

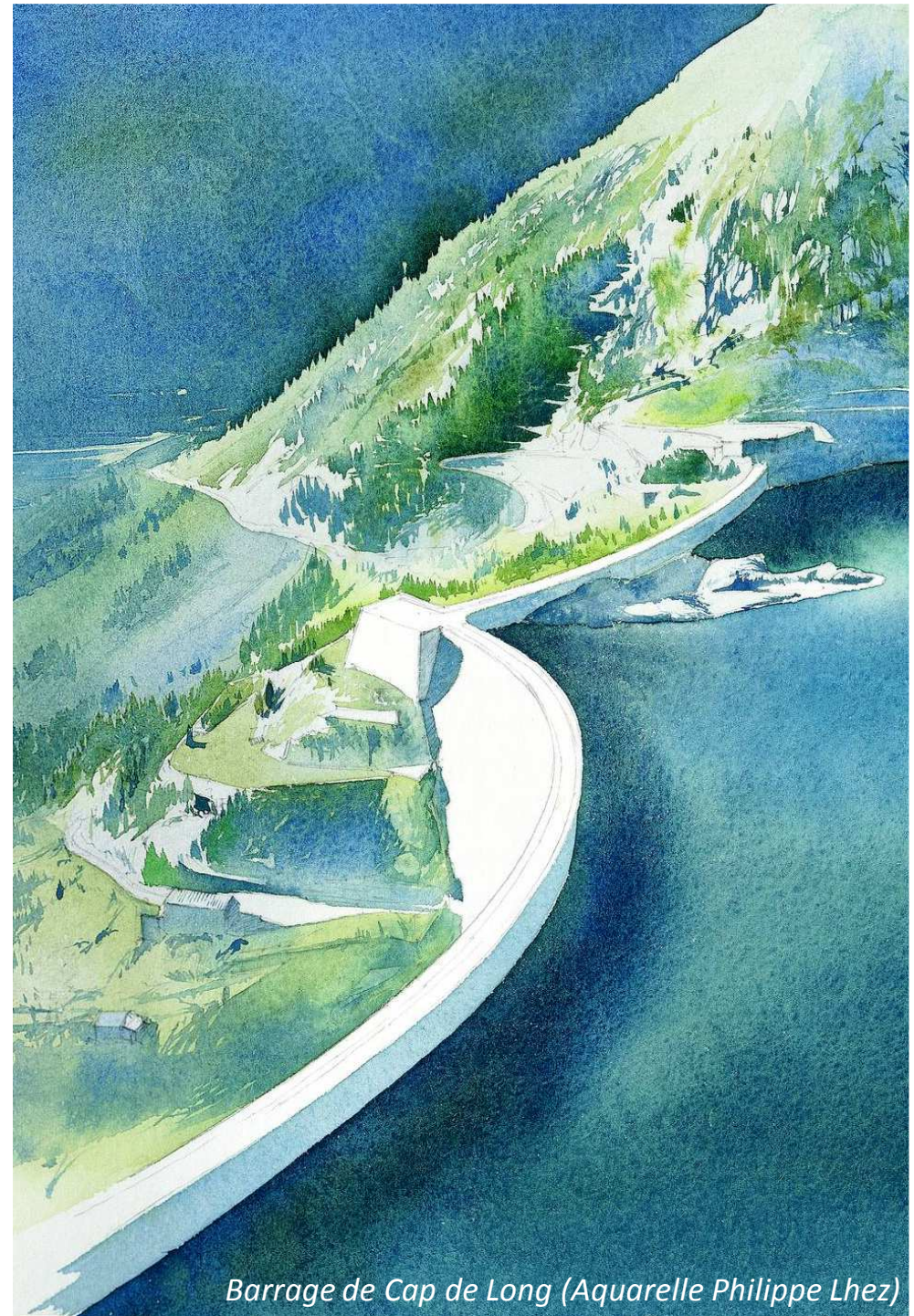


Thème : Critères de conception et de justification des fondations

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

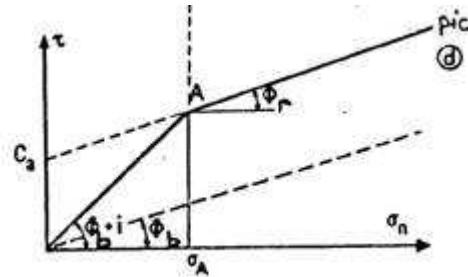
- **Nouvelles recommandations CFBR pour la justifications de la stabilité des barrages poids béton sur fondation rocheuse**
- **Difficultés de déterminer les résistances pour les barrages anciens mal documentés, en particuliers celles associées au « contact »**
- **ELU considérés :**
 - Etat limite de 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



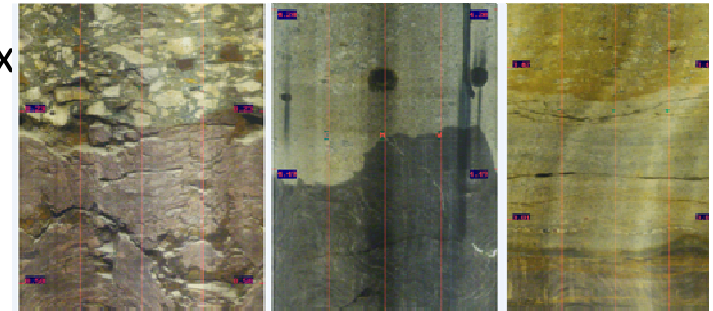
- Critères de rupture mal connus



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

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

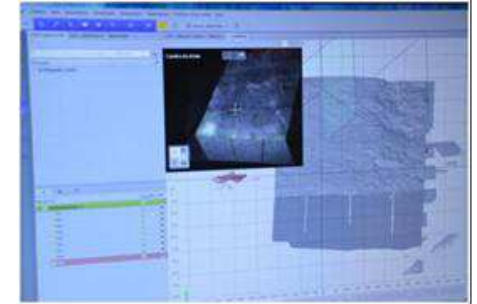


		béton Dmax 20 mm	microbéton
Propriétés état frais	Slump T0 (mm)	190	180
	Slump T0+60' (mm)	160	80
	Air occlus (%)	0,3	0,5
Propriétés état durci	fc_{7j} (MPa)	23,0	16,8
	fc_{28j} (MPa)	29,4	23,4
	ft_{28j} (MPa)	3,10	2,65
	Mv_{28j} (kg/m³)	2340	2300
	Porosité (%)	18,5	20,2



- 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



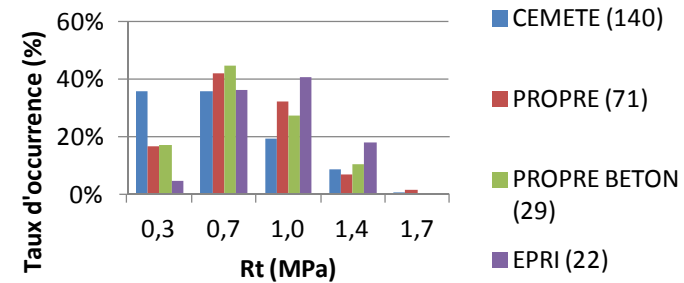
Carottage 148 / 24 mm, 5 mm au-delà du contact



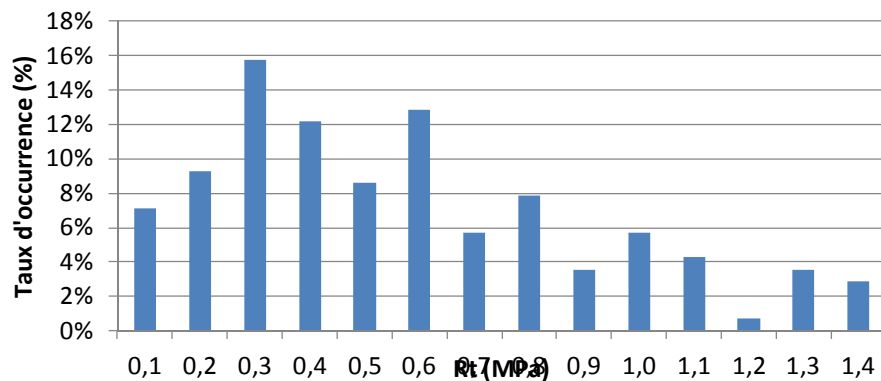
Résultats

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

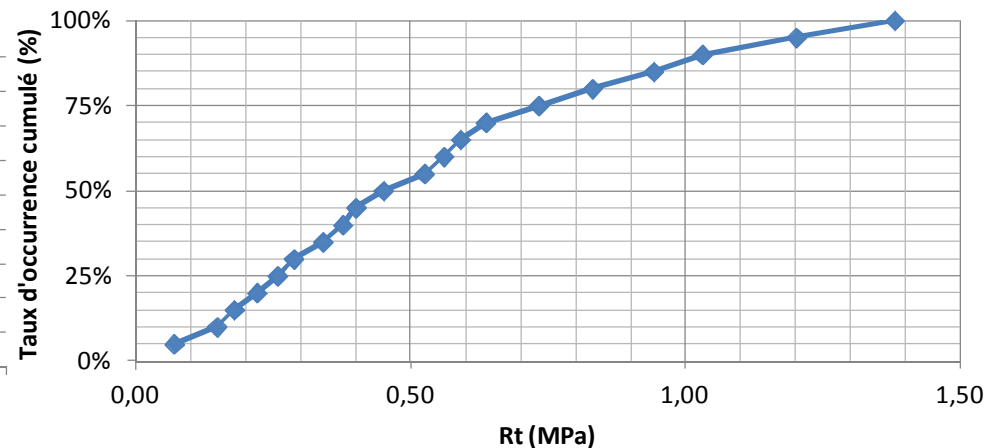
Tous faciès



Tous faciès



Tous faciès

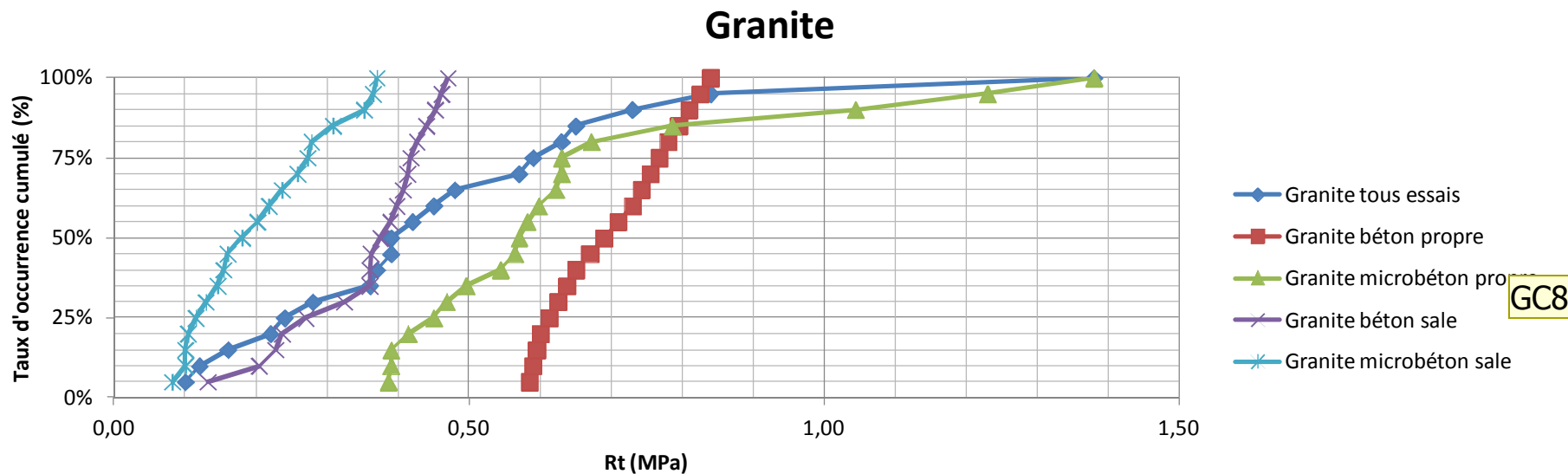


Résultats granite

- 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

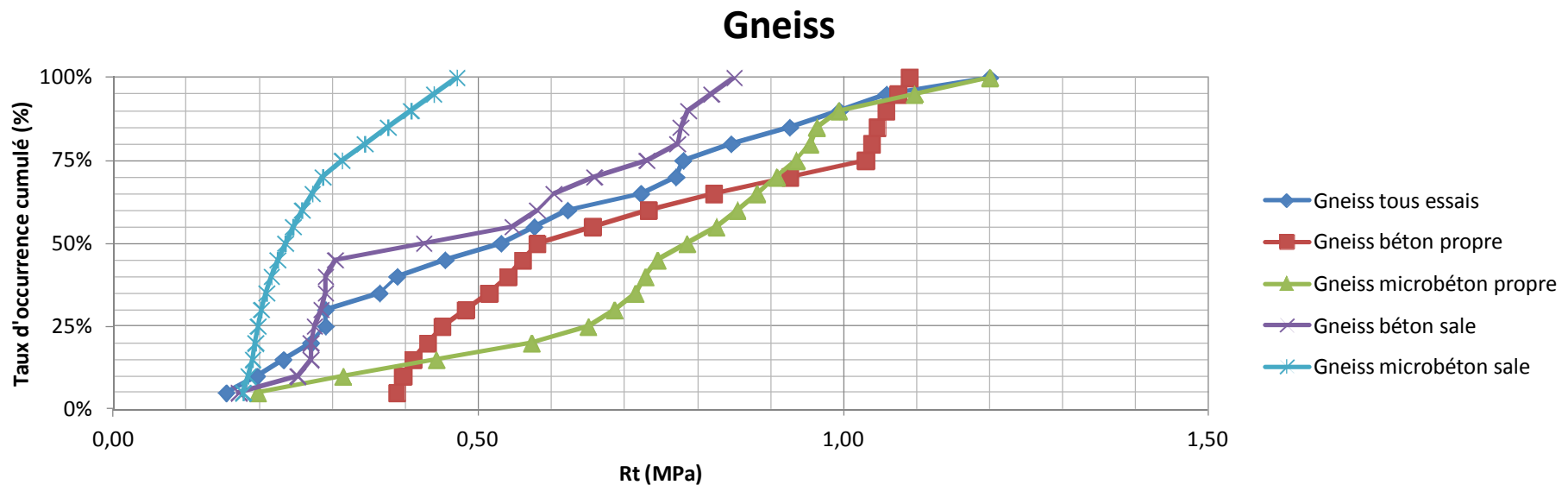
Résultats gneiss

- **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



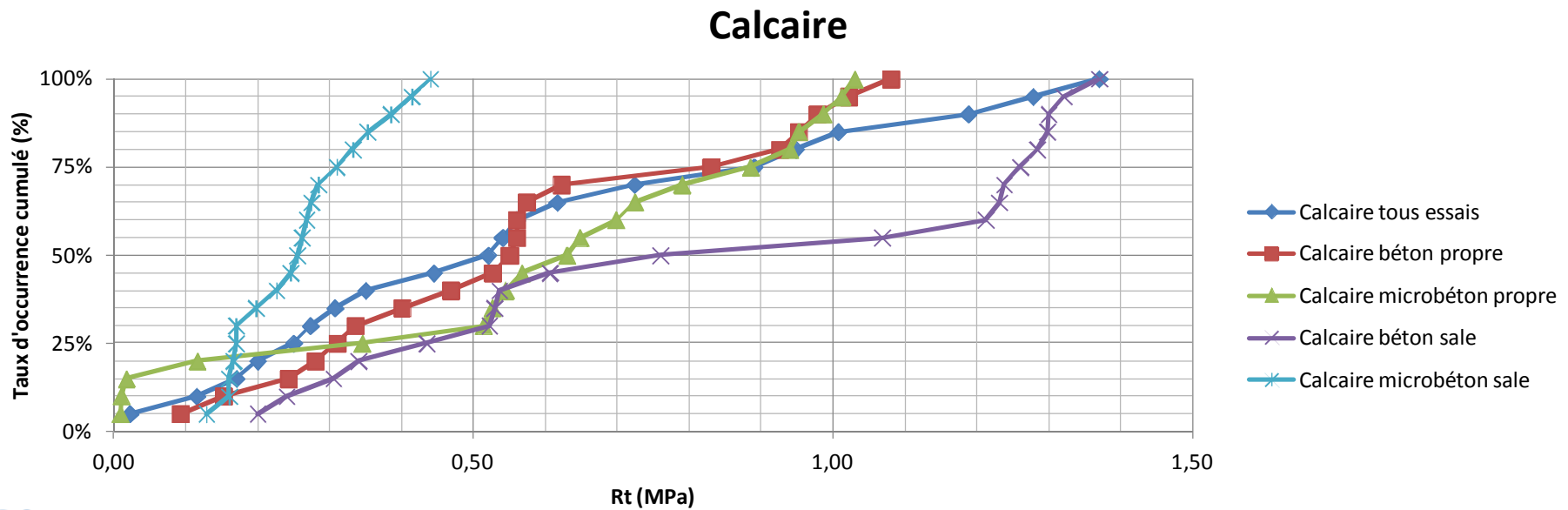
Résultats calcaire

- 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

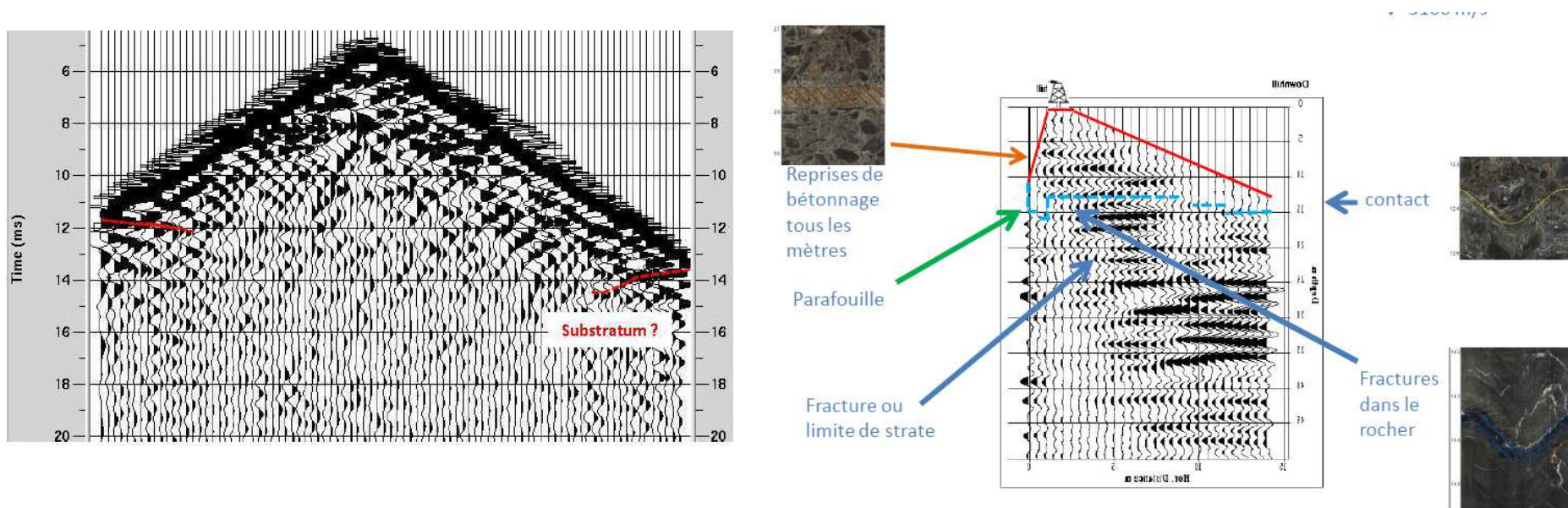


Conclusion

- **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