

	LaboTech Sàrl Laboratoire Béton Analyses Expertises	91 route des Jeunes CH-1227 Carouge Tel : 022 300 67 25 Fax : 022 300 67 26 Mail : labotech@bluewin.ch
---	--	---

Examen succinct de la carbonatation des éléments de façades y.c. annexes et détermination de la teneur en chlorures

Rapport N°: E18/198-1

Commettant : Ville de Carouge p.a Erbèia ingénierie civile SA Rue Vautier 3 Case postale 1329 CH - 1227 Carouge	Objet : Ecole des Pervenches Rue Louis-de-Montfalcon 4 1227 Carouge
<small>Z:\DATA\E- Examen d'ouvrages\E18-198 Ecole des Pervenches - Carouge\E18 198-1.docx</small>	Date : le 27.07.2018

1. Mandat

Le présent rapport est établi selon la demande de monsieur Ozkan Ozturkdu du bureau Erbèia Ingénierie civile SA en accord avec la ville de Carouge, notre offre 18-077 du 20.04.2018 et notre intervention du 19 juillet 2018.

Le but est d'effectuer des sondages ponctuels sur les divers éléments de façades et annexes en béton armé et de déterminer la contamination du béton par les chlorures au niveau du local technique de la piscine et d'un évent de bacs à fleurs.

La méthode consiste à :

- Détecter les aciers de surface à l'aide d'un détecteur d'armatures
- Dégager l'armature et déterminer leur état de corrosion
- Mesurer le diamètre et l'enrobage des aciers
- Déterminer le front de carbonatation du béton (minimum et maximum)
- Prélever de la poudre de béton par palier de 2 cm sur les infiltrations niveau local technique de la piscine ainsi que d'une petite zone d'infiltrations situées au droit des événements des bacs à fleurs
- Déterminer la contamination du béton par les chlorures
- Rédaction d'un rapport circonstancié

2. Présentation du bâtiment



Vue générale de l'école des Pervenches (vue Google Maps)

3. Examen de la carbonatation du béton des éléments de façades et annexes

3.1. Généralités

La carbonatation du béton est un processus naturel d'une réaction chimique entre le gaz carbonique de l'air (CO_2) et la chaux du ciment ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) qui transforme ce dernier en carbonate de calcium (CaCO_3) et de ce fait, diminue le pH du béton.

En dessous d'un pH de 9.5, les aciers perdent la protection alcaline du béton et le risque d'oxydation de ces barres d'armature augmente fortement, notamment celles exposées aux intempéries.



Sondage sur un acier non oxydé ayant un enrobage suffisant
Couleur violacée : béton non carbonaté
Couleur béton : béton carbonaté

3.2. Aspect des éléments examinés et des zones dégradées

3.2.1. S1 : mur avec panneaux bois décoratifs

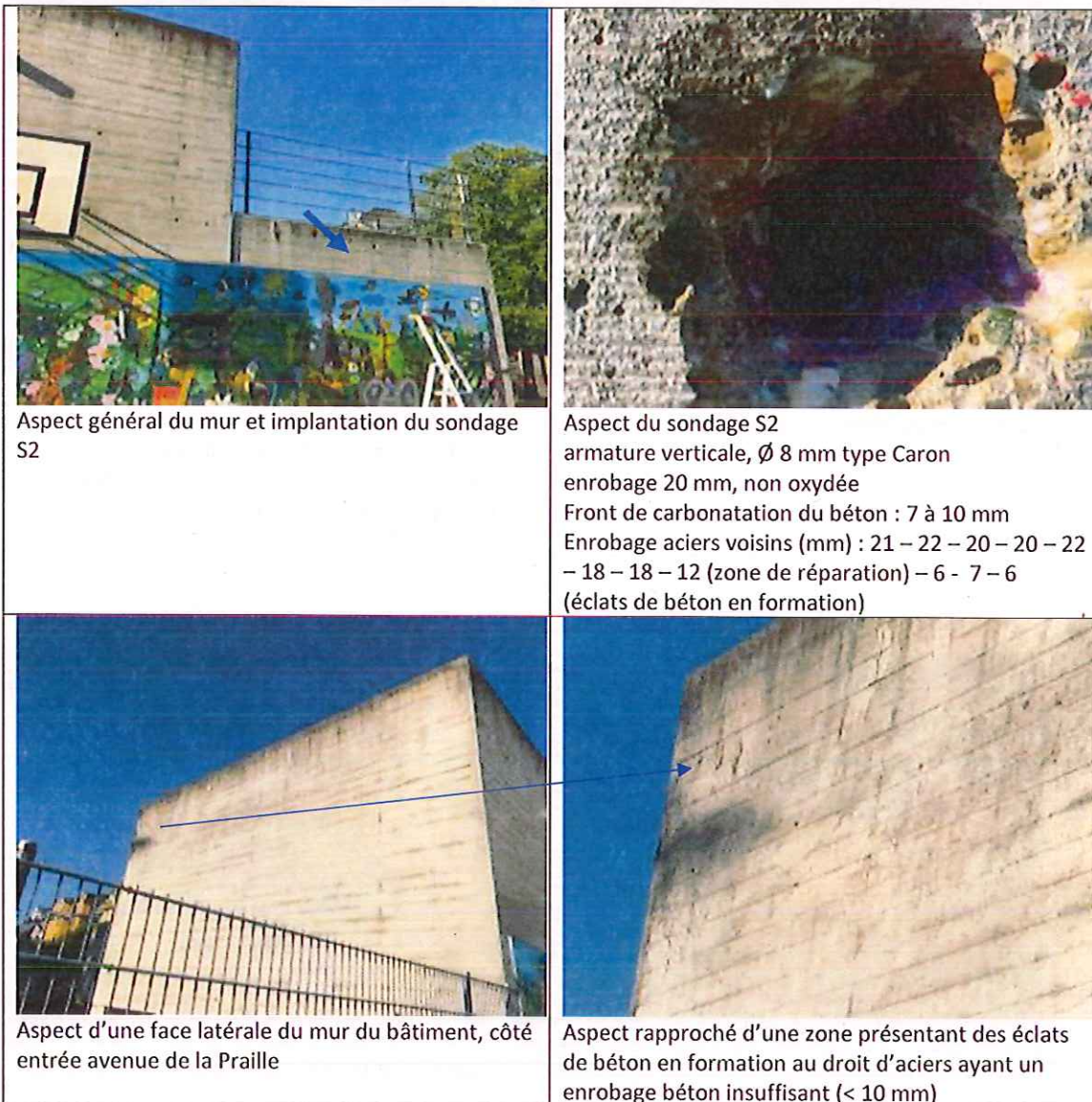


Aspect général du mur et implantation du sondage S1

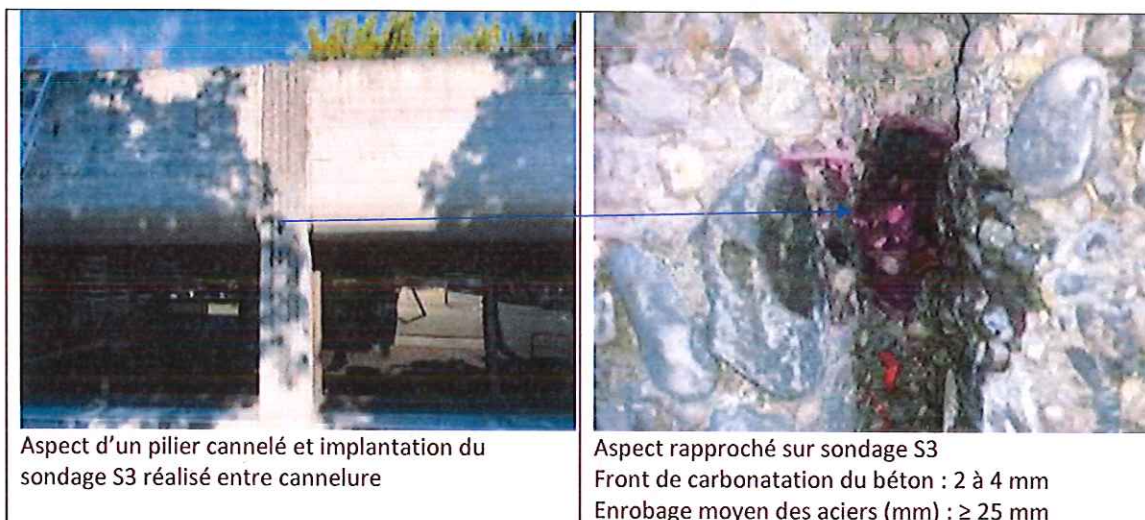


Aspect rapproché du sondage S1
armature verticale, Ø 8 mm type Caron
enrobage 16 mm, non oxydée
Front de carbonatation du béton : 8 à 12 mm
Enrobage aciers voisins (mm) : 22 – 25 – 20 – 18 –
20 – 22 – 24 – 19 – 20 – 22 – 21

3.2.2. S2 : mur, bâtiment entrée du centre sportif des Pervenches, coté cours de récréation



3.2.3. S3 : pilier cannelé, situé côté cour de récréation



3.2.4. S4 : bacs à fleurs, niveau toiture, côté cour de récréation

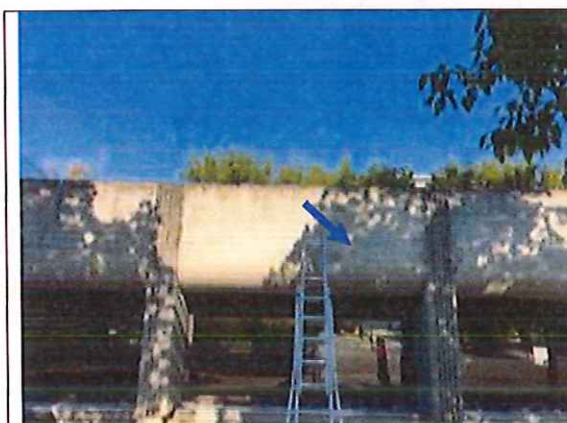


Aspect général de l'acrotère (arrière des bacs à fleurs) et implantation du sondage S4



Aspect rapproché du sondage S4
armature verticale, \varnothing 8 mm type Caron
enrobage 28 mm, légèrement oxydée
Front de carbonatation du béton : 9 à 28 mm
Enrobage aciers voisins (mm) : 22 – 25 – 26 – 25 –
24 – 24 – 25 – 25 – 25 – 25 – 24

3.2.5. S5 : bac à fleurs d'ornement, face latérale, coté cour de récréation



Aspect général des bacs à fleurs et implantation du sondage S5



Aspect rapproché du sondage S5
armature verticale, \varnothing 8 mm type Caron
enrobage 36 mm, non oxydée
Front de carbonatation du béton : 10 à 20 mm
Enrobage aciers voisins (mm) : 26 – 27 – 30 – 32 –
30 – 32 – 22 (aucune dégradation) – 8 – 12 – 15 –
13
(éclat de béton en formation au droit des aciers)



Aspect d'un éclat de béton en formation au droit d'un acier vertical



Anciennes réparations visibles sur des aciers verticaux



Eclats de béton et éclats en formation visibles en sous-face de bacs à fleurs côté avenue de la Praille, au niveau de la partie basse

3.2.6. S6 : tranche de dalle du préau



Aspect général de la dalle du préau et implantation du sondage S6



Aspect rapproché du sondage S6
armature verticale, \varnothing 6 mm type Caron
enrobage 20 mm, légèrement oxydée
Front de carbonatation du béton : 8 à 16 mm
Enrobage aciers voisins (mm) : 24 – 26 – 20 – 22 –
21 – 19 – 20 – 21 – 22 – 22 – 25

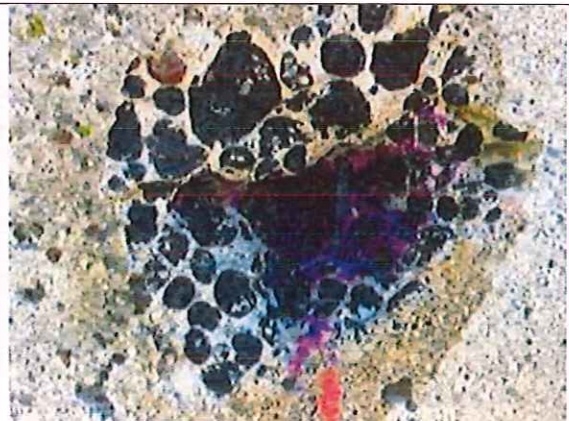


Nombreuses fissures verticales sur aciers notamment sur d'anciennes réparations

3.2.7. S7 : puits de lumière



Aspect général des puits de lumière et implantation du sondage S7



Aspect rapproché du sondage S7
armature verticale, \varnothing 6 mm type Box
enrobage 29 mm, non oxydée
Front de carbonatation du béton : 10 à 28 mm
Enrobage aciers voisins (mm) : 28 – 30 – 30 – 29 –
30 – 31 – 29 – 33 – 33 – 30 – 33
A noter : il s'agit d'un béton léger avec granulats en
argile expansés de type « Léca »

3.2.8. S8 : pilier extérieur du bâtiment « entrée centre sportif des Pervenches », partie basse



Aspect d'un pilier et implantation du sondage S8



Aspect rapproché du sondage S8
étrier, \varnothing 8 mm type Caron
enrobage 21 mm, légèrement oxydé
Front de carbonatation du béton : 27 à 29 mm
Enrobage étriers voisins (mm) : 21 – 21 – 20 – 19 –
20 (aucune dégradation visible)- 11 – 13 – 13 – 10
– 11 – 9 – 10 (éclats de béton en formation au droit
d'aciers oxydés)



Eclat de béton en formation sur un angle



Fissures visibles au droit des étriers et des armatures verticales

3.2.9. S9 : mur extérieur cannelé du gymnase



Aspect du mur cannelé et implantation du sondage S9



Aspect rapproché sur sondage S9
Front de carbonatation du béton : 2 à 4 mm
Enrobage moyen des aciers (mm) : ≥ 23 mm

3.2.10. S10 : mur extérieur en béton brut du gymnase



Aspect d'une partie du mur en béton brut et implantation du sondage S10
Notons que des réparations ont déjà été réalisées



Aspect rapproché sur sondage S10
Front de carbonatation du béton : 2 à 4 mm
Enrobage moyen des aciers (mm) : ≥ 23 mm

3.2.11. Bac à fleurs niveau pipette d'évacuation d'eau



Aspect d'une pipette d'évacuation d'eau présentant une tache marron en surface de béton



Aspect rapproché du prélèvement de béton Cl1 au droit d'une tache pour détermination de la teneur en chlorure dans le béton (sur les 2 premiers centimètres)

- Teneur en Cl : **0.7 ‰ / ciment**

4. Teneur en chlorure dans le béton des infiltrations niveau local technique de la piscine et bac à fleurs situés au droit du préau

Les chlorures proviennent du traitement de l'eau par les produits d'entretien utilisés tels que l'acide chlorhydrique ou l'hypochlorite de soude. Leur pénétration est souvent due aux défauts de l'étanchéité. La teneur en chlorures dépend de la quantité de chlore utilisée. Ces chlorures, au-delà d'un certain seuil occasionnent une oxydation importante des aciers dans le béton, voire leur destruction totale. La carbonatation du béton et la présence d'humidité sont deux facteurs aggravants.

Procédure : selon la norme SIA 262.496 (2007)

- Prélèvement de poudre de béton par percement avec une mèche Ø 30 mm
- Extraction à l'acide nitrique et à l'eau chaude
- Ajustement du pH à l'ammoniaque puis filtration
- Analyse par spectrophotométrie

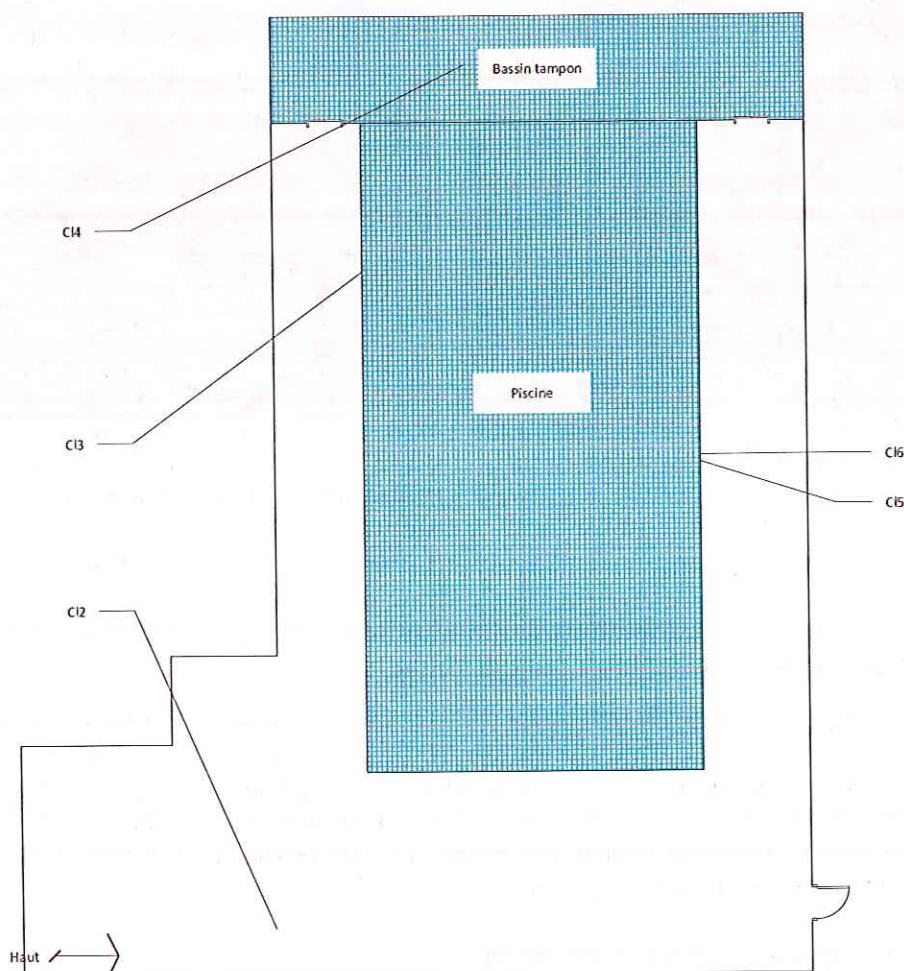
Evaluation du risque de corrosion :

Le résultat est exprimé en ‰ par rapport à la masse de ciment

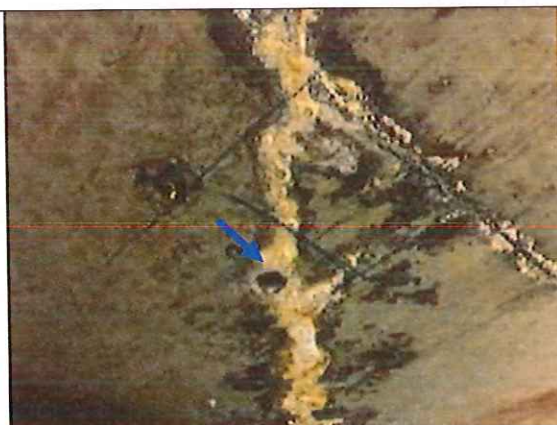
Selon la norme SIA 262.496 (2007), le seuil limite est fixé à :

- **4 ‰ pour le béton armé**
- **2 ‰ pour le béton précontraint par fils adhérents**

4.1. Implantation des prélèvements



4.2. Zone de prélèvements et dégradations



Aspect d'une fissure avec infiltration et implantation du prélèvement CI 2



Prélèvement du CI 3 au droit d'une coulure avec résurgence de chaux carbonatée sur mur périphérique du bassin de la piscine



Prélèvement du CI 4 en intrados de dalle du bassin tampon, sur zone non dégradée



Entrée bassin tampon : aspect d'une armature mise à nu fortement oxydée avec perte de section importante



Prélèvement du CI 5 au droit d'une coulure avec résurgence sur mur périphérique du bassin de la piscine et CI 6 à 30 cm de CI 5 (sur zone visuellement saine)



Aspect d'une infiltration située au droit d'un écoulement d'un bac à fleurs (CI1)



4.3. Résultat des analyses

Echantillon	Prélèvement	profond. [cm]	Teneur en Cl [% / ciment]
Infiltrations sous bac à fleurs niveau préau			
1A		0-2	0.7
Infiltrations piscine niveau local technique			
Intrados dalle sur fissure + infiltration importante			
2A		0-2	5.5
2B		2-4	1.2
2C		4-6	0.7
Mur piscine, au droit d'une infiltration			
3A		0-2	0.9
3B		2-4	1.1
3C		4-6	1.2
Intrados dalle bassin tampon, zone visuellement saine			
4A		0-2	6.7
4B		2-4	4.2
4C		4-6	2.1
Mur piscine, au droit d'une infiltration			
5A		0-2	1.8
5B		2-4	1.8
5C		4-6	0.9
Mur piscine, à 30 cm d'une infiltration (zone visuellement saine)			
6A		0-2	1.8

Dosage en ciment estimé : 325 kg/m³MVA estimée : 2400 kg/m³

5. Synthèse des résultats, des analyses et proposition de méthodes de réfection

Carbonatation du béton

Au vu des sondages réalisés, le front de la carbonatation du béton est différent en fonction des éléments examinés.

Dans l'ensemble, le béton n'est pas très carbonaté et les armatures sont protégées. Seules, les zones d'armatures placées trop proches de la surface se sont oxydées et ont provoquées des éclats de béton.

Les murs aspect cannelé sont peu carbonatés et les aciers positionnés à une profondeur adéquate.

Toutefois, cet examen reste succinct est indicatif

Chlorures dans le béton

La contamination du béton par les chlorures dans les zones d'infiltrations est faible à l'exception de deux zones où le taux est situé entre 4 et 7%



Proposition de méthodes de réfection

Traitement pour la carbonatation

- nettoyage des surfaces au jet à haute pression
- piquage des zones en cours de dégradations y.c. les armatures situées proches de la surface
- application d'un inhibiteur de corrosion sur l'ensemble des éléments
- ragréage avec un mortier approprié des saignées créées
- application d'une peinture anti-carbonatation afin d'uniformiser l'ensemble des surfaces

Traitement pour les chlorures

- piquage du béton contaminé sur les zones d'infiltrations, au-delà des aciers de surface
- ragréage avec un mortier approprié des saignées créées
- éliminer les venues d'eau par infiltrations dans la mesure du possible
- dans le bassin tampon, les parties de béton pourraient être traitées par l'application d'un inhibiteur de corrosion et d'une peinture spécifique étanche.

LaboTech Sàrl

Michel Cattin

Romain Caudron