

UNIVERSITE DE BISKRA
FACULTE DES SCIENCES ET SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT DE GENIE-CIVIL

N° d'ordre:.....

Série.....

MEMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : **GENIE CIVIL**

Option : **Structure et mécanique des sols**

Présenté par

Chérif DERARDJA

Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes

Soutenu le...../.....2004.

Devant le jury:

Président :	M ^{ed} T. BELARBI	MC	Université de BISKRA
Rapporteur :	A. ZATAR	MACC	Université de BISKRA
Examineurs :	B. MEZGHICHE	MC	Université de BISKRA
	M. MELLAS	MACC	Université de BISKRA

Remerciements

Je tiens à remercier vivement mon encadreur Mr Zatar Abdallah qui a eu la patience de lire mon mémoire de magister, de corriger les erreurs et de commenter le fond.

Comme je tiens aussi à remercier tous les enseignants de la première année de magister Messieurs: S. Benmebarek, M^{ed}T. Belarebi, B. Mezghiche, A. Lahmar, A. Maamache, R. Chebili, A. Zatar, A. Boudchicha, M. Barkat et Mme Omar Leila pour leurs encouragements et leur assistance.

Ma gratitude va également à

- Mr M. Mellas chef de département de génie civil

J'ai bénéficié de l'aide de M. Bourezane, A. Boudchicha, A. Gherabli, M^{ed}H. Souri, A. Bediar qui m'ont compilé une documentation indispensable pour la préparation de ce travail

Ma reconnaissance va à M. Meziani et S. Djireb pour leur soutien informatique sans oublier ma famille qui m'a aidé à réaliser des photos originales et représentatives.

Je remercie vivement

- M^{ed}T. BELARBI pour l'honneur qu'il me fait en président le jury de ce mémoire.

- B. MEZGHICHE et M. MELLAS, pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'être les examinateurs de ce mémoire.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin afin que ce travail soit achevé.

Résumé

Les constructions, comme tout produit, sont sujet à des dégradations, ceux sont aussi des denrées périssables.

Les dégradations des constructions se manifestent sous divers degrés allant d'un simple écaillage de peinture jusqu'à un effondrement total ou partiel de l'édifice, elles peuvent se subdiviser en trois types distincts:

- celles qui affectent les constructions dans leur ensemble
- celles qui touchent les éléments de construction
- celles qui s'attachent plus particulièrement aux matériaux de construction

Les causes des dégradations sont très diverses et peuvent agir séparément ou simultanément, elles sont dues principalement :

- aux différentes contraintes de dégradation
- au non respect des règles de la construction
- à la mauvaise compréhension des règles de la construction
- à la rapidité dans la réalisation
- à l'utilisation de nouveaux matériaux non compatibles avec d'autres matériaux
- à la durée de vie du matériau de construction et son évolution dans le temps
- aux conditions climatiques
- au milieu environnant
- à d'autres facteurs.

La réparation des ouvrages dégradés reste comme tâche nécessaire et préoccupante, seulement elle ne sera efficace que si la cause de dégradation est bien définie.

Mots-clés: Constructions, matériaux de construction, désordres, contraintes de dégradation, effondrement, réfection.

Abstract

Constructions, like all other productions, are prone to degradations, those are also perishable goods.

Degradations of constructions appear under various degrees begin from a simple chipping of painting until a collapse total or partial of the building, they can be subdivided in three distinct types:

- Those which affect constructions as a whole
- Those which touch the structural components
- Those which are related more particularly to building materials

The causes of degradations are very diverse and can act separately or simultaneously, they are due mainly:

- with the various stresses of degradation
- with non compliance with the Rules of construction
- with the bad comprehension of the Rules of construction
- with the speed in the construction.
- with the use of new materials non-compatible with other materials
- at the life span of building material and its evolution in time
- in the climatic conditions
- in the surrounding medium
- with other factors

The repair of the degraded buildings remains an important subject but it will be effective only if the cause of degradation is well defined.

Key words: Constructions, building materials, disorders, stresses degradation, collapse, repair.

.

.

.

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

.

.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	01
CHAPITRE I : ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES.....	02
I.1 INTRODUCTION.....	03
I.2 STATISTIQUES PORTANT SUR LES DEGRADATIONS DES CONSTRUCTIONS.....	03
I.3 CONCLUSION.....	10
CHAPITRE II: MISE EN EVIDENCE DES DIFFERENTES ETAPES EN RAPPORT AVEC LA CONSTRUCTION.....	11
II.1 INTRODUCTION.....	12
II.2 L'ETAPE DU CHOIX DU TERRAIN.....	12
II.3 L'ETAPE DES TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES	13
II.4 L'ETAPE DE L'ETUDE DE SOL.....	13
II.5 L'ETAPE DES ETUDES TECHNIQUES.....	14
II.6 L'ETAPE DE CONTRÔLE TECHNIQUE.....	14
II.7 L'ETAPE D'EXECUTION.....	14
II.8 L'ETAPE DE MISE EN SERVICE.....	15
CHAPITRE III: NOTIONS GENERALES SUR LA DEGRADATION DES CONSTRUCTIONS.....	16
III.1 INTRODUCTION.....	17
III.2 LA NOTION DE DEGRADATION DANS LE SENS LITTERAIRE.....	17
III.3 LA NOTION DE DEGRADATION DANS LE SENS TECHNIQUE.....	17
III.4 CONCLUSION.....	18
CHAPITRE IV: MISE EN EVIDENCE DES DIFFERENTS TYPES DE DEGRADATIONS.....	20
IV.1 INTRODUCTION.....	21
IV.2 DEGRADATIONS AFFECTANT LA CONSTRUCTION DANS SON ENSEMBLE.....	21
IV.3 DEGRADATIONS DES ELEMENTS DE LA CONSTRUCTION.....	24
IV.3.1 Cas des constructions en béton armé.....	24

IV.3.2 Cas des constructions métalliques.....	28
IV.3.3 Cas des constructions en bois.....	28
IV.4 DEGRADATIONS AFFECTANT LES MATERIAUX	
DE CONSTRUCTION.....	28
IV.4.1 Dégradation affectant le béton armé.....	29
a) La ségrégation.....	29
b) La fissuration.....	30
c) La rupture.....	31
d) La disjonction entre les grains.....	31
e) L'apparition de l'armature.....	31
f) Le délitage et l'épaufrure.....	32
g) L'excroissance cryptogame.....	32
IV.4.2 Dégradation spécifique au matériau "acier".....	33
IV.4.2.1 Généralités.....	33
IV.4.2.2 Corrosion de l'acier.....	35
IV.4.3 Dégradations affectant le matériau " bois".....	35
IV.4.3.1 Généralités.....	35
IV.4.3.2 Défauts du bois.....	36
1) Les champignons.....	36
a) <i>La pourriture cubique</i>	36
b) <i>La pourriture fibreuse</i>	36
2) Les insectes.....	37
a) <i>Le capricorne des maisons</i>	37
b) <i>Les vrillettes</i>	37
c) <i>Les lyctus</i>	37
d) <i>Les termites</i>	37
CHAPITRE V: ENUMERATIONS DES CAUSES POSSIBLES DES	
DEGRADATIONS DES CONSTRUCTIONS.....	38
V.1 INTRODUCTION.....	39
V.2 LES CAUSES DUES AU MAUVAIS CHOIX DES SITES	
D'IMPLANTATION.....	39
1- <i>Site se trouvant en zone inondable</i>	39

2- Terrain situé dans la servitude d'un oued.....	40
3- Site choisi à proximité d'une zone d'accumulation d'eau de rejet d'usine de produits chimiques.....	40
4- Site choisi en zone instable.....	40
5- Site exposé aux éboulements et chutes de pierres.....	41
6- Site choisi sous une ligne électrique aérienne de haute tension.....	41
V.3 CAUSES LIEES A UNE INSUFFISANSE AU NIVEAU DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE.....	42
V.4 CAUSES AYANT RAPPORT AVEC LA RECONNAISSANCE DU SOL DE FONDATION.....	42
1- Absence de reconnaissance préalable.....	42
2- Etude de sol inadaptée.....	43
3- Etude de sol incomplète.....	43
4- Mauvaise interprétation de l'étude de sol.....	43
5- Causes dues à la prise en compte du seul taux de travail du sol de fondation.....	43
V.5 CAUSES AYANT RAPPORT AVEC L'ETAT DU SOL DE FONDATION.....	44
1- Les constructions réalisées sur un remblai non stabilisé.....	44
2- Les constructions fondées sur un sol hétérogène.....	45
3- Présence de points durs dans le sol de fondation.....	46
4- L'existence de cavités dans le sol	46
5- Le rabattement de la nappe souterraine.....	46
V.6 CAUSES LIEES AUX TRAVAUX DE REPRISE EN SOUS-ŒUVRE	47
V.7 CAUSES DUES AUX TERRASSEMENT AU VOISINAGE D'UNE CONSTRUCTION EXISTANTE.....	48
V.8 CAUSES DUES A UN APPORT DE REMBLAI.....	48
V.9 CAUSES LIEES AUX VIBRATIONS ENVIRONNANTES.....	48
V.10 CAUSES DUES AUX INSUFISANCE AU NIVEAU DE L' ETUDE TECHNIQUE.....	49
1- L'absence d'étude technique préalable.....	49
2- Les erreurs de conception.....	49
3- Les insuffisances au niveau de l'étude.....	50

V.11 CAUSES DUES AUX FAUTES D'EXECUTION.....	51
1- <i>défaut de bétonnage</i>	51
2- <i>les erreurs de ferrailage</i>	52
3- <i>mauvaise condition de conservation de matériaux de construction</i>	54
4- <i>Erreurs dans les opérations de coffrage</i>	54
5- <i>Erreurs dans les opérations de décoffrage</i>	57
6- <i>Surdimensionnement des pièces en béton armé</i>	57
7- <i>Le non respect des plans d'exécution</i>	57
V.12 RESULTATS D'ESSAIS ET ANALYSES NON REPRESENTATIFS.....	58
1 – <i>Cas des analyses chimiques, granulométriques et d'équivalent de sable</i>	58
2 – <i>Cas d'analyse chimique de l'eau de gâchage</i>	58
3 – <i>Cas d'essais d'écrasement sur éprouvettes</i>	58
V.13 CAUSES LIEES AUX INSSUFFISANCES AU NIVEAU DU	
CONTRÔLE TECHNIQUE.....	59
1 – <i>L'occupation du bâtiment</i>	59
2 – <i>Changement d'usage</i>	59
3 – <i>Modification au niveau de la construction</i>	59
4 – <i>Mauvais stockage de la matière ensilée</i>	60
5 – <i>Manque d'entretien</i>	60
a) <i>cas des terrasses des constructions</i>	60
b) <i>cas des réservoirs et des silos</i>	60
6 – <i>Manque de réparation</i>	61
7– <i>Plantations d'arbres et d'arbustes à proximité des construction</i>	61
8 – <i>Existence de points d'eau à proximité des constructions</i>	62
V.15 CAUSES DUES AUX VARIATIONS DE TEMPERATURE AMBIANTE.....	62
V.16 CAUSES DUES AUX INCENDIES.....	63
V.17 CAUSES DUES AUX EXPLOSIONS.....	63
V.18 CAUSES DUES AUX SEISMES.....	64
V.18.1 EFFETS DU SEISME SUR LES DIFFERENTES CONSTRUCTIONS.....	65
V.19 CAUSES DUES AU MILIEU ENVIRONNANT.....	71
V.19.1 Classification des environnements agressifs.....	71
V.19.2 Mode d'action des agents agressifs.....	74
1- <i>les agents agressifs sous forme liquide</i>	74

a) <i>Eaux douces</i>	74
b) <i>Solutions acides</i>	74
c) <i>Solutions basiques</i>	74
d) <i>les solutions salines</i>	74
2- les agents agressifs sous forme de gaz.....	76
a) <i>Anhydride sulfureux SO₂</i>	76
b) <i>Acide sulfhydrique H₂S</i>	76
c) <i>L'anhydride carbonique CO₂</i>	76
3- les agents agressifs sous forme de solides.....	78
V.20 CAUSES LIES A L'EFFET DE L'EAU SUR LE TERRAIN DE FONDATION	79
1- <i>les affouillements</i>	79
2- <i>la modification des caractéristiques de certains terrains</i>	80
V.21 CAUSES DUES AU GEL DEGEL.....	81
V.22 CAUSES LIES CAUSES LIEES AUX VARIATIONS CLIMATIQUES.....	82
V.23 CONCLUSION.....	82
CHAPITRE VI DETERMINATION DES CAUSES DE DEGRADATION.....	83
VI.1 INTRODUCTION.....	84
VI.2 LES ETAPES DE DIAGNOSTIC DES CAUSES DE DEGRADATION.....	84
1- <i>l'examen des erreurs éventuelles du projet</i>	84
2- <i>Etablissement du rapport direct entre les causes possibles et</i> <i>les symptômes des dégradations</i>	84
3- <i>Elimination des causes facilement identifiables</i>	84
4- <i>Examen de l'état des fondations</i>	85
5- <i>Analyse des indications disponibles</i>	85
6- <i>Détermination de la ou les causes de la dégradation</i>	86
VI.3 ORGANIGRAMME DE DETERMINATION DES CAUSES DE DEGRADATION.....	87
VI.4 CAS D'EXEMPLE: LES TOURS DU CENTRE MONDIAL DE COMMERCE AUX ETATS-UNIS D'AMERIQUE (USA).....	93
VI.5 ILLUSTRATIONS DE QUELQUES CAS DE DEGRADATIONS SURVENUES AUX CONSTRUCTIONS DEJA EXISTANTES.....	96

CHAPITRE VII REMEDES ENVISAGES POUR DES CAS DE	
 DEGRADATIONS.....	100
VII.1 GENERALITES.....	101
VII.2 LES CAS DE REMEDES ENVISAGES.....	101
1- Réparation par béton projeté.....	102
a) <i>Définitions et formulations</i>	102
b) <i>Equipement de mise en œuvre</i>	103
c) <i>Principe de mise en œuvre</i>	103
d) <i>Propriété du béton projeté</i>	104
e) <i>Liaison acier-béton projeté</i>	106
f) <i>Conséquence de l'adhérence du béton projeté</i>	106
g) <i>Bétons spéciaux</i>	106
h) <i>Domaine d'application</i>	107
2- Renforcement des poteaux	108
a) <i>Renforcement par chemisage</i>	108
b) <i>Renforcement par gainage métallique</i>	111
3- Renforcement des voûtes.....	113
a) <i>Renforcement par structure indépendante</i>	113
4- Illustration du cas de renforcement des voûtes d'El-Kantara (Biskra).....	113
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS.....	115
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	121

Liste des tableaux

Tableau I.1: Répartition des causes des sinistres survenus à 2976 constructions [1].....	04
Tableau I.2 Répartition des sinistres survenus à 2979 constructions suivant les parties de construction [1]	05
Tableau I.3: Répartition des sinistres survenus à 2979 constructions suivant les opérations d'exécution [1]	05
Tableau I.4: Répartition de 800 sinistres en % de fréquence (cas des constructions en béton armé) [2]	06
Tableau I.5: Répartition des dégradations en fonction des causes (cas des constructions métalliques)[2]	06
Tableau I.6: Répartition des désordres survenus aux menuiseries en bois [2]	07
Tableau I.7: Répartition des désordres par année de réception (cas des constructions en béton armé)[2]	07
Tableau I.7: Répartition des désordres par année de réception (cas des constructions en béton armé)[2]	08
Tableau I.9: Répartition de 403 désordres d'après les types de murs utilisés [4]	09
Tableau I.10: Répartition de 403 désordres d'après les causes de dégradations [4]	10
Tableau V.1: Bilan officiel des victimes à la date du 17/06/2003 [15]	64
Tableau V.2: Bilan des dommages arrêté au 24/06/2003 concernant la wilaya de Boumerdès [15]	64
Tableau V.3: Répartition des dommages dus au séisme survenu le 21/05/2003 à Boumerdès et Alger [15]	65
Tableau V.4- Définition des classes d'agressivités [16]	72
Tableau V.5 – Agressivité des solutions en fonction de leur concentration en agents agressifs et de leur pH [16]	73
Tableau V.6 – Agressivité des sols en fonction de la teneur en SO_4^{2-} [16]	73

Liste des figures

Figure IV.1: Sous l'effet de la dilatation la forme de pente exerce des poussées sur les acrotères.....	25
Figure IV.2: Les acrotères passant devant la dalle peuvent subir des poussées de la part de celle-ci.	25
Figure IV.3: Fussiomètre: réglette qui s'utilise pour la détermination de la largeur des fissures [9]	30
Figure IV.4: phénomène de corrosion de l'acier.....	32
Figure V.1 : Le lieu destiné à l'implantation de la construction	40
Figure V.2: Construction exposée aux chutes de blocs de pierres.....	41
Figure V.3: La construction est fissurée car les pieux d'angle n'ont pas atteint substratum rocheux [11]	43
Figure V.4: Dans ce cas, des tassements différentiels sont peu probables [3]	44
FigureV.5: Dans ce cas, des tassements différentiels sont inévitables [3]	44
FigureV.6: Construction fondée sur une couche de remblai d'épaisseur variable [11].....	45
FigureV.7: Une partie de la construction est fondée sur un remblai. [11]	45
FigureV.8: Construction fondée sur des points durs [12]	46
FigureV.9: construction fondée sur des cavités [12].....	46
Figure V.10: Eboulement progressif d'un fontis [13].....	46
Figure V.11: Eboulement progressif d'une galerie [11]	46
Figure V.12: Rabattement de la nappe par puisage d'eau à partir d'un puits.....	47
Figure V.13: Rabattement de la nappe avec la mise en mouvement de l'eau [12].....	47
FigureV.14: Incidence entre fondations voisines.....	47
FigureV15: Excavation à proximité d'une construction existante.....	48
FigureV.16 : L'apport de remblai sur sol compressible provoque des tassements.....	48
Figure V.17: Renversement de l'ouvrage dû à une erreur de conception [11].	50
Figure V.18: La discontinuité entre poteau peut provoquer le cisaillement au niveau des poutres porteuses [14].....	50
Figure V.19: Basculement d'un balcon pour faute d'exécution [12].....	53
Figure V.20: La rotation du mur de Soutènement due au mauvais emplacement des armatures d'attente [12].....	53

Figure V.21: Flambement des étais métalliques par manque d'entretoises [12].....	55
Figure V.22.A: La fissure interne du béton est due au déplacement du coffrage.....	57
Figure V.22.B: Le mouvement de la paroi du moule a provoqué la fissure externe.....	57
Figure V.22.C : La déformation du fond de moule est due à l'affaissement du sol servant de support de coffrage.....	57
Figure 23: Le mauvais stockage de matière ensilée a provoqué effondrement de la paroi du silo[12]	60
Figure V.24: fissure transversale dans la corniche et l'acrotère [7].....	62
Figure V.25: fissure transversale dans la corniche et l'acrotère [7]	63
FigureVI.1: Les phases d'effondrement du centre mondial de commerce aux Etats Unis d'Amérique (évènement du 09/11/2001)	93
FigureVII.1: Projection par voie sèche [12]	103
FigureVII.2: Projection par voie humide[12]	104
Figure VII.3: Processus de projection par voie sèche [12]	105
Figure VII.4: Processus de projection par voie humide [6].....	105
Figure VII.5: Reconstitution du fond de la poutre et sous face de la dalle [12].....	105
Figure VII.6: Reconstitution du fond et des joues de la poutre [12].....	107
Figure VII .7: Réparation des poutres avec destruction partielle des aciers.....	108
Figure VII.8: Chemisage sur les quatre faces du poteau [2*].....	109
Figure VII.9: Chemisage sur trois faces [2*]	109
Figure VII.10: Chemisage sur une face [2*].....	109
Figure VII.11: Chemisage sur deux faces [2*].....	109

Liste des photos

Photo III.1: Décollement de la peinture d'un plafond dû aux infiltrations d'eau pluviale	18
Photo III.2: Décollement de l'enduit d'un mur dû à une insuffisante d'accrochage.....	18
Photo III.3: Bâtiment dégradé partiellement.....	19
Photo III.4: Construction à usage d'habitation mise en ruine lors du séisme survenu le 21/01/2003 dans la région de Boumerdès.....	19
Photo IV.1: Fissure inclinée au niveau d'un mur cloison.....	22
Photo IV.2: Fissuration verticale et horizontale au niveau des murs cloisons provoquant leur décollement du poteau, de la poutre et de dalle.	22
Photo IV.3: Basculement d'une construction à usage d'habitation provoquant un faux aplomb.....	22
Photo IV.4: Renversement d'un bâtiment à usage d'habitation de niveau R+3.....	23
Photo IV.5: Destruction totale d'une construction à usage commercial.....	23
Photo IV.6: Effondrement totale d'une construction de niveau R+3.....	23
Photo IV.7: Fissure verticale au niveau d'une clôture en parpaing de 20 cm d'épaisseur.....	25
Photo IV.8: Le soulèvement du dallage a provoqué l'éclatement des carrelages.	26
Photo IV.9: Cisaillement affectant un poteau d'angle à sa partie supérieure.....	26
Photo IV.10: Cisaillement affectant un poteau d'angle à sa partie inférieure.....	26
Photo IV.11: Flambement d'un poteau en béton armé.....	27
Photo IV.12: Destruction de la structure en béton armé.....	27
Photo IV.13: Renversement et chute des murs extérieurs et de séparation	27
Photo V.1: Effondrement d'un mur de clôture réalisé en parpaings creux de 20 cm d'épaisseur.....	39
Photo V.2: Un projet de construction implanté sous la ligne électrique de haute tension.....	41
Photo V.3 : L'existence de la ligne électrique reste comme obstacle pour l'achèvement des travaux.....	42
Photo V.4: La chute du faux plafond est due à un mauvais choix du matériau.....	50
Photo V.5: Mauvais choix de l'emplacement du joint de dilatation.	50
Photo V.6: Absence d'armatures transversales au niveau du nœud (poteau- poutre).....	54
Photo V.7: Etai en bois présentant des fissures longitudinales.....	55
Photo V.8: Etai en bois présentant une déformation.	56
Photo V.9: Etai en bois présentant un faux aplomb.....	56

Photo V.10: Etai sur parpaing creux considéré comme support fragile.....	56
Photo V.11: Un ensemble d'étais mis en place sans contreventement.....	56
Photo V.12: Assemblage d'étais en bois considéré comme défectueux.	56
Photo V.13: La déformation d'un réservoir métallique survenue au moment de la vidange[1*].....	61
Photo V.14: Un dallage en béton prévu tout autour d'un bâtiment reste nécessaire.....	61
PhotoV.15: L'existence d'une crevasse sous la conduite d'eau pluviale peut être la cause de sinistre.....	61
PhotoV.16: L'emplacement d'un robinet contre la construction peut être la cause de dégradation.....	62
PhotoV.17: Bâtiment avec poteaux, poutres Et mur en maçonnerie (niveau:R+3).....	65
PhotoV.18: Dimensions des poteaux du rez-de-chaussée: 30 cm x 30 cm.....	65
PhotoV.19: Distance entre axe des poteaux égale à 2.40 m.....	66
PhotoV.20: Destruction de l'extrémité du poteau d'angle à cause de l'absence d'armatures transversales	66
PhotoV.21: Endommagement du pied de poteau dû aux insuffisances de cadres.....	66
PhotoV.22: Malgré la destruction de l'extrémité du poteau, les poutres sont en équilibres.....	66
PhotoV.23: Le plancher haut du rez- de-chaussée est resté intact.....	67
PhotoV.24: Pas d'anomalies sur la poutre de rive.....	67
PhotoV.25: Poteau d'angle cisailé.....	67
PhotoV.26: Poteau de rive détérioré complètement, le plancher haut resté intact.	67
PhotoV.27: Destruction du Poteau RDC, le plancher du niveau 1 est intact.....	67
PhotoV.28: Ouverture du joint avec faux aplomb des bâtiments.	68
PhotoV.29: Ouverture du joint >1.50m sur toute la hauteur des bâtiments.....	68
PhotoV.30: L'ouverture du joint est limitée seulement à la partie inférieure des bâtiments.	68
PhotoV.31: L'ouverture du joint concerne la partie supérieure des bâtiments.....	68
PhotoV.32: Bâtiment en cours de construction, très bonne résistance au séisme.....	69
PhotoV.33: Bâtiment sans aucun dommage.....	69
PhotoV.34: Minaret de la mosquée de Zemmouri en voie d'effondrement (au moment de la réplique).....	69

PhotoV.35: Effondrement total du minaret de la mosquée de Zemmouri (au moment de la réplique).	69
PhotoV.36: Poinçonnement du pont par les poteaux (séisme:1986,USA)[1*].....	70
PhotoV.37: Effondrement d'un hôtel (séisme:1990, Philippines)[1*].....	70
PhotoV.38: Effondrement du pont dû à l'enfoncement des poteaux dans le sol (Séisme:1985, Chilli) [1*].....	70
PhotoV.39: Déformation d'un réservoir dû à l'effet des vagues (séisme 1964, Japon) [1*].....	70
PhotoV.40: Détérioration de la longrine et du poteau par l'attaque des sulfates.....	78
PhotoV.41: détérioration du pied de poteau.	79
PhotoV.42: éclatement du béton au niveau du pied de poteau.	79
PhotoV.43: Le tablier du pont de Ain-Touta au fond du lit d'oued (cause:affouillement du sol de fondation)	80
PhotoV.44: La culée renversée, le tablier perd son équilibre.....	80
PhotoV.45: La dégradation du tablier est due au choc subi par celui-ci contre la culée.....	80
PhotoVI.1: début de fissuration d'un plancher.....	97
PhotoVI.2: Chute d'une partie en corps creux.....	97
PhotoVI.3: Détérioration de la dalle	97
PhotoVI.4: Chute d'une partie de la dalle.....	97
PhotoVI.5: Début de fissuration du béton.....	97
PhotoVI.6: Détérioration du balcon.....	97
PhotoVI.7: Paillasse d'escalier vue de profil	98
PhotoVI.8: Corrosion des aciers "escalier"	98
PhotoVI.9: Ségrégation du béton excès d'eau.....	98
PhotoVI.10: Pulvérisation du béton.....	98
PhotoVI.11: La partie de la construction située à gauche de la fissure a été réalisée en 1982, tandis que la partie située à droite de la fissure a été réalisée en 1997 sans la prise en comptes de dispositions nécessaires ce qui a provoqué la fissuration.....	99
PhotoVI.12: La fissure a pu connaître sa position réelle même à travers le revêtement en céramique, l'état de la fissure nous justifie que c'est un tassement différentiel qui s'est produit.	99
PhotoVII.1: chemisage d'un poteau en béton armé.....	110

PhotoVII.2: chemisage d'un poteau en béton armé.....	110
PhotoVII.3: Opération de coffrage du poteau.....	110
PhotoVII.4: Etat du poteau après décoffrage du poteau.....	110
PhotoVII.5: Hôtel où les travaux de chemisage des poteaux ont été effectués.....	110
PhotoVII.6: opération de ferrailage de la semelle précédent le chemisage d'un poteau en béton armé[3*].....	111
PhotoVII.7: Chemisage sur une face d'un poteau en béton armé [3*].....	111
PhotoVII.8: Gainage d'un poteau en béton armé.....	112
PhotoVII.9: coffrage de la semelle	112
PhotosVII.10: Détail de liaison poutre-gainage.....	112
PhotoVII.11: Gainage d'un poteau d'angle.....	112
PhotoVII.12: Plancher mixte acier- béton.....	112
PhotosVII.13: Les fers plats assurent la stabilité des cornières.....	112
PhotoVII.14: Une série de voûtes servant comme support de la voie ferrée à El-Kantara (Biskra).	114
PhotoVII.15: Ensemble de profilés métalliques placés contre le parement en maçonnerie permettant la transmission des charges au sol de fondation. El-Kantara (Biskra).....	114
PhotoVII.16: L'utilisation des tiges filetées assure la stabilité des profilés métalliques. El- Kantara (Biskra)	114
PhotoVII.17: Procédé de renforcement de l'extrados de la voûte permettant ainsi une bonne transmission de la charge à la structure additionnelle. El-Kantara (Biskra).....	114

INTRODUCTION GENERALE

*** *Le contexte de l'étude***

Les dégradations qui affectent des constructions dans notre pays s'observent de jour en jour au niveau des différents ouvrages en cours de réalisation ou déjà achevés; ce qui revient à dire que le phénomène signalé s'accroît de plus en plus durant ces dernières années pour devenir un fait réel, devant cet état de fait qui touche une partie du patrimoine bâti public ou privé, il revient aux professionnels du domaine de la construction (Chercheurs, Architectes, Ingénieurs, Entrepreneurs, Fabricants de matériaux de construction) de porter leurs contributions dans le but de déterminer les causes des dégradations de toute sorte, de remédier aux dégradations existantes, de mettre fin à toute apparition éventuelle de dégradation que ce soit à court ou à long terme ou du moins réduire la valeur qui en résulte du rapport calculé entre le nombre de constructions dégradées à celui des constructions réalisées, évitant ainsi des risques d'accidents qui peuvent être causes principales de victimes et de perte de matériels avec des répercussions néfastes sur le côté social, économique et même politique, car la société de nos jours a de plus en plus tendance à considérer un *accident* comme un *échec* (un cas d'exemple: celui du Séisme du 21/05/2003 survenu dans la région d'Alger et de Boumerdes). C'est dans ce contexte que nous allons présenter notre mémoire de magister intitulé: *Types, causes et remèdes des dégradations des constructions existantes*.

*** *L'objectif***

Notre travail a comme objectif d'établir les types de dégradation qui affectent les constructions existantes, de déterminer les différentes causes provoquant ces dégradations et de mettre en évidence les cas de remèdes possibles.

*** *L'organisation du rapport de mémoire***

Le travail que nous présentons se compose de sept chapitres

Le premier chapitre concerne l'étude bibliographique qui permet de connaître les différents types de dégradations affectant les constructions d'une façon générale ainsi que leur répartition selon plusieurs facteurs à savoir: le matériau de construction utilisé, le système constructif employé, les éléments ou parties de construction, les types d'usage, les causes de dégradations, la durée de vie et l'année de réception de l'ouvrage.

Le deuxième chapitre, concerne la mise en évidence des différentes étapes qui sont en rapport avec la construction à savoir l'étape de choix de terrain, l'étape de l'étude topographique, l'étape de l'étude de

sol, l'étape de l'étude technique, l'étape de contrôle technique, l'étape de l'exécution et enfin l'étape de la mise en service de la construction.

Le troisième chapitre, est consacré à la définition de la notion de dégradation.

Le quatrième chapitre, s'intéresse plus particulièrement aux différents types de dégradations affectant les constructions d'une façon générale.

Le chapitre cinq est consacré à la mise en évidence des différentes causes de dégradations qui sont, soit en rapport avec les étapes de la construction ou dépendant du milieu environnant ou bien elles sont dues à d'autres facteurs comme: les variations de température, l'incendie, les chocs etc...

Le chapitre six comporte la méthode utilisée pour la détermination des causes probables des dégradations des structures en béton armé avec un cas d'exemple réel et une illustration de quelques dégradations survenues aux constructions existantes.

Le chapitre sept évoque quelques méthodes de réparation ou de renforcement des constructions endommagées.

Le travail est achevé par une conclusion et une série de recommandations appréciables et qui peuvent être prises en considération pour la bonne conservation du patrimoine bâti public ou privé

Une liste de documents est donnée à la fin de ce mémoire pour permettre d'éclaircir les références bibliographiques.

CHAPITRE I
ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

I.1 INTRODUCTION

Les dégradations qui affectent les constructions, peuvent survenir à n'importe quel moment, c'est-à-dire durant la réalisation ou même quelques minutes après, comme elles peuvent se manifester à long terme.

Certaines dégradations ne présentent aucun risque vis-à-vis de la sécurité de l'ouvrage affecté, alors que d'autres peuvent provoquer des effondrements graves entraînant quelques fois des accidents corporels et des pertes matérielles mettant ainsi tous les concernés (Chercheur, architecte, ingénieur, entrepreneur, maître d'ouvrage, locataire, gestionnaire) devant un état de fait accompli.

Devant cet état de cause, les travaux doivent être menés pour déterminer en première urgence les différents types de dégradations, puis les causes probables provoquant leurs apparitions, et enfin choisir les cas de remèdes qui mettront fin à ses dégradations.

C'est dans ce but que nous allons mettre en évidence dans ce qui suit les résultats de certains travaux accomplis par des spécialistes du domaine et qui concernent plus particulièrement les problèmes de la pathologie de la construction.

I.2 STATISTIQUES PORTANT SUR LES DEGRADATIONS DES CONSTRUCTIONS

Les dégradations qui affectent les constructions d'une façon générale se manifestent sous plusieurs formes et à des degrés divers, c'est pourquoi elles peuvent être réparties suivant plusieurs facteurs parmi lesquels on cite :

- le matériau de construction utilisé
- le système constructif employé
- les éléments ou parties de construction
- les types d'usage de la construction
- les types de dégradations
- les causes de dégradations
- la durée de vie
- le nombre de dégradations survenu par année

Les études qui ont été faites par certains auteurs et qui portent plus particulièrement sur les constructions dégradées, nous ont permis de mettre en évidence les résultats auxquels ils ont abouti.

Jean BLEVOT, a analysé 2979 dossiers concernant des constructions réalisées en béton armé avant 1974 qui sont recensées sinistrées par le Bureau Sécurité et la Socotec (Organismes Français de contrôle technique de la construction), et a abouti à déterminer les causes des sinistres qui sont: les défauts de conception, les erreurs de calcul, la mauvaise mise en œuvre et d'autres causes.

C'est pourquoi nous jugeons utile d'évoquer dans le tableau I.1 les résultats de cette analyse[1] tout en précisant que les résultats obtenus ne concernent pas les désordres affectant spécifiquement les ouvrages en béton armé utilisant les techniques de préfabrication, ni ceux survenus aux constructions en béton précontraint.

Tableau I.1 Répartition des causes des sinistres survenus à 2979 constructions [1].

Causes des sinistres	Pourcentage par rapport au nombre total des constructions sinistrées
Erreur de conception	3,5 %
Absence d'études, erreur dans les études	8,5 %
Dispositions défectueuses des armatures	2,7 %
Déformations excessives	19,7 %
Effets des variations dimensionnelles (°)	43,7 %
Fautes d'exécution (°°)	15,5 %
Phénomènes chimiques	1,5 %
Effet du gel	2,5 %
Divers (°°°)	2,5 %

(°) les causes dues aux effets des variations dimensionnelles se répartissent suivant les parties de la constructions comme indiquées au tableau I.2.

(°°) les fautes d'exécution se décomposent suivant les opérations comme indiquées au tableau I.3

(°°°) pour ce cas, la cause déterminante n'est pas bien définie par suite de l'imprécision des documents étudiés.

Tableau I.2 Répartition des sinistres survenus à 2979 constructions suivant les parties de construction [1].

Parties de la construction	Pourcentage par rapport au nombre total des constructions sinistrées
Planchers- terrasses, balcons, corniches et acrotères	26,5 %
Eléments de béton armé sous combles insuffisamment isolés	5 %
Planchers et éléments courants d'ossature	10 %
Hourdis en céramique ou à base de ciment et de sable	2,2 %

Tableau I.3 Répartition des sinistres survenus à 2979 constructions suivant les opérations d'exécution [1].

Opérations	Pourcentage par rapport au nombre total des constructions sinistrées
Coffrage	2 %
Bétonnage	4 %
Ferrailage	7 %
Décoffrage	0,5 %
Multiple (bétonnage et ferrailage)	1,5 %
Fausses manœuvres	0,5 %

De son côté, la Socotec qui a mené des études [2] portant sur des désordres survenus à un certain nombre de constructions, a pu mettre en évidence des cas de répartition selon différents facteurs (types, causes de dégradation, années de réception...). Les résultats de ces études seront établis dans les tableaux I.4, I.5, I.6 et I.7.

Tableau I.4: Répartition de 800 sinistres en % de fréquence (cas des constructions en béton armé) [2]

Effondrements	3,5 %	Planchers	2 %
		structures préfabriquées	0,8 %
		Murs de soutènement	0,7 %
Fissures	22 %	Planchers	9 %
		Voiles	6 %
		Balcons	6 %
		Murs de soutènement	1 %
Infiltrations	17 %	Panneaux préfabriqués	6,5 %
		jonction "préfacation-traditionnel"	2,5 %
		Traditionnel	8 %
Dégradations	39 %	épaufures – décollements	10 %
		Gel	8 %
		Qualité du béton	16 %
		Attaques chimiques	5 %
Malfaçons	4,5 %	Armatures	2 %
		Coffrages	2,5 %
Etudes insuffisantes	14 %	Conception	6 %
		Déformations	2 %
		Calculs	6 %

Tableau I.5: Répartition des dégradations en fonction des causes (cas des constructions métalliques)[2].

Causes de dégradation	Pourcentage par rapport au nombre total des désordres
Erreurs de conception	13 %
Défauts d'études	45 %
Défaut de fabrication	1 %
Anomalies de montage	37 %
Période d'utilisation	4 %

Tableau I.6: Répartition des désordres survenus aux menuiseries en bois [2]

Nature de défauts	Pourcentage par rapport au nombre total de désordres
Pourrissement du bois ou attaques des insectes	7 %
Non étanchéité à l'air	7 %
Déformation de volets	6 %
Menuiserie intérieure	14 %
Infiltration par le gros œuvre hors pièce d'appui	15 %
Infiltration sous la pièce d'appui	11 %
Joint de vitrage défectueux	5,6 %
Assemblage défectueux joint défectueux	7,6 %
Assemblage défectueux joint défectueux	4,4 %
Rigole insuffisante	2 %
Mauvais ou absence de drainage	13,2 %
Déformation	7,2 %

Tableau I.7: Répartition des désordres par année de réception (cas des constructions en béton armé) [2]

Année de réception Des travaux	Pourcentage par rapport au nombre total des désordres
Avant 1979	11,3 %
1979	7,8 %
1980	11,4 %
1981	11,7 %
1982	10,8 %
1983	10,4 %
1984	11,3 %
1985	10 %
1986	8 %
1987	4,3 %
1988	2,2 %
1989	0,6 %
1990	0,2 %

Si on s'intéresse maintenant aux désordres survenus à un certain nombre de constructions qui sont dus aux problèmes de fondations superficielles ou profondes, tout en se référant au document [3] nous pouvons dire que l'examen et l'analyse, menés par Louis LOGIAS de 2000 dossiers recensés au cours d'expertises, ont permis de classer les désordres imputables aux fondations suivant:

la méconnaissance des propriétés des terrains, l'effet des remblais, l'effet de l'eau sur les sols de fondation, la profondeur des fondations, la présence de sol instable en profondeur, l'attaque des fondations par le milieu ambiant et enfin les erreurs d'exécution. Ceci nous a permis d'établir les résultats suivants: (tableau I.8.)

Tableau I.8:Répartition des causes de 2000 désordres imputables aux fondations [3]

N°	Causes de désordres	Pourcentage par rapport au nombre total de désordres
01	Méconnaissance des couches sous-jacentes	25 %
02	Fondations sur remblais ou apport de remblais sur des terrains compressibles au voisinage des constructions existantes	25 %
03	Effet de l'eau sur le sol de fondation	32 %
04	Fondations sur sol instable en profondeur	18 %
05	Fondations de profondeurs insuffisantes	
06	Attaque chimique du milieu ambiant	
07	Erreur d'exécution ou malfaçon	

En ce qui concerne les murs de soutènement, Louis LOGIAS a procédé au classement des désordres survenus à 403 cas en fonction:

- du type de mur (tableau I.9)
- des causes de sinistres (tableau I.10)
- des manifestations des désordres (tableau I.11)

Tableau I.9: Répartition de 403 désordres d'après les types de murs utilisés [4]

Types de mur	Murs autostables		Murs non autostables	
	Murs gravitaires	Murs cantilevers	Murs de sous-sol	Murs maintenus par des tirants d'ancrage
Pourcentage par rapport au nombre total de désordres	68 %	12,9 %	17,4 %	1,7 %

Tableau I.10: Répartition de 403 désordres d'après les causes de dégradations [4]

Types de mur	Causes de dégradations	Pourcentage par rapport au nombre total
Murs autostables	Paroi du mur insuffisante pour équilibrer la poussée des terres	43 %
	Absence de système de drainage ou d'évacuation des eaux	24,5 %
	Travaux de remblaiement	3,5 %
	Travaux ultérieurs (excavations inconsidérées au pied des murs)	4,2 %
	Cas divers (*)	5,7 %
Murs non autostables	Paroi du mur insuffisante pour équilibrer la poussée des terres	7,2 %
	Paroi du mur insuffisante pour équilibrer la poussée hydrostatique	2,7 %
	Remblaiement prématuré	5,5 %
	Manque de précautions pendant les travaux	1,5 %
	Travaux ultérieurs (excavations inconsidérées au pied des murs)	2,2 %

(*) Dans ces cas on rencontre les causes qui sont dues : au glissement des murs, à l'absence de joint, au non respect des dispositions de ferrailage et enfin à la désagrégation des murs par le gel ou par les phénomènes chimiques.

Tableau I.11 Classification d'après les manifestations des désordres survenus à 403 murs de soutènement [4]

Types de désordres	Pourcentage par rapport au nombre total de désordres
Effondrements	61 %
Bombements ou fissurations	20 %
Faux aplombs	16 %
Glissements des murs ou Dégradations dues au gel	3 %

I.3 CONCLUSION

D'après les résultats établis ci-dessus, nous pouvons dire que les dégradations qui affectent les constructions se manifestent sous plusieurs formes, les causes de ses dégradations sont très diverses, c'est pourquoi nous devons attacher une attention particulière à l'étude de ce problème qui peut entraîner des répercussions néfastes sur le coté économique, sociale, et même politique du pays.

CHAPITRE II
MISE EN EVIDENCE DES DIFFERENTES ETAPES EN RAPPORT
AVEC LA CONSTRUCTION

II.1 INTRODUCTION

Pour mieux cerner le problème de la dégradation qui affecte les constructions, nous jugeons utile de mettre en évidence les différentes étapes d'un projet de construction en se limitant aux étapes ayant une relation directe avec la partie technique, laissant de côté celles qui s'attachent à la partie gestion administrative ou financière. C'est ainsi que plusieurs modes de classification pouvant être utilisés pour la détermination des différentes étapes concernant un projet de construction, certaines personnes appartenant au domaine de la construction se contentent de dire qu'un projet de construction passe par deux phases dont la première s'attache principalement à la partie exécution proprement dite, alors que la seconde étape concerne la période de la mise en service de la construction.

Quant à nous, et vu la spécification de notre thème qui s'intéresse plus particulièrement aux problèmes de la dégradation des constructions existantes, nous optons en final pour dire qu'en définitif un projet passe par sept étapes essentielles, distinctes les unes des autres et réparties comme suit:

II.2 L'ETAPE DU CHOIX DU TERRAIN

L'opération de choix de terrain est considérée comme la première démarche à procéder avant tout acte de construire, elle permet de choisir un terrain convenable servant d'assiette pour le projet envisagé

La mission de choix de terrain est confiée à une commission appelée: " commission de choix de terrain " qui se compose essentiellement de membres représentant les différents services (assemblée populaire communale, direction de la construction de l'urbanisme et de l'habitat, direction des domaines, direction de l'hydraulique, direction de l'agriculture, direction de la société nationale de l'électricité et gaz, direction des postes et télécommunications et enfin la direction de la protection civile).

Durant la mission de la commission concernée celle-ci doit veiller à ce que le terrain choisi répond aux exigences et à la spécificité du projet à réaliser.

Un procès verbal de choix de terrain doit être établi par ladite commission et comportant les indications qui lui sont rattachées à savoir le descriptif du site, sa localité, sa superficie, ses délimitations et sa nature juridique.

Sachant que sans cette étape, aucune progression dans les études ni dans la réalisation ne pourra se faire convenablement.

II.3 L'ETAPE DES TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

Les travaux topographiques sont indispensables pour l'élaboration des études ainsi que l'implantation des projets d'importance comme c'est le cas par exemple des universités, des bâtiments administratifs ou à usage d'habitations collectives, des constructions industrielles, etc....

Le dossier concernant les travaux de topographie doit comporter:

- le plan de situation qui localise le terrain choisi par rapport à la commune, et par rapport aussi aux différents axes de circulation; il précise en outre les données du site.
- un levé topographique avec indication des limites de terrain, de la superficie, des détails naturels ou artificiels (oued, lac, ligne électrique, voie ferrée, pont, construction, etc....)

Les plans topographiques doivent être rattachés au système Lambert ou à défaut au système de coordonnées locales.

Tout ceci permettra à l'architecte de localiser, de délimiter, de connaître la superficie du terrain et d'apprécier enfin l'état de son relief pour mieux choisir son plan de masse.

Et permettra aussi à l'entrepreneur de délimiter le terrain réservé au projet et de faciliter l'implantation de ce dernier.

II.4 L'ETAPE DE L'ETUDE DE SOL

Cette étape concerne le laboratoire de mécanique des sols qui doit procéder à un certain nombre d'investigations lui permettant d'établir un rapport d'étude de sol du site du projet et comportant les informations nécessaires pour le dimensionnement des fondations supportant l'ouvrage envisagé, à savoir :

- la nature et la disposition des différentes couches constituant le sol de fondation
- la variation du niveau de l'eau souterraine entre la saison hivernale et estivale (si celle-ci existe)
- l'identification physico-chimique et mécanique du sol en question,
- la détermination du niveau du bon sol
- la détermination de la capacité portante du sol
- le comportement du sol vis-à-vis des charges et vis-à-vis de l'eau

Ce rapport doit être terminé par une série de recommandations proposant par exemple: le type de fondations qui conviendra le mieux, le type de liant à utiliser pour les fondations, la profondeur des fouilles, etc...

Toutes ces données permettront à l'ingénieur chargé de dimensionner les fondations et de prendre toutes les dispositions possibles pour la bonne tenue de l'ouvrage.

II.5 L'ETAPE DES ETUDES TECHNIQUES

Elle sera confiée à un bureau d'études spécialisé qui doit procéder à la conception de l'ouvrage en élaborant les documents suivants:

- a) le dossier d'architecture comportant un devis descriptif général et les différents plans à savoir (les vues en plans, les façades, les coupes et les détails).
- b) le dossier d'exécution qui se compose des notes de calcul et des plans d'exécution (béton armé, charpente métallique, installation électrique et sanitaire).

II.6 L'ETAPE DE CONTROLE TECHNIQUE

Cette étape est spécifique à l'organisme de contrôle appelé: " Organisme de Contrôle Technique de la Construction - (C.T.C.), qui s'occupe durant cette étape de l'examen de la conception de l'ouvrage établie préalablement par le bureau d'études, cet examen consiste à vérifier:

- la conformité entre les plans d'architecture et les plans de béton armé
- que les hypothèses des cahiers des clauses techniques ont été prises en compte (surcharge des locaux, densité des matières ensilées, groupe d'usage vis-à-vis des séismes, etc...)
- que tous les cas de charge pouvant s'avérer déterminant pour la stabilité de la structure ont été pris en compte
- que les calculs ont été conduits suivant les règles en usage (BAEL90, DTR93, RPA99, etc....)

Le résultat de la vérification doit se matérialiser par un visa apposé sur tous les plans d'exécution.

II.7 L'ETAPE D'EXECUTION

Cette étape est consacrée aux opérations d'exécution menées par l'entrepreneur pour mettre en place le projet envisagé en suivant intégralement les plans d'exécution.

Durant cette phase un suivi de chantier doit être assuré par un bureau d'études qui doit désigner un représentant exerçant des visites régulières, assurant ainsi la bonne marche de la réalisation, de même que l'Organisme de Contrôle Technique de la Construction " doit assurer lui aussi le contrôle de l'exécution et porter ainsi une appréciation sur la qualité des travaux réalisés par référence aux documents approuvés.

II.8 L' ETAPE DE MISE EN SERVICE

C'est la phase durant laquelle la construction sera exploitée par son occupant et sera exposée aux différentes charges (permanentes, surcharges d'exploitation, charges climatiques, etc....).

CHAPITRE III
NOTIONS GENERALES SUR LA DEGRADATION
DES CONSTRUCTIONS

III.1 INTRODUCTION

Avant d'aborder avec plus de détail les dégradations qui affectent plus précisément les constructions d'une façon générale, il nous paraît utile d'indiquer dans ce qui suit les différentes désignations que porte ce terme "dégradation".

III.2 LA NOTION DE DÉGRADATION DANS LE SENS LITTÉRAIRE

En se référant au dictionnaire Français intitulé " le petit LAROUSSE ", le mot dégradation porte le sens de:

- a) *Destitution infamante d'un grade, d'une dignité* (dégradation militaire).
- b) *Détérioration* (d'un édifice, d'une propriété, d'un bâtiment).
- c) *Avilissement* qui veut dire: abaissement, affaiblissement, diminution, amoindrissement.
- d) *Déchéance*: déclin, descente, dégringolade, décadence.

III.3 LA NOTION DE DÉGRADATION DANS LE SENS TECHNIQUE

Maintenant, si on se reporte aux différents ouvrages de construction et plus précisément le document [5], on constate que ce même mot "dégradation" porte l'une des significations suivantes:

- a) *Altération superficielle* (d'un matériau ou d'un élément de construction) qui se manifeste généralement par l'apparition de taches, de décolorations, de coulures, de moisissures, de concrétions, d'efflorescences, d'algues, de lichens, de mousses, etc...
- b) *Destruction superficielle* (d'un matériau) qui se caractérise par l'effet de l'érosion, des épaufrures, d'écaillage, de desquamation, de délitescence, d'usure, de décollements, de carbonatation.
- c) *Destruction de la matière* qui se traduit par la corrosion, la pourriture, le gel, le ramollissement.
- d) *Discontinuité de la matière* qui se révèle par l'apparition de faïençage, de fissuration, de rupture, d'arrachement.
- e) *Changement dimensionnel* qui s'explique par la dilatation et la contraction thermique ou par le gonflement et le retrait hygrométrique ou physico-chimique comme c'est le cas par exemple de la corrosion, du gel, du foisonnement, etc....

f) **Déformation de la matière** comme c'est le cas par exemple du fléchissement, du fluage, du tassement.

Il faut remarquer aussi que dans le domaine de la construction, surtout lorsqu'on s'intéresse aux structures en béton armé [6] on désigne par:

- *Dégradation superficielle*: tout abaissement de la qualité de protection des bétons d'une structure en surface et sur une profondeur de quelques centimètres ne mettant pas en cause la tenue d'ensemble de cette structure.

- *Dégradation structurelle*: tout abaissement des caractéristiques des composants d'une structure mettant en cause la tenue d'ensemble de cette structure.

III.4 CONCLUSION

Après avoir passé en revue les différents sens que porte le terme dégradation, nous disons en conclusion que: *la dégradation est un changement que ce soit partiel ou total d'un état de la matière, d'un produit, d'un édifice vers un état non acceptable susceptible de provoquer des désordres de différents degrés partant d'un simple décollement de peinture (PhotoIII.1) ou d'enduit (PhotoIII.2) pour aboutir à la ruine partielle ou totale de l'édifice (Photos:III.3 et III.4).*

Nous précisons aussi que dans notre mémoire les termes suivants: *désordre, dommage, dégât, ruine, désastre, catastrophe et sinistre* peuvent être utilisés dans le même sens de la dégradation.



Photo III.1: Décollement de la peinture d'un plafond dû aux infiltrations d'eau pluviale.



Photo III.2: Décollement de l'enduit d'un mur dû à une insuffisance d'accrochage.

Photo III.3: Bâtiment dégradé partiellement



Photo III.4: Construction à usage d'habitation mise en ruine lors du séisme survenu le 21/05/2003 dans la région de Boumerdes

CHAPITRE IV
MISE EN EVIDENCE DES DIFFERENTS TYPES DE DEGRADATION

IV.1 INTRODUCTION

Les dégradations qui affectent les constructions existantes peuvent se manifester sous plusieurs formes, c'est pourquoi nous jugeons utile de procéder à leur classement dans le but de faire une distinction entre elles, c'est ainsi que nous sommes aboutis à classer ces dégradations suivants trois types distincts:

- dégradations affectant la construction dans son ensemble
- dégradations touchant les éléments de la construction
- dégradations concernant les matériaux de construction

IV.2 DEGRADATIONS AFFECTANT LA CONSTRUCTION DANS SON ENSEMBLE

Sous l'effet d'une ou plusieurs causes, une construction peut se dégrader dans son ensemble, comme c'est le cas des constructions qui subissent:

- une fissuration généralisée (photos IV.1 et IV.2)
- un basculement provoquant un faux aplomb (photo IV.3)
- un tassement d'ensemble sans faux aplomb
- un tassement d'ensemble avec faux aplomb
- un renversement (photo IV.4)
- un glissement dû à un mouvement du sol de fondation
- un effondrement total (photos IV.5 et IV.6)
- un déplacement horizontal (ce cas concerne surtout les murs de soutènement)
- des salissures.

Il faut noter que parmi les dégradations affectant les constructions dans leur ensemble, existent celles qui ne présentent aucun risque pour la construction comme c'est le cas par exemple des salissures qui sont dues principalement au milieu environnant (poussière, gaz et eau), de l'état de surface des parements et du manque d'entretien, alors que d'autres dégradations peuvent provoquer l'effondrement total ou partiel des constructions pouvant les mettre hors service comme c'est le cas par exemple des constructions soumises à des glissements de terrain ou à un séisme.

Photo IV.1: Fissure inclinée au niveau d'un mur cloison.



Photo IV.2: Fissuration verticale et horizontale au niveau des murs cloisons provoquant leur décollement du poteau, de la poutre et de dalle.



Photo IV.3: Basculement d'une construction à usage d'habitation provoquant un faux aplomb



Photo IV.4: Renversment d'un bâtiment à usage d'habitation de niveau R+3



Photo IV.5: Destruction totale d'une construction à usage commercial



Photo IV.6: Effondrement totale d'une construction de niveau R+3



IV.3 DEGRADATIONS DES ELEMENTS DE LA CONSTRUCTION

Ces dégradations n'ont pas toujours un caractère général, elles peuvent n'affecter que certains éléments de la construction comme c'est le cas par exemple des fondations, des longrines, des dallages, des poteaux, des poutres, des chaînages, des dalles, des balcons, des auvents, des escaliers, des toitures, des acrotères, des murs de façades, des cloisons, des faux plafond, etc....

IV.3.1 Cas des constructions en béton armé

Pour ces types de construction, la structure est en générale en béton armé alors que les éléments de séparation peuvent être le plus souvent en parpaings agglomérés, en briques et rarement en carreaux de plâtre.

Les types de dégradation qui affectent les éléments des constructions en bétons armés sont le plus souvent :

- la fissuration d'une façon générale (photo IV.7)
- l'affaissement des dallages
- le soulèvement des dallages (photo IV.8)
- le cisaillement des poteaux (photos IV.9 et IV.10)
- le flambement des poteaux (photo IV.11)
- la détérioration des éléments de structure (photo IV.12)
- le fléchissement des poutres
- la détérioration et la chute des éléments en corps creux utilisés au niveau des planchers
- le poinçonnement des dalles
- la détérioration des dalles
- le renversement et la chute des murs extérieurs et de séparation. (Photo IV.13)
- le bombement des toitures terrasses
- la fissuration des toitures terrasses
- le désaffleurement des acrotères (figures IV.1 et IV.2) [7].

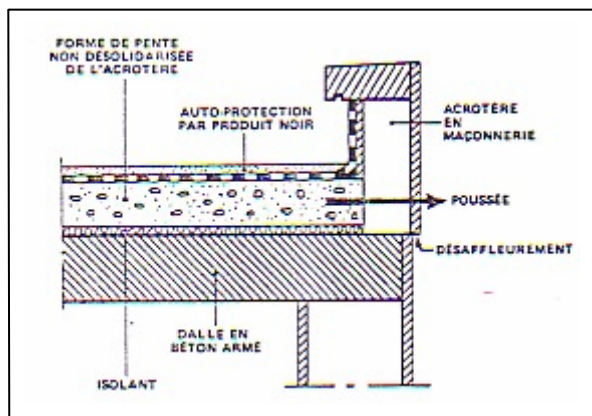


Figure IV.1: sous l'effet de la dilatation la forme de pente exerce des poussées sur les acrotères [7].

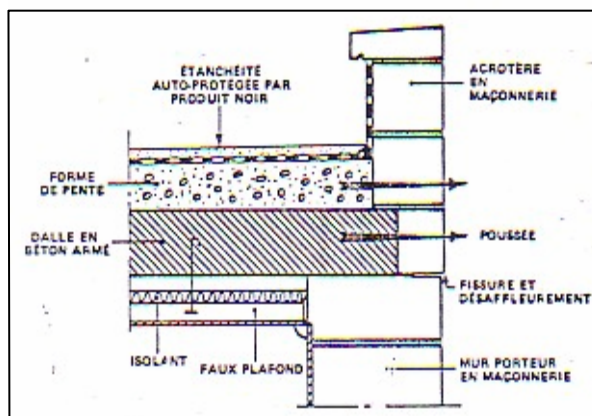


Figure IV.2: les acrotères passant devant la dalle peuvent subir des poussées de la part de celle-ci [7].



Photo IV.7: Fissure verticale au niveau d'une clôture en parpaing de 20 cm d'épaisseur.



Photo IV.8: Le soulèvement du dallage a provoqué l'éclatement des carrelages.



Photo IV.9: Cisaillement affectant un poteau d'angle à sa partie supérieure



Photo IV.10: Cisaillement affectant un poteau d'angle à sa partie inférieure

Photo IV.11: Flambement d'un poteau en béton armé



Photo IV.12: Destruction de la structure en béton armé



Photo IV.13: Renversement et chute des murs extérieurs et de séparation



IV.3.2 Cas des constructions métalliques

Les dégradations les plus rencontrées au niveau des éléments d'une construction métalliques sont:

- le flambement des éléments élancés (poutres ou poteaux)
- le fléchissement excessif des poutres
- le divergement des poutres
- le voilement des poutres
- la déformation des bardages

IV.3.3 Cas des constructions en bois

Les dégradations survenant aux éléments des constructions en bois peuvent être les suivantes:

- la pourriture
- l'attaque par les insectes
- la fissuration
- la rupture
- le flambement
- la variation dimensionnelle

IV.4 DEGRADATIONS AFFECTANT LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Autrefois, pour construire sa maison, l'homme est conduit à utiliser soit la pierre, le bois ou l'argile qui sont considérés durant l'époque passée comme seuls matériaux de construction naturels.

Actuellement, et à la suite du progrès technique qui s'améliore de jour en jour, il existe sur le marché toute une gamme de matériaux de constructions très diversifiée permettant ainsi au maître d'œuvre de choisir le matériau qu'il voit convenable pour la réalisation d'un projet envisagé.

Seulement, il s'avère qu'en pratique les principaux matériaux utilisés dans la réalisation des constructions en Algérie sont le béton armé en première position, l'acier en deuxième position et en troisième position le bois, puis comme matériaux secondaires il y a les agglomérés en béton, les produits céramiques, les produits en plâtres, les produits verriers, les isolants thermiques et les produits d'étanchéité, etc.... C'est pourquoi, nous devons mettre l'accent sur les dégradations qui affectent les matériaux principaux.

IV.4.1 Dégradation affectant le béton armé

Le béton armé se présente sous forme d'association hétérogène de deux matériaux, le béton et l'acier. Les caractéristiques de ce matériau diffèrent de celles de ses composants bien que ceux-ci conservent leurs qualités propres. Le béton qui résiste bien à la compression mais résiste mal à la traction assure la transmission des efforts de compression et l'acier reprend des efforts de traction. C'est l'adhérence entre le béton et l'acier qui permet cette association, rendue possible par l'existence de coefficients de dilatation voisins.

En ce basant sur les résultats d'une recherche bibliographique notamment le document [8] d'une part, et d'autre part sur les résultats des enquêtes que nous avons menés sur un certain nombre de constructions existantes, nous avons remarqué que les principaux types de dégradations qui affectent le matériau béton armé sont comme suit:

- la ségrégation
- la fissuration
- la rupture
- la disjonction entre les grains
- l'apparition de l'armature
- le délitage et l'épaufrure
- l'excroissance cryptogame, la mousse, les mollusques

Chacun de ces types est visible à l'œil nu ou avec faible grossissement (à la loupe) et peut être facilement différencié des autres.

Il faut noter aussi que ces types de dégradations sont susceptibles de se manifester simultanément, ce qui rend le diagnostic des causes plus difficile.

Pour faire une différenciation entre les dégradations indiquées ci dessus, nous essayons de définir chaque dégradation à part:

a) La ségrégation

Il arrive des fois, que lors de la mise en place du béton frais dans les fonds de moules, la laitance en liant s'échappe à travers les ouvertures des coffrages laissant un béton sous forme de nid de graviers complètement appauvri en liant. Cet état est dénommé: " Ségrégation du béton" qui influe négativement sur la qualité du béton (compacité, perméabilité, absorption d'eau, résistance...).

b) La fissuration

Par fissuration on comprend toute fente prenant des dimensions (longueur, largeur et profondeur) très variables et qui affecte la surface d'une partie de construction (maçonnerie, enduit, dallage, etc...), les fissures sont visibles à partir de la surface de l'élément de construction et qui généralement ne traversent pas toute la section de l'élément examiné.

Il faut noter que les fissures se subdivisent en deux classes distinctes:

* *les fissures structurelles.*

* *les fissures matérielles*

Les premières fissures sont dues à un tassement localisé pendant la prise du béton ou dues à un tassement ultérieur de la structure, les secondes sont dues au retrait empêché, par exemple, sous ses différentes formes, chimique, thermique, dessiccation rapide de la surface, etc....

Il faut préciser aussi que dans le domaine de construction [6], les définitions suivantes sont retenues:

• *Ouverture d'une fissure*

C'est la largeur entre les lèvres, elle peut être évaluée à l'œil nu ou de préférence à l'aide d'un fussiomètre (figure IV.3) par convention, une fissure a entre 0,2 et 2 mm de largeur.

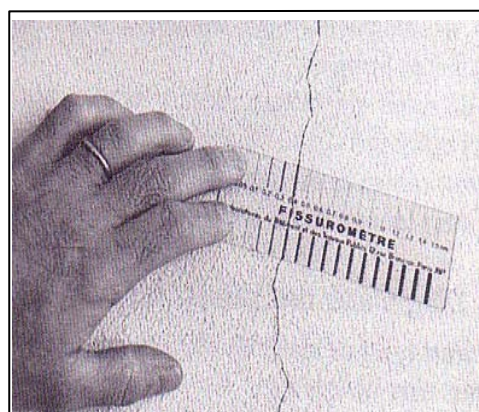


Figure IV.3 Fussiomètre: réglette qui s'utilise pour la détermination de la largeur des fissures [9]

• *Microfissure fissure*

C'est une fissure à ouverture très fine, au tracé plus au moins régulier et linéaire, le plus souvent discontinu et dont la largeur est inférieure à 0,2 mm. Elle peut évoluer jusqu'à former un réseau.

- ***Faïençage***

C'est un réseau de microfissures, se présentant sous forme d'un dessin géométrique à mailles irrégulières et qui s'inscrivent dans un carré n'excédant pas 20 cm de côté. Ce réseau n'intéresse le plus souvent que la couche superficielle de béton ou de l'enduit à base de liants hydrauliques.

- ***Lézarde ou crevasse***

C'est une ouverture dont la largeur dépasse 2 mm.

- ***Activité d'une fissure***

L'activité d'une fissure est caractérisée par la variation de son ouverture dans le temps.

- ***Fissure « passive » ou « morte »***

C'est une fissure dont l'ouverture ne varie plus de façon dans le temps quelque soient les conditions de température ou de sollicitation de l'ouvrage, dans ce cas la cause de la fissure est devenue négligeable ou a disparu.

- ***Fissure « active » ou « vivante »***

C'est une fissure dont l'ouverture varie dans le temps en fonction des gradients thermiques ou hygrométriques, ou de sollicitations de l'ouvrages (absence de joint, tassement d'appuis, conséquence de défaut d'exécution, etc.).

c) La rupture

La fissure n'affecte qu'une partie de la section d'un élément de construction, par contre la rupture traverse toute la section de l'élément considéré. C'est ainsi que la distinction est faite entre une fissure et une rupture.

d) La disjonction entre les grains

Ce type de dégradation se traduit par la fissuration de l'interface grain- matrice (granulat et pâte de ciment), alors qu'une fissure traverse en générale le mortier et les grains. La disjonction entre les grains pourrait être provoquée par le gel du béton frais ou par un décoffrage prématuré.

e) L'apparition de l'armature

A la suite de la pénétration de l'humidité au sein du béton deux aspects différents peuvent

produire:

- la corrosion qui affecte l'armature incorporée dans la masse du béton s'accompagne d'une augmentation de volume, d'une fissuration et d'un délitage du béton de recouvrement (Figure IV.4).
- durant une baisse de température, le gel affecte le béton humide pour mettre d'abord l'armature à nu et son oxydation ensuite.

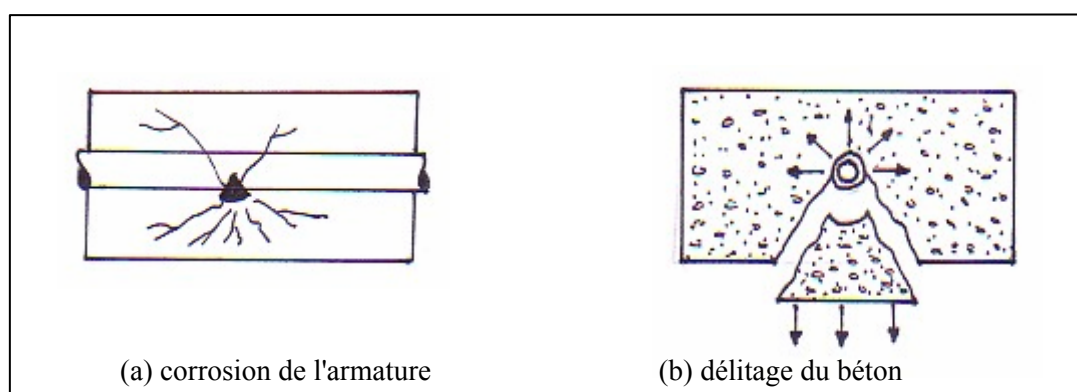


Figure IV.4: phénomène de corrosion de l'acier

- (a) corrosion de l'armature suivie d'une augmentation de volume provoquant la fissuration.
 (b) délitage du béton de recouvrement.

f) Le délitage et l'épaufrure

La désagrégation, le dessertissage des grains ou la pulvérisation du mortier sont des manifestations résultant de l'agression chimique.

La dissolution des composés hydratés du ciment est suivie de formation de sels solubles et leur élimination hors du béton d'où le dessertissage des grains; lors de dessiccation temporaire, la pulvérisation des composés séparés s'ensuit. Dans d'autres cas, la dissolution des composés de sels solubles est suivie de la formation de composés nouveaux, insolubles, qui se placent dans les interstices restant des sels dissouts, augmentent le volume et démolissent le béton par expansion d'où le phénomène d'épaufrure ou de désagrégation généralisé

g) L'excroissance cryptogame

La mousse, les mollusques, s'incrudent dans la masse du béton et provoquent une dissolution

des sels calcaires; ceci conduit à des dégradations superficielles d'abord et profonde ensuite. Certains types de dégradation sont faciles à identifier; d'autres, provoqués par des bactéries et amibes sont décelables au microscope; ils peuvent apparaître aux niveau des piscines [8].

IV.4.2 Dégradation spécifique au matériau "acier"

IV.4.2.1 Généralités

Les métaux les plus employés dans la construction sont l'acier et la fonte. L'acier laminé s'utilise pour la réalisation des ossatures des constructions industrielles et publiques, les ponts, etc.... Il s'utilise aussi pour la fabrication des armatures pour le béton armé, les tôles des toitures, les panneaux de façades, les tubes ainsi que pour la fabrication des différents éléments métalliques comme les rivets, les boulons, les clous, etc....

En construction, il y a souvent confusion entre le fer, la fonte et l'acier. C'est pourquoi, avant d'aborder le problème de dégradation de l'acier, il nous paraît nécessaire de porter la clarification suivante: Les métaux usités dans la construction se subdivisent en deux groupes: les métaux ferreux et métaux non ferreux.

Les métaux ferreux représentent un alliage du fer avec le carbone.

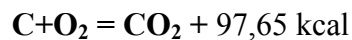
Outre le carbone, ces métaux peuvent contenir de petites quantités de silicium, de manganèse, de phosphore, de soufre et d'autres éléments chimiques. Afin de communiquer aux métaux des propriétés spécifiques on leur ajoute quelques substances que l'on appelle élément d'alliage tels que cuivre, nickel, chrome, etc.

Le fer est un métal qui s'obtient après échauffement du minerai de fer en utilisant comme combustible le coke qui fond le minerai et en même temps sert de réducteur de fer. Suivant la teneur en carbone les métaux ferreux se subdivisent en *aciers* et *fontes*.

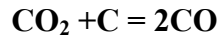
La fonte est un alliage de fer - carbone dont la teneur en carbone est de 2 à 4,3%. Dans les fontes spéciales la teneur en carbone peut atteindre 5% et plus. Le silicium, le manganèse, le phosphore et le soufre présents dans la fonte influent sensiblement sur ses propriétés. Le soufre et le phosphore augmentent la fragilité alors que l'addition du chrome, du nickel, du magnésium, de l'aluminium et du silicium communique à la fonte une plus grande résistance à la chaleur, à l'usure par abrasion et à la corrosion [10].

La production de la fonte se fait dans les hauts fourneaux et suivant les réactions chimiques évoquées comme suit:

Sous l'action de l'oxygène et de l'air chaud, le coke brûle suivant la réaction suivante:



Le gaz carbonique ainsi formé rencontre de nouveau le coke pour se transformer en oxyde de carbone:

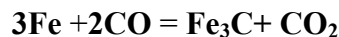


Se dernier réduit le fer pur des oxydes suivant le schéma suivant:



A coté du fer sont aussi réduits le soufre, le phosphore, le manganèse et le silicium qui se trouvent dans le minerai sous forme d'oxydes.

Le fer réduit à la température de 900 à 1000°C réagit partiellement avec l'oxyde de carbone suivant la réaction suivante:



Formant ainsi le carbure de fer Fe_3C ce processus s'appelle carburation. Le fer carburé commence à fondre à 1150°C, quand la teneur en carbone atteint 4,3%. La fonte se produit

L'acier contient jusqu'à 2% de carbone. Contrairement à la fonte qui est fragile, l'acier est plastique, élastique et se distingue par ses hautes qualités technologiques (possibilité d'usinage).

Suivant la destination on distingue les aciers de construction contenant de 0,02 à 0,85% de carbone et les aciers à outils dont la teneur en carbone varie entre 0,65 à 1,4%. Les aciers de construction, utilisés pour les éléments de construction et pour l'armature de béton armé, ainsi que dans les constructions mécaniques ont une bonne plasticité et sont moins fragiles.

La fabrication de l'acier se fait à partir de la fonte d'affinage qui contient près de 4% de carbone, 1% de manganèse, 1 à 1,3% de silicium et 1‰ de soufre et de phosphore par la diminution du contenu dans la fonte de carbone et d'autres impuretés tout en procédant à leur combustion.

IV.4.2.2 Corrosion de l'acier

La principale dégradation qui affecte le matériau acier c'est bien la corrosion qui provoque l'attaque destructive de ce métal en modifiant ses caractéristiques. Le processus de la corrosion s'explique de la façon suivante:

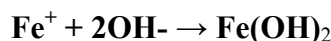
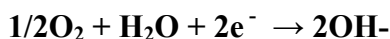
L'oxygène O_2 et l'eau H_2O attaquent l'acier par un mécanisme de pile électrochimique

La surface de l'acier qui est hétérogène présente des zones anodiques et cathodiques.

A l'anode, se produit la dissolution du métal:



A la cathode dans un milieu neutre et alcalin les électrons libérés par l'anode sont consommés par réduction d'oxygène:

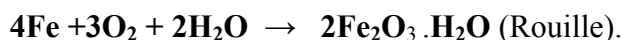


Les réactions se poursuivent en présence d'oxygène pour donner $Fe(OH)_3$ et Fe_2O_3

Puis une oxydation lente donne



La rouille est formée par un mélange des trois constituants (O_2 , H_2O et Fe)



IV.4.3 Dégradations affectant le matériau " bois "

IV.4.3.1 Généralités

Le bois est un matériau qui est utilisé en grande proportion dans la réalisation des constructions, c'est ainsi qu'il sert pour:

* *le blindage* des parois naturellement instables des différentes fouilles afin, d'éviter l'effondrement et l'instabilité de la construction voisine par décompression du sol sous l'effet de l'ouverture de la fouille.

* *les échafaudages* qui par définition sont des constructions temporaires destinées à conduire le personnel et le matériel en tous point d'un bâtiment à édifier ou à réparer, ils assurent également la protection des ouvriers et parfois celle des passants.

* *les coffrages* composés de deux éléments distincts, le moule et l'étaisage

* *le moule* a pour fonction première de recevoir, supporter le béton frais et de le maintenir en place durant le temps de prise en lui donnant sa forme et ne pas le laisser s'échapper tout en résistant aux contraintes qui s'exercent sur lui.

* *les étaques* sont des supports des moules, ils doivent résister aux sollicitations verticales issues du béton frais et de la charge provenant du travail sur le chantier, ils doivent également résister aux charges horizontales dues au vent et au flambage.

* *la réalisation des constructions* de divers types.

* *la réalisation de divers éléments de construction* (pieux, poteaux, poutres, parquets, planchers, panneaux servant de cloisons, éléments servant d'habillage des parois, charpentes, arcs, fermes, éléments de menuiserie (portes, fenêtres, cadres, etc...).

IV.4.3.2 Défauts du bois

Il faut noter que malgré la diversité de son utilisation, le matériau "bois" s'affecte d'un certain nombre de dégradations identifiées comme suit:

1) Les champignons [9]

La nature organique du bois et la présence d'eau permettent le développement de champignons lignivores qui détruisent les constituants élémentaires du bois. Les champignons détériorent le bois par formation de pourriture, c'est ainsi qu'on:

a- La pourriture cubique

Dont l'agent le plus connu est la mэрule qui dans un premier temps attaque le bois faisant apparaître à sa surface de filaments blanchâtres et grisâtres, puis dans un deuxième temps apparaît le champignon lui-même qui est relativement peu exigeant en eau: il peut puiser l'humidité à quelque distance et la transporter grâce cordonnets

b- La pourriture fibreuse

Qui se développe en cas d'humidité importante et prolongée, dans ce cas le bois se détériore en lambeaux ayant une consistance de fillasse. On peut rencontrer, dans des cas plus exceptionnels, des champignons qui donnent une *pourriture molle* due à un ruissellement continu de l'eau. Il existe également des champignons lignicoles qui provoquent des discolorations du bois (bleuissement), mais leur action sur le bois en œuvre est nulle et ils n'affectent pas la résistance mécanique du bois.

Il est important de noter que le bois dont l'humidité est inférieure à 20%, ainsi que le bois immergé dans l'eau ou exposé au gel ne pourrit pas. De même que lors de la dessiccation du bois le processus de pourriture cesse et tous les champignons périssent [10].

2) Les insectes [9]

Les bois sont attaqués par les larves de différents insectes, dont les principaux sont les suivants:

a- *Le capricorne des maisons:* c'est l'insecte le plus répandu dans les régions humides. Sa larve attaque surtout l'aubier (c'est-à-dire le bois jeune) des essences résineuses. Toutefois, le sapin et l'épicéa peuvent être attaqués en totalité. Les larves forent de larges galeries. Les trous de sortie visibles à la surface du bois sont ovales, de dimensions approximatives égales à: 3 mm x 6 mm.

b- *Les vrillettes:* qui attaquent toutes des essences de bois traditionnelles. La grosse *vrillette* se rencontre exclusivement dans les bois préalablement altérés par un champignon, c'est-à-dire en milieu humide. Elle peut être identifiée par ses nombreux trous de sortie de diamètre d'environ 4 mm.

c- *Les lyctus:* qui s'attaquent à l'aubier des essences feuillues. Les dégâts qu'ils entraînent sont généralement de moindre importance. Leur trou de sortie est rond, de diamètre compris entre 1 et 2 mm

d- *Les termites:* ce sont des insectes sociaux qui causent des destructions importantes. Ils s'attaquent à tous les bois; leur présence est difficilement décelable car ils craignent la lumière, ne forment pas de trous de sortie et laissent une mince pellicule intacte à la surface du bois.

CHAPITRE V
ENUMERATION DES CAUSES POSSIBLES DES DEGRADATIONS DES
CONSTRUCTIONS

V.1 INTRODUCTION

Vu la diversité des causes qui provoquent les dégradations des constructions de toutes sortes, nous nous sommes limités tout simplement à celles qui favorisent les dégradations affectant plus particulièrement les constructions en béton armé en signalant d'avance que certaines causes restent communes pour toutes les constructions.

Il faut noter que les dégradations des constructions d'une façon générale peuvent être dues à une ou plusieurs causes qui peuvent agir séparément ou simultanément

Après cet éclaircissement nous allons énumérer ci-après les causes possibles des dégradations des constructions en essayant de les mettre en ordre suivant les étapes en rapport avec la construction qui ont été évoquées auparavant (Chap. II.), causes que nous allons traiter ci-dessous.

V.2 LES CAUSES DUES AU MAUVAIS CHOIX DES SITES D'IMPLANTATION

L'opération qui consiste à choisir le site servant d'assiette pour une construction envisagée est considérée comme une tâche primordiale, c'est ainsi que l'importance donnée au choix de terrain sera équivalente à celle accordée à la conception ou à l'exécution, sachant que la moindre erreur durant ce choix risque de provoquer des désordres pouvant mettre la construction réalisée hors service, c'est pourquoi nous allons évoquer dans ce qui suit les sites d'implantation considérés comme inconvenables:

1- *Site se trouvant en zone inondable*

Les constructions réalisées sur un terrain considéré comme inondable sans avoir pris dès au départ des dispositions nécessaires, peuvent être soumises à des désordres de divers degrés, pouvant aller de l'effondrement partiel à la ruine totale, le cas d'exemple c'est celui de l'effondrement des murs de clôture de la cité des 100 villas cadres à Biskra, ceci suite à l'inondation du: 29/03/2004, où l'eau a atteint 1.70 m de hauteur à l'intérieur des constructions donnant naissance à une pression hydrostatique importante sur les parois verticales causant ainsi leur destruction (Photo V.1).



PhotoV.1: Effondrement d'un mur de clôture réalisé en parpaings creux de 20 cm d'épaisseur.

2- Terrain situé dans la servitude d'un oued

La succession de plusieurs années de sécheresse (ou de pluviométrie moindre) laisse aux gens de penser que les lits d'anciens oueds ne vont plus servir à l'écoulement d'eau pluviale ce qui leur permet de construire dans les zones considérées comme servitude d'oued ou juste à leur proximité sans crainte et sans prendre la moindre précaution possible; une fois qu'une pluie torrentielle se déclenche, l'oued retrouve alors facilement son lit en transportant sans difficulté tous les obstacles rencontrés sur son chemin et provoquent des dommages importants. Cas d'exemple: " Intempéries survenues le: 10/11/2001 dans la région d'Alger où l'essentiel des dommages se concentre plus particulièrement à Bab el Oued ".

3- Site choisi à proximité d'une zone d'accumulation d'eau de rejet d'usine de produits chimiques

Le terrain servant d'accumulation d'eau de rejet d'usine d'activité chimique risque de contenir des substances pouvant être agressives pour les éléments de construction qui sont en contact direct avec le sol notamment les fondations, les longrines, les dallages, les murs de soutènements, les sous sols, etc....

4- Site choisi en zone instable

Parmi les terrains existants, nous avons ceux qui sont instables c'est-à-dire pouvant subir des mouvements comme par exemple les sols constitués de remblais récents et non consolidés qui subissent des tassements importants, ou les terrains présentant de fortes pentes pouvant provoquer des glissements (Figure V.1).

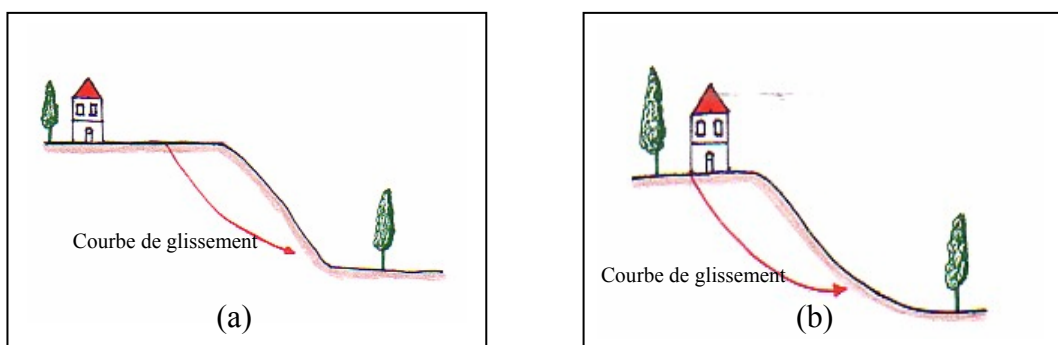


Figure V.1 : Le lieu destiné à l'implantation de la construction

- (a) – Plus au moins acceptable,
- (b) – Défavorable.

5- Site exposé aux éboulements et chutes de pierres

Un édifice construit au pied d'une montagne n'est pas tout le temps mis à l'abri des éboulements ou aux chutes de pierres, il suffit qu'un bloc rocheux se détache de sa masse se trouvant à une hauteur importante pour venir butter contre un ouvrage. Dans ce cas précis les dommages qui peuvent être survenir ne sont pas dans la plus part des cas négligeables (FigureV.2).

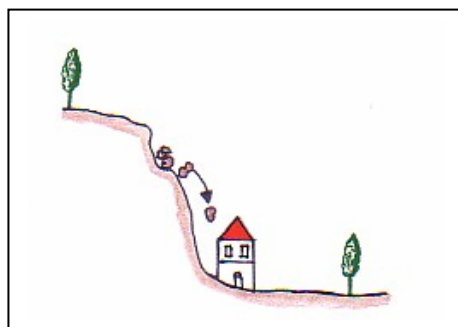


Figure V.2: Construction exposée aux chutes de blocs de pierres.

6- Site choisi sous une ligne électrique aérienne de haute tension

Les travaux de réalisation d'une construction implantée sous une ligne électrique aérienne risquent dans la plus part des cas d'être interrompus une fois que cette ligne aérienne devient comme obstacle pour tout achèvement des travaux qui sont en élévation, c'est-à-dire concernant les étages et c'est ainsi que les parties de la construction déjà réalisées vont être abandonnées jusqu'à un nouvel ordre (les travaux ne seront pas repris avant le déplacement de la ligne électrique) et c'est en ce moment que les dégradations prennent place dans les éléments de constructions, sous l'effet des agents atmosphériques (pluies, neiges, vents) ces dégradations s'accroissent de plus en plus tant que les travaux sont arrêtés (Photos V.2, V.3).

Photos V.2: Un projet de construction implanté sous la ligne électrique de haute tension



Photo V.3 : L'existence de la ligne électrique reste comme obstacle pour l'achèvement des travaux.



V.3 CAUSES LIEES A UNE INSUFFISANSE AU NIVEAU DE L'ETUDE TOPOGRAPHIQUE

Les plans topographiques qui sont élaborés avec un manque de détails nécessaires pour l'étude d'un projet de construction peuvent être la cause d'un certain nombre de problèmes. Il faut préciser que les détails considérés comme nécessaires concernent plus précisément la position des différentes canalisations (d'eau potable, d'eau usée, de gaz de ville), des réseaux (électriques, téléphoniques), des puits et d'anciennes fondations, etc....

V.4 CAUSES AYANT RAPPORT AVEC LA RECONNAISSANCE DU SOL DE FONDATION

En se référant au document [3] nous pouvons dire que plusieurs sinistres ont été survenus aux différentes constructions pour des causes suivantes:

1- Absence de reconnaissance préalable

L'absence de reconnaissance de sol préalable fait échapper à l'ingénieur constructeur plusieurs paramètres utiles liés au sol de fondation ce qui peut conduire à des fondations établies à une profondeur non convenable ou à un mode de fondation inadapté au terrain (Figure V.3).

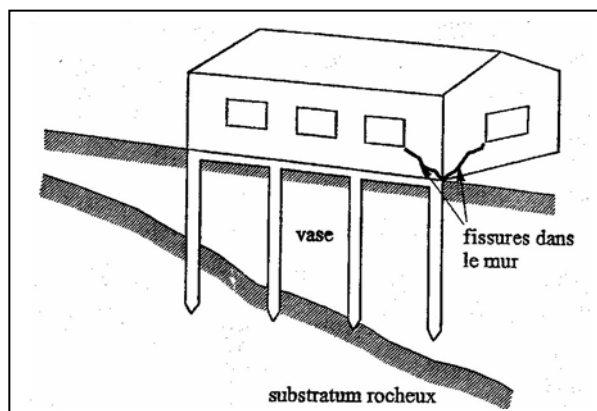


Figure V.3: la construction est fissurée car les pieux d'angle n'ont pas atteint substratum rocheux [11].

2- Etude de sol inadaptée

Il arrive souvent au maître d'oeuvre avec l'accord du maître d'ouvrage d'adopter une étude de sol établie pour un projet de construction se trouvant au voisinage du site prévu pour la construction envisagée, alors que cette étude ne peut rien avoir de commun avec le site choisi, c'est ainsi que les conséquences qui en découlent ne diffèrent en rien de celles évoquées précédemment.

3- Etude de sol incomplète

Un rapport d'étude de sol est parfois très superficiel, lorsqu'il se borne par exemple seulement à la détermination de la profondeur du bon sol et à sa capacité portante qui restent insuffisantes pour le choix du mode de fondation approprié ainsi que pour le choix du type de liant à utiliser pour les éléments de constructions en contact avec le sol en question.

4- Mauvaise interprétation de l'étude de sol

Dans le cas où les essais in situ ou de laboratoire sont réalisés d'une façon médiocre, cela mène automatiquement à des résultats non représentatifs du sol en question, d'où résulte une mauvaise interprétation ce qui conduit à des fondations non convenables.

5- Causes dues à la prise en compte du seul taux de travail du sol de fondation

Il arrive parfois à l'ingénieur chargé de dimensionnement des fondations de se contenter du seul paramètre qui est la capacité portante de la couche considérée comme bon sol et ne s'intéresse pas aux couches sous jacentes, pour ce cas particulier le problème n'est pas très graves lorsque le terrain de fondation est homogène et de bonne qualité: par exemple des semelles reposant sur une couche épaisse de sable et de gravier (Figure V.4).

Par contre, lorsque le terrain comporte en surface une couche résistante, mais relativement mince, supportée par une couche plus compressible (par exemple de la vase ou de l'argile molle, comme cela arrive souvent dans les plaines alluviales), les semelles les plus chargées vont solliciter fortement la couche molle sous jacente, alors que les semelles moins chargées, donc plus petites, la solliciteront moins (FigureV.5), ce qui provoque les tassements différentiels importants qui se traduiront dans le bâtiment par des fissures notables.

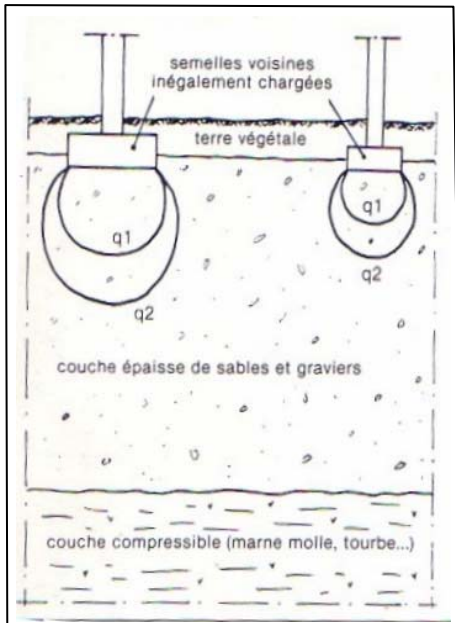


Figure V.4: Dans ce cas, des tassements différentiels sont peu probables [3]

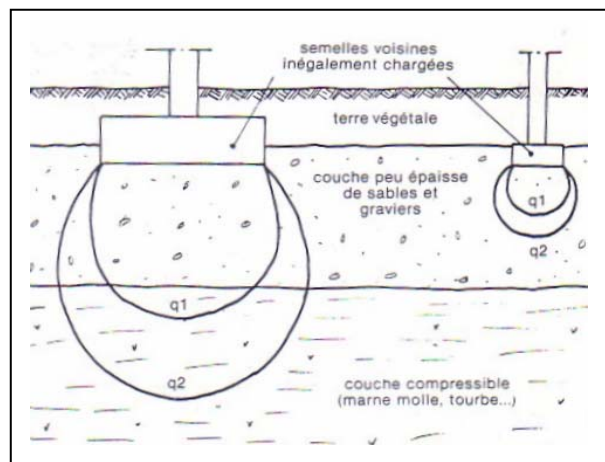


Figure V.5: Dans ce cas, des tassements différentiels sont inévitables [3]

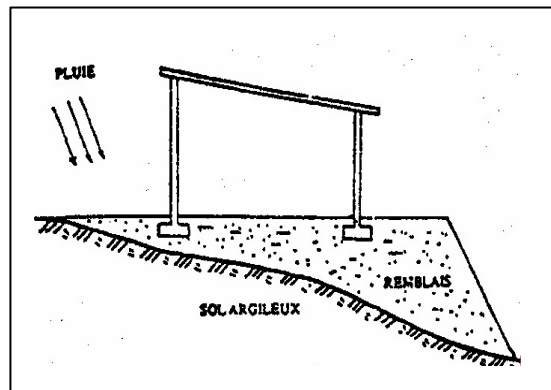
V.5 CAUSES AYANT RAPPORT AVEC L'ETAT DU SOL DE FONDATION

Parmi les causes des dégradations affectant les constructions d'une façon générale dans leur ensemble nous avons celles qui sont liées à quelques particularités du sol de fondation, parmi celles-ci nous citons les cas les plus couramment rencontrés:

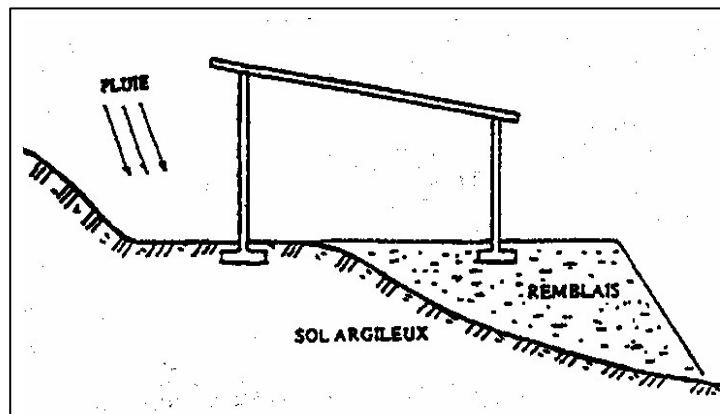
1- Les constructions réalisées sur un remblai non stabilisé

A cet égard, sont considérés comme dangereux les cas suivants:

- les remblais récents
- les remblais d'épaisseur variable (FigureV.6)
- les remblais n'existant que sous une partie de la construction (FigureV.7)



FigureV.6: Construction fondée sur une couche de remblai d'épaisseur variable [11]



FigureV.7: Une partie de la construction est fondée sur un remblai. [11]

2- Les constructions fondées sur un sol hétérogène

Il faut noter que les constructions réalisées sur ce type de sol, sans la prise en compte de dispositions nécessaires, peuvent être soumises à des tassements différentiels ou d'ensemble provoquant ainsi des désordres qui peuvent se traduire par l'apparition de:

- fissures obliques dans le cas de structures fragiles (fissures en escalier si les murs sont en maçonnerie)

- ouverture de joints dans le cas de structures rigides

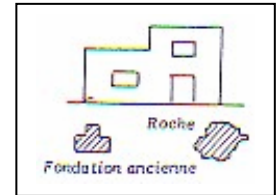
- faux aplomb de l'immeuble: ce cas précis dépend de l'élancement de bâtiment, c'est ainsi que le faux aplomb entraîne le déplacement du centre de gravité du bâtiment haut et étroit, d'où résultent des contraintes non uniformes sur le terrain d'assise qui vont à leur tour accentuer le faux aplomb. L'exemple le plus connu est celui de la Tour de Pise.

Il faut noter que si le tassement d'ensemble sans faux aplomb ne présente aucune crainte pour la sécurité de l'immeuble, il entraîne des conséquences plus ou moins graves notamment pour ce qui est de l'entrée des piétons et des véhicules dans l'édifice. D'autre part, les divers réseaux

de canalisations d'eau potable, d'égout, de gaz qui sont toujours reliés au bâtiment peuvent être détériorés sous l'effet du tassement d'ensemble.

3- *Présence de points durs dans le sol de fondation*

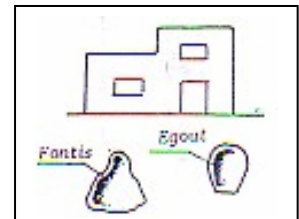
La présence de certains points durs (comme les bloc rocheux, fondations anciennes) sous quelques semelles fausse les hypothèses faites sur les contraintes envisagées, ce qui entraîne des dégradations de différentes formes (FigureV.8)



FigureV.8: Construction fondée sur des points durs [12].

4- *L'existence de cavités dans le sol*

L'existence de cavités dans les sols comme celles qui sont dues aux fontis ou aux canalisations d'égouts ne servant plus d'usage, peut produire des tassements différentiels vers ces cavités (FigureV.9), l'éboulement progressif des fontis ou des galeries souterraines peut être la cause d'effondrement des constructions (Figures V.10 et 11).



FigureV.9: Construction fondée sur des cavités [12].

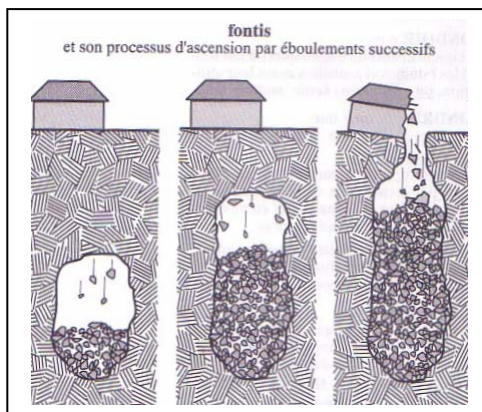


Figure V.10: Eboulement progressif d'un fontis [13].

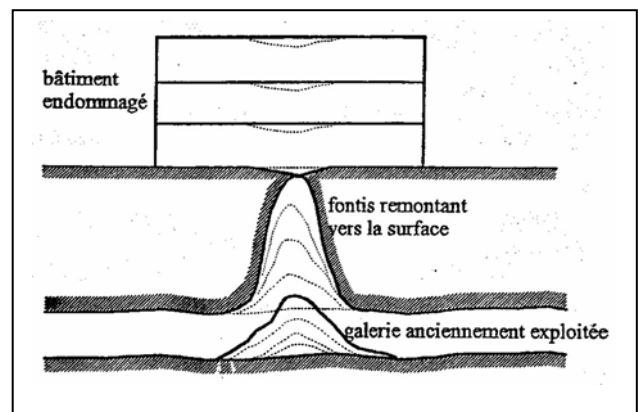


Figure V.11: Eboulement progressif d'une galerie [11]

5- *Le rabattement de la nappe souterraine*

Le rabattement de la nappe souterraine qui peut se faire par puisage d'eau à partir des puits ou par un système de drainage quelconque participe à la modification de l'équilibre

hydrogéologique du sol entraînant des tassements qui se traduisent par l'apparition de fissures au niveau de la construction (Figure V.12).

Il faut noter que parfois le déséquilibre de la nappe se fait avec la

Mise en mouvement de l'eau comme le montre, ce qui entraîne

l'érosion du sol avec création de vides générateurs de tassements (FigureV.13)

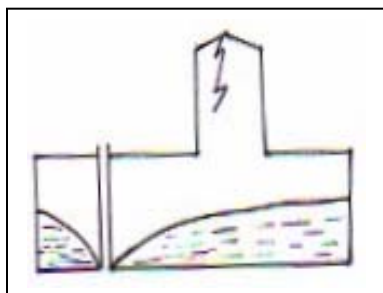


Figure V.12: Rabattement de la nappe par puisage d'eau à partir d'un puits.

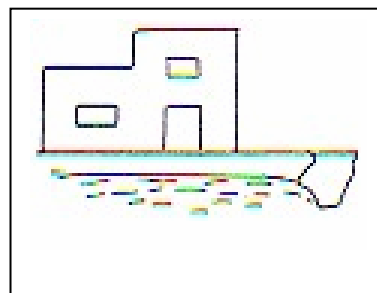


Figure V.13: Rabattement de la nappe avec la mise en mouvement de l'eau [12].

V.6 CAUSES LIEES AUX TRAVAUX DE REPRISE EN SOUS-OEUVRE

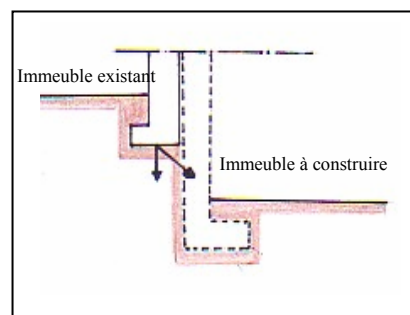
La reprise en sous-œuvre consiste à effectuer des travaux sous un ouvrage existant tout en conservant les autres parties de la construction et également, à reporter à un niveau inférieur une fondation existante sans altérer la superstructure

La reprise en sous-œuvre s'utilise le plus fréquemment pour le renforcement de fondations existantes, l'agrandissement de sous-sols dans les ouvrages partiellement excavés (FigureV.14).

Les principaux désordres qui peuvent être dus aux travaux de reprise sont:

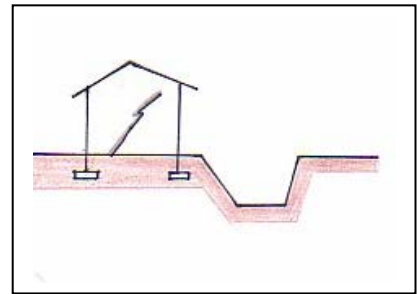
- l'effondrement partiel ou total de l'ouvrage existant
- l'affaissement provoqué par la décompression du sol
- l'apparition de fissures
- l'éboulement et chutes des terres ou de matériaux dans la zone de travail.

FigureV.14: Incidence entre fondations voisines



V.7 CAUSES DUES AUX TERRASSEMENT AU VOISINAGE D'UNE CONSTRUCTION EXISTANTE

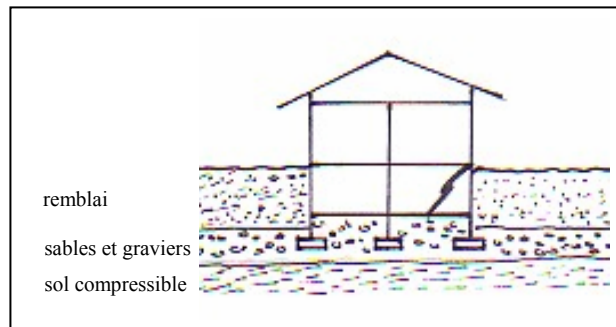
L'ouverture d'un terrassement dans un terrain peu stable contre un bâtiment voisin, et dont le niveau de fond de fouille est inférieur à celui des fondations de l'immeuble existant (FigureV.15) et sans la prise en compte des dispositions nécessaires, entraîne la décompression du terrain de fondation provoquant des tassements causant des désordres semblables à ceux dues *aux* travaux de reprise en sous-cœuvre mentionnées au paragraphe précédent (§V.6)



FigureV.15: Excavation à proximité d'une construction existante.

V.8 CAUSES DUES A UN APPORT DE REMBLAI

L'exécution de remblais important amenant une surcharge sur un terrain compressible et instable (comme c'est le cas de la vase ou de l'argile molle) à proximité d'un ouvrage entraîne certains désordres (FigureV.16)



FigureV.16 : L'apport de remblai sur sol compressible provoque des tassements

V.9 CAUSES LIEES AUX VIBRATIONS ENVIRONNANTES

La vibration émise par le passage d'engins lourds ou résultant des travaux de galerie à proximité des constructions existantes, peut modifier l'état d'arrangement des grains du sol de fondations (cas des sols sableux), comme elle peut transmettre aussi des efforts vibratoires à la construction par l'intermédiaire du sol pouvant ainsi produire des désordres.

V.10 CAUSES DUES AUX INSUFISANCE AU NIVEAU DE L' ETUDE TECHNIQUE

L'étude technique est considérée comme une condition nécessaire et indispensable pour la bonne tenue des constructions au moment de leur réalisation et durant leur exploitation, c'est pourquoi un certain nombre de construction ont subit des désordres pour des causes ayant rapport avec l'étude technique, les causes essentielles relevées sont les suivantes:

1- *L'absence d'étude technique préalable*

Les enquêtes menées sur un certain nombre d'ouvrages dégradés montrent que l'absence d'étude technique préalable est l'une des causes principales de ces dégradations; néanmoins certains ouvrages de même type ont été constatés sans dégradation et sont dépourvus de défaut pouvant porter atteinte à leur stabilité; l'explication portée à ces cas exceptionnels est que la réalisation de ces derniers a été confiée à des entrepreneurs ou artisans qualifiés et possédant une expérience leur permettant la conception de différents éléments de construction sans aucune ambiguïté.

Il faut remarquer aussi que les constructions réalisées sans études au préalable et même si elles ne sont pas affectées par des dégradations, elle présentent dans la plus part des cas des surdimensionnements excessifs au niveau des éléments de constructions (fondations, longrines, poteaux, poutres...) excessif, ceci influe négativement sur le coté coût et délai d'exécution, d'où la nécessité des études techniques.

2- *Les erreurs de conception.*

Les erreurs qui se révèlent au niveau de la conception des projets de construction peuvent être la cause d'apparition de désordres importants au niveau des ouvrages en voie de réalisation ou déjà achevés, parmi ces erreurs on peut signaler:

a) les erreurs dues à la non prise en compte des conditions d'équilibre résultant de la statique rationnelle comme c'est le cas de:

- l'absence de contreventement pour résister aux forces horizontales dues à l'action du vent ou du séisme
- l'instabilité sous l'action de charges verticales (Figure V.17)
- la poussé des voûtes ou de fermes non équilibrées.
- l'existence d'une discontinuité entre les éléments porteurs (Figure V.18)
- le choix d'un matériau non adéquat avec les conditions climatiques (Photo V.4)

- b) L'erreur due à l'absence de joint de rupture malgré l'hétérogénéité du sol de fondation ainsi de l'existence des charges très variables transmises par l'ouvrage au sol.
- c) L'erreur due à l'absence du joint de dilatation malgré de l'écart considérable de température
- d) le mauvais choix de l'emplacement du joint (PhotoV.5)

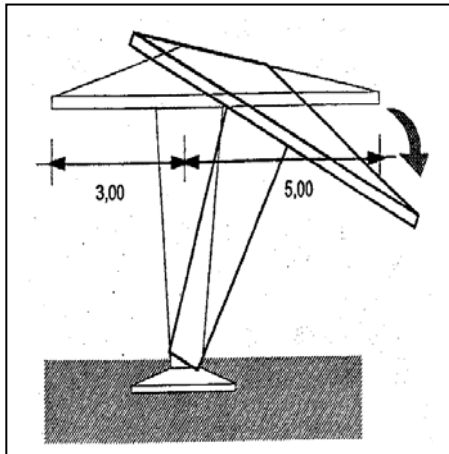


Figure V.17: Renversement de l'ouvrage dû à une erreur de conception [11].

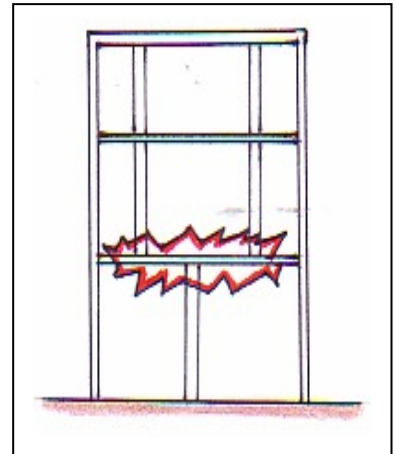


Figure V.18: La discontinuité entre poteau peut provoquer le cisaillement au niveau des poutres porteuses [14].



Photo V.4: La chute du faux plafond est due à un mauvais choix du matériau.



Photo V.5: Mauvais choix de l'emplacement du joint de dilatation.

3- Les insuffisances au niveau de l'étude

Les défaillances constatées au niveau des études peuvent être indiquées comme suit:

- a) la non prise en compte durant le calcul d'un facteur jugé indispensable pour le dimensionnement des éléments de construction comme par exemple l'effet du vent, du séisme. etc...

- b) la non prise en compte des dispositions constructives
- c) la sous-estimation de certaines surcharges
- d) le manque de détails au niveau des plans d'exécution
- e) absence de certaines indications nécessaires aux plans d'exécution (ex: nuance d'acier)
- f) erreur de cotation.

Ces défaillances peuvent être la cause d'apparition de désordre de divers degrés.

L'étude d'un projet de construction qui se fait par la non prise en compte d'un ou de plusieurs facteurs indispensables comme par exemple l'effet du vent, du séisme, de la température, des tassements, des agents agressifs etc..., entraîne le plus souvent des désordres de divers degrés.

V.11 CAUSES DUES AUX FAUTES D'EXECUTION

Les fautes d'exécution des travaux sont les causes majeures qui provoquent des dégradations plus au moins graves au niveau des constructions, nous allons énumérer dans ce qui suit celles qui sont les plus fréquentes:

1- *Défauts de bétonnage*

Parmi les défauts de bétonnage rencontrés on mentionne:

a) *une composition de béton non convenable*

Un béton de composition mal étudiée est en final un béton de qualité médiocre qui ne répond pas aux conditions exigées par les règles de la construction.

b) *l'excès d'eau de gâchage*

Un béton confectionné avec un excès d'eau est dans la plus part des cas exposé au phénomène de ségrégation défini auparavant et qui affecte le plus souvent les voiles, les poteaux, les voiles et les poutres.

c) *l'utilisation d'un ciment inadéquat*

Les éléments de construction obtenus à partir d'un béton confectionné avec un ciment non approprié au milieu environnant peuvent se dégrader à court ou à long terme.

d) *l'utilisation de sacs de ciment de poids inférieur à 50 kg*

Depuis longtemps, la commercialisation du ciment se fait en vrac ou en sacs de 50 kg.

Actuellement il existe sur le marché le ciment ensaché dans des sacs de 50 kg alors qu'en réalité leurs poids réels n'excèdent pas 45 kg (le sac), ce qui fausse complètement le dosage du béton du fait que celui-ci est déterminé en fonction du sac de ciment de poids supposé au

départ égal à 50 kg et, c'est ainsi que résulte un déficit de 35 kg de ciment par m³ de béton et une augmentation du rapport eau/ciment (un rapport eau/ciment peut passer dans ce cas particulier de 0.50 à 0.55 d'où un excès d'eau de 17.50 litres par m³ de béton) ce qui influe négativement sur la résistance mécanique du béton.

e) la mise en place du béton sans vibration ou avec vibration imparfaite

Un béton frais mis en place dans les fonds de moules sans vibration ou avec une vibration imparfaite est un béton caractérisé par une compacité moindre, ce qui le rend perméable et moins résistant mécaniquement.

Il faut noter que la ségrégation du béton et sa faible compacité sont dans la plus part des cas les causes principales des fuites qui apparaissent au niveau des réservoirs et des cuves utilisés pour le stockage des différents liquides pouvant favoriser ainsi la corrosion des armatures et l'apparition de taches de rouille sur les parois.

f) bétonnage dans des conditions de température très sévères

Le bétonnage qui se fait au moment de la baisse de température sans prendre des précautions nécessaires entraîne le retard l'hydratation du ciment avec risque d'apparition de gel dans la masse de béton provoquant ainsi sa détérioration.

Par temps chaud, l'eau de gâchage s'évapore créant ainsi un déficit (en eau) qui influe négativement sur la qualité du béton obtenu.

g) mauvaise reprise de bétonnage

La reprise de bétonnage qui se fait sans la prise en compte de dispositions particulières influe négativement sur la qualité du béton.

2- Erreurs de ferrailage

Nous allons évoquer dans ce qui suit les cas d'erreurs de ferrailage dont certains ont été la cause de sinistres:

a) disposition défectueuse des armatures

Il arrive parfois aux ouvriers de placer par erreur des armatures principales au niveau de la partie comprimée en laissant toute la partie tendue sans armature, ce cas se constate surtout au niveau des balcons et des auvents. Les figures (V.19 et V.20) montrent à titre d'exemples les cas de dispositions incorrectes

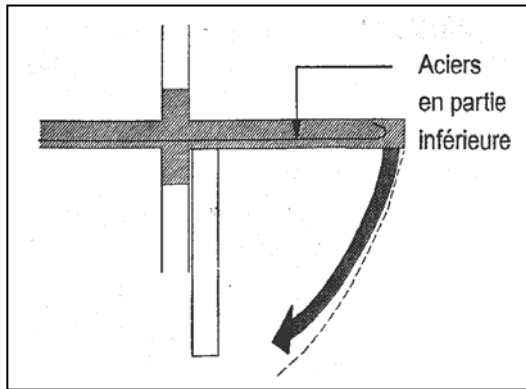


Figure V.19: Basculement d'un balcon pour faute d'exécution [12].

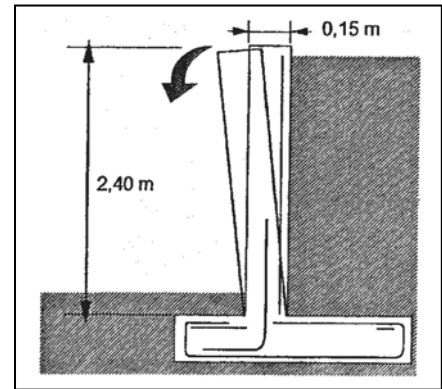


Figure V.20: La rotation du mur de soutènement due au mauvais emplacement des armatures d'attente [12].

b) absence d'armatures de peau

L'absence d'armatures horizontales intermédiaires appelée "armatures de peau" au niveau des âmes des poutres de grandes hauteurs est l'une des causes d'apparition de fissures verticales situées dans les plans transversaux des poutres considérées.

c) diamètre d'armature non convenable

L'utilisation des barres de très faible diamètre pour certains éléments de construction peut être la cause de dégradation de ces derniers.

d) nuance d'armature non convenable

Lors des calculs des éléments en béton armé, l'ingénieur choisit des armatures de nuance bien déterminée, il s'avère que pendant l'exécution, certaines entreprises ne respectent pas ce choix et utilisent des armatures de nuance inférieure à celle prévue dans les calculs qui doit être reportée sur les plans de ferrailage, ceci peut porter atteinte à la sécurité de l'ouvrage en question.

e) longueur de recouvrement insuffisante

Le non respect de la longueur de recouvrement des barres longitudinale peut être la cause de sinistre.

f) absence ou insuffisance d'armatures transversales

L'absence ou l'insuffisance d'armatures transversales au niveau des pièces élancées conduit le plus souvent à des fissures inclinées qui peuvent se constater surtout au niveau des pieds des poteaux et aux extrémités des poutres.

Il faut signaler que dans la plupart des cas les chefs de chantiers laissent les nœuds des poteaux sans armatures transversales comme le montre la photo V.6.

g) cou dage des armatures en attente

Par suite d'erreurs d'emplacement des barres d'attente, les chefs de chantiers sont conduits dans la plus parts des cas à les couder, celles-ci donnent lieu à des poussées au vide.

h) enrobage des armatures insuffisant

Le non respect de l'épaisseur prévue pour l'enrobage reste la cause principale de la corrosion des armatures.



Photo:V.6: Absence d'armatures transversales au niveau du nœud (poteau- poutre)

3- Mauvaise condition de conservation des matériaux de construction

La mauvaise conservation des matériaux de construction est l'une des causes qui provoque des dégradations des constructions:

a) cas du ciment

Les sacs de ciment stockés en plein chantier, sans être mis à l'abri des agents atmosphériques, provoquent la perte d'activité du ciment pour cause d'hydratation prématurée, ce qui le rend impropre à la confection du béton (le même problème peut se poser aux autres liants aériens ou hydrauliques).

b) cas des armatures

Les armatures déposées et éparpillées sur le sol sans être placées sur des supports risquent d'être corrodées sous l'effet de l'humidité ou des agents agressifs provenant du sol. Ce cas de problème se constate le plus souvent dans les sols gypseux.

4) Erreurs dans les opérations de coffrage

Plusieurs incidents ont été survenus aux chantiers pour cause d'erreurs commises durant l'opération de coffrage, parmi ces erreurs on mentionne les cas suivants:

a) défauts d'étaisements

Les étais utilisés peuvent être en bois ou métallique et doivent être placés dans la direction des efforts à supporter ou de telle sorte que la décomposition de ces efforts puisse être assurée. Les dégradations qui peuvent être dues aux étaisements sont indiquées comme suit:

- l'utilisation d'un nombre insuffisant d'étais pour supporter de l'effort auquel ils sont soumis
- l'utilisation d'étais défectueux, susceptibles de se déformer sous le moindre chargement possible (Photos V.7 et V.8)
- les étais mis en place présentant des faux aplombs (Photo V.9)
- l'emplacement des étais sur un support déformable comme c'est le cas d'un sol déformable ou tout simplement un support fragile (Photo V.10)
- l'absence de contreventement des étais (Photo V.11)
- assemblage défectueux des étais

En effet, chaque fois que la longueur des étais ne suffit pas pour supporter les coffrages des planchers, le chef de chantier relie le plus souvent deux étais bout à bout par l'intermédiaire de deux morceaux de planche cloués aux deux étais (cas des étais en bois) ou par l'intermédiaire de boulons (pour des étais métalliques) sans la prise en compte de précautions assurant la stabilité de l'ensemble, ce qui augmente le risque de flambement de ces étais provoquant ainsi l'effondrement de la partie supportée (Figure V.21) et (Photo V.12).

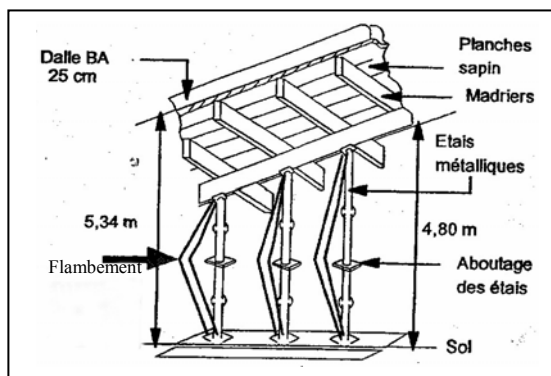


Figure V.21: Flambement des étais métalliques par manque d'entretoises [12].

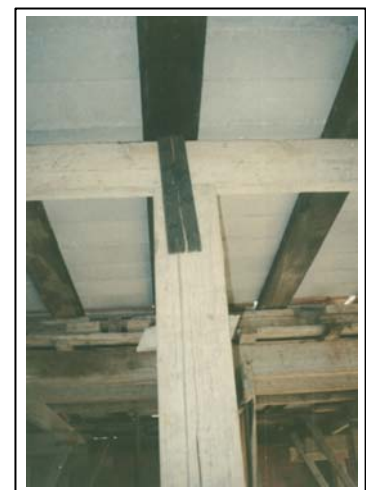


Photo V.7: Etau en bois présentant des fissures longitudinales.



Photo V.8: Etais en bois présentant une déformation.



Photo V.9: Etai en bois présentant un faux aplomb.



Photo V.10: Etai sur parpaing creux considéré comme support fragile.



Photo V.11: Un ensemble d'étais Mis en place sans contreventement



Photo V.12: Assemblage d'étais en bois considéré comme défectueux

b) déplacement des coffrages

Le déplacement des coffrages peut être dû:

- à la poussée du béton frais contre les parois des coffrages (Figures V.22.A et V.22.B)
- au mouvement du terrain servant comme appui (cas d'un sol gonflant ou compressible) (Figure V.22.C)

- à la déformation des étais (flambage)
- à l'état du bois de coffrage (bois défectueux),
- à l'assemblage défectueux des éléments de coffrage, etc.

Il faut noter que le déplacement des coffrages provoque la formation de fissures internes ou externes au matériau béton comme le montre la figure ci-dessous.

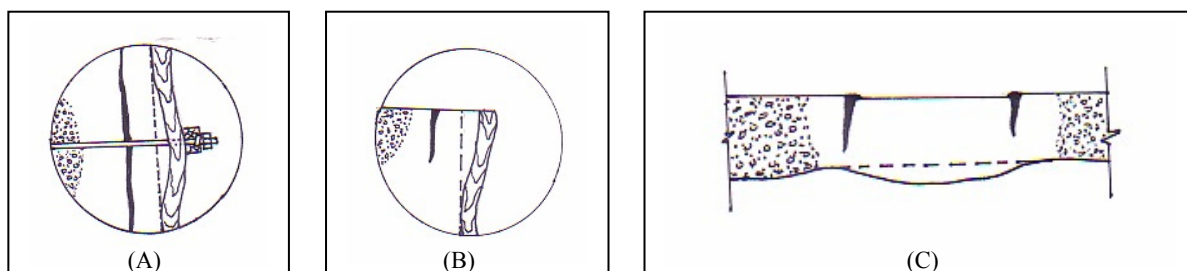


Figure V.22

Figure V.22.A: La fissure interne du béton est due au déplacement du coffrage

Figure V.22.B: Le mouvement de la paroi du moule a provoqué la fissure externe

Figure V.22.C : La déformation du fond de moule est due à l'affaissement du sol servant de support de coffrage

5- Erreurs dans les opérations de décoffrage

Les décoffrages hâtifs des planchers en béton armé en cours de durcissement sont souvent la cause de désordres spectaculaires.

6- Surdimensionnement des pièces en béton armé

Il arrive dans les chantiers de majorer volontairement au cours de l'exécution les dimensions des hourdis, des chapes, des poutres etc... et d'utiliser au niveau des éléments de remplissage de densité plus grande que celle prévue dans les calculs ce qui augmente considérablement la charge permanente c'est ainsi que des désordres peuvent survenir à l'ouvrage considéré surtout après sa mise en service pour cause de charges excessives.

7- Le non respect des plans d'exécution

Le non respect des plans d'exécution par l'entrepreneur, reste dans la plupart des cas la cause principale de toute apparition de dégradation.

V.12 RESULTATS D'ESSAIS ET ANALYSES NON REPRESENTATIFS

Pour permettre à l'entreprise de construction de réaliser un béton de qualité, elle doit procéder à des essais et analyses des composants entrant dans la préparation du béton et de procéder à des essais d'écrasement d'éprouvettes de béton après chaque opération de coulage et de transmettre les résultats des essais et d'analyses à l'organisme de contrôle pour apposer une appréciation.

Il s'avère en pratique que les résultats des essais et d'analyses ne reflètent pas la réalité ce qui fausse toute interprétation se basant sur les résultats indiqués.

Des précisions doivent être portées à ceci :

1- Cas des analyses chimiques, granulométriques et d'équivalent de sable

Les enquêtes menées sur un certain nombre de chantiers de constructions nous ont permis de constater que les entrepreneurs procèdent à des analyses concernant les matériaux entrant dans la composition du béton et qui proviennent d'une localité bien déterminée tout en utilisant d'autres matériaux non soumis à des analyses.

2 – Cas d'analyse chimique de l'eau de gâchage

Il arrive souvent aux entreprises de construction de changer de source d'alimentation en eau sans faire de nouvelles analyses chimiques et sans prévenir l'organisme de contrôle, ce qui laisse à dire que les résultats d'analyse fournis préalablement ne sont plus représentatifs.

3 – Cas d'essais d'écrasement sur éprouvettes

Les résultats obtenus à partir des essais d'écrasement d'éprouvettes en béton peuvent être non représentatifs, c'est-à-dire ils ne reflètent pas la réalité ceci met en cause toutes les interprétations qui en découlent, tout en précisant que la non représentativité des résultats est due aux causes suivantes:

- existence de défaut de fabrication des moules

Les moules servant pour la confection d'éprouvettes de béton peuvent présenter des défauts de dimensionnement ou de forme dus à la fabrication.

- essai des éprouvettes sans surfaçage
- confection des éprouvettes avec une gâchée spéciale (dont le but d'obtenir de bons résultats)
- abaissement (volontaire) des âges des éprouvettes confectionnées afin d'accroître la résistance du béton.

Tout ceci entraîne souvent des dégradations dont la détermination de la cause est difficilement décelable.

V.13 CAUSES LIEES AUX INSSUFFISANSES AU NIVEAU DU CONTRÔLE TECHNIQUE

Plusieurs défaillances ont été constatées lors des opérations de contrôle menées par l'organisme de contrôle et à travers les différents chantiers de réalisation, parmi ces défaillances on relève:

- l'absence totale du représentant de l'organisme de contrôle au moment de la confection des éprouvettes de bétons pour des essais
- l'ignorance des caractéristiques des différents aciers utilisés pour le béton
- l'utilisation de scléromètre non soumis à des maintenances périodiques
- le contrôle s'accroît le plus souvent sur la partie structure et l'étanchéité, alors qu'il est rare de le constater pour les autres éléments de construction ou matériaux servant de remplissage ou de revêtement.
- les remarques concernant la qualité du béton se font le plus souvent en fonction des résultats d'essais sur éprouvettes non représentatives du béton mis en place
- le plus souvent la mission de contrôle ne diffère en rien de la simple visite de chantier visant tout simplement la connaissance de l'état d'avancement des travaux

V.14 CAUSES LIEES A LA MISE EN SERVICE DE LA CONSTRUCTION

Plusieurs dégradations n'apparaissent qu'après la mise en service de l'édifice ceci peut être dû aux causes suivantes:

1 – L'occupation du bâtiment

L'utilisation normale du bâtiment par son occupant reste la cause principale de l'usure des revêtements, des salissures des surfaces, des chocs, la production de la vapeur d'eau etc... c'est pourquoi la réparation des dégradations doit être périodique.

2 – Changement d'usage

Durant la période d'exploitation, une transformation peut survenir au niveau des immeubles à usage de bureaux c'est ainsi que les locaux peuvent être transformés en salles d'archives ce qui entraîne une augmentation de surcharges pouvant aller de 250 kg/m² (comme prévu lors des

calculs) jusqu'à plus de $1T/m^2$ (surcharges spécifiques aux archives) ce cas de transformation peut être la cause de sinistre.

3 – *Modification au niveau de la construction*

Dans la plupart des cas, les bénéficiaires de logements procèdent aux transformations de ceux-ci dans le but d'effectuer un aménagement qui leur convient le mieux, c'est ainsi que la démolition ou l'extension d'une partie de la construction peut se faire sans prendre de dispositions nécessaires pouvant être la cause d'apparition de désordres.

4 – *Mauvais stockage de la matière ensilée*

Le mauvais stockage de la matière ensilée (blé , orge, maïs...) peut engendrer des poussées contre les parois(non prévues lors des calculs) ce qui entraîne des l'effondrement des parois (FigureV.23).

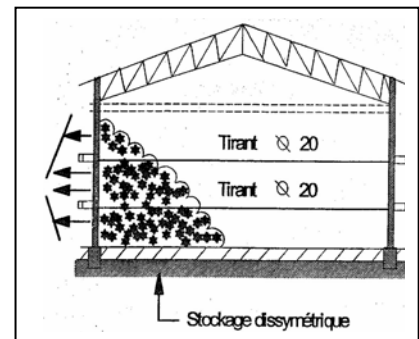


Figure 23: Le mauvais stockage de matière ensilée a provoqué effondrement de la paroi du silo[12]

5 – *Manque d'entretien*

L'entretien périodique des constructions permet la bonne conservation de celles-ci, la pratique a montré que tout édifice non entretenu se dégrade rapidement, nous allons dans ce qui suit évoqué quelques cas d'exemples:

a) *cas des terrasses des constructions*

Le manque d'entretien des terrasses des constructions peut être la cause de l'accumulation des:

- sables et poussières dont la charge peut largement dépasser les surcharges prévues.
- eaux dues à l'obstruction des gargouilles, des trop pleins et des descentes prévus pour l'écoulement des eaux pluviales ce qui provoquent également des excès de surcharges

b) *cas des réservoirs et des silos*

L'obstruction des évents d'enceintes fermées peut être la cause d'incidents provoqués par la création de dépression lors des vidanges (Photo V.13).



Photo V.13: La déformation d'un réservoir métallique survenue au moment de la vidange [1*]

6 – *Manque de réparation*

Le manque de réparation de la dégradation au moment de son apparition, favorise son évolution pour atteindre une situation qui peut être plus grave et irréparable, ce cas se pose surtout pour l'étanchéité des terrasses, les canalisations, les revêtements (Photos V.14 et V.15)



Photo V.14: Un dallage en béton prévu tout autour d'un bâtiment reste nécessaire.



PhotoV.15: L'existence d'une crevasse sous la conduite d'eau pluviale peut être la cause de sinistre.

7– *Plantations d'arbres et d'arbustes à proximité des constructions*

L'existence des arbres à proximité des constructions peut être la cause de certains désordres, elles peuvent provoquer :

- la dessiccation des sols préalablement humides, ce qui provoque des tassements

- l'humidification des sols préalablement secs (les arbres nécessitent d'être irriguées périodiquement) d'où la modification de leurs caractéristiques
- le soulèvement de certains éléments de la construction comme les longrines et les dallages (le soulèvement se fait par la croissance et la ramification des racines l'intermédiaire des racines)

8 – Existence de points d'eau à proximité des constructions

L'existence de points d'eau à proximité des constructions favorise l'infiltration de l'eau à travers le sol par gravitation ce qui peut avoir un effet néfaste sur le sol de fondation (Photo V.16)

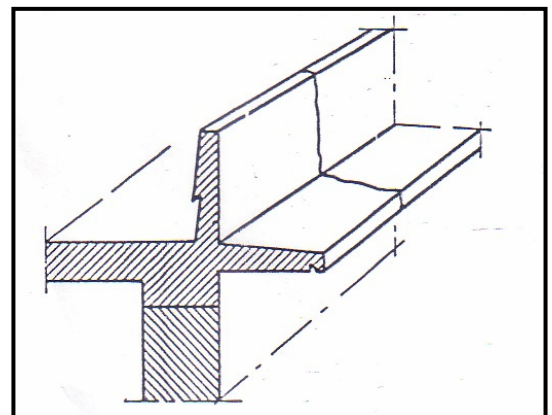
PhotoV.16: L'emplacement d'un robinet contre la construction peut être la cause de dégradation



V.15 CAUSES DUES AUX VARIATIONS DE TEMPERATURE AMBIANTE

Au niveau des constructions se trouvent des parties qui sont exposées à d'importantes variations de températures journalières et saisonnières, et, par suite, subissent des mouvements alternés (dilatation et contraction) dont les effets peuvent être préjudiciables pour les parties de construction considérées. On signale que parmi les sinistres rencontrés et qui sont dus principalement aux variations de température se trouvent leur origine dans le gros œuvre en béton armé du dernier étage, à savoir les toitures-terrasses, les corniches et les acrotères comme le montrent les cas de figures V.24 et V.25.

Figure V.24: fissure transversale dans la corniche et l'acrotère [7].



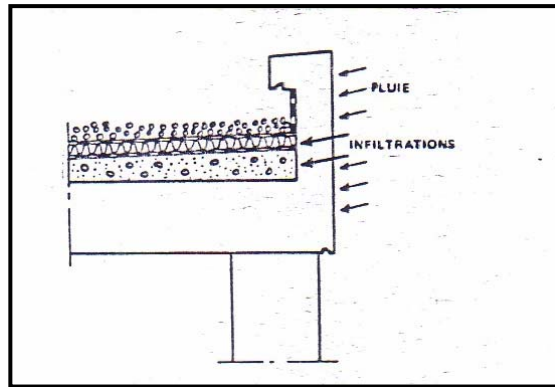


Figure V.25: l'eau qui traverse les fissures peut s'infiltrer derrière l'étanchéité [7].

V.16 CAUSES DUES AUX INCENDIES

Les incendies endommagent les constructions de toutes sortes, pour les constructions en béton armé les désordres peuvent varier énormément depuis les salissures très superficielles ou de l'écaillage de surface jusqu'aux fissures profondes, éclatements ou déformations définitives. D'après les résultats des essais menés sur le béton [12] on peut admettre que:

- de 0 à 300°C les diminutions de résistance sont peu sensibles: pas de modification de la teinte du béton
- de 300 à 500°C (couleur du béton rose à rouge) la résistance moyenne de ce béton sera égale à 50% de la résistance initiale
- de 500 à 800°C (couleur du béton gris rouge) la résistance dont ce cas est égale à 20% de la résistance initiale
- au dessus de 800°C (couleur marron à rouge foncé ou jaune) le béton doit être de résistance nulle.

V.17 CAUSES DUES AUX EXPLOSIONS

L'explosion provoque des catastrophes énormes car dans la plupart des cas elle entraîne l'incendie qui peut mettre le tout en proie par les flammes, l'effet de l'explosion peut être néfaste pour les constructions se trouvant à quelques centaines de mètres du lieu affecté (éclats des vitres, dislocations et fissurations des maçonneries), le cas d'exemple: l'explosion survenue le:19/01/2004 au complexe GL1K produisant du gaz naturel liquéfié et se trouvant dans la zone industrielle de Skikda (source d'information: Organisme de Contrôle Technique des Constructions Agence de Skikda).

V.18 CAUSES DUES AUX SEISMES

Le séisme est considéré comme l'agent le plus destructeur des constructions, les bilans des victimes et des destructions établis jusqu'à présent le prouvent, nous contentons dans ce qui suit des bilans concernant le séisme du 21/05/2003 survenu dans la wilaya d'Alger et de Boumerdès (Tableaux: V.1, V.2 et V.3):

Tableau V.1: Bilan officiel des victimes à la date du 17/06/2003 [15]

Villes	Personnes décédées	Personnes blessées
Boumerdès	1381	3442
Alger	883	6787
Tizi-Ozou	7	261
Bouira	2	127
Bejaia	2	3
Blida	2	709
Média	0	121
Total	2277	11450

Tableau V.2: Bilan des dommages arrêté au 24/06/2003 concernant la wilaya de Boumerdès [15]

Usage	Vert		Jaune		Rouge	Total
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	
Habitations	12646	20591	10818	5940	6449	56444
Bâtiments Administratifs	119	142	82	48	40	431
Equipements Scolaires	295	449	244	178	82	1248
Equipements Hospitaliers	72	58	23	14	8	175
Equipements Sportifs ou Culturels	81	57	54	53	20	265
Commerces	148	124	100	71	108	551
Equipements Industriels et Hangars	50	99	49	43	42	283
Autres	20	41	16	22	29	128
TOTAL	13431	21561	11386	6369	6778	59525
Pourcentage	22.58	36.22	19.12	10.70	11.38	100.00

Tableau V.3: Répartition des dommages dus au séisme survenu le 21/05/2003
à Boumerdès et Alger [15]

Degré d'endommagement	Nombre de logements endommagés			Pourcentage
	Alger	Boumerdès	Total	
Degrés 1 et 2	40147	33195	73342	50%
Degrés 3 et 4	42452	16731	59183	40%
Degrés 5	7497	6475	13972	10%
Total	90096	56401	146497	100%

V.18.1 EFFETS DU SEISME SUR LES DIFFERENTES CONSTRUCTIONS

Durant les visites que nous avons effectués durant la période du: 28/5/2003 au 6/06/2003 à Boumerdès, Tidjellabine, Corso et Zemouri nous avons pris des photos de quelques constructions endommagées par le séisme que nous allons illustrés dans ce qui suit avec d'autres qui interressent d'autres pays.



PhotoV.17: Bâtiment avec poteaux, poutres
Et mur en maçonnerie (niveau:R+3)



PhotoV.18: Dimensions des poteaux du
rez-de-chaussée: 30 cm x 30 cm.



PhotoV.19: Distance entre axe des poteaux égale à 3.40 m.



PhotoV.20: Destruction de l'extrémité du poteau d'angle à cause de l'absence d'armatures transversales.



PhotoV.21: Endommagement du pied de poteau dû aux insuffisances de cadres.



PhotoV.22: Malgré la destruction de l'extrémité du poteau, les poutres sont en équilibres.



PhotoV.23: Le plancher haut du rez- de-chaussée est resté intact.



PhotoV.24: Pas d'anomalies sur la poutre de rive



PhotoV.25: Poteau d'angle cisailé



PhotoV.26: Poteau de rive détérioré complètement, le plancher haut resté intact.



PhotoV.27: Destruction du Poteau RDC, le plancher du niveau 1 est intact.

PhotoV.28: Ouverture du joint avec faux aplomb des bâtiments.



PhotoV.29: Ouverture du joint $>1.50\text{m}$ sur toute la hauteur des bâtiments.



PhotoV.30: L'ouverture du joint est limitée seulement à la partie inférieure des bâtiments.



PhotoV.31: L'ouverture du joint concerne la partie supérieure des bâtiments

PhotoV.32: Bâtiment en cours de construction, très bonne résistance au séisme



PhotoV.33: Bâtiment sans aucun dommage



PhotoV.34: Minaret de la mosquée de Zemmouri en voie d'effondrement (au moment de la réplique).



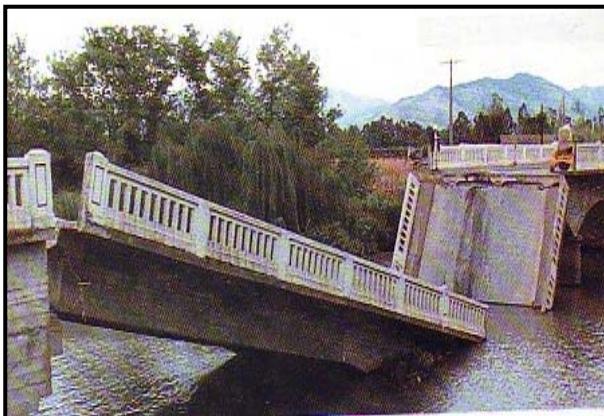
PhotoV.35: Effondrement total du minaret de la mosquée de Zemmouri (au moment de la réplique).





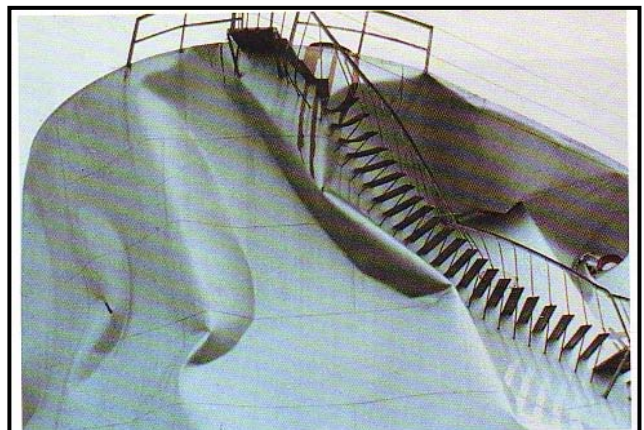
PhotoV.36: Poinçonnement du pont par les poteaux (séisme: 1986, USA) [1*].

PhotoV.37: Effondrement d'un hôtel (séisme: 1990, Philippines) [1*].



PhotoV.38: Effondrement du pont dû à l'enfoncement des poteaux dans le sol (séisme: 1985, Chili) [1*].

PhotoV.39: Déformation d'un réservoir dû à l'effet des vagues (séisme 1964, Japon) [1*].



V.19 CAUSES DUES AU MILIEU ENVIRONNANT

Les constructions en béton armé ou des parties d'elles sont en contact de l'air, de l'eau ou du sol qui peuvent contenir des éléments considérés comme agents agressifs pouvant pénétrer par l'intermédiaire des pores à l'intérieur de la masse du béton pouvant ainsi modifier les caractéristiques de celui-ci et en particulier la composition chimique de la solution interstitielle.

V.19.1 Classification des environnements agressifs

Selon le document [16] trois catégories d'environnements agressifs peuvent être distinguées:

- milieux gazeux: gaz, vapeurs
- milieux liquides: eaux douces, eaux de mer, solutions de sels, d'acides ou de bases, eaux résiduaires, liquides organiques (huiles, pétrole, solvants)
- milieux solides: sols, produits de stockages qui agissent par extraction ou dissolution, le plus souvent par l'eau, des agents nocifs.

L'agressivité du milieu dépend:

- de la concentration de l'agent agressif
- de la viscosité (huiles)
- de l'humidité relative (H.R.)

En rappelant qu'une atmosphère est considérée comme sèche pour ($H.R. < 60\%$), humide pour ($60\% \leq H.R. \leq 75\%$) et très humide pour ($H.R. > 75\%$ ou lorsqu'un condensat peut se former à la surface du béton). Le degré d'agressivité, notamment avec les gaz, augmente généralement avec l'humidité relative (l'humidité relative est par définition le rapport entre le contenu d'humidité de l'air à une température donnée et le maximum d'humidité qu'il peut contenir à cette même température elle s'exprime sous forme de pourcentage.).

- de la température: une élévation de température accroît les vitesses de réaction. Toute fois, dans le cas de l'attaque par les sulfates, les dégradations sont plus importantes à basse température, par ailleurs les effets du gel peuvent s'ajouter à ceux de l'attaque chimique
- de la pression du gaz ou du liquide considérés comme agressifs
- de la mobilité du milieu (gaz, solutions) qui facilite le renouvellement de l'agent agressif et les échanges, et qui peut induire un effet mécanique supplémentaire (courant, vagues)

- des cycles éventuels de température et d'humidité relative (variations journalières, saisonnières) qui augmentent considérablement les vitesses de dégradation
- d'actions biologiques (micro-organismes, algues, bactéries)

La dégradation du béton en milieu agressif est aussi fonction de la durée d'exposition.

Il faut noter que les environnements agressifs sont classés en quatre classes définies comme suit:

- environnement faiblement agressif
- environnement moyennement agressif
- environnement fortement agressif
- environnement très fortement agressif

Ces classes sont regroupées dans le tableau V.4 qui donne en outre leurs symboles, les mesures de protection et les niveaux de protection correspondants

Tableau V.4 : Définition des classes d'agressivités [16]

Environnement	Symbole	Mesures de protection	Niveau de protection
Faiblement agressif	A ₁	Pas de mesures particulières. Le béton fabriqué suivant les règles de l'art doit être compact par ses qualités intrinsèques.	1
Moyennement Agressif	A ₂	Adaptation de la mise en œuvre aux conditions du milieu (dosage en ciment, catégorie de ciment, E/C, cure, adjuvants).	2
Fortement Agressif	A ₃	Adaptation de la composition et de la mise en œuvre aux conditions du milieu avec action spécifique sur la nature et le dosage en ciment, le rapport E/C.	2
Très Fortement Agressif	A ₄	Nécessité d'une protection externe (enduit, peintures) ou interne (imprégnation).	3

Pour apprécier le degré d'agressivité des solutions et des sols les plus courants, nous allons dresser les tableaux V.5 et V.6 comme suit:

Tableau V.5 – Agressivité des solutions en fonction de leur concentration en agents agressifs et de leur pH [16]

Degré d'agressivité	A1	A2	A3	A4
Agents agressifs	mg/l	mg/l	Mg/l	mg/l
CO ₂	15 à 30	30 à 60	60 à 100	>100
SO ₄ ⁻	250 à 600	600 à 1500	1500 à 6000	> 6000
Mg ⁺⁺	100 à 300	300 à 1500	1500 à 3000	> 3000
NH ₄	15 à 60	30 à 60	60 à 100	> 100
pH	6,5 à 5,5	5,5 à 4,5	4,5 à 4	< 4

Tableau V.6 – Agressivité des sols en fonction de la teneur en SO₄⁻ [16]

Degré d'agressivité	A1	A2	A3	A4
% en SO ₄ ⁻ dans le sol sec (*)	0,24 – 0,6	0,6 – 1,2	1,2 – 2,4	> 2,4
mg/l de SO ₄ ⁻ extrait du sol (**)	1200 à 2300	2300 à 3700	3700 à 6700	> 6700

(*) L'extraction se fait par HCl à chaud.

(**) L'extraction se fait par l'eau suivant le rapport: eau/sol = 2/1

Il faut noter que si plusieurs agents agressifs sont présents simultanément, la classe d'agressivité à prendre en compte est celle de l'agent dont la concentration ou le pH correspond au plus fort degré d'agressivité.

Si les agents agressifs sont en concentrations inférieures à celles qui correspondent au degré faiblement agressif, l'environnement est considéré comme non agressif (A₀)

V.19.2 Mode d'action des agents agressifs

1) les agents agressifs sous forme liquide

a) *Eaux douces*

Les eaux pures ou très peu chargées peuvent dissoudre les constituants calciques du béton. La dissolution est accélérée en présence d'ion Cl^- et Na^+ et retardée par les ions Mg^{++} et Ca^{++}

b) *Solutions acides*

Les solutions acides sont caractérisées par un $\text{pH} < 7$. L'agressivité des acides minéraux ou organiques dépend de la solubilité des sels formés.

Les acides minéraux libres (HCl , HNO_3 , H_2SO_4) sont des acides forts ayant un effet dissolvant sur le ciment et les granulats calcaires. L'acide sulfurique H_2SO_4 est doublement agressif par son acidité et par la formation de sulfate qui donne naissance à des composés secondaires expansifs (ettringite).

Les acides organiques libres tels que les acides acétiques, lactiques, butyriques, formiques contenus dans certaines eaux usées provenant des sucreries, papeteries, teinturerie, conserveries, distilleries, tanneries, laiteries, etc. attaquent les constituants calciques du ciment. Ils sont généralement moins agressifs que les acides minéraux.

c) *Solutions basiques*

Les solutions basiques sont caractérisées par un $\text{pH} > 7$. Les ciments Portland résistent généralement bien aux solutions basiques de concentration modérée (exemple $\text{NaOH} < 10\%$). Toutefois, des précautions (durcissement suffisant, imperméabilité) doivent être prises si le béton est en contact avec la solution, il faut noter que l'accumulation des sels peut provoquer des dégradations même pour de faibles concentrations.

Les ciments avec ajouts résistent un peu moins bien à ses solutions que les ciments Portland, les ciments alumineux sont détruits.

d) *les solutions salines*

L'agressivité des solutions salines dépend des propriétés des produits formés (solubilité, expansion) qui sont en relation avec les types de cations et d'anions constitutifs des sels.

d-1- Cations

- Magnésium: (chlore et sulfate) provoquent une solution d'échange de base $\text{Ca}^{++} \rightarrow \text{Mg}^{++}$ qui aboutit à la dissolution partielle des constituants calciques du ciment et à la formation de $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

d-2 Anions

- les sulfates: ils réagissent avec les aluminates du ciments en donnant des composés expansifs: gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ et ettringite $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaOSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ dont la cristallisation peut provoquer la fissuration du béton.

Les nitrates; excepté le nitrate d'ammonium fortement agressif par l'action combinée de son cation, la plupart des nitrates sont faiblement agressifs.

- les chlorures: dans les bétons non armés, s'ils sont en forte quantité, ils peuvent être légèrement agressifs pour le ciment durci par l'influence qu'ils exercent sur la solubilité de ses constituants. Dans les bétons armés et précontraints, le chlore est capable de détruire la protection alcaline des armatures et de provoquer leur corrosion.

- les sulfures: en présence d'air et d'humidité, leur oxydation qui peut conduire à la formation de sulfates. En milieu acide, il peut se former H_2S qui par son oxydation, donne de l'acide sulfurique très agressif.

- les carbonates, phosphates, oxalates, fluorures: ils formes avec la chaux des composés insolubles et n'attaquent pas le béton.

d-3 cas particulier de l'eau de mer

Les dégradations du ciment par l'eau de mer sont dues essentiellement aux actions combinées des ions sulfates et des ions Mg^{++} telles qu'elles ont été décrites plus haut. La présence d'ions chlorures réduit notablement l'action des sulfates, mais agit sur les armatures.

Dans les climats froids, l'agressivité des sulfates est accrue. Elle diminue légèrement dans les climats chauds alors que l'intensité des autres attaques augmente.

Au total, l'attaque par l'eau de mer des bétons armés est plus sévère dans les climats chauds.

Au actions chimiques de l'eau de mer peuvent s'ajouter l'action mécanique des vagues, l'effet du gel et les attaques biologiques.

d-4 cas particulier des graisses et des huiles

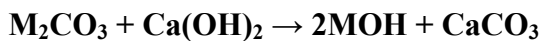
Si elles sont exemptes d'acides, leur agressivité vis-à-vis du béton imperméable est négligeable. Les réactions de saponification donnent des produits insolubles protecteurs.

Leur action dépend de la température qui modifie leur viscosité et leur possibilité de pénétration. Certaines huiles telle que les huiles de foie de morue, de baleine, de ricin, de noix de coco sont agressives et nécessitent une protection superficielle du béton.

d-5 cas particuliers d'une agression d'origine interne

Les alcalins contenus dans la phase aqueuse interstitielle des bétons provenant soit du ciment, soit des granulats eux-mêmes ou encore du milieu extérieur sont susceptibles de réagir avec certains types de granulats et de compromettre la pérennité des ouvrages. Deux types de réaction peuvent se produire:

- réaction alcali-carbonate (dédolomitisation) avec les granulats dolomitiques, qui se traduit par la dissolution superficielle du grunulat et la formation de $Mg(OH)_2$ avec régénération de l'hydroxyde alcalin suivant les équations :



avec $M=Li, Na, K$

Ces réactions conduisent à la décohésion de l'interface pâte de ciment-granulats et à la fissuration du béton.

2) les agents agressifs sous forme de gaz

Les gaz de combustion et les gaz rejetés par l'industrie peuvent contenir des acides minéraux libres, des acides organiques, de l'anhydride sulfureux, de l'acide sulfurique et de l'anhydride carbonique.

Des solutions agressives peuvent se former lorsqu'on descend au-dessous du point de rosée. De plus les composants gazeux non agressifs en eux-mêmes, peuvent se dissoudre dans l'eau (eau interstitielle du béton, eau de pluie, neige) et exercer une action nocive sur le béton, l'agressivité des gaz augmente fortement avec l'humidité relative du milieu (H.R.) > 60 %.

a) Anhydride sulfureux SO_2

Son oxydation en présence d'humidité peut provoquer la formation d'acide sulfurique et de sulfates.

b) Acide sulfhydrique H_2S

Se rencontre dans les eaux thermales, sulfureuses et ferrugineuses et surtout dans les eaux usées (égouts) peut également donner lieu par oxydation à la formation d'acide sulfurique et de sulfates. Une teneur supérieure à 5 mg/l de H_2S est considérée comme agressive.

c) L'anhydride carbonique CO_2

(Considéré comme élément principal de carbonatation du béton)

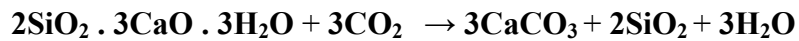
Toutes les considérations sur le comportement du béton sont généralement basées sur

l'hypothèse que l'air constitue le milieu ambiant et qu'il ne réagit pas avec la pâte de ciment hydraté [17]. Cependant, dans le béton le CO_2 réagit en présence d'eau H_2O pour donner l'acide carbonique H_2CO_3 qui a son tour réagit avec les différents hydrates du ciment et plus rapidement avec la Portlandite $\text{Ca}(\text{OH})_2$ qui donne comme résultat la formation du carbonate de calcium CaCO_3 [2] et [3]. C'est ainsi qu'on aura les réactions chimiques suivantes[18]:

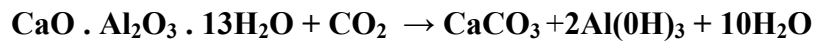


Autres réactions avec les différents hydrates

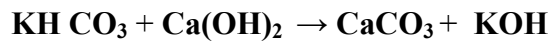
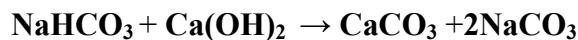
- Tobermorite:



- Aluminate



- Alkali



Nous constatons dans chaque réaction que le produit final contient le carbonate de calcium qui a pour effet de réduire le pH de la solution interstitielle dans la pâte durcie de ciment portland qui passe d'une valeur de l'ordre de 12,6 (milieu initial) à 9. Lorsque tout le $\text{Ca}(\text{OH})_2$ s'est carbonaté, la valeur du pH descend à 8,3. Les conséquences de cette baisse de pH méritent d'être mentionnées.

L'acier enrobé par la pâte de ciment hydraté forme rapidement une mince couche d'oxyde passif qui adhère fortement à la surface de l'acier et le confère une protection totale à l'égard de toute réaction avec l'oxygène et l'eau, c'est-à-dire à la formation de rouille ou de la corrosion. Cet état de l'acier est connu sous le nom de passivation.

Le maintien de cette passivation est conditionné par un pH suffisamment élevé de la solution interstitielle en contact avec la couche passivée. Donc lorsque le pH devient faible aux alentours de la surface des armatures, la couche protectrice se déstabilise et disparaît et la corrosion peut se produire en présence d'oxygène et d'humidité.

Il faut souligner qu'en raison de l'existence de gros granulats dans le béton, la carbonatation n'avance pas de façon uniforme. On peut également noter que, si les fissures sont présentes, le CO_2 peut y pénétrer de sorte que la carbonatation progresse localement à partir de ces fissures.

2) les agents agressifs sous forme de solide

Les sols contenant des sulfates présentent les mêmes risques d'agressivité que les eaux riches en sulfates s'ils sont humides.

L'agressivité dépend de l'eau contenue dans le sol (niveau de la nappe, variations saisonnières, courant, porosité du sol) de la quantité et de la nature des sulfates qu'il renferme (le sulfate de calcium, peu soluble est potentiellement moins agressif que les sulfates de sodium et magnésium très solubles).

Les sols marécageux peuvent contenir de l'acide carbonique, des acides organiques(acides humique).

Les décharges de déchets industriels, ordures ménagères, etc... peuvent renfermer des substances susceptibles d'être entraînées par les eaux d'infiltration et d'attaquer le béton.

Nous allons illustrer dans ce qui suit des cas de dégradations survenues aux éléments de construction réalisés en béton armé (Photos V.40, V.41 et V.42)

PhotoV.40: Détérioration de la longrine et du poteau par l'attaque des sulfates





PhotoV.41: détérioration du pied de poteau.



PhotoV.42: éclatement du béton au niveau du pied de poteau.

V.20 CAUSES LIES A L'EFFET DE L'EAU SUR LE TERRAIN DE FONDATION

L'eau peut être considérée comme un élément perturbateur dans beaucoup de terrain naturel ou constitué de remblais même anciens, et c'est ainsi qu'elle peut provoquer:

- des affouillements
- la modification des caractéristiques de certains terrains (tassements, glissements, coulées de boue, etc.).

1) les affouillements

Les constructions réalisées sur fondations insuffisamment enterrées et implantées le long des rivières peuvent être soumises à des affouillements importants durant les périodes de crue, l'eau entraîne le sol de fondation pendant son écoulement pouvant ainsi mettre en ruine les constructions concernées.

Nous allons dans ce qui suit illustrer l'effondrement du pont de Ain Touta survenu à la date 28/10/2003 pour cause d'affouillement du sol de fondation (Photos V.43, V.44 et V.45).



PhotoV.43: Le tablier du pont de Ain-Touta au fond du lit d'oued (cause:affouillement du sol de fondation)



PhotoV.44: La culée renversée, le tablier perd son équilibre.



PhotoV.45: La dégradation du tablier est due au choc subi par celui-ci contre la culée.

2) la modification des caractéristiques de certains terrains

La variation de la teneur en eau modifie les caractéristiques des sols constitués de grains très fins comme les argiles en donnant lieu à plusieurs types de phénomènes:

- le gonflement des sols argileux

Si un sol argileux à l'état sec est mis en contact avec l'eau, celle-ci arrive à pénétrer entre les

particules solides du sol considéré en y développant une pression interstitielle permettant ainsi à l'argile de gonfler d'où résultent les soulèvements des dallages sur terre-plein, fissuration de murs, rupture de cloisons comprimées entre le plancher haut du sous sol et le dallage qui se soulève.

- le retrait des argiles

Si maintenant sous l'effet de l'ensoleillement ou par abaissement du niveau de la nappe phréatique, l'argile saturé arrive à perdre la quantité d'eau qui était emmagasinée entre les particules solides, le sol va ainsi réduire de volume par disparition progressive de la pression interstitielle et augmentation de la pression sur les grains d'argile ce qui provoque le retrait du sol en question d'où l'apparition de tassements progressifs.

- la modification de la résistance du sol

La cohésion de l'argile et son angle de frottement diminuent avec l'augmentation de sa teneur en eau cette chute de résistance peut prendre plusieurs aspects:

- * la diminution de la force portante des sols

La résistance à la compression d'une argile décroît avec l'augmentation de la teneur en eau; d'après Terzagui, elle peut dépasser 0,4 MPa (4bars) pour les argiles très consistantes, mais être inférieure à 0,025 MPa (0,25 bars) pour les argiles très molles d'après ces données on peut comprendre pourquoi la fondation qui est fondée sur un sol argileux relativement dur pourra s'enfoncer dans ce même sol s'il se trouve ramolli par l'eau [3].

- * les glissements de terrain et les coulées de boue.

Les glissements de terrain des sols argileux peuvent être provoqués par l'augmentation de la teneur en eau.

V.21 CAUSES DUES AU GEL DE GEL

Lorsque la température devient inférieure à 0°C, le gel se manifeste dans les terrains humides, et c'est ainsi que l'eau se transforme en glace avec augmentation de volume. Lorsque cela se produit dans un sol à gros grains, humide mais non saturé comme c'est le cas par exemple des sols graveleux l'expansion de la glace se fait librement puisqu'il y a suffisamment de volume entre les grains mouillés et comme conséquence le terrain ne gonfle pas et les fondations posées sur ce type de fondation ne subissent pas de mouvement.

En cas où le sol est constitué de grains fins et dont les pores sont imbibés d'eau, l'expansion de la glace ne peut se faire librement sans écarter les grains du sol ce qui entraîne un gonflement du sol, et comme conséquence les fondations légères posées sur un tel sol et

insuffisamment enterrées, vont subir un soulèvement lors du gel et un enfoncement au cours du dégel.

V.22 CAUSES LIES AUX VARIATIONS CLIMATIQUES

Pendant la période pluviale les sols argileux sont susceptibles de gonfler alors que durant la sécheresse ces mêmes sols subissent un retrait, ces mouvements (gonflement et retrait) ont un effet néfaste pour les constructions fondées sur ce genre de terrain.

V.23 CONCLUSION

Après avoir évoqué les différentes causes de dégradations, nous pouvons dire qu'il existe d'autres causes qui peuvent être connues comme par exemple: la neige, le vent, la pluviométrie, le vieillissement des matériaux etc... mais il existe malheureusement peu d'informations sur les effets des combinaisons des différentes causes qui agissent en même temps sur le matériau ou la construction elle-même comme c'est le cas d'exemple: effet du gel + effet de l'attaque chimique, effet du vent + effet de la pluie, effet du refroidissement + effet de l'humidité.....

C'est pourquoi les intervenants dans l'acte de construire sont appelés à être prudents durant leurs missions en prenant toutes les précautions et dispositions nécessaires afin d'éviter toute apparition de dégradation au niveau de la construction.

CHAPITRE VI
DETERMINATION DES CAUSES DE DEGRADATION DES
CONSTRUCTIONS

VI.1 INTRODUCTION

Après avoir passé en revue les principales causes provoquant les dégradations des constructions, il nous paraît utile d'établir la méthode qui nous permet de déterminer la ou les causes de dégradation affectant principalement une structure en béton armé.

Cette méthode consiste à établir en premier lieu la liste des principales causes susceptibles de provoquer la dégradation constatée, puis on procède suivant six (06) étapes par élimination des causes facilement décelables d'après l'examen des symptômes

VI.2 ETAPES DE DIAGNOSTIC DES CAUSES DE DEGRADATION [7]

1- l'examen des erreurs éventuelles du projet

Durant cette étape, il importe de vérifier si la dégradation n'est pas due à une surcharge sous-estimée dans l'étude, on doit s'assurer de quel genre de contrainte aurait pu provoquer la détérioration observée. En effet la traction provoque des fissures sans épaufrure; par contre, l'éclatement ou l'épaufrure fait supposer la présence de compression excessive. Ensuite il convient de chercher des incompatibilités éventuelles entre le genre des contraintes et les dégradations. Par exemple si l'on a attribué l'origine des fissures à une traction excessive, et si ces fissures apparaissent dans la partie comprimée, il y a incompatibilité.

2- Etablissement du rapport direct entre les causes possibles et les symptômes des dégradations

Il convient durant cette étape d'établir un rapport direct entre les causes possibles et les symptômes fondamentaux des dégradations.

L'établissement des rapports se fait par l'utilisation d'un organigramme (voir pages 87 à 92).

3- Elimination des causes facilement identifiables

Après avoir établi un rapport entre les causes possibles et les symptômes de dégradation, on peut tout simplement procéder à l'élimination des causes qui sont identifiables ce qui facilite grandement l'analyse, les cas d'exemples suivant permettent une bonne compréhension:

a) la corrosion de l'armature se manifeste tout au début par l'apparition d'une série de fissures parallèles aux armatures, les taches de rouilles apparaissent le long de ses fissures, le plan de clivage se forme au niveau du réseau de ferrailage et enfin le béton de recouvrement éclate et se détache des armatures.

Si tous ces symptômes concordent, il s'agit bien de corrosion dont il faut trouver l'origine. S'agit-il d'une corrosion aqueuse, chimique ou électrolyte?

b) - En cas où la détérioration est due à un choc, le béton de recouvrement est éclaté et l'armature est mise à nu, éventuellement pliée. Si l'impact est récent l'armature n'est pas encore rouillée.

4- Examen de l'état des fondations

Le mouvement des fondations est une cause fréquente de dégradation c'est pourquoi, il est nécessaire de:

- a)** faire l'historique de l'ouvrage en déterminant la période de construction, le type de matériaux utilisés, le système constructif, la maturation du béton, la nature et les caractéristiques du terrain.
- b)** déterminer le mouvement éventuel de l'ouvrage.
- c)** faire une étude exhaustive de la dégradation; examiner l'endroit de son apparition ainsi que les dégradations secondaires.

5- Analyse des indications disponibles

Il convient durant cette étape de suivre la démarche suivante:

a) désintégration de surface; il faut s'assurer d'abord s'il ne s'agit pas de matériaux défectueux.

b) si les matériaux sont satisfaisants, il reste à examiner une des trois possibilités suivantes:

- l'agressivité chimique
- l'altération climatique
- l'altération mécanique (abrasion).

Par élimination, il est possible de détecter la source des désintégrations de surface.

c) s'il s'agit de gonflement du béton, il y a trois causes possibles:

- agression chimique (de type expansif)
- absorption de l'eau
- hausse localisée de température.

d) si l'épaufrure est observée, il est très souvent dû à la corrosion interne de l'armature, parfois à l'expansion due à la détérioration interne du béton.

e) la fissuration peut être causée par:

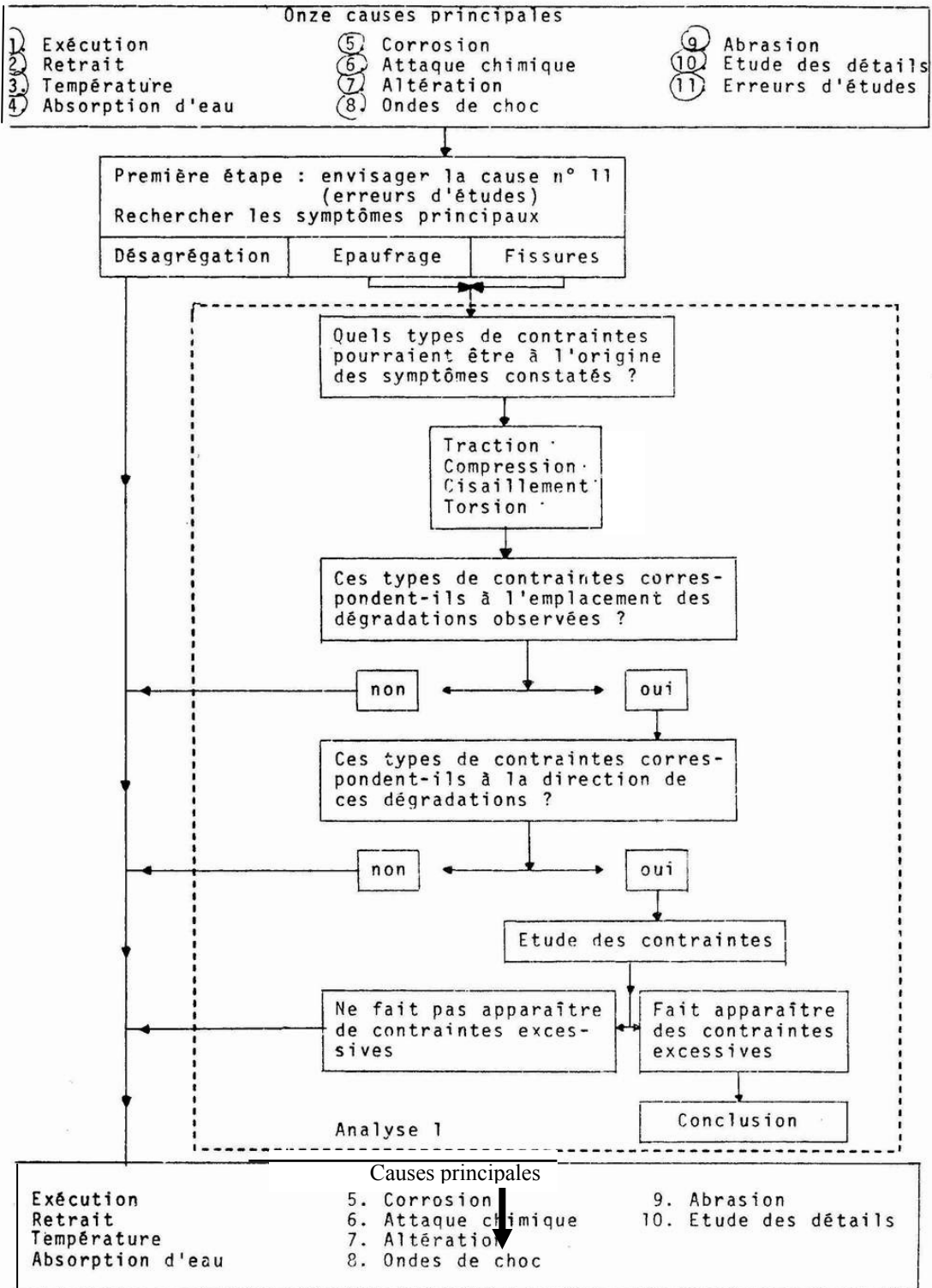
- les phénomènes consécutifs aux opérations de construction
- contrainte de retrait empêchée
- agression chimique
- défaut de réalisation des détails.

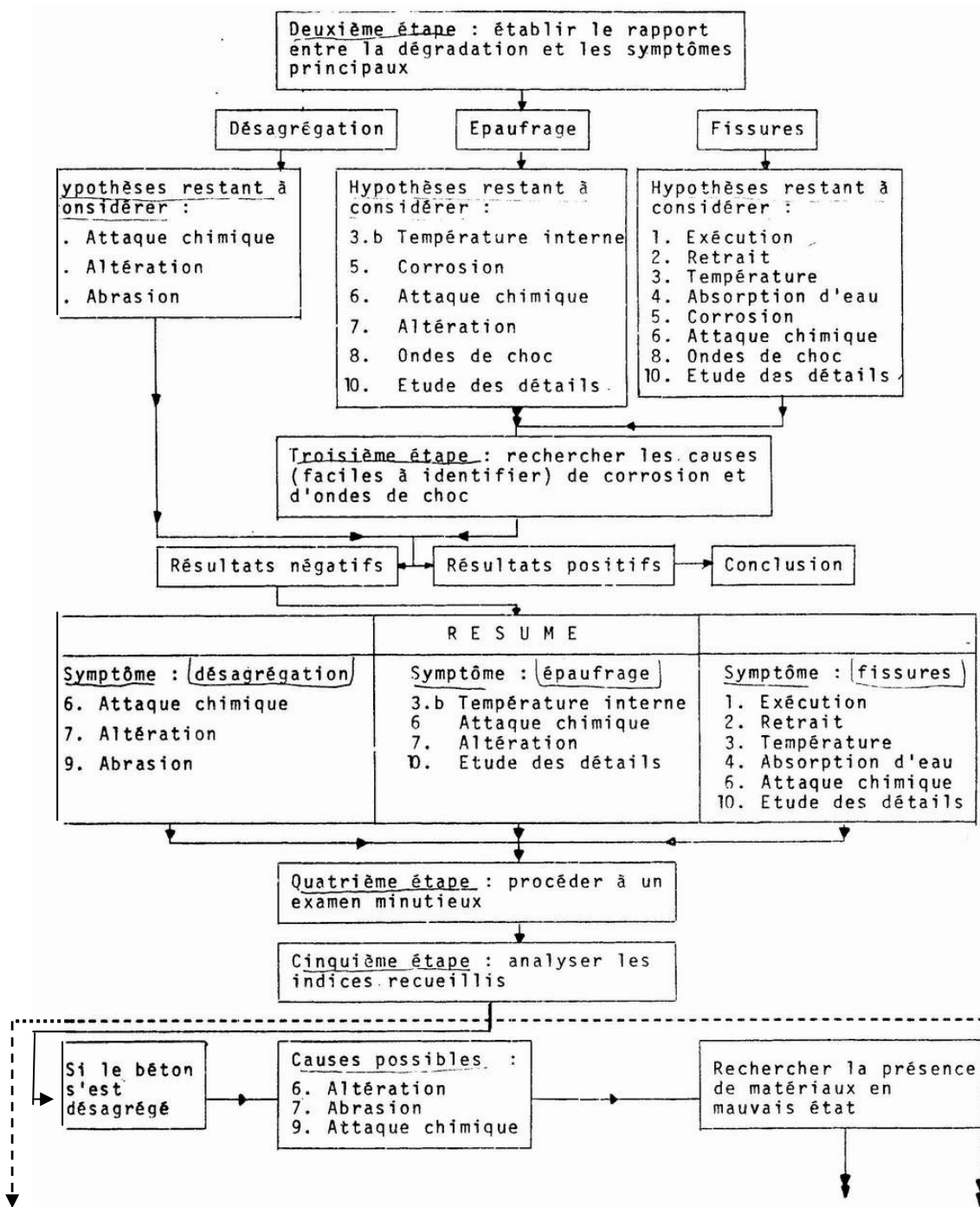
6- Détermination de la ou les causes de la dégradation

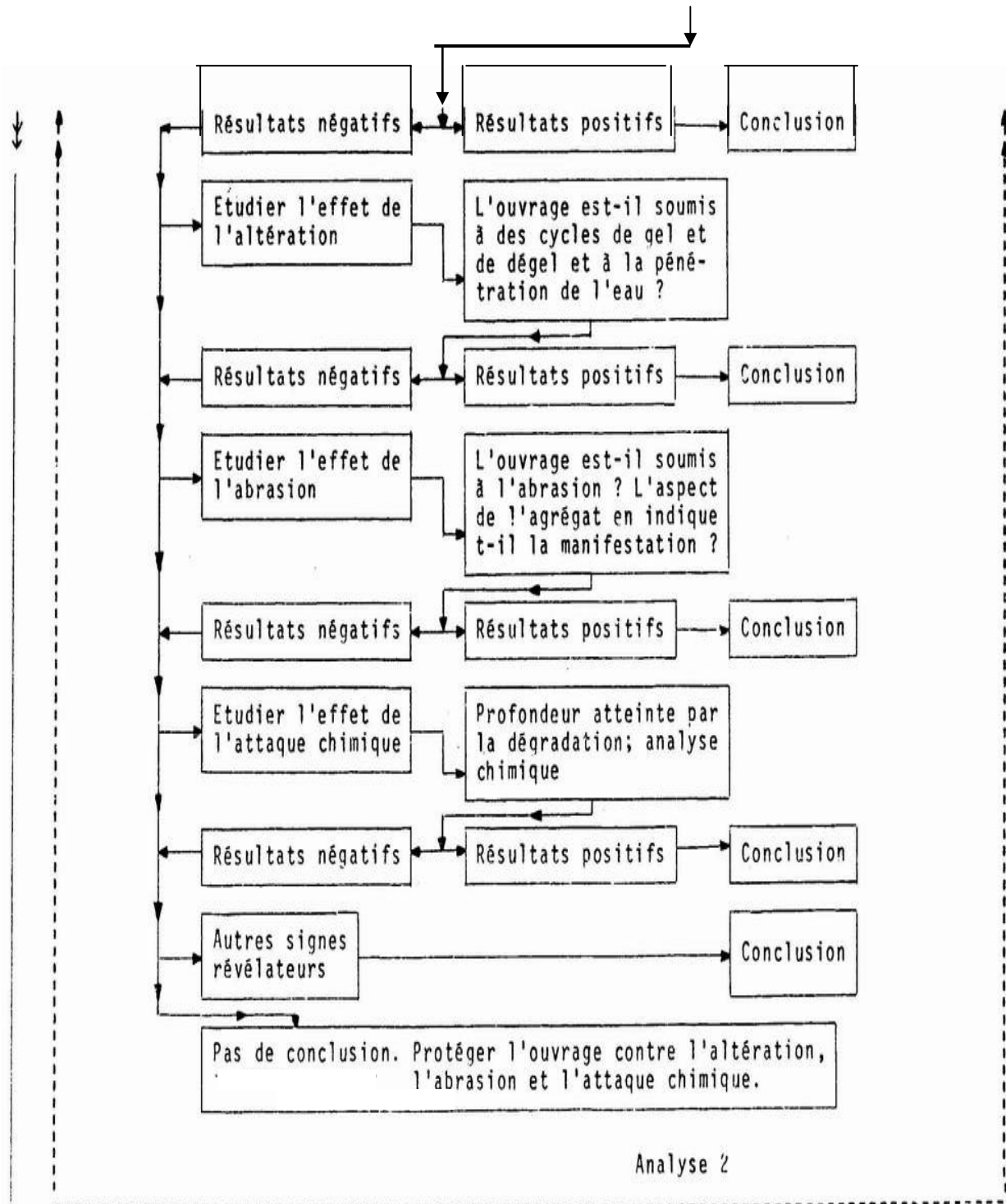
Le plus souvent, plusieurs causes coexistent et il convient de définir les plus probables.

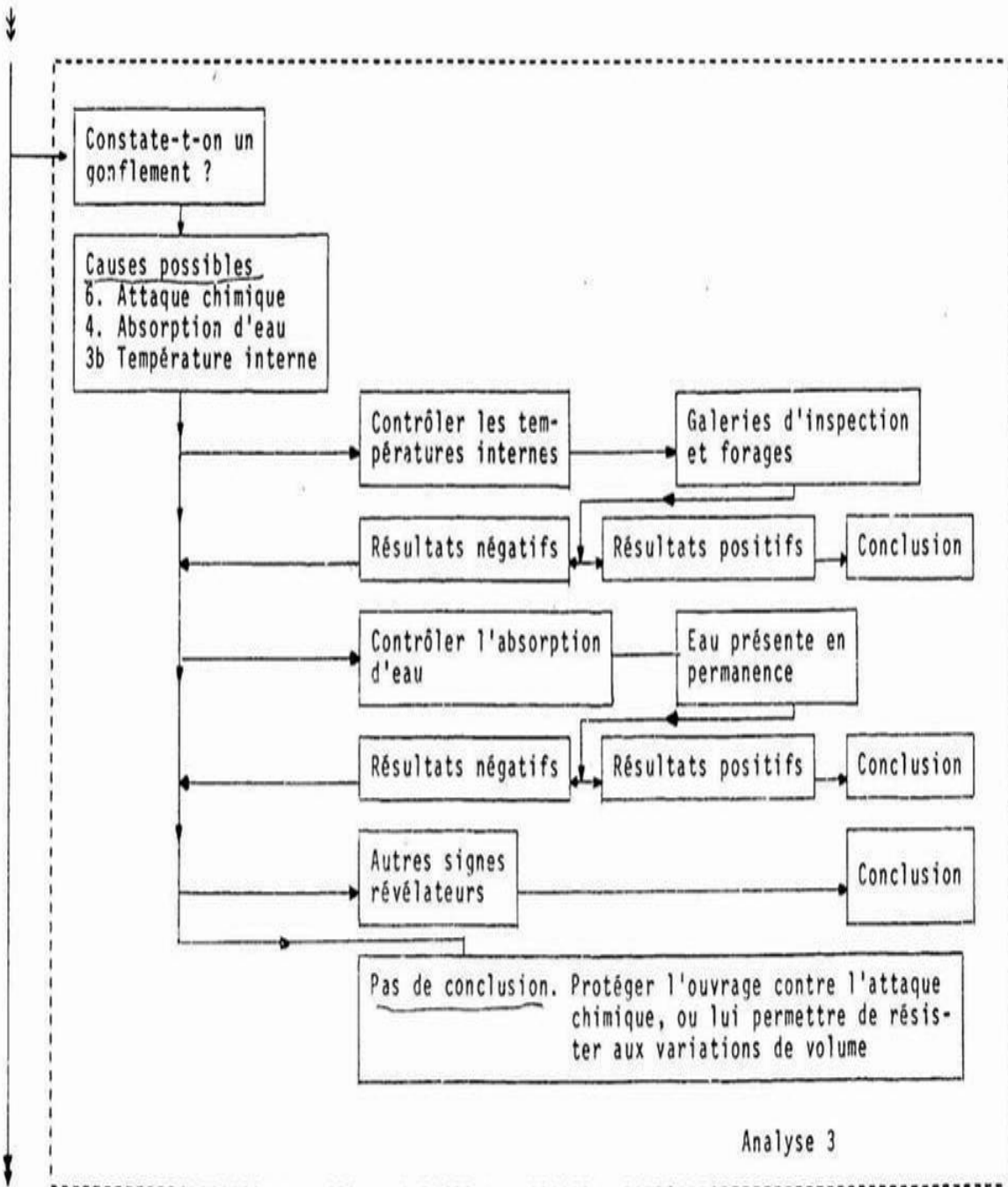
Nous jugeons utile de reproduire dans ce qui suit l'organigramme [7] qui s'utilise pour la détermination des causes de dégradations des structures en béton armé.

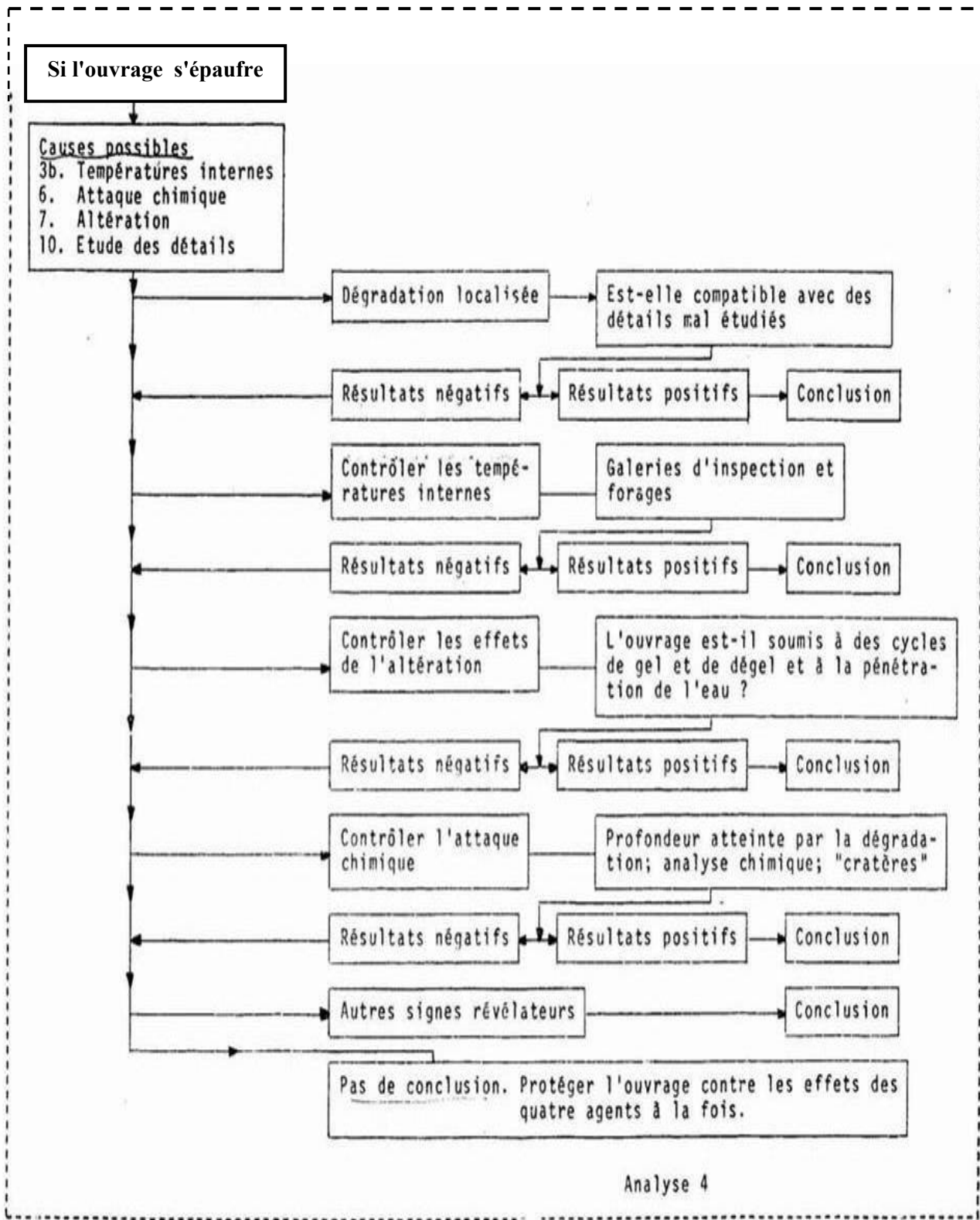
VI.3 ORGANIGRAMME UTILISE POUR LA DETERMINATION DES CAUSES DE DEGRADATION DES STRUCTURES EN BETON ARME

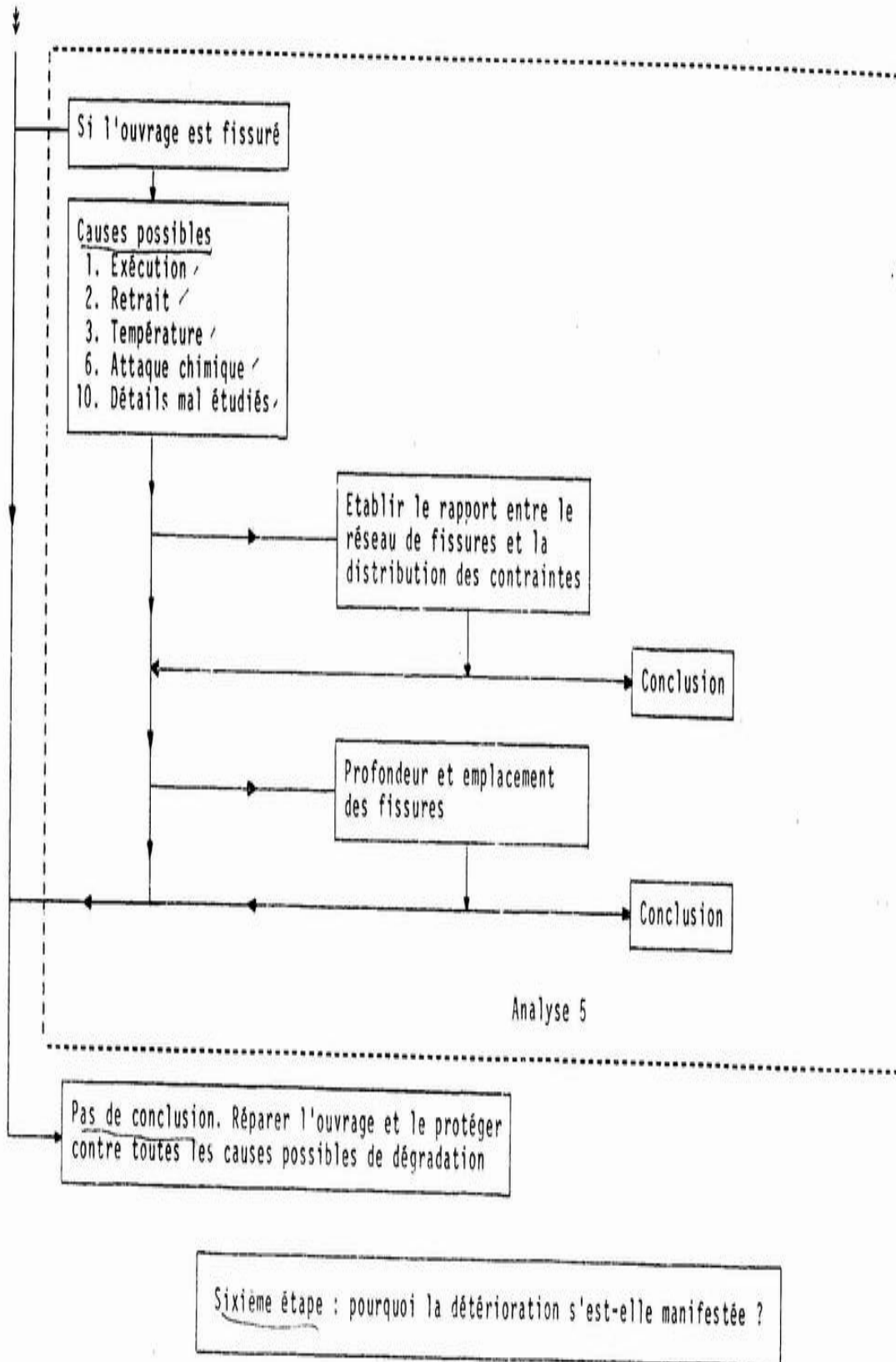












VI.3 UN CAS D'EXEMPLE: DETERMINATION DES CAUSES PROVOCANT L'EFFONDREMENT DES TOURS DU CENTRE MONDIAL DE COMMERCE AUX ETATS -UNIS D'AMERIQUE

Le premier cas de désordre qui a attiré l'attention de plusieurs nombres spécialistes et non spécialistes dans le monde entier c'est bien celui de l'effondrement qui est survenu le 11/09/2001 aux tours du centre mondial de commerce aux Etats Unis d'Amérique (World Trade Center: WTC) de nombreuses notes ont été déjà publiées pour expliquer le mode de ruine observé. Nous reprenons ci après la contribution de deux spécialistes Américains (Zdenek P.BAZANT & Yang ZHAN) traduite avec la collaboration de M.B. Tilouine dont voici le texte intégral:

" Les tours jumelles du WTC furent calculées pour résister globalement à l'impact horizontal d'un gros avion commercial. Pourquoi alors un effondrement total s'est- il produit? La raison est la conséquence dynamique de l'échauffement prolongé des colonnes d'acier à très haute température. L'échauffement provoqua un flambement par fluage des colonnes périphériques de la tour formant l'ossature du tube, qui transmet le chargement vertical au sol de fondation. Le scénario probable de l'effondrement peut être expliqué comme suit.

Lors de la phase 1 voir (figureVI.1), la déflagration causée par kérosène de l'avion déversé à l'intérieur de la structure provoque un échauffement de l'acier des colonnes à des températures excédent 800°C (de loin plus élevées que celles préconisées par les normes d'incendie ASTM). L'échauffement est probablement accéléré par une perte de la protection thermique de l'acier durant l'explosion initial.

Lorsque l'acier de la structure est chauffé à de telle température, il exhibe un fluage important, c'est-à-dire une augmentation progressive sous chargement. Ainsi, la rigidité effective des colonnes est réduite de manière importante et il découle le flambement de nombreuses colonnes (phase 2) et par voie de conséquence une perte de leur capacité portante (le flambement en théorie de petites déformations ne cause évidemment pas de chute de capacité portante verticale des colonnes; mais les déformations visco-plastiques importantes peuvent réduire cette capacité virtuellement à zéro). Une fois qu'environ un peu plus de la moitié des colonnes de l'étage critique qui est échauffé, se soit endommagée par flambement (phase 3), le poids de la partie supérieure de la structure au dessus de ce plancher ne peut plus être supporté, et ainsi la partie supérieure commence à s'écrouler sur la partie inférieure en dessous de se plancher critique, acquérant une vitesse jusqu' à ce qu'elle vienne buter sur le sommet

des colonnes du plancher sous-jacent. A l'instant auquel la partie supérieure a chuté d'une distance égale à la hauteur de l'étage, elle acquiert une énergie cinétique énorme et une vitesse de chute significative. L'impact vertical de la partie supérieure engendre dans les colonnes sous-jacentes des charges verticales autrement plus importantes (phase 4), même si ces colonnes n'ont pas été affectées par la chaleur. Ainsi, les colonnes de cet étage subissent également un endommagement par flambement. Ce flambement progressif sous des impacts dynamiques successifs est en suite répété d'étage en étage.

Les détails du processus de rupture, après le déclenchement initial décisif ayant généré le mouvement de la partie supérieure sont évidemment plus complexes. Par exemple, la partie supérieure subit une inclinaison dans sa chute; du fait que la structure est un tube constitué de portique avec des poutres de plancher de grandes portées, les planchers ayant subi l'impact peuvent s'effondrer avant le tube privant ainsi la paroi du tube de son support latéral contre le flambement d'ensemble. Mais indépendamment de tels détails et d'autres, les deux estimations suivantes, simples et approchées, du rapport de surcharge des colonnes de l'étage immédiatement en dessous de l'étage critique qui déclancha la réaction en chaîne catastrophique d'évènement, peuvent être effectuées.

Un instant après l'impact vertical de la partie supérieure, mais après que l'onde causée par l'impact vertical se soit propagée vers le bas, la partie inférieure de la structure peut être considérée approximativement comme agissant de manière comparable à un ressort vertical (figure à droite). En négligeant l'énergie de dissipation, particulièrement celle due au flambement des colonnes, et en égalisant la perte d'énergie potentielle par gravité de la partie supérieure dû à son déplacement vers le bas à partir de sa position initiale d'équilibre jusqu'au point de déflexion maximale de la partie inférieure considérée comme ayant un comportement élastique, on obtient l'équation suivante:

$$mg[h+(P/C)]= P^2/2C$$

Sa solution $P= P_{dyn}$ fournit le rapport de surcharge suivant dû à la partie supérieure:

$$P_{dyn}/p_o = 1 + \sqrt{1+(2Ch/mg)}=31$$

Où:

h = hauteur des colonnes de l'étage critique(égale à la hauteur de la chute initiale de la partie supérieure) $\approx 3.7m$,

m = masse de la partie supérieure $\approx 5.8 \times 10^7 kg$

C = raideur du ressort de la partie inférieure en compression axiale $\approx 7.1 \times 10^{10} N/m$,

g = accélération de la pesanteur,

Les données précédentes constituent des estimations valables pour la Tour << Nord >> basées sur les propriétés typiques de ce type de bâtiments.

La seconde, simple et grossière estimation du rapport de surcharge initial, au moment de l'impact, est:

$$P_{\text{dyn}}/p_o = (a/p_o) \sqrt{2\rho g E_{\text{ef}} h} \approx 64.5$$

Où:

A = aire de la section horizontale du bâtiment,

E_{ef} = rigidité des sections de toutes les colonnes divisées par A,

ρ = masse spécifique du bâtiment par unité de volume.

Cette estimation est calculée à partir de l'équation de propagation des ondes élastique qui fournit l'intensité du front d'ondes de pressions verticales causées par l'impact dans le cas où la vitesse de la partie supérieure au moment de l'impact sur le plancher critique est considérée comme la condition limite.

Cette dernière estimation donne le rapport de surcharge initial qui n'existe que pour une fraction de seconde au moment de l'impact. Après que l'onde se propage vers le sol, la première estimation est appropriée.

Malgré la nature approchée de cette analyse, il est évident que les forces élastiques calculées dans les colonnes, causées par l'impact vertical de la partie supérieure doivent avoir excédé la capacité portante de la partie inférieure d'au moins un ordre de grandeur. [19].

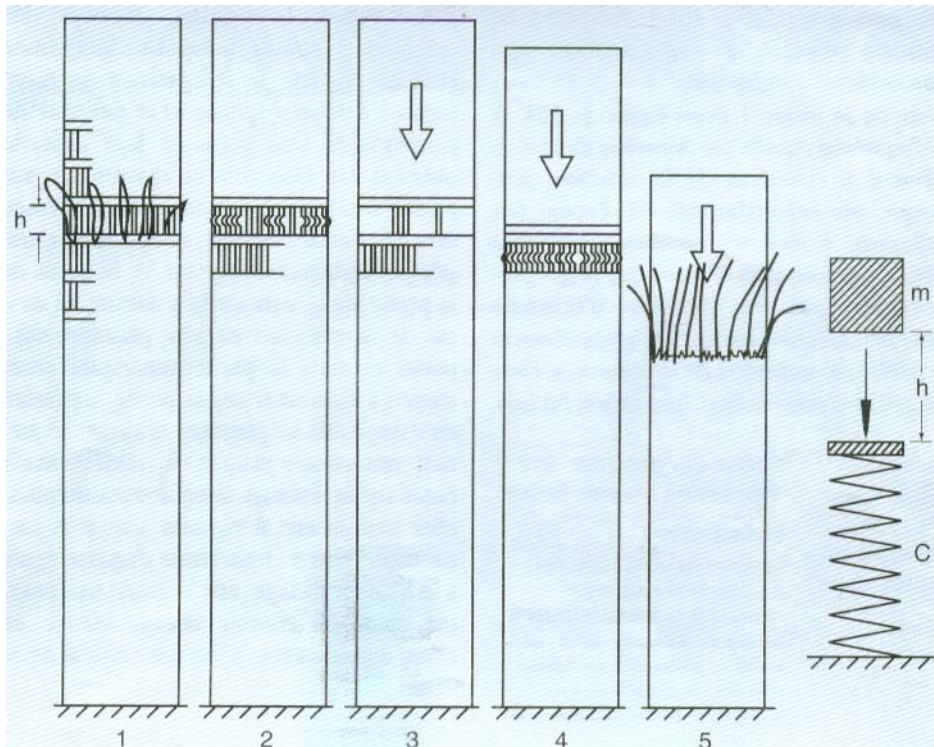


Figure VI.1: Les phases d'effondrement du centre mondial de commerce aux Etats Unis d'Amérique (évènement du 11/09/2001)

VI.3 ILLUSTRATION DE QUELQUES CAS DE DEGRADATIONS SURVENUES AUX CONSTRUCTIONS DEJA EXISTANTES

Durant les enquêtes que nous avons menés sur un certain nombre de constructions existantes, nous avons constaté des dégradations de différents types, et c'est pourquoi nous jugeons utile d'illustrer dans ce qui suit les cas les plus fréquents

- **Dégradations dues aux infiltrations d'eau pluviale**

Les parties des constructions les plus exposées aux infiltrations d'eau pluviale sont bien les planchers terrasses, les balcons, les auvents, les escaliers..., c'est pourquoi elles nécessitent d'être protégées contre ces infiltrations par utilisation d'une étanchéité ou un revêtement adéquat, faute de quoi elles seront affectés par des dégradations de différents types (Photos VI.1 à VI.8).

- **Dégradations dues à l'excès d'eau de gâchage**

Un excès d'eau de gâchage provoque dans la plupart des cas la ségrégation du béton (Photos VI.9).

- **Dégradations dues au mauvais choix du ciment**

L'utilisation d'un ciment normale pour les éléments en béton qui sont en contact avec un sol agressif est la cause de la détérioration de ce béton (Photos VI.10).



PhotoVI.1: début de fissuration d'un plancher



PhotoVI.2: Chute d'une partie en corps creux



PhotoVI.3: Détérioration de la dalle



PhotoVI.4: Chute d'une partie de la dalle



PhotoVI.5: Début de fissuration du béton



PhotoVI.6: Détérioration du balcon



PhotoVI.7: Paillasse d'escalier vue de profil



PhotoVI.8: Corrosion des aciers "escalier"



PhotoVI.9: Ségrégation du béton excès d'eau



PhotoVI.10: Pulvérisation du béton

- **Dégradations dues aux travaux d'extension**

Les travaux d'extension qui se font sans la prise de précautions nécessaires provoquent dans la plupart des cas des tassements (PhotosVI.11 etVI.12).



PhotoVI.11: La partie de la construction située à gauche de la fissure a été réalisée en 1982, tandis que la partie située à droite de la fissure a été réalisée en 1997 sans la prise en compte de dispositions nécessaires ce qui a provoqué la fissuration.

PhotoVI.12: La fissure a pu connaître sa position réelle même à travers le revêtement en céramique, l'état de la fissure nous justifie que c'est un tassement différentiel qui s'est produit.



CHAPITRE VII
REMEDES ENVISAGES POUR DES CAS DE DEGRADATIONS

VII.1 GENERALITES

Dans notre étude, on sous entend par l'expression " remèdes des dégradations " l'apport de solutions ou de traitements à l'ouvrage dégradé pour aboutir à des fins préalablement définies en accord entre le maître d'ouvrage et l'entrepreneur.

On peut dire aussi que " les remèdes des dégradations " font partie des travaux d'entretien et d'amélioration des constructions, c'est pourquoi nous jugeons utile de définir quelques termes qui s'utilisent le plus couramment dans le langage de l'entretien des constructions, c'est ainsi qu'en se basant sur le document [20], nous donnons ci-après la signification des termes suivants:

Amélioration: tous travaux effectués sur des ouvrages existants qui, sans changer leur usage, offrent des prestations nouvelles ou de niveau supérieur pour l'utilisateur.

Réhabilitation: concerne les travaux visant à la fois à conforter un bâtiment et à le remettre en état en le dotant des éléments du confort moderne.

Remise en état: intéresse les travaux qui permettent de retrouver l'état initial.

Rénovation urbaine: opération concernant l'ensemble d'un quartier qui implique la démolition d'immeubles, la libération du sol, le remembrement des parcelles, la redistribution des utilisations du sol en voirie, logements, équipements et la reconstruction à neuf.

Renforcement: vise l'ensemble des travaux à effectuer sur un ouvrage dégradé ou non pour lui permettre de résister à des sollicitations d'intensité supérieure à celles initialement prévues.

Réparation: vise l'ensemble des travaux à effectuer sur un ouvrage dégradé pour lui restituer les performances prévues.

Restauration: travaux visant à remettre en état un bâtiment dans son état original du fait de son intérêt architectural ou historique marqué.

Transformation: concerne les travaux ayant pour but de modifier l'utilisation d'une construction existante.

VII.2 LES CAS DE REMEDES ENVISAGES

Avant de procéder aux travaux de réparation ou de renforcement d'un ouvrage dégradé, il est nécessaire de procéder à la mise en observation de la construction endommagée et suivre l'évolution des désordres qui permettent de déterminer si la construction est

stabilisée ou non; dans ce dernier cas il convient de savoir, en outre, si la phase ultime de l'évolution est la stabilisation ou l'effondrement

Le mode de réparation ou de renforcement est très différent suivant qu'il s'agit des travaux d'urgence ou il suffit d'attendre la stabilisation.

Dans le cas de la stabilité s'obtient d'elle-même sans mettre en péril la solidité du bâtiment il serait vain de procéder à des réparations prématurées.

Si on a des craintes à long terme pour la stabilité du bâtiment, il faut entreprendre d'urgence les travaux de renforcement [21]

Pour notre cas nous allons évoquer les cas de réparation et de renforcement suivant:

1. Réparation par béton projeté [6]

Depuis plus de soixante dix ans la projection du béton sur des supports divers (bétons, grillages, maçonneries, terrains, etc...) est utilisée tant pour construire des ouvrages neufs que pour réparer ou renforcer des constructions existantes. On dispose donc d'une grande expérience concernant le comportement du béton projeté. Sa participation à la reprise des efforts a été confirmée lors d'essais réalisés en laboratoire: des éléments de construction renforcés avec du béton projeté se rompent comme un élément témoin coulé en une seule fois, aucune anomalie n'apparaissant en général à la jonction des deux bétons. Cette technique exige toutefois un personnel spécialisé

a- Définitions et formulations

Ce béton est projeté à haute vitesse sur une surface à l'aide d'air sous pression, il nécessite peu ou pas de coffrage. Sa composition est assez semblable à celle d'un béton usuel mais avec une quantité de sable plus importante que celle de gros granulats. Le rapport E/C est généralement compris entre 0.35 et 0.50 et les résistances à la compression sont comprises entre 30 et 40 MPa

La différence entre le béton et le mortier projeté utilisé en réparation, est caractérisée par la dimension maximale D des granulats utilisés, puisque on distingue:

- pour un mortier, $D \leq 5$ mm (module AFNOR 38)
- pour le béton $D \leq 16$ mm projeté en voie sèche et $D \leq 12$ mm en voie mouillée.

Parfois D est de l'ordre de 6 à 8 mm dans ce cas le nom « béton projeté » paraît exagéré, car il s'agit en fait de « micro-béton » ou de mortier grossier.

La composition du mélange doit être adaptée aux différentes contraintes liées à la mise en œuvre, aux conditions de chantiers et aux conditions d'exposition [22].

b- Equipement de mise en œuvre

La projection du béton est réalisée à l'aide d'un équipement composé de:

- une pompe où le mélange est introduit
- une conduite de transport qui permet son acheminement jusqu'au lieu d'utilisation
- une lance de projection fixée à l'extrémité de la conduite

c- Principe de mise en œuvre

La mise en œuvre du béton projeté se fait par voie sèche ou par voie mouillée.

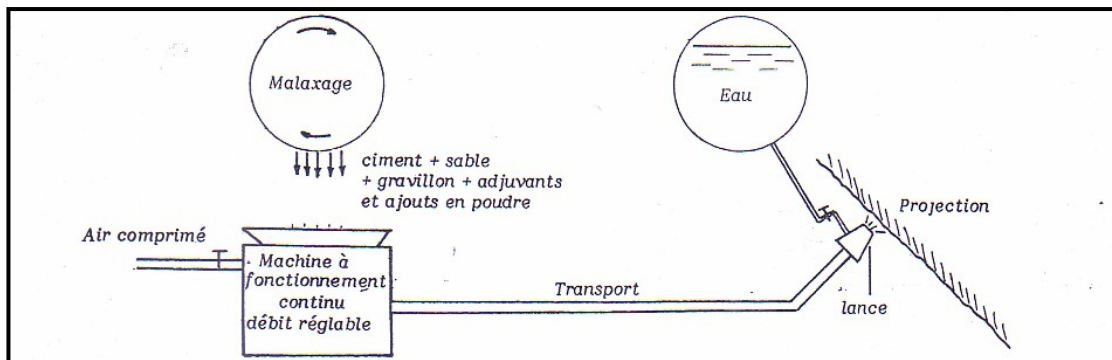
- *Projection par voie sèche*

Dans ce cas le mélange, constitué de granulats à humidité naturelle (c'est-à-dire de teneur en eau limitée à une valeur maximale de 6 à 9 %) et du ciment, est introduit dans la pompe puis transporté par de l'air comprimé jusqu'à la lance de projection où l'eau de gâchage est injectée (FigureVII.1).

La projection par voie sèche se caractérise principalement par:

- une grande vitesse de projection du béton (80 à 100 m par seconde)
- une possibilité de transport horizontale à grande distance (jusqu'à 500 m) et verticale (jusqu'à 150 m).

La projection du béton peut se faire en général sans adjuvants ni ajouts spécifiques.



FigureVII.1: Projection par voie sèche [12].

- *Projection par voie humide*

Pour ce cas le béton est versé gâché dans la pompe puis refoulé dans la conduite par pompage jusqu'à la lance, où l'air comprimé nécessaire à la projection est introduit (Figure VII.2).

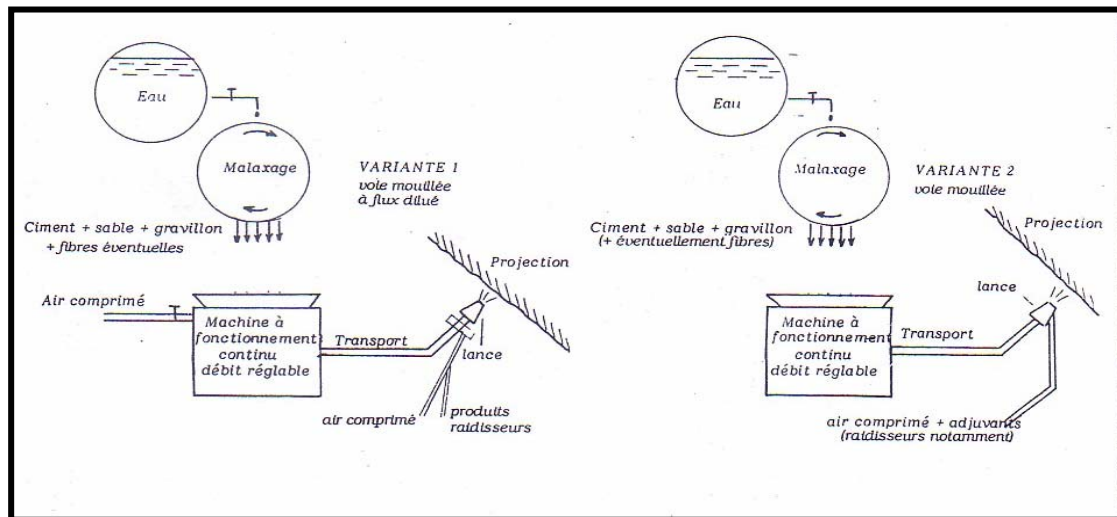
Cette méthode est caractérisé par:

- une vitesse de protection plus réduite (généralement entre 10 et 40 m/s)
- la possibilité de projeter avec des débits importants

L'utilisation d'adjuvants ou d'ajouts spécifiques peut être nécessaire.

Les méthodes précédentes comportent des variantes:

- pour la voie sèche, le mélange reçoit l'eau de gâchage en amont de la lance qui a pour effet de réduire la vitesse de sortie, ainsi que le brouillard accompagnant la projection.
- pour la voie mouillée, le transport est réalisé par l'air dans lequel le béton est dilué. Cette dilution permet une vitesse de projection plus grande et facilite le transport du béton.



FigureVII.2: Projection par voie humide [12].

d- Propriété du béton projeté

- Propriétés générales

La projection n'étant qu'un mode particulier de mise en œuvre du béton, le produit obtenu possède des propriétés d'un béton coulé ou pompé puis vibré.

Toutes les directions de projections sont possibles y compris en plafond. C'est ce qui rend le béton projeté adapté pour réaliser les travaux de bétonnage avec une épaisseur variant de 1 à 25 cm sur des supports de forme quelconque.

- Propriété spécifique d'adhérence au support

L'expérience et les essais ont montré que le béton projeté possède une bonne adhérence aux supports par la voie sèche et sous certaines conditions pour les voies mouillées. D'une

façon générale la projection par voie sèche est recommandée pour les travaux de réparation des ouvrages en béton.

- *Cas de la voie sèche*

Dans ce cas, la projection à grande vitesse sur une surface préalablement préparée assure une bonne liaison et un béton compact. Le phénomène s'explique comme suit:

- en début de projection, (Figure VII.3) tous les gros granulats rebondissent, seules les fines particules du béton imprègnent le support et il se forme une couche de mortier plastique riche en ciment ce qui favorise l'adhérence.
- la projection sur ce mortier, entraîne l'incorporation des gravillons et le béton se constitue. Le choc des gravillons assure le compactage du béton.

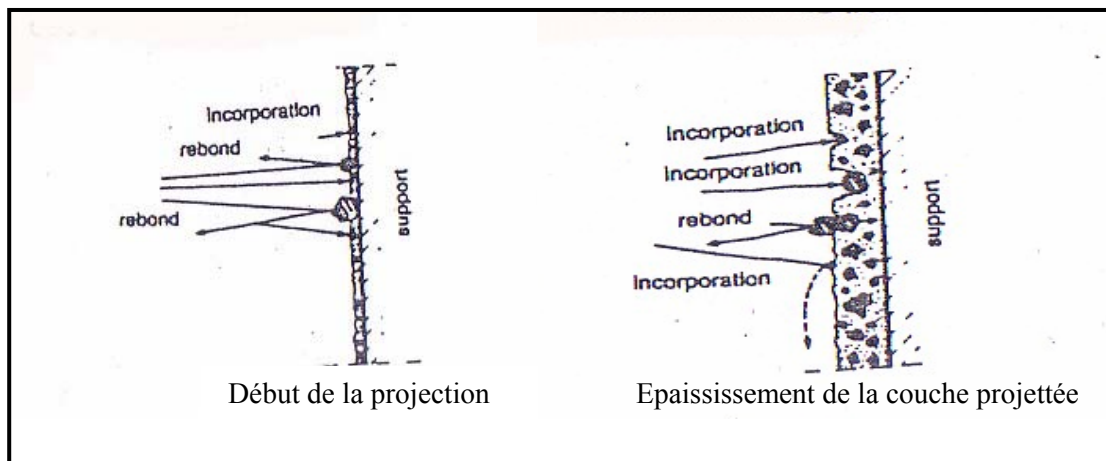


Figure VII.3: Processus de projection par voie sèche [12].

- *Cas de la voie mouillée*

Dans ce cas, la vitesse de projection est généralement insuffisante pour assurer une bonne imprégnation des supports. L'adhérence est de ce fait réduite.

Aussi, pour obtenir un résultat satisfaisant il a lieu de prévoir, après préparation des supports, l'application d'une couche d'accrochage. Des précautions particulières doivent

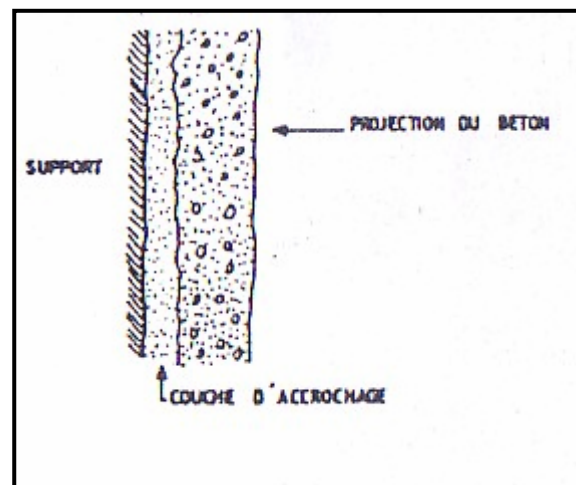


Figure VII.4: Processus de projection par voie humide [6].

également être prises pour obtenir une bonne résistance au gel ou au feu lorsqu'elles sont nécessaires.

e- Liaison acier-béton projeté

L'adhérence du béton projeté sur les armatures est comparable à celle obtenue avec un béton mis en œuvre par d'autres moyens et le béton projeté assure la passivation et protection de l'acier.

Des armatures additionnelles peuvent être associées au béton projeté utilisé pour le renforcement des constructions.

Elles sont dimensionnées, façonnées et positionnées de manière à permettre la projection du béton.

f- Conséquence de l'adhérence du béton projeté

Seul ou associé avec des armatures additionnelles, la projection des constituants traditionnels du béton donne la possibilité de concevoir un ensemble monolithique entre l'ancien béton et le nouveau béton projeté, de plus:

- le retrait de prise est limité grâce à la mobilisation de l'adhérence sur les supports, cette adhérence entrave le retrait du béton.
- la stabilité de forme est conservée, le béton projeté se comporte sous l'effet des variations de l'hygrométrie et des températures ou du feu comme un matériau support.
- un transfert des sollicitations de la partie ancienne vers la partie nouvelle en béton projeté s'établit par les liaisons d'adhérence sur le support et les armatures.

La coopération du béton projeté à la reprise des efforts dépend en effet des adhérences, de la résistance du béton projeté ainsi que celle du béton support.

g- Bétons spéciaux

Pour répondre à des conditions particulières d'exploitation ou pour résister à un environnement particulièrement agressif on peut être amené à donner au béton projeté des propriétés spéciales en choisissant les granulats, le ciment ou des adjuvant adaptés:

- béton de granulats légers
- béton de fibres
- béton à haute résistance mécanique
- béton résistant à certaines actions chimiques, au gel ou au feu.

h- Domaine d'application

Le béton projeté permet la réparation des ouvrages endommagés ainsi qu'une mise en œuvre en conformité des éléments, l'adaptation ou le renforcement des structures insuffisantes ou défailtantes.

Le béton projeté peut être utilisé en particulier pour:

- le ragréage des bétons épaufrés
- l'enrobage des armatures apparentes (FigureVII.5)
- la réfection des structures dégradées (bétons carbonatés, gélifs, brûlés, fissurés, caverneux ou décollés) (FigureVII.6).

Si un renforcement de l'ouvrage est nécessaire, on associe alors une armature additionnelle.

Appliqué sur la totalité des parements avec ou sans armature de renfort, le béton projeté permet de réaliser entre autre:

- l'enrobage correct des armatures
- l'augmentation de la stabilité au feu des constructions
- l'adjonction d'éléments de structure
- le renforcement des éléments de construction

En choisissant les granulats et le liant appropriés, la projection du béton rend possible la réalisation de revêtements spéciaux adhérents et esthétiques. Selon la destination des ouvrages, ces bétons spéciaux sont composés de manière à résister durablement aux chocs, à l'abrasion, à la corrosion, au gel, à la chaleur, etc...

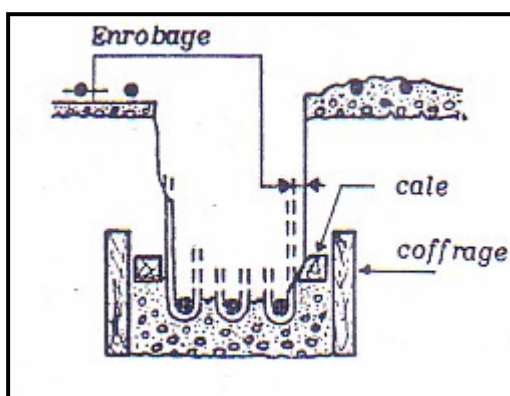


Figure VII.5: Reconstitution du fond de la poutre et sous face de la dalle [12].

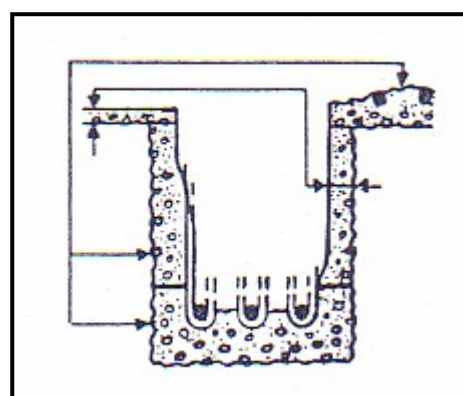


Figure VII.6: Reconstitution du fond et des joues de la poutre [12].

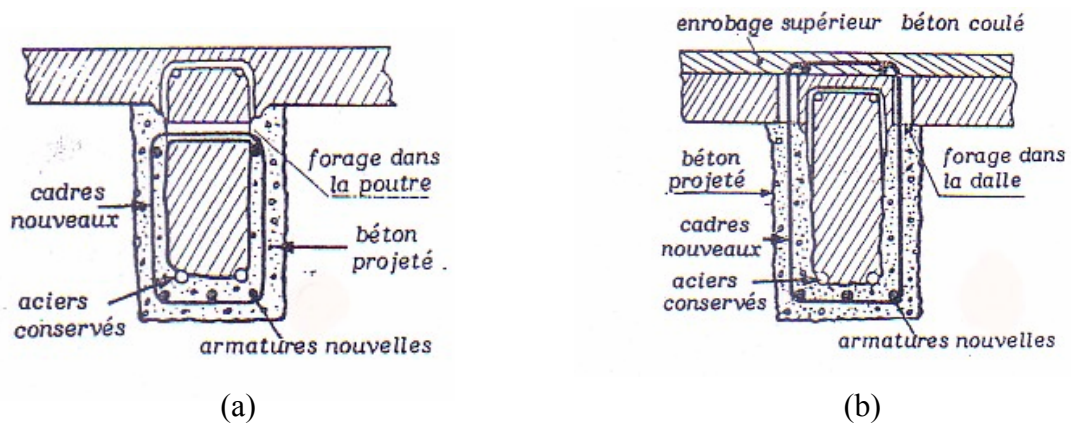


Figure VII .7: Réparation des poutres avec destruction partielle des aciers [12].

(a) Addition d'aciers longitudinaux plus cadres introduits par forage en partie haute de la poutre.

(b) : Addition d'aciers longitudinaux plus cadres introduits par forage vertical de la dalle

2. Renforcement des poteaux

Le but de ce renforcement est d'augmenter la résistance des éléments structuraux par un chemisage en béton armé, en charpente métallique ou en fibres minérales (carbone) ou synthétiques.

Dans notre étude, on s'intéresse tout simplement au renforcement des poteaux en béton armé par le chemisage et le gainage.

a- Renforcement par chemisage

Le chemisage de poteau consiste à renforcer le poteau par emplacement de nouvelles armatures longitudinales placées aux coins de la section transversale (figures VII.8 à VII.10), l'épaisseur de la gaine doit être suffisante pour mettre en place les armatures transversales avec un espacement réduit pour assurer un confinement adéquat, cependant la résistance du nouveau béton doit être égale ou supérieure à celle du béton existant. On doit alors respecter toutes les dispositions constructives.

Pour l'exécution du chemisage la surface du béton existant doit être rendue rugueuse par décapage, puis bien nettoyée des débris et des poussières. La surface doit être humidifiée avant la mise en place du nouveau béton [23].

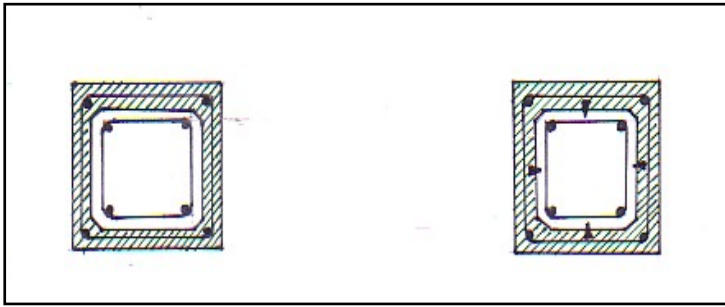


Figure VII.8: Chemisage sur les quatre faces du poteau [2*]

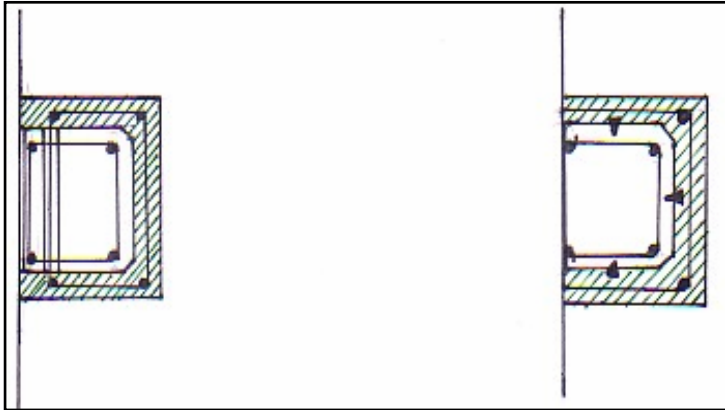


Figure VII.9: Chemisage sur trois faces [2*]

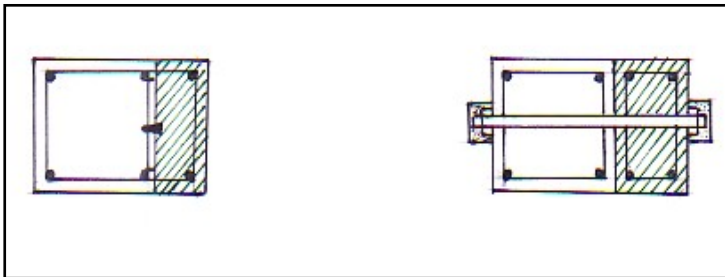


Figure VII.10: Chemisage sur une face [2*]

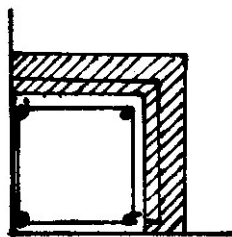


Figure VII.11: Chemisage sur deux faces [2*]



PhotoVII.1: Chemisage d'un poteau en béton armé



PhotoVII.2: Chemisage d'un poteau en béton armé



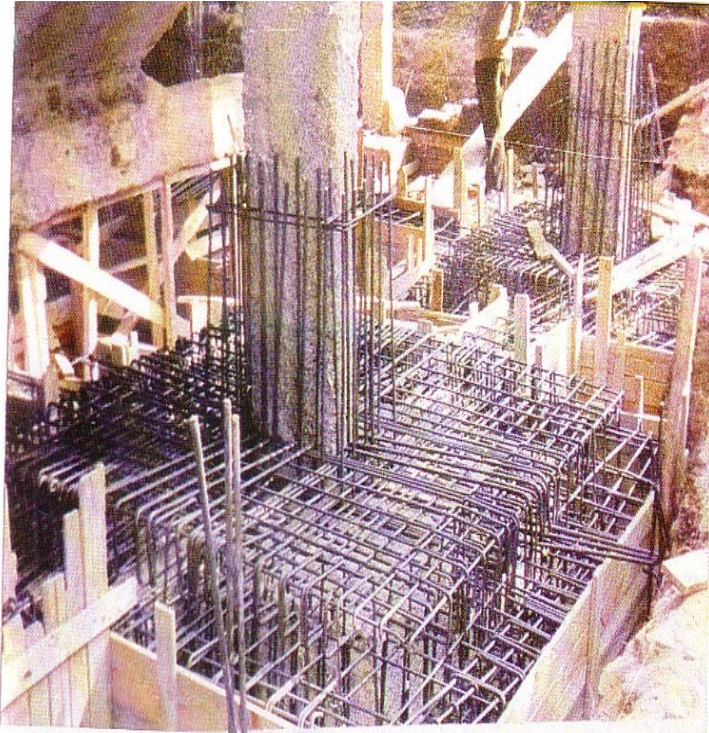
PhotoVII.3: Opération de coffrage du poteau



PhotoVII.4: Etat du poteau après décoffrage du poteau



PhotoVII.5: Hôtel où les travaux de chemisage des poteaux ont été effectués



Photos VII.6: L'opération de ferrailage de la semelle précède le chemisage d'un poteau en béton armé [3*]

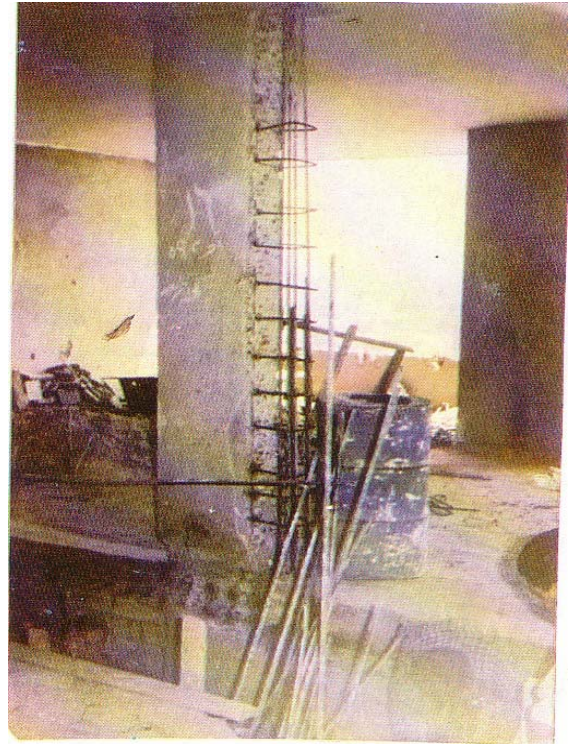


Photo VII.7: Chemisage sur une face d'un poteau en béton armé [3*]

b- Renforcement par gainage métallique

Cette méthode permet d'améliorer la résistance et la ductilité du poteau, elle consiste à placer des profilés longitudinaux (cornières) et les lier ensemble avec des fers plats soudés aux profils d'angle, les vides existant entre ces profils et la surface du poteau doivent être rempli avec un coulis de ciment ou de résine puis couvrir l'ensemble avec une gaine de béton pour la protection contre la corrosion et le feu (photos VII.8 à VII.13).

Il existe aussi une procédure qui consiste à envelopper entièrement le poteau dans un tube métallique soudé le long du poteau, les vides qui existent entre le poteau et le tube en acier doivent être bourrés par un coulis de ciment.

L'obtention d'une section rectangulaire se fait par soudure de deux plaques en acier de forme L ou par soudure de quatre plaques verticales.

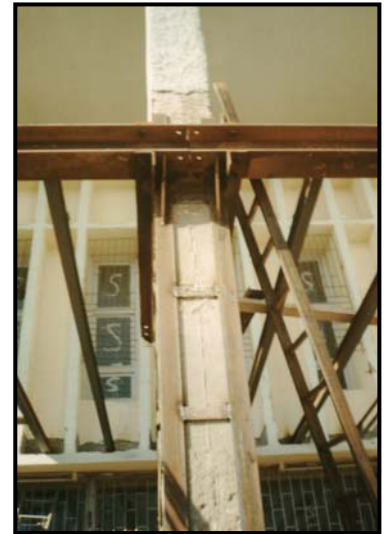
Le poteau enrobé doit être protégé contre la corrosion et le feu.



PhotoVII.8: Gainage d'un poteau en béton armé



PhotoVII.9: Coffrage de la semelle



PhotoVII.10: Détail de la liaison poutre-gainage



PhotosVII.11: Gainage d'un poteau d'angle

PhotosVII.12: Plancher mixte acier-béton



PhotosVII.13: Les fers plats assurent la stabilité des cornières

3) Renforcement des voûtes [24]

Les voûtes en maçonnerie de pierres peuvent présenter des désordres ou des insuffisances structurelles liés par exemple à des conditions d'exploitation ou à leur durée de vie. Une technique de réparation ou de renforcement de ses ouvrages consiste à construire contre les parements de la maçonnerie, une nouvelle structure appelée aussi "structure additionnelle" susceptible de résister à tout ou partie des charges appliquées et qui peut être soit solidaire ou indépendante de la structure existante. Dans notre cas on s'intéresse tout simplement au renforcement des voûtes par structure indépendante.

a- Renforcement par structure indépendante

La structure indépendante peut être préfabriquée ou mise en œuvre directement par coulage ou assemblage d'éléments, elle doit pouvoir supporter toutes les charges permanentes et d'exploitation, elle doit donc reposer sur des appuis permettant la transmission aux fondations des charges prises en compte.

Elle peut être réalisée par la mise en place:

- de béton

- de maçonnerie

- d'élément d'assemblage constitués par:

* des éléments préfabriqués en béton

* des éléments de coque mince servant de coffrages perdues, en mortier de ciment armé de fibres (de verre , de métal...), en matériaux synthétiques(polyster, PVC...), en tôle.

Dans ce qui suit nous allons évoquer le renforcement par la mise en place d'éléments d'assemblage par utilisation de profilés métalliques.

a-1 Mise en place de profilés métalliques

Une contre voûte est réalisée de profilés métalliques dont la mise en charge avec l'intrados de la voûte à renforcer peut être obtenue au moyen de vérin et de cales.

Les éléments métalliques doivent être protégés contre la corrosion

4- Illustration du cas de renforcement des voûtes d'El-Kantara (Biskra)

Les photos (VII.14 à VII.17) illustrent le cas de renforcement évoqué précédemment et qui concerne les voûtes servant de support pour la voie ferrée passant par la ville d'El-Kantara (Biskra).



PhotoVII.14: Une série de voûtes servant comme support de la voie ferrée à El-Kantara (Biskra).

PhotoVII.15: Ensemble de profilés métalliques placés contre le parement en maçonnerie permettant la transmission des charges au sol de fondation. El-Kantara (Biskra).



PhotoVII.16: L'utilisation des tiges filetées assure la stabilité des profilés métalliques. El-Kantara (Biskra).

PhotoVII.17: Procédé de renforcement de l'extrados de la voûte permettant ainsi une bonne transmission de la charge à la structure additionnelle. El-Kantara (Biskra).



CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

A – CONCLUSION

Le travail développé nous a permis d'identifier les différents types de dégradations affectant les constructions d'une façon générale, puis la détermination des causes de dégradations et en fin l'apport de remèdes.

Pour atteindre l'objectif visé dès le départ, nous étions contraints de définir tout d'abord les différentes étapes qui sont en rapport avec la construction, puis faire apparaître les défaillances relatives à chaque étape qui influent négativement sur l'état de la construction au moment de sa réalisation ou pendant son exploitation, en plus des défaillances évoquées s'ajoutent les effets nuisibles dus au milieu environnant (sol, eau, gaz) avec lequel l'ouvrage est en contact direct d'une façon permanente ou temporaire, les effets des conditions climatiques, des catastrophes naturelles (inondations, séismes, vents extrêmes), des conditions climatiques(périodes de grande chaleur ou de froid), actions accidentelles(chocs de véhicules, incendies, explosions) sans oublier les effets du vieillissement de l'ouvrage, tous ces facteurs agissent séparément ou simultanément sur la construction d'une façon générale provoquant ainsi des dégradations de divers degrés (salissure des parements, écaillage des peintures, fissuration de la structure, effondrement total ou partiel de l'ouvrage), qui nécessitent des réparations.

Nous avons proposé comme remèdes pour les constructions sinistrées la solution du béton projeté et pour les poteaux affectés nous avons suggéré le renforcement par chemisage en béton ou par gainage métallique, quant à la consolidation des voûtes dégradées nous avons envisagé l'utilisation des profilés métalliques.

Il faut rappeler que le recours aux réparations n'est pas toujours une meilleure solution, car leur coût peut dépasser celui d'une nouvelle construction c'est pourquoi la démolition d'un ouvrage dégradé peut être parfois le meilleur remède.

Il faut signaler que le problème de dégradation ne peut être cerné dans un travail pareil vu sa diversité et sa complexité, de même que pour les causes et les remèdes.

B- RECOMMANDATIONS

Dans le but de réduire le taux de fréquence des dégradations des constructions d'une façon générale nous préconisons les démarches et propositions suivantes:

1) au niveau des universités et écoles de formation d'ingénieurs

a- enseignement spécifique

- l'introduction d'un module traitant la pathologie de la construction dans le cursus de formation d'architecte et d'ingénieur spécialité: "constructions civiles et industrielles" s'avère actuellement comme indispensable.

- la révision des programmes des modules enseignés reste nécessaire, (une mise à jour doit être faite par l'introduction de nouveaux matériaux de construction: produits d'étanchéité, produits de cure....

- l'introduction d'un nouveau module traitant spécialement les règlements de la construction, les avis techniques, les normes et recommandations.

- prévoir dans le cursus de formation une période de stage et ceci à partir de la troisième année universitaire.

- organisation de séminaires avec la collaboration des bureaux d'études et de l'organisme de contrôle technique des constructions portant sur la pathologie des constructions.

- élaboration de films, diapositifs, photos traitant la pathologie de la construction servant comme support pédagogique.

b- recherche scientifique

Les laboratoires de recherche spécialisés dans le domaine de la construction doivent développer certains thèmes de recherches qui restent nécessaires pour l'amélioration de la qualité de la construction, parmi ces thèmes nous proposons:

- élaboration de ciments appropriés aux besoins du pays (ciments adaptés aux terrains gypseux, ciments résistant à l'eau de mer, ciments à faible dégagement de chaleur.).

- élaboration d'adjuvants permettant de satisfaire la demande des utilisateurs (accélérateurs et retardateurs de prise, des hydrofuges, des entraîneurs d'air....).

- amélioration des produits d'étanchéité qui s'adaptent aux conditions climatiques du pays.

- effet de la température sur la qualité du béton

- élaboration de nouveaux matériaux de construction susceptibles d'être utilisés dans la zone saharienne

2) au niveau des centres de formation professionnelle

Assurer au sein de ces centres une formation spécifique pour:

- des ouvriers spécialistes selon les types de constructions (béton armé traditionnel, béton préfabriqué, béton précontraint, charpente métallique, charpente en bois)
- des chefs d'équipes
- des chefs de chantiers
- des conducteurs de travaux

3) au niveau des projets de construction

a- mission de choix de terrain

Nous jugeons utile de confier cette tâche à une commission formée de personnel de formation technique et non administrative, elle doit grouper le topographe, le géotechnicien, le géologue, l'hydraulicien, l'urbaniste, l'architecte, l'ingénieur en génie civil, l'ingénieur en V.R.D sans oublier le technicien de l'environnement.

Cette commission doit veiller à ce que le site choisi pour le projet doive être en dehors de la zone de risque (inondations, glissements, éboulement et chute de pierres...).

b- l'opération d'étude de sol

L'étude de sol doit être exigée pour tout projet de construction d'importance, elle doit comporter tous les paramètres utiles pour le choix du mode de fondation.

c- La phase d'étude technique

Le maître d'ouvrage doit confier l'étude architecturale à un architecte, et l'étude béton armé à l'ingénieur génie civil (tout deux doivent être agréés), la solution de soustraction est à proscrire.

L'architecte doit collaborer avec l'ingénieur de structure dès l'élaboration de l'esquisse et un pré-contrôle par l'organisme de contrôle technique s'avère nécessaire pendant la phase d'étude.

d- la phase d'exécution

- ***Choix de l'entreprise***

Le choix de l'entreprise de réalisation ne doit pas se faire uniquement sur la base du moins disant mais suivant les critères ci-dessous:

- la qualification

- les capacités en matériels de chantier
- l'encadrement technique

- *Analyse des constituants du béton et essais sur éprouvettes*

La préparation des échantillons et des éprouvettes doivent être réalisés par un laboratoire de matériaux de construction agréé qui doit procéder à des essais et analyses et diffuser les résultats aux concernés (maître d'ouvrage, bureau d'études, organisme de contrôle et entrepreneur).

- *Choix des matériaux*

Les matériaux utilisés dans la réalisation doivent comporter une fiche d'identification déterminant le fournisseur, les caractéristiques du matériau, les conditions et domaines d'utilisation...

- *Période d'exécution des travaux*

Lors de l'élaboration de l'organigramme concernant l'organisation de chantiers il faut veiller à ce que les travaux de coulage du béton soient:

- en dehors de la saison d'été pour la région du sud algérien
- en dehors de la saison d'hiver pour les régions de basses températures.

e- la phase de contrôle

- dotation en matériel

L'organisme de contrôle doit être doté de matériels et d'instruments lui permettant de déterminer avec une certaine précision la résistance du béton, le nombre et la position des armatures, l'évolution des fissures etc.

- maintenance des instruments de contrôle

Sous l'effet des longues durées d'utilisation, du manque d'entretien et des chocs accidentels les instruments et les appareillages utilisés pour la détermination de la résistance du béton se dégradent pour plusieurs causes.

f- la phase de mise en service

Durant cette phase l'entretien des constructions s'avère nécessaire pour leur bonne conservation, c'est ainsi que le maître d'ouvrage doit prévoir des visites pour d'éventuelles

vérifications des conduites des réseaux d'assainissement et d'eau potable ainsi que l'étanchéité des toitures

4) Unité de production de matériaux de construction

La production de ces unités doit être soumise à un contrôle régulier par un organisme habilité (Organisme à prévoir)

Les produits utilisés pour la réparation et le renforcement des constructions doivent faire l'objet de spécifications techniques (normes, agréments ou avis techniques) faisant apparaître la dénomination du produit considéré, son descriptif, son fabricant, sa composition chimique, ses propriétés (physiques, mécaniques et chimiques), son domaine d'application, les conditions de son utilisation, son mode d'emploi et sa durée de validité (cette recommandation concerne aussi les adjuvants utilisés pour les bétons)

5) création d'un organisme de suivi et d'expertise

Création d'un organisme au niveau national qui s'occupe spécialement des suivies des constructions après leur réception, d'assurer des expertises concernant les constructions dégradées dispensant ainsi l'organisme de contrôle de cette tâche tout en proposant des solutions adéquates et d'établir continuellement un bilan appréciant l'état d'évolution des dégradations.

6) création d'entreprises spécialisées dans les réparations

La réparation et le renforcement de la construction doivent être confiés à des entreprises spécialisées qui doivent avoir:

- une qualification
- un encadrement technique de haut niveau
- une main d'œuvre spécialisée
- un matériel adéquat

7) dispositions particulières

Mettre en place une nouvelle procédure de délivrance du permis de construire qui consiste à:

- délivrer le permis de construire sous la condition de la présentation des plans de béton armé élaborés par un bureau d'études de génie civil.
- soumettre les constructions objet d'un permis de construire à un suivi assuré par un bureau d'étude de génie civil.

- soumettre les constructions de niveau égal ou supérieur à R+1 au contrôle technique
- permettre au service de l'urbanisme et de la construction de procéder à un arrêt des travaux pour toute réalisation non conforme aux plans d'exécution.
- exiger à l'auto constructeur la pièce de conformité qui est nécessaire pour une opération d'extension des travaux, de vente, de concession, d'échange, d'établissement du registre de commerce, d'établir un dossier d'assurance, pour l'obtention de l'alimentation en électricité et gaz de ville

8) l'élaboration et la mise à jour de règlements de construction

Il faut rappeler qu'avant 1980, le règlement parasismique applicable en Algérie est le PS-69 (règlement parasismique français).

Après le séisme survenu le 10/10/1980 à El Asnam, un règlement algérien (RPA-81) a été élaboré.

L'adaptation en 1983 du RPA-81 avec des modifications importantes.

Un nouveau règlement paru en 1988 annulant le précédent

Adaptation du règlement 1988 en 1996.

Un règlement RPA 1999 à remplacer RPA-88

Après le séisme survenu le 21/05/2003 à Boumerdes une révision a été faite

Nous recommandons de suivre la même procédure pour les autres règlements.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Jean BLEVOT «Pathologie des constructions en béton armé», Annales de L'institut technique du bâtiment et des travaux publics, 1974.
- [2] «Pathologie de la construction», SOCOTEC, 1998.
- [3] Louis LOGAIS «La pathologie des fondations», Editions du Moniteur, 1985.
- [4] Louis LOGAIS «La pathologie des murs de soutènement», Editions du Moniteur, 1982.
- [5] René VITTONNE «Bâtir- manuel de la construction-», Presses polytechniques et universitaires romandes Lausanne, 1996.
- [6] «Réhabilitation et renforcement des structures», SOCOTEC, 1999.
- [7] Louis LOGAIS «Les toitures terrasses- pathologie du gros œuvre-», Annales de L'institut technique du bâtiment et des travaux publics, 1974.
- [8] K.GAMSKI «Matériaux et composites de la construction-», Edition Université de Liège- Belgique, 1982.
- [9] «Guide pour l'amélioration des logements existants», Ministère de l'Urbanisme et du Logement, Editions du Moniteur. 1982.
- [10] A. KOMAR « Matériaux et élément de construction», Traduit du russe par FEODOR SINIAVER, Edition Mir, MOSCOU, 1973 .
- [11] Michel HAVARD «Pathologie des fondations et fiches de pathologie», SOCOTEC, 1999.
- [12] «Diagnostic des structures des bâtiments», SOCOTEC, 1999.
- [13] Jean de VIGAN «DICOBAT: Dictionnaire général du bâtiment», Edition Acatore, Paris, 2003.
- [14] Gérard KARSENTY «Fabrication du bâtiment- le gros œuvre-», Edition Eyrolles, 1997.
- [15] «Rapport préliminaire sur le séisme du 21/05/2003 en Algérie», élaboré par L'Association Française du Génie Parasismique, Version du 8 juillet 2003.
- [16] N F P18-011, Normalisation Française, AFNOR, Juin 1992.
- [17] Adam M NEVILLE «Propriétés des bétons», Traduit par le CRIB (Centre de recherche inter- universitaire sur le béton) Sherbrook-Laval, Edition Eyrolles Septembre 2000.

- [18] A LASHEB «La corrosion des armatures du béton armé», Article paru dans la revue "Le contrôleur technique de la construction", N°12 Juin 1998, publication du GEOTEC.
- [19] Revue "Le contrôleur technique de la construction", N°24 Décembre 1998, publication du GEOTEC.
- [20] Daniel COUFFIGNAL & Jacques A. Clément Jean de VIGAN «Contrôle technique de la construction- missions et pratiques», Edition AFNOR, 2001.
- [21] Louis LOGAIS «Connaissance de la structure existante avant et après réparation ou renforcement- cas du bâtiment-», Annales de L'institut technique du bâtiment et des travaux publics N° 411, Janvier1983.
- [22] Selma HOUARA «Les facteurs d'influence sur la dégradation des ouvrages en béton armé dans la région de Biskra»,Thèse de magister, Université de Biskra,2004.
- [23] F LAZZALI & A.K «Réhabilitation sismique des structures», colloque international sur la construction- Alger, 11&12 octobre 2003.
- [24] N F P18-011, Normalisation Française, AFNOR, Décembre 1992.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES EN LANGUE ARABE

« » [1*]

-

2000 1421

. . & . . & . & . [2*]

« »

1993 1413

«- - » [3*]

. 1992