ETUDE STATISTIQUE DES SINISTRES DANS L'EST DE L'ALGEROIS

Par
Mourad LECHANI
Ingénieur Principal, CTC (*) Tizi Ouzou
Saïd KENAI
PhD, Maître de Conférence, Université de Blida
Nacer-Eddine HANNACHI
Docteur es Sciences, Maître de Conférence, Université de Tizi Ouzou

Résumé

Nous présentons dans cet article quelques aspects de cas pathologiques les plus répandus dans la région nord du pays.

A travers une étude statistique portant sur 205 cas d'ouvrages étudiés, répartis sur trois régions du pays, des solutions de réparation sont préconisées pour différents aspects pathologiques.

Des compléments à venir permettront la réalisation d'une banque de données à l'échelle nationale, et la mise au point de systèmes experts relativement à certains cas pathologiques.

Mots clés : béton armé - pathologie - maintenance - contrôle.

1 INTRODUCTION

Une fissure constitue presque toujours une cause d'inquiétude pour le maître d'œuvre d'un ouvrage.

En principe, cette fissure n'est dangereuse que dans les deux cas principaux suivants :

- lorsque l'ouverture de la fissure est suffisante pour permettre l'oxydation des armatures,
- lorsque la fissure n'est pas traversée par des aciers susceptibles de résister à la totalité des efforts de traction qui sollicitent la section dans son plan.

L'étude de la pathologie des constructions a pour but de mieux faire connaître les sinistres, et notamment les plus préoccupants d'entre eux, afin d'éviter les mêmes erreurs dans le futur, en optimisant la prévention. Pour cela, il est nécessaire de recueillir, de stocker, et d'analyser l'information concernant chaque cas pathologique.

Durant la dernière décennie, de nombreux organismes à travers le monde ont créé des banques de données et des revues spécialisées, où sont rapportés les résultats et leçons à tirer des interprétations de différents cas pathologiques.

Ainsi, en Angleterre, les erreurs et accidents dans le domaine de la construction sont consignés régulièrement dans le "*New civil engineer*" ; différents organismes, tels que le "*British research establishment*" réalisent des études détaillées sur des cas pathologiques.

Aux Etats-Unis, la revue trimestrielle "*Journal of performances of constructed of facilities*" publie régulièrement des études de cas pathologiques rencontrés dans ce pays.

Malgré son importance capitale pour les techniciens de la construction, ce problème n'a pas bénéficié de l'attention nécessaire en Algérie.

Les cas pathologiques rencontrés à travers le territoire national sont rarement recensés et analysés, à l'exception de quelques études sur les dommages causés par les séismes (recueil des communications du 1er Séminaire Inter-Arabe sur le séisme et leurs conséquences, revue Construire,...).

Le présent article présente une analyse de 205 cas de sinistres observés durant la période 1982-1992 dans les wilayate de Tizi Ouzou, Boumerdès et Bouira.

Il fait partie d'une série d'articles dont Algérie EQUIPEMENT a déjà entamé la publication (voir

(*) Organisme de Contrôle Technique de la Construction.

Algérie EQUIPEMENT n°13 et 15).

● **Méthodologie d'analyse**

Le tableau ci-après donne la répartition des cas pathologiques étudiés.

Wilaya	Nombre d'expertises
Tizi Ouzou	132
Boumerdès	34
Bouira	28
Non exploitées	11
Total	205

Tableau 1 : Répartition du nombre d'expertises en fonction des wilayate.

Cette étude est basée sur des expertises du CTC ainsi structurées :

- description des désordres,
- relevé des désordres,
- origines et causes des désordres,
- remèdes ou solutions de réparation.

Les ouvrages expertisés ont été répartis en deux groupes :

- bâtiments : 174
- murs de soutènement : 20

L'évaluation des dommages peut se faire selon le tableau suivant :

Niveau des dommages	Nature des dommages	Eléments affectés
-I- Perte de service	Dommages légers	- Dommages **non structuraux** isolés : • Fissures dans les cloisons intérieures et extérieures • Fissures dans les plafonds • Dommages dans les boiseries, les revêtements et les canalisations
-II- Perte de sécurité	Dommages modérés	- Dommages importants pour les parties **non structurelles**, et dommages faibles pour les parties structurelles : • Parties **structurelles** : système porteur ou non de contreventement (voile, portique, pierre, maçonnerie) • Parties non structurelles : autres
-III- Menace de ruine	Dommages importants Effondrement	- Dommages **non structuraux** très importants et dommages **structuraux** considérables : • Fissures en X dans les voiles de contreventement éclatement des nœuds (poteaux-poutres) • Bâtiments ayant basculé • Fléchissement important des planchers • Effondrement partiel du bâtiment

● **Méthode de travail**

Chaque expertise analysée est consignée dans un tableau comportant : le code de la ville, le numéro de l'expertise, l'année de l'expertise, secteur, âge de l'ouvrage, nombre de niveaux de l'ouvrage, usage de l'ouvrage, nature de la toiture, éléments affectés, origines et causes des désordres, niveau des désordres et solutions préconisées.

● **Outil informatique**

L'analyse des cas pathologiques a été réalisée sur micro-ordinateur compatible (AT). Deux outils ont été utilisés : le langage DBASE IV et le logiciel CHADOC-VS. Le langage DBASE IV nous a permis, de créer une banque de données des différents cas pathologiques. Le logiciel CHADO-VS nous a permis, à partir de la banque de données créée, d'effectuer des calculs statistiques (particulièrement le calcul de la fréquence et du pourcentage [1]).

2 ETUDE STATISTIQUE DES SINISTRES

2.1 Bâtiments

2.1.1 Evaluation des désordres

Sur les 174 cas de sinistres analysés à travers les wilayate de Tizi Ouzou, Boumerdès et Bouira, l'étude révèle que le tiers des ouvrages est menacé par la ruine (Figure 1), ce qui a poussé à prononcer leur démolition ou, le cas échéant, à prévoir un confortement immédiat de la structure afin de parer à d'éventuelles catastrophes. Il arrive parfois que le confortement proposé ait un coût plus élevé que la reconstruction totale de l'ouvrage ; dans ce cas, il est demandé de procéder à une étude de faisabilité de l'ouvrage.

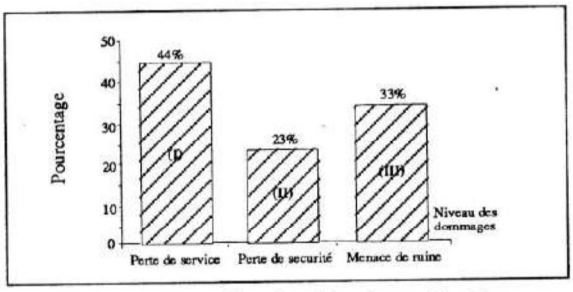


Figure 1 : Répartition des désordres en fonction du niveau des dommages.

Le pourcentage le plus important des désordres est recensé pour le niveau I (perte de service de l'ouvrage). Dans ce cas précis, les dommages sont légers et une réparation des éléments affectés est demandée afin d'assurer un bon entretien de l'ouvrage.

Pour ce qui est du niveau II (perte de sécurité), le pourcentage des désordres est évalué à environ 23%, ce qui est non négligeable.

Remédier à ces désordres revient cher ; la réparation étant souvent difficile, elle nécessite généralement l'intervention d'une entreprise qualifiée (notons que le service de l'ouvrage est compromis durant les travaux).

Les deux tiers des ouvrages expertisés relèvent du secteur public (Tableau 2), dépassant largement le reste des autres secteurs, en l'occurrence le privé (18.55%) et le militaire (4.13%).

Les désordres se sont manifestés beaucoup plus sur les ouvrages scolaires (25.82%), que sur les ouvrages

à usage commercial (12%) ou administratif (10.91%) (Tableau 2).

	Secteur				Usage			
	Public	Privé	Militaire	Scolaire	Commer.	Admini.	Indust.	Autres
%	66	18.55	4.13	25.82	12	10.91	4.02	6.89

Tableau 2 : Répartition des ouvrages en fonction du secteur et de l'usage.

Le tableau 3 montre que les ouvrages inférieurs à deux niveaux sont les plus affectés (RDC = 29.30%, R+1 = 31%), et le pourcentage de dommage des niveaux supérieurs suit une fonction décroissante.

	Niveau			
	+1	+2	+3	+4
%	29.30	31.00	9.75	6.75

Tableau 3 : Pourcentage des désordres en fonction des niveaux.

Ceci est probablement dû au fait que les ouvrages à plusieurs niveaux font souvent l'objet d'une étude de béton armé, ou du fait que le propriétaire s'entoure d'un certain nombre de précautions au détriment de l'économie de l'ouvrage (surdimensionnement des éléments, réalisation confiée à une entreprise,...).

2.1.2 Apparition des désordres

Vu le manque d'informations d'une part, et leur grande diversité d'autre part, nous avons regroupé les âges des ouvrages en classes (chacune d'elles représentant une décennie ou une époque).

Le tableau 4 illustre parfaitement le fait que les dommages peuvent se manifester à tout moment de la durée de vie de l'ouvrage, même en cours de réalisation. Contrairement à ce que l'on peut penser, le nombre le plus élevé de dommages est enregistré pour les constructions récentes ou en cours de réalisation, par rapport aux vieilles constructions.

Période	En cours de réalisation	1980	1970	1960	Colonial	Ancien
Total	12	15	25	5	7	14

Tableau 4 : Nombre de désordres en fonction de l'âge des ouvrages.

Si l'on admet l'hypothèse que les constructions poteaux-poutres se sont généralisées à partir de 1970, le tableau 5, corrobore la conclusion précédente.

Strtucture	Poteaux-Poutres	Pierre	Maçonnerie	Voiles
%	69.60	20.10	5.75	1.75

Tableau 5 : Pourcentage de désordres en fonction de type de structure.

Le pourcentage le plus élevé de désordres est observé durant la décennie 1970. Cette période correspond à la réalisation d'un programme spécial, dont la wilaya de Tizi Ouzou avait alors bénéficié, où il fallait compenser rapidement le déficit en équipements.

Les raisons principales des désordres sont :

- absence d'études rigoureuses,
- délais de réalisation trop courts,
- main-d'œuvre (des entreprises) non qualifiée,
- nombre insuffisant de techniciens pour un suivi régulier des travaux,
- non adaptation des projets aux contraintes du site.

2.1.3 Résistance des structures

Les structures "voiles" et "poteaux-poutres" se sont comportées beaucoup mieux que les autres types de structures (Figure 2). Par contre, les structures en "pierre" et en "maçonnerie" sont moins sécurisantes, puisqu'elles passent sans transition du niveau I au niveau III (voir figure 4), ce qui montre la fragilité du matériau et son manque de sécurité.

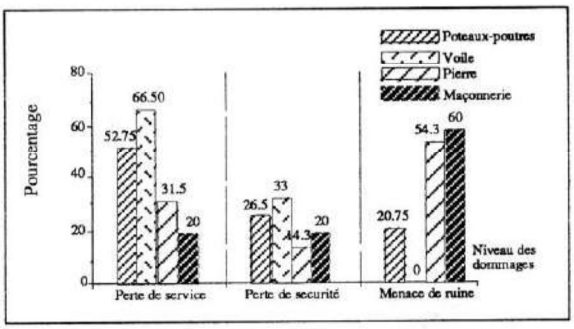


Figure 2 : Répartition des structures en fonction du niveau des dommages.

2.1.4 Causes des dommages

Les causes principales de désordres, suivant les régions, sont résumées dans la figure 3.

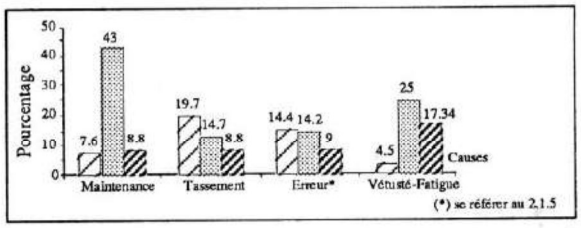


Figure 3 : Etude comparative des causes de désordres.

La majorité des causes aurait pu être évitée, s'il existait une étude de béton armé pour tous les ouvrages, une connaissance suffisante du sol de fondation, un suivi régulier des travaux lors de la réalisation et un entretien permanent durant toute la vie de l'ouvrage.

2.1.5 Etude des causes de dégradation des ouvrages

a/ Maintenance des ouvrages

La maintenance se répartit en deux champs d'actions :

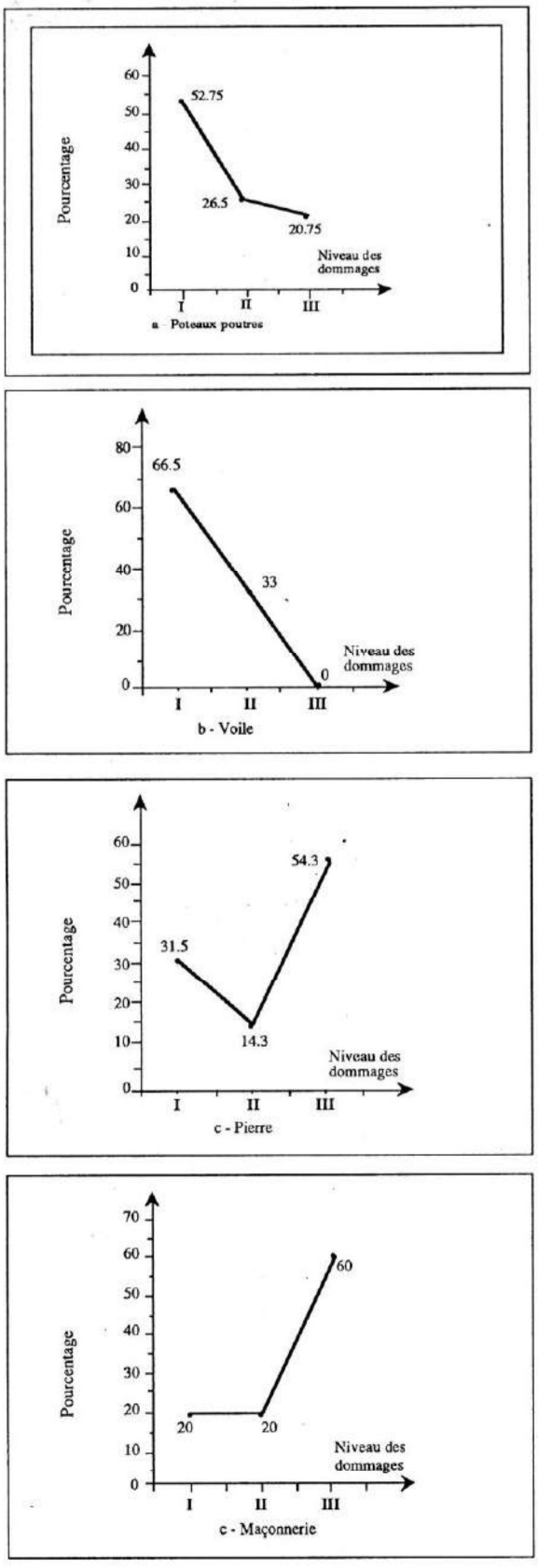


Figure 4 : Comportement des structures en fonction du niveau des dommages.

- **la surveillance** : c'est la procédure de contrôle et d'évaluation de l'état de l'ouvrage.
- **l'entretien** : ce sont les travaux effectués à titre préventif, ou pour supprimer les désordres constatés.

Le lecteur intéressé pourra trouver tous les détails concernant ces deux aspects de la maintenance dans l'article de Messieurs Hannachi et Lechani paru dans le n° 13 d'Algérie EQUIPEMENT, Mai 1994.

b/ Tassement du sol

(Figures 4a et 4b - Annexe A)

La reconnaissance du sol est nécessaire dans tous les cas, car les structures portantes usuelles ne présentent pas une rigidité suffisante, ou une souplesse satisfaisante a priori, pour s'adapter à d'éventuels tassements différentiels pouvant affecter l'intégrité de la construction (fissures, lézardes, ...). Le tassement est inadmissible lorsqu'il donne naissance à des déformations incompatibles [3] :

- ❑ avec la sécurité (fissuration, rupture de canalisations, ...),
- ❑ avec les sujétions d'exploitation (coincement des ascenseurs, difficultés d'ouvrir ou de fermer portes et fenêtres, ...),
- ❑ avec le bon aspect de l'ouvrage (basculement, enfoncement important dans le sol, ...).

• Mesures à prendre contre le tassement

Mesures relatives au sol

On peut adopter les dispositions suivantes :

- Réduction de l'importance de la surcharge en prévoyant des sous-sols.
- Accélération du tassement par préchargement.
- Substitution totale ou partielle du sol.
- Drainage du site.

Mesures relatives aux structures

D'une manière générale, il y a lieu d'avoir à l'esprit les règles suivantes :

- Présence d'un joint de tassement.
- Rigidifier les fondations entre elles (longrines, grillage de poutraison, ...).

c/ Erreurs

Ayant constaté l'absence d'une démarche homogène chez les ingénieurs chargés des expertises pour relever les désordres, et un nombre faible de cas pathologiques constatés relativement aux erreurs, ces cas pathologiques seront recensés selon une rubrique unique qui regroupera :

c1 - Sinistres dus à des erreurs de conception

Ils peuvent être résumés en deux groupes :

✔ **Sinistres concernant la conception générale**
- Absence ou insuffisance grave de contreventement.
- Instabilité sous l'action des charges verticales.

✔ **Erreurs de conception ne mettant pas en cause la stabilité générale**
- Effondrement des éléments secondaires (corniches ou auvents dont la stabilité statique n'est pas assurée).
- Désordres survenus à des consoles par suite d'une disposition défectueuse des armatures.

c2 - Erreurs dans les études

- Etudes déficientes ou absence d'études.
- Graves erreurs dans le calcul de stabilité de la structure.
- Erreurs dans l'estimation des charges à prendre en compte dans les calculs.

c3 - Dispositions défectueuses des armatures (Figure 1 - Annexe A)

- Absence d'armatures assurant la transmission des efforts.
- Armatures donnant lieu à des poussées au vide.
- Longueurs de recouvrement insuffisantes en travées ou en appuis des poutres.

c4 - Fautes d'exécution (Figure 2 - Annexe A)

- Fautes dans les opérations de coffrage ou de décoffrage.
- Défauts de bétonnage.
- Fautes dans le ferraillage des éléments.
- Fautes d'assainissement et de drainage des eaux.

Pour remédier aux conséquences désastreuses de ces erreurs, il est du devoir de l'Administration concernée, de refuser de délivrer des permis de construction sans présentation d'un dossier comportant :
- un rapport de sol,
- une étude d'architecture et de béton armé, et d'imposer le suivi des travaux de réalisation par un bureau d'études agréé.

d/ Fatigue des matériaux et vétusté des ouvrages

Dans toutes les expertises analysées où la cause "fatigue des matériaux" a été citée, nous remarquons que celle-ci était directement liée à la vétusté de l'ouvrage, bien que ces deux causes ne soient pas automatiquement liées.

Fatigue des matériaux : elle résulte de la chute de capacité de réserve des éléments, suite à l'action de cycles de variation d'efforts (séisme). Pour atténuer ce phénomène, il est recommandé de construire selon des normes établies, c'est-à-dire en choisissant les matériaux adéquats, tout en respectant les règlements en vigueur (RPA, BAEL, ...).

Vétusté : c'est l'état de dégradation avancée (délabrement) des ouvrages anciens, dû à un manque d'entretien. Pour palier à cet effet, il est nécessaire de créer des services qui seront chargés de l'entretien et de la maintenance des ouvrages. L'action de l'eau est la cause principale relevée dans les dégradations des fondations et la vétusté des ouvrages. Ses effets se manifestent de diverses manières.

Un organigramme détaillé (Figure 6) résume, comment à partir d'une fuite d'eau, on peut arriver à remettre en cause la stabilité de l'ouvrage.

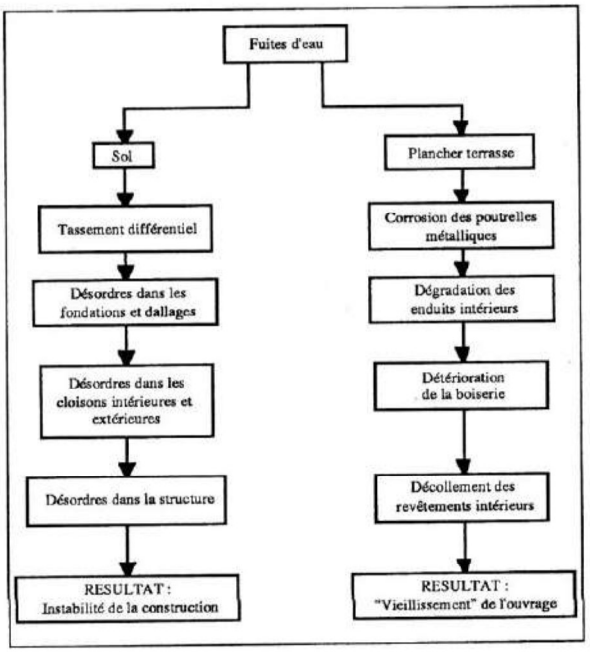


Figure 6 : Organigramme détaillé de la dégradation des ouvrages causée par les fuites d'eau.

Le tableau 6 montre que certaines causes d'apparence anodine peuvent conduire à des conséquences catastrophiques, pouvant aller jusqu'à la ruine de l'ouvrage.

On constate aussi que les structures "poteaux-poutres" fondées sous semelles isolées, réagissent très mal au tassement du sol (28%). Par contre, la cause "entretien" affecte considérablement les structures en pierre, et moins significativement les structures en maçonnerie.

Concernant le critère "dimensionnement" de la structure, seules les structures du type "poteaux-poutres" sont affectées de façon considérable, les structures en pierre ou en maçonnerie s'avèrent suffisamment dimensionnées dans la mesure ou elles concernent habituellement des constructions en RDC.

Niveau des dommages	Structure	I	II	III
Tassement	Poteaux-Poutres	25	28	28
	Voile	0	0	0
	Pierre	0	3.25	12.6
	Maçonnerie	0	3.15	0
Entretien	Poteaux-Poutres	21.75	4.35	0
	Voile	0	0	0
	Pierre	21.75	0	39.05
	Maçonnerie	4.35	0	8.75
Sous-dimensionnement	Poteaux-Poutres	13	1.75	69.6
	Voile	0	0	0
	Pierre	0	0	0
	Maçonnerie	0	0	0

Tableau 6 : Répartition des causes suivant les types de structures.

Il s'avère indispensable, quand il s'impose au constructeur de fonder sur un sol pouvant être sujet à des tassements, de conjuguer le type de fondation avec le choix de la variante de structure (poteaux-poutres, voiles, ...).

• Confortement des éléments de structure

L'étude d'un projet de confortement doit s'appuyer sur trois objectifs :

- ❍ assurer la sécurité,
- ❍ être techniquement possible à réaliser,
- ❍ être économiquement justifiée.

La méthode de renforcement doit être proposée après examen du comportement structural et du degré d'endommagement.

Outre les trois critères cités ci-dessus, le choix de la méthode dépend des paramètres suivants :

- ❑ conditions et sismicité du sol,
- ❑ type et âge de la structure originelle, sa résistance et sa ductilité.
- ❑ conditions et exigences architecturales.

Le tableau 7 montre que les méthodes de réparation préconisées couramment par le CTC, concernent principalement les structures "poteaux-poutres" (poteaux : 16 ; poutres : 7). Ceci relève, d'une part, du fait que le grand pourcentage de ces structures (Tableau 6) concerne les niveaux de dommages I et II, et, d'autre part, par l'expérience non négligeable acquise par les entreprises Algériennes après le séisme d'El Asnam (1980).

Solution préconisées	Nombre
Chemisage des poteaux	16
Chemisage des poutres	7
Confortement du plancher	1
Confortement des sols	8

Tableau 7 : Différentes méthodes de réparation.

On note que le tassement différentiel apparaît comme conséquence prépondérante des désordres provoqués par le sol ; comme on constate aussi que la sous-estimation de "l'importance" de l'ouvrage (valeurs des charges) est souvent à l'origine de désordres non négligeables.

• Remplacement des éléments

Le tableau 8 montre que les cloisons intérieures sont les éléments les plus sensibles des ouvrages et que leur remplacement est quasi-inévitable en cas de dégradation. La cause principale semble provenir de l'absence de longrines sous ces cloisons intérieures (contrairement aux cloisons extérieures) qui reposent sur le dallage.

Remplacement des éléments	Nombre
Cloisons intérieures	29
Cloisons extérieures	04
Etanchéité	12
Tuiles	04

Tableau 8 : Remplacement des éléments.

A la lecture du tableau ci-dessus, on constate que l'utilisation de la tuile provoque moins de désordres que l'étanchéité terrasse, la technologie de la tuile étant bien maîtrisée, et s'adaptant parfaitement à notre environnement.

Les principales raisons de dégradation de l'étanchéité terrasse sont nombreuses :

- ✔ mauvaise qualité des produits utilisés,
- ✔ absence d'entretien des terrasses,
- ✔ changement d'affectation des terrasses (accessibilité),
- ✔ défauts d'exécution lors de sa pose.

Pour ces raisons, il serait souhaitable d'encourager à l'avenir une utilisation plus systématique de toitures en tuilles.

2.2 Murs de soutènement (Figure 3 - Annexe A)

Notre étude s'est intéressée à 20 ouvrages de soutènement répartis comme suit :

- murs à patins : 15
- murs pieds : 5

Le tableau 9 montre que les murs de soutènement constituent des ouvrages délicats. Toute erreur peut avoir des conséquences catastrophiques. Leur stabilité doit être vérifiée avec les hypothèses les plus défavorables, en tenant compte du facteur temps qui peut modifier les données initiales.

	niveau I	niveau II	niveau III
Nbre de murs de soutènement	---	2	18 (*)

(*) : suites aux conclusions d'expertises, ces ouvrages ont été proposés à la démolition.

Tableaux 9 : Répartition des désordres des ouvrages de soutènement en fonction du niveau des dommages.

A l'origine des causes constatées de désordres dans les ouvrages de soutènement, on peut citer :

- ▲ ancrage insuffisant de la semelle,
- ▲ faible consistance du sol,
- ▲ sous-dimensionnement de la paroi du mur,
- ▲ drainage du mur non assuré,
- ▲ absence de barbacanes.

Les dispositions à prendre pour remédier aux conséquences graves, relativement aux divers éléments sont :

• Fondations

Il y a lieu de dimensionner convenablement la longueur de la semelle de fondation afin :

- de faire travailler le sol à un taux admissible,
- d'assurer la stabilité du mur au glissement le long de sa base, et au renversement,
- d'obtenir, par la composition des forces agissant sur le mur (poids propre et poussées des terres), une résultante située au tiers central de la base de la fondation.

• Drains

Il est important de réaliser un bon drainage du remblai pour éviter l'accumulation des eaux derrière le mur de soutènement, particulièrement pendant les périodes de pluies. A cet effet, on prévoit un remblai perméable (sable et graviers) derrière le mur, et on dispose dans celui-ci des barbacanes espacées de 2 à 3 mètres et munies d'un filtre pour s'opposer à l'entraînement des éléments fins du sol ou d'un drain à la base. Le drain est fortement conseillé quand le terrain d'assise est une argile perméable [3].

• Matériaux à éviter

La présence de l'argile gonflante derrière le mur peut provoquer des désordres importants. De même, il faut proscrire l'utilisation des remblais gypseux qui altèrent les mortiers et les bétons [3].

• Réduction de la poussée

Si le remblai derrière le mur présente de mauvaises caractéristiques mécaniques (φ, c), on peut réduire l'importance de la poussée en interposant, entre le mur et le remblai, un bon matériau ayant des caractéristiques adéquates (gravier, ...).

3 CONCLUSION

Quelque soit l'importance de l'ouvrage, une connaissance convenable des caractéristiques du sol sur lequel on doit édifier un ouvrage est indispensable.

L'Administration chargée de délivrer les permis de construction doit imposer une étude de béton armé (rapport de sol, détails d'exécution, ...), avant la réalisation des ouvrages.

Cette étude montre que les dommages peuvent se manifester à tout moment de la durée de vie de l'ouvrage, même en cours de réalisation.

Les ouvrages les plus affectés sont ceux bâtis en RDC et en R+1 (plus de 60%), et principalement à usage scolaire ou administratif.

Les causes de dégradation les plus fréquentes sont : le tassement du sol, l'insuffisance de la maintenance de l'ouvrage et les erreurs de conception.

Les méthodes de réparation les plus fréquemment préconisées sont : le chemisage (des poteaux et poutres) pour la structure et le confortement des fondations pour le sol.

A travers les constats formulés, nous recommandons la création d'une banque de données au niveau national pour collecter, analyser et publier les cas pathologiques instructifs, comme il s'avère indispensable que la pathologie fasse l'objet d'un enseignement approfondi au niveau des établissements dispensant une formation en génie civil ❸

BIBLIOGRAPHIE

[1] M. Lechani : "*Pathologie et thérapeutique du béton armé en Algérie*". Mémoire de PGS Inforba, Juin 93.

[2] D. Andrey :"*Maintenance des ouvrages d'art ; stratégie de surveillance et d'entretien*". Routes et Trafic n°3, Mars 1987.

[3] E. Absi : "*Pathologie des fondations et des ouvrages en terre*". Annales de l'ITBTP - Série "Sols et Fondations" - n°220, Mars 1987.

[4] H. Lossier : "*Pathologie et thérapeutique du béton armé* ". Editions Dunod - deuxième édition - 1955.

[5] A. Chaker : "*Recueil des communications du 1er séminaire inter-arabe sur le séisme et ses conséquences*". USTHB - Alger, Juin 1982.

[6] J. Tureau : "*Construction de bâtiments*". Technologie du gros œuvre et de second œuvre - Edition du Moniteur - 1982.

[7] A. Ezziane : "*Pathologie des constructions endommagées par le séisme et les méthodes de confortement*". Thèse de Magister - INES de Génie Civil Chlef, Octobre 1990.

[8] Ziad A. Eldukair : "*Analysis of recent US structural and construction failures*". Journal of performance of constructed facilities, February 1991.

[9] J. Blevot : "*Pathologie des constructions en béton armé*". Annales de l'ITBTP - Série "Gros œuvre", Septembre 1974.

ANNEXE A



Figure 1 : Disposition défectueuse des armatures longitudinales des poteaux ; les aciers sont pliés pour "récupérer" la variation de section du poteau entre un étage et l'étage immédiatement supérieur.

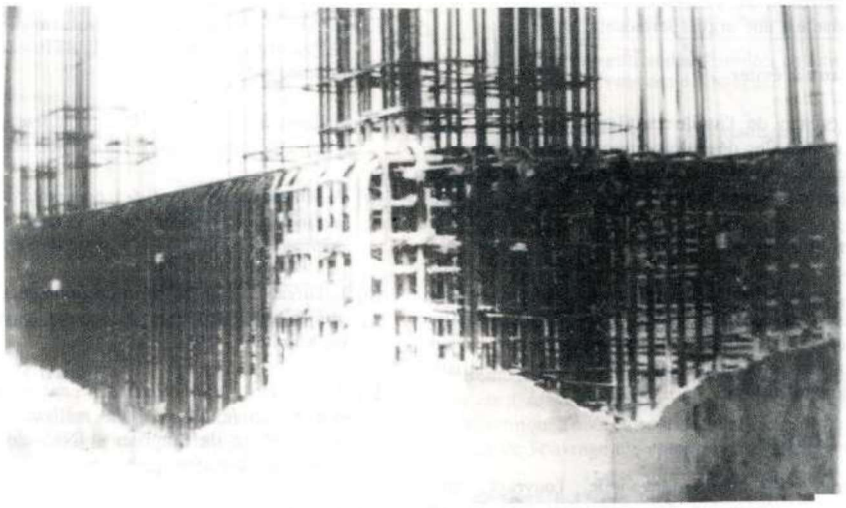


Figure 2 : Défaut de bétonnage ; opération de coulage des voiles d'une structure effectuée anarchiquement (reprise de bétonnage non assurée).

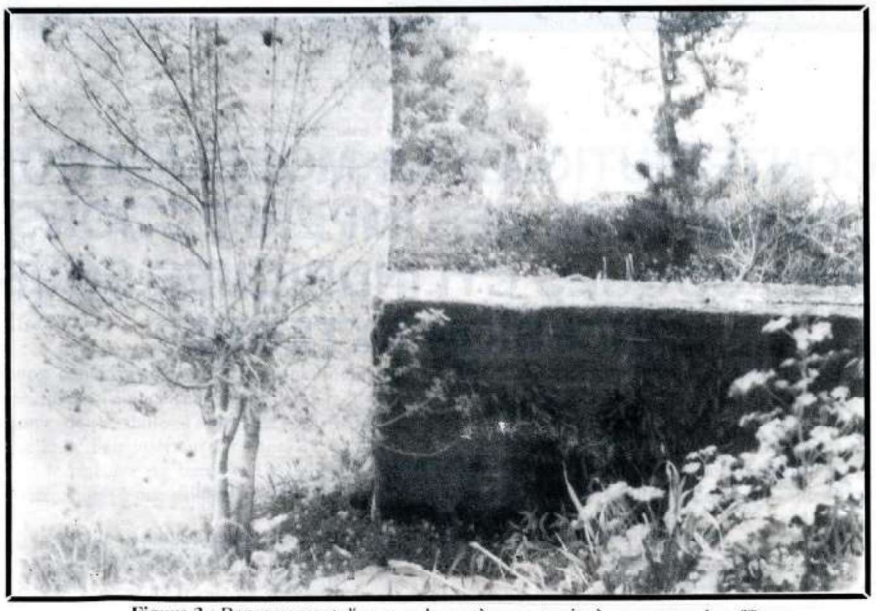
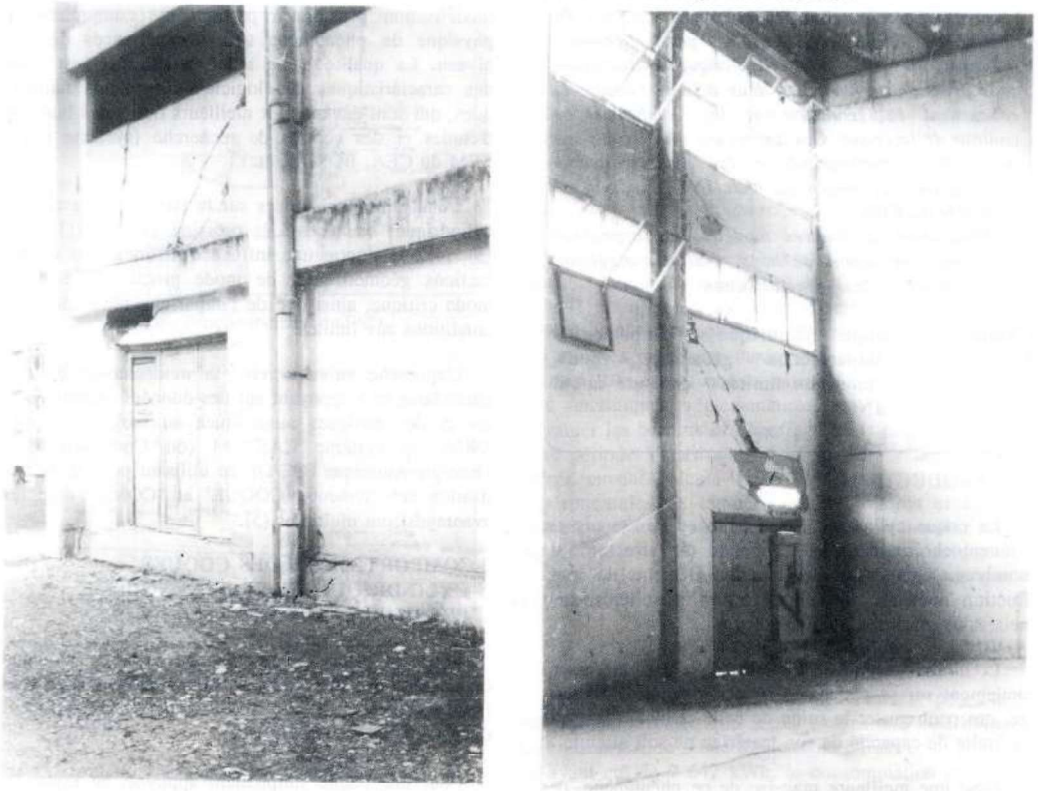


Figure 3 : Renversement d'un mur de soutènement suite à un ancrage insuffisant de la semelle de fondation et à l'absence de drainage derrière le mur.



Figures 4a et 4b : Salle omnisports bâtie sur un terrain argileux (argile gonflante) ; l'absence d'un drainage périphérique fonctionnel a entraîné une modification de la consistance du sol, ce qui s'est traduit par des tassements différentiels (fissures inclinées apparentes).