CORROSION CHIMIQUE PAR VOIE AERIENNE DES BETONS

R. JAUBERTHIE, C. LANOS, M. TEMIMI & M. LAQUERBE
Chercheurs, INSA Laboratoire G.T.Ma, Rennes, France

Résumé

Cet article traite de l'étude des dégradations qui apparaissent sur la façade d'un immeuble en béton brut. Après un diagnostic des causes de ces dégradations, des remèdes sont proposés pour la remise en état de la façade.

Mots clés : corrosion de béton • porosité • sulfatation • décapage.

1 INTRODUCTION

La corrosion des bétons par des attaques chimiques a été analysée très récemment par M.T Abadlia et A. Bali [1].

On peut résumer leurs travaux par quelques idées essentielles : la corrosion chimique est l'action des substances nuisibles qui se trouvent à l'état liquide et qui sont capables de se transmettre au corps solide d'un béton durci grâce aux pores capillaires ; cette corrosion peut être amplifiée par l'action de facteurs physiques de l'environnement tels que la température et l'humidité.

Ils en tirent un certain nombre de principes de base pour des compositions de bétons les plus résistants.

Les agents agressifs peuvent avoir différentes origines :

- interne au béton par le sable ou les granulats,
- interne au béton par la composition du ciment,
- externe par le contact avec le sol ou le sous-sol et par les remontées capillaires,
- externe par contact, circulation de liquides agressifs dans des canalisations en béton par exemple.

D'autre part ces agents agressifs sont de différentes sortes : chlorures, sulfates, acides, micro-organismes, bactéries... Ces thèmes sont illustrés par de nombreux travaux [2] à [5].

Le but de cette note est l'étude des dégradations observées essentiellement sur une façade d'un bâtiment en béton brut d'une vingtaine d'étages. Après avoir diagnostiqué les causes de cette dégradation par des analyses de laboratoire, il est possible de proposer des solutions pour sa remise en état.

2 CORROSION DU BETON ETUDIE : DIAGNOSTIC

La corrosion étudiée se situe en particulier sur toute la hauteur de la façade du bâtiment. Cette façade à l'aspect d'un faïençage, avec gonflement et détachement d'éléments de surface de quelques millimètres d'épaisseur. La teinte est grisâtre, à cause en partie des salissures mais aussi, vraisemblablement, au cristaux néoformés.

Les observations au microscope optique du parement non dégradé visuellement montrent une surface blanche constituée essentiellement des phases hydratées des ciments. Les grains de sable sont pour la plupart gris à éclat gras.

Ce sable est donc quartzique. La porosité de surface est importante, le diamètre moyen des pores étant de quelques dixièmes de millimètres. De par leur nombre, on peut supposer que la porosité est communicante. La surface dégradée apparait plus grise. Une croûte semble la recouvrir.

Dans les cavités, des cristaux néoformés apparaissent et s'épanchent vers l'extérieur. Quelques grains de sable sont soulevés et se détachent aisément. L'altération est très superficielle et n'excède pas les

quelques dixièmes de millimètre.

Les observations au microscope optique nous ont conduit à réaliser des diagrammes de diffraction X directement sur la face plane extérieure du parement.

Les diagrammes "béton 1" (Figure 1) et "béton 2" (Figure 2) correspondant aux diffractions effectuées sur, respectivement, une surface peu dégradée et une autre très dégradée. Les raies les plus intenses des différentes phases sont indexées sur les enregistrements (Figures 1 et 2).

Dans les 2 échantillons, on y note la présence de quartz (sable), de CSH(I)*, produit d'hydratation de C_2S et C_3S et de quelques traces de carbonates. La différence essentielle entre les 2 échantillons réside dans la quantité de gypse formée qui est particulièrement importante sur la face dégradée. Ce gypse masque les autres phases.

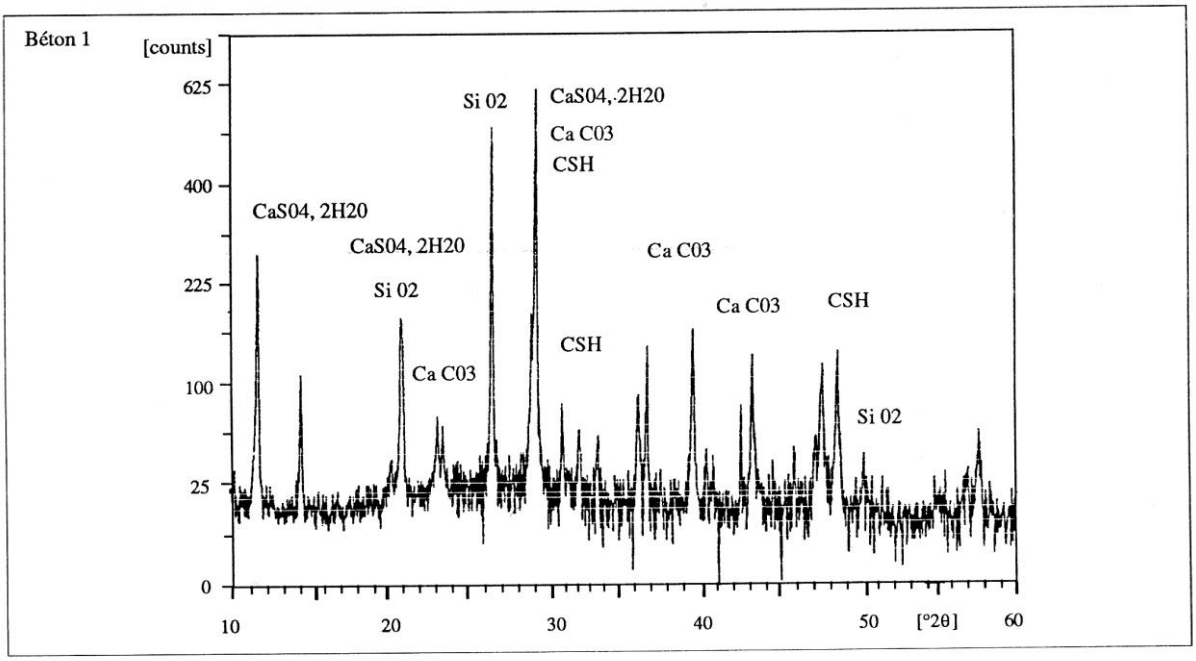


Figure 1 : Diagramme de rayons X de "Béton 1" (Rayonnement C_u K_α, filtré).

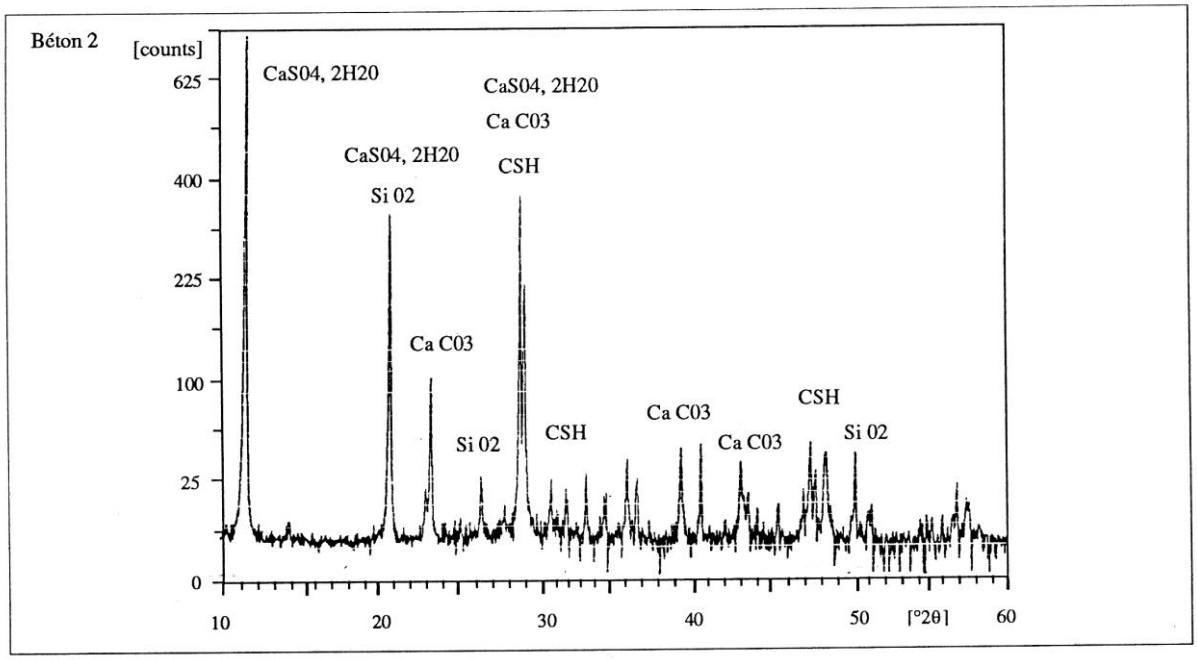


Figure 2 : Diagramme de rayons X de "Béton 2" (Rayonnement C_u K_α, filtré).

*C = CaO S = SiO_2 H = H_2O

Les échantillons ont été observés au microscope électronique à balayage. Les photos SURT 13 et SURT 15 (Photos 1) ont été réalisées sur un échantillon témoin. Quelques cristaux globuleux cubiques ou rhomboédriques sont vraisemblablement des carbonates de calcium (calcite) tandis que d'autres cristaux ayant une forme spongieuse caractérisent les silicates de calcium hydratés.

Les photos prises sur la surface dégradée (photos 2 : SURF 3 et SURF 4) montrent, au contraire, un pavage qui recouvre la surface. Ceci conforte l'idée selon laquelle le sulfate de calcium s'est développé sur la surface par réaction entre la surface et l'extérieur.

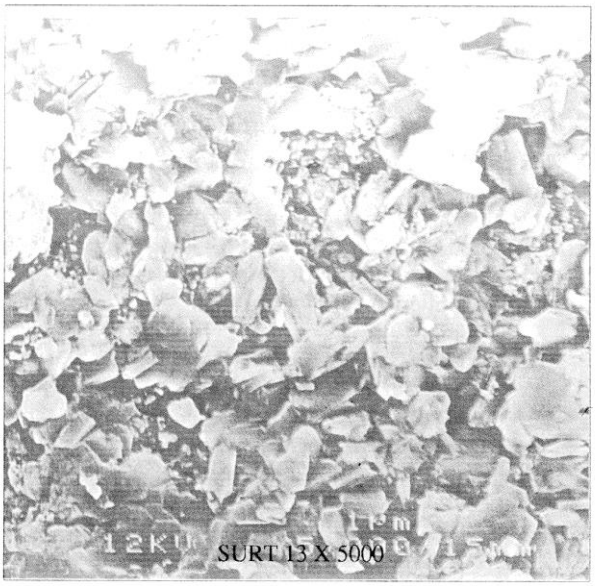




Photo 1 : Vue au MEB de la surface des échantillons témoins à 2 endroits différents (SURT 13 et SURT 15).



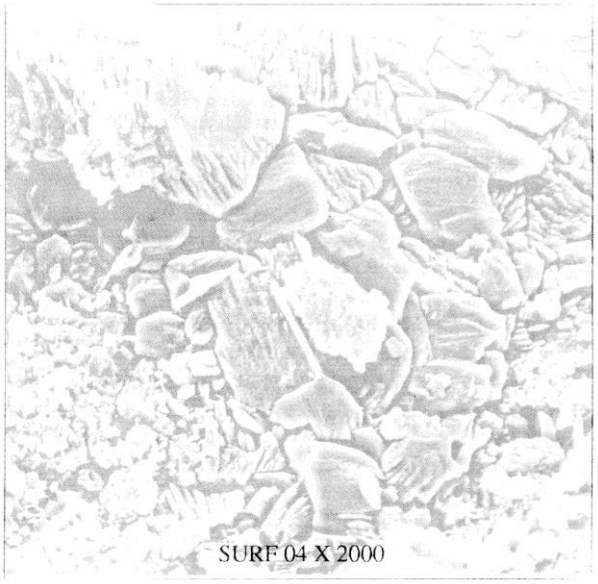


Photo 2 : Vue au MEB de la surface des échantillons dégradés à 2 endroits différents (SURF 03 et SURF 04).

Une microanalyse est couplée au microscope électronique. Ici aussi, l'analyse de la surface dégradée met en évidence une grande quantité de soufre. Les minéraux tapissant les trous sont eux aussi des sulfates de calcium.

De toutes ces analyses, on peut tirer les conclusions suivantes :

- le béton était à l'origine très poreux, avec une carbonatation limitée au parement et un début de sulfatation,
- la surface s'est ensuite dégradée par formation de gypse et ceci, de façon préférentielle sur une des façades.

Ce minerai est expansif et son développement dans

les fissures peut provoquer non seulement le décollement des grains de sable mais aussi l'arrachement de petits éléments du parement. Le sable utilisé est quartzique. Les grains semblent avoir une microfissuration et une rugosité importante aussi bien à la surface du parement qu'à l'intérieur. Cet état est donc antérieur à la formation de la dégradation.

3 INTERPRETATION

Les observations réalisées mettent en évidence la formation de gypse sur la face externe des parements de façades d'un bâtiment en béton brut. Cette formation est plus importante sur une façade (Est-Sud-Est), ce qui semble désigner une zone industrielle sidérurgique comme source de pollution atmosphérique. La quantité de sulfates contenue dans le béton originel n'est pas suffisante pour induire cette dégradation et qui, dans cette hypothèse, ne se limiterait pas à la surface.

Les vents dominants permettent le transport des gaz qui vont se dissoudre dans une atmosphère à humidité relative toujours importante. La porosité élevée du béton retient une partie importante de cet acide sulfurique. La réaction entre les ions sulfates et le calcium de la chaux, du CSH ou des carbonates pourra ainsi avoir lieu. La dégradation va donc être de très faible épaisseur ; quelques centaines de microns comme le confirme d'autres travaux [6] et [7]. A l'avant du front de gypse, on peut s'attendre à une formation d'ettringite. Avec un pH plus élevé, les ions sulfates réagissent avec les aluminates de calcium du ciment pour former de l'ettringite, elle aussi expansive. Un ciment fortement alumineux favorisera ce processus. Mais là aussi, l'épaisseur va être très faible. Nos observations confirment l'épaisseur théorique de la couche de gypse mais ne permettent pas d'assurer l'existence d'un front d'ettringite.

La solubilité du gypse, relativement importante (2.04g/1 à 20°C), va donc entrainer son élimination lors de fortes intempéries ; l'attaque pourra ainsi progresser vers l'intérieur du parement.

La pénétration des sulfates en solution dans la masse du béton va se localiser dans les zones fissurées. Des microfissures (retrait-gonflement) suffiront donc à créer un veinage de la dégradation sur le parement. L'attaque des sulfates apparait ainsi non seulement directement sur le parement mais aussi au "cœur" de l'élément en béton, le long des microfissures préexistantes ; ce qui a pour effet d'accélérer la ruine de l'ouvrage.

Pour remettre en état des bétons sulfatés par voies aérienne, il convient donc d'effectuer un décapage. Du fait de la solubilité importante du gypse, ce décapage peut être réalisé par jet d'eau sous pression. Si l'on se base sur la propriété de déshydratation du gypse à basse température pour former l'hémihydrate, on peut penser qu'un jet d'air chaud va suffire pour soulever les particules superficielles. D'autre part, le volume occupé par l'hémihydrate est plus petit que celui du gypse, le décollement de la surface n'en sera que facilité.

Le décapage réalisé, il conviendra de procéder à un ravalement. Le produit devra d'une part, obturer les microfissures et la porosité et, d'autre part, établir une barrière entre la surface du béton et les attaques sulfuriques.

4 CONCLUSION

Les bâtiments en béton brut peuvent se dégrader progressivement par sulfatation du parement en atmosphère polluée par des sulfates.

Un décapage par voie sèche apparaît souhaitable, la voie humide étant plus aléatoire et son action est difficilement quantifiable.

Le produit de ragréage doit à la fois provoquer un colmatage de la porosité et être résistant aux attaques sulfatiques ultérieures.

BIBLIOGRAPHIE

[1] M.T Abadlia et A. Bali : "*Les causes de la corrosion chimique des bétons et amélioration de leur durabilité*". Algérie Equipement, N°22, pp. 27-31, 1995.

[2] M.A Azizi and LCC KOE, "*Durability of concrete severs in agressive subsoils and grounwater conditions*". Geotech. Aspects of Restauration works, Balasubramaniam and al. Eds, Rotterdam, pp. 299-310, 1990.

[3] M. Ribassilva : "*The influence of the proximity of the sea on the degradation on concrete by micro-organisms*". Proceed, of the 5th Int. Conf. on structural repair, tech. Press. Edimburg, pp. 21-29, 1993.

[4] W.K Krumbein : "*Attaques biologiques des pierres*". LCPC, pp. 1-8, 1990.

[5] J.G Wang : "*Sulfate attack on hardened cement paste*". Cement and concrete research, vol.24, N°4, pp.735-742, 1994.

[6] P.K Mehta : "*Mechanism of sulfate attack on portland cement concrete-another look*". Cement and concrete research, vol. 13, N°4, p.401, 1983.

[7] S. Kumar, C.V.S Kamawara RAO : "*Strength loss in concrete due to varying sulfates exposures*". Cement and concrete research, vol. 25,N°1, pp.55-62, 1995.