



Thème D: Instrumentation et surveillance des fondations : tenue à moyen et long terme

Pérennité des fonctions étanchéité et drainage des fondations des barrages-voûtes.
Exemple du barrage de Vouglans

Eric Bourdarot (EDF-CIH).
Romain Jarlan (EDF-CEIDRE)



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



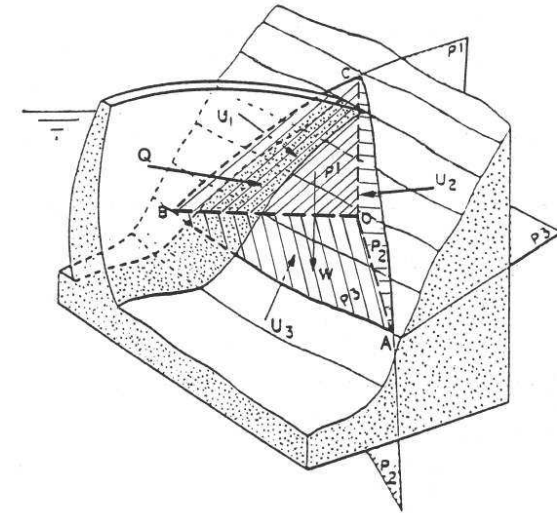
Fonctions étanchéité et drainage des barrages-voûtes

■ Rôle vis-à-vis de la stabilité des appuis

- Expérience de Malpasset
 - ❖ Rupture sous l'effet de la poussée de la voûte et des sous-pressions dans les appuis
 - ❖ Rôles conjugués du voile d'étanchéité et du voile de drainage

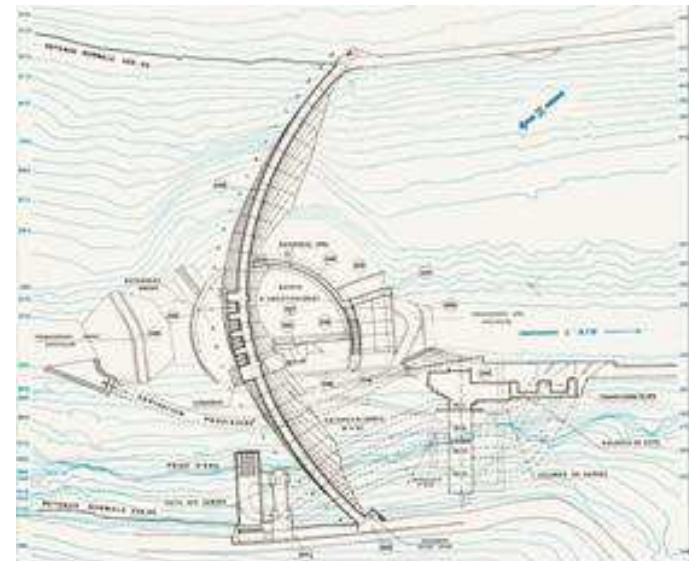
■ Evolutions irréversibles

- Voile d'étanchéité
 - ❖ Lixiviation
 - ❖ Solution de la continuité au contact des ouvrages (zones de traction)
- Voile de drainage
 - ❖ Colmatage
- Variabilité des contextes
 - ❖ Fondations calcaires ou cristallines
 - ❖ Agressivité des eaux de la retenue

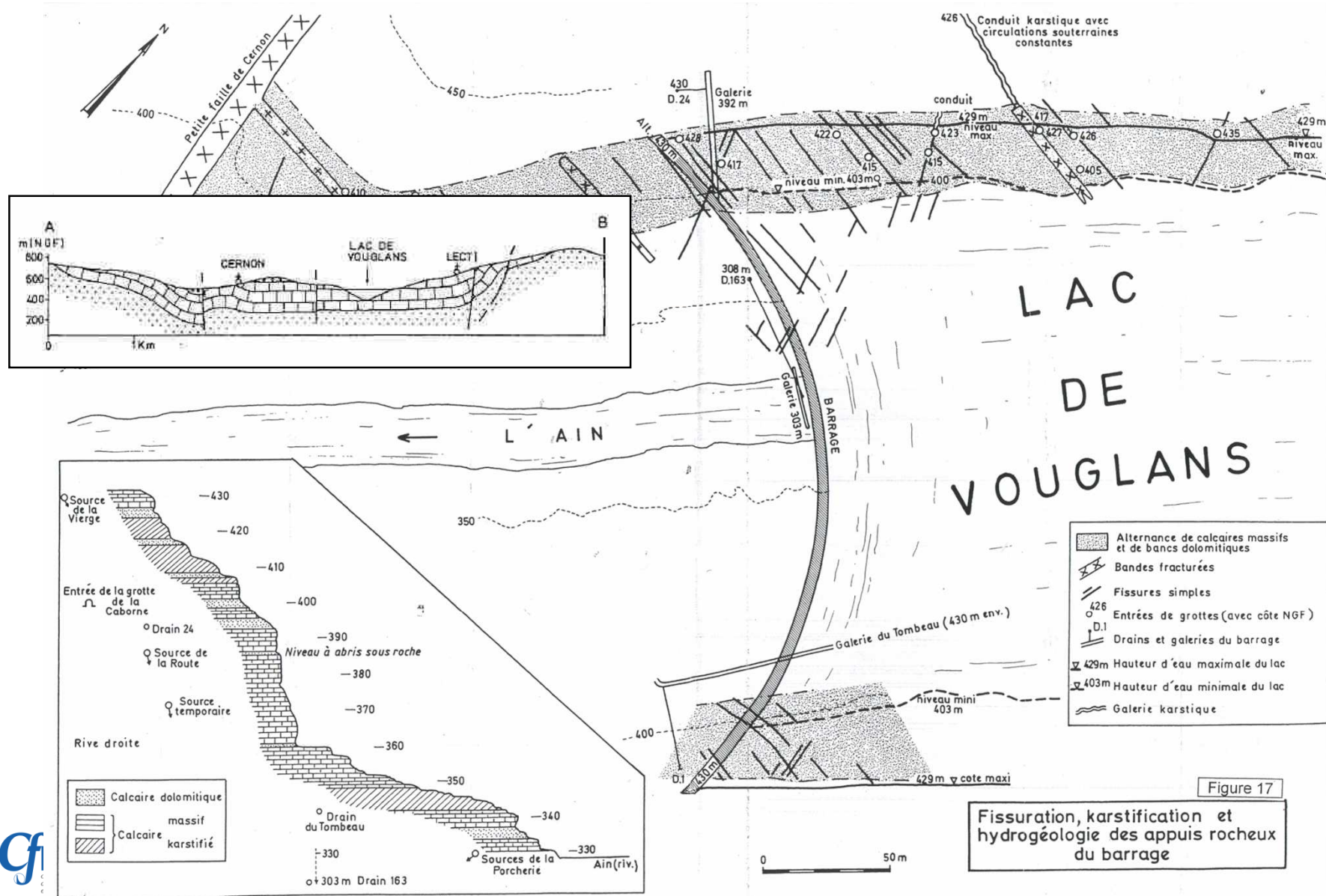


Le barrage de Vouglans

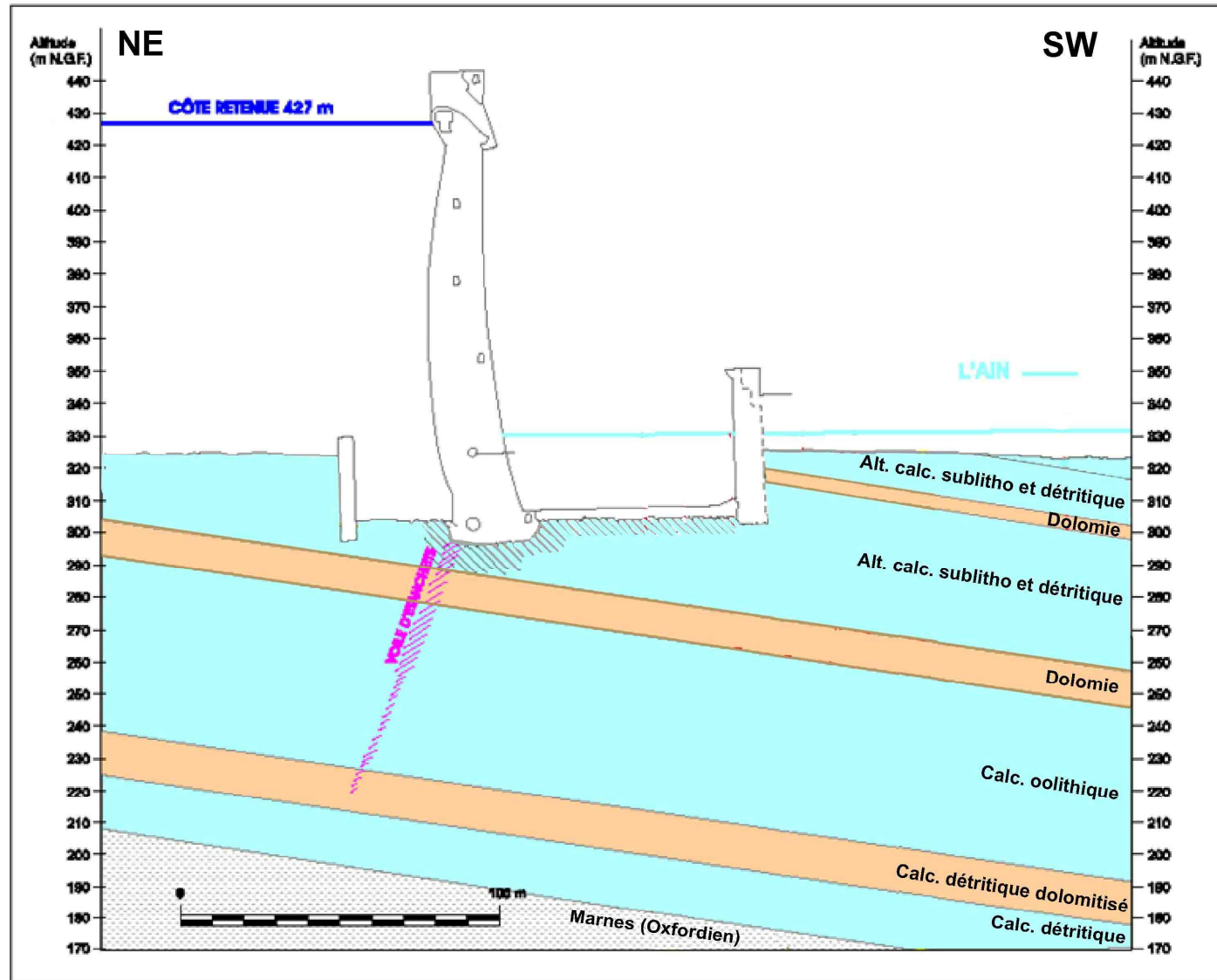
- **Barrage-voûte mince (1968)**
 - 130 m de hauteur
 - Voûte fine (20 m en pied au centre, 6 m en crête)
 - Vallée relativement large : $L/H=3,3$
 - $V= 538\ 000\ m^3$
- **Bassin d'amortissement**
 - Délimité par une fouille Bioge
 - Radier drainé et ancré
- **Investigations géotechniques poussées**
 - Essais in-situ en RG
 - Etude de stabilité des appuis
 - Conception du système de drainage



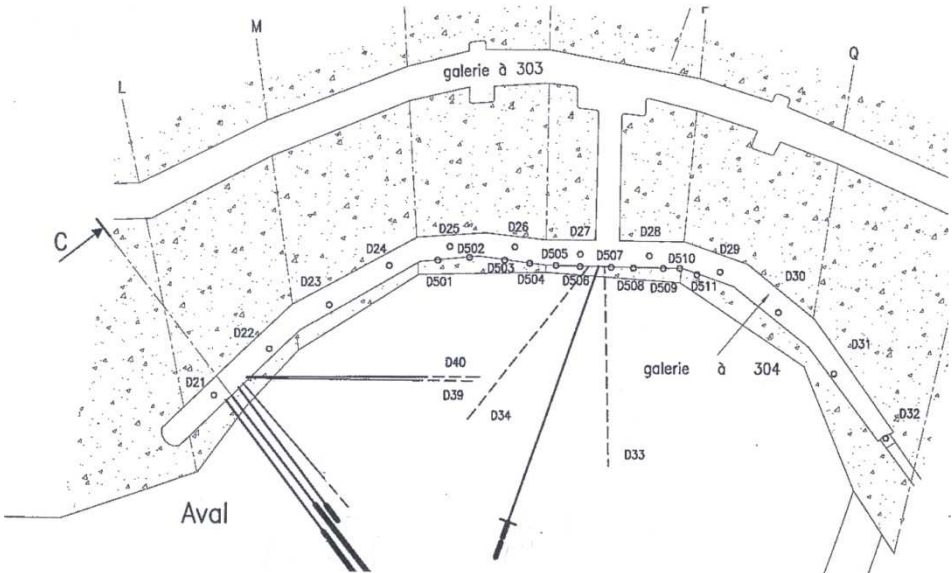
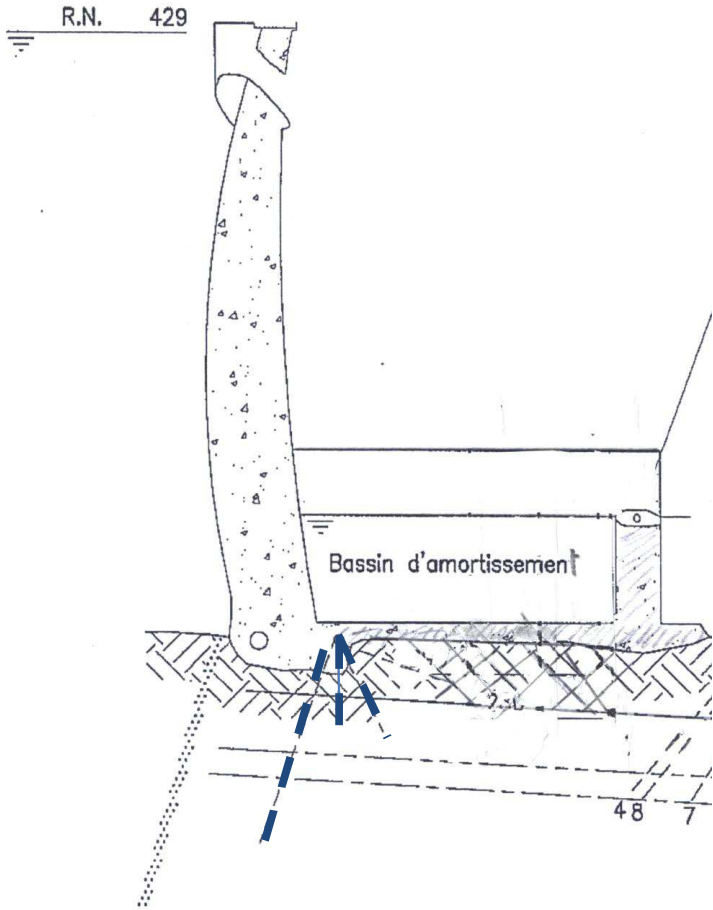
Géologie du site



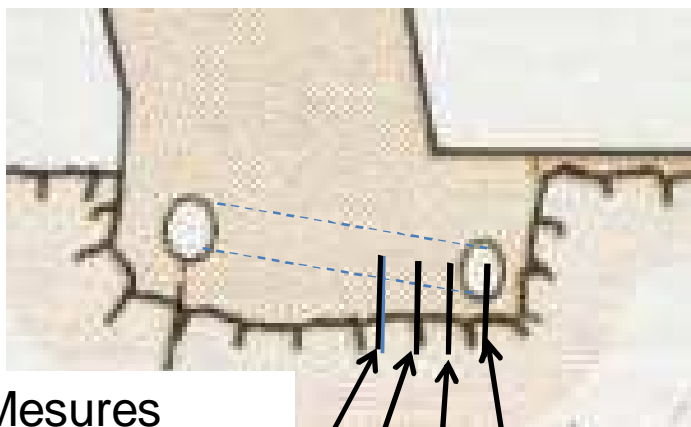
Coupe amont-aval



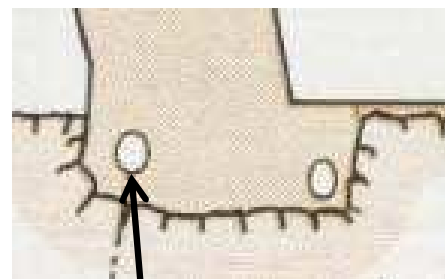
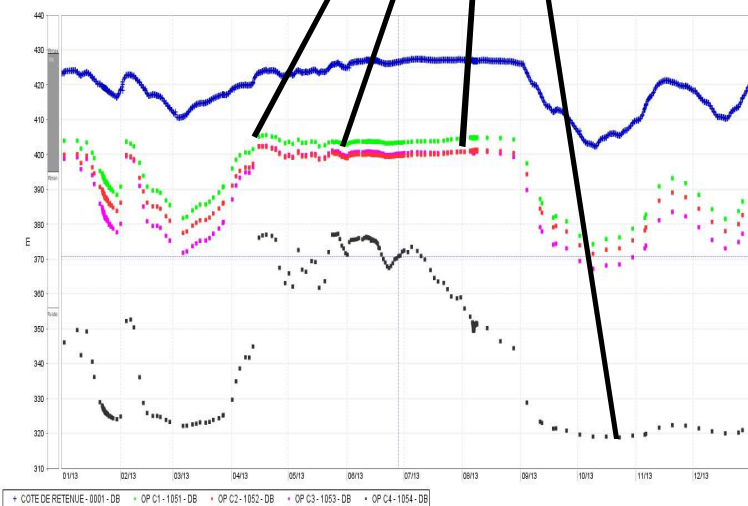
Drainage en pied de voute



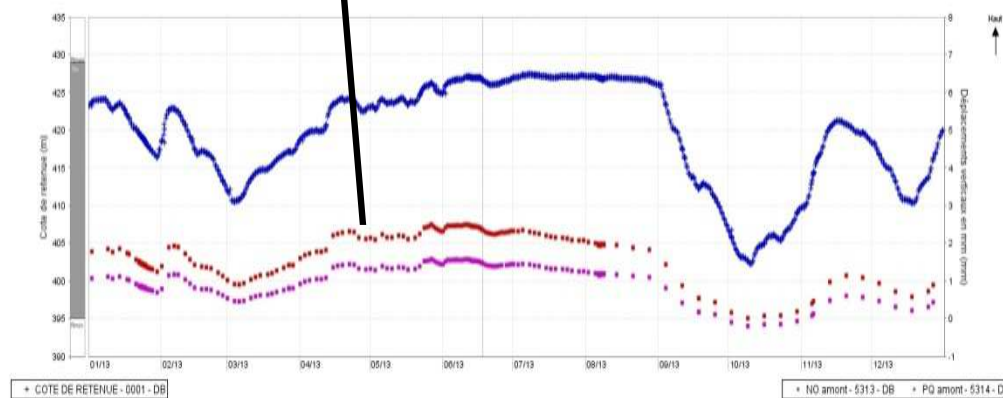
Comportement du pied de voûte



Mesures piézométriques



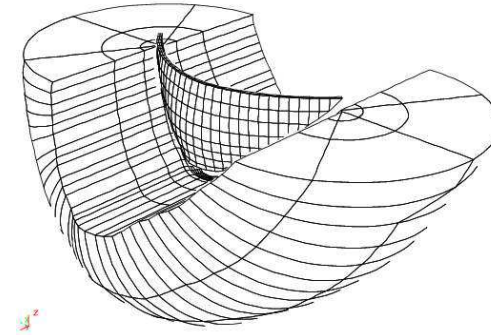
Nivellement hydraulique



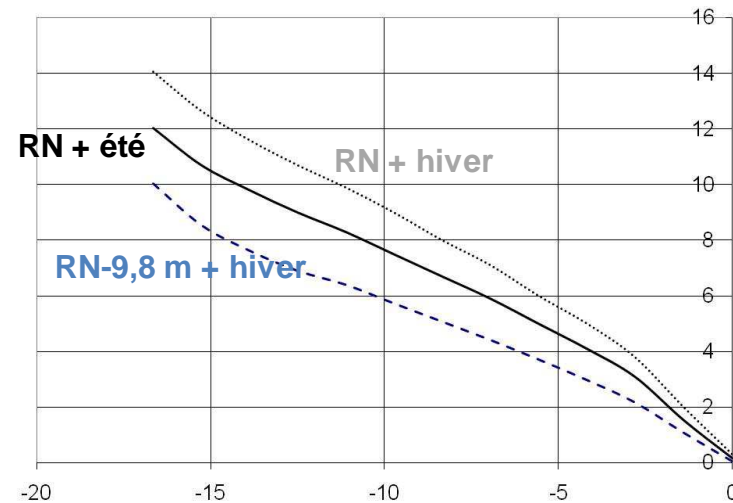
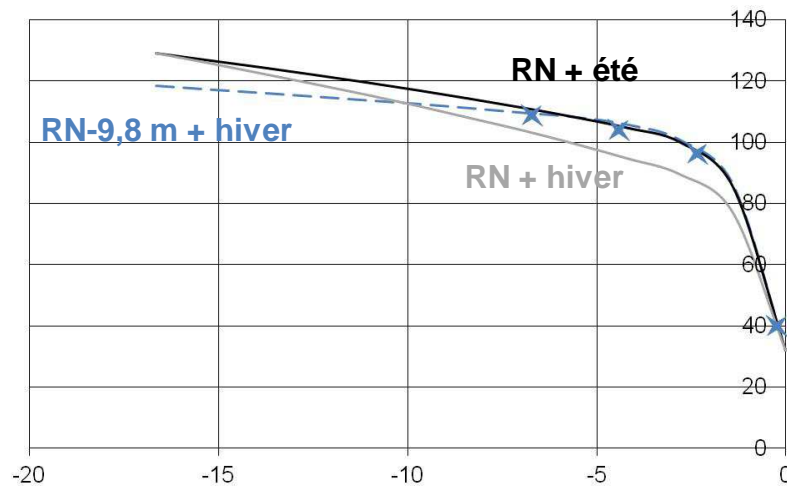
Analyse du comportement de l'ouvrage

■ Modélisation aux éléments finis

- Prise en compte de l'ouverture du contact barrage-fondation
- Prise en compte du couplage mécanique-hydraulique

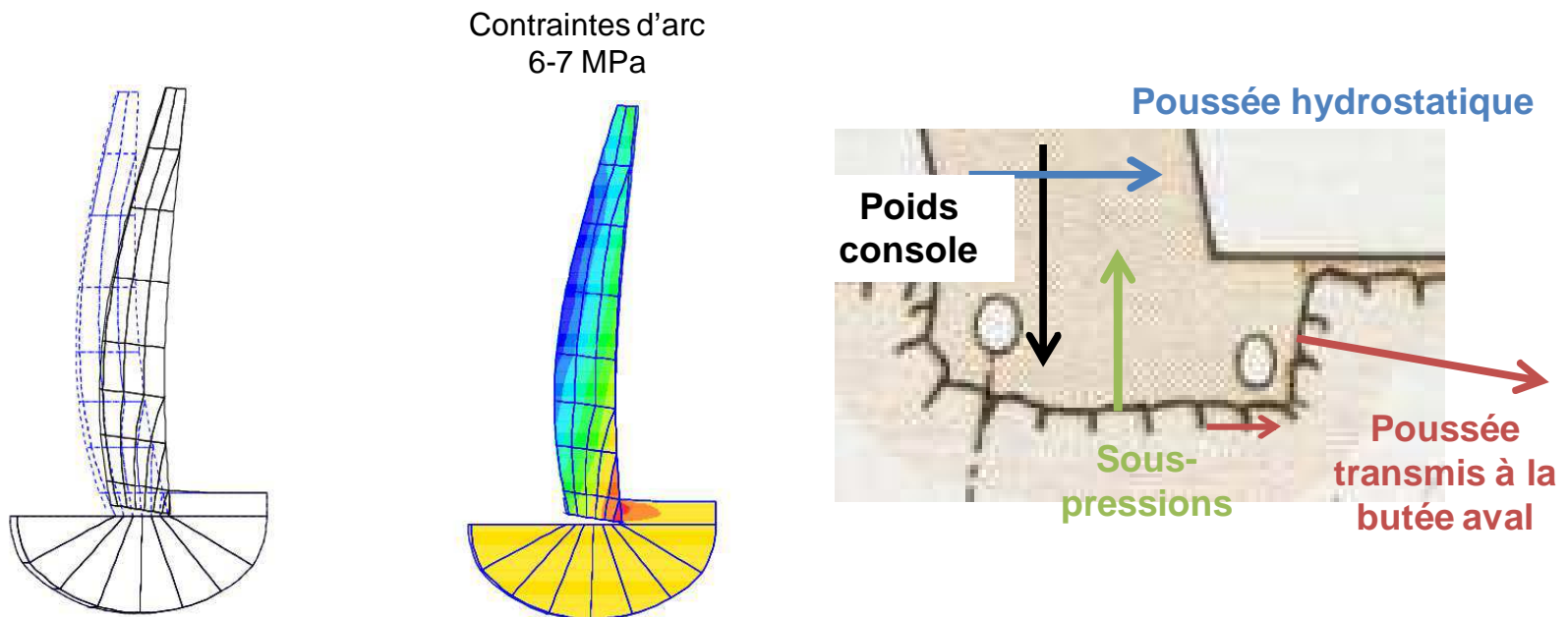


■ Calage sur les résultats de l'auscultation



Conséquences sur le comportement de l'ouvrage

- Propagation de l'ouverture du contact
- Redistribution des efforts dans la voûte : accentuation des effets d'arc
- Réorientation des contraintes et des efforts en pied d'ouvrage



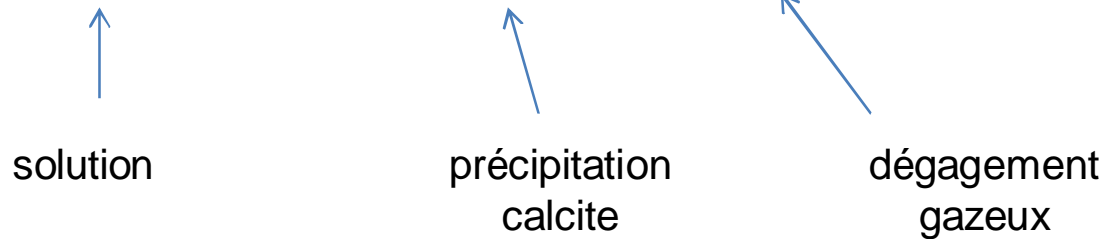
Investigations physico-chimiques

Marqueurs de circulation des eaux

- **Campagne de mesures physico-chimiques dans la retenue et les drains (mars/ juin): température, principaux ions**
- **Sélection de marqueurs :**
 - **Magnésium et isotope ^{13}C : les fortes valeurs traduisent des eaux à circulation lente en provenance du rocher (eaux « anciennes »)**
 - **Carbone Organique Total : les fortes valeurs traduisent des eaux à circulation rapide en provenance du lac (eaux « récentes »)**
 - **Température: indicateur de la provenance des eaux et des temps de transit (ex: en hiver, eau de retenue plus froide que le rocher)**
- **Analyse des zones de circulation de la fondation**

Réactions de précipitation. Cinétique.

- Eaux de la retenue sursaturées par rapport à la calcite



- Précipitation des zones sursaturées en Ca^{2+} : cinétique lente affectant les zones à circulations peu rapides (sous bassin d'amortissement)
- Précipitation des zones de réajustement de P_{CO_2} : cinétique rapide (zones d'exutoire des drains)
- Hausse de température : accélère la précipitation de la calcite

Renforcement et gestion du réseau de drainage

■ Positionnement optimal à trouver

- Trop à l'amont :
 - ❖ inefficace
 - ❖ débits excessifs
- Trop à l'aval :
 - ❖ protection de la butée aval insuffisante vis-à-vis des sous-pressions
 - ❖ colmatage

■ Positionnement au droit de la galerie de drainage aval

- Extrémité de la zone d'ouverture du contact
- Bonne protection de la butée aval
- Gestion saisonnière des drains
 - ❖ Drains latéraux fermés de juillet à janvier
 - Drains moins nécessaires à cette période (refermeture du contact)
 - Augmentation des températures favorisant la calcification

Conclusions

- **Apports combinés**
 - de l'auscultation
 - de la modélisation
 - d'une meilleure connaissance des contextes géologique et hydrogéologique

Pour la conception et la gestion durable d'un réseau de drainage

- **Maitrise de la propagation des sous-pressions en pied aval**
- **Impact faible en termes de débits**
- **Suivi de la pérennité des dispositions adoptées**
- **Problématique différente pour les ouvrages en sites cristallins :**
 - Lixiviation des voiles d'étanchéité
 - Conséquences potentielles sur le colmatage des voiles à l'aval

MERCI pour votre attention

