DIAGNOSTIC DES CAUSES DE DEGRADATON DES OUVRAGES EN BETON ARME

Par
Mourad LECHANI
Ingénieur de contrôle, CTC Tizi Ouzou
Saïd KENAI
Maître de Conférence, Université de Blida
Nacer Eddine HANNACHI
Maître de Conférence, Université de Tizi Ouzou

Résumé

Cet article met en évidence la démarche à suivre pour établir le diagnostic des causes de dégradation des ouvrages en béton armé.

Une attention particulière est donnée aux différents essais de contrôle à effectuer sur l'ouvrage et aux recommandations indispensables à l'ingénieur chargé de l'expertise.

Mots clés : pathologie - béton armé - expertise.

1 INTRODUCTION

Le bâtisseur tente toujours d'utiliser à son profit les lois de la nature de la réalisation d'un ouvrage. Bien que ses connaissances dans le domaine de la construction soient satisfaisantes, il lui est impossible d'espérer supprimer tous les désordres en l'état de nos connaissances actuelles.

Cette lacune est due, d'une part, au fait que certains désordres sont quasi-inévitables avec les techniques actuelles de construction (leur prévention entraînerait d'importants bouleversements dans la façon de construire) et, d'autre part, le concepteur faisant souvent fi de l'expérience du praticien et de l'homme de chantier. 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. Sa prise en charge peut se faire en trois volets :

- Description des désordres et détermination de leurs causes.
- Choix du mode de réparation en conciliant les impératifs, parfois contradictoires, de meilleur efficacité et de coût raisonnable.
- Les enseignements à tirer des désordres afin d'éviter leur renouvellement (c'est-à-dire la prévention).

✔ Les principales opérations d'urgences auxquelles les premières investigations
✔ Examen des décombres visuellement, puis procéder à un examen spécialisé qui fournira des renseignements d'une valeur supérieure (différents essais).

2 CAUSES DE DEGRADATION DES OUVRAGES

Les causes de dégradation diffèrent d'un ouvrage à l'autre par la nature et le type de détérioration. Elles peuvent se diviser en quatre groupes :

- ❑ Causes naturelles : elles résultent de l'ambiance et de l'environnement (température, humidité, vent, agressivité du milieu, ...).
- ❑ Causes structurelles : elles résultent d'une anomalie d'utilisation ou de fonctionnement mécanique de l'ouvrage (effet d'encastrement, de continuité, de fluage et retrait avec redistribution des moments, ...).
- ❑ Causes accidentelles : elles résultent des chocs, séismes, explosions, feu.
- ❑ Vieillissement (normal) : elles résultent de l'usage, de l'usure, ...

On peut palier à leur danger par une combinaison de mesures adéquates, qu'on peut regrouper en cinq actions fondamentalement différentes :

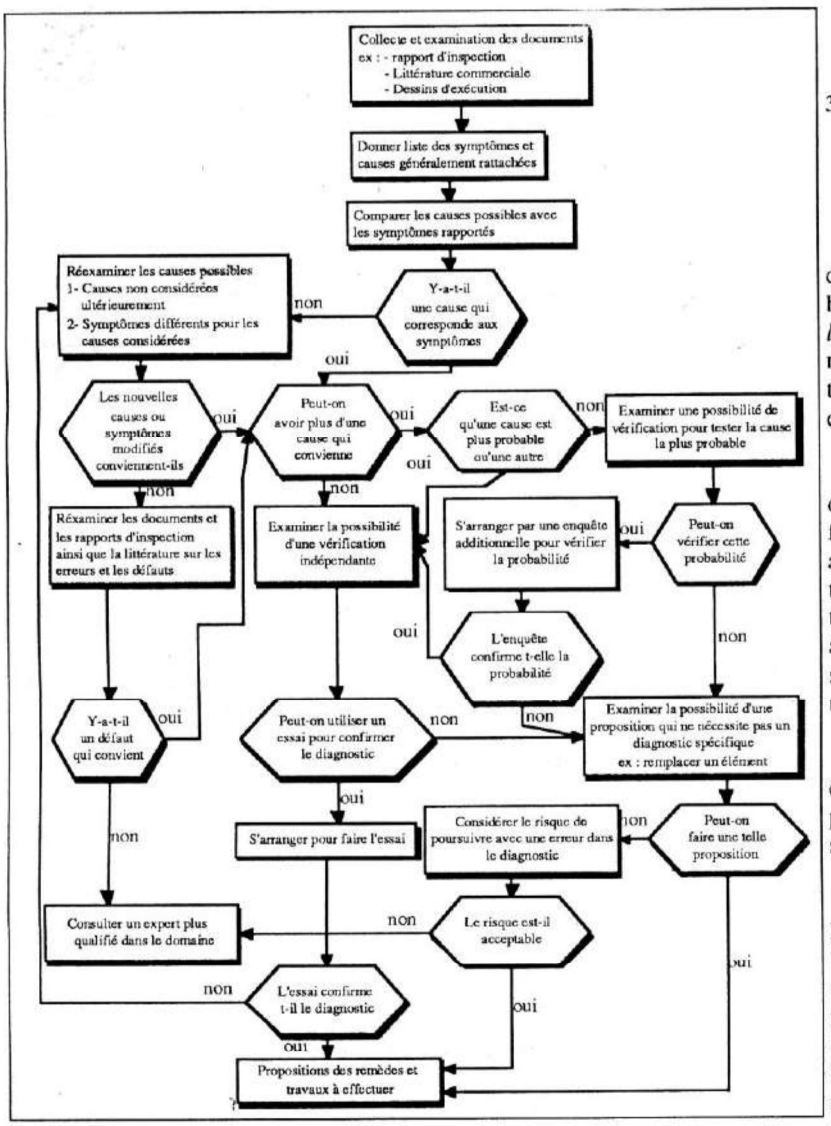


Figure 1 : Organigramme de diagnostic des erreurs dans la construction.

des structures lors de grands tremblements de terre).

3 DIANOSTIC DES CAUSES DE DEGRADATION DES OUVRAGES EN BETON ARME

Les trois principaux symptômes de dégradation d'un ouvrages en béton armé sont : *les fissures*, *l'épaufrage*, *la désagrégation* (définie comme un pourrissement de toute la surface avec perte de ciment et libération des agrégats).

Chacun de ces symptômes fondamentaux est visible et peut être facilement décelé et différencié des autres. Dans un ouvrage donné, les trois signes principaux de détérioration peuvent coexister, comme aussi leurs différentes formes sont susceptibles de se manifester en même temps.

Les manifestations externes de ces principaux symptômes en rapport avec les causes de dégradation sont résumées dans le tableau 1.

En conséquence, diagnostiquer la causes de la dégradation du béton est une opération très délicate. Elle revient essentiellement à procéder par éliminaton jusqu'à ce qu'une conclusion s'impose. L'organigramme de la figure 1 montre une démarche à suivre pour formuler un diagnostic. En prati-

- **Eliminer** les dangers par des mesures prises à la source (exemple : systèmes de prévention d'avalanches dans les zones de déclenchement).
- **Détourner** les dangers en déplaçant l'implantation d'un ouvrage (exemple : interdiction de construire dans les zones d'avalanches).
- **Maîtriser** les dangers par des dispositifs de sécurité, par des systèmes d'alerte, par inspection et contrôle (exemple : le contrôle de l'armature avant le bétonnage).
- **Dominer** les dangers par le respect des marges de sécurité (exemple : le dimensionnement des éléments de structure avec des coefficients de sécurité suffisants).
- **Accepter** quelques dangers en tant que risque admissible (exemple : la rupture

Causes principales	Principaux symptômes			Situation probable de l'agent
	Fissures	Epaufrage	Désagrégation	
Phénomènes résultants des opérations de construction	•			Inactif
Retraits au séchage	•			Inactif
Contraintes thermiques -Variation de la température ambiante - Variation de la température interne	 • •	 • •		 Actif Actif ou inactif
Absorption d'eau par le béton	•	•		Actif
Corrosion des barres d'armatures -Origine chimique -Origine électrolytique	 • •	 • •		Actif Actif
Réactions chimiques	•	•		Actif
Altération		•	•	Actif
Ondes de choc	•	•		Inactif
Erosion			•	Actif
Détails mal étudiés	•	•		Actif
Erreur au cours de l'étude	•	•		Actif

Tableau 1 : Causes de dégradation des ouvrages en béton armé.

que, en procédant ainsi on n'arrive pas toujours à une conclusion unique. Cela vient en partie des limites de nos connaissances actuelles, mais plus souvent d'un manque de données concernant en particulier les antécédants de l'ouvrage, exemple : le type de ciment, la composition du béton, l'origine des agrégats, et la qualité de la mise en œuvre des bétons des pieux, ...

4 DIFFERENTES METHODES DE CONTROLE

Les méthodes et les techniques qui permettent d'effectuer les différents contrôles sont nombreuses et de complexités variables. Elles doivent cependant toutes correspondre à deux principes de base : les contrôles doivent s'effectuer in situ et les moyens de contrôle doivent être non (ou peu) destructifs. Eu égard à leurs caractéristiques, on distingue trois groupes principaux de méthodes de contrôle :

- ✔ **Méthodes visuelles** : Ce sont celles qui font intervenir l'œil du contrôleur pour porter une appréciation sur les éléments apparents.
  - O Contrôle visuel direct (surface).
  - O Jumelles (éléments non accessibles).
  - O Caméra vidéo miniaturisée (conduites, fondations).
  - O Endoscope (corps creux).

- ✔ **Méthodes physico-chimiques** : Elles s'appliquent à une analyse des caractéristiques et de la structure des matériaux.
  - O Indicateurs chimiques (carbonatation, présence de chlorure, ...).
  - O Analyse microscopique (porosité).

- ✔ **Méthodes non destructives** : Leur avantage est l'accessibilité aux éléments à vérifier, elles sont regroupées en fonction de l'objet de la méthode (Figure 2).

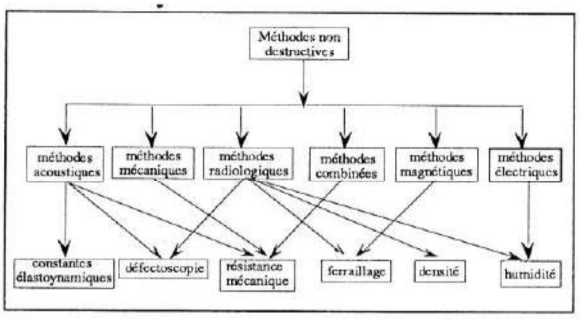


Figure 2 : Classification des méthodes non destructives en fonction de l'objet de la méthode.

5 ANALYSE STATISTIQUE DES SINISTRES DANS L'EST DE L'ALGEROIS

Une étude portant sur 205 cas de pathologie (expertises du C.T.C *) analyse à travers les wilayas de Tizi-ouzou, Boumerdès et Bouira permet de mettre en évidence

(*) Organisme de Contrôle Technique de la Construction.

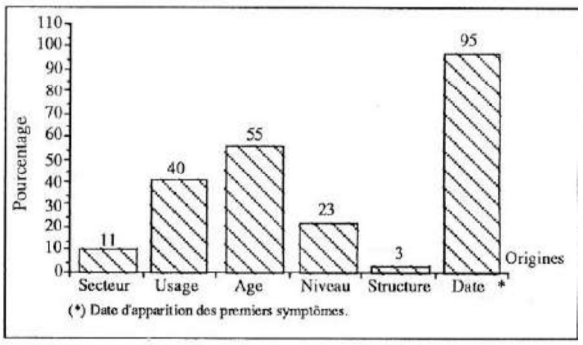


Figure 3 : Répartition du type de méconnaissances de l'ouvrage.

des insuffisances au niveau du relevé des désordres relatifs aux structures contrôlées. La figure 3 montre que de nombreux renseignements pouvant faciliter la conduite de l'expertise et une étude exhaustive ont été omis.

Au vu de ce constat, l'expertise doit être menée avec la plus grande circonspection afin de donner un avis technique sur les désordres ou sur le comportement d'un ouvrage auquel on voudrait apporter une modification du système structural.

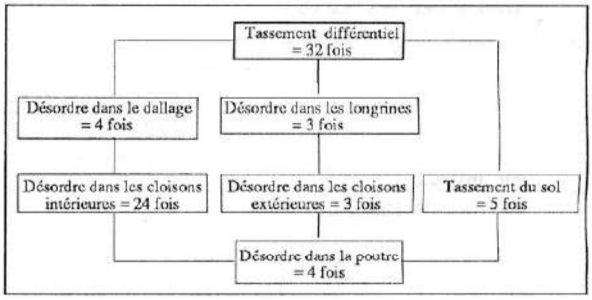
- Interprétation des résultats

Sur les 205 ouvrages, nous avons enregistré une combinaison de 304 causes, 359 désordres dans les éléments et 307 réparations d'éléments préconisées.

Ces résultats dénotent une insuffisance des services chargés de la maintenance et de la surveillance des ouvrages.

On observe une moyenne de 2 désordres/élément, ceci étant probablement dû à une non prise en charge rapide du désordre dès l'apparition des premiers symptômes, souvent constatés de visu par l'expert.

Pour ce qui est de la similitude des résultats entre les causes des désordres et les symptômes signalés, beaucoup de lacunes se sont manifestées, à titre d'exemple :



- Fissures dans les poutres

En présence d'un tassement différentiel, des désordres se manifestent systématiquement dans la poutre,

en particulier au niveau de la jonction "poteau-poutre".

- Désordres dans les cloisons

Les cloisons intérieures sont beaucoup plus affectées que les cloisons extérieures. Ceci est dû au fait que ces cloisons ne reposent pas sur les longrines, mais beaucoup plus sur les dallages. Toutefois, on remarque que le nombre de désordres comptabilisés dans les dallages est anormalement inférieur à celui des cloisons intérieures.

- Fissures inclinées dans les cloisons

On admet généralement qu'un tassement différentiel entraîne des fissures "à 45" dans les cloisons. Dans notre cas, cette règle est loin d'être vérifiée.

6 MAINTENANCE ET SURVEILLANCE DES OUVRAGES

Il est recommandé de prendre en urgence toutes les dispositions qui s'imposent afin de se prémunir des conséquences (souvent catastrophiques) provoquées par l'absence de maintenance des ouvrages. Un effort important reste à fournir pour faciliter et uniformiser les tâches des différents intervenants (maître d'œuvre, entrepreneur et bureau de contrôle...). En particulier, il y lieu de :

- Mettre au point le matériel et les procédures d'essais nécessaires pour réaliser le diagnostic.
- Faire évoluer la conception des ouvrages neufs pour faciliter les travaux ultérieurs d'entretien et de réparation.
- Sensibiliser les différents intervenants dans le domaine de la construction sur la pathologie et les techniques courantes de réparation.

L'intervalle de temps qui conditionnne l'intervention pour les différentes inspections dépend d'un nombre considérables de facteurs ; nous citerons :

a/ Situation de l'ouvrage

- Type et importance de la structure.
- Conditions de chargement.
- Gravité des conséquences en cas de ruine.
- Présence d'environnement agressif (accélère la vitesse de dégradation de l'ouvrage).
- Classification historique de l'ouvrage.

b/ Classification de la structure

On distingue trois classes de structures :

- **Classe 1** : La ruine peut engendrer des conséquences catastrophiques et/ou le fonctionnement de l'ouvrage est vital pour la communauté.
- **Classe 2** : La ruine de la structure peut engendrer des pertes humaines et/ou l'utilité de l'ouvrage est importante.
- **Classe 3** : Les conséquences de la ruine ne sont pas graves et/ou la mise hors état de service de l'ouvrage est admise.

c/ Conditions d'environnement et de chargement

Les conditions d'environnement et de chargement se définissent de la sorte :

- **Très sévère** : Environnement agressif avec chargement cyclique.
- **Sévère** : Environnement agressif avec un chargement statique.
- **Normal** : Environnement normal avec un chargement statique.

Le tableau 2 donne des indications sur l'intervalle de temps (en années) pour les différentes inspections.

Conditions d'environnement et de chargement	Classification de la structure					
	1		2		3	
	routine	périodique	routine	périodique	routine	périodique
Très sévères	2*	2	6*	6	10*	10
Sévères	6*	6	10*	10	10	---
Normales	10*	10	10*	-	Inspections superficielles	

(*) Entre deux inspections périodiques.

Tableaux 2 : Répartition des inspections dans le temps.

7 CONCLUSION

Au vu des nombreuses contradictions constatées au niveau des similitudes des causes et éléments affectés, il s'avère indispensable de préconiser une fiche de synthèse de l'expertise (Annexe A) :

- pour faciliter le relevé des désordres des éléments,
- pour ordonner et organiser les étapes de l'ingénieur chargé de l'expertise,
- pour envisager la création d'une banque de données dans le domaine de la pathologie ❷

BIBLIOGRAPHIE

[1] M. Lechani : *"Pathologie et thérapeutique du béton armé en Algérie"*. Mémoire de PGS INFORBA, Juin 1993.

[2] G. Schneider : *"Assurance de la qualité : objectifs, problèmes et tendances internationales"*. Annales de l'ITBTP, n°460, Décembre 1987.

[3] L. Logeais : *"La pathologie du bâtiment : sa philosophie, ses tendances, son évolution"*. CSTB Magazine, n°11, Janvier 1988.

[4] D. Andreky : "*Maintenance des ouvrages d'art : stratégie de surveillance et d'entretien*".

[5] S.M Johnson : "*Dégradation, entretien et réparation des ouvrages en génie civil*". Edition Eyrolles, 1969.

[6] "*Inspection and maintenance of reinforced and pressiressed concrete structure*". FIP, guide to good practice.

[7] C.G.S : "*Renforcement des structures endommagées par le séisme*".

[8] A. Slivinsky : "*Essais non destructifs*". Thèse ingénieur d'Etat en génie civil, Université de Tizi Ouzou, Juin 1986.

ANNEXE A

SUGGESTION D'UNE FICHE DE SYNTHESE DE L'EXPERTISE

Nom et référence de l'expert : .....
.....
Adresse : .....
.....

Nom et adresse du client : .....
.....
.....
Date Expertise : .....

Objet de l'expertise : .....

1 - ENQUETE :

Ce rapport est basé sur l'enquête menée sur site en date du : .....
et comme information supplémentaire :
Documents : .....
Discussion : .....

2 - DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

2.1 Identification de l'ouvrage

Ouvrage	Niveau		Usage	Position du lieu d'expertise	Situation de l'ouvrage	Age
		.....	.....			
		.....	.....			
		.....	.....			

2.2 Description de la superstructure

Structure porteuse	Contreventement	Remplissage	Plancher	Charpente

2.3 Description de l'infrastructure

Type de fondation	Nature du sol	Condition des eaux pluviales (Regard)	Nature de la dalle au sol

2.4 Caractéristiques géométriques

2.4.1 Ouvrage

Longueur	Largeur	Hauteur	Autres formes

2.4.2 Eléments

Eléments	Dimensions	Ferraillage
Poteaux		
Poutres		
Pierres maçonneries		
Voiles		
Fondations		
Longrines		

Description supplémentaire : .....
.....
Préciser la date d'apparition des premiers symptômes : .....

2.5 Influence des constructions adjacentes

La construction menace une autre construction : Oui Non
La construction est menacée par une autre construction : Oui Non

3 - DESORDRES CONSTATES

Eléments	Fissures	Epaufrage/Désagrégation	Observations
Poteaux			
Poutres			
Pierres maçonneries			
Voiles			
Fondations			
Longrines			
Eléments secondaires : acrotères, balcons escaliers			
Cloisons intérieures			
Cloisons extérieures			
Revêtements de sol			
Enduits intérieurs			
Linteaux			
Boiserie			
Etanchéité			
Conduites des eaux			
Autres			

4 - CAUSES PRELIMINAIRES SELECTIONNEES .....
.....

4.1 Enquête supplémentaire

Il est recommandé qu'une enquête supplémentaire ou étude soit établie :
Type : ..... Coût .....
Raisons : ..... Incidence sur l'exploitation : .....
Durée de l'enquête : .....

4.2 Causes définitives retenues

La(es) Cause(s) initiale(s) a-t-elle (ont-elles) été confirmé(es) Oui Non
Causes et raisons de ce rejet : .....

5 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

a/ Arrêter l'évolution de la dégradation (conséquence) : .....
b/ Remédier à la dégradation (source) : .....
Il est proposé les travaux suivants : .....
.....
.....
.....

Qualification exigée de l'entreprise : Oui Non
Durée des travaux : .....
Coût des travaux : .....