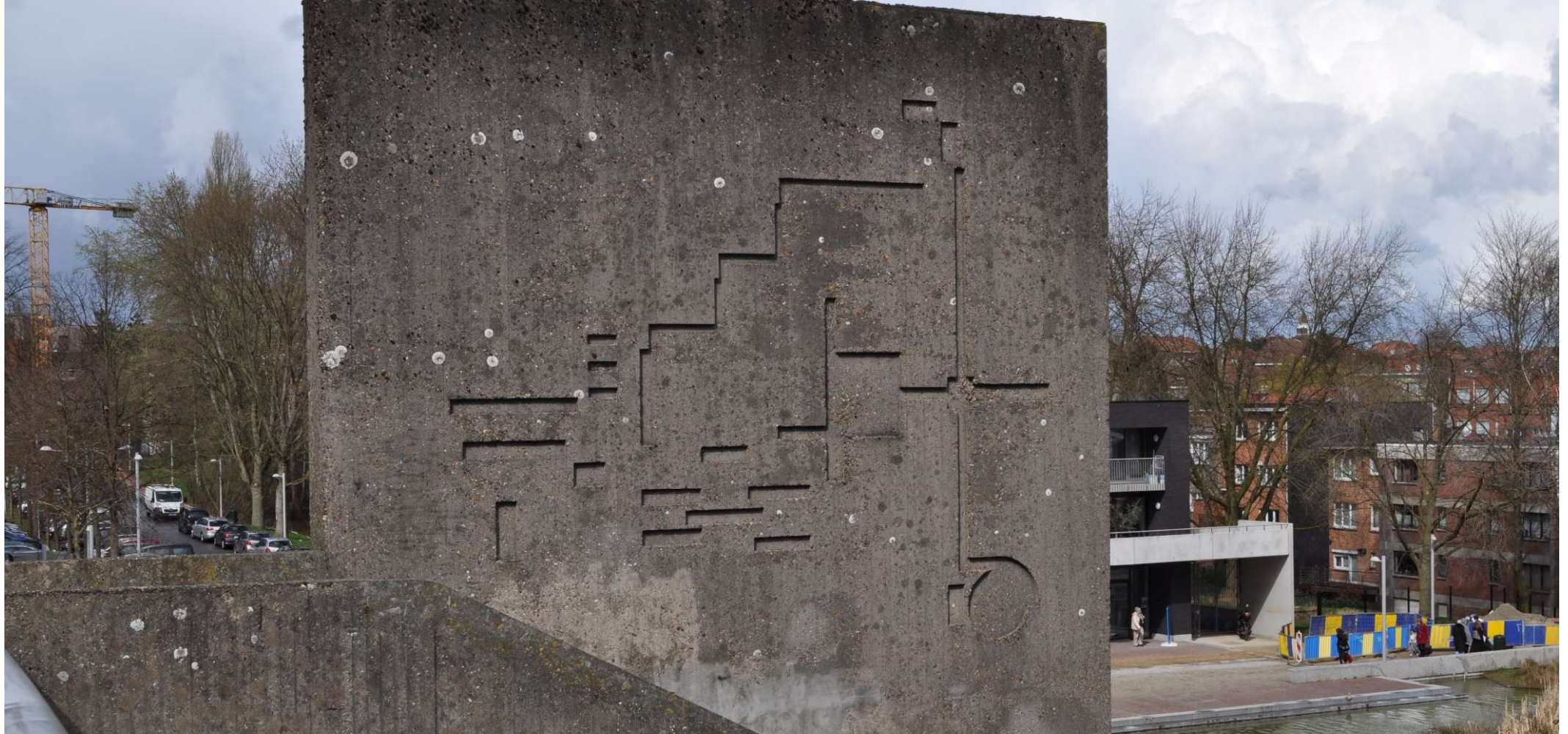
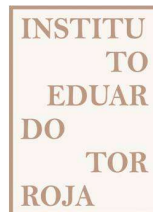


Traitements transparents pour la protection du béton

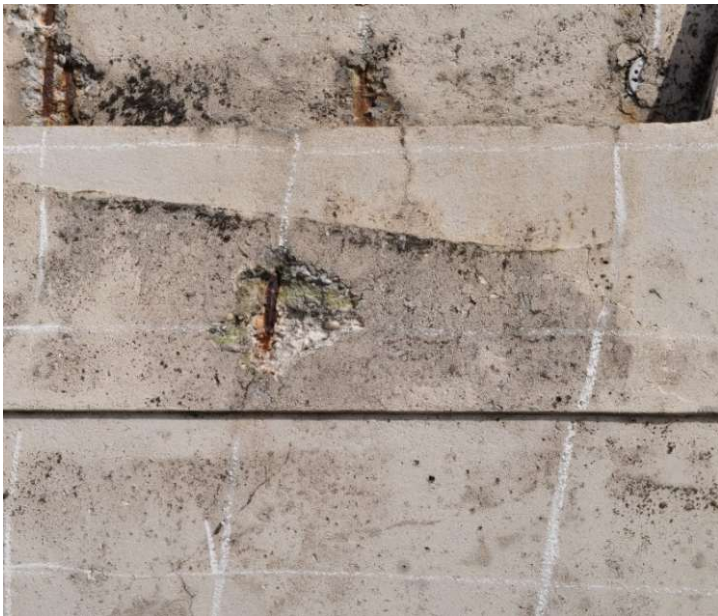
E. Cailleux

Projet dédié à la protection du patrimoine culturel en béton



Tour de police d'Anvers
(Renaat Braem - 1957-1967)
Statut Monument en 2002

Pathologies principales



- Le plus souvent : corrosion induite par une carbonatation du béton
- Armatures proches de la surface (recouvrement < 10 mm)

Considérations supplémentaires

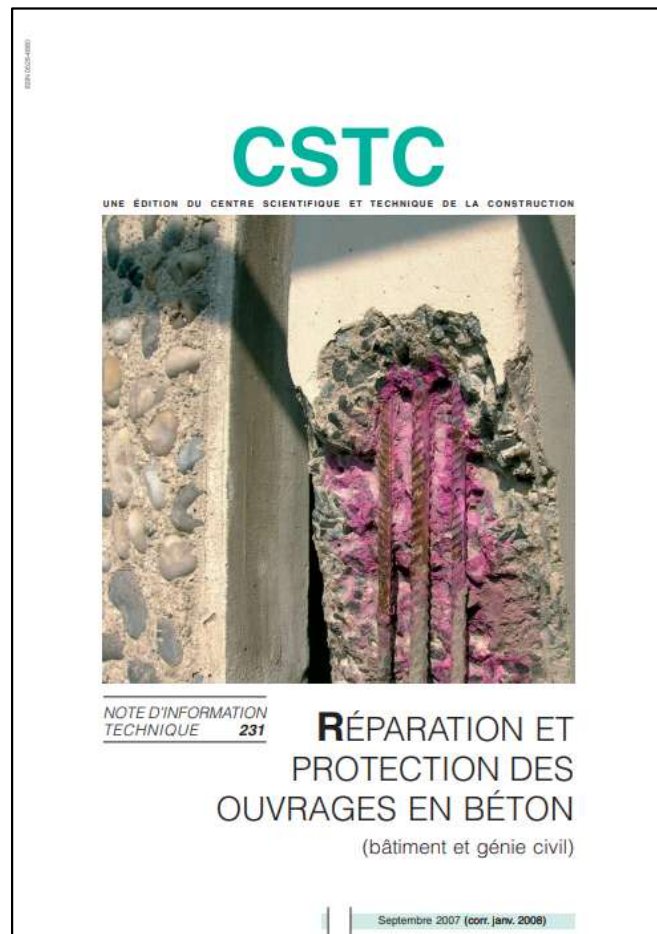


Bâtiments protégés:

- L'aspect initial doit être conservé
- L'utilisation de peinture de protection opaque n'est généralement pas possible



- **Comment assurer une réparation durable en prenant en compte les contraintes liées à la conservation des bâtiments historiques ?**



- si l'enrobage final après réparation est inférieur à 10 mm, l'utilisation exclusive d'un mortier de ragréage ne pourra assurer une réparation durable. Des mesures complémentaires devront dès lors être prises, comme, par exemple, l'application généralisée du mortier de ragréage ou d'un revêtement de protection supplémentaire sur le béton en plus du revêtement anticorrosion appliqué sur toute la périphérie de l'armature. Celle-ci sera entièrement dégagée comme précédemment (figure 22B et C). Dans tous les cas, l'enrobage final ne pourra être inférieur à 5 mm.

- **Comment assurer une réparation durable en prenant en compte les contraintes liées à la conservation des bâtiments historiques ?**
- **De nouveaux traitements pourraient être considérés :**
 - Revêtement de protection transparents mats (coating)
 - Hydrofuges
- **Mais encore de nombreuses questions limitant leur utilisation :**
 - Efficacité des hydrofuges en comparaison des revêtements de protection ?
 - Impact des revêtements transparents sur l'aspect des bétons ?
 - Durabilité? ...

Objectifs de l'étude

- **Comparaison des deux traitements :**
 - Influence sur l'aspect du béton
 - Comparaison des performances de base
 - Evaluation de l'efficacité et de la durabilité via :
 - *des essais sur des dallettes en béton armé*
 - *des applications in situ*
- **Détermination des limites d'utilisation de chaque traitement**

Produits sélectionnés – Coatings transparents

Coating transparent	Liant (*)	Phase aqueuse / Phase solvant (*)	Marquage
C1	Dispersion acrylique	PA	CE (NBN EN 1504-2)
C2	Résine méthacrylique	PS	CE (NBN EN 1504-2)
C3	Dispersion acrylique	PA	CE (NBN EN 1504-2)
C4	Dispersion acrylique	PA	-

(*) données issues des fiches techniques

Produits sélectionnés – Hydrofuges

Hydrofuge	Principaux composants actifs (*)	Phase aqueuse / Phase solvant (*)	Teneur en composant actif [%] (*)	Marquage
W1	Silane	-	99	CE (NBN EN 1504-2)
W2	Silane	-	80	CE (NBN EN 1504-2)
W3	Mélange de différents polymères (silane, siloxane, ...)	SB	10	Agrément technique
W4	Mélange de différents polymères (silane, siloxane, ...)	WB	8	Agrément technique
W5	Siloxane	SB	-	-

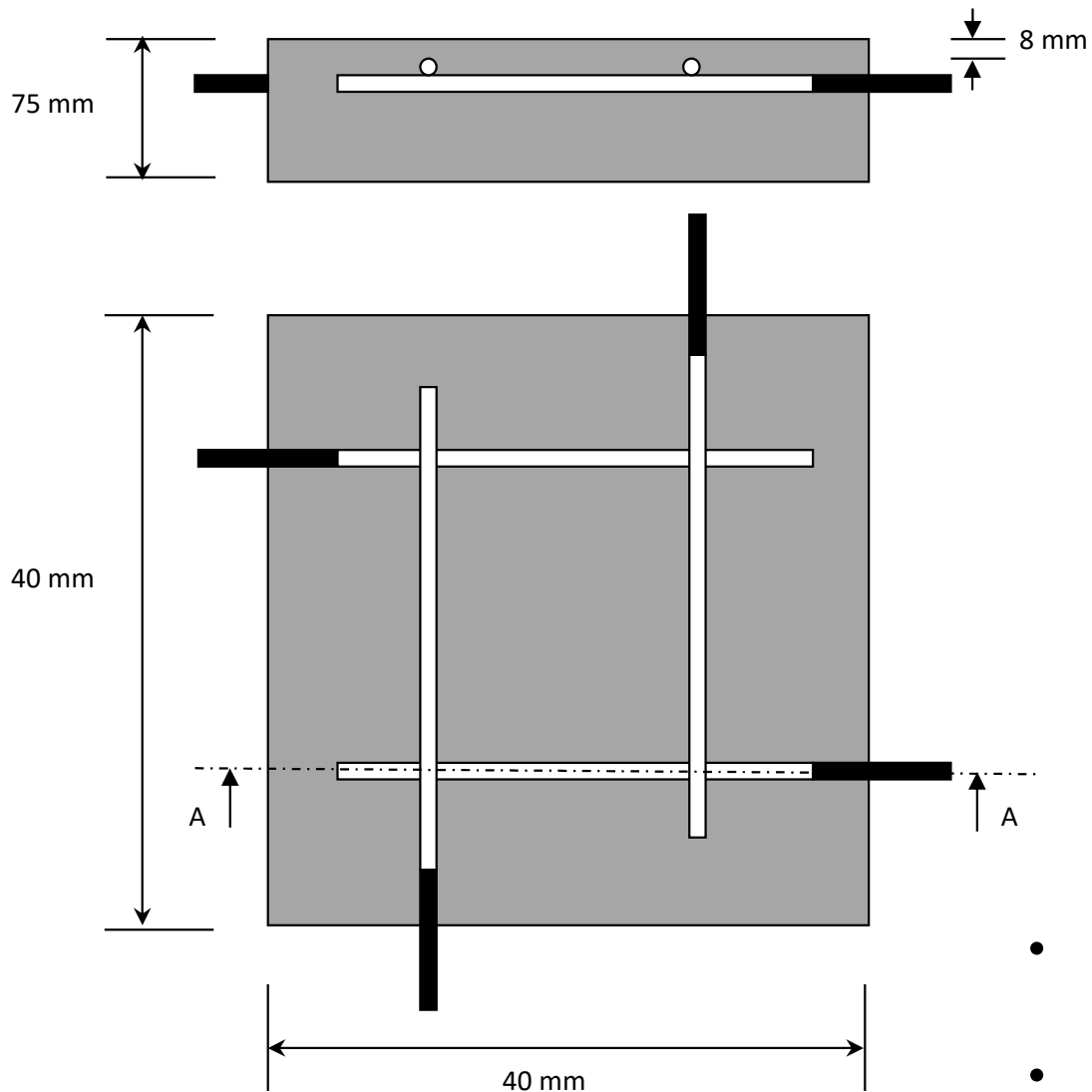
(*) données issues des fiches techniques

Tests de caractérisation

Test	Norme	Echantillon
Couleur	NBN EN ISO 11664-4 (2011)	Cubes 10x10x10 cm ³ Formulation de béton C(0,70)
Brillance	NBN EN ISO 2813 (2014)	
Profondeur de migration (*)	NBN EN 1504-2 (2005) NBN EN 14630 (2007)	
Absorption d'eau par immersion	NBN EN 13580 (2002)	
Absorption d'eau par pipe de Karsten	NBN EN 16302 (2013)	
Absorption capillaire	NBN B 15-217	
Vitesse de séchage	NBN EN 13579 (2002)	Prismes 10x10x40 cm ³ Formulation de béton C(0,70)
Résistance à la carbonatation	NBN EN 13295 (2004)	

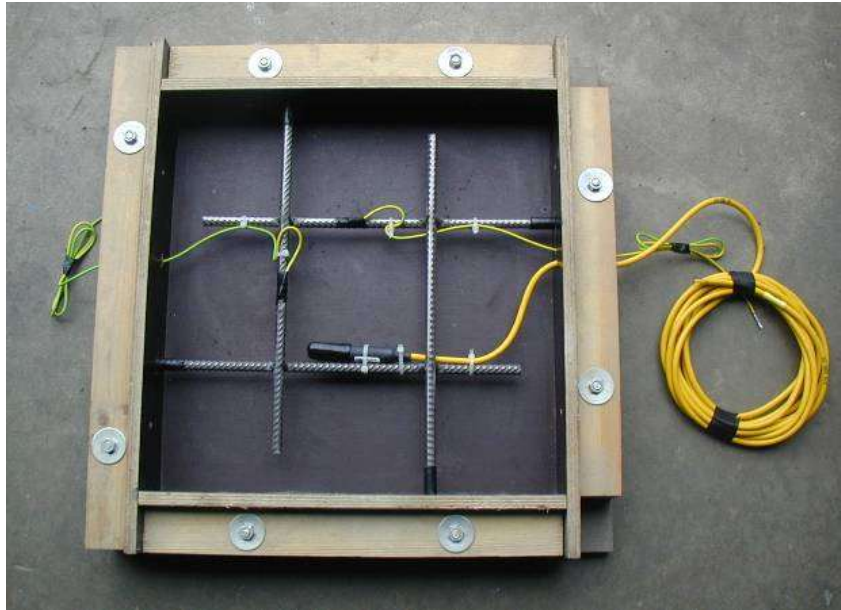
(*) seulement pour les hydrofuges

Dalles de béton

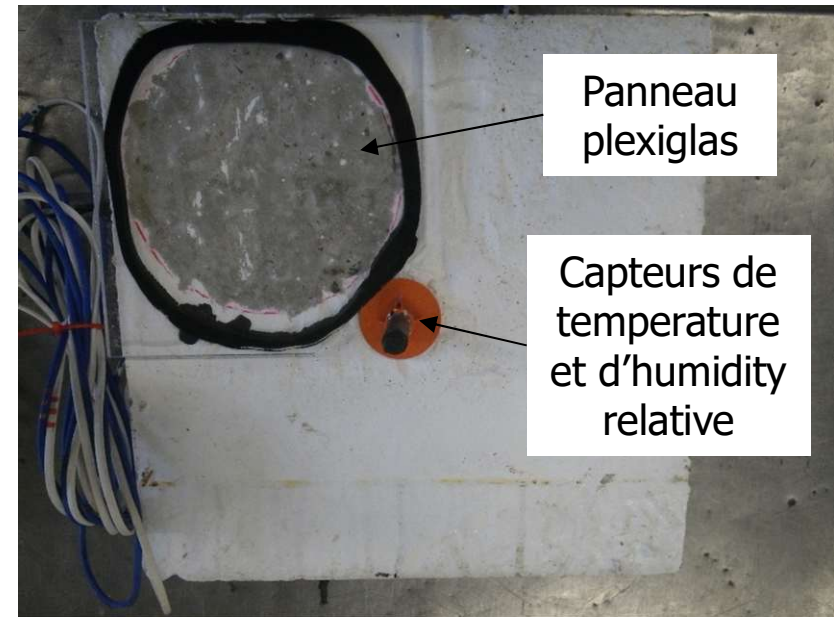


- Formulation de béton : C(0,70)
- Carbonatation artificielle
- Panneaux équipés de différents capteurs

Dalles de béton



Enregistrement du potentiel de corrosion
Electrode de référence ($\text{MnO}_2/\text{Ca}(\text{OH})_2$)



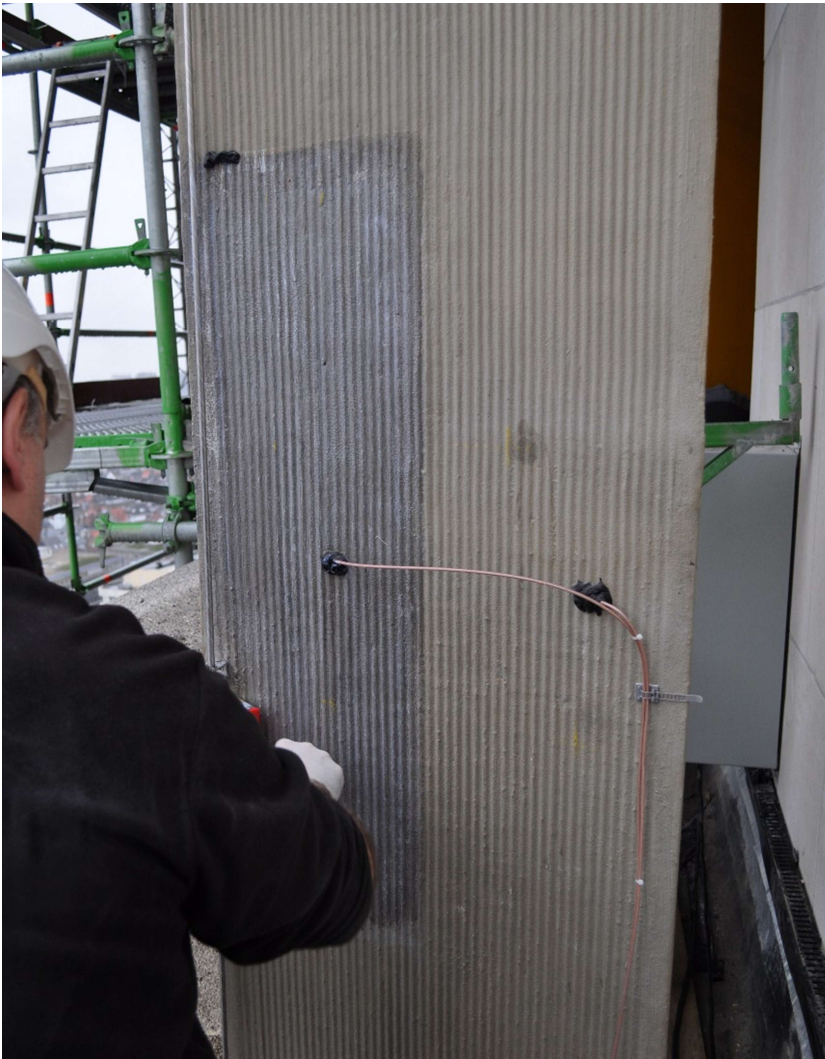
Face arrière de la dalle de béton



Mesure de vitesse de corrosion (GECOR 6)



- Essais effectués sur la tour de police d'Anvers
- Dégradations liées à une corrosion des armatures induite par carbonatation
- Restauration du bâtiment en 2015



- 6 zones sur des piliers situés au 15^{ème} étage
- Façade ouest
- Capteurs d'humidité relative insérés dans le béton (2 cm de profondeur)
- Evaluation régulière de l'absorption d'eau (Pipe de Karsten and test à l'éponge)

Resultats

Aspect – Revêtements de protection



Référence



C1



C2



C3



C4

Aspect – Hydrofuges



Référence



W1



W2



W3



W4



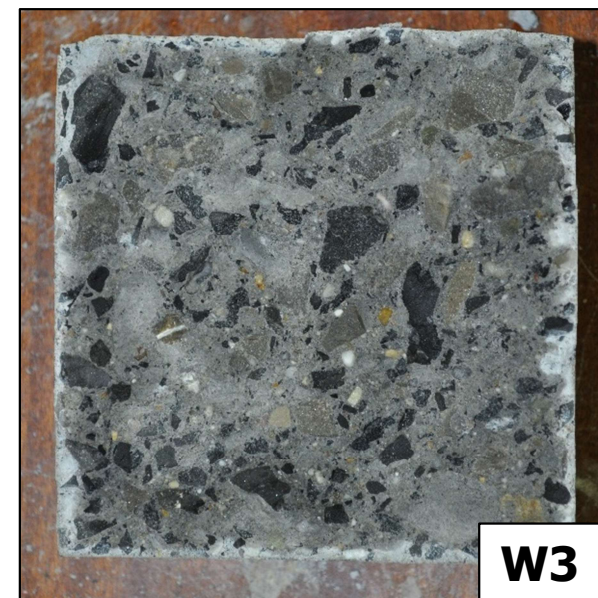
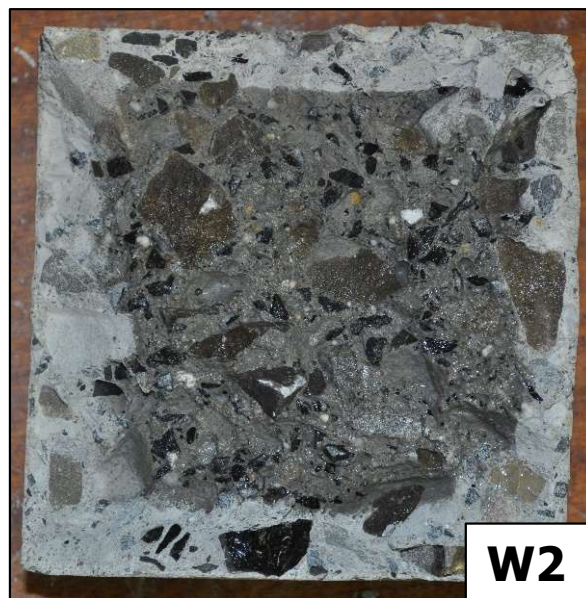
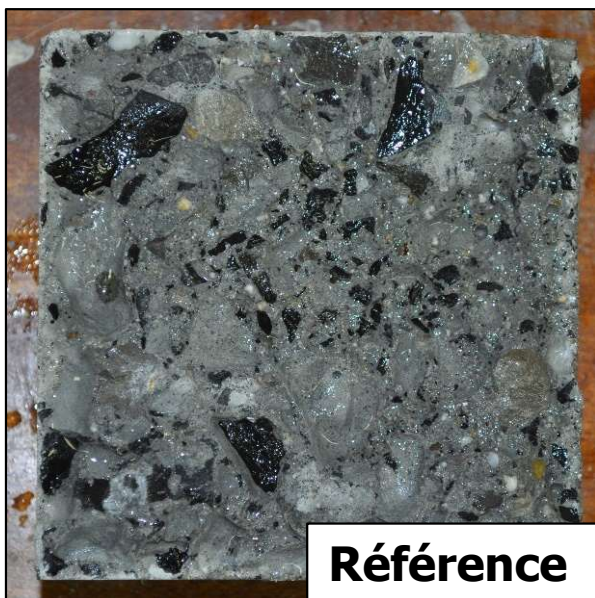
W5

Aspect – Brillance et couleur

Echantillon	Brillance (85°) – Valeur moyenne	ΔE^*_{ab} – Valeur Moyenne calculée
Référence	1,02	2,22 (*)
C1	8,11	3,48
C2	46,89	12,20
C3	8,50	3,92
C4	4,99	2,29
W1	1,23	2,02
W2	1,69	2,73
W3	1,50	1,90
W4	1,54	1,94
W5	1,23	2,17

(*) Calculé à partir de la valeur moyenne

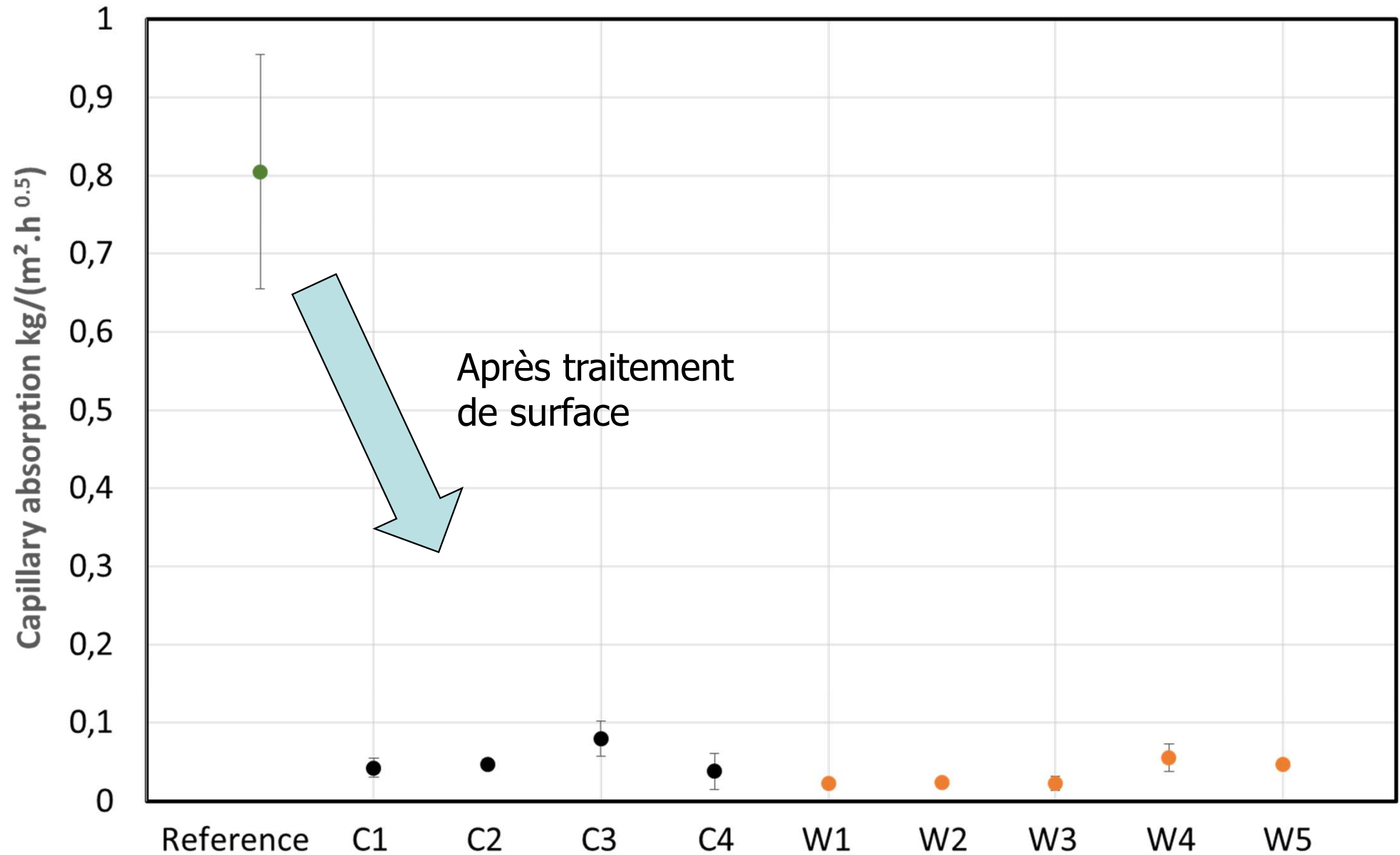
Profondeur de migration - Hydrofuges



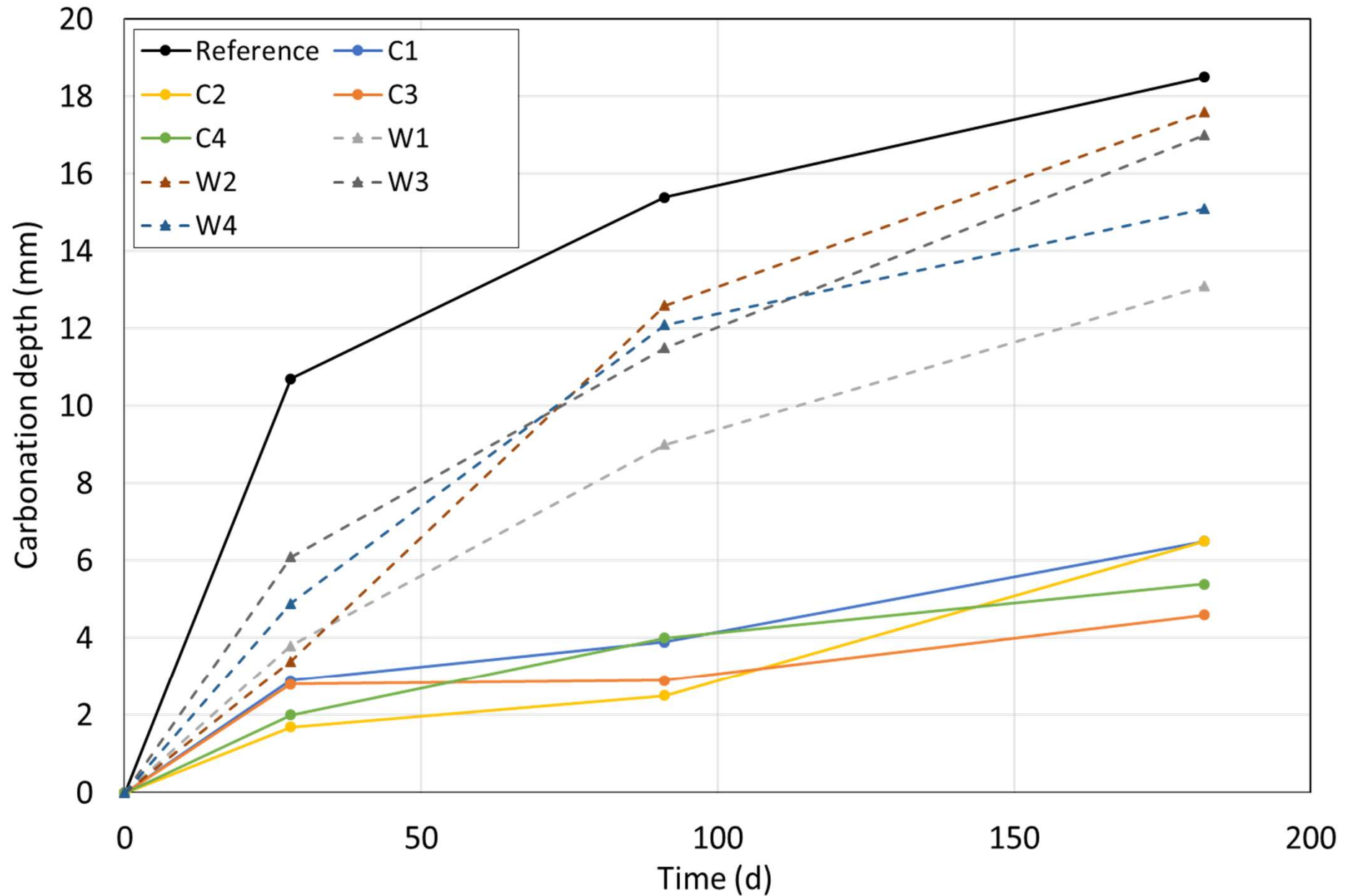
Hydrofuge	Profondeur moyenne de migration (mm) (*)
W1	10-11 mm
W2	13-14 mm
W3	2 – 3 mm
W4	1 – 2 mm
W5	1 – 2 mm

(*) Valeur moyenne de trois essais

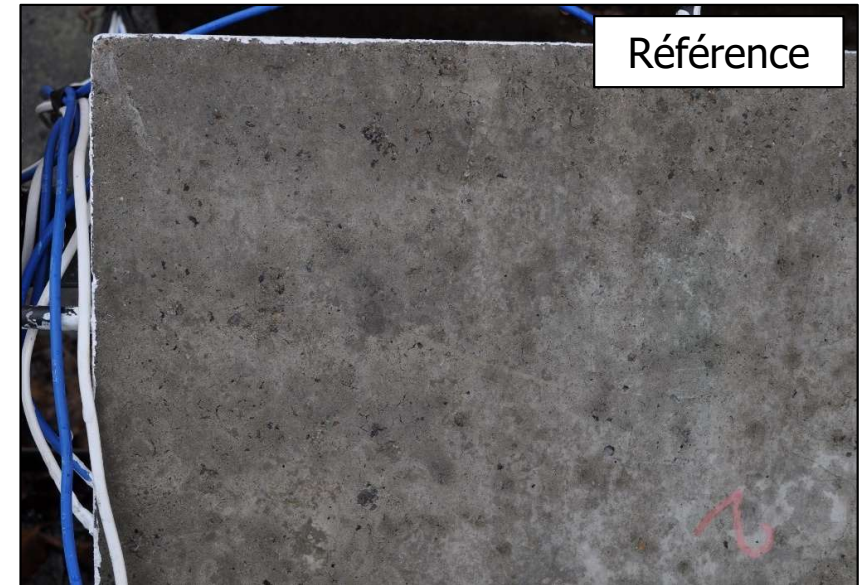
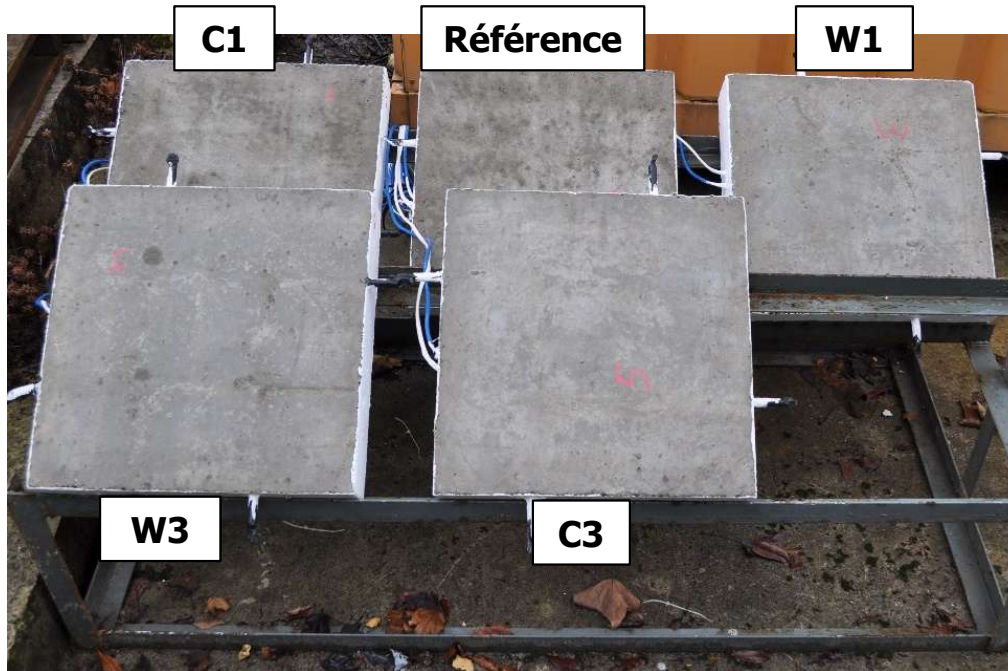
Absorption capillaire



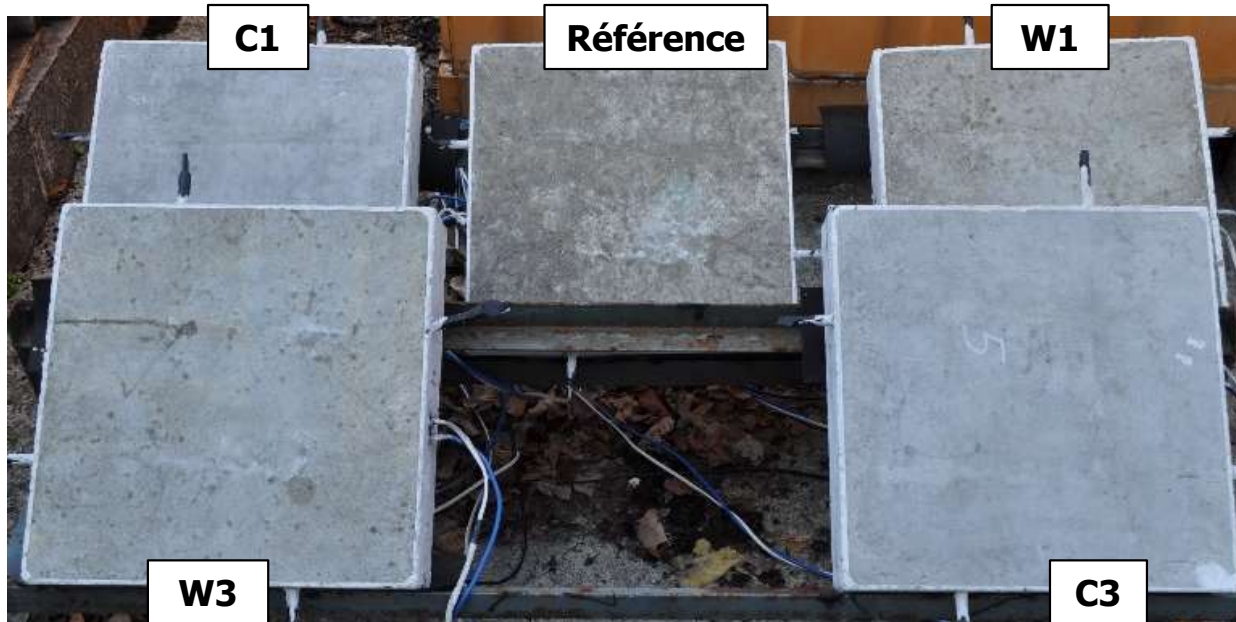
Résistance à la carbonatation



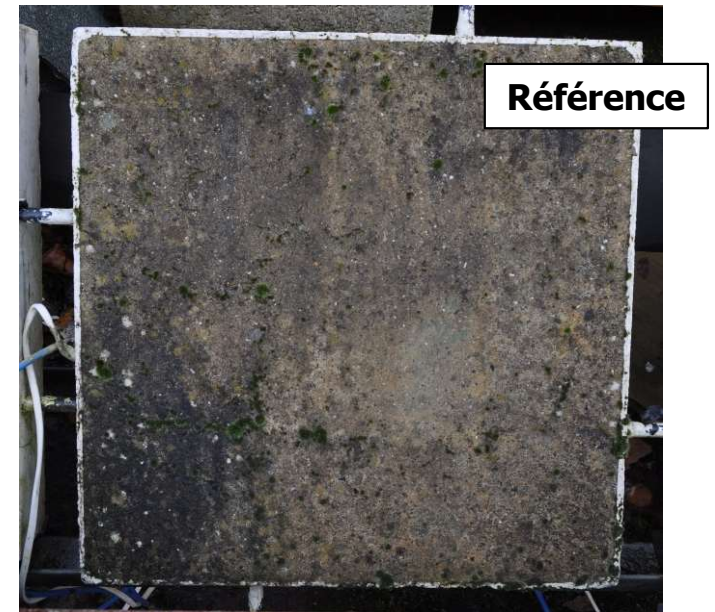
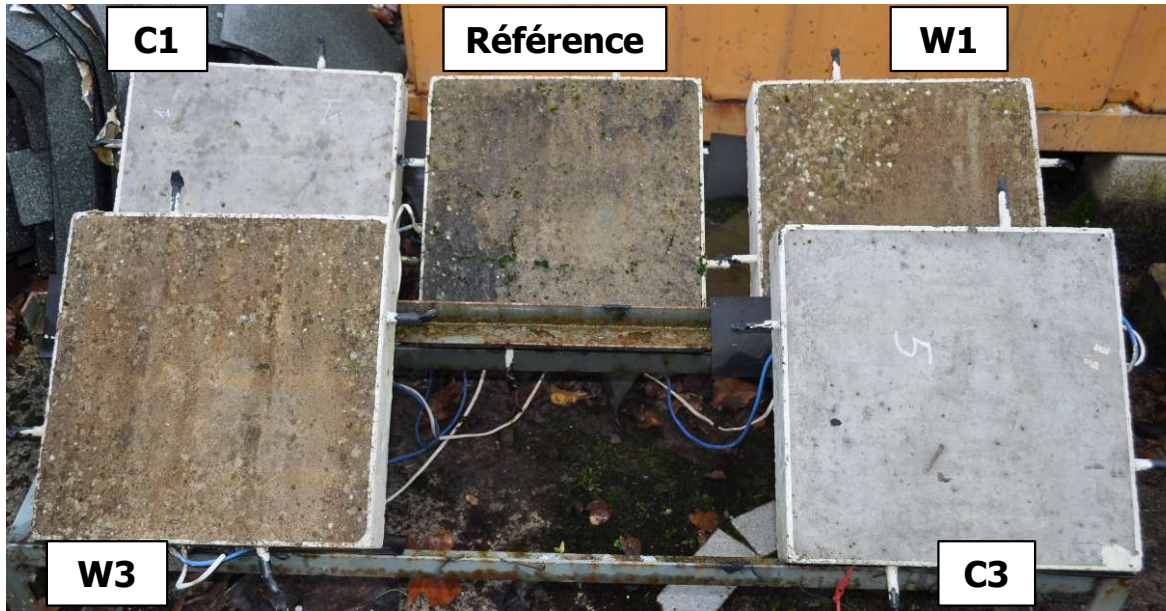
Dalles de béton en 2015 (juste après application des traitements)



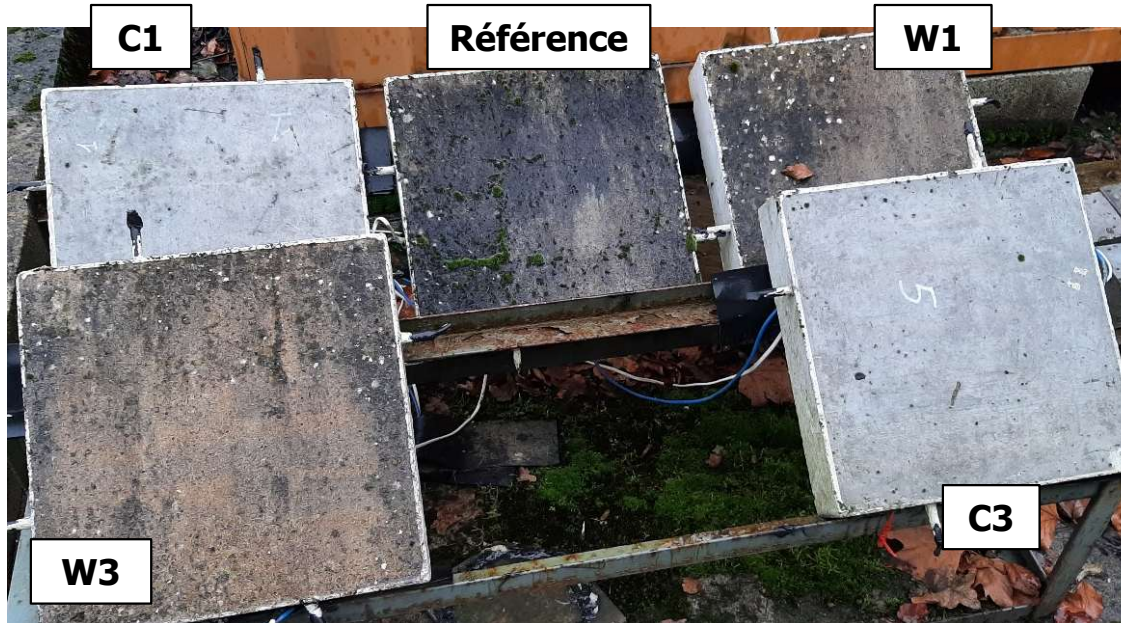
Dalles de béton en 2019



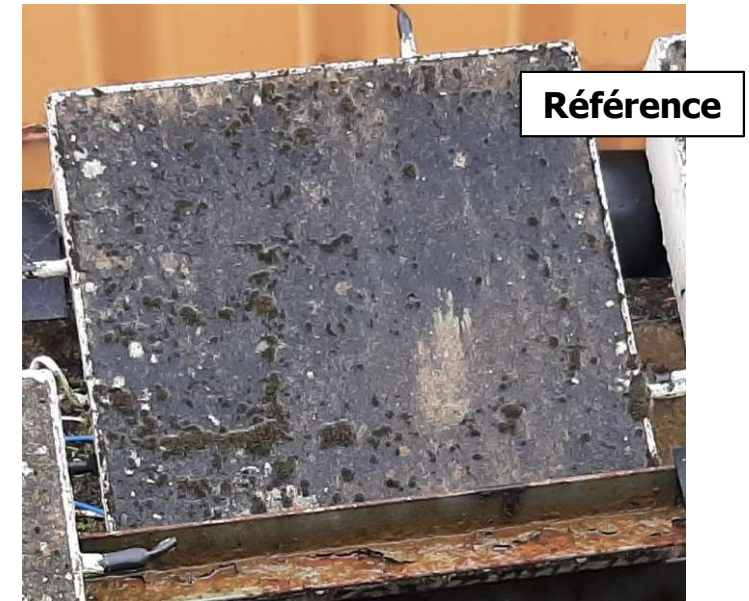
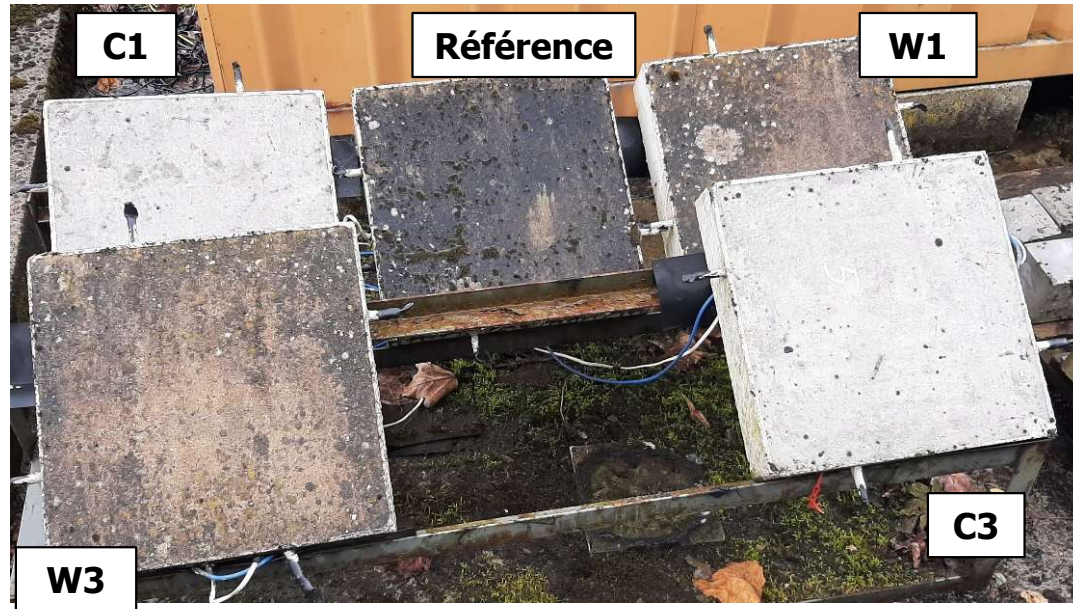
Dalles de béton en décembre 2022



Dalles de béton en décembre 2023

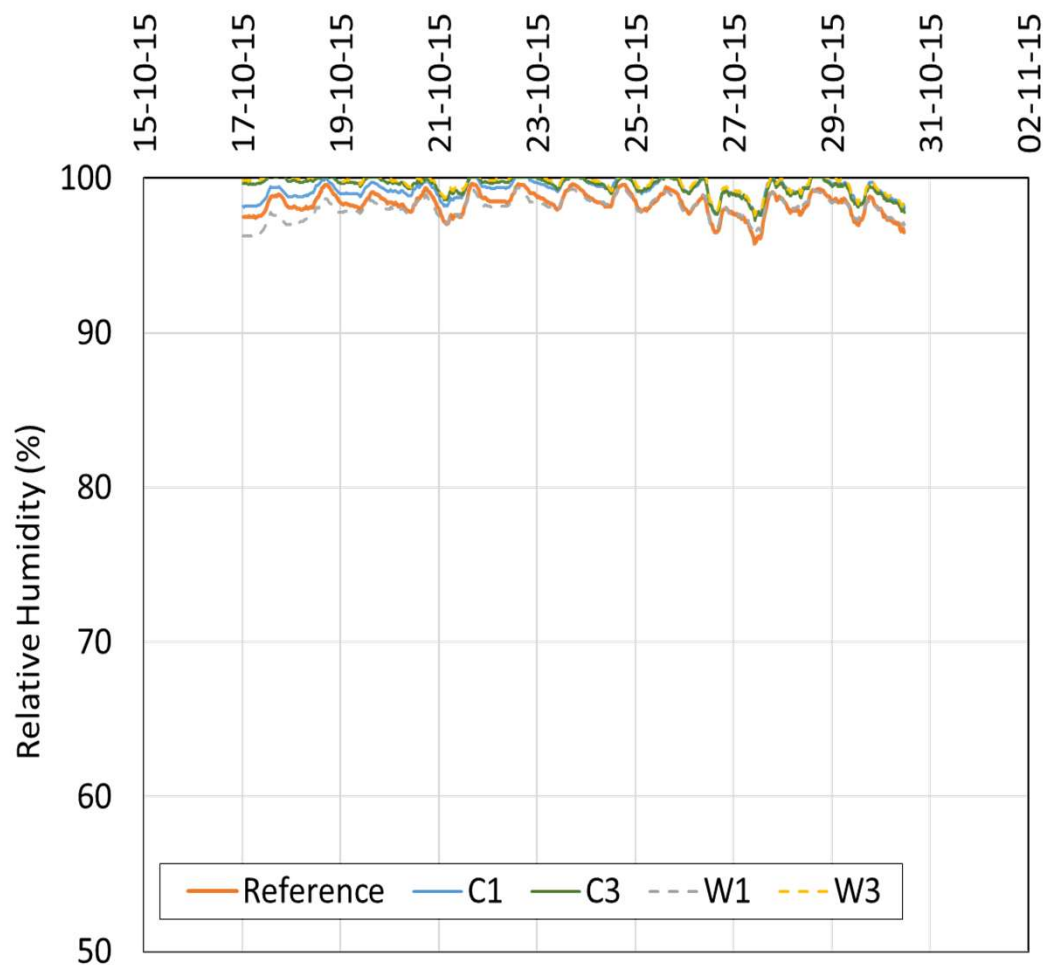


Dalles de béton en juin 2024

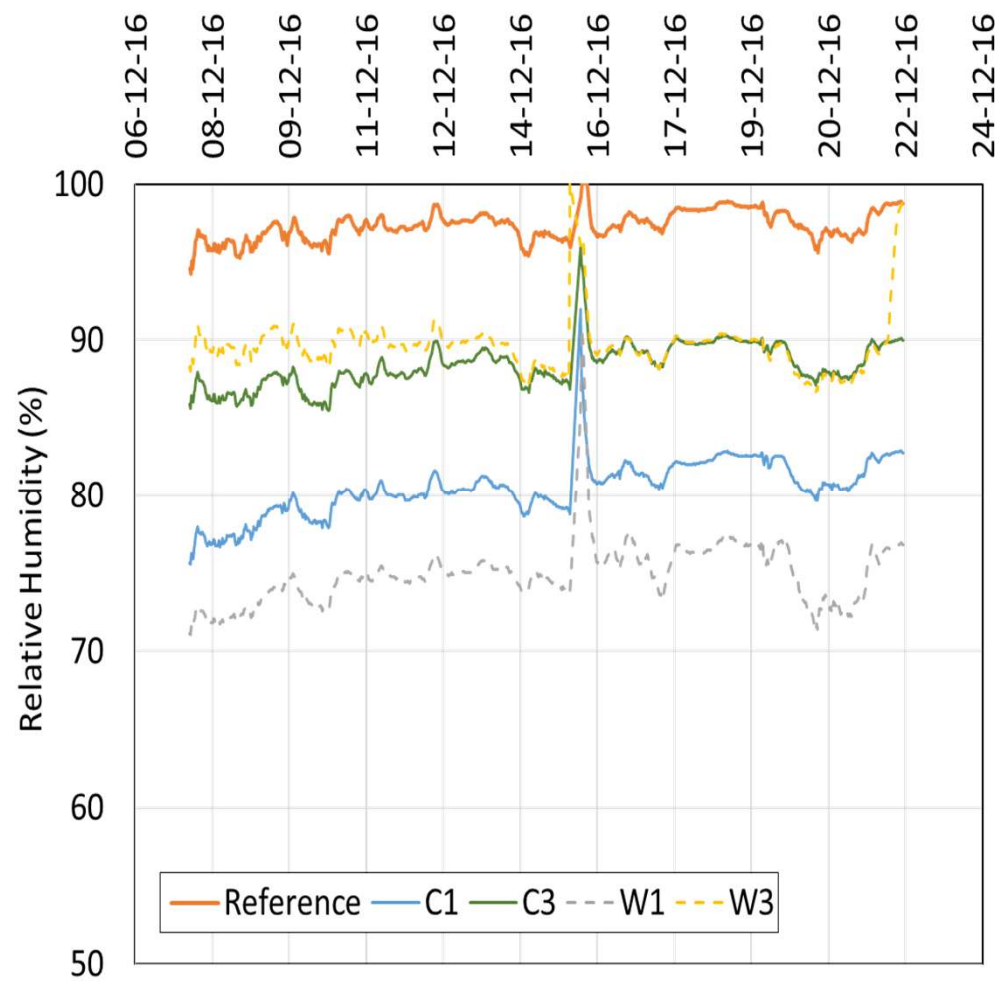


Humidité relative des dalles de béton

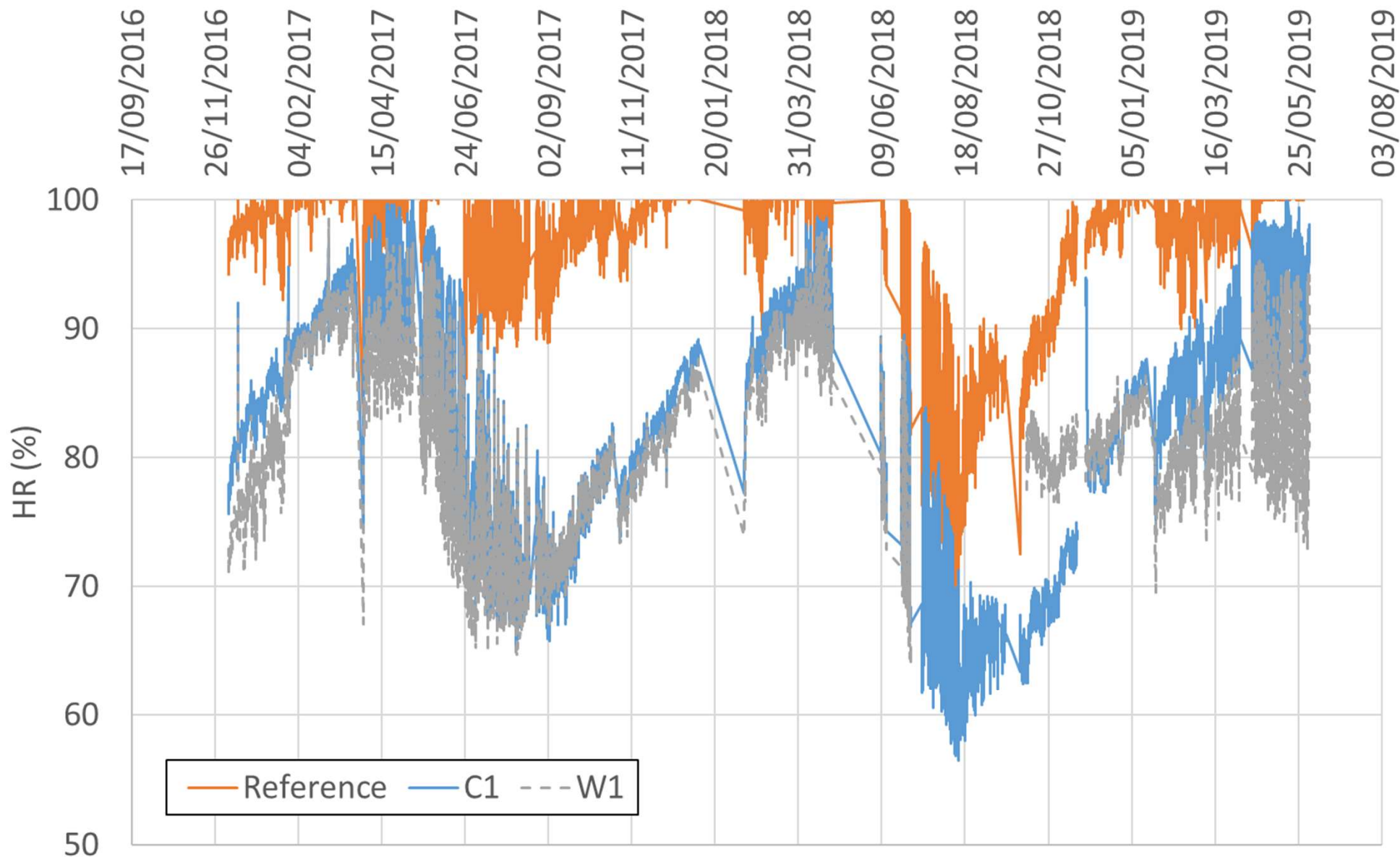
Avant traitement



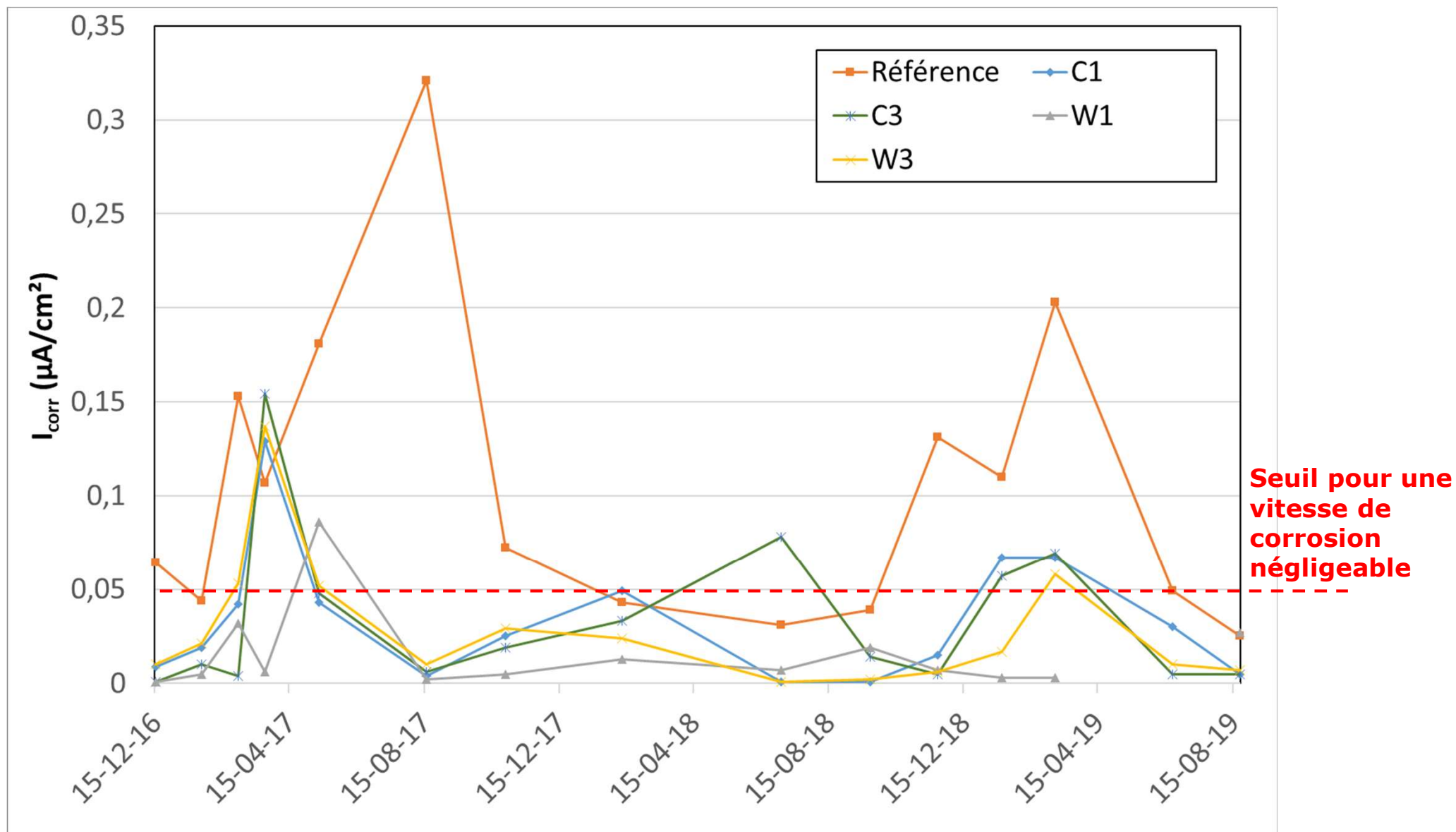
Juste après traitement



Humidité relative des dalles de béton



Vitesse de corrosion



Tests sur cubes

- Suivi des performances dans le temps -> Via mesure de l'absorption capillaire
- Cubes avec coatings et avec hydrofuges



Cubes en 2015

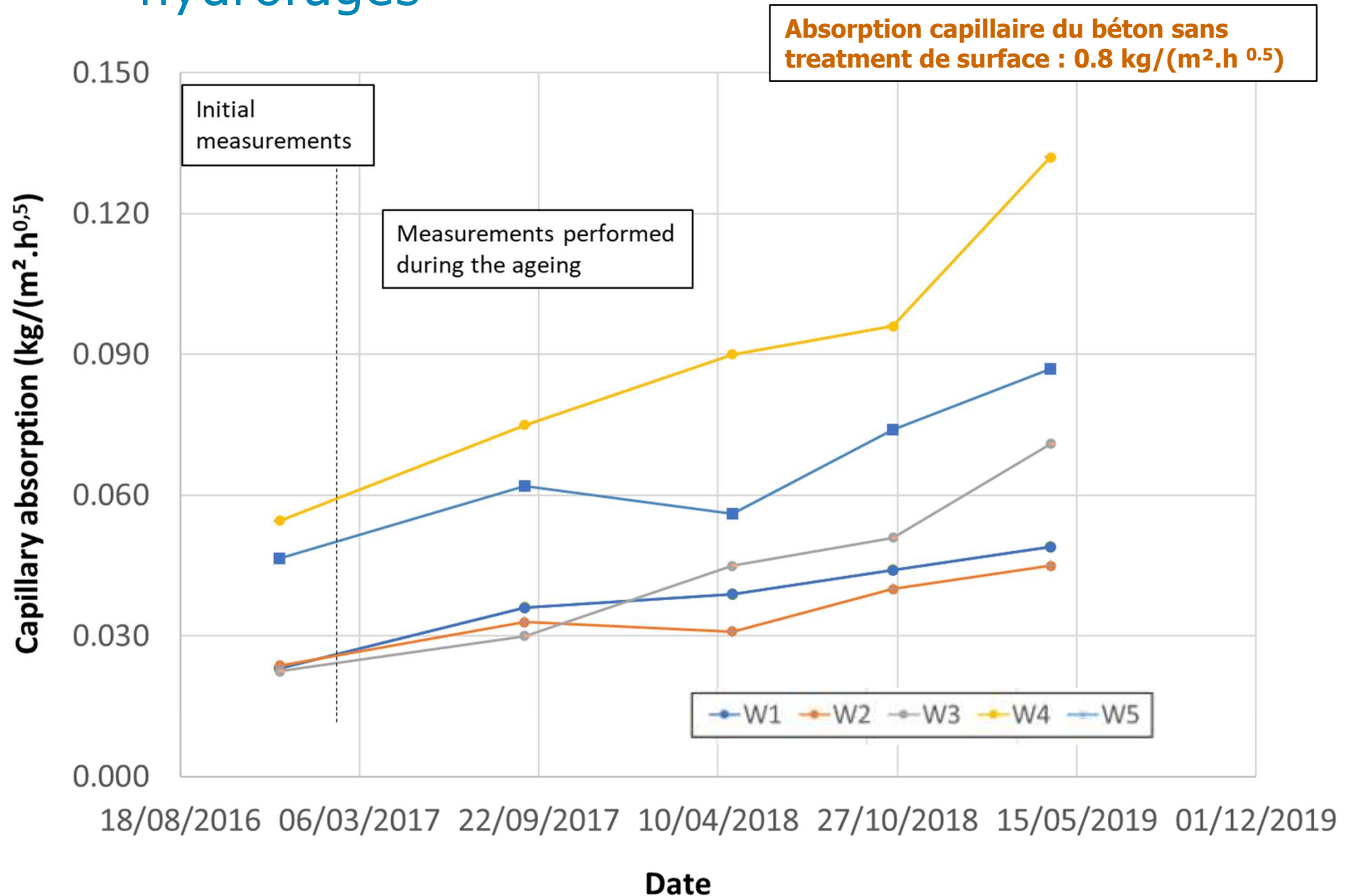
Rapidement ...

- Dégâts de gel sur les cubes avec coatings
- Pas de problèmes avec les cubes avec hydrofuges

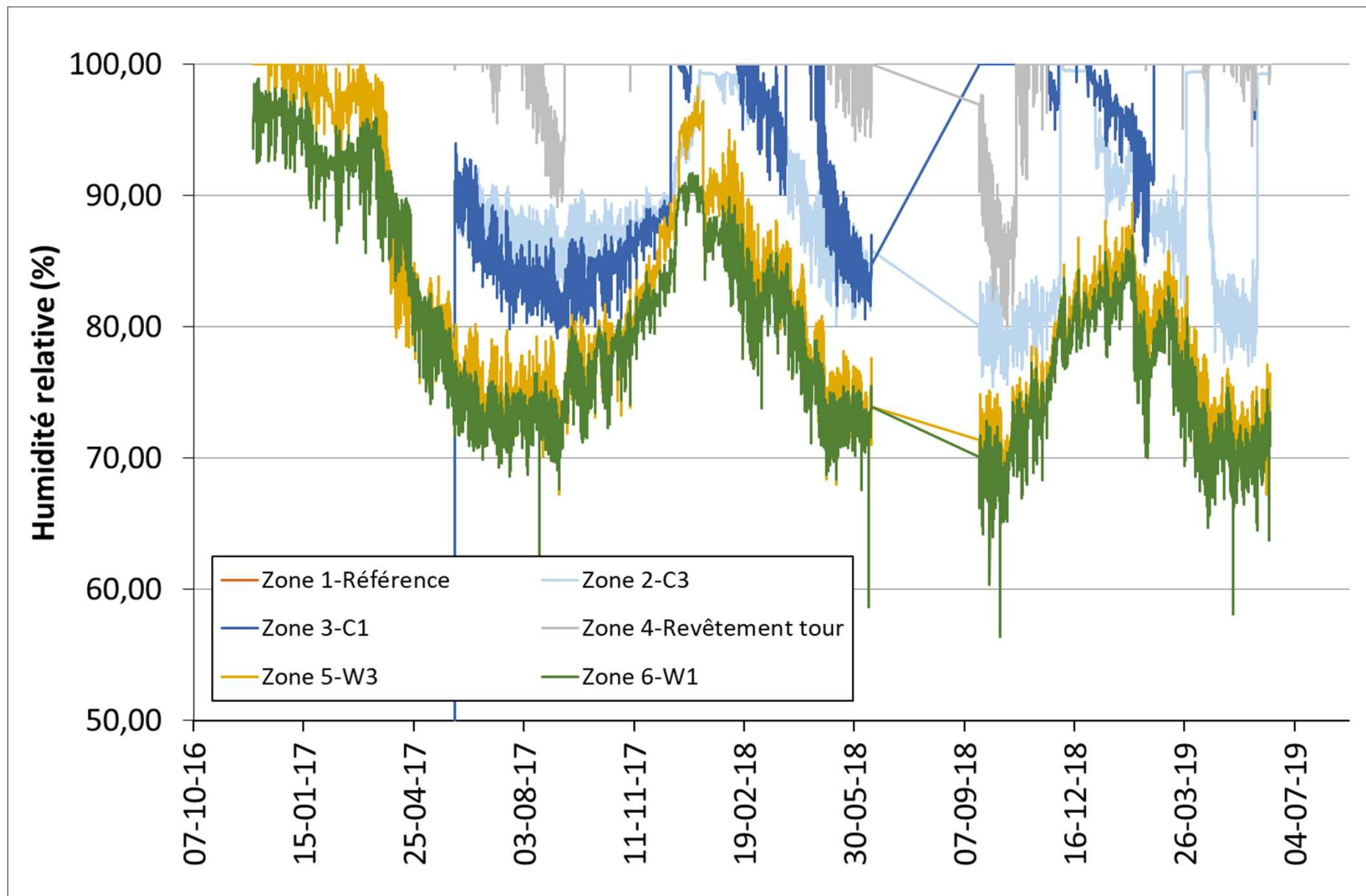




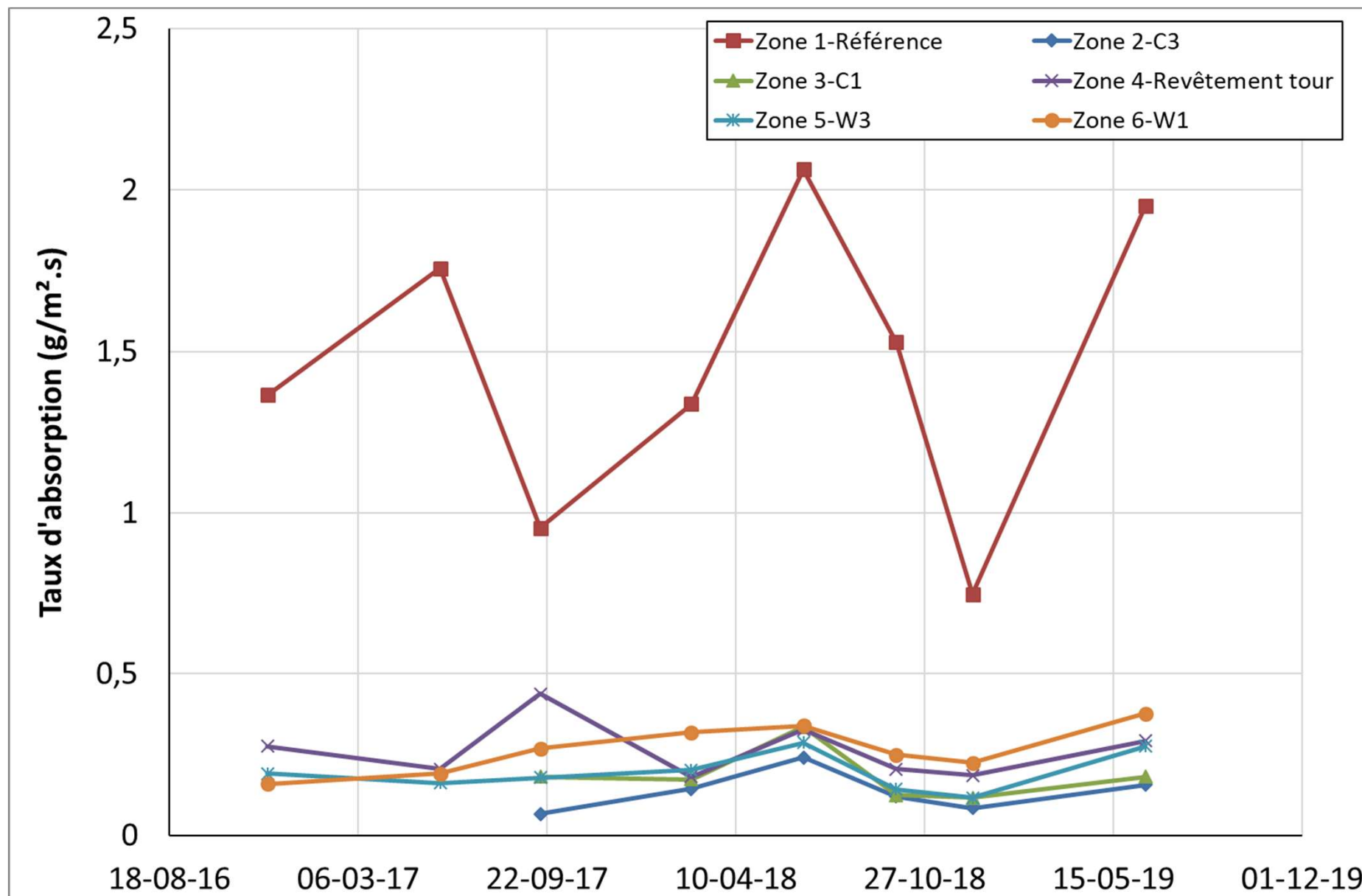
Evolution de l'absorption capillaire des hydrofuges



Humidité relative des zones d'essais de la tour de police

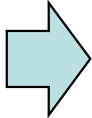


Absorption d'eau (test à l'éponge) sur la tour de police

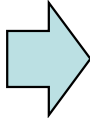


Conclusions

Coatings transparents mats

- Impact limité sur l'aspect
 - Forte réduction de l'absorption d'eau
 - Forte réduction de la vitesse de corrosion
- Réduction importante de la vitesse de carbonatation
- Reste à la surface du béton  Durabilité ?
- Pas d'application horizontale

Hydrofuges

- Impact négligeable sur l'aspect
- Faible influence sur la vitesse de carbonatation
- Peut migrer profondément dans le béton  Durabilité
- Application horizontale possible

Merci pour votre attention

E. Cailleux

Unit Envelope & finishing

Tel : +32 2 655 77 11 - emmanuel.cailleux@buildwise.be