</p>	<p>l'érosion du béton</p>	<p>Les facteurs météorologiques</p>	<p>Démolition et restauration du béton</p>
<p>Figure 12 Figure 17</p>	<p>l'érosion du béton et apparition des des armatures aux niveaux : Poteaux et semelles des vestiaires</p>	<p>*Enrobage insuffisant. *Contraintes météorologiques.</p>	<p>Utilisation des mortiers de réparation Concernant le bassin pour enfants on le traite avec le ciment hydrofuge</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Eliminer le béton friable, brosser les aciers pour enlever la rouille.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Après gâchage à l'eau, appliquer le SIKA MONOTOP 610 AC au pinceau ou à la brosse sur les armatures.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Gâcher à l'eau le mortier SIKA MONOTOP sélectionné et l'appliquer à la truelle en serrant.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Lisser le mortier à la talochette éponge ou au polystyrène dès qu'il commence à tirer.</p> </div> </div>
<p>Photo 11</p>			<p>*Utilisation de résine pour adhérence Béton frais/béton durci (comme SIKADUR 32 LP)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
	<p>Dégradation de</p>	<p>*Les facteurs</p>	<p>Utilisation du résine de protection de surface</p>

Photo 1	peinture de la piscine	météorologiques	(époxy 3D)Faïence. revêtement étanche
Photo 16 Photo 2	Apparition des microfissures	* les charges climatiques * la corrosion des armatures	*traitement les fissures par le produit mastic-colle polyuréthane (comme SIKAFLEX PRO 11 FC) 
Photo 18	Séparation des enduits au niveau du plafond et maçonnerie	*Les facteurs météorologiques * humidité	Utilisation enduit de ragréage à gâché à l'eau (comme SIDER BAT)
Photo 20 Photo 21	Dégradation les escaliers	*Les facteurs météorologiques	Démolition les escaliers et réalisation de nouveaux escaliers

V.1.5.2 Les travaux à réaliser sont :

- Ravalement des façades en utilisant le produit (SIKALITE et SIKAMETALTEC).
- La reprise du complexe de l'étanchéité pour les deux blocs.
- Traitement des fissures et joints en mastic colle.
- Reprise des revêtements extérieur en utilisant un mortier étanche (mortier mélangé au produit SIKALITE et SIKAMETALTEC).
- Reprise de la peinture par une couche d'imprégnation et deux couches de peinture vinylique avec une couleur vive.
- Dépose de l'ancienne porte et fenêtres y compris cadre, mise en dépôt au parc communal:
- Dépose d'une porte métallique.
- Dépose de la porte d'entrée métallique.
- Dépose des fenêtres en bois vitrés.

- Enlèvement de l'anciennes portes en bois.
- Ravalement des façades en utilisant le produit (SIKALITE et SIKAMETALTEC).
- La reprise du complexe de l'étanchéité pour les deux blocs.
- Traitement des fissures et joints en mastic colle.
- Reprise des revêtements extérieurs en utilisant un mortier étanche (mortier mélangé au produit SIKALITE et SIKAMETALTEC).
- Reprise de la peinture par une couche d'imprégnation et deux couches de peinture vinylique avec une couleur vive.

B-travaux de démolitions :

- Démolition de murs en maçonnerie de différentes épaisseurs.
- Epaisseur.
- Dépose du revêtement en carreaux y compris la couche de mortier sous revêtement.

C-Travaux de construction :

- Fouille en grande masse.

1.-béton arme

- Béton armé dosé à 350 kg /m³, ciment CPA 320, y compris coffrage en bois ou panneaux métalliques, ferrailage de mise en œuvre pour :

Les semelles isolée, les amorces poteaux, longrines, les poutres, les poteaux, éléments décoratif, bac à fleure.

- Béton armé pour dalles flottante e= 0.10 m y compris treillis soudé à maille 15*15.
- Plancher en corps creux de (16+4) cm.
- Exécution de regards de branchement en béton armé avec tampon.
- Regard avaloir avec grille en fonte série lourd 0.6*0.6 et h=1.0.5m.
- Fourniture et pose de tuyauterie en PVC de différents diamètres y compris pose, raccordement à la colle spécial PVC.

2-Maçonnerie

- Maçonnerie double parois et simple parois.

3- Enduits

- Enduits extérieur au mortier batard.
- Enduits intérieur sur mur au mortier de ciment.
- Enduits sur plafond au mortier de ciment.
- Enduits pelliculaire sur mur intérieur.

4-Revêtement

a- Revêtement horizontal :

- Revêtement de sol en carreaux granito, sol compacto, sol en dalle gradin en granito et Revêtement sol de la piscine en pierre.

b- Revêtement vertical :

- Revêtement en carreaux de faïence et revêtement en plinthe en compacto.

5-Etanchéité :

- Enlèvement de l'ancienne étanchéité.

6-Menuiserie

- fourniture et pose des portes.

- fourniture et pose des fenêtres.

7-Main courante :

- garde –corps en inox personnalisable, panneau de verre à poser à la française sur le plat des marches d'escaliers.

8-Plomberie sanitaire :

- Fourniture et pose de nouvelles tuyauteries en polypropylène réticulé de différents diamètres.
- F/P de siégé à l'anglaise en porcelaine y comprise réservoir de chasse en porcelaine.
- Receveur de douche y compris douchette et flexible y compris mécanisme.
- F/P de lavabo en porcelaine comprenant l siphon de lavabo complet.

9 Peintures :

- les peintures seront réalisées en 3 couches :
- Peinture lac sur mur intérieur, Peinture vinylique sur enduit, Peinture vinylique sous plafond

10-Electricité :

Changement complète de l'ancienne installation électrique.

11-Installation piscine adulte+ mineure :

- Dépose de l'ancienne tuyauterie de piscine et douche mis en dépôt à parc communal.
- Dépose de l'ancien équipement de piscine mis en dépôt à parc communal.
- Dépose du revêtement en faïence y comprise la couche de mortier.
- fouille en grande masse.
- Béton armé dosé à 400kg/m³, ciment CPA 325 y compris coffrage en bois ou panneaux métallique, ferrailage.
- échelle en acier inoxydable pour le bac tampon.
- herrisonnage en pierre sèches rangées à la main épaisseur moyenne de 0.20m y compris épandage de caillasse au râteau pour réglage des parties supérieures et bouchage des interstices soigneusement damées et arrosées.
- enduit bassin en mortier hydrofuge sur (bassin)
- revêtement (piscine adulte et mineur) aux carreaux mosaïque 20*20 antidérapante
- revêtement des limites de la piscine avec bord d'arrêt préfabriqué en béton de 40*100 cm

11-a - Equipement complet d'épuration pour piscine

11-b- Equipement automatique de chlorage et de sulfatage d'eau avec une pompe doseuse, piscine :

- F/P régulateur de chlore-Ph.
- réservoir de polyéthylène épaisseur 5 mm capacité 200 litre.
- F/P de tuyauterie en acier galvanisé.
- F/P d'adoucisseur avec bac à sel c : 1.000 m³/h comprenant raccordement eau et électricité.

11-c- Equipement pour piscine :

- F/P échelle avec rampe en acier inoxydable dans les piscines, escalier pour sortie de la piscine.
- F/P projection à lumière multicolore.

Conclusion

La détermination des causes des dégradations du béton est essentielle pour réussir les interventions en termes de qualité et durabilité. Le processus menant à la source du problème est inclus dans un outil de diagnostic adapté. Cette façon de procéder permet par la suite d'améliorer le choix des méthodes et des produits les plus aptes à combler les défaillances causées par l'endommagement sur l'ouvrage.

V.2. Etude socio_économique de la réhabilitation de la piscine 08 mai 1945

Guelma est une grande ville avec une énorme population par majorité de jeunesse. Qui est entourée de plusieurs communes.

Le nombre de piscine dans la ville de Guelma est de trois (03)

- 1- La piscine de : 08 mai 1945 ; bien de la commune (projet du mémoire) ; en cours de réhabilitation.
- 2- La piscine du complexe sportif de SOUDANI Boujema ; bien de la direction des sports et de la jeunesse ; en cour de fonctionnement.
- 3- La piscine GAHDOUR Tahar ; bien de la commune ; dans les prochains jours l'APC va commencer à la réhabilité.

V.2.1 Définition du terme socio - économie :

C'est un mélange entre les sciences économiques et la sociologie. Elle vise à intégrer les outils des sciences économiques avec ceux de la sociologie afin d'examiner l'évolution économique des sociétés.

La sociologie économique est un domaine de la sociologie qui cherche à comprendre et expliquer (par les outils de la sociologie) les diverses formes d'économie, et qui cherche à coupler les intérêts économiques avec les relations sociales.

V.2.2 Les avantages d'une piscine communale :

La convivialité et le partage :

- Une piscine nous offre la possibilité de partager des instants conviviaux et uniques avec ceux qui nous sont chers.

Le sport et la détente :

Une piscine est également un espace de vie où nous pourrons nous détendre et nous relaxer. Donc c'est une occasion de s'évader des problèmes journaliers.

V.2.3 Les raisons de réhabilitation de la piscine de 08 mai 1945

- L'état réel de la piscine est hors norme vis-à-vis à la sécurité des gens (adultes et enfants).
- La dégradation des équipements (machines) à cause de l'absence de l'entretien; et des gens connaisseurs dans le domaine, qui a influé au mauvais fonctionnement.
- Manque des aires d'attentes et détente pour les familles au niveau de la piscine à cause de la mauvaise exploitation des aires vides.

V.2.4 Etude financière de la réhabilitation de la piscine 08 mai 1945.

- Devis quantitatif et estimatif des travaux de réhabilitation suivants l'étude du BET chargé « BENMERABET Mohammed » voir annexe 01.
- L'entreprise qui intervient au niveau de cette piscine est : « KHELLA Noureddine ».
- Le montant général de l'opération de réhabilitation est de : Vingt-sept millions sept cent dix-neuf milles six cent soixante-huit dinars Algériens et huit centimes (27.719.668,08 DA).
- Délais de réhabilitation est de : cinq (05) mois.
Travaux de réhabilitation consiste à :
 - Travaux de déposes, démolitions.
 - Travaux de constructions, de revêtements.
 - Plomberie sanitaire.
 - Installation piscine adulte + mineur.
 - Equipements d'épuration et de chlorage et de sulfatage d'eau avec pompe pour piscine.
- Suite aux descriptions des travaux on a remarqué :
 - Que le BET n'a pas envisagé quelque chose de nouveaux (matériaux à utiliser ou bien dans l'exploitation des espaces vides).
 - Vis-à-vis du manque des aires de détente et de loisirs durant toute le long de l'année, notre piscine va être exploité pendant la période estival seulement.

Recommandations :

- Les matériaux à utiliser :
 - Revêtement (voir annexe 01 ; article N°04 Revêtement)
- *-* Au pourtour de la piscine :
 - On propose d'utiliser « le béton imprimé » en raison de ces caractéristiques : anti algues ; anti calcaire et anti dérapant à la place de revêtement sol en granitos, cette dernière peut provoquer des problèmes vis-à-vis aux gens qui exploitent la piscine.
- *-* Au niveau de la piscine :

- On propose d'utiliser L'EPOXY 3D à la place de la faïence et la pierre quartzite à cause de :

- Résistance mécanique (les chocs) ; la pose de résine aidera à la correction de petites fissures ou de différences de niveaux (moins de 0,5 mm dans les 2 cas) ; garantie 50 ans ; pose plus simple et plus rapide que celle d'un carrelage ; bon isolant phonique et thermique.

- Pour une meilleure exploitation toute l'année, on propose de la recouvrir par une construction en charpente métallique pour la création des aires de marketing, aire de détente pour enfant (jeux ; balançoire.....)

Remarque :

Par manque d'informations nous n'avons pas pu réalisé cette étude socio-économique bien comme il faut pour savoir le rendement de cette piscine vis à vis la société Guelmoise et par rapport au montant de la réhabilitation (aspect économique).

CONCLUSION GENERALE :

Dans la présente étude nous avons donc essayé de recenser les différentes dégradations qui peuvent affecter surtout les ouvrages en béton. Nous avons aussi présentés les causes de dégradation, les moyens de les identifiés et les méthodes de réparation. La conclusion que nous avons tirée de la présente étude est que les dégradations des ouvrages en béton ont essentiellement pour origines :

- Mauvaise qualité des matériaux
- Mauvaise qualité de la mise en ouvre du béton

- Faute de conception
- Absence d'étude détaillée des propriétés physiques, chimiques et mécanique des sols
- Absence d'étude de l'influence des facteurs environnementaux sur le comportement à long terme des constructions en béton.

De ce qui précède, nous pouvons conclure qu'une opération de réhabilitation exige un sérieux travail de recherche, tant au plan architectural que technique, et l'emploi de produits et de méthodes de mise en œuvre adaptés, entraînant, pour l'ensemble des corporations du bâtiment, de nouvelles responsabilités, qu'elles n'ont peut être pas encore toutes bien assimilées.

Il existe un certain nombre de conseils relatifs aux choix d'une technique de réhabilitation d'un ouvrage existant :

- Il ne faut jamais engager de travaux destinés à lutter contre une dégradation, aussi peu onéreux soient-ils, sans avoir au préalable procédé à un diagnostic sérieux permettant de déterminer le type de désordre à combattre.
- Lorsque le diagnostic démontre que plusieurs causes se conjuguent pour entraîner la dégradation d'un ouvrage, plusieurs interventions sont en général nécessaires. La sagesse commande alors de ne pas les engager ensemble mais successivement, en commençant par la moins onéreuse et en n'entamant la suivante qu'après avoir jugé les résultats de la précédente.
- Il ne faut pas confondre les remèdes s'attachant aux causes du mal à ceux n'ayant pour seul objet que camoufler ses effets.
- Avant d'entamer un traitement important, et donc coûteux, il est recommandé, chaque fois que cela est possible, de procéder à un essai pour juger de son efficacité dans le cas concerné.
- Avant de porter un jugement sur les résultats de cet essai, il convient d'attendre un délai raisonnable (par exemple pour le cas de l'humidité, plusieurs mois sont en effet nécessaires pour que l'eau accumulée avant traitement dans les maçonneries puisse s'évaporer ou pour que l'humidité réapparaisse après application d'un remède inefficace).

Références bibliographiques :

- [1] Maizi Ibtissam ,Benjoudi Mouslam, mémoire de master II « réhabilitation de structures en béton armé » , université 08 Mai 1945 Guelma , Année 2013.
- [2] Dr. Ouzaa Kheira «réhabilitation des structures », Université MOHAMED BOUDIAF Oran, Année 2014/2015.
- [3] «Les solutions techniques pour la réparation et le renforcement des ouvrages de génie civil en béton», Année 2011.
- [4] Documents scientifiques et techniques «Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion», Novembre 2003.
- [5] Christophe Bricard , Journée Technique «Gestion d'ouvrages d'art maritimes et portuaires Réparation du Béton », 4-11-2014.
- [6] Lorry-Alan Moalic, « Réhabilitation d'ouvrages en béton armé Du diagnostic au confortement », Projet de Fin d'Études élève ingénieur de 5ème année.
- [7] «Les techniques de réhabilitation renforcer les structures ».
- [8] Etude de la durabilité des bétons par une approche performantielle
- [9] Documents scientifiques et techniques «Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion», Novembre 2003.
- [10] Ab derrahmane Soufi, « Etude de la durabilité des systèmes béton armé : mortiers de réparation en milieu marin», Université de La Rochelle France Année 2013.
- [11] « Durabilité des ouvrages en béton».
- [net1]<http://www.btpconsulting.fr/activites/auscultation-reconnaissance/>
- [net2] <http://www.ginger-cebtp.com/ingenierie-materiaux/essais-sur-beton-constituants/>

RECAPITULATION GENERALE

Projet : travaux d'aménagement et réhabilitation de la piscine communale 08 mais 1945

Opération : aménagement des piscines communales 08 mais 1945

Devis quantitatif estimatif :

N	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QUANTITES	P.U	MONTANT
A/TRAVAUX DE DEPOSES					
a-1	Dépose l'ancienne porte et fenêtres y compris cadre, mise en dépôt au parc communal				
	: Porte métallique Dim: 0,85 x 2,20m	u	2	1000.00	2000.00
	Porte d'entrée métallique Dim 4,20 x 2,8m	u	1	1000.00	1000.00
	Fenêtres en bois vitrés Dim: 1,00x1,20m	u	5	500.00	2500.00
	Enlèvement des anciens portes en bois Dim 0,90x 2,20m	u	2	1000.00	2000.00
				S/TOTAL	7500.00
B/TRAVAUX DE DEMOLITIONS					
b-1	Démolition de murs en maçonnerie de différentes épaisseurs. transport à la décharge publique et toutes sujétions				
	Epaisseur.....30 cm	m ²	7.10	400.00	2840.00
	Epaisseur 15 cm	m ²	6.30	300.00	1890.00
	Epaisseur10 cm	m ²	450.00	400.00	180000.00
b-2	Dépose du revêtement en carreaux y compris la couche de mortier sous revêtement y compris transport à la décharge publique et toutes sujétions	m ²	450.00	400.00	180000.00
				S/TOTAL	185430.00
C/ TRAVAUX DE CONSTRUCTIONS					
1-1	fouille en grande masse y compris toutes sujétions.	m ³	15.25	300.00	4575.00
1-BETON ARME :					
	Béton armé dort à 350Kg/m3. ciment CPA 325 y compris coffrage en bois	m ³			

	ou panneaux métallique, ferrailage, et toutes sujétions de mise en œuvre pour :				
1-2	a- semelles isolées. amorce poteaux.	m ³	6.125	28000.00	171500.00
	b-longrines.	m ³	5.865	28000.00	164220.00
	C-poteaux.	m ³	4255	28000.00	119140.00
	d-poutres m3	m ³	5.985	28000.00	167580.00
	e-Elément décoratif (pergolas).	m ³	1.589	20000.00	31780.00
	f-Bac à fleur	m ³	1.135	1800.00	20430.00
1-3	Béton armé pour dalles flottante ép. =0,10m y compris treillis soudé a maille 15x15 et toutes sujétions de mise en œuvre.	m ²	320.00	1800.00	576000.00
1-4	Plancher en corps creux de (16 +1) cm.	m ²	160.00	2000.00	320000.00
1-5	Exécution de regards de branchement en béton armé avec tampon				
	Type : 0.1x1.20xh	u	02	11000.00	22000.00
1-6	Regard avaloir avec grille en fonte série lourd 0.60x0.60 h=1.05m et toutes sujétion bonne exécution	u	04	12000	48000.00
1-7	F/P de tuyauterie en PVC de différents diamètres y compris pose, raccordement à la colle spéciale PVC, fixation par collier atlas galvanisé et routes sujétions de pose et de bonne exécution.				
	Diamètre : 200	ml	68.50	1500.00	102750.00
	Diamètre : 300	ml	20.45	1800.00	36810.00
				S/TOTAL	1820785.00
2-MAÇONNERIE :					
	Maçonnerie double parois de 0.30m (15.5.10)	m ²	165.35	500.00	8675.00
	Maçonnerie simple paroi de 0,15m	m ²	420.50	600.00	252300.00
	Maçonnerie simple de 0.10 m	m ²	350.00	500.00	175000.00
				S/TOTAL	1017000.00

	3-ENDUITS				
3-1	Enduit ext. au mortier batard	m ²	165.35	500.00	82675.00
3-2	Enduit int Sur mur au mortier de ciment	m ²	420.50	600.00	25300.00
3-3	Enduit s /plafond au mortier de ciment	m ²	135.54	600.00	81324.00
3-4	Enduit pelliculaire sur mur intérieur	m ²	350.00	500.00	175000.00
				S/TOTAL	591299.00
	4-REVETMENTS				
	Revêtement horizontal				
4-1	Revêtement de sol en carreaux granito 33 x 33 lustrée et toutes sujétions de bonne exécution.	m ²	200.00	1800.00	360000.00
4-2	Revêtement de sol en compact et toutes sujétions de bonne exécution	m ²	50.00	3200.00	160000.00
4-3	Revêtement sol en dalle gradin en granito y compris lit de sable toutes sujétions de bonne exécution	m ²	115.40	1800.00	207720.00
4-4	Revêtement sol de piscine en Pierre quartzite avec motif en 02 coloris y compris lit de sable toutes sujétions de bonne exécution.	m ²	450.00	4200.00	1890000.00
	Revêtement vertical				
4-5	Revêtement en carreaux de faïence de 1 er choix en 02 coloris y compris frise de céramique (vestiaire sanitaire) et toutes sujétions de bonne exécution.	m ²	65.00	2000.00	130000.00
4-6	Revêtement en plinthe en compact de 1 er choix et toutes sujétions de bonne exécution	ml	300	700.00	210000.00
				S/TOTAL	2957720.00
	5- ETANCHE IT..				
5-1	Enlèvement l'ancien complexe d'étanchéité avec relevé d'étanchéité y compris Démolition l'ancienne forme de pente en béton, évacuation des débris de la décharge publique et m toutes sujétions de nettoyage	m ²	180.00	400.00	72000.00
5-2	Forme de pente en belon dose a	m ²	180.00	600.00	108000.00

	350Kg/m ³ . Ep =10 cm				
	F/P d'un écran par vapeur (E.I.F+E.A.C+36S V V HR)		180.00	150.00	27000.00
	F/P d'un FIP de papier kraft	m ²	180.00	100.00	18000.00
	6-MENUISERIE				
	-Portes				
6-1	F/P d'une porte à 1 vantail en bois avec cadre de 7 cm en bois dur : avec oculus en verre décoratif non transparent P1 :90x 220	u	4	17000.00	68000.00
6-2	F/P d'une porte PVC				
	Pv1 :90x 220 à 1 vantail	u	28	28000.00	784000.00
	Pv2 :155x 220 à 2 vantaux	u	4	45000.00	180000.00
6-3	F/P porte métallique en double tol 1/100 y compris peinture				
	PM2 : 85x 220	u	2	25000.00	50000.00
	PM3 : 120x 220	u	2	40000.00	80000.00
	Fenêtres				
6-4	F/P d'un châssis en aluminium vitrée ouvrant à soufflet de couleur graphite y compris remplissage en verre de 03 mm et toutes sujétions de bonne exécution CH01 : (0.5x0.5)	u	10.00	9000.00	9000.00
6-5	F/P panneau en verre de 20 mm d'épaisseur avec motif ou écriture sablé	m ²	5.00	1000.00	5000.00
				S/TOTAL	1257000.00
	7-MAIN COURANTE				
7-1	Garde-corps en inox personnalisable, Panneau de Verre à Poser à la française sur le plat des marches D'escaliers	ml	35.00	17000.00	595000.00
	8- PLOMBERIE SANITARE				
	F/P de tuyauterie en polypropylène réticulé de différents diamètres y compris à encastrées comprenant : raccordement, tés coudes, manchons, réduction, fixation, soudure par poly				

8-1	fusion et toutes sujétions de pose et de bonne exécution				
	a) Ø 20	ml	85.35	1400.00	119490.00
	b) Ø 16	ml	65.85	1100.00	72435.00
	c) Ø 13	ml	64.52	900.00	58068.00
8-2	F/P de siège à l'anglaise en porcelaine y compris réservoir de chasse en porcelaine avec mécanisme complet, abattant, fixation par vis et cheville, raccordement et toutes sujétions de pose et de bonne exécution	u	10	15000.00	150000.00
8-3	Receveur au douche y compris douchette et flexible y compris mécanisme complet abattant, fixation, raccordement et toutes Sujétions de pose et bonne exécution	u	10	15000.00	150000.00
8-4	- F/P de lavabo en porcelaine comprenant l siphon de lavabo complet, robinetterie eau froide le choix de marque reconnue fixation par cornière (gabarit)	u	10	14000.00	140000.00
				S/TOTAL	689993.00
9 PEINTURES					
9-1	Les peintures seront réalisées en 03 couches N.B : les peintures doivent être marques reconnues				
9-1	Peinture lac sur mur intérieur, y compris préparation des surfaces par un grattage et bouchage en enduit et mortier ciment le fixateur pour les murs extérieurs main d'œuvre et toutes sujétions	m ²	230.00	140.00	32200.00
9-2	Peinture vinylique sur enduit y compris préparation des surfaces par un grattage et rebouchage en enduit de mortier ciment le fixateur pour les murs extérieurs, main d'œuvre et toutes sujétions	m ²	180.00	120.00	21600.00
9-3	Peinture vinylique sous plafond compris préparation des surfaces par un grattage et rebouchage en enduit de mortier ciment le fixateur pour les	m ²	120.00	120.00	14400.00

	murs extérieurs, main d'œuvre et toutes sujétions				
				S/TOTAL	68200.00
	10 – ELECTRICITE				
10-1	Fourniture et pose de filerie conformément au plan de cheminement (électricité) y compris branchement et toute sujétion				
	F/P Fil U 500V 2X 1.5 mm ²	ml	140.00	100.00	14000.00
	F/P Fil U 500V 2X 2.5 mm ²	ml	160.00	130.00	20800.00
	F/P Fil U 500V 3X 2.5 mm ²	ml	100.00	150.00	15000.00
	F/P Fil U 500V 4X 6.0mm ²	ml	65.25	400.00	26100.00
10-2	Fourniture et pose de réglettes 1x36w de 1.20 m, y compris toutes sujétions de bonne exécution	u	20	2100.00	42000.00
10-3	Fourniture et pose d'un hublot étanche 200w pour éclairage extérieure, y compris toutes sujétions de bonne exécution	u	5	1200.00	6000.00
10-4	Fourniture et pose de projecteur 150w LED, y compris toutes sujétions de bonne exécution	u	4	4000.00	16000.00
10-5	Fourniture et pose de boîte de dérivation encastrée 160 x 160 mm, y compris toutes sujétions de bonne exécution	u	8	800.00	6400.00
10-6	Fourniture et pose d'interrupteur encastrée série espace dans la maçonnerie, y compris branchement raccordement et toutes sujétions de bonne exécution	u	20	400.00	8000.00
10-7	Fourniture et pose de prises encastrées dans la maçonnerie y compris branchement raccordement et toutes sujétions de bonne exécution	u	12	400.00	4800.00
10-8	Fourniture et pose de disjoncteur tétra-polaire 250A	u	2	3500.00	7000.00
	Fourniture et pose d'armoire de commande et composé de : 01 disjoncteur tétra-polaire différentiel				

	de 60 A. 01 disjoncteur tétra-polaire différentiel de 60A. 01 disjoncteur tétra-polaire différentiel de 30A. 12 disjoncteur unipolaire de 25A. 15 disjoncteur unipolaire de 16A. 10 disjoncteur unipolaire de 10A. 02 Têlêrupteur de 220 V Crêpusculaire Hager ou Mg pour éclairage extérieur y compris toutes sujétion raccordement et de mise en place				
				S/TOTAL	246100.00
11- INSTALLATION PISCINE ADULTE+MINEUR					
II-1	Dêpose l'ancienne tuyauterie de piscine et douches Mis en dêpôt a parc communal :				
	A : Ø40/49	ml	65.00	50.00	325.00
	B : Ø 20/27	ml	35.00	50.00	1750.00
	C : Ø 15/21	ml	25.00	50.00	1250.00
II-2	Dêpose l'ancien éqûipement de la piscine mise en dêpôt à parc communal :				
	A pompe de passage	u	2	1000.00	2000.00
	b : banne	u	6	1000.00	6000.00
	c : Armoire électricue	u	1	1000.00	1000.00
II-3	Dêpose du revêtement en faïence y compris la couche de mortier y compris plinthe et transport à la dêcharge publique et toutes sujétions.	m ²	180.00	200.00	36000.00
II-4	Fouille en grande masse y compris toutes sujétions	m ³	40.00	200.00	8000.00
	Bêton armé dosé à 400kg /m ³ , ciment CPA .compris coffrage en bois ou				

II-5	panneaux métallique, ferrailage, et, toutes sujétions				
	a-Radier général ép. = 0.20m	m ³	20.000	29000.00	580000.00
	b- semelle filante	m ³	35.000	30000.00	1050000.00
	c-longrines	m ³	15.000	30000.00	450.000.00
	d- poteaux	m ³	5.200	30000.00	156000.00
	E- Voile périphérique ép. =15cm	m ³	12.500	30000.00	375000.00
	f- mur de soutènement 30cm	m ³	2.500	30000.00	75000.00
II-6	Echelle en acier inoxydable pour le bac tampon et toutes sujétions de mise en œuvre.	u	01	15000.00	15000.00
11-7	Herrisonnage en pierre sèches rangées à la main épaisseur moyenne de 0,20 m y compris épandage de caillasse au râteau pour réglage des paries supérieures et bouchage des interstices soigneusement damées, arrosées, ou nivelées y compris toutes sujétions de pentes exécutées conformément aux indication des plans compris fourniture, main-d'œuvre et toutes sujétions	m ²	350.00	750.00	262500.00
11-8	Béton cyclopéen dose a 150Kg/m3 ép.=20cm, ciment CPA	m ²	350.00	18000.00	630000.00
11-9	Enduit bassin en mortier hydrofuge Sur mur bassin et toutes sujétions. bonne exécution	m ²	150.23	700.00	105161.00
11-10	Revêtement (piscine adulte et mineur) aux carreaux de mosaïque 20 x 20 antidérapante de couleur bleu de grés	m ²	430.00	2000.00	860000.00
11-11	émaillé, finition lisse et toutes sujétions de bonne exécution.				
11-12	Revêtement des limites de la piscine avec bord d'arrêt préfabriqué en béton de 40x100 cm, couleur blanc, finition brossée et toutes sujétions de bonne exécution.	MI	72.50	5000.00	362500.00
				S/TOTAL	4981411.00
1-a-Equipement complet d'épuration pour piscine					
11-a-1	Robinet a flotteur trop plein 020/27 crépine, robinet de vidange Ø20/27.	ENS	1	15000.00	15000.00

11-a-2	F/P de filtre en polyester en fibre de verre D : 150m ³ /h hauteur filtrante de 1 m de 1 m manomètre purgeur d'air et eau, bouchon de vidange et charge filtrante et toutes sujétions bonnes exécution	u	3	820000.00	2460000.00
11-a-3	F/P de collecteur de filtre 05 vannes quart de tour en pvc pression Ø 160 y compris voyant de lavage et toutes sujétions bonnes exécution	u	3	350000.00	15000.00
11-a-4	F/P de pompe de filtrage (aspiration Bac tampon piscine débit 150 m ³ /h avec pré filtré avec panier en acier inoxydable et toutes sujétions bonnes exécution 38000	u	3	380000.00	1140000.00
11-a-5	. F/P de pompe de passage (Refoulement) D 150m ³ /h et toutes sujétions bonnes exécution				
	a : Ø 110	u	1	350000.00	350000.00
	b : Ø 160	u	3	300000.00	900000.00
11-a-6	F/P clapet Antirotteur extra plat en o pvc Ø 160 et toutes sujétions bonnes exécution	u	6	150000.00	90000.00
11-a-7	. F/P collecteur en pvc 16 bars pression et toutes sujétions bonnes exécution				
	a: Ø 110	u	1	12000.00	12000.00
	b: Ø 160	u	3	10000.00	30000.00
11-a-8	F/P Skimmer construit en ABS de couleur blanche avec bouchon carré à pression, flotteur de vanne et clapet pour régulation de débit, comprend connexion inférieure d'aspiration, connexion simultanée à la bouche d'écoulement, connexion supérieure d'évacuation d'eau excédante et panier récupère feuilles fixé à la base par fermeture à baïonnette et toutes sujétions bonnes exécution	U	6	6000.00	36000.00
11-a-9	Tuyau d'impulsion construit en ABS de couleur blanche avec filet intérieur Ø 160 et toutes sujétions bonnes exécution	ml	130.00	2000.00	26000.00
11-a-10	F/P de vanne quarte de routeur en pvc et toutes sujétions bonnes				

	exécution.				
	a : Ø 110	u	2	4500.00	9000.00
	b : Ø 160	u	9	6000.00	45000.00
11-a-11	Bouche de refoulement (fond de bassin) en polyester, de 350 mm de diamètre sortie, avec plaque décorative en acier inoxydable et toutes sujétions bonnes	u	10	5000.00	50000.00
11-a-12	Bouche d'écoulement de fond anti tourbillon, en polyester de 160 mm de diamètre sortie, avec plaque décorative en acier inoxydable et toutes sujétions bonnes	u	06	5000.00	30000.00
11-a-13	F/P de la tuyauterie de liaison en pvc pression 16 bars avec toutes les accessoires de raccordement : tés, coudes, kit d'assemblage de différents diamètres y compris bouchons et toutes sujétions bonnes exécution				
	a : ø 90	ml	90.00	1200.00	108000.00
	b : Ø 110	ml	120.00	1200.00	144000.00
	c : Ø 160	ml	300	1500.00	450000.00
11-a-14	F/P fond de la goulotte en pvc et toutes sujétions de pose et de bonne exécution toutes sujétions.	u	20	1000.00	20000.00
11-a-15	F/P vanne à boisseau D. 63 et toutes sujétions de pose et de bonne exécution toutes sujétions	u	2	1000.00	2000.00
11-a-16	.F/P prise balai de piscine et toutes sujétions de pose et de bonne exécution toutes sujétions	u	2	7000.00	14000.00
11-a-17	F/P Nettoyeur de fonde en acier inoxydable pour piscine Lave fonds robot- auto de piscine. composé d'un chariot aspirant avec brosse et roues, manche télescopique en aluminium anodisé et tuyau auto flottant et toutes sujétions bonnes exécution.	u	1	300000.00	300000.00
11-a-18	F/P skimmers monobloc. Puissance pompe =2,2 kW Débit pompe =70 m ³ /h buse de refoulement de diamètre 50 pvc 16 bars, 02 filtres à cartouches amovibles avec paniers	u	4	350000.00	1400000.00

	ramasse feuilles, Poignée en inox, Bouton poussoir Balnéothérapie et toutes sujétions bonnes exécution.				
11-a-19	F/Chape de béton pour le filtre la pompe et toutes sujétions de pose et de bonne exécution toutes sujétions.	m ²	5.00	600.00	3000.00
11-a-20	F/P et mise en œuvre de caniveau en béton armé en treillis soudés 15x15 de section 51x35cm dont ép. 8cm y compris dalles ép = 8cm et toutes sujétions.	ml	55.00	1000.00	55000.00
11-a-21	Evacuation des condensats tube en pvc Ø 160(rejet lavage filtres à sable) et toutes sujétions bonnes exécution.	ml	25.00	1500.00	37500.00
11-a-22	Fouriture et pose d'armoire de commande et composé de : 01 Disjoncteur tétra-polaire différentiel de 60A. 01 Disjoncteur tétra-polaire différentiel de 60A 01 Disjoncteur tétra-polaire différentiel de 30A. 12 Disjoncteur unipolaire de 25A. 15 Disjoncteur unipolaire de 16A. 10 Disjoncteur unipolaire de 10A 02 Télérupteur de 220V Crépusculaire Hager ou Mg pour éclairage extérieur. y compris toutes sujétions de raccordement et de mise en place	u	1	150000	15000.00
				S/TOTAL	8269500.00
1-b- Equipement automatique de chlorage et de sulfatage d'eau avec une pompe doseuse, pour piscine					
11-b-1	- F/P régulateur de chlore-Ph - réservoir de polyéthylène épaisseur 5 mm capacité 200 litre - F/P de tuyauterie en acier galvanisé	ens	1	50000.00	50000.00
11-b-2	F/P pompe doseuse électronique de sulfate d'aluminium Comprend : -Pompe Auto-amorçant en courant continu 12 V -4m de câble électrique et pinces crocodiles	u	1	6500.00	6500.00

	-Débit 40l/min - Compteur digital en option (réf 8345) -Vanne coupe circuit et toutes sujétions de pose et de bonne exécution				
11-b-3	F/P Réservoir de polyéthylène épaisseur 5 mm Capacité de 200 litres et composé de : -Support pistolet avec collecteur fonction antigouttes intégré -Bouchon de remplissage 90mm de diamètre -tube antimousse -Soupape de surpression 2' -Passage de fourche pour chariot élévateur - 4 passages de sangle pour arrimage - 4 cales pour empilage et toutes sujétions de pose et de bonne exécution	u	1	50000.00	50000.00
11-b4	F/P de tuyauterie en acier galvanisé				
	a : Ø 15 /21	ml	25	900.00	22500.00
	b : Ø 20 27	ml	15	1000.00	15000.00
11-b5	F/P d'adoucisseur avec bac à sel c : 1.000 m ³ /h comprenant b-5 raccordement eau et électricité et toutes sujétions	u	1	15000.00	15000.00
				S/TOTAL	159000.00
1-c-equipement pour piscine					
	F/P Echelle avec rampe en acier inoxydable dans les piscines. Conducteur de cuivre nu, de 35 mm ² Plaque en acier galvanisé pour prise de terre, de 500x500x3 mm, avec borne de liaison. Avec borne de liaison. pour sortie de piscine réalisé avec tube de diamètre en acier inoxydable AISI-304 finition polie brillante 11-c-1 avec 4 marches et mains courantes symétrique, comprend platines de fixation, joints	u	4	45000.00	180000.00

	élastiques, chevilles d'ancrage, vis et enjoliveurs.				
	F P Projecteur à lumière multicolore, en plastique blanc, de 3 c 2 W de puissance, 36 DEL alimentation à 12 Vcc, protection IP 675, pour piscine à bassin en béton	u	2	15000.00	30000.00
				S/TOTAL	210000.00
MONTANT TOTAL EN H. T		23692024.00			
T.V.A 17		4027644.08			
MONTANT TOTAL EN T.T.C		27719668.08			

RECAPITULATION GENERAL

Projet : travaux d'aménagement et réhabilitation de la piscine communale 08 mais 1945

Opération : aménagement des piscines communales 08 mais 1945

Désignation des ouvrages		
	travaux de déposes	7500.00
	travaux de démolitions	18543.00
	travaux de constructions	
	1-béton arme	1820785.00
	2- maçonnerie	1017000.00
	3- enduits	591299.00
	4-revetlents	2957720.00
	5-etancheite	636086.00
	6-menuiserie	1257000.00
	7- main courante s	595000.00
	8-plomberie sanitaire	689993.00
	9- peintures	68200.00
	10-electricite	246100.00
	11-installation piscine adulte +mineur	4981411.00
11-a	11-a Equipement complet d'épuration pour piscine	8269500.00
11-b	Equipement automatique de chlorage et le sulfatage d'eau 11-b avec une pompe doseuse, pour piscine	159000.00
11-c	Equipement pour piscine	210000.00
MONTANT TOTAL EN H. T		23692024.00

	T.V.A 17	4027644.08
	MONTANT TOTAL EN T.T.C	27719668.08

