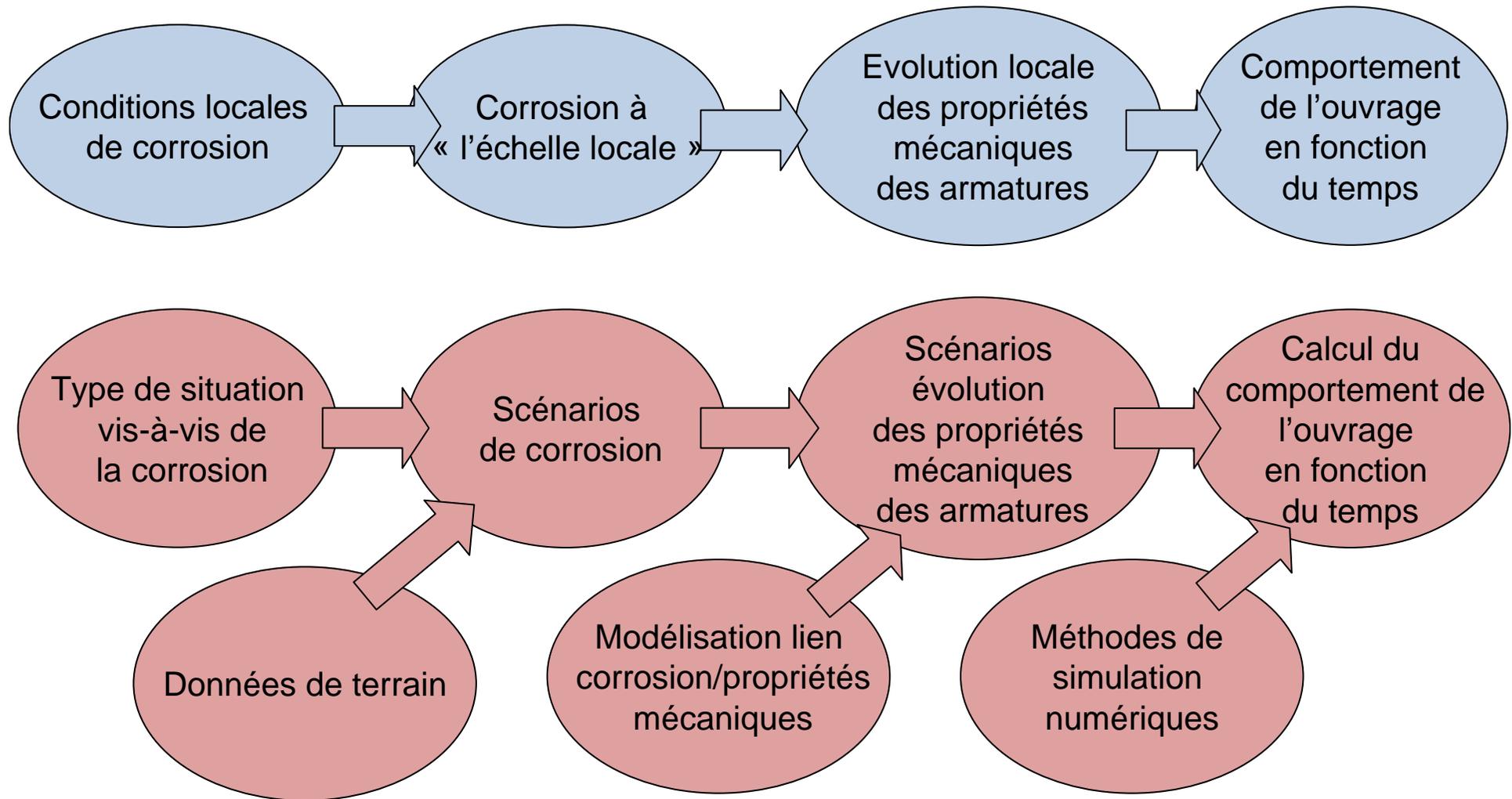


# Effet de la corrosion des armatures sur le comportement des murs en remblai renforcé par des éléments métalliques

T.-L. Chau, A. Corfdir, E. Bourgeois

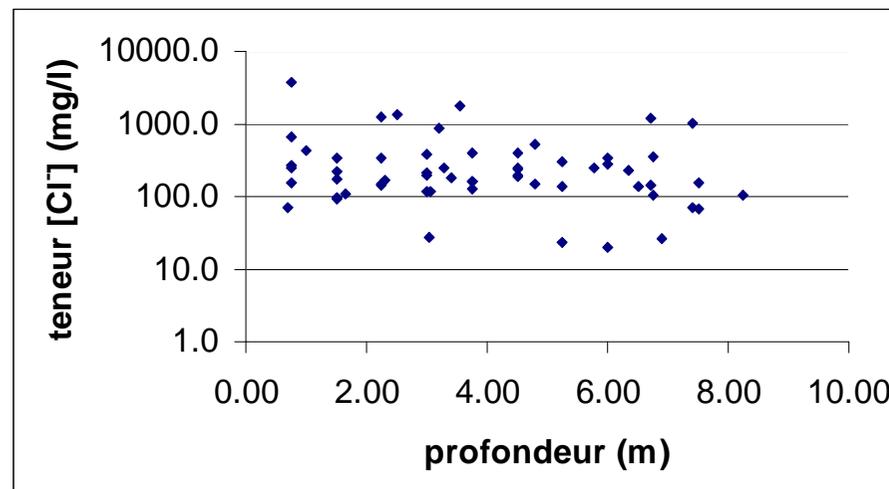
# Problématique



# Scénarios de corrosion: les différents facteurs

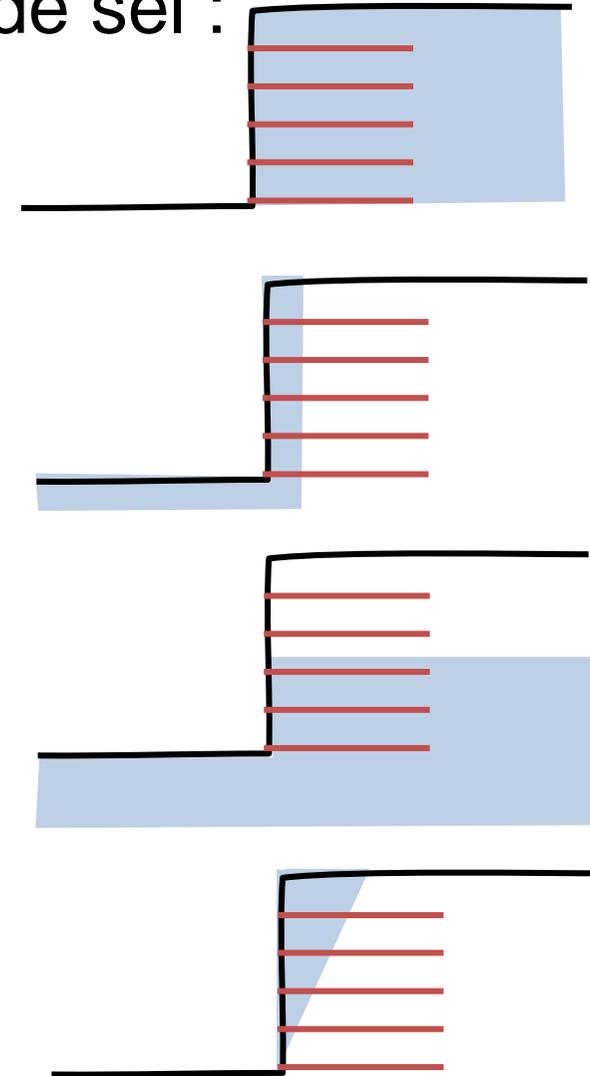
- Evolution temporelle et répartition spatiale
- Multiples facteurs corrélés à la vitesse de corrosion:
  - Nature chimique du sol de remblai
  - pH
  - Sels en solution
  - Aération
  - Taux d'humidité
  - Résistivité
  - Nature de l'armature
- Dispersion très importante de données cruciales

– Exemple ouvrage n°23

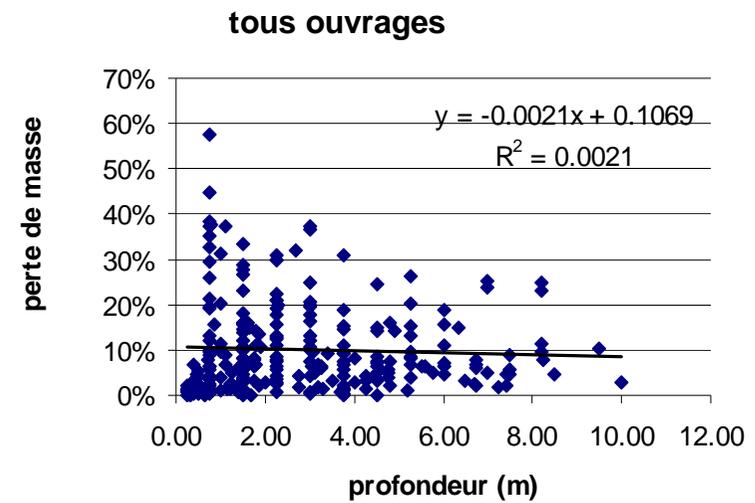
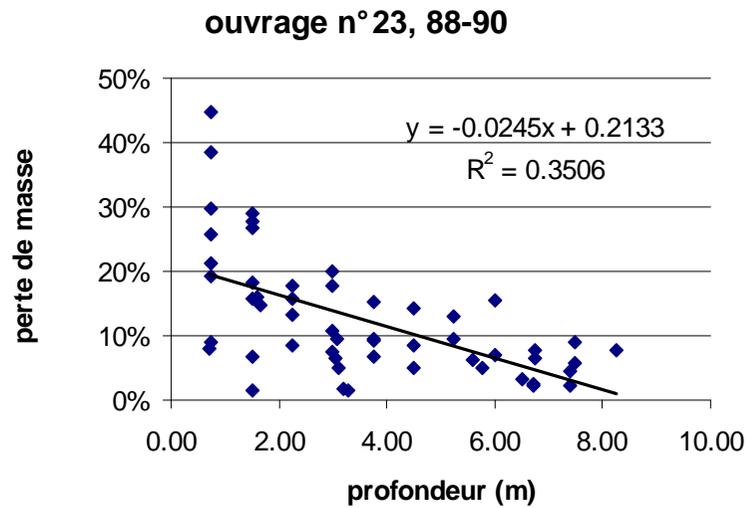


# Scénarios de corrosion

- Selon la cause de la présence de sel :
  - Pollution initiale du remblai
  - Apport de sel par les embruns
  - Apport de sel par inondation
  - Apport de sel dû aux opérations de déverglaçage



# Données pour un scénario de « viabilité hivernale »



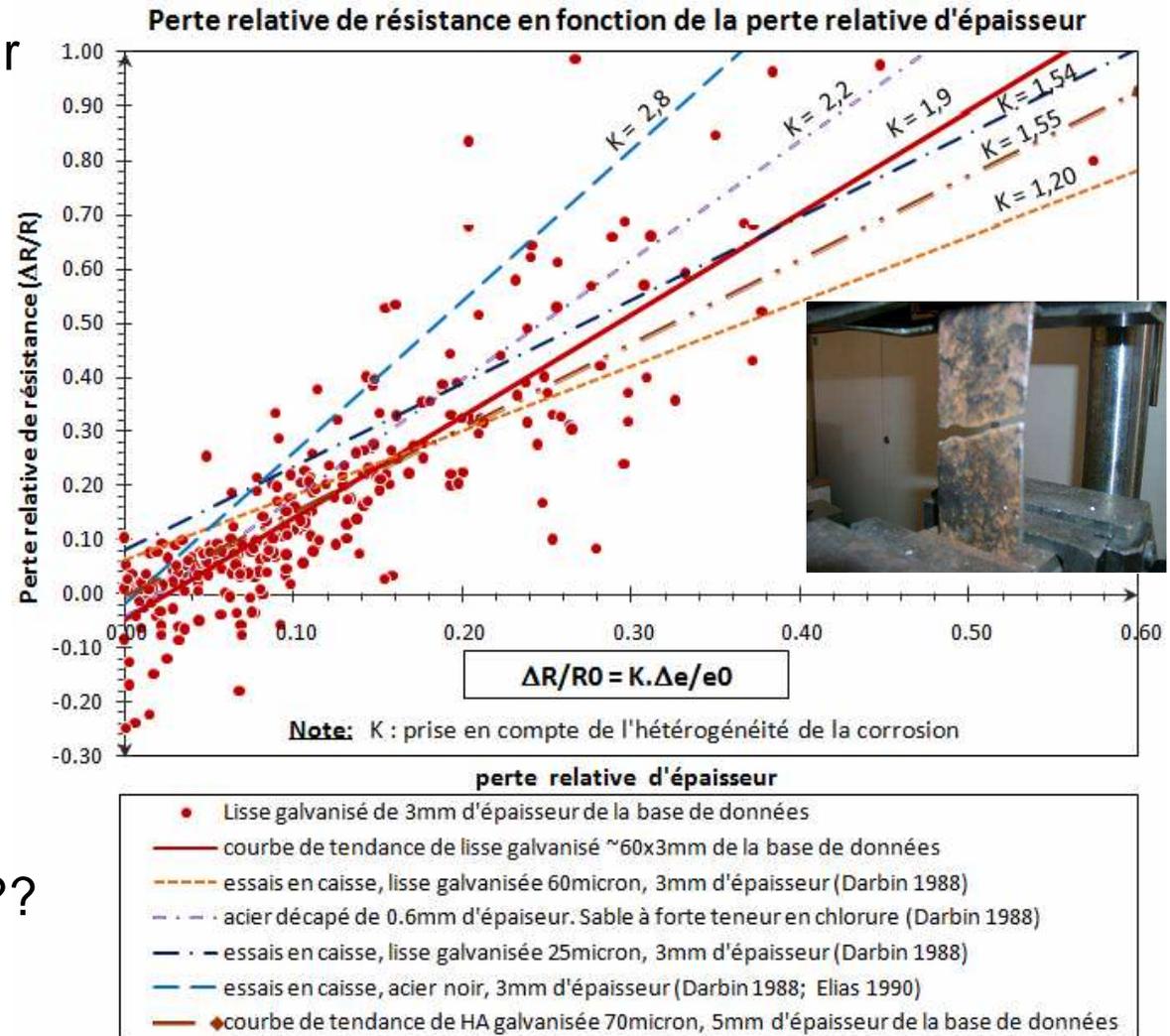
# Corrosion et résistance à la rupture

- Relation perte d'épaisseur  
perte de corrosion

$$\frac{\Delta R}{R_0} = K \frac{\Delta e}{e_0}$$

K=2,0 pour lisse galvanisée  
(Haïun et al, 2007,  
Pr NF 94270)

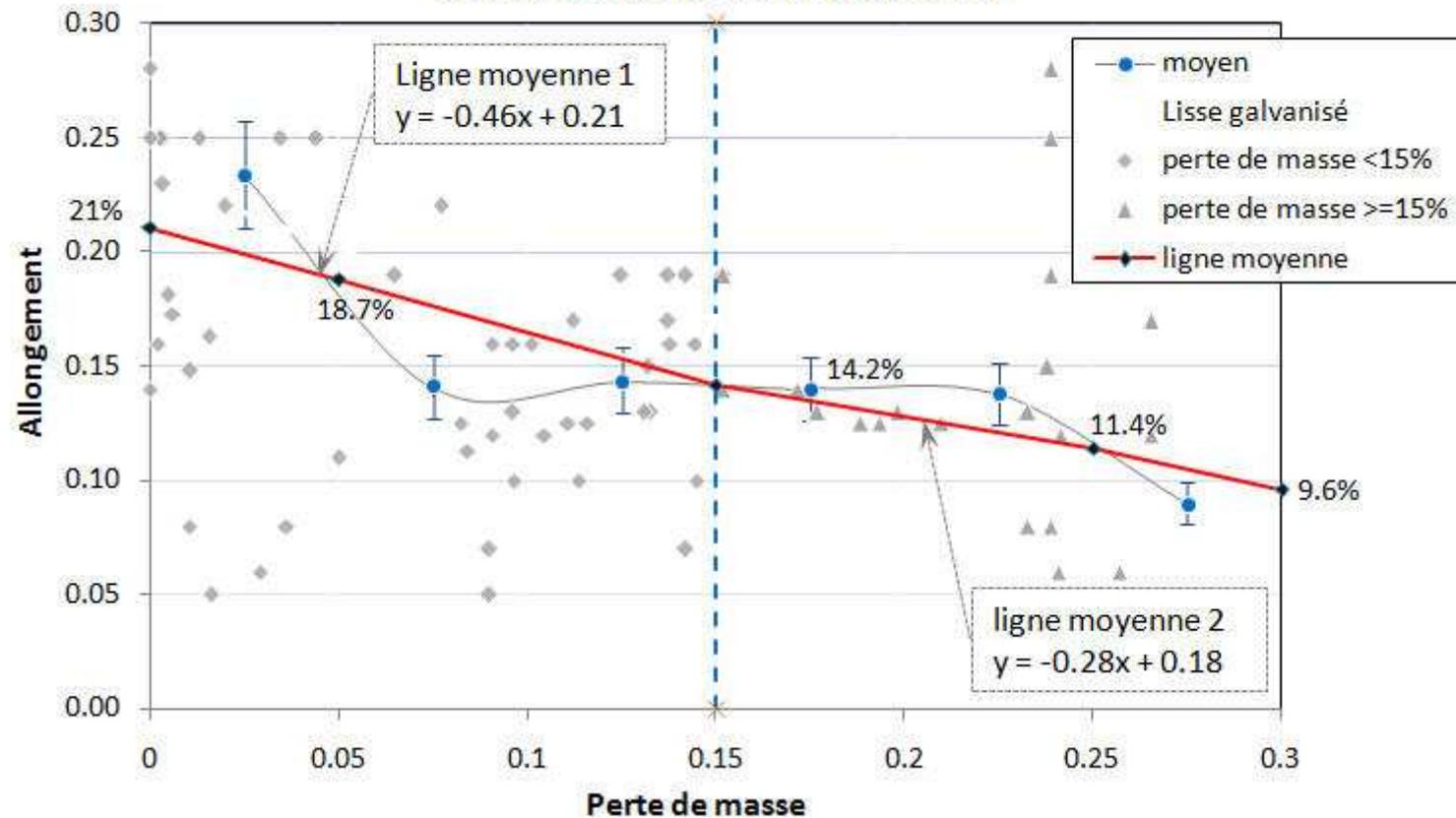
K=1,55 pour HA galvanisée ??



(Haïun et al. 2007, Darbin (1988))

# Corrosion et allongement à la rupture

Allongement en fonction de la perte de masse pour des armature lisses galvanisées

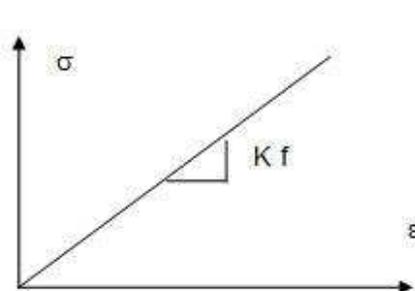


# Modélisation numérique d'ouvrages en terre armée

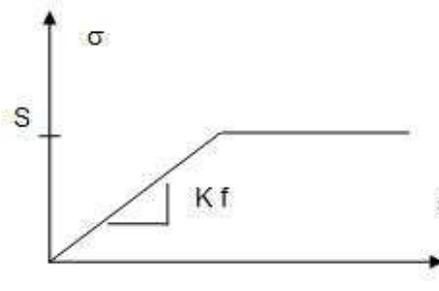
- **Modèles avec discrétisation des armatures**
  - 2D (approximation de la géométrie réelle)
  - 3D (coûteux en termes de nombre de nœuds)
- **Modèles homogénéisés (P. de Buhan et al, ENPC/Navier) pour les ouvrages renforcés (tunnels boulonnés, inclusions rigides, etc.)**
  - **version simplifiée :**
    - simple à mettre en œuvre
    - pas de glissement sol-armatures, pas de limite sur le frottement, effort non nul en bout d'armature
  - **modèle multiphasique général :**
    - plus difficile d'emploi (pas encore de préprocesseur spécifique)
    - on peut imposer un frottement maximal et l'effort en bout d'armature est plus réaliste

# Application du modèle aux murs en terre armée

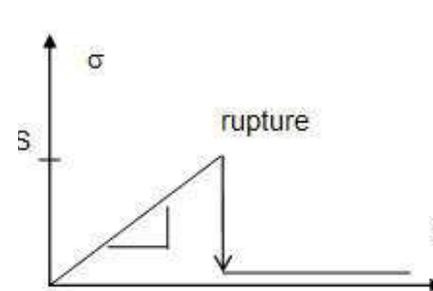
- **Modélisation de l'interaction sol armature : pris en compte du glissement , limite le taux de cisaillement possible → meilleure représentation des tensions dans les armatures**
- **Introduction de lois de comportement supplémentaires pour les armatures (fragile, élastoplastique-fragile)**



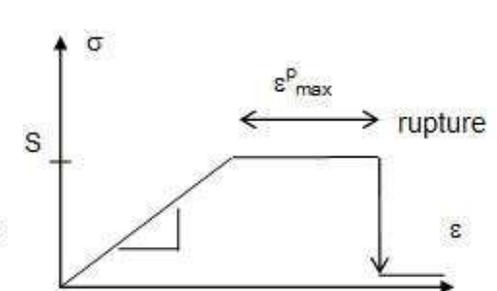
Élastique  
linéaire



Élastique  
plastique



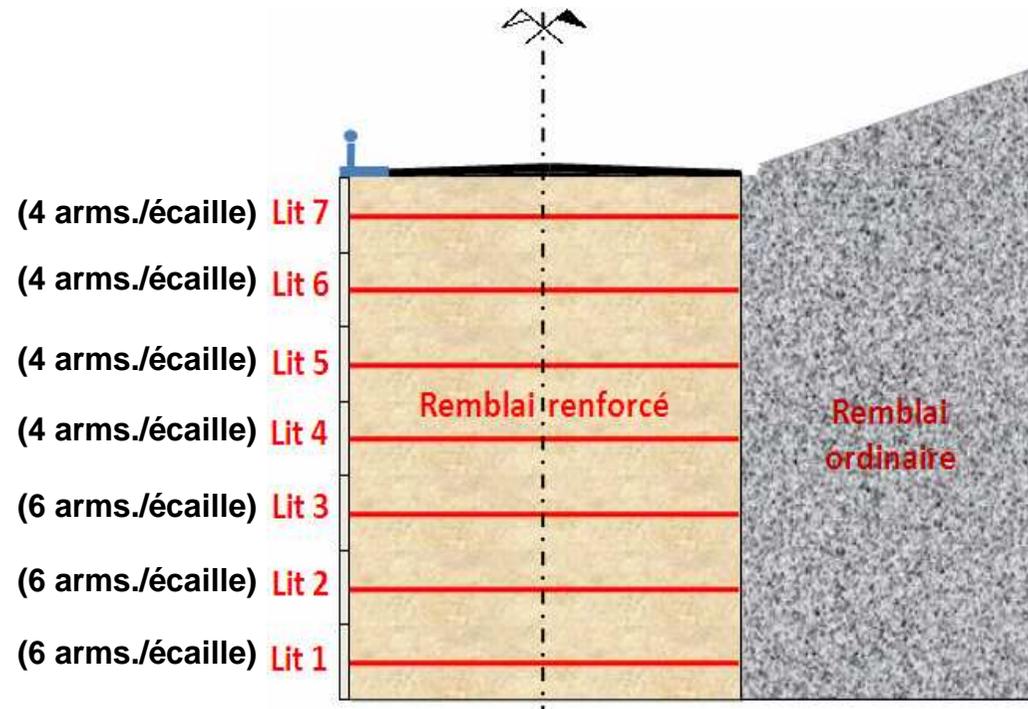
Élastique fragile



Élasto-plastique  
fragile

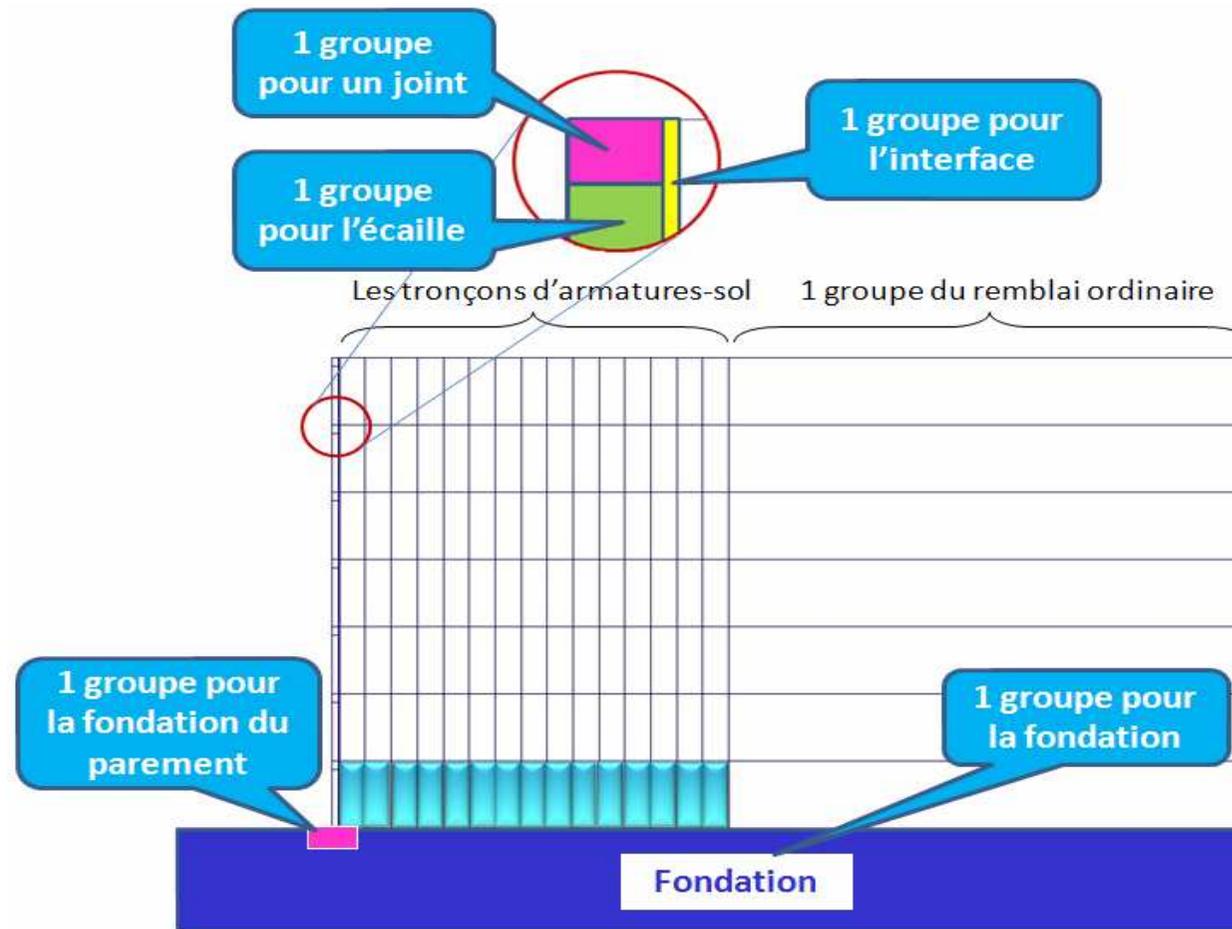
- **Comment prendre en compte l'évolution des caractéristiques avec le temps ?**

# Exemple

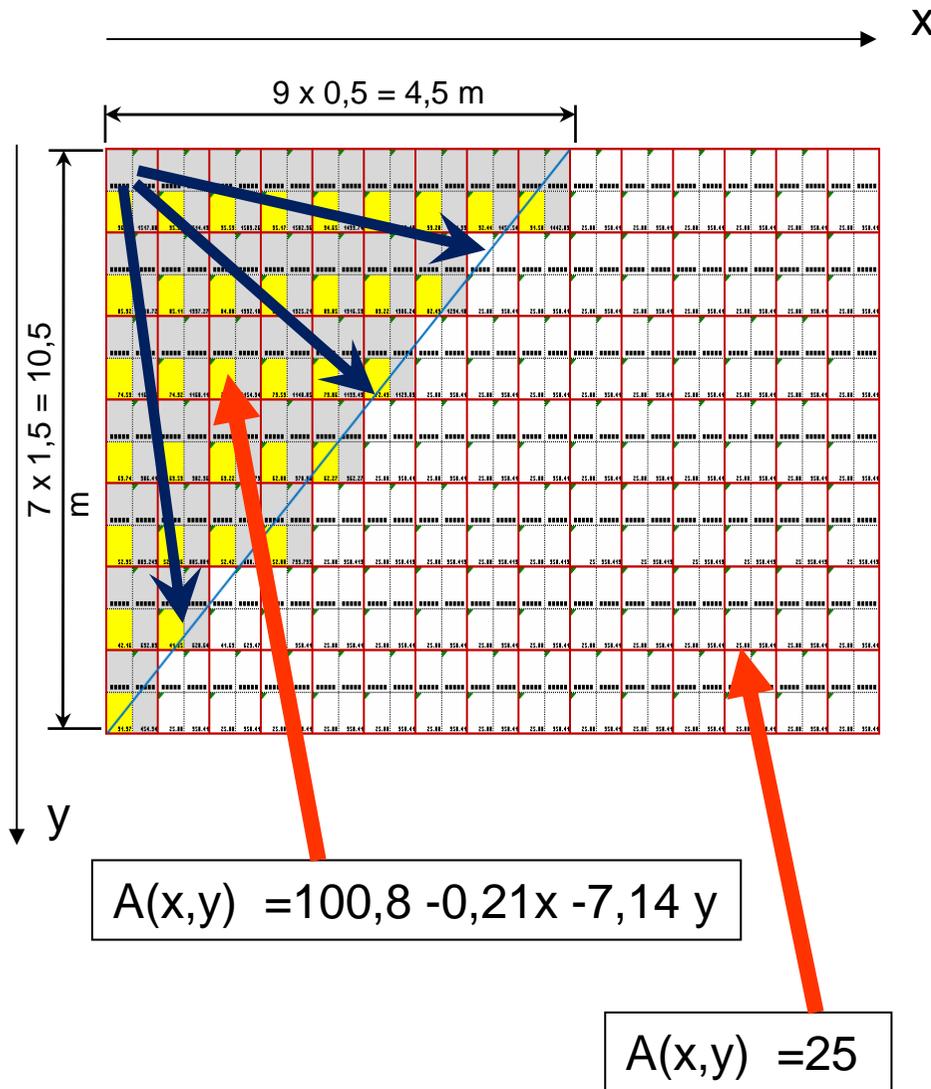


- Hauteur : 10,5 m
- Longueur des armatures : 7,5 m
- 10m de largeur de remblai ordinaire (derrière le massif renforcé)

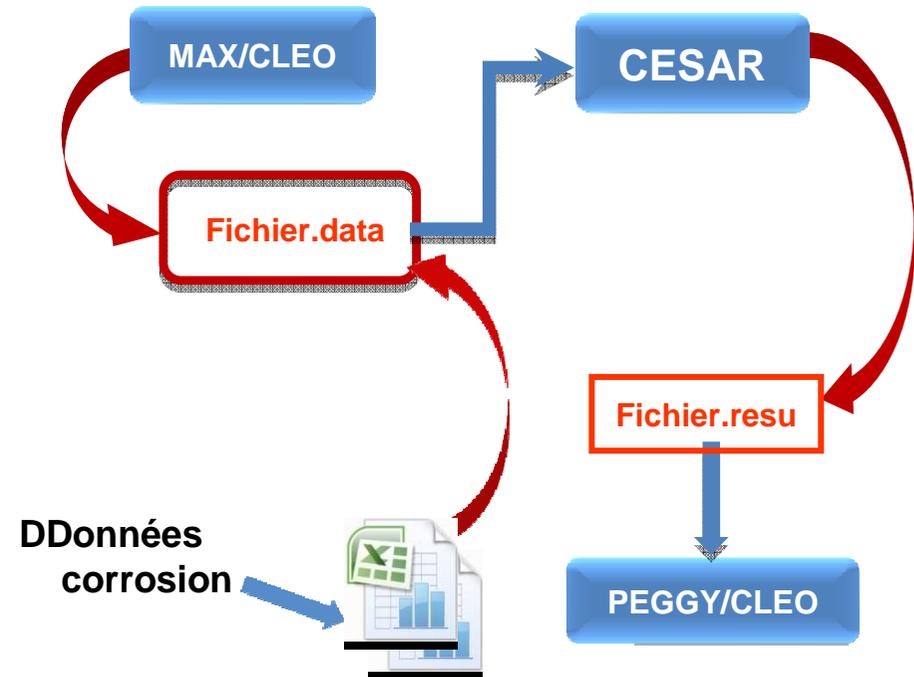
# Exemple



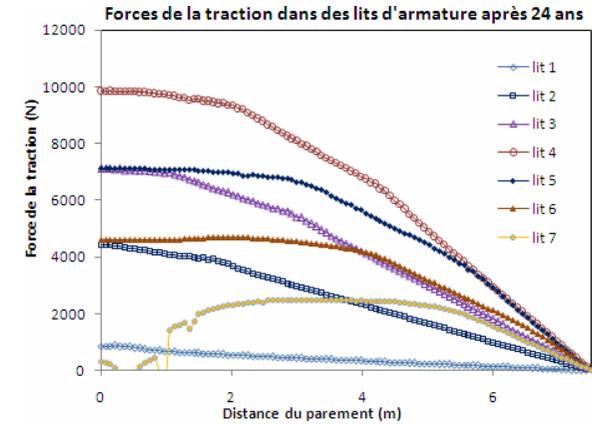
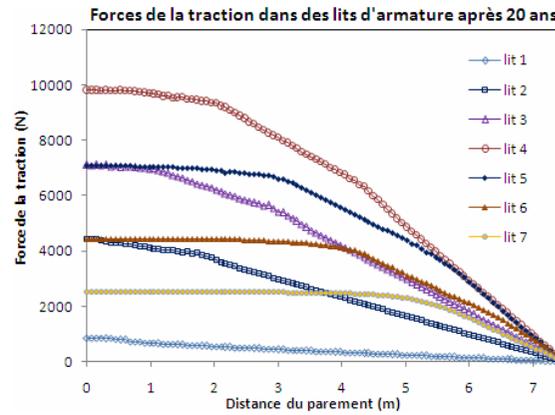
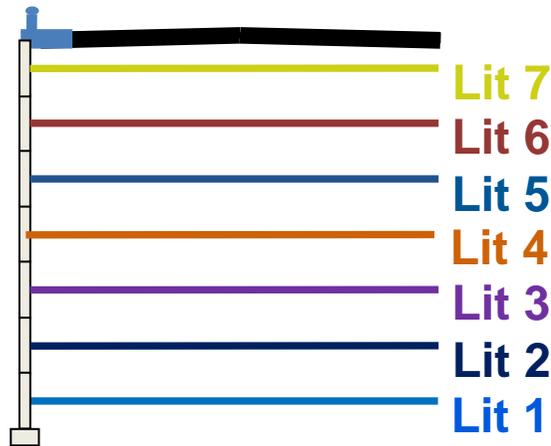
## Principe du calcul



gGéométrie

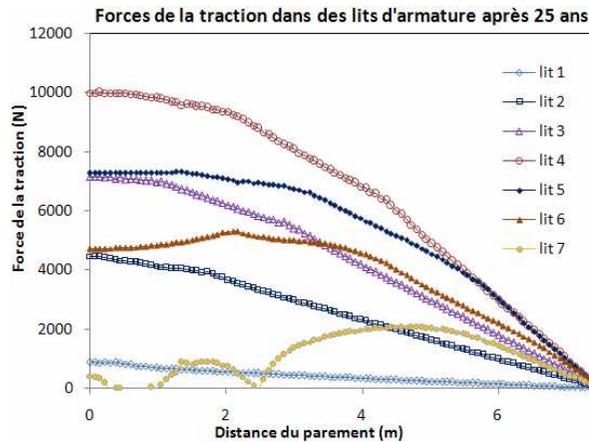


# Résultats : tractions dans les armatures

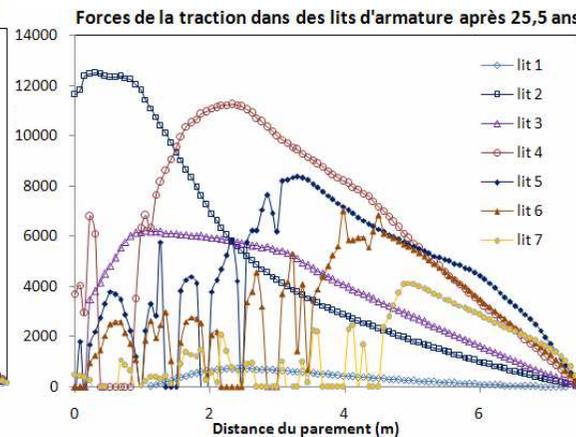


20 ans

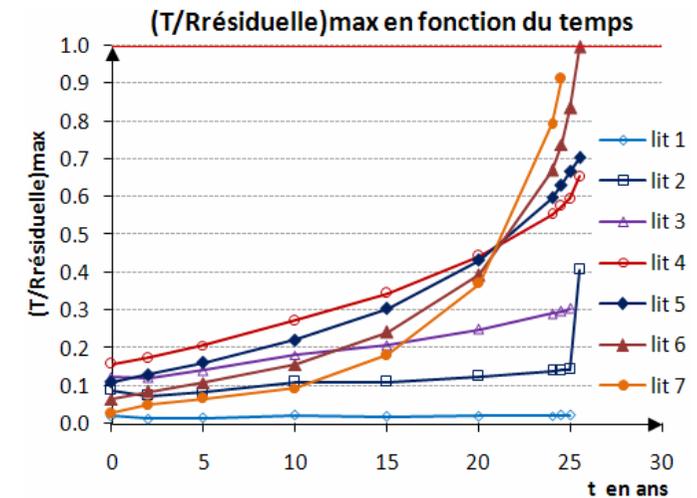
24 ans



25 ans



25,5 ans



# Suite des travaux

- Etudier la sensibilité aux différents paramètres de la modélisation
- Optimiser qualité de la modélisation et efficacité numérique
- Modéliser l'avant rupture pour proposer des mesures de suivi d'ouvrages anciens