

Chaire scientifique DÉCISION – Retours sur l'année 2025

(Durabilité du bÉton et Corrosion des armatures
en environnements chlOrure ou carboNatation)



V. BOUTEILLER – Univ. Gustave Eiffel
E. MARIE-VICTOIRE – LRMH – CRC
Ph. TURCRY – La Rochelle Univ.
J. MAI-NHU – CERIB
Et les mécènes (slide suivante)



se compose de différents partenaires

**Des partenaires scientifiques
et financiers**

Des partenaires financeurs

Des Fondations



Genèse de la chaire scientifique DÉCISION

2015

Projet National PerfDuB (52 partenaires et 3,5 M€)



Thème 1 : Essais de durabilité

- Corrélation indicateurs / carbonatation, optimisation de certains modes opératoires, essais croisés, étude « ageing effect », ...

Thème 2 : Définition des seuils de performance admissibles

- Exploitation de données expérimentales (base de données, corps d'épreuve, ouvrages anciens, ...), utilisation de modèles de vieillissement (synergie avec ANR MODEVIE)

Thème 3 : Bétons à étudier – Bétons de référence

- Paramètres (liant, granulats, E_{eff}/L_{eq} , ...), tableaux NA F, variabilité spatiale et temporelle

Thème 4 : Contractualisation de l'approche

- Contexte contractuel, CCTP Type, contrôles de conformité

Thème 5 – Valorisation des résultats (France et Europe)

- 2019 : Fabrication de nombreux corps d'épreuves en béton armé
- 2020 : Démarrage des études de la durabilité du béton armé
- résultats préliminaires

2024

Groupement d'Intérêt Scientifique DECADES

2025

Chaire scientifique DÉCISION (29 avril)



PN PerfDuB = approche **Performantielle** de la **Durabilité** des ouvrages en **Béton**

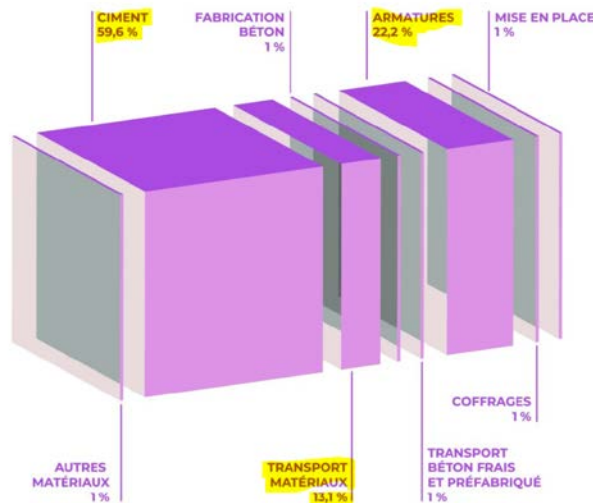
GIS **DECADES** = **Durabilité Et Corrosion des Armatures Dans les ouvragEs** en béton intégrant ou non des **Solutions bas carbone**

Chaire DÉCISION = **Durabilité du bÉton** et **Corrosion des armatureS** en environnements **chlOrure** ou **carboNatation**

Pourquoi la Chaire scientifique DÉCISION ?

• Besoin de construire avec une empreinte carbone plus faible → nouveaux bétons

- Ressources
- Changement climatique



• Besoin de considérer la durabilité du **béton armé** sur le long terme

La corrosion des aciers est la pathologie majoritaire des constructions en béton armé

- Comment dimensionner ces nouveaux bétons pour assurer la durabilité vis-à-vis de la corrosion ?
- Les nouveaux bétons seront également utilisés pour la réparation des ouvrages existants

B. Belin, Sécurité des ponts : face au « chantier du siècle », l'urgence d'une action publique plus ambitieuse, Institution: SENAT, Rapport d'information fait au nom de la commission de l'aménagement du territoire et du développement durable, n° 669 2021-2022 2022

D. de Matteis, P. Peyrac, J.-M. Lacombe, A. Orcesi, J.-F. Douroux, F. Schmidt, et al., Surveillance et entretien des ouvrages d'art, Usage de l'instrumentation pour les ouvrages du réseau routier national – Notions sur les "Ponts Connectés" DGITM 2020

Deux paramètres supplémentaires incluant le long terme :

- Assurer la fonction de la construction et
- Satisfaire le besoin des utilisateurs (en toute sécurité)

Empreinte carbone du béton armé et répartition
<https://www.infociments.fr/>



Les 4 Actions de la Chaire scientifique DÉCISION

Poursuite des travaux
du PN PerfDuB

- 1) Déterminer les cinétiques de la corrosion du béton armé avec les conditions environnementales
- 2) Quantifier la durabilité du béton armé sur des corps d'épreuves métriques exposés sur des sites de vieillissements naturels
- 3) Diagnostiquer l'état de corrosion du béton armé en fonction du temps (Evaluations Non Destructives, instrumentation, Essais Destructifs et autopsies)
- 4) Proposer des solutions de réparations adaptées pour les constructions en béton armé dégradées par la corrosion

Les 3 défis de la chaire scientifique DÉCISION (1/3)

Défi 1: Etudier la durabilité du béton armé

→ utilisation d'une méthodologie combinée

APPROCHE PERFORMANTIELLE

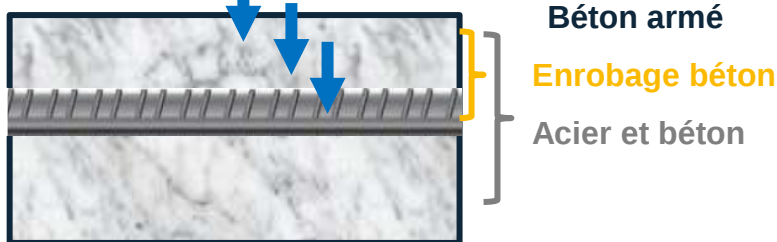
- ❖ Béton d'enrobage : barrière physico-chimique
- ❖ Etude des réactions de transferts pour retarder l'arrivée des agents agressifs (dioxyde de carbone et/ou ions chlorure) qui peuvent induire la corrosion



APPROCHE CORROSION

- ❖ Acier et béton : résistance à la corrosion
- ❖ Etude des caractérisations électrochimiques de l'acier et de la fissuration du béton d'enrobage

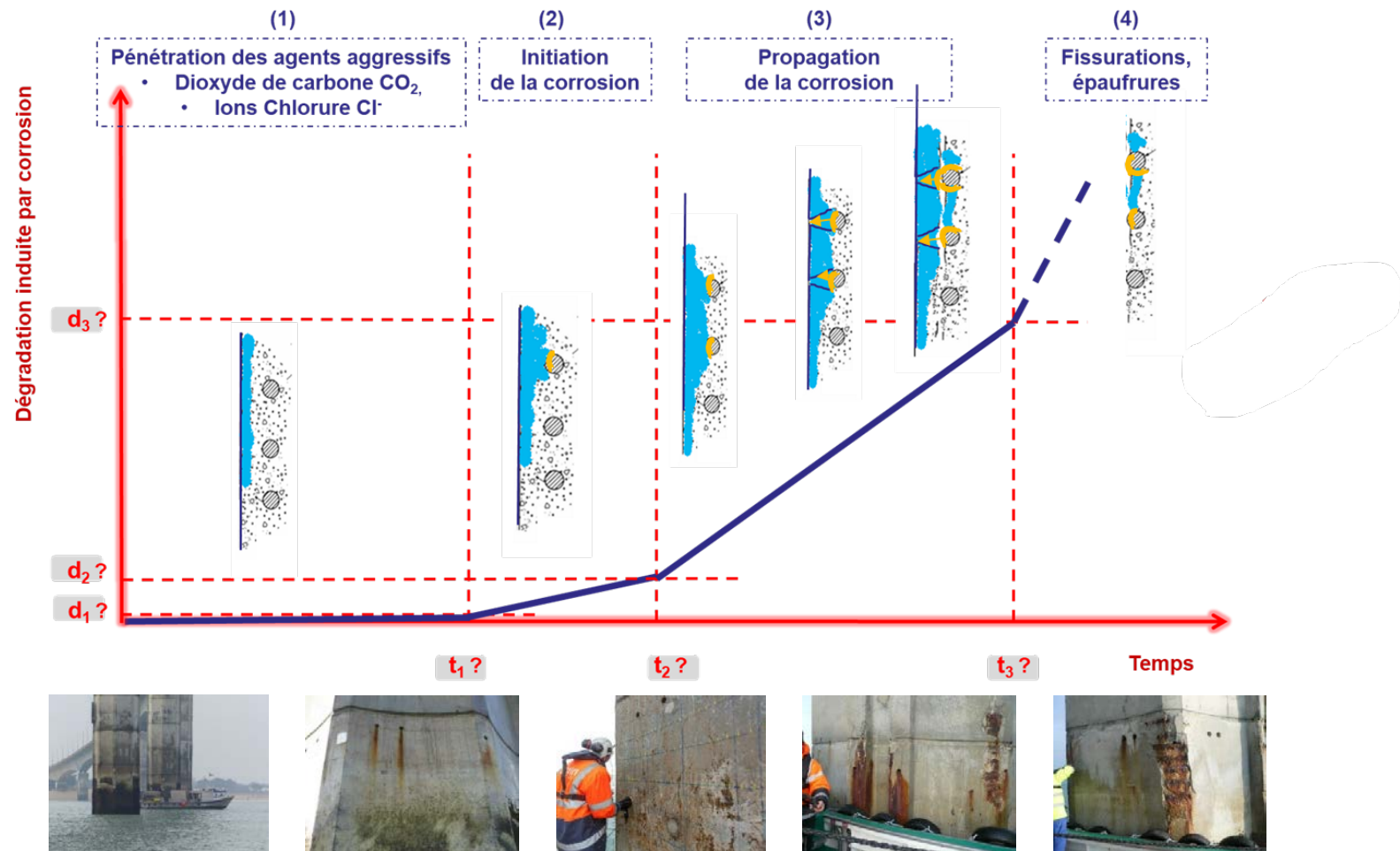
Pénétration des agents agressifs



“La corrosion est la première cause de dégradation des structures en béton armé”
(Brime, ATIO-GC)

Les 3 défis de la chaire scientifique DÉCISION (2/3)

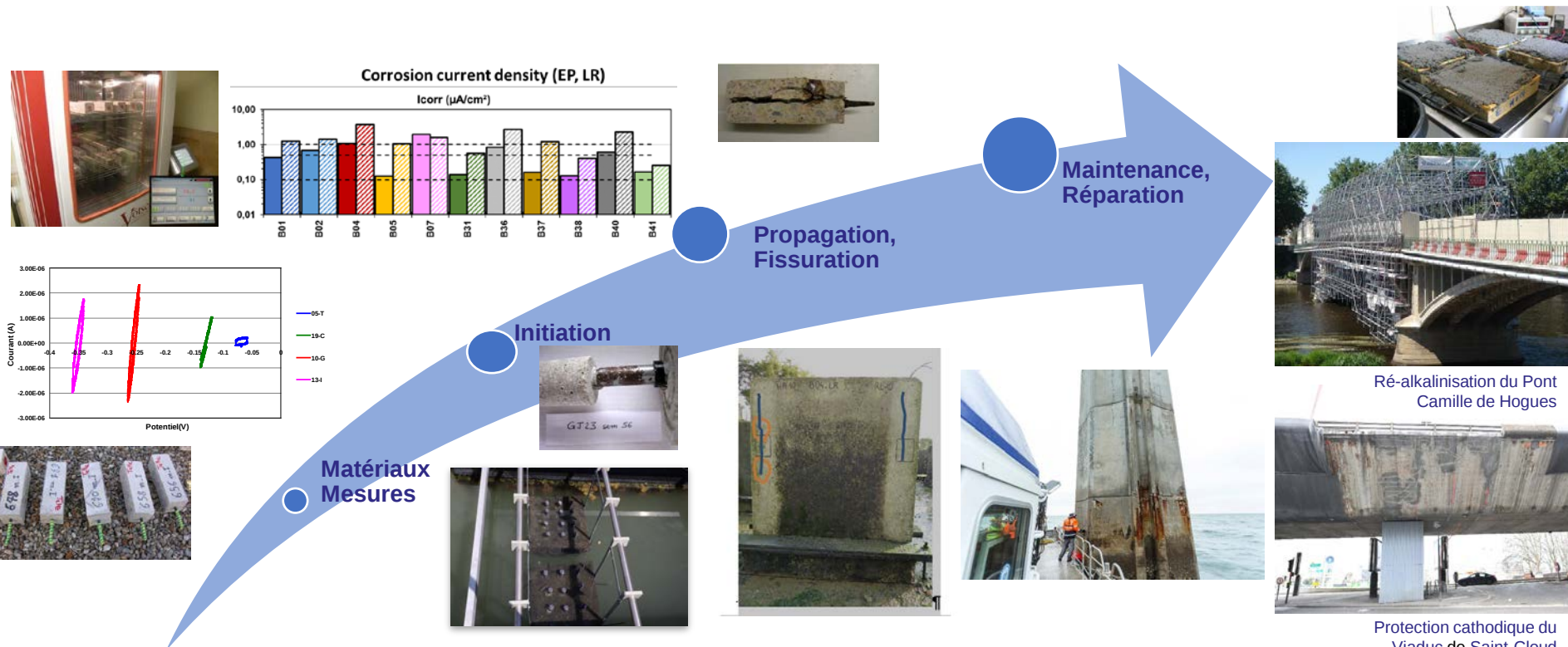
Défi 2 : Suivre, simuler et prédire la durabilité du béton armé en cas de corrosion → évolution temporelle



Les 3 défis de la chaire scientifique DÉCISION (3/3)

Défi 3 : Diagnostiquer le béton armé tout au long de sa vie et le réparer

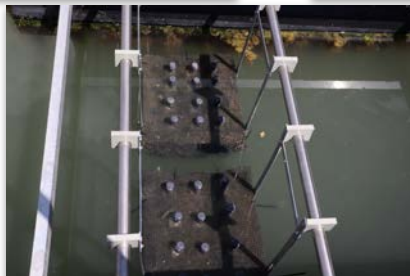
➔ Outils, Evaluations Non Destructives, surveillance continue de la corrosion à l'aide de capteurs, tests destructifs, solutions de réparation



Action 1 – Déterminer les cinétiques de la corrosion du béton armé avec les conditions environnementales

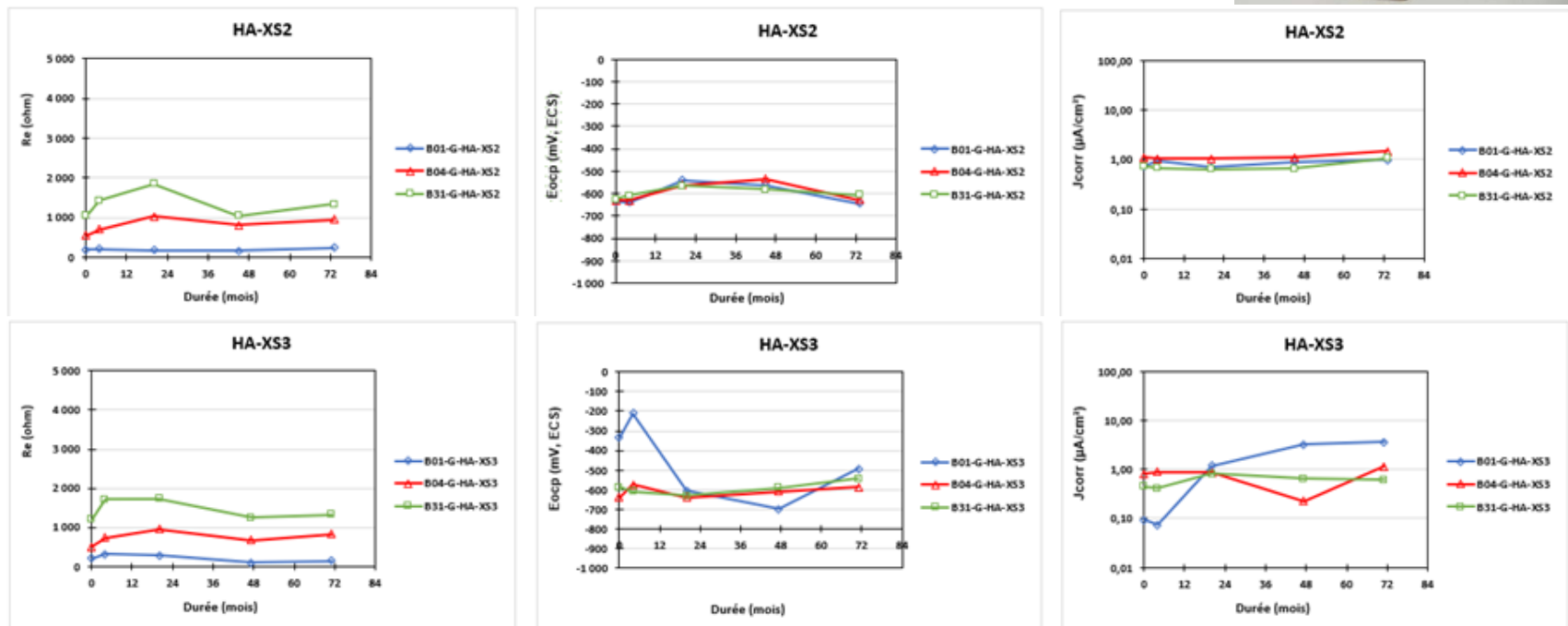
Doctorant Nathan REBOURS (oct 2025)

- Corps d'épreuve : plusieurs centaines de prismes de dimensions centimétriques (PN PerfDuB)
 - 3 formulations de béton (Portland ou Laitiers),
 - Différentes agressions (sain, CO_2 ou Cl^-),
 - Différentes conditions climatiques contrôlées (20 et 45°C, 60, 80 et 92% HR, cycles) ou naturelles
- Moyens expérimentaux et numériques
 - ions chlorure (Cl^-)
 - Dioxyde de carbone (CO_2)



Résultats Action 1 – Corrosion en milieux XS2 et XS3

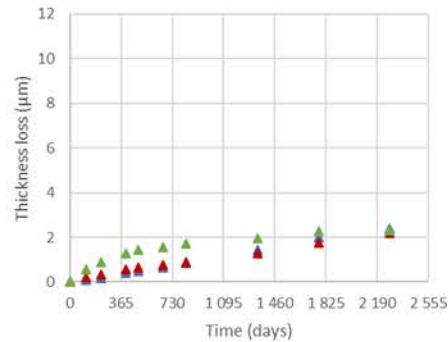
- Les Témoins peuvent corroder (1073-B04-T-HA-XS3-2025)
- Les aciers dans les prismes chlorurés corrodent (HA et RL)



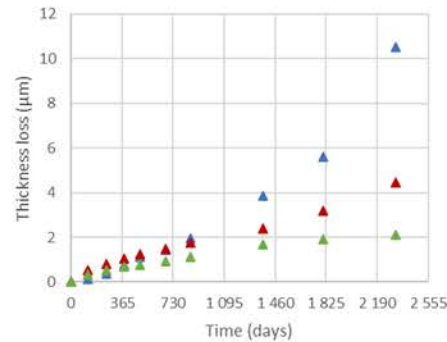
➔ Les bénéfices attendus du CEM III/A ne se traduisent pas systématiquement par une amélioration face à l'agressivité du milieu marin, du moins après ces six premières années d'exposition en condition XS2 et XS3 : Oxygénation ?

Résultats Action 1 – Cinétique de corrosion en conditions contrôlées

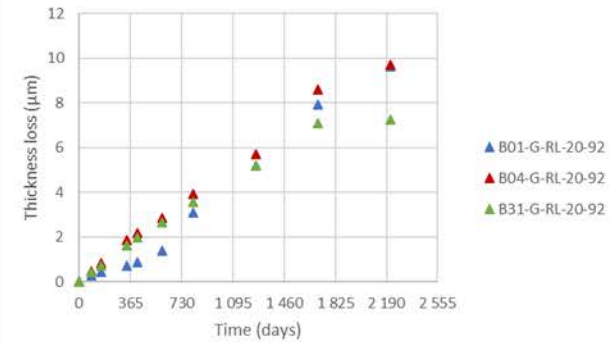
20°C - 60% HR



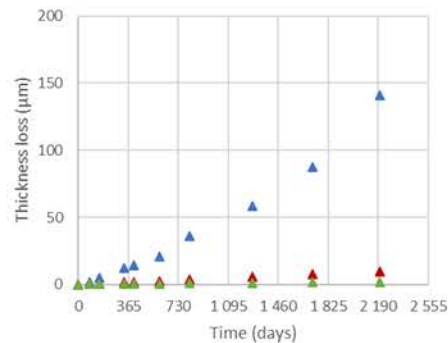
20°C - 80% HR



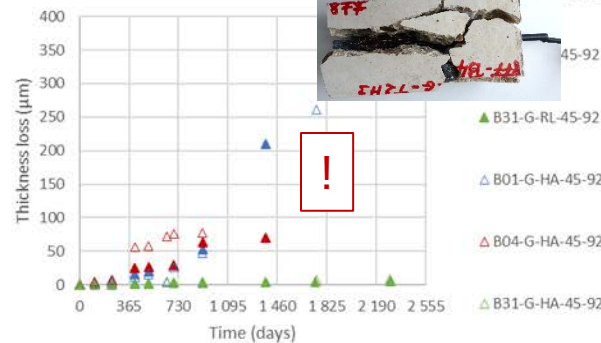
20°C - 92% HR



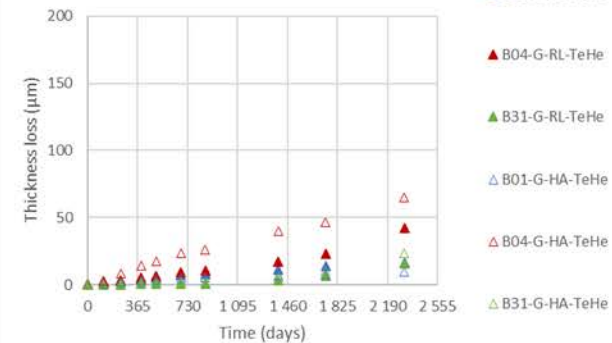
45°C - 80% HR



45°C - 92% HR



TeHe



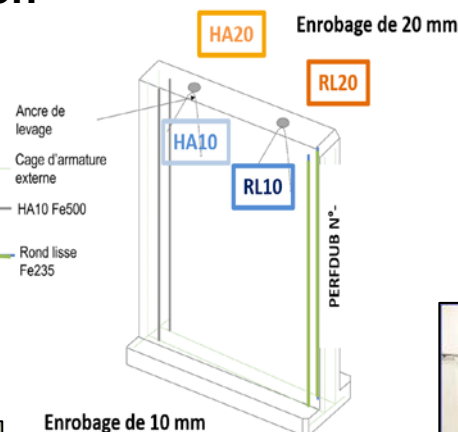
➔ Déterminer les lois de prédiction à partir des cinétiques de corrosion
➔ Valider avec des résultats sur des durées plus longues :
modélisation et expérimentation



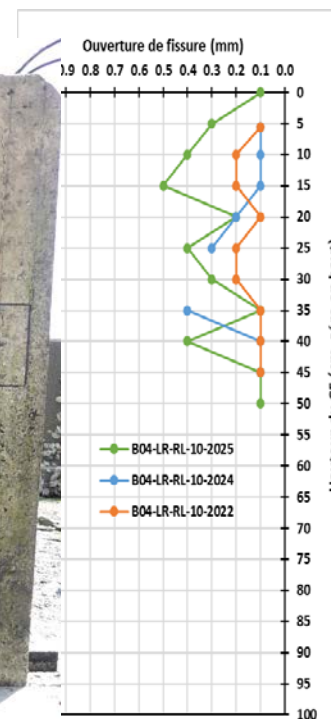
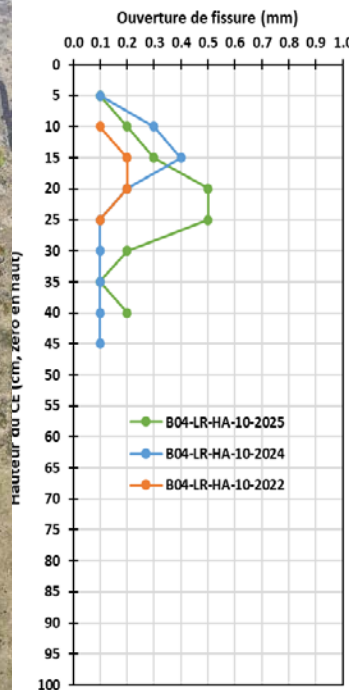
Action 2 – Quantifier la durabilité du béton armé sur des corps d'épreuves métriques exposés sur des sites de vieillissements naturels

Post-Doctorante Janette AYOUB (oct 2025)

- ❑ Durabilité du béton (11 formulations) et corrosion des armatures (RL, HA, treillis)
 - 28 corps d'épreuves métriques dont 6 instrumentés (PN PerfDuB)
 - 4 sites de vieillissement naturels (EPernon et Champs Sur Marne en classes XC et La Rochelle et La Pallice en classes XS)
- ❑ Corrosion : Evaluations annuelles (Matériels de laboratoire et de terrain) et surveillance en continu (instrumentation avec capteurs noyés)
- ❑ Expérimentation et Modélisation



Résultats Action 2 – Evolution des fissures (longueurs et ouvertures) – B04-LR face 10 mm

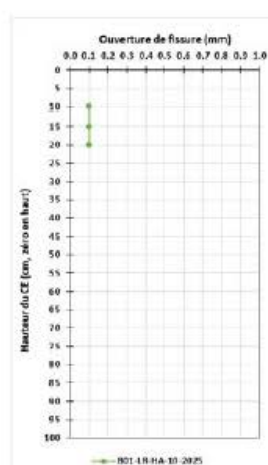


*Evolution de la fissuration (longueur et ouverture) entre
2022, 2024 et 2025 sur le CE B04-LR.*

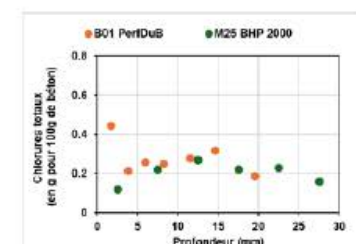
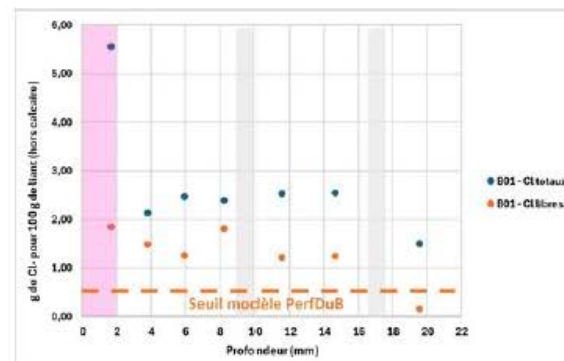
Résultats Action 2 : premières analyses croisées enrobages et corrosion

Béton – Site de vieillissement naturel	Nomenclature XS3	Respecte le Tableau NA.F (NF EN 206/CN) pour XS3	Respecte les Seuils XS3 (FD P18-480)	Classe GWR (FD P 18-483-2)	Enrobage C _{enrob} selon approche prescriptive Eurocode 2 en mm,	Enrobage C _{enrob} selon FD P18-480 Eurocode 2 en mm,	pH (profondeur de béton voisine de 10 mm)	Drcm (XP P18-462), (10-12 m ² /s) carottes 2025 (à cœur)	Résistivité électrique (XP P18-481), (ohm.m) carottes 2025 (à cœur)	Taches de produits de corrosion	Fissuration du béton induite par corrosion	Résistance (PEIS) (ohm)	Potentiel d'abandon (mV, ECS)	J _{corr} (μA/cm ²) Et niveaux de corrosion RILEM
B01-LR	CEM I_290_0,60_28	N	N	1	-	-	12	25	88	O	O	488	-436	1,47

Cohérence des résultats croisés :



- Épaisseur carbonatée déterminée en juin 2024
- Enrobages valeurs min/max de la position de l'acier (Ferroskan)

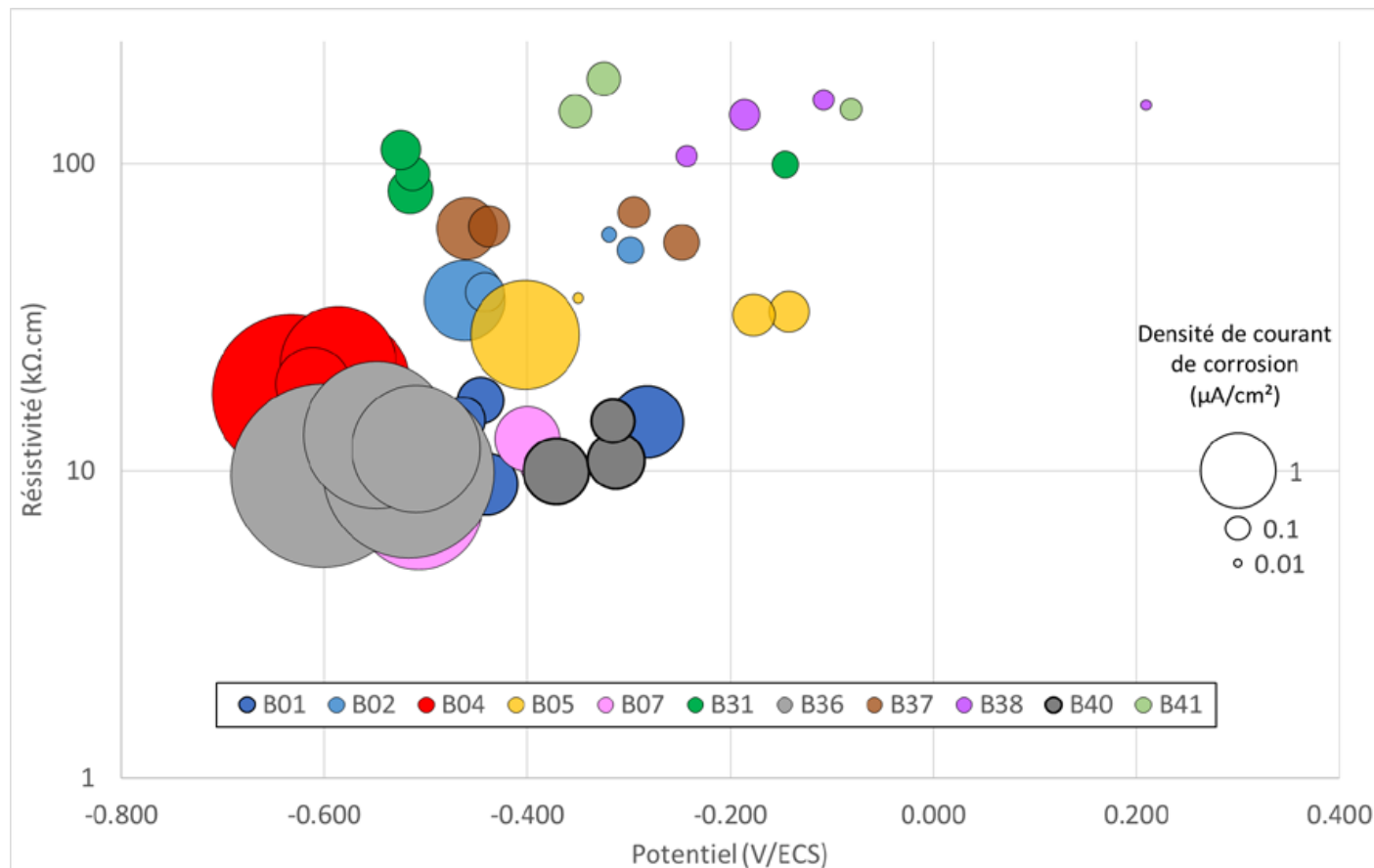


Comparaison

PN PerfDuB CE et PN BHP2000

Figure 40 : Analyse croisée des résultats pour le CE B01-LR

Résultats Action 2 – Corrélation mesures électrochimiques CE-LR



- Résistivités les plus basses, potentiels les plus négatifs et courants de corrosion les plus élevés : B04, B36 et B07, (B05)

- Résistances plus élevées, potentiels moins négatifs et courants de corrosion plus faibles : B38 et B41

Rejoignez-nous dans la Chaire DÉCISION !

• Fondation Université Gustave Eiffel

- Présidente Michèle PAPPALARDO
- Directeur Nicolas HAUTIERE

Défiscalisation 60%

Programme d'accès au processus décisionnel de la chaire scientifique DÉCISION Durée d'engagement 5 années	Mécène Fondateur (≥75 k€) dont 50 % max Chaire DÉCISION	Mécène Partenaire de la Chaire (≥ 50 k€)	Mécène Partenaire de la Chaire (≥ 30 k€)
Membre du Conseil d'Administration de la Fondation	☒		
Mécène Partenaire de la Fondation		☒	☒
Membre du Comité Stratégique de la chaire DÉCISION	☒	☒	(*)
Membre du Comité de Pilotage de la chaire DÉCISION	☒	☒	☒
Membre du Club des Partenaires de l'Université Gustave Eiffel	☒	☒	☒

(*) Possible si regroupement de mécènes avec ≥ 50 k€ /an de financement

Merci de votre attention !



veronique.bouteiller@univ-eiffel.fr

<https://fondation.univ-gustave-eiffel.fr/chaieres/decision>