



Thème : REX des incidents et des dysfonctionnements des barrages vannés

EXPLOITATION DES BARRAGES VANNES – RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LE CALCUL DE LA DÉBITANCE DES BARRAGES – ÉTUDES SUR MODÈLES PHYSIQUES ET MODÈLES NUMÉRIQUES

Magali De Cachard, Pierre Roumieu, Sébastien Roux,
Antoine Vollant, Nicolas Boisson, Yannick Baux

Colloque CFBR

Vantellerie, contrôle-commande, télécom et alimentations électriques
pour des barrages plus sûrs
2 et 3 décembre 2015 – Chambéry



SOMMAIRE

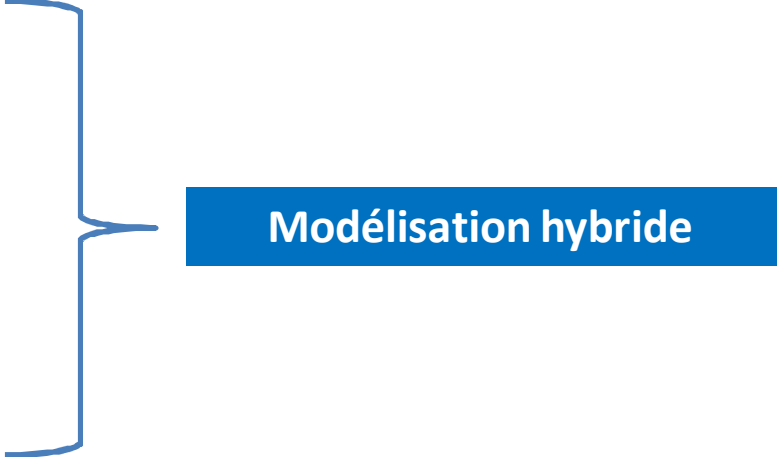
1. ENJEUX LIES A LA CONNAISSANCE DES DEBITS

2. MODELISATION PHYSIQUE

MODÈLE PHYSIQUE D'UNE PASSE DU BARRAGE
MODÈLE PHYSIQUE D'ENSEMBLE
ECOULEMENT MIXTE

3. MODELISATION NUMERIQUE

PRÉSENTATION DU MODÈLE
CALAGE DU MODÈLE
RÉSULTATS

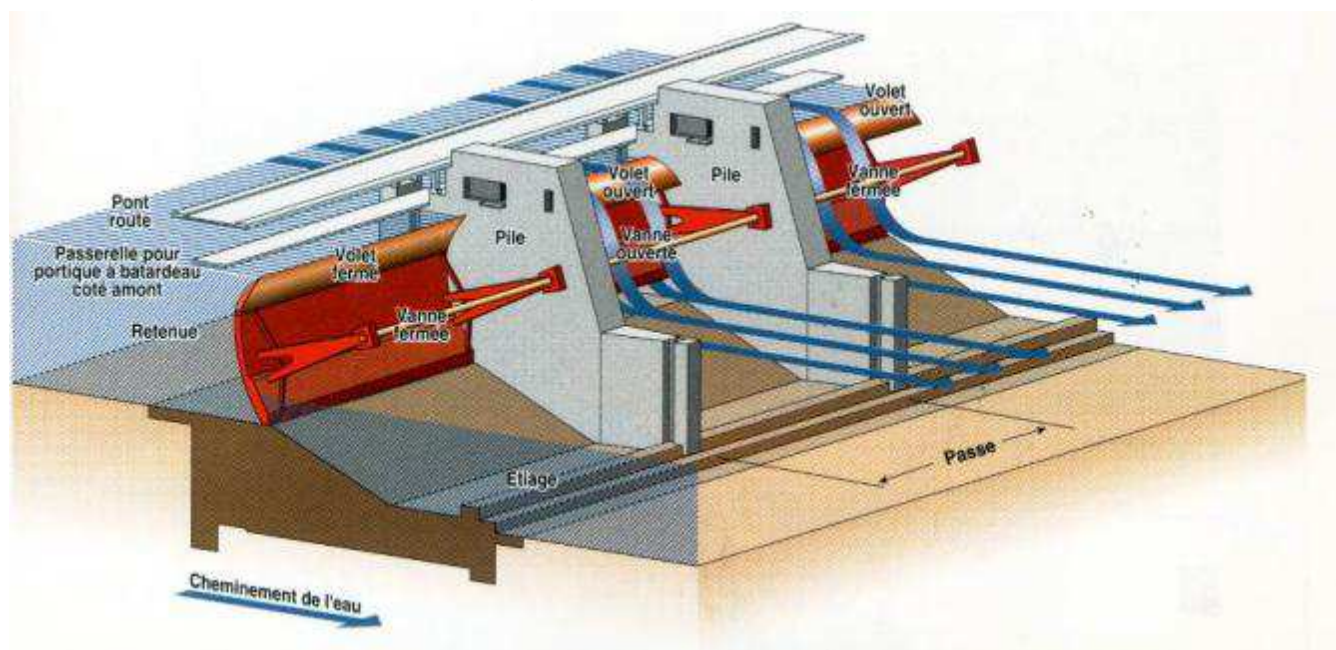


Modélisation hybride

4. CONCLUSIONS

ENJEUX LIÉS À LA CONNAISSANCE DES DÉBITS

- Enjeux pour la sûreté hydraulique
- Commande prédictive sur la chaîne d'aménagements (fil de l'eau)
- Régulation automatique des barrages du Rhône
 - Grâce au calculateur (équations de débitance)
 - Grâce à des mesures site (Niveau, Débit, Position des vannes et volets)



MODÈLE PHYSIQUE D'UNE PASSE DU BARRAGE

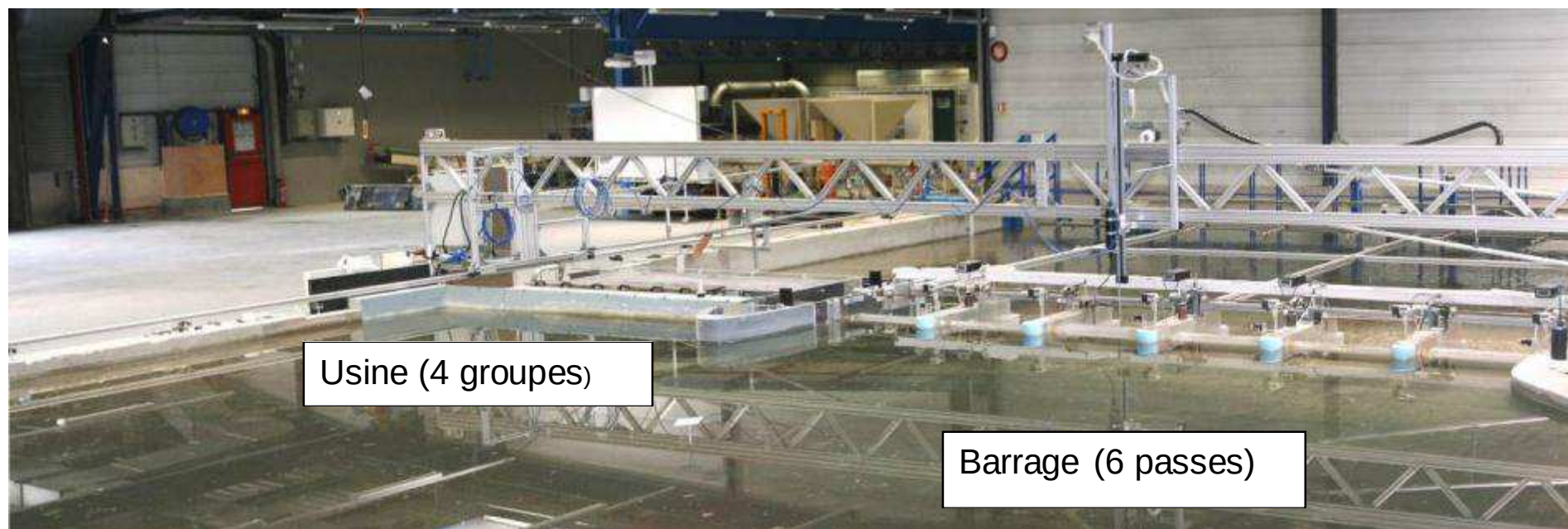
- **Un modèle au 1/35 réalisé pour chaque barrage**
 - 1 passe complète + 2 demi-passes fermées
 - Les essais ont été réalisés de manière à balayer l'ensemble des débits, des niveaux et des ouvertures de vanne et volet possibles.
- **Détermination d'équation de débitance propre à chaque barrage**
 - $Q_{\text{vanne}} = m * f(\text{niveau amont, niveau aval, ouverture})$



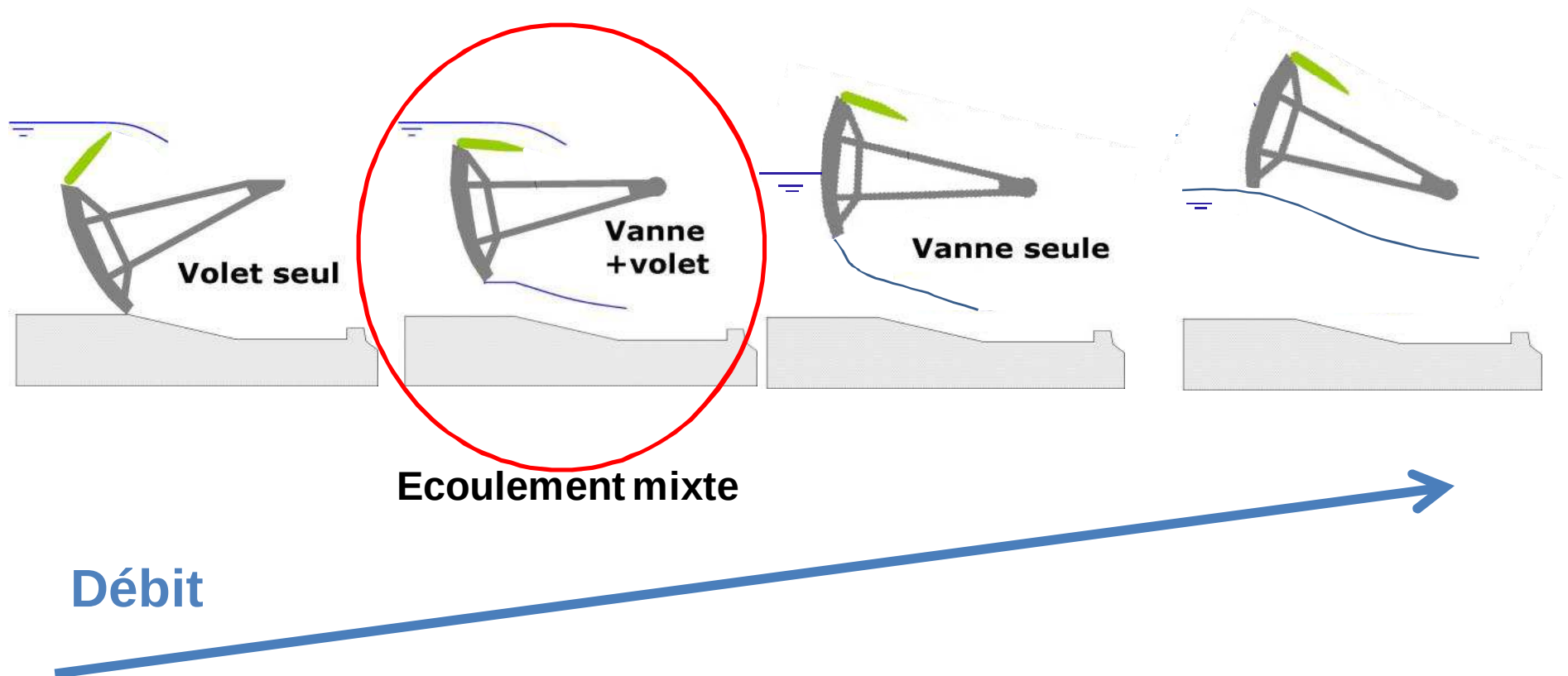
Coefficient de débitance fonction des niveaux amont et aval et de l'ouverture

MODÈLE PHYSIQUE D'ENSEMBLE

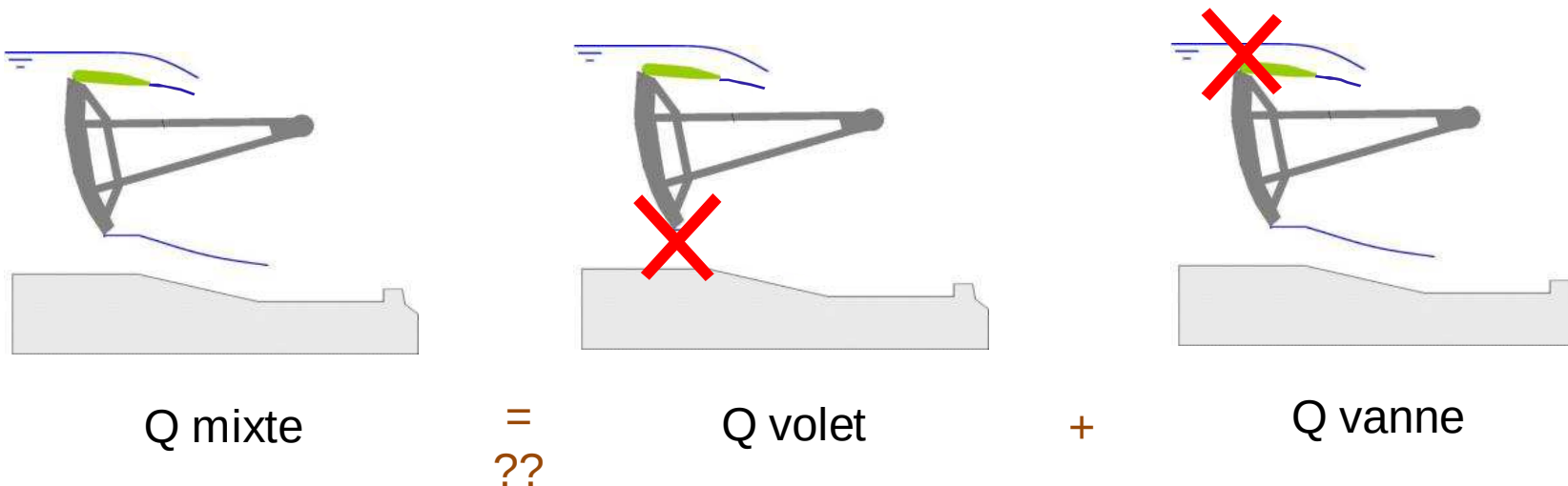
- **Modèle d'ensemble au 1/30^{ième}**
 - 4 groupes de l'usine
 - 6 passes du barrage (vannes et volets)



LES ÉCOULEMENTS AU BARRAGE



LES ÉCOULEMENTS MIXTES



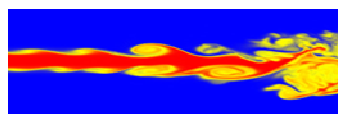
- Comparaison entre Q_{mixte} et $Q_{\text{vanne}} + Q_{\text{volet}}$
 - La bibliographie montre des écarts compris entre -10% et +30%
 - Utilisation du modèle physique et du modèle numérique à comparer pour le barrage de Vaugris

CONFIGURATION DU MODÈLE NUMÉRIQUE

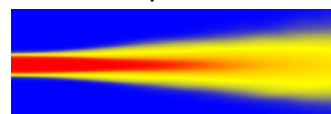
■ Résolution du champ de vitesse instationnaire moyen (URANS)

- Conservation de la masse et de la quantité de mouvement du champ moyen

Champ complet



Champ résolu



Coupe transversale de la concentration d'un traceur dans un jet

■ Méthode *Volume of Fluid* permet de modéliser la surface libre

- Résolution d'une équation sur l'indicateur de phase α

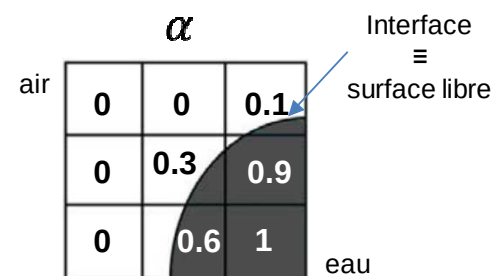
■ Géométrie

- Bathymétrie et génie civil des passes du barrage

■ Paramètres fixés par l'exploitation

- Hauteurs d'eau amont / aval
- Ouvertures des vannes et volets

■ Paramètres à fixer → calage avec des résultats sur modèle physique



CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

■ Réglage des paramètres en comparant avec les résultats du MP :

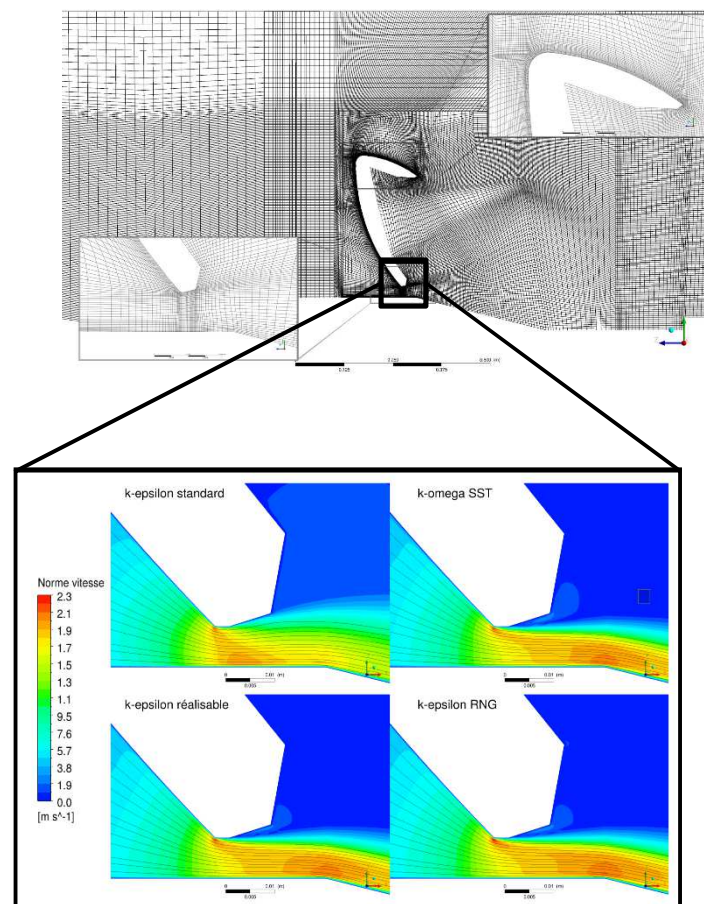
- Le débit à travers le barrage
- Les profils en long de la surface libre (SL)
- Le champ de vitesse moyen dans les plans

■ Maillage hexaédrique avec interfaces

- Raffinement (0,1 à 3cm)
 - ❖ Passage des vannes
 - ❖ Surface libre
- Grossier (50 à 100cm)
 - ❖ Domaine en air loin de la SL
 - ❖ Bassin d'eau loin des vannes

■ Modèle de turbulence

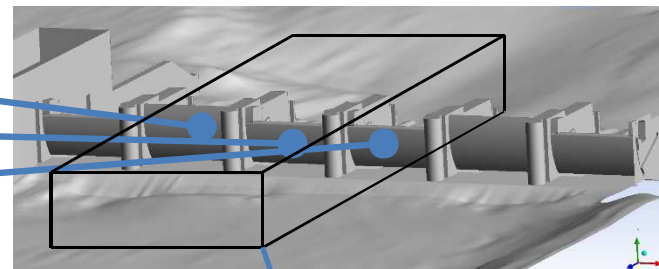
- Modélisation des fluctuations de la vitesse
- Zones déterminante de l'écoulement :
 - ❖ Passage de la vanne
 - ❖ Elargissement brusque → décollement



CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

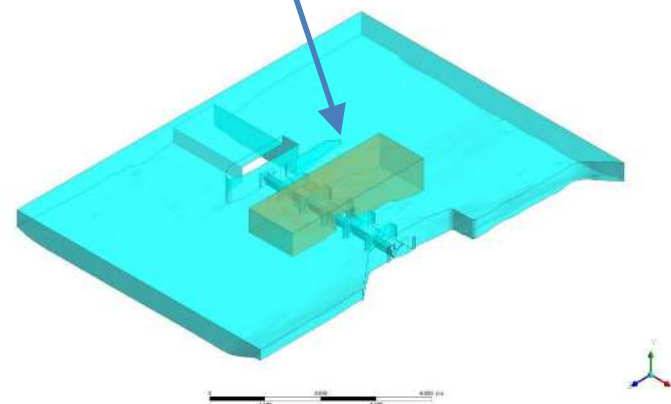
■ Réduction du domaine

- Demi-passe 2 sans volet
- Passe 3 avec volet
- Demi-passe 4 avec volet



■ Modélisation du phénomène de tension de surface

- Nombre de Weber limite atteint sur certains essais
- Influence de la tension de surface sur la partie inférieure du jet déversant depuis le volet



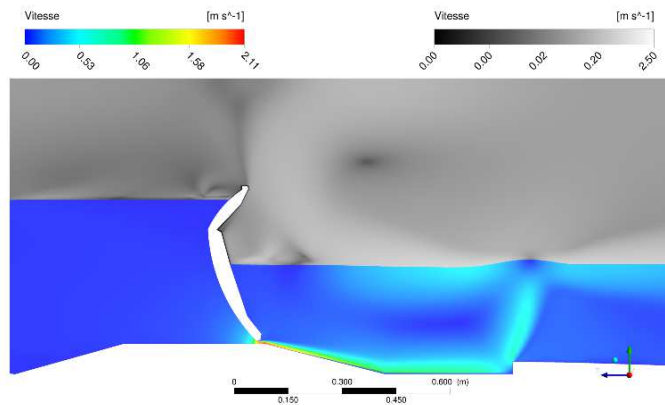
■ Modélisation des rugosités des bétons lisses

- De 0,15 à 2,15 mm
- Impact négligeable sur les débits

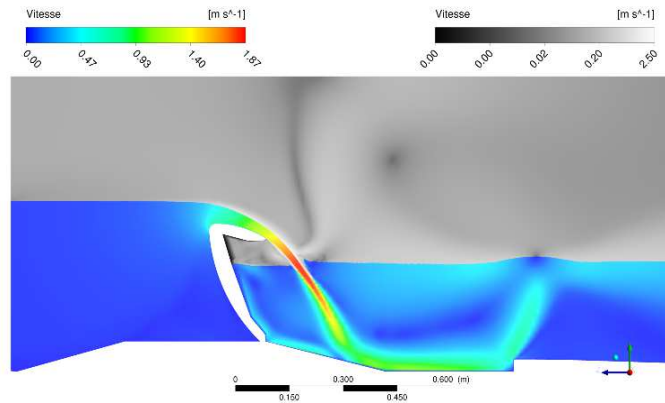
CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE

- **Modélisation de différents scénarii parmi les essais sur MP à l'échelle 1:30**

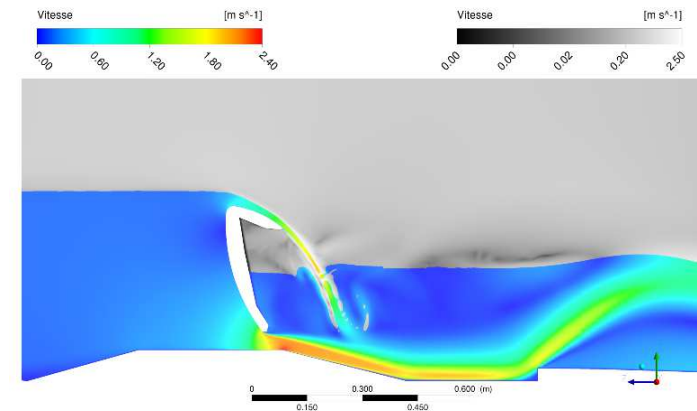
- **Ecoulement sous la vanne**



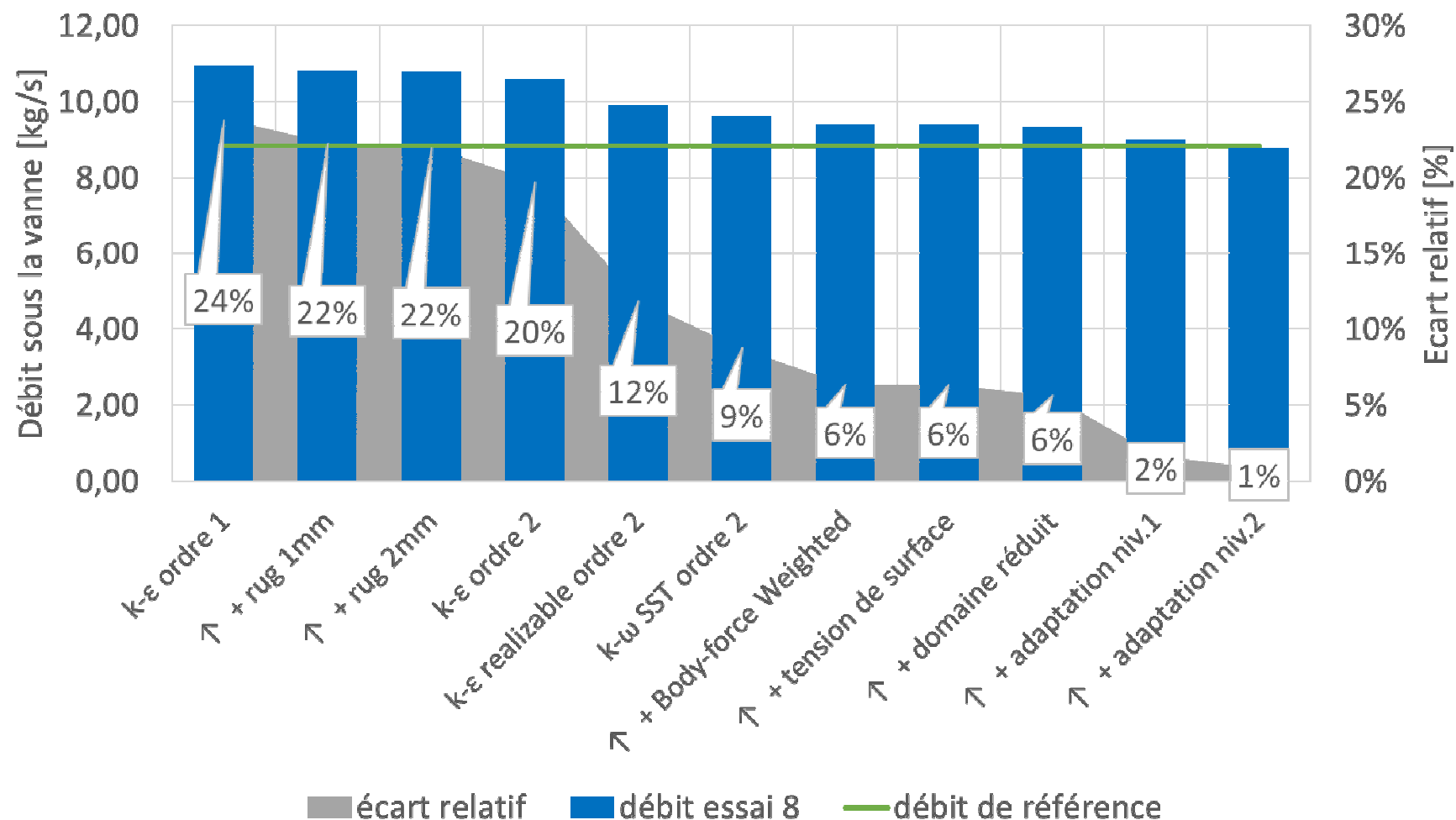
- **Ecoulement sur le volet**



- **Ecoulement mixte**

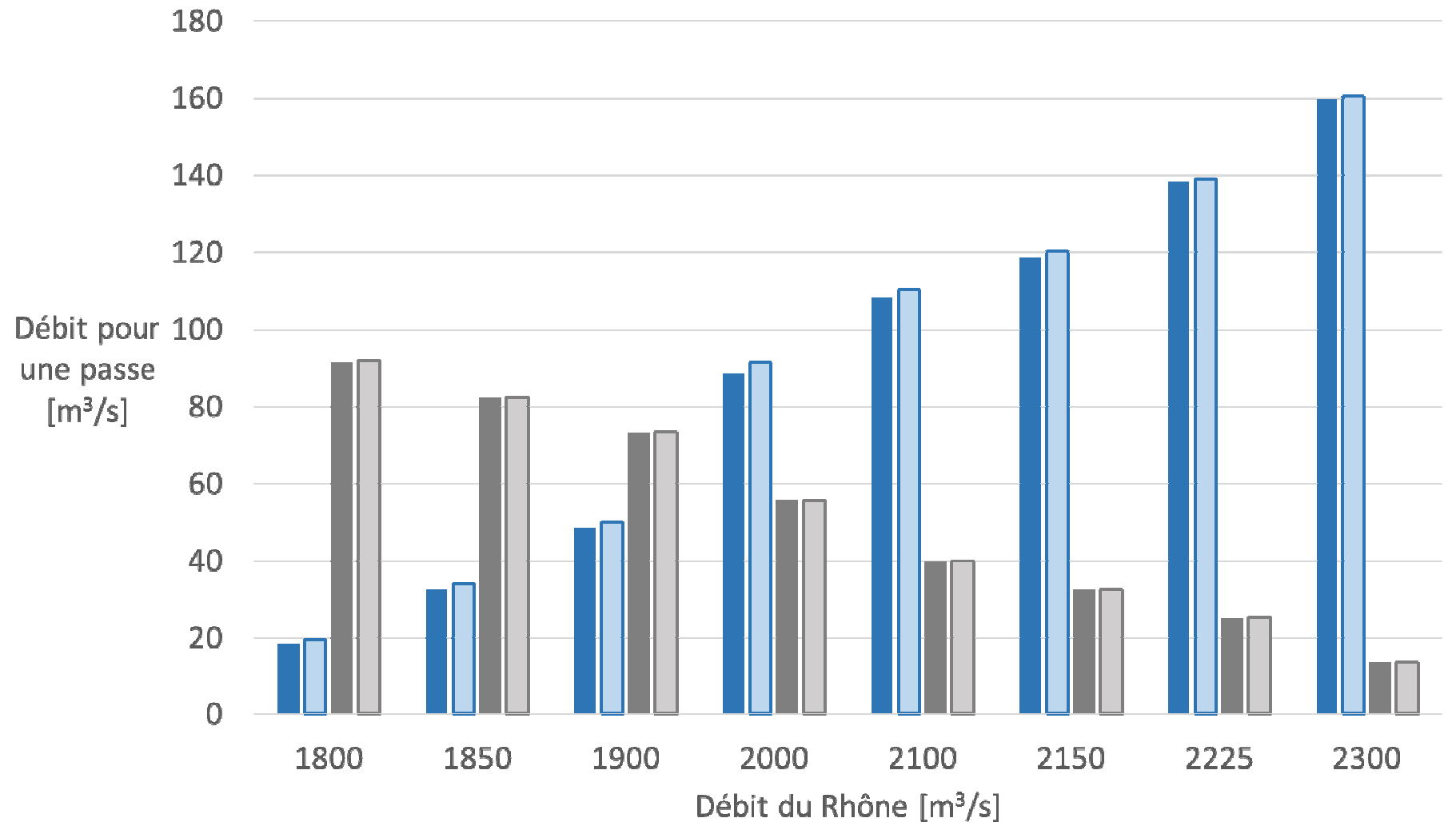


CALAGE DU MODÈLE NUMÉRIQUE



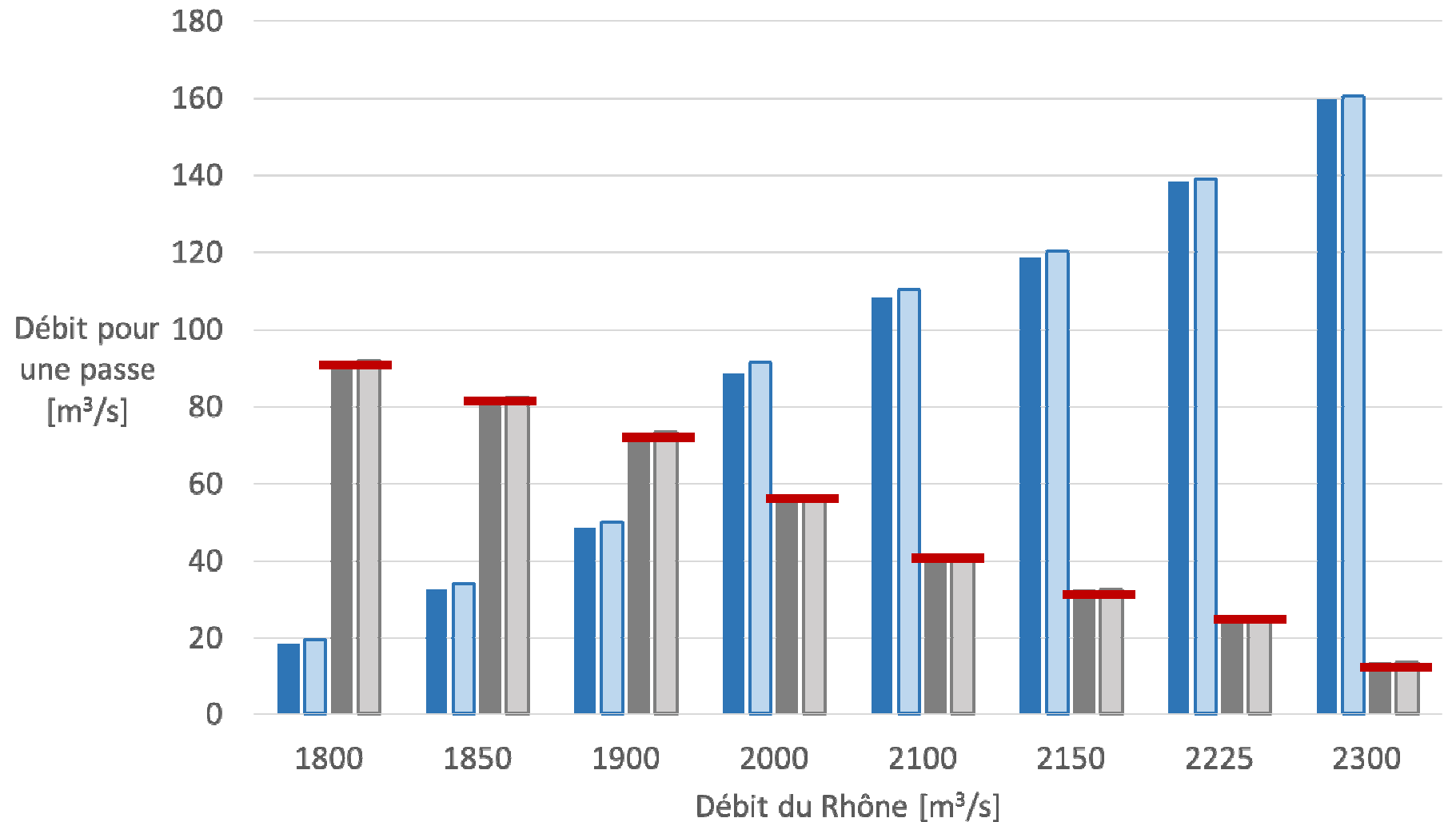
Evolution de l'écart de 25% à 1%

RÉSULTATS MIXTE/ISOLÉ ÉCHELLE 1



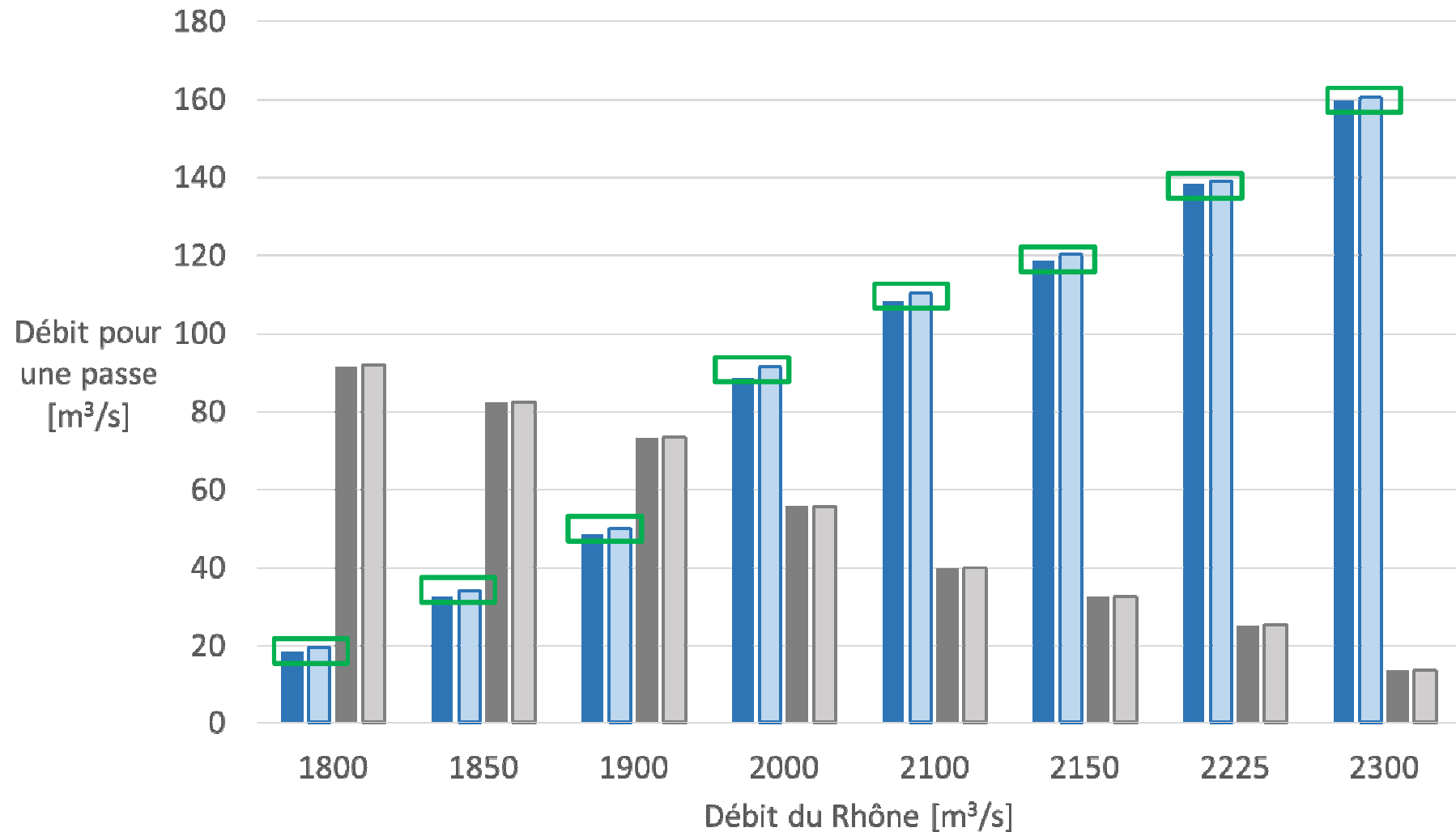
■ Débit vannes isolées ■ Débit vannes mixtes ■ Débit volets isolés ■ Débit volets mixtes

RÉSULTATS MIXTE/ISOLÉ ÉCHELLE 1



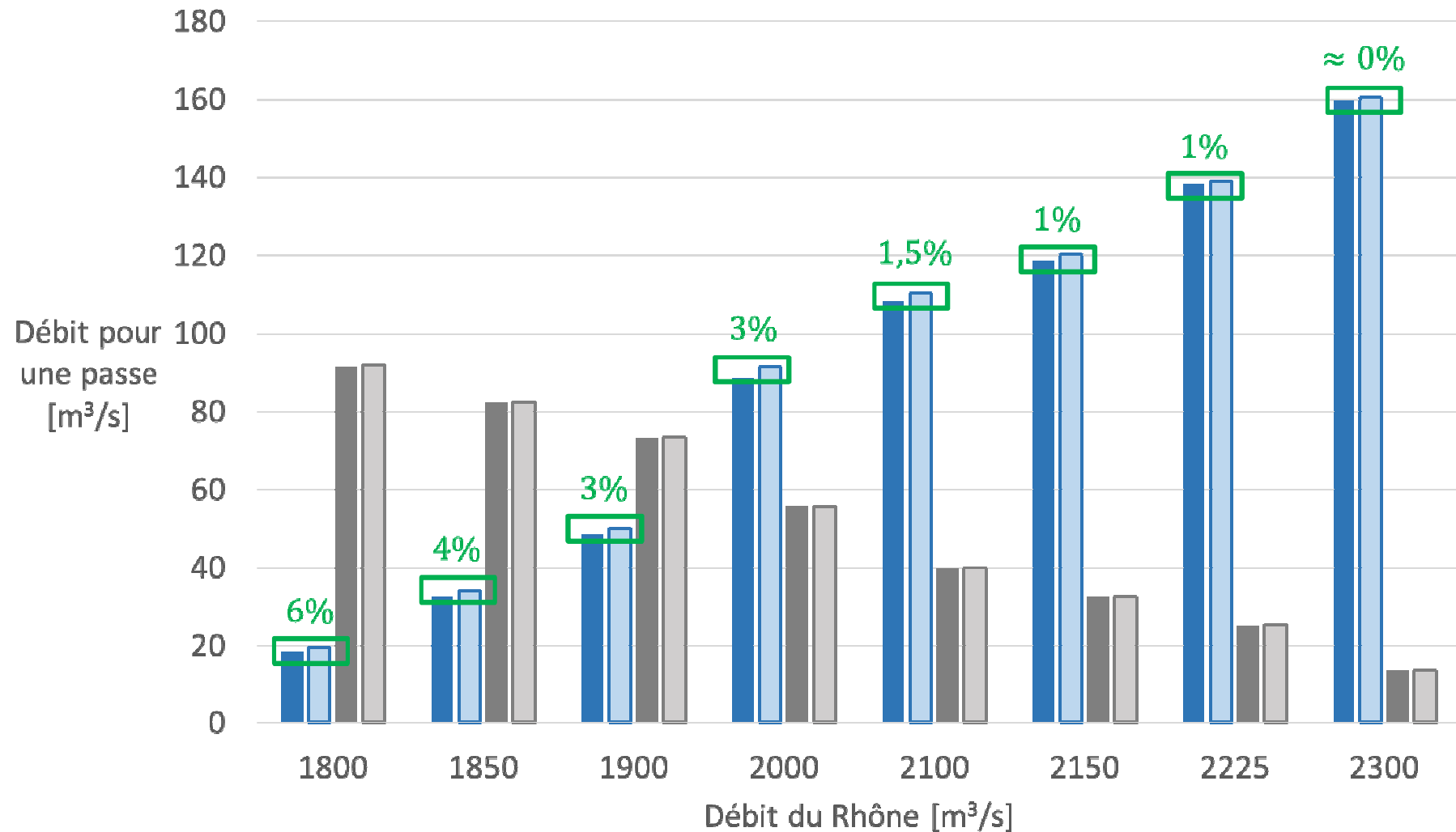
■ Débit vannes isolées ■ Débit vannes mixtes ■ Débit volets isolés ■ Débit volets mixtes

RÉSULTATS MIXTE/ISOLÉ ÉCHELLE 1



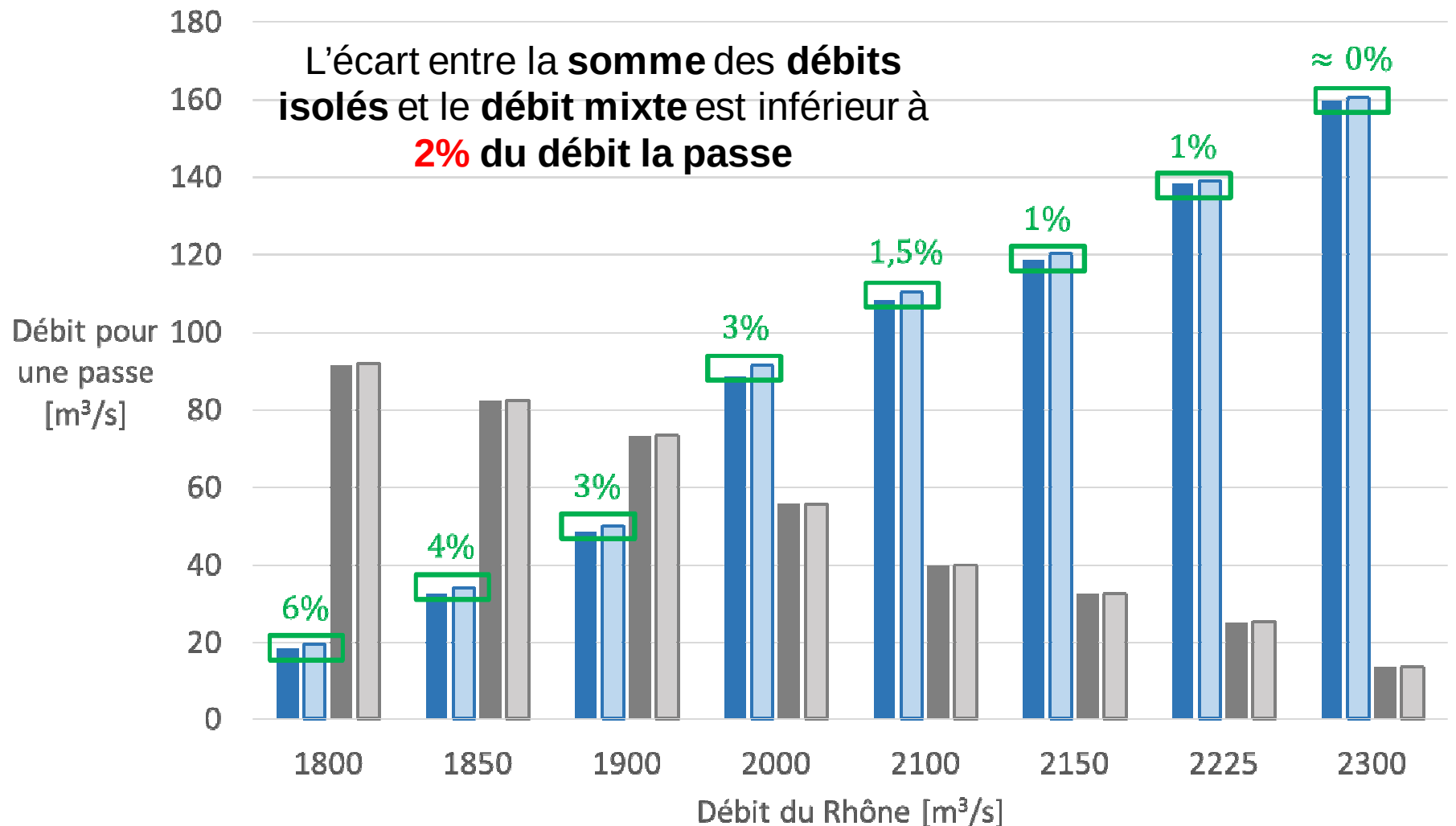
■ Débit vannes isolées ■ Débit vannes mixtes ■ Débit volets isolés ■ Débit volets mixtes

RÉSULTATS MIXTE/ISOLÉ ÉCHELLE 1



■ Débit vannes isolées ■ Débit vannes mixtes ■ Débit volets isolés ■ Débit volets mixtes

RÉSULTATS MIXTE/ISOLÉ ÉCHELLE 1



■ Débit vannes isolées ■ Débit vannes mixtes ■ Débit volets isolés ■ Débit volets mixtes

CONCLUSIONS

- Au barrage de Vaugris, la formule $Q_{mixte} = Q_{vanne} + Q_{volet}$ est applicable
- Intérêt majeur de la modélisation hybride et d'avoir des données pour caler un modèle numérique

MERCI