

Grandeurs associées à la durabilité, indicateurs de durabilité – Méthodes d'essais, essais croisés

GIS DECADES – Workshop#2, La Rochelle
13 mai 2025

Jonathan Mai-Nhu

Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- **Carbonatation accélérée (XC)**
- Carbonatation naturelle (XC)
- **Migration des ions chlorures (XS/XD)**
- Diffusion naturelle des ions chlorures (XS/XD)
- **Résistivité électrique (XC + contrôle)**
- **Porosité accessible à l'eau (XC + contrôle)**
- Absorption d'eau par immersion
- Essai de lixiviation à pH constant (XA)
- Essais de résistance aux sulfates

XP P18-458

EN 12390-12

EN 12390-10

XP P18-462

EN 12390-18

EN 12390-11

XP P18-481

EN 12390-19

NF P18-459

prEN 12390-20

NF EN 13369

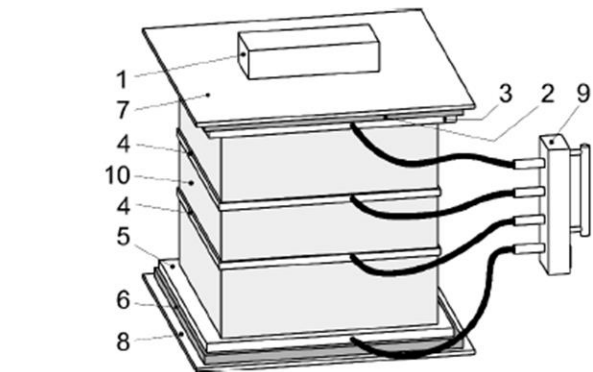
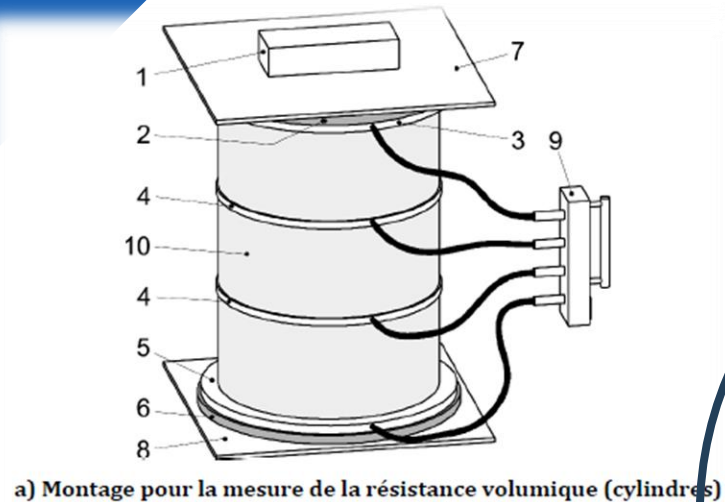
XP P18-482

2 protocoles Perfdub (par saturation et par immersion/séchage, en cours de normalisation)

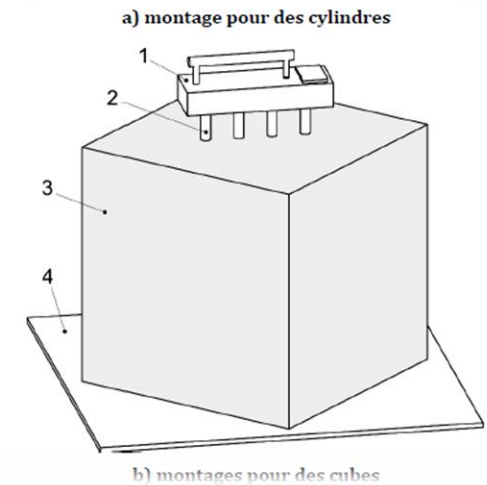
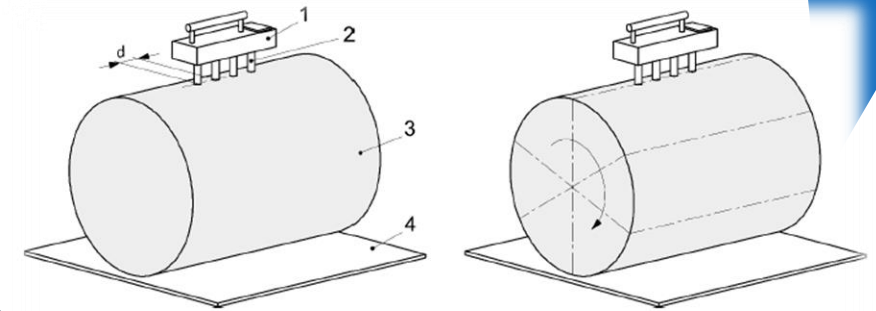
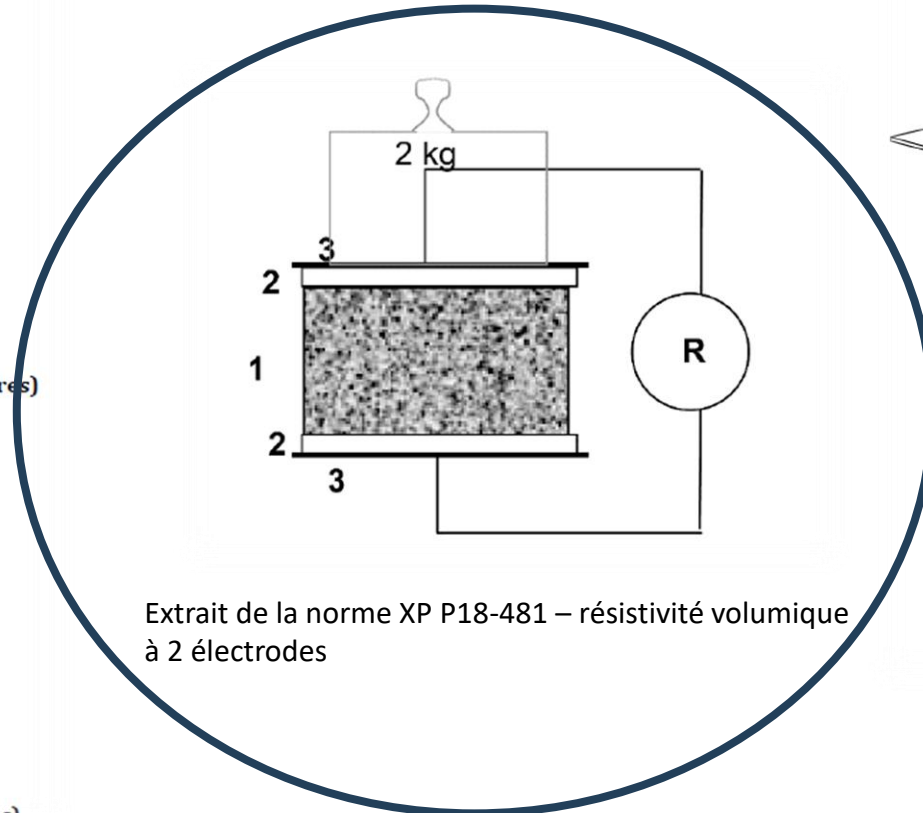


Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Résistivité électrique selon EN 12390-19



b) Montage pour la mesure de la résistance volumique (cubes)
Extrait de la norme NF EN 12390-19 – résistivité volumique



Extrait de la norme NF EN 12390-19 –
résistivité surfacique

Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Résistivité électrique : campagne d'essais croisés PerfDuB selon XP P18-481 et EN 12390-19

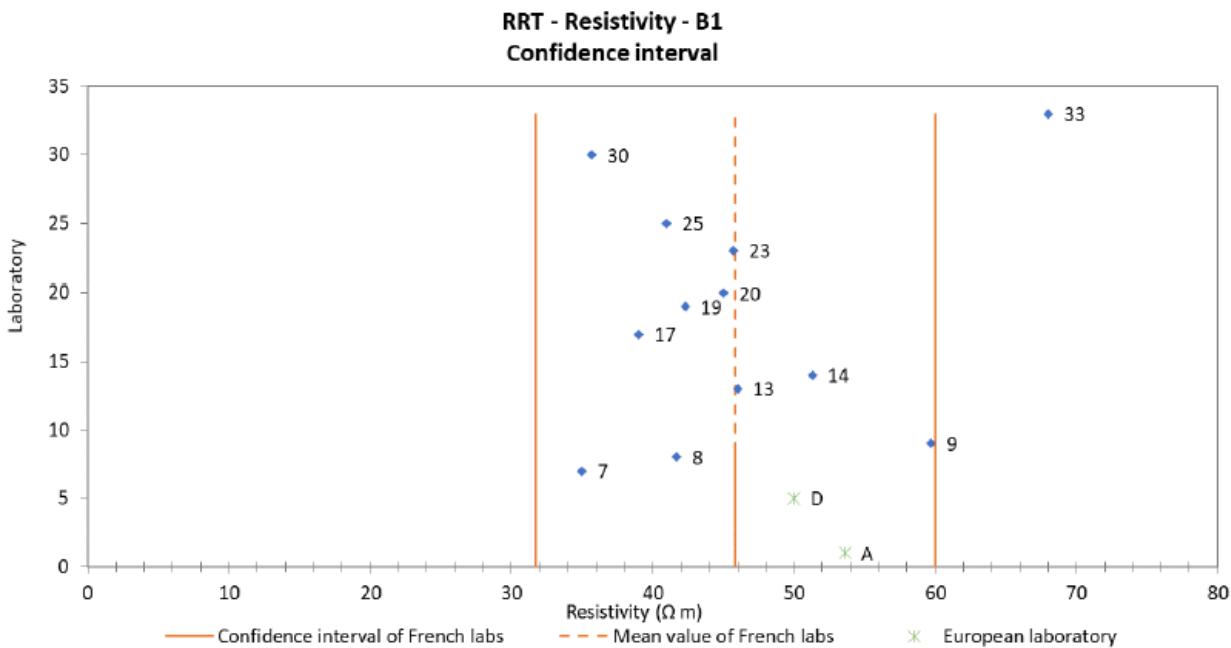


Figure 13. Analysis of European results of electrical resistivity of B1 concrete with volumetric measurements (2 points measurements for French labs and 4 points measurement for European labs A and D)

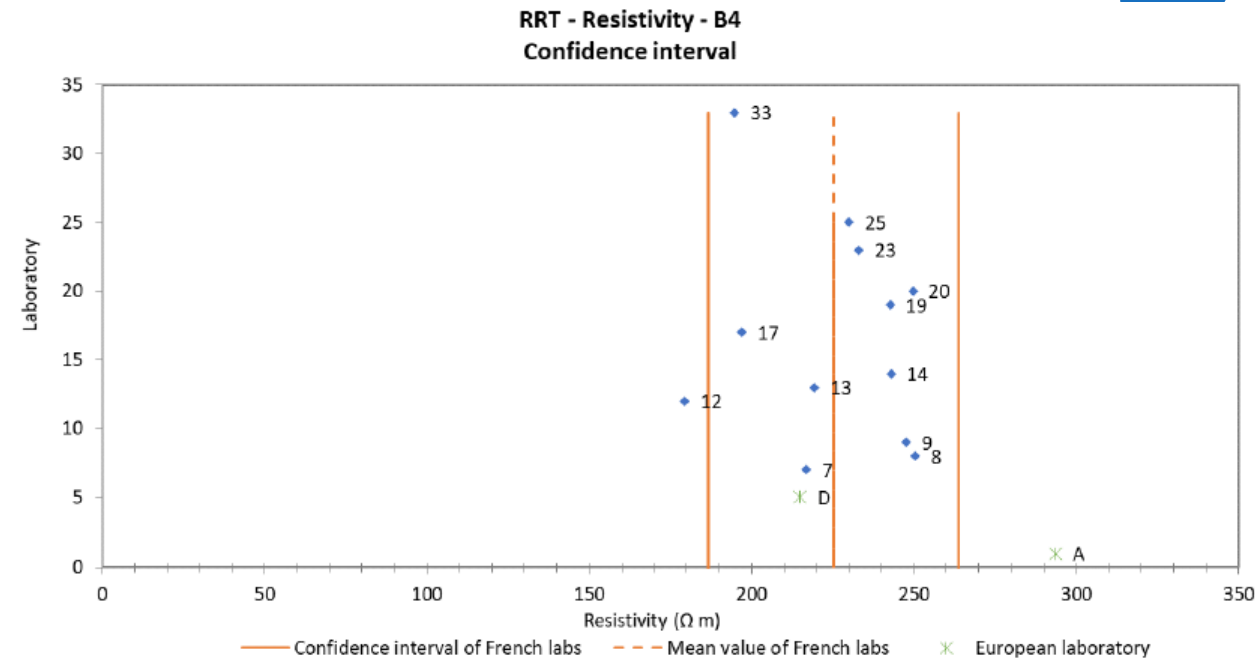


Figure 14. Analysis of European results of electrical resistivity of B4 concrete with volumetric measurements (2 points measurements for French labs and 4 points measurement for European labs A and D)

Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Résistivité électrique : campagne d'essais croisés PerfDuB selon XP P18-481 et EN 12390-19

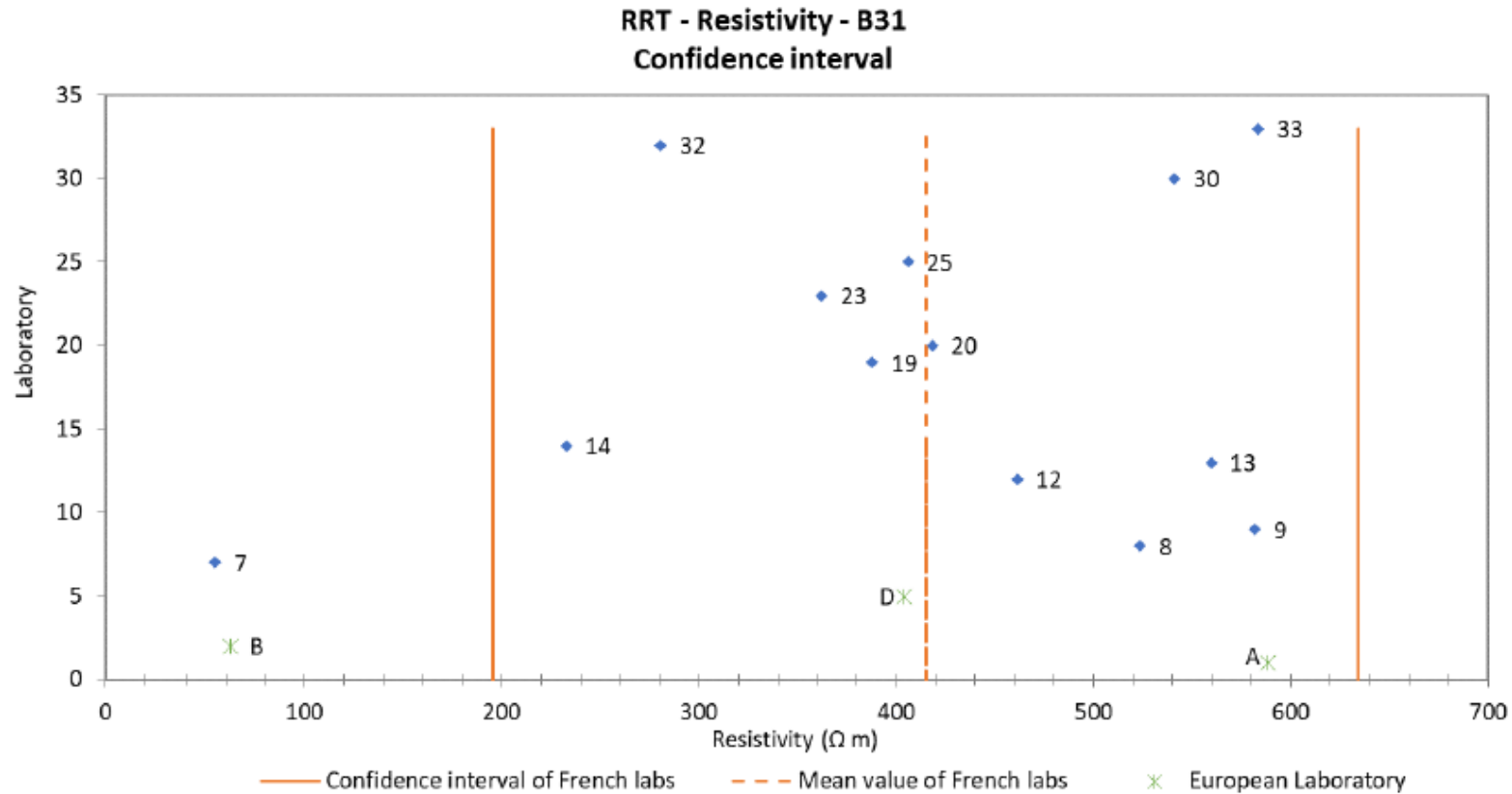
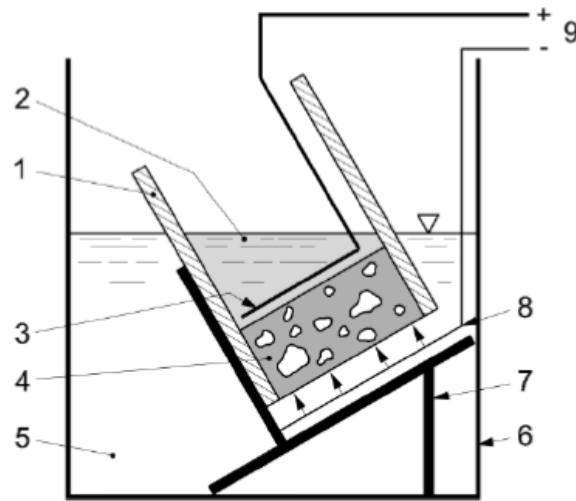


Figure 15. Analysis of European results of electrical resistivity of B31 concrete with volumetric measurements (2 points measurements for French labs and European lab B; 4 points measurement for European labs A and D)

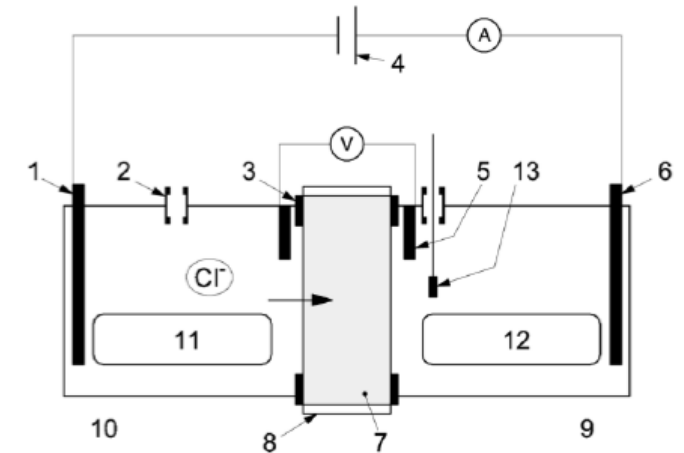
Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Migration des ions chlorure sous champs électrique selon EN 12390-18 et XP P18-462



Key

- 1. Rubber sleeve.
- 2. Anolyte.
- 3. Anode.
- 4. Test specimen
- 5. Catholyte
- 6. Cathode.
- 7. Rectifier.
- 8. Waterproof protection.
- 9. Downstream cell.



Key

- 1. Cathode.
- 2. Filler opening.
- 3. Joints.
- 4. Power supply.
- 5. Electrode.
- 6. Anode.
- 7. Concrete specimen.
- 8. Waterproof protection.
- 9. Downstream cell.
- 10. Upstream cell.
- 11. Anolyte solution.
- 12. Catholytic solution.
- 13. Temperature probe.

Extrait EN 12390-18 – exemple de montage de base et exemple de montage alternatif

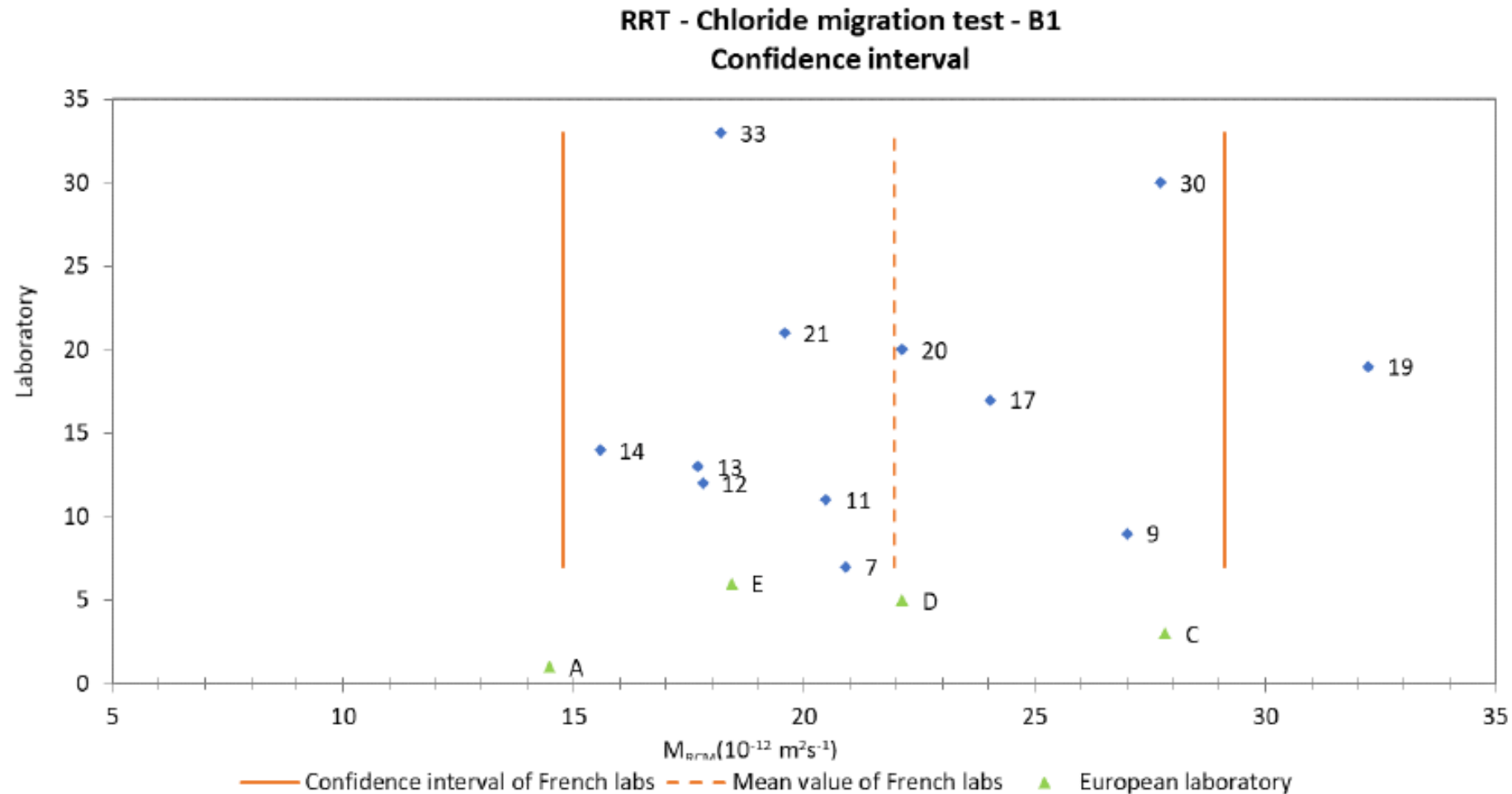
Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Migration des ions chlorure sous champs électrique selon EN 12390-18 et XP P18-462 – campagne d'essais PerfDuB incluant des laboratoires européens

	EN 12390-18	XP P18-462
Saturation period	Lab A: 4h in Ca(OH)_2 under vacuum pressure Lab B: No Lab C: 4h in Ca(OH)_2 under vacuum pressure Lab D: No Lab E: No	72h in NaOH under vacuum pressure
Tension	Between 15 V and 50 V	≈ 25 V
NaCl Concentration	Lab A: 0.17 mol/l Lab C: 0.09 mol/l Lab D: 0.85 mol/l Lab E: 1.7 mol/l	0.5 or 1 mol/l
Duration	Between 24h to 48h	≈ 20 h for B1 ≈ 99 h for B4 ≈ 145 h for B31

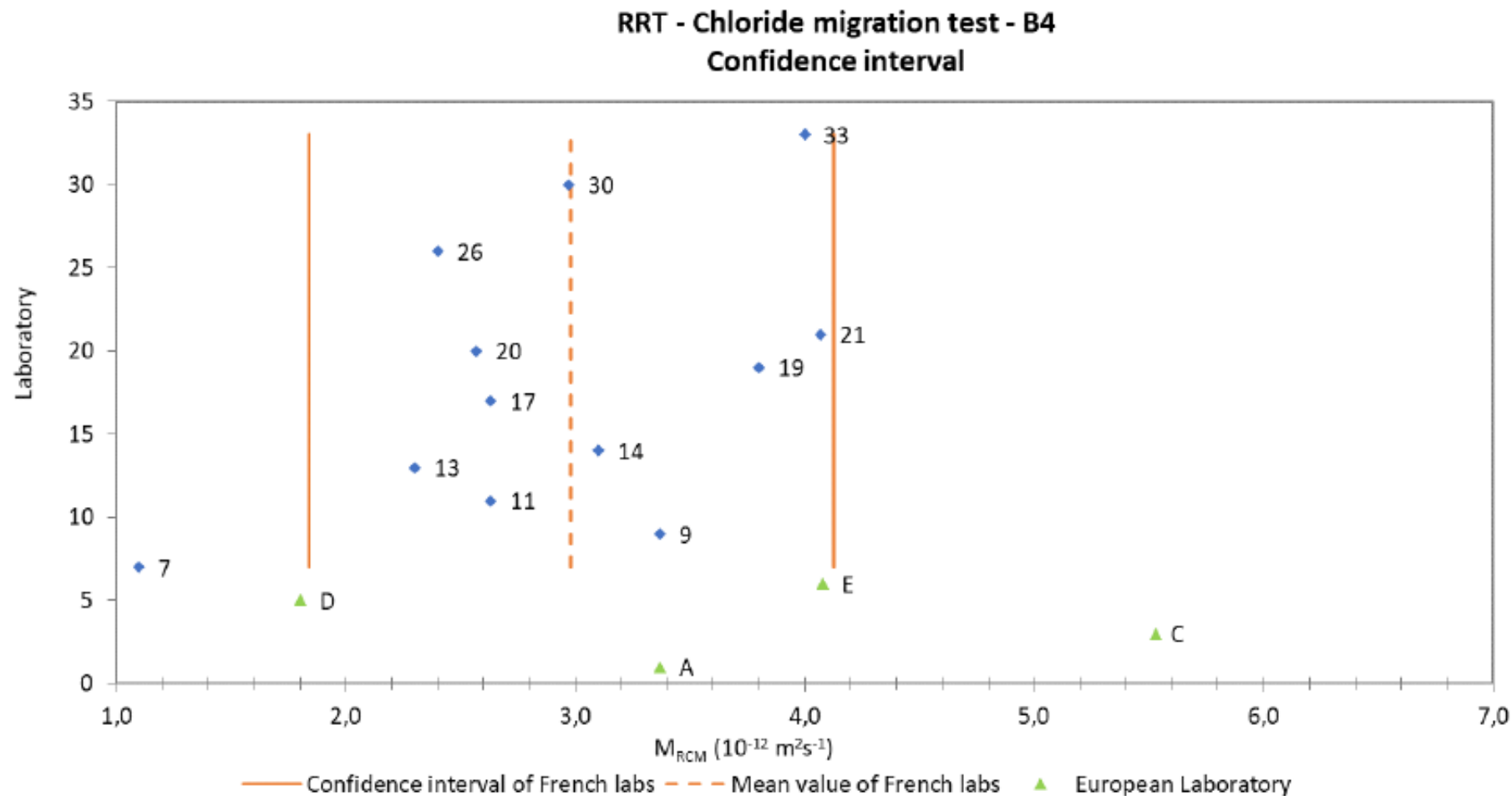
Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Migration des ions chlorure sous champs électrique selon EN 12390-18 et XP P18-462 – campagne d'essais PerfDuB incluant des laboratoires européens



Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Migration des ions chlorure sous champs électrique selon EN 12390-18 et XP P18-462 – campagne d'essais PerfDuB incluant des laboratoires européens



Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Migration des ions chlorure sous champs électrique selon EN 12390-18 et XP P18-462 – campagne d'essais PerfDuB incluant des laboratoires européens

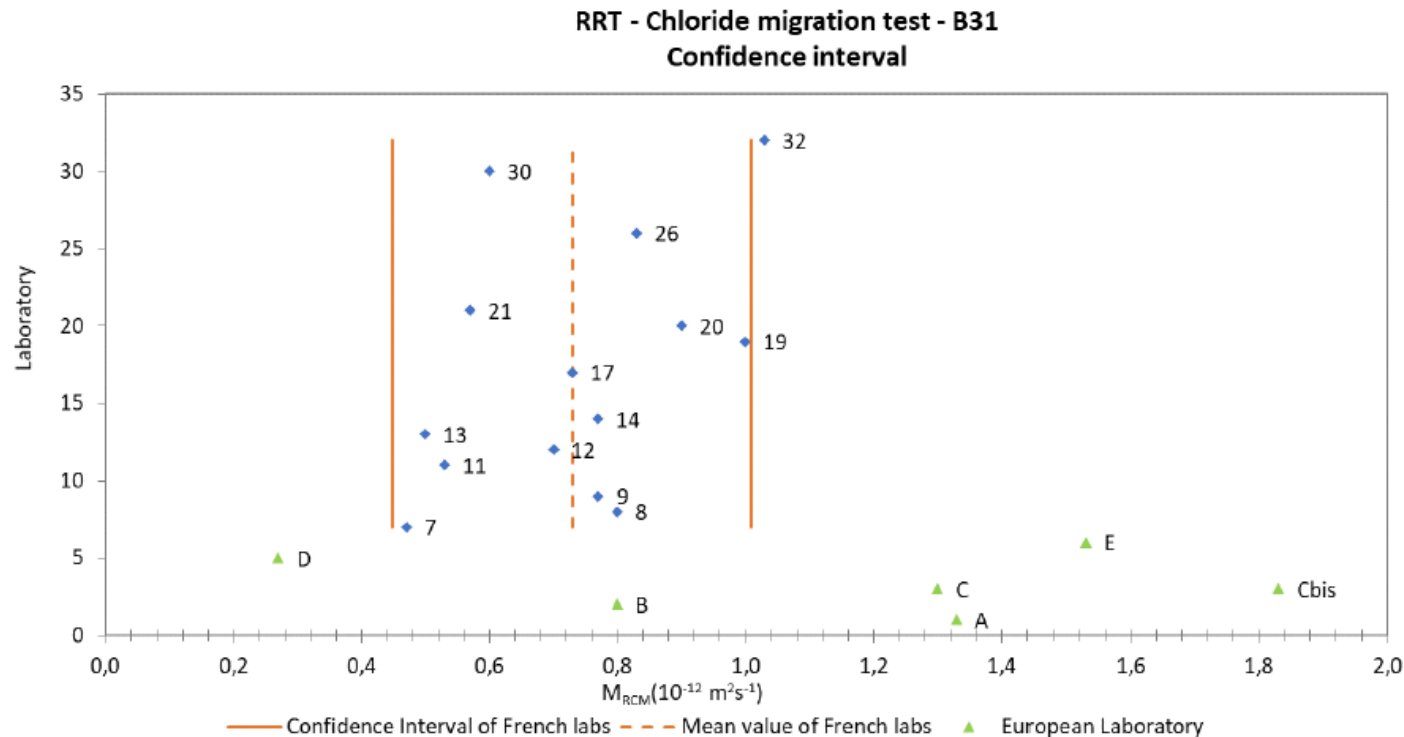


Figure 18. Analysis of European results of chloride migration coefficient for B31 according to NT Build 492 (alternative set-up for European lab B) Vs results according to Perfdub V4 method

C_{bis} results were obtained in the same conditions than C results but the concentration of NaCl solution was twice higher.

Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Carbonatation accélérée : campagne d'essais croisés PerfDuB selon EN 12390-12 et XP P18-458, incluant des laboratoires européens

-	EN 12390-12	XP P 18-458
Durée préconditionnement (jours)	14	14* + 7
Température du préconditionnement (°C)	$18 \leq T \leq 25$	14 jours* en étuve à 45 ± 5 7 jours à 20 ± 2
Humidité relative du préconditionnement (%)	$50 \leq HR \leq 65$	14 jours* en étuve puis 7 jours à 65 %
Température de l'essai (°C)	20 ± 2	20 ± 2
Humidité relative de l'essai (%)	57 ± 3	65 ± 5
Taux de CO ₂	$3 \pm 0,5$	$3 \pm 0,5$
Échéances de mesures (jours)	7, 28 et 70	28, 42 et 70

Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

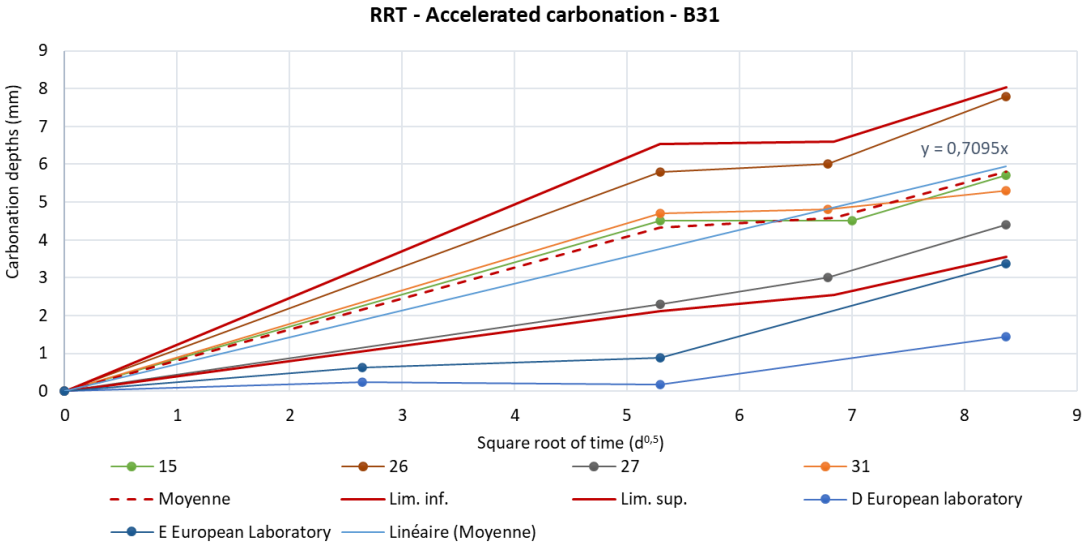
- Carbonatation accélérée : campagne d'essais croisés PerfDuB selon EN 12390-12 et XP P18-458, incluant des laboratoires européens

Table 6. Accelerated carbonation rates measured for B4 concrete

	Accelerated carbonation rate (mm/day ^{0.5})	Coefficient of determination (R ²)
French lab 11	2.1	0.99
French lab 26	1.9	0.99
French lab 27	1.7	1.00
French lab 31	2.1	1.00
European lab D	1.46	0.85*
European lab E	0.7	0.92*

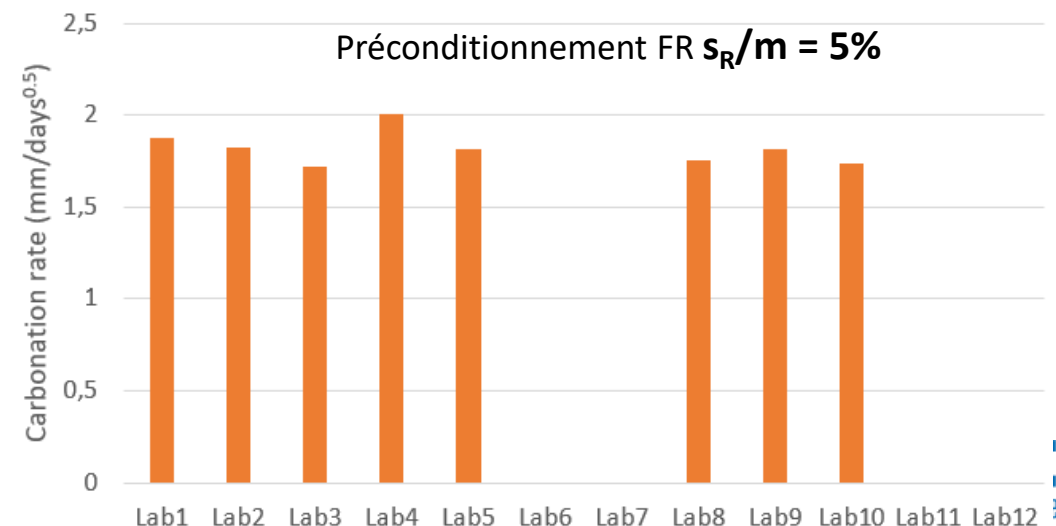
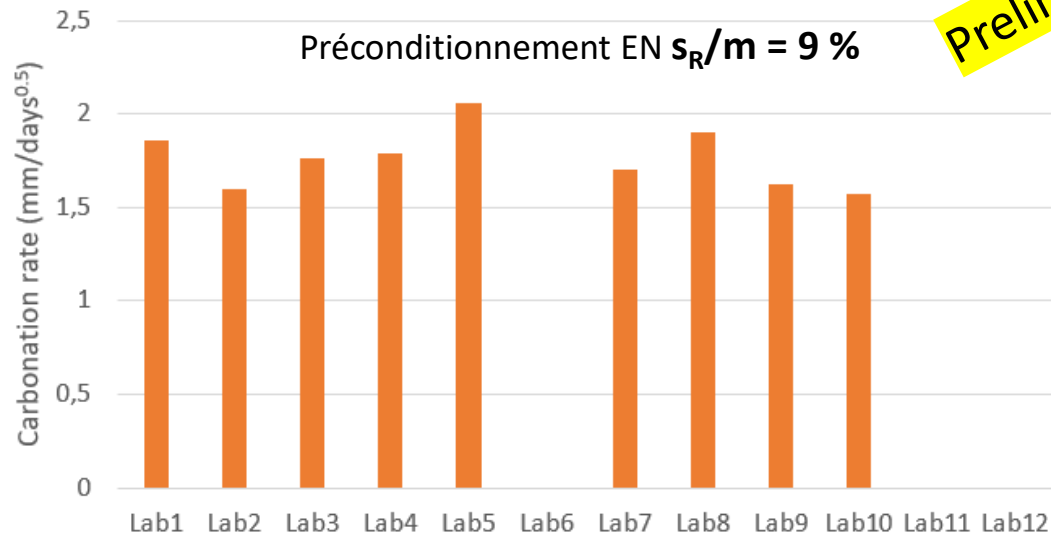
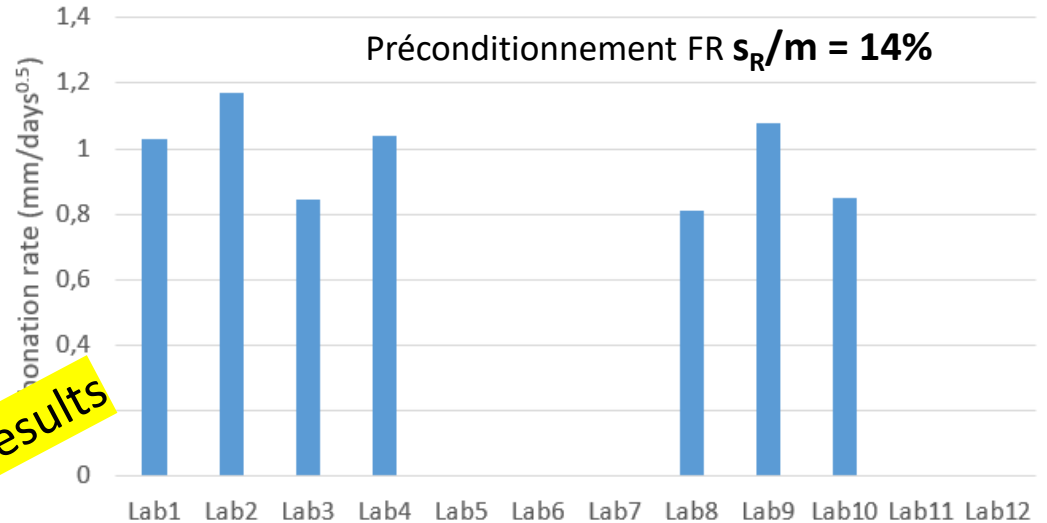
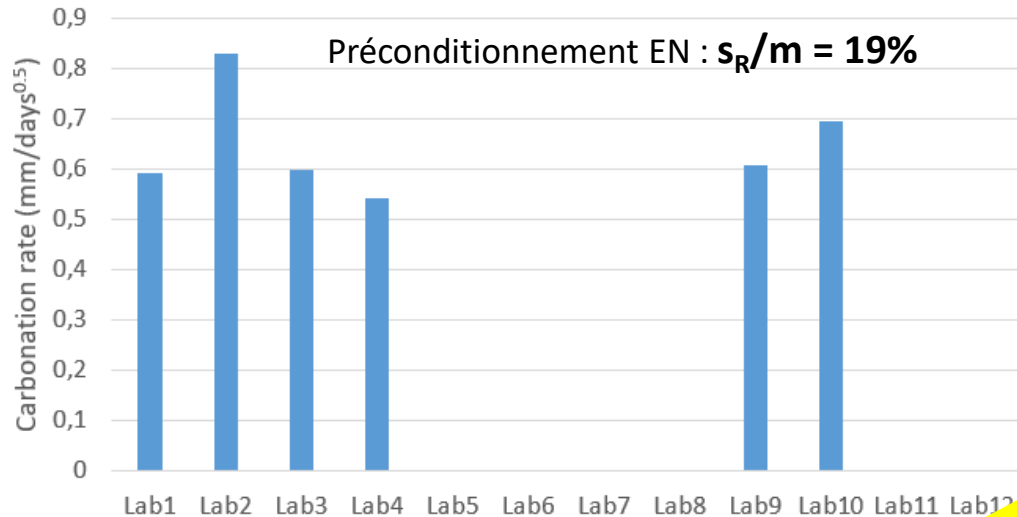
Table 7. Accelerated carbonation rates measured for B31 concrete

	Accelerated carbonation rate (mm/day ^{0.5})	Coefficient of determination (R ²)
French lab 15	0.70	0.95
French lab 26	0.95	0.98
French lab 27	0.48	0.97
French lab 31	0.71	0.93
European lab B	0 (no carbonation depth was measured after 70 days of accelerated test)	-
European lab D	0.13	0.7*
European lab E	0.33	0.82*



Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

- Carbonatation accélérée : campagne d'essais croisés européens en cours selon EN 12390-12



Preliminary results

Grandeurs associées à la durabilité et indicateurs de durabilité - les méthodes d'essais

D'autres essais croisés sont en cours au niveau FR et EN

- **Des essais croisés sont en cours au niveau FR, organisés par le CEBTP :**
 - Résistances mécaniques à la compression
 - Résistivité électrique
 - Carbonatation accélérée
 - Migration des ions chlorure
- **Des essais croisés sont en cours au niveau EN (CEN TC 51/WG12/TG5) sur 6 bétons :**
 - Résistivité électrique volumique et surfacique
 - Carbonatation accélérée, 2 type de préconditionnement : XP P18-458 et EN 12390-12
 - Carbonatation naturelle
 - Migration des ions chlorure
 - Diffusion naturelle des ions chlorure
 - Integral test