



Méthodologie de suivi des ouvrages en sol renforcé par des géosynthétiques à base de fils de PET haute ténacité

Nicolas Freitag – Linda Naït-Ali

Journée technique du CFG – 25 mars 2014

A SUBSIDIARY OF  SOLETANCHE FREYSSINET

Gestionnaires de réseaux d'infrastructures : un besoin de méthodes de suivi du vieillissement des ouvrages

- **Ouvrages conçus et dimensionnés suivant les règles de l'art et la connaissance à la date de l'exécution**
 - Modèles de vieillissement des matériaux extrapolés pour les durées d'utilisation requises
 - 75 à 120 ans selon les pays pour les ouvrages de soutènement routiers et ferroviaires
 - Études de laboratoires
 - Essais accélérés quand c'est possible, dans des conditions considérées sévères
- **Réalité complexe – beaucoup de variations de paramètres**
 - Température
 - Humidité
 - Chimie
 - Tension
 - ...

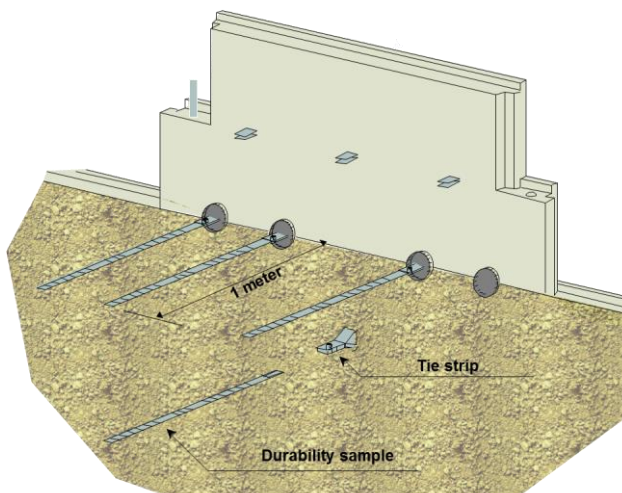
L'exemple des ouvrages en remblai renforcé par armatures métalliques

- Depuis 1979, la durabilité des armatures est considérée de façon rigoureuse
- Cf SETRA / IFSTTAR LCPC
 - **Prévention**
 - **Dimensionnement** : prise en compte de la dégradation de la résistance avec le temps (corrosion)
 - **Exécution** : contrôles de l'agressivité des remblais
 - pH
 - Électrochimie
 - **Exécution** : protection contre l'infiltration de sels de déverglaçage
 - **Suivi**
 - au long de la durée d'utilisation du projet
 - suivi gravimétrique d'armatures témoin

3

Témoins de durabilité – armatures métalliques

Moyen de contrôle simple et efficace



Modèle de vieillissement des fils de PET HT

• Vieillissement hydrolytique des fils de polyester à haute ténacité maîtrisé en laboratoire :

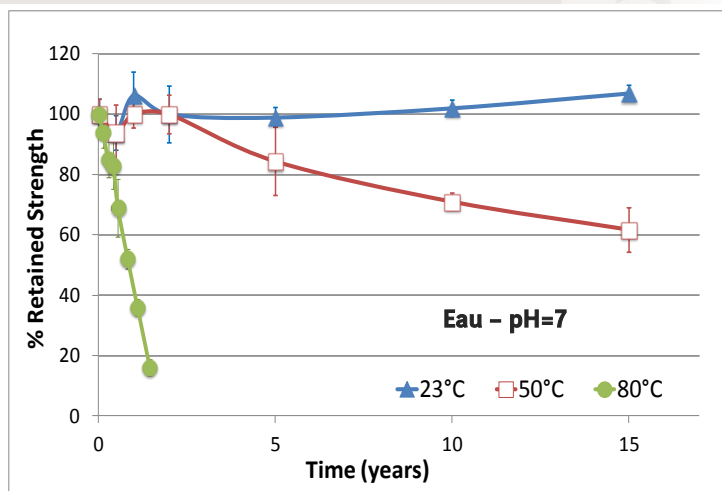
- En solution saturée
- $\text{pH} \leq 9$
- À température constante
- Sous faible tension

• Cinétique en deux phases

- Incubation : hydrolyse sans perte de résistance
- Perte de résistance : après un certain seuil de progression de la réaction

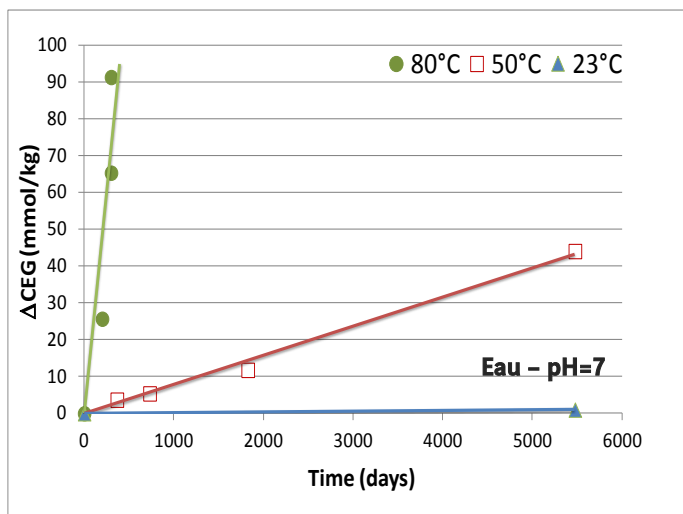
5

Hydrolyse : grande influence de la température



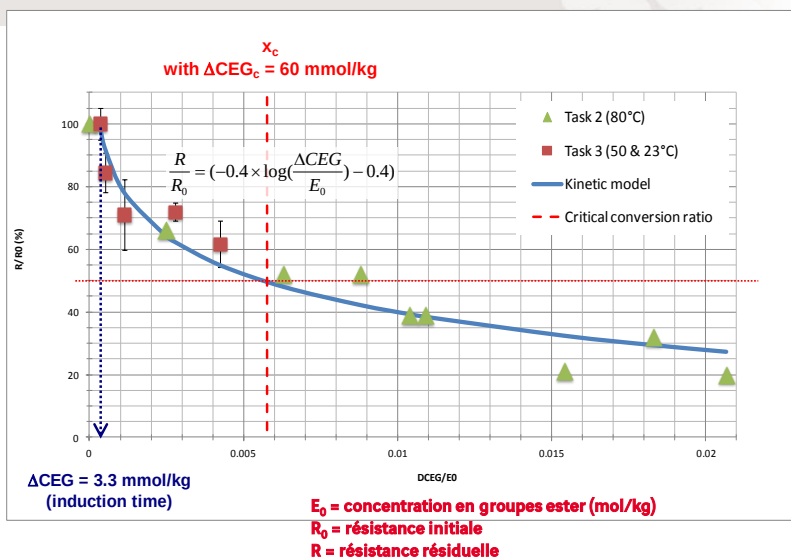
6

Evolution linéaire de la concentration en fonction carboxyl (CEG) en fonction du temps



7

Modèle de la perte de résistance $R/R_0 (\%) = f(\Delta\text{CEG})$



8

Méthodologie de suivi des ouvrages

● Mise en place de témoins de durabilité

- Du même type et du même lot que les renforcements mis en place dans l'ouvrage
 - Idéalement façonnés lors du montage de l'ouvrage
- Facilement récupérables à échéances régulières
- Doubles :
 - Un témoin de vieillissement mis en place dans le remblai
 - Un témoin protégé dans une boîte étanche, scellée
- Intérêt de témoins doublés :
 - Même méthode, même laboratoire et même opérateur pour la mesure du CEG, à la date du prélèvement
 - Méthodes qui vont gagner en précision et fidélité avec le temps

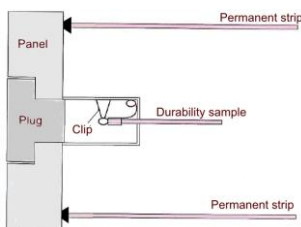
● Echéancier de prélèvement

- Par exemple 10, 25, 40, 60, 80, 100 ans
- Cet échéancier peut être resserré ou au contraire relâché en fonction des résultats des mesures

9

Installation

● Principe (EN ISO 13437 à adapter)



Préparation

- échantillons de 40 cm à 1 m de longueur
- Référencés individuellement

Combien ?

En se référant à la pratique pour les armatures métalliques

- 75 ans: prélevés après 10, 25, 40, 60, 75 ans
- 100 ans : prélevés après 10, 25, 40, 60, 80, 100 ans

2 échantillons par prélèvement pour chaque tranche $\leq 1000 \text{ m}^2$

10

Analyse – le cas des bandes GeoStrap®

Examen visuel

Fils de polyester



Gainage PEBD



11

Analyse des fibres

Examen visuel

Différences entre hydrolyse

en milieu neutre/acide et

dégradation en milieu alcalin



Neutre/acide
Pas de coloration.
Aspect inchangé



Alcalin (pH > 9)
Jaunissement et perte de densité.
Aspect modifié.

12

Méthodologie de suivi des ouvrages

• Mesure du CEG en laboratoire

- les méthodes sont de plus en plus fiables

• Interprétation des résultats

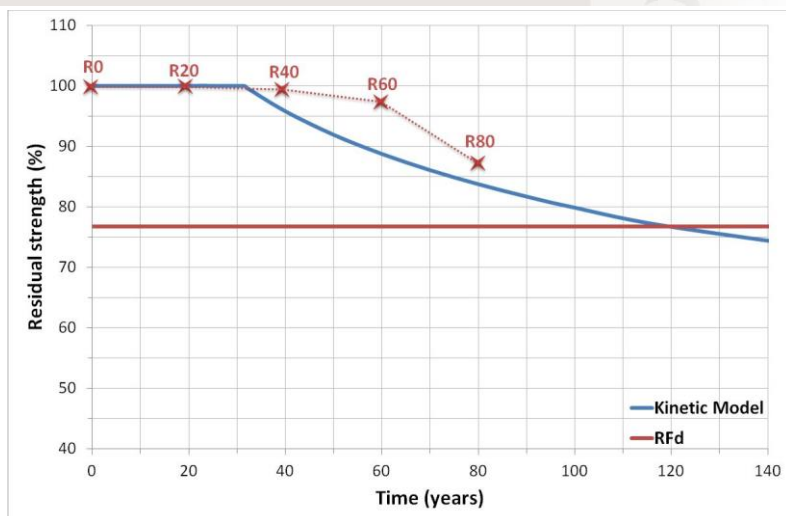
- Directe
- Si $\Delta CEG \leq 3.3 \text{ mmol/kg}$: période d'incubation, pas de perte de résistance
- Si $\Delta CEG > 3.3 \text{ mmol/kg}$: phase de perte de résistance engagée

$$\frac{R}{R_0}(\%) = 40 \left(\log_{10} \left(\frac{10400}{\Delta CEG} \right) - 1 \right)$$

- Approche statistique pour la prise en compte de la dispersion des résultats
 - Reste à développer

13

Méthodologie de suivi des ouvrages



14

Conclusion

- **Importance du suivi des ouvrages**
- **Corrélations entre indicateurs chimiques et résistance mécanique**
- **Possible pour fibres de polyester**
 - Probablement aussi pour d'autres polymères
- **Effet secondaire bénéfique de ce type de suivi : compréhension plus fine de phénomènes non représentés par des essais en laboratoire**
 - Variations temporelles de paramètres clés : température, humidité, condensation, ...
 - Influence bénéfique (ou pas) du gainage ou de l'enduction selon les produits
- **Pour la suite : la méthode ne demande qu'à être mise en place et affinée**

15

