

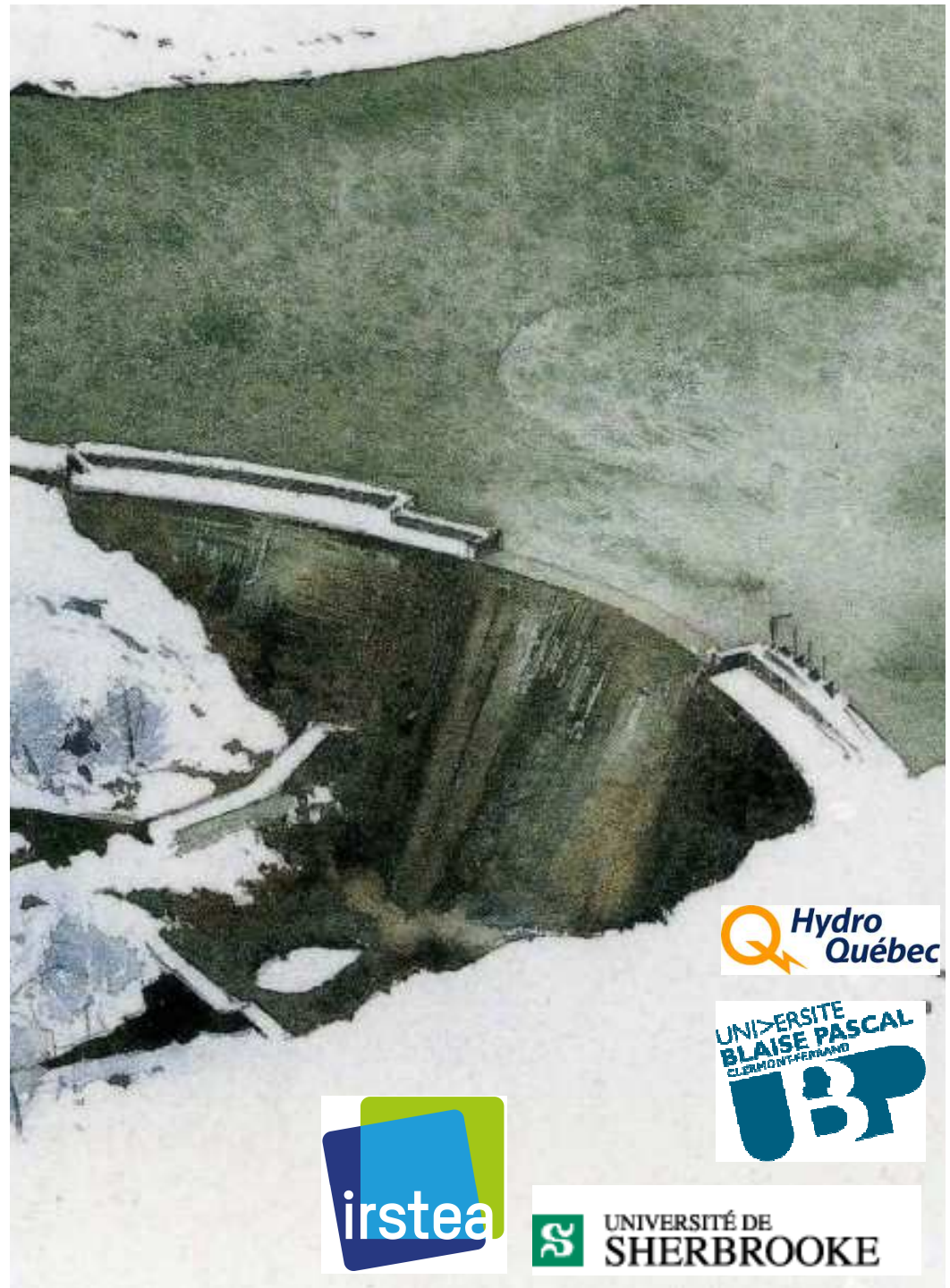


Thème B : Critères de conception et de justification des fondations

Étude expérimentale de la résistance au cisaillement des discontinuités rocheuses des fondations : application aux barrages-poids

Djibril Sow, Patrice Rivard, Laurent Peyras, Pierre Breul, Zabih Moradian, Claude Bacconnet, Marco Quirion, **Gérard Ballivy**

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



Plan de la présentation

Problématique

- Risque de rupture des barrages-poids
- 75% des cas par la fondation rocheuse, principalement par glissement
- Évolution des réglementations de la sécurité, France et Québec

Méthodologie expérimentale Barrage La Tuque

- Utilisation du modèle de rupture de Barton et Choubey
- Essais de cisaillement direct sur des joints rocheux
- Caractérisation géomécanique du roc de fondation

Résultats des essais

- Validation des méthodologies et analyse statistique

Étude expérimentale : Barrage La Tuque, Québec



Site du barrage (rivière Saint-Maurice)

cisaillement des joints | 04/2015



Critère de Barton et Choubey

$$\tau_p = \sigma_n \times \tan \left\{ \phi_r + JRC \times \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right\}$$

Cas de surfaces saines

$$\phi_r = \phi_b$$

Cas de surfaces altérées

$$\phi_r = (\phi_b - 20) + 20(r/R)$$

τ_p : Résistance au cisaillement pic

σ_n : Contrainte normale

ϕ_r : Angle de frottement résiduel

ϕ_b : Angle de frottement basique

JRC: Joint Roughness Coefficient

JCS: Joint Compressive Strength

r: Rebond au marteau Schmidt (surface altérée)

R: Rebond au marteau Schmidt (surface fraîche)

Méthodologie utilisée pour évaluer le critère de Barton et Choubey

$$\tau_p = \sigma_n \times \tan \left\{ \phi_r + JRC \times \log \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) \right\}$$

JRC: *Joint Roughness Coefficient*

- Abaques de Barton
- Profilométrie laser

ϕ_b : Angle de frottement basique

- Tilt test sur carottes de forage ou essai de cisaillement sur surface lisse

ϕ_r : Angle de frottement résiduel

- Angle de frottement basique et marteau Schmidt

JCS: *Joint Compressive Strength*

- Essai de compression uniaxiale ou marteau Schmidt

Profilomètre laser

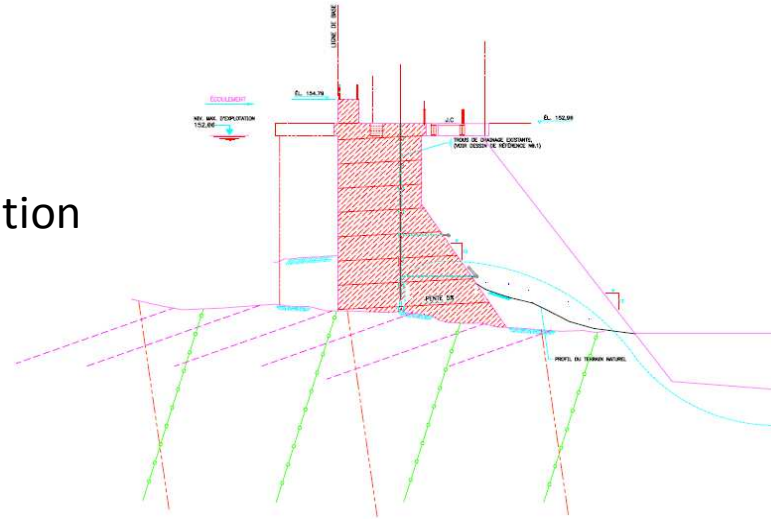


Marteau Schmidt



Caractéristiques de la fondation du barrage La Tuque

- Gneiss : Bouclier canadien
- 3 familles de joints + 1 foliation
- 2 forages verticaux



Essais géomécaniques :

	C_0 (MPa)	T_0 (MPa)	E (GPa)	ν	γ (kg/m ³)
Moy.	187	13	65	0,28	2,71
Coeff. Var. (%)	5	15	3	4	3
Nombre (n)	(4)	(10)	(4)	(3)	(8)

Diamètre des carottes de forage : 83 mm

Programme d'essais de cisaillement :

- 35 essais (7 sur surface fraîche, 28 sur surface altérée)
- 5 niveaux de contrainte normale (0,15 – 2 MPa)
- 2 Bâtis de cisaillement



Bâti de cisaillement à l'intérieur du cadre d'une presse MTS

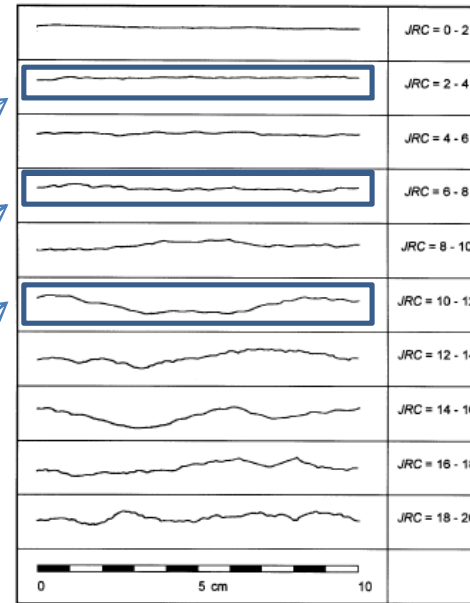


Appareil de cisaillement portatif (Laboratoire et chantier)

Résultats : Paramètres du modèle de Barton-Choubey

JRC (*Joint Roughness Coefficient*)
 Numérisation par profilomètre :

Type de surface	(n)	Moy.
Joints à faible rugosité (surface plane)	(10)	4 c.v. 29
Joints rugueux surface peu ondulée)	(12)	8 c.v. 18
Joints rugueux (surface ondulée)	(13)	11 c.v. 12



Abaque B.C.

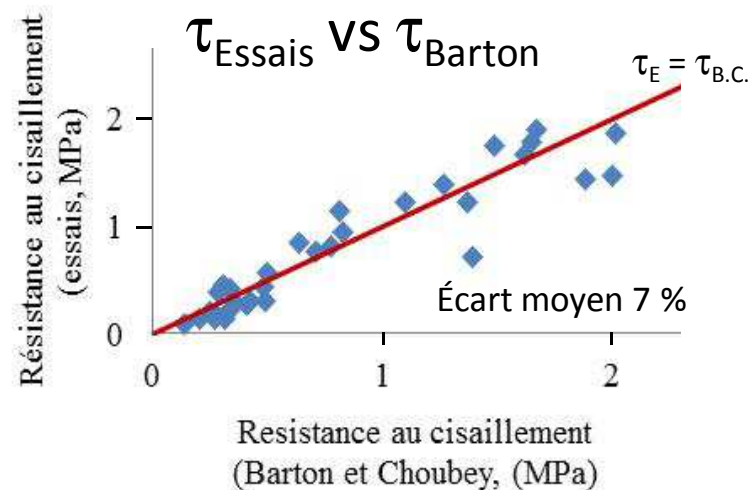
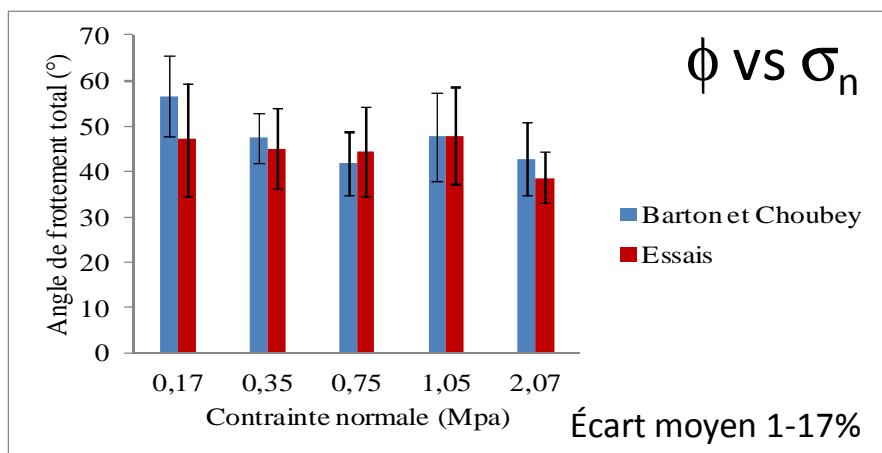
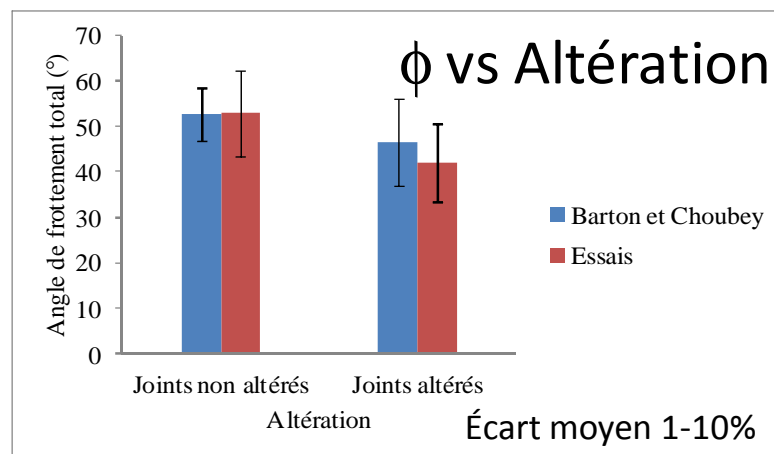
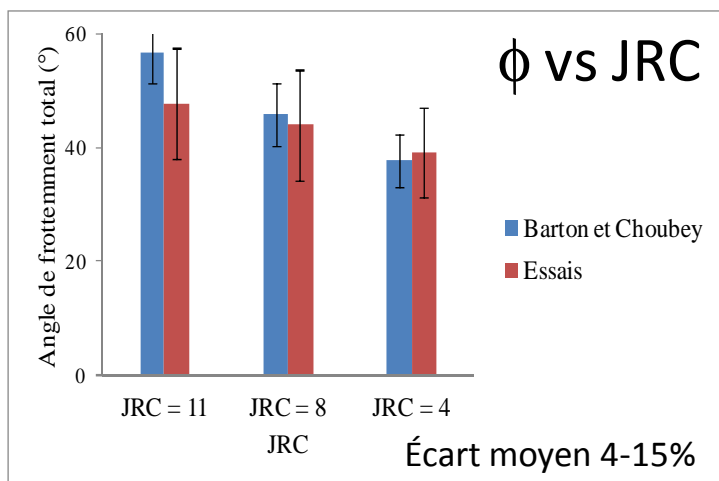
JCS (*Joint Compressive Strength*)
 Essais : marteau Schmidt

Type de surface	(n)	Moy. (MPa)
Joints non altérés	(15)	205 (174-216) c.v. 6 %
Joints altérés	10	107 (43-180) c.v. 37 %

ϕ_r : Angle de frottement résiduel
 Essais : marteau Schmidt, tilt test

Angle frottement	(n)	Moy. (°)
Φ_b (tilt test)	(19)	33 (28-35) c.v. 6 %
Φ_r	(10)	28 (22-31) c.v. 12 %

Analyse comparative entre les essais de cisaillement et le modèle de Barton et Choubey



Conclusion de l'étude expérimentale

- La méthodologie expérimentale appliquée au barrage La Tuque basée sur le modèle de Barton et Choubey procure une estimation satisfaisante de la résistance au cisaillement des joints avec un écart moyen de 7%.
- Le modèle de Barton permet d'évaluer la résistance de joints altérés difficiles d'échantillonnage et d'essais de cisaillement.
- Les paramètres du modèle de Barton et Choubey se prêtent bien à une analyse statistique permettant une quantification de l'incertitude dans les études de stabilité

Projet en cours à l'UdeS : Évaluation de l'effet d'échelle



Essai en laboratoire



Essai in situ

Merci de votre attention