

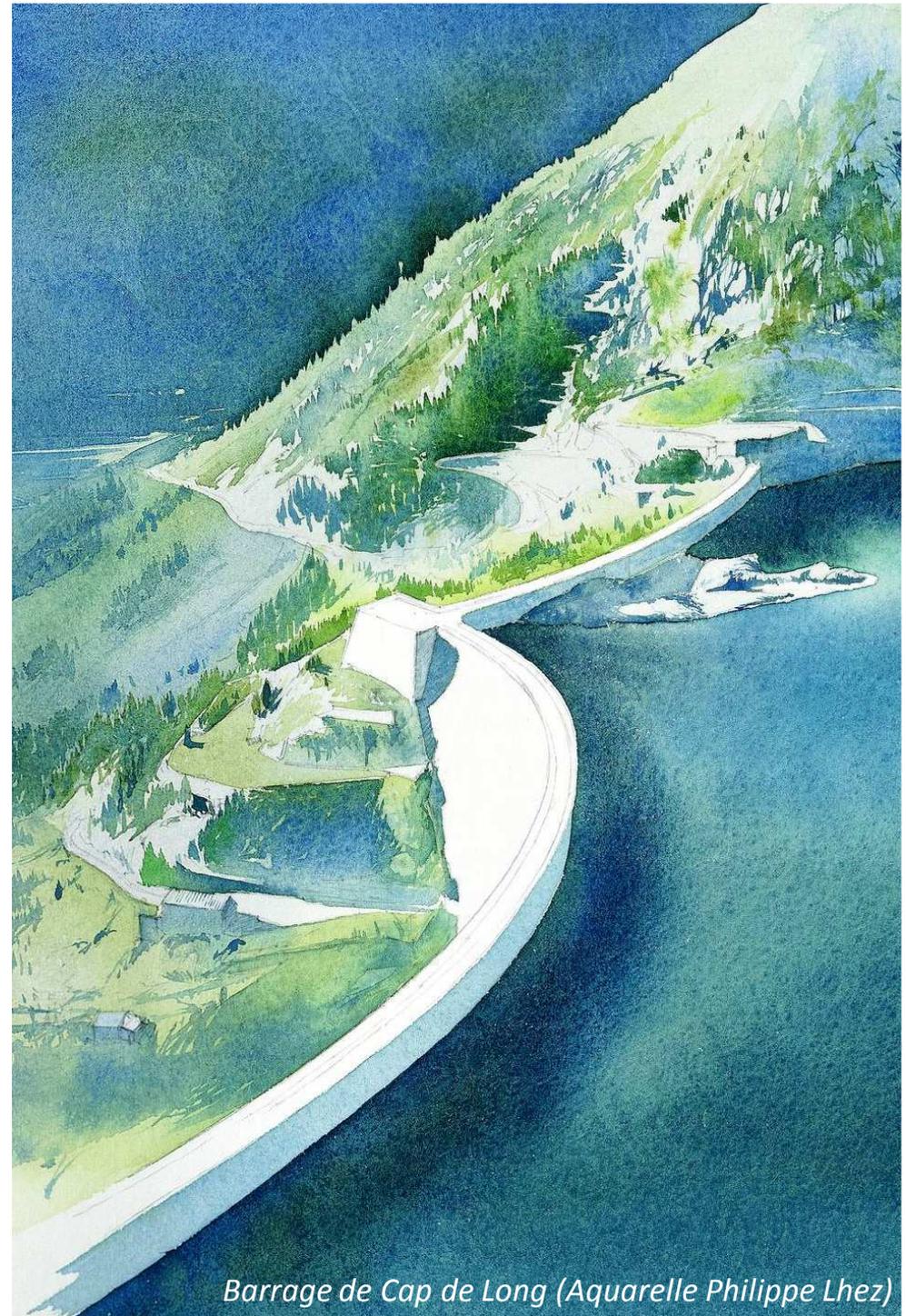


Thème : Critères de conception et de justification des fondations

## Développement d'une base de données sur la résistance à la traction de l'interface béton-rocher

Madly LEROUX – EDF TEGG  
Grégory COUBARD – EDF CIH  
Guilhem DEVEZE – EDF TEGG

Colloque CFBR – Fondations des Barrages  
8 et 9 avril 2015 – Chambéry



Barrage de Cap de Long (Aquarelle Philippe Lhez)

# SOMMAIRE

## 1. Cadre de l'étude

Contact béton/rocher ?

Résistance à la traction du contact béton rocher ?

## 2. Programme d'essai

Combinaisons testées

Déroulement des essais

## 3. Résultats des essais

Faciès granite

Faciès Gneiss

Faciès Calcaire

## 4. Conclusion et perspective

# Cadre de l'étude

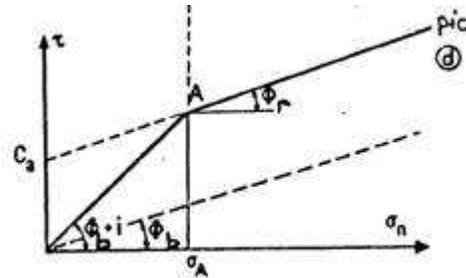
- **Nouvelles recommandations CFBR pour la justifications de la stabilité des barrages poids béton sur fondation rocheuse**
- **Difficultés de déterminer les résistances pour les barrages anciens mal documentés, en particuliers celles associées au « contact »**
- **ELU considérés :**
  - Etat limite de résistance à l'effort tranchant
  - Etat limite d'extension des fissures
- **Pratiques actuelles :**
  - Prélèvements par sondages (+ imagerie de paroi géoréférencée)
  - Essais en laboratoire (Rc, Rtb, cisaillement sur joint et contact)
- **Trois pistes pour réduire les incertitudes**
  - 1- améliorer la qualité des reconnaissances
  - 2- caractériser la géométrie de l'interface béton/rocher
  - 3- quantifier les résistances à la traction envisageables
  - + loi de comportement et effets d'échelle (thèse CiBePhy avec IFSTTAR)

# Contact béton-rocher ?

- Interface = contact + base du béton + sommet du massif rocheux



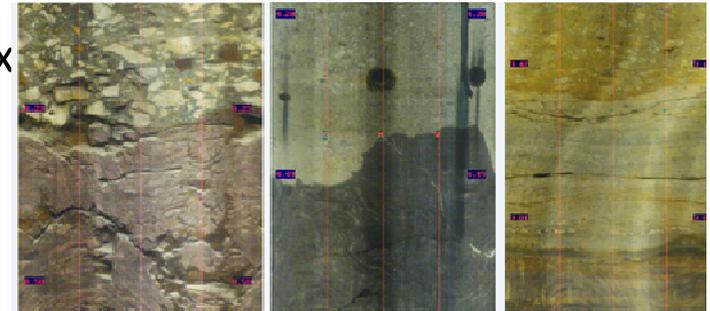
- Critères de rupture mal connus



- $f_{t\text{-interface},k} \leq \min\{f_{t\text{-fond},k}; f_{t\text{-béton}}\}$

# Résistance à la traction du contact

- **Très influent sur les deux états limite considérés**
  - Etat limite d'extension des fissures
  - Etat limite de résistance à l'effort tranchant
- **Détermination nécessitant :**
  - Analyse détaillée de la structure du massif rocheux
  - Analyse détaillée du béton
  - Analyse détaillée de l'état de propreté du contact
- **Pratiques usuelles :**
  - Imagerie de paroi géoréférencée
  - Carottages et essais en laboratoire peu usités (échantillons rares et précieux, orientés préférentiellement vers des essais de cisaillement depuis quelques années)
    - ⇒ très peu de valeurs en laboratoire dans la littérature
- **Valeur caractéristique  $f_{t\text{-interface}}$ ,  $k$  souvent considérée nulle en première approche**



⇒ **Méthodologie pour estimer  $f_{t\text{ fond}}$  ?  $f_{t\text{ béton}}$  ?**

# Objectifs du programme d'essais

- **Obtenir des ordres de grandeurs de valeurs de résistance à la traction directe, à petite échelle, pour plusieurs combinaisons de contact**
  - Nature de roche : granite, gneiss, calcaires, grès molassiques et marnes
  - Nature du béton : deux formulations
  - Etat de propreté : deux états



# Combinaisons testées

## ■ Type de roche

- Granite (carrière de Salagnac, 19)
- Gneiss (carrière de Baton, 38)
- Calcaire (carrière Gontero, 13)



## ■ Type de béton

- Deux formulations jugées représentatives, par approche performantielle

## ■ Etat de propreté

- Propre = nettoyé au Kärcher et réhumidifié avant coulage
- Sale = badigeon humide à base de poussières de sciage (35 % eau)



# Formulations bétons

	béton Dmax 20 mm	Microbéton
ft	≈ 3 MPa	≈ 2,5 MPa
fc	≈ 30 MPa	≈ 20 MPa
Porosité	≈ 17 %	≈ 20%
Dmax granulat	20 mm	10 mm
Type ciment	CEM I	CEM I
E/C	≈ 0,6	≈ 0,7

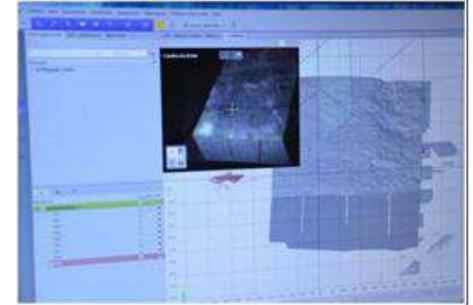


		béton Dmax 20 mm	microbéton
Propriétés état frais	<b>Slump T0 (mm)</b>	190	180
	<b>Slump T0+60' (mm)</b>	160	80
	<b>Air occlus (%)</b>	0,3	0,5
Propriétés état durci	<b>fc<sub>7j</sub> (MPa)</b>	23,0	16,8
	<b>fc<sub>28j</sub> (MPa)</b>	29,4	23,4
	<b>ft<sub>28j</sub> (MPa)</b>	3,10	2,65
	<b>Mv<sub>28j</sub> (kg/m<sup>3</sup>)</b>	2340	2300
	<b>Porosité (%)</b>	18,5	20,2



- Approche performantielle, basée sur une base de données d'essais labo,
- Exigences de mise en œuvre,
- Ciments modernes très (trop) performants,
- E/C élevé.

# Préparation des blocs d'essai



# Dispositif de traction directe



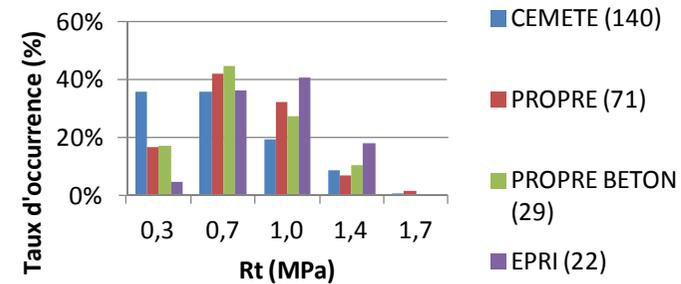
Carottage 148 / 24 mm, 5 mm au-delà du contact



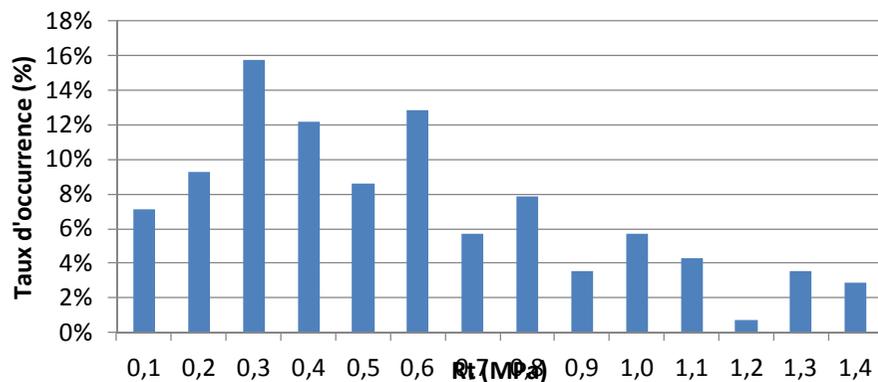
# Résultats

- Sur l'ensemble de la population (140 essais exploitables)
- 90 % des essais sont > 0,15 MPa
- 50 % des essais sont > 0,45 MPa

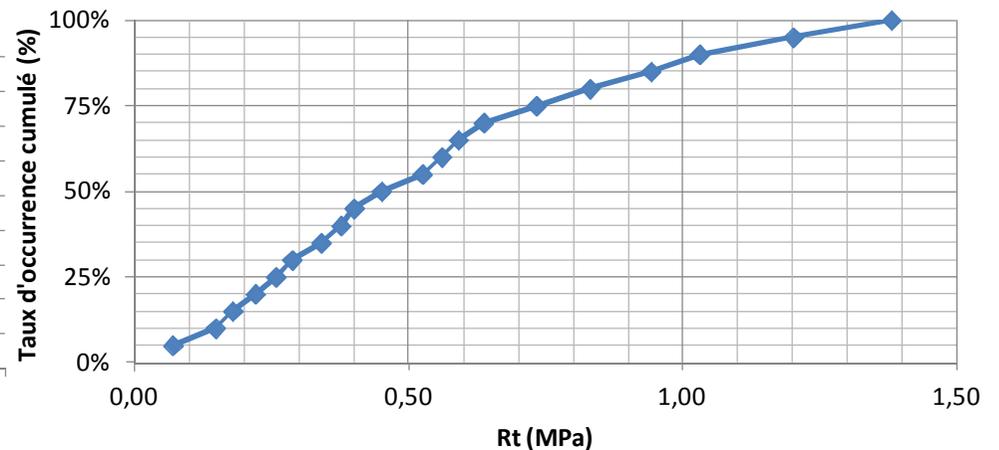
Tous faciès



Tous faciès



Tous faciès

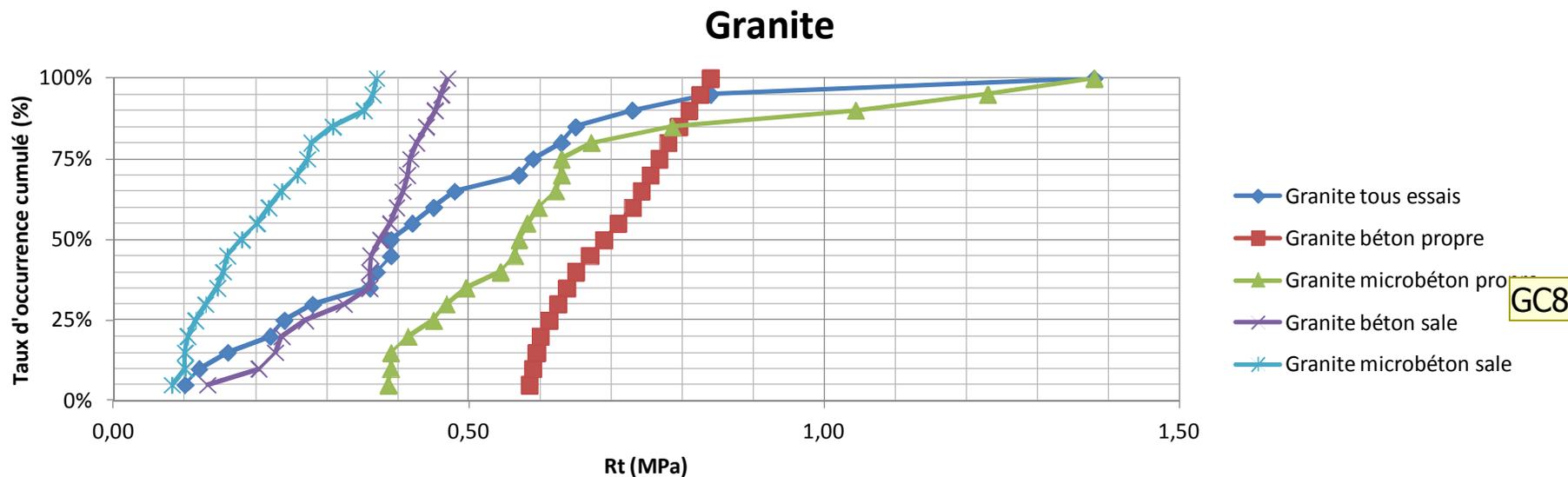


# Résultats granite

- 41 valeurs exploitables
  - 19 sur contact propre / 22 sur contact sale
  - 16 pour Béton D20 max / 25 sur microbéton

■ Médiane toutes valeurs : 0,39 Mpa

granite	1er quartile (Mpa)	médiane (Mpa)	3ème quartile (Mpa)
propre	0.52	0.60	0.72
sale	0.15	0.26	0.37
béton	0.36	0.44	0.61
microbéton	0.20	0.38	0.57



## Diapositive 12

---

**GC8**

J'ai modifié avec mes valeurs (peu d'écarts)

G. Coubard; 31/03/2015

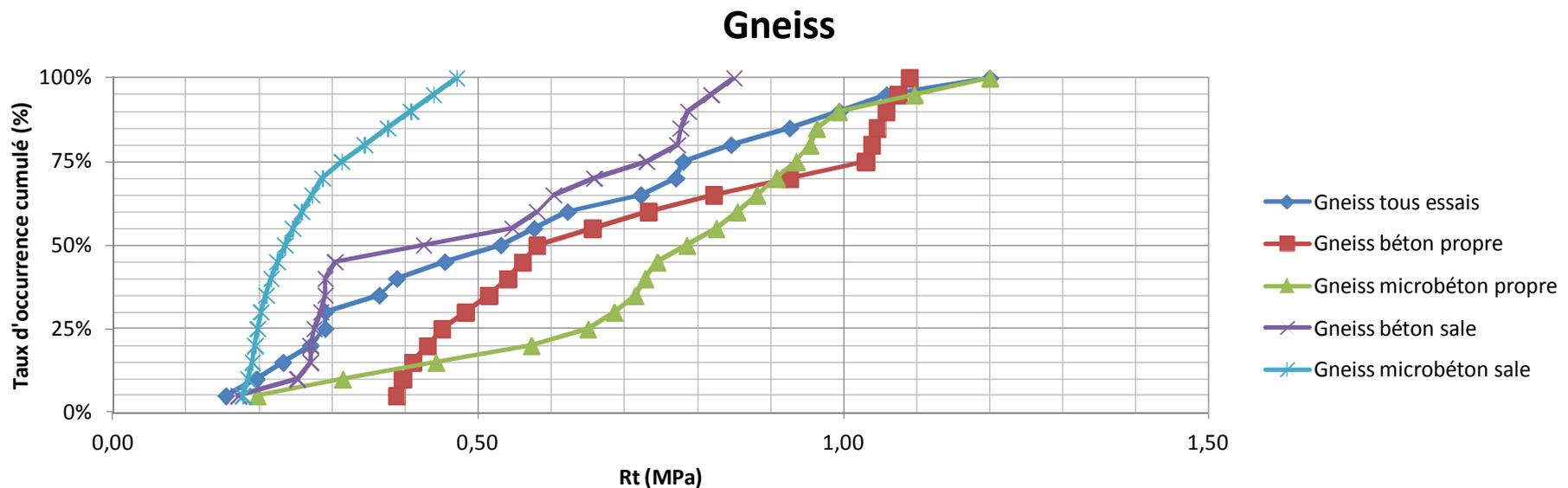
# Résultats gneiss

- **37 valeurs exploitables**

- 19 sur contact propre / 18 sur contact sale
- 19 pour Béton D20 max / 18 sur microbéton

- **Médiane toutes valeurs : 0,53 MPa**

gneiss	1er quartile (Mpa)	médiane (Mpa)	3ème quartile (Mpa)
propre	0.49	0.74	0.96
sale	0.23	0.29	0.54
béton	0.34	0.56	0.78
microbéton	0.23	0.43	0.81



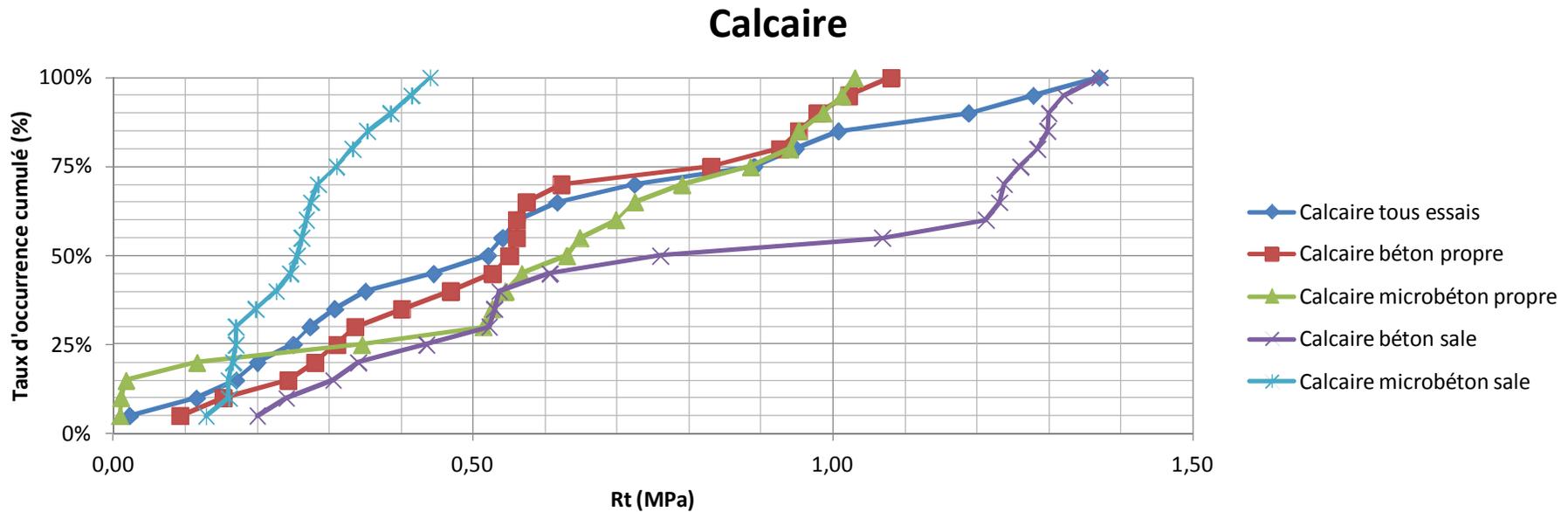
# Résultats calcaire

- **62 valeurs**

- 33 sur contact propre / 29 sur contact sale
- 29 pour Béton D20 max / 33 sur microbéton

- **Médiane toutes valeurs : 0,52 MPa**

calcaire	1er quartile (Mpa)	médiane (Mpa)	3ème quartile (Mpa)
propre	0.30	0,56	0,91
sale	0.22	0.35	0.76
béton	0.34	0.56	1.08
microbéton	0.17	0.35	0.65

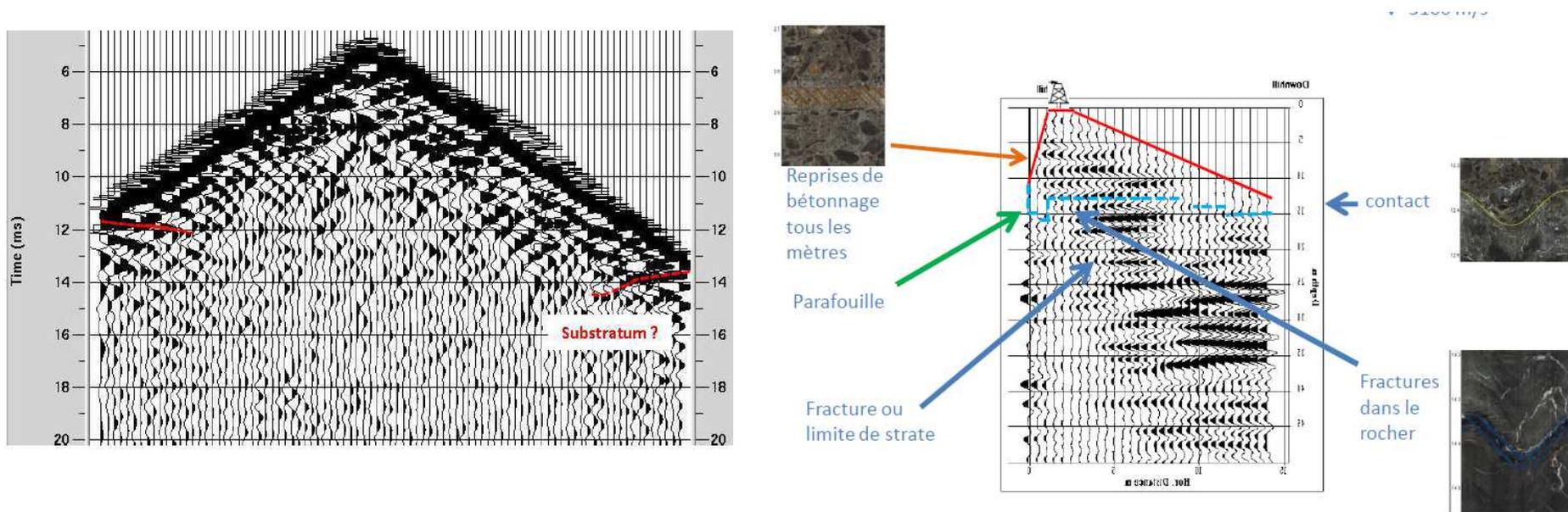


# Conclusion

- **Essais en laboratoire montrant :**
  - Des résistances à la traction directe du contact non négligeables à petite échelle
  - Des effets notables de la pétrographie (adhérence sur granite plus faible ?)
  - Des effets notables du type de béton (rôle du C/E ?)
- **A venir : déclinaison d'une méthodologie pour définir ft-interface,k :**
  - Garantir que ftk-fond non nul (analyse géologique et structurale de la fondation)
  - Quantifier ftk-fond (massif rocheux homogénéisable ? Contrôlé structurellement ?...)
  - Quantifier l'état de propreté du contact (imagerie de paroi en forage)
- **Nature, quantité et surtout QUALITE de reconnaissances (sondages, imagerie, essais labo)**

# Perspectives

- **Autres actions en cours sur la résistance au cisaillement :**
  - Imager la géométrie du contact (méthodes géophysiques : expérimentations sur site, PSV, réflexion, ...)



Barrage du Lac Bleu – tomographie sismique entre parements retraitée en Réflexion (source : EOSYS) PSV (source IFP School)

- Projet Cibephy visant à quantifier l'effet d'échelle ? (IFSTAR / CEREMA)

# MERCI