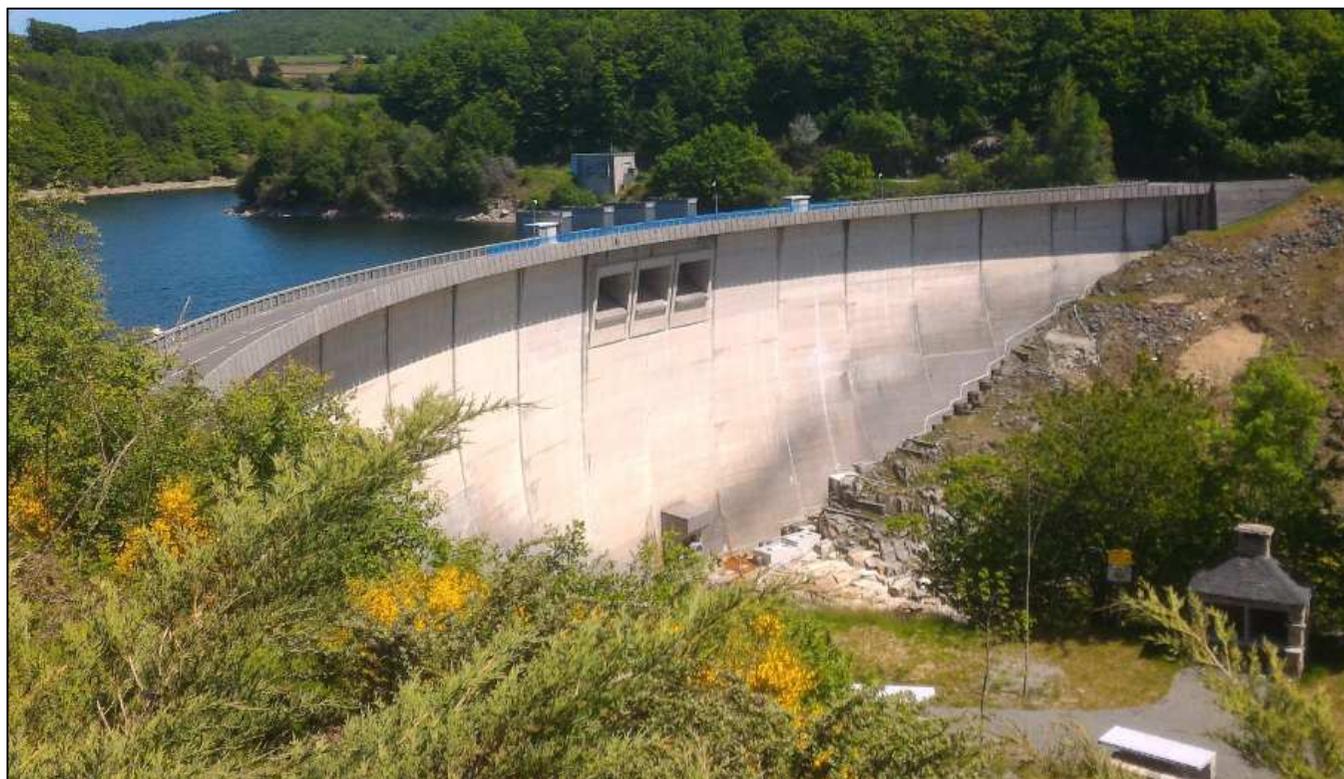


Barrage voûte EDF de Laouzas – Confortement de la butée rocheuse à l'aval des plots centraux et requalification de l'ouvrage.

*François Morel - EDF –
Centre d'Ingénierie
Hydraulique.*

*Alexis Piron – EDF –
Division Technique
Générale.*



Barrage EDF du Laouzas

Colloque CFMS
Présentation des Règles Professionnelles Tirants d’Ancrage 2020.
06 février 2019 – Marne la Vallée

SOMMAIRE

1. LOCALISATION ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

2. SYNTHESE DU COMPORTEMENT DU BARRAGE

HISTORIQUE DE L'OUVRAGE

ANALYSE DU COMPORTEMENT DE L'OUVRAGE PAR MODELISATIONS NUMERIQUES.

3. CONFORTEMENT DE LA BUTEE ROCHEUSE A L'AVAL DES PLOTS CENTRAUX

PRINCIPE GENERAL

DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE TRAVAUX (2008-2009 et 2016-2017)

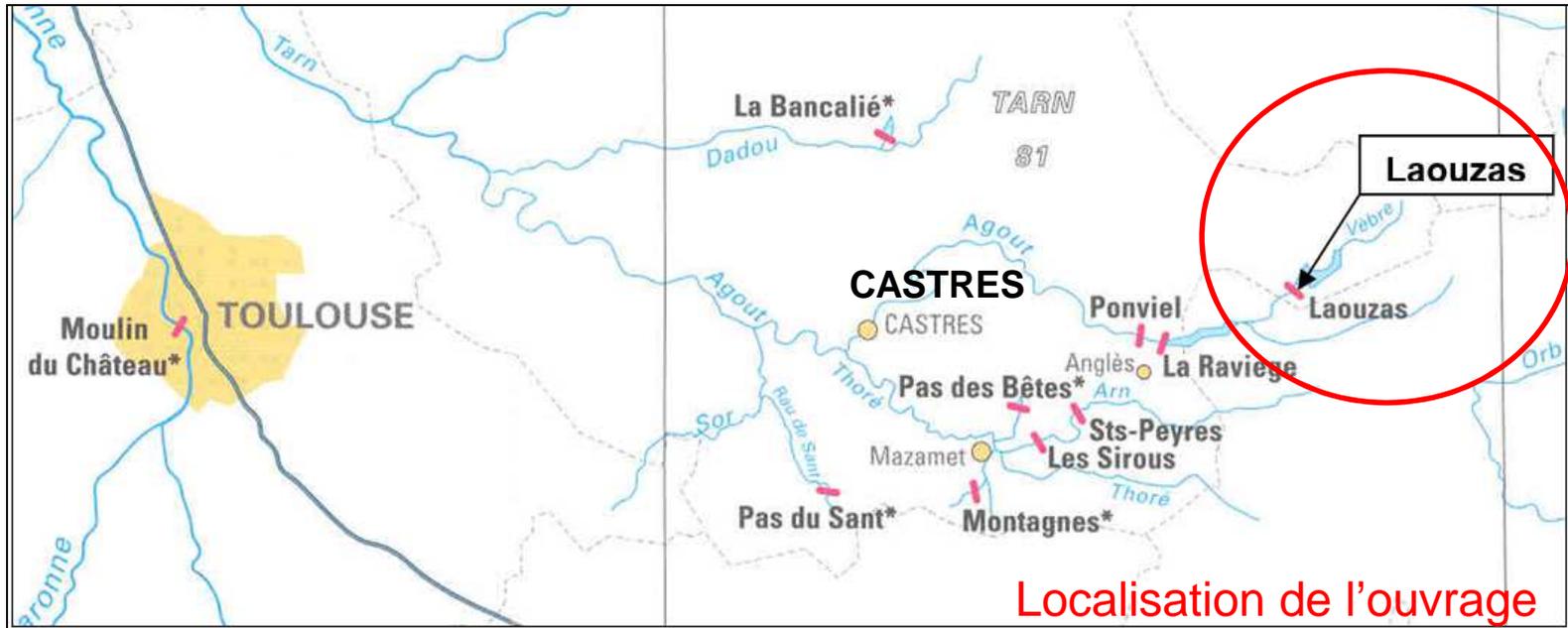
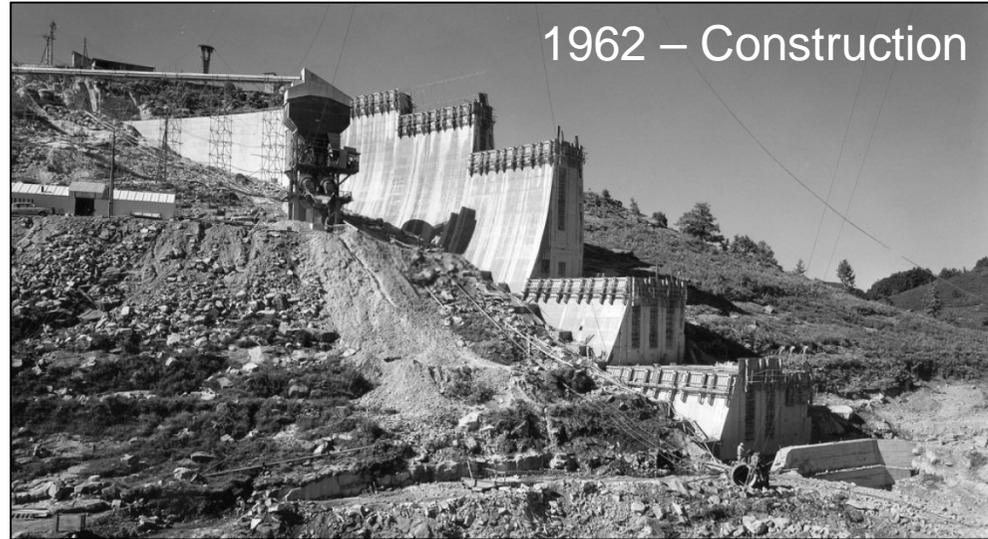
4. REQUALIFICATION DU BARRAGE

5. CONCLUSION

1. LOCALISATION ET DESCRIPTION DE L'OUVRAGE.

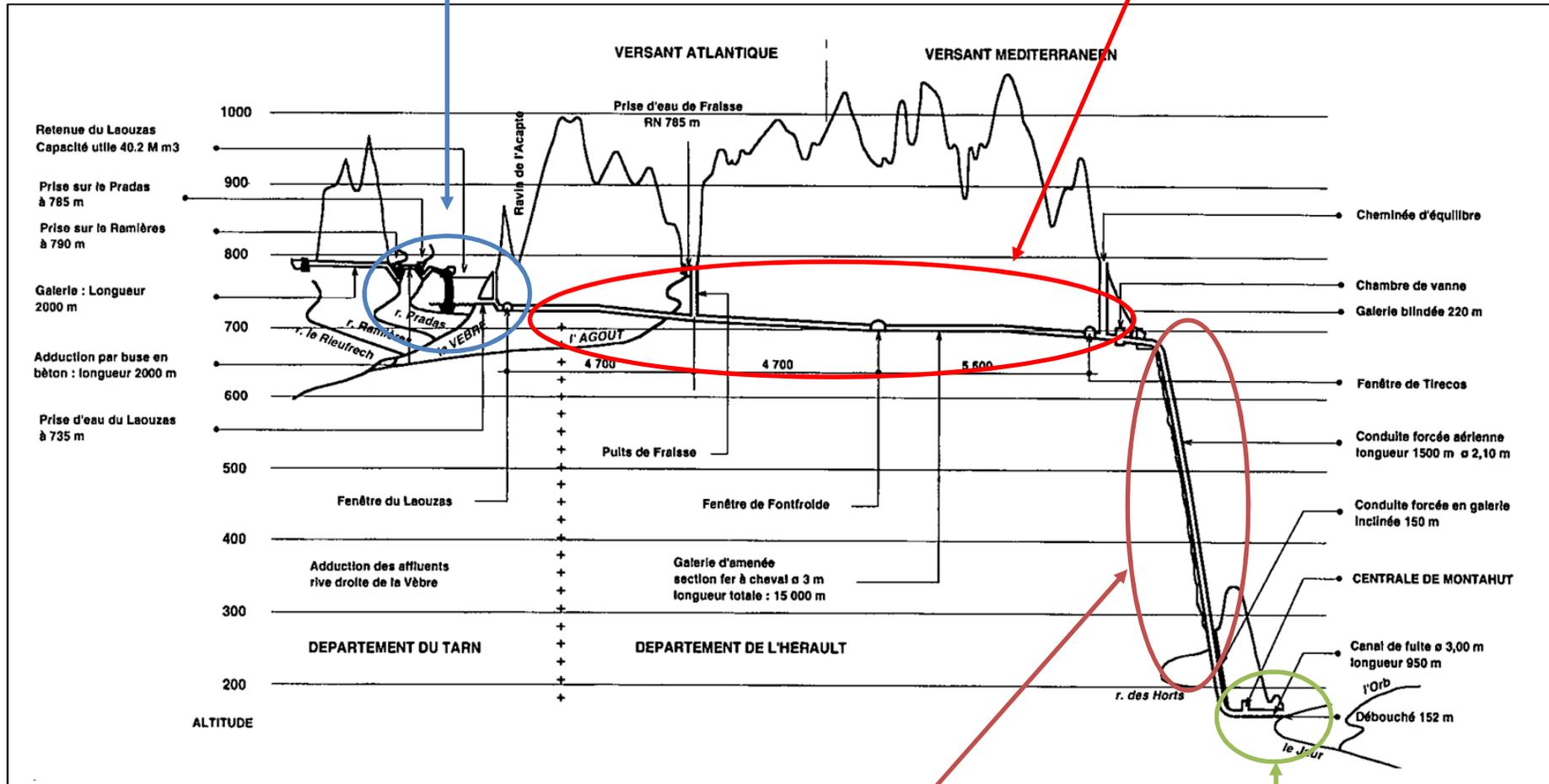


BARRAGE DU LAOUZAS EN CONSTRUCTION (1961-1965) – VUE DE LA FACE AMONT



Barrage, réservoir et prises d'eau

Adduction souterraine



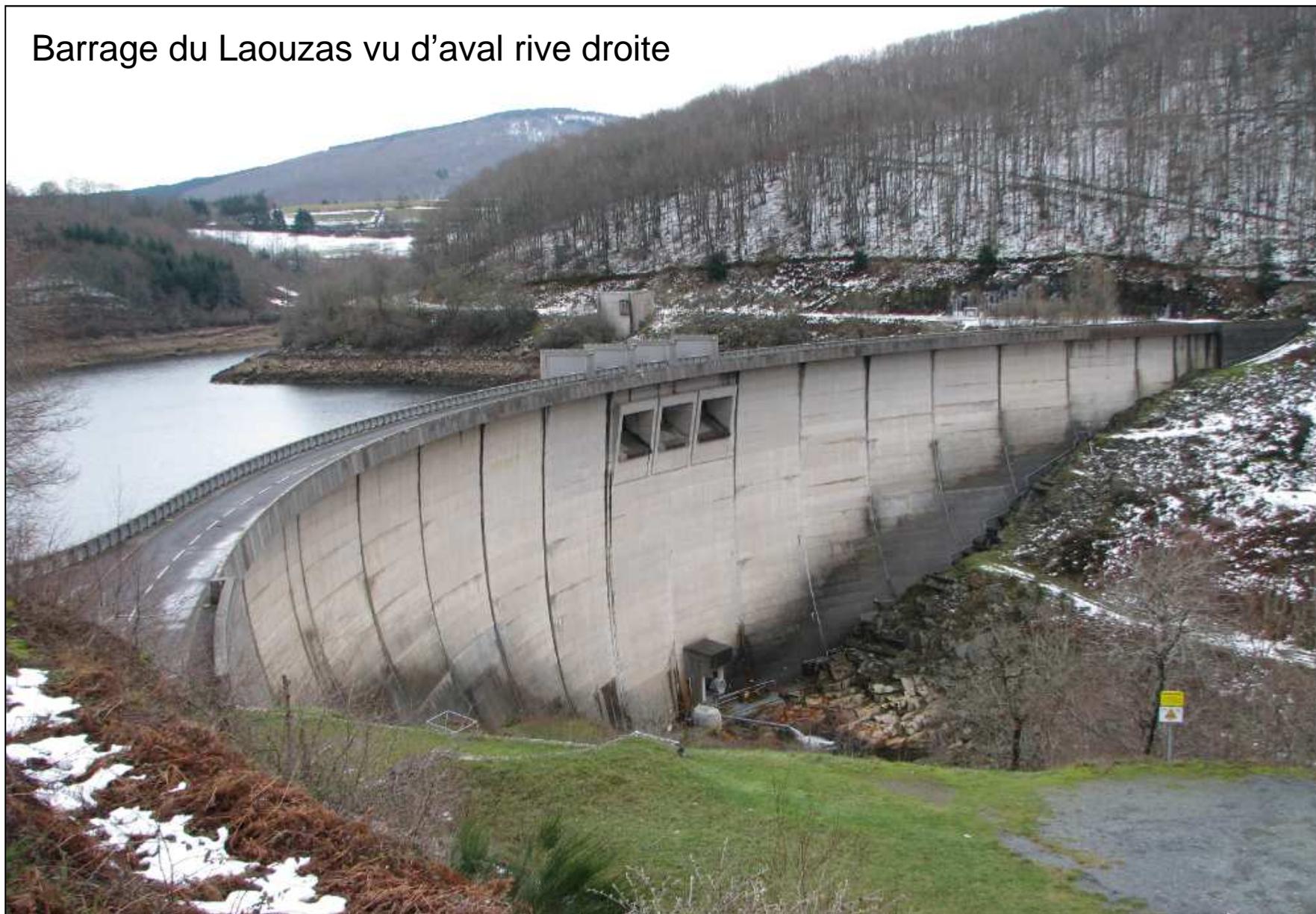
PROFIL EN LONG DE L'AMENAGEMENT

Conduite forcée

Centrale hydroélectrique souterraine



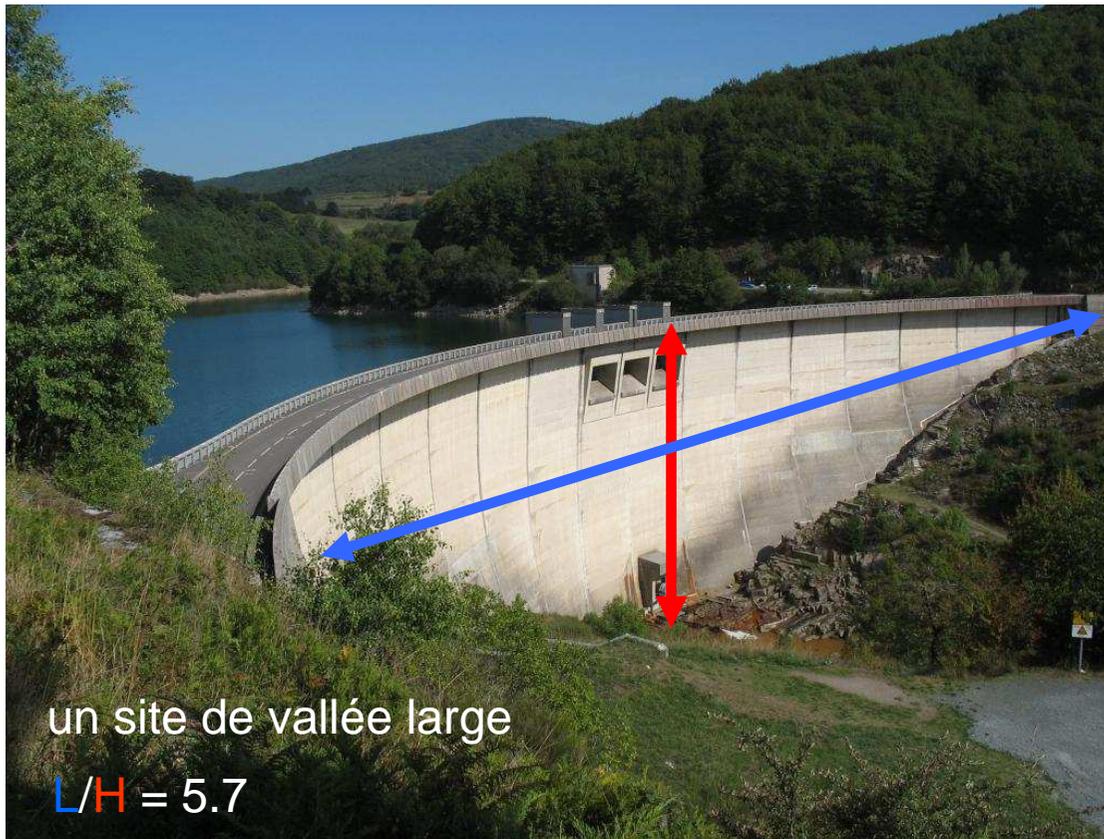
Barrage du Laouzas vu d'aval rive droite



DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

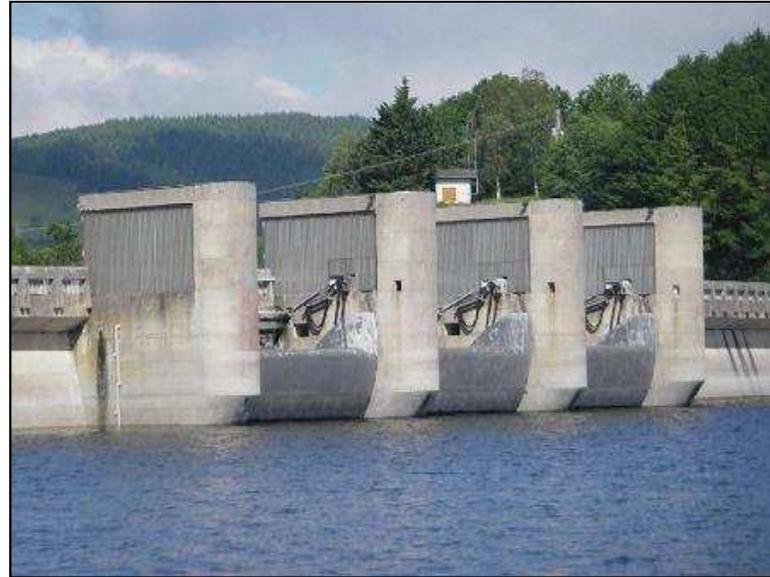
■ Situation de l'ouvrage :

- Barrage intégré à l'aménagement de Montahut (34-81), exploité par EDF.
- Situé sur le BV de la Vèbre (149 km²) + 3 adductions complémentaires (46,6 km²).
- Fondation : granite et gneiss diaclasés affectés de plans de « desquamation » subhorizontaux en fond de vallée.



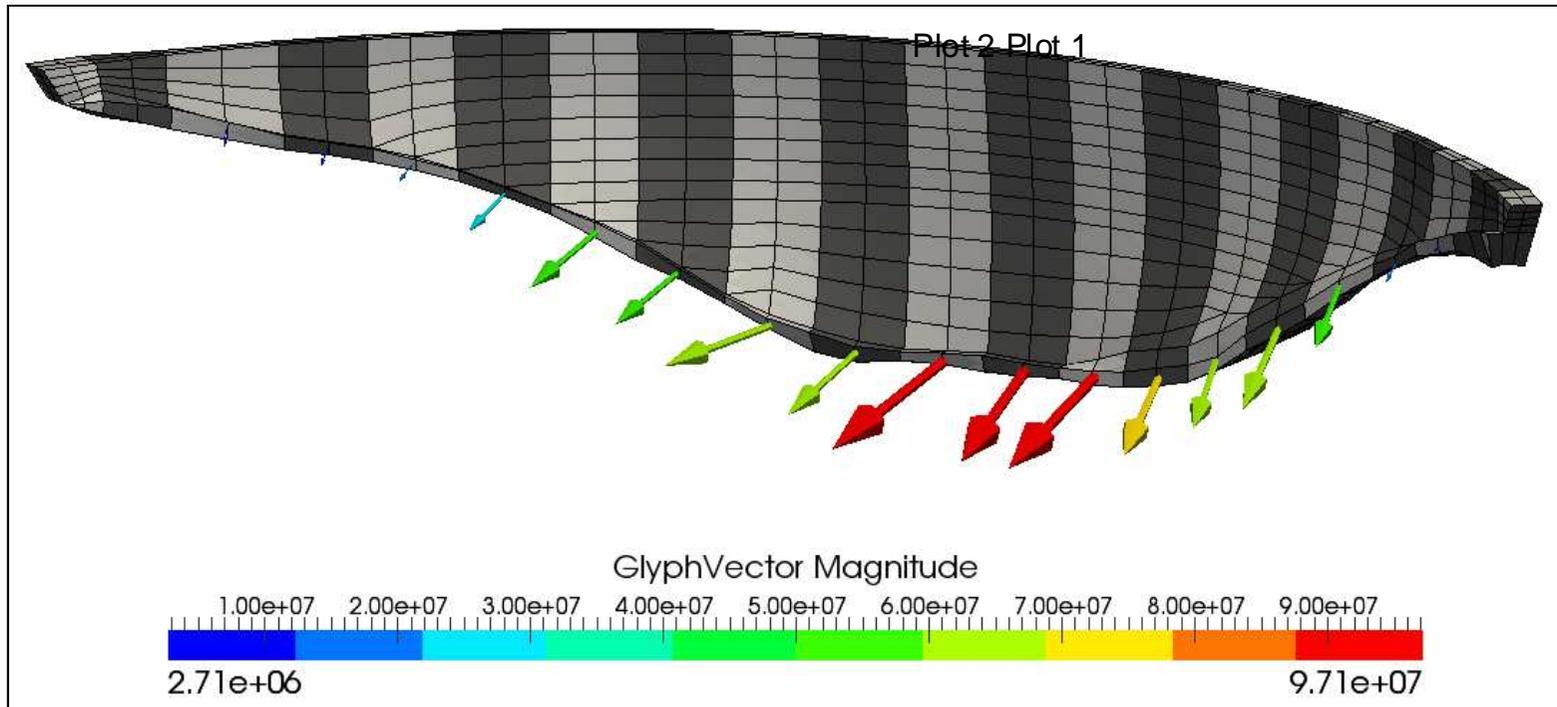
Caractéristiques principales

- Période de construction : 1961-65.
- Voûte en béton à double-courbure.
- $H / TN = 48$ m.
- $H / \text{fond} = 52,6$ m. Voile étanchéité.
- 21 pots de largeur égale à 15 m.
- Epaisseur en clé : 2,5 à 10,5 m.
- Volume de béton : 60 000 m³.
- Volume de retenue : 45 hm³.
- Cote RN : 775 m.
- Cote PHE : 776 m.
- Evacuateur : 3 vannes segment de surface, capacité 510 m³/s,



BARRAGE DU LAOUZAS ILLUSTRATIONS

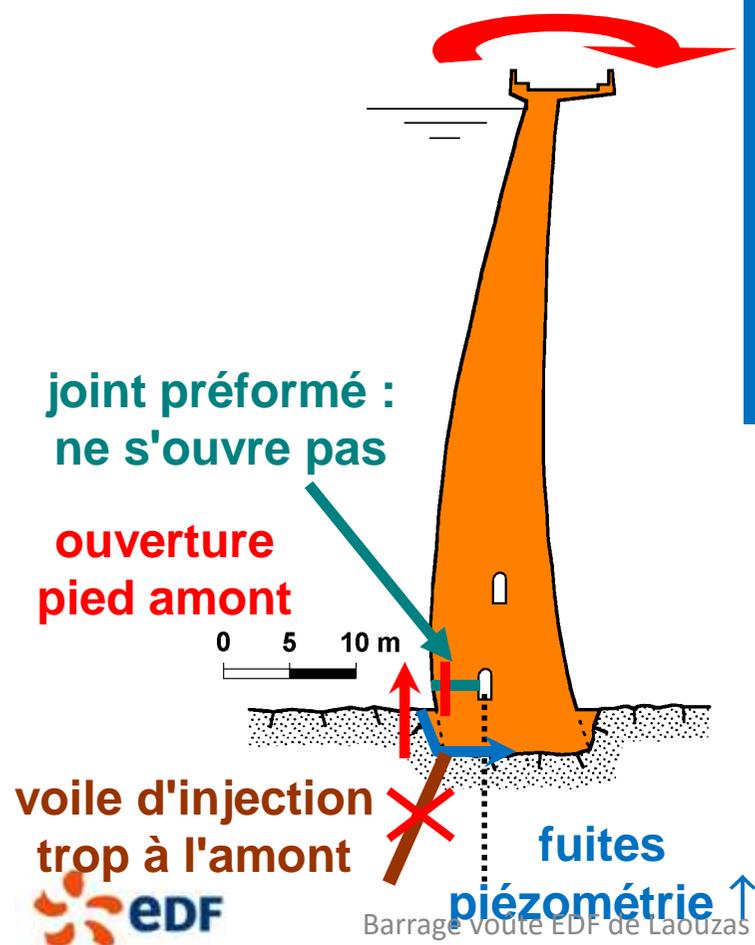
2. SYNTHÈSE DU COMPORTEMENT DU BARRAGE.



HISTORIQUE ET COMPORTEMENT

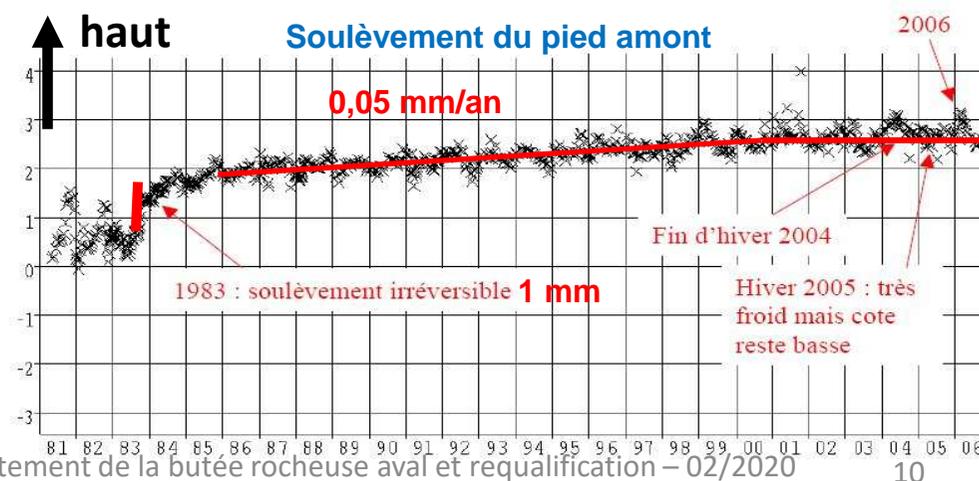
■ Historique jusqu'en 2006 :

- La souplesse de la voûte entraîne :
 - ❖ Un basculement des consoles centrales vers l'aval.
 - ❖ Un fluage accentué des arcs.



Quelques étapes

- 1970 : reclavage des joints inter-plots → effet très temporaire.
- 1983 : déplacements des drains de la galerie vers l'aval.
→ propagation des sous-pressions vers l'aval.
- 1983-2006 : fluage et ouverture du contact béton/rocher.
→ poursuite des dérives irréversibles vers l'aval et en soulèvement, quasi stoppée en 2000.
→ augmentations hivernales fuites, piézométrie.

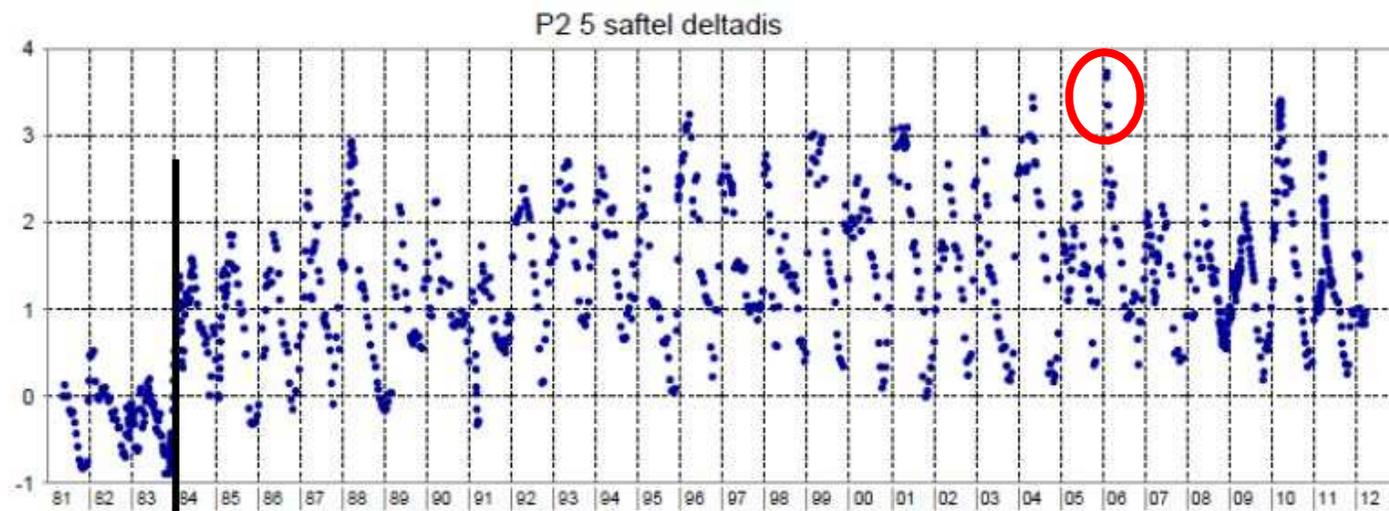


HISTORIQUE ET COMPORTEMENT

▪ L'événement survenu durant l'hiver 2006 :

- Remplissage rapide du réservoir (crues) à RN – 8 cm associé à des températures ambiantes froides :
 - ❖ Niveaux "historiques" de déplacements, fuites, piézométrie.
 - ❖ Ouverture additionnelle du contact béton/rocher au pied amont des plots centraux.
 - ❖ Les phénomènes sont totalelement réversibles.

Ouverture du pied amont
(valeurs brutes)



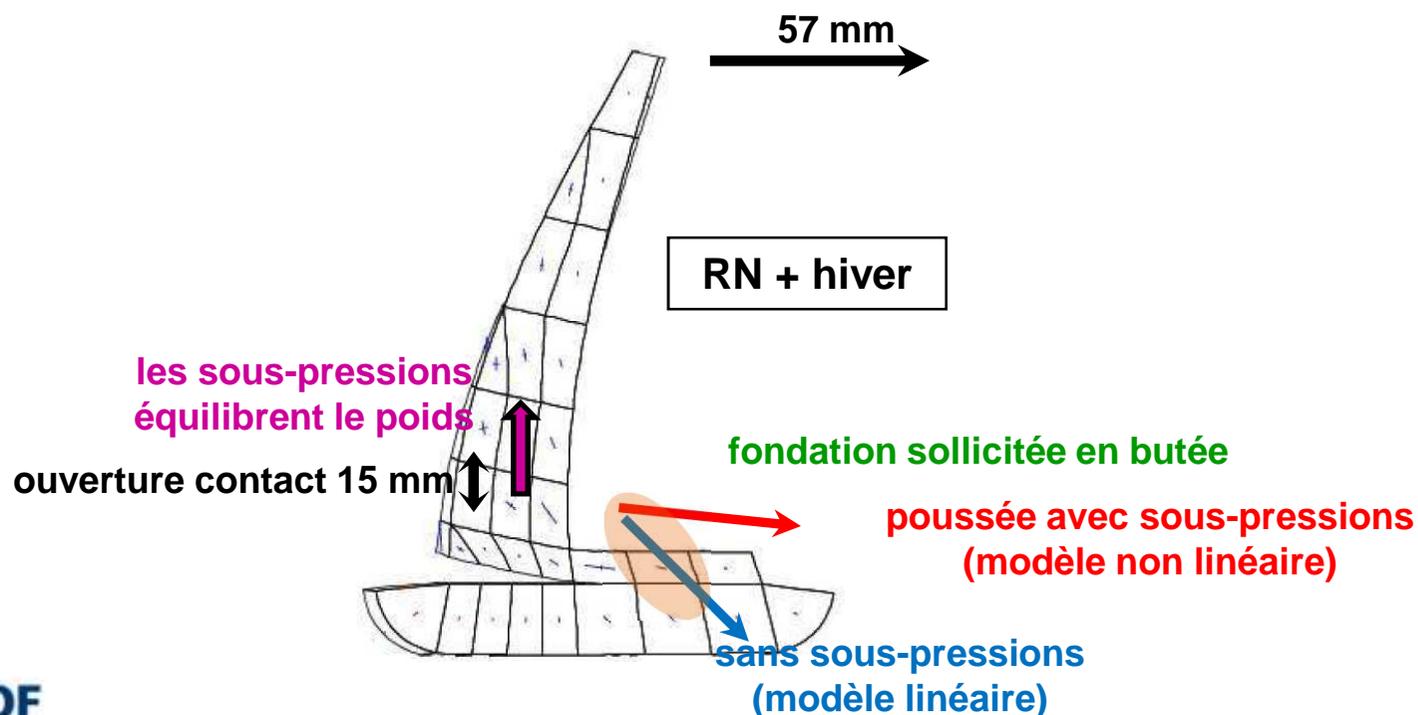
- Mise en place immédiate d'une restriction de cote hivernale à RN – 5 m, puis les hivers suivants d'une gestion prudente du réservoir :

- ❖ En limitant l'ouverture du contact à celle constatée en 2006, avec une marge de sécurité.
- ❖ En compensant la sollicitation thermique par un abaissement de cote.

HISTORIQUE ET COMPORTEMENT

Analyse du comportement de l'ouvrage par les modélisations numériques conduites par EDF – Centre d'Ingénierie Hydraulique :

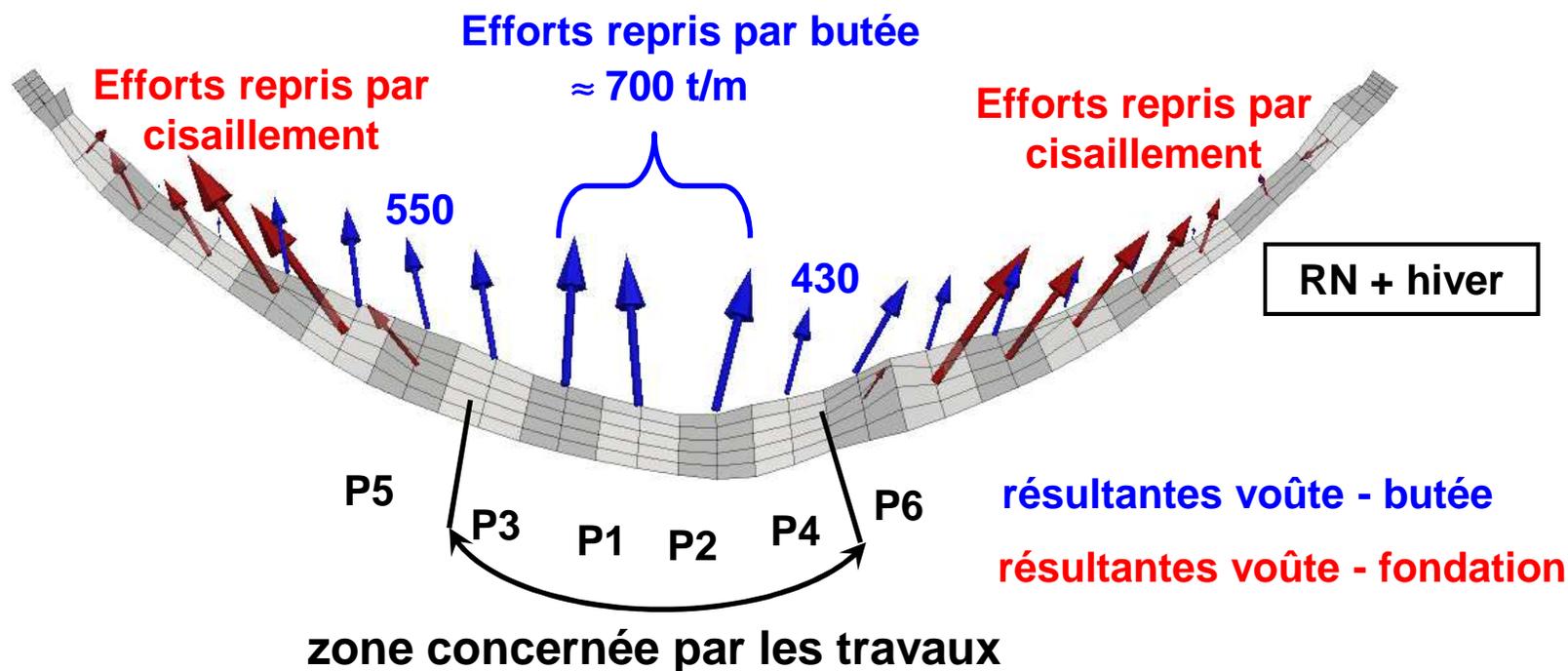
La résultante d'appui des plots centraux, proche de l'horizontale, n'est plus totalement reprise en cisaillement par la base des plots, mais par la butée rocheuse aval.



HISTORIQUE ET COMPORTEMENT

■ Analyse du comportement de l'ouvrage par les modélisations numériques conduites par EDF – Centre d'Ingénierie Hydraulique :

- Code Aster (2014) non linéaire (open source EDF) :
 - ❖ Comportement d'ensemble satisfaisant (niveau de contraintes et orientation des efforts).
 - ❖ L'ouverture notable du contact béton/rocher se limite aux 4 plots centraux.
 - ❖ Sur les appuis, les résultantes s'orientent vers les rives, les efforts sont repris par cisaillement (encastrement de la base de la voûte plus important).



3. CONFORTEMENT DE LA BUTEE ROCHEUSE AVAL.



[Accueil](#) / [Grand Sud](#) / [Vie locale](#)

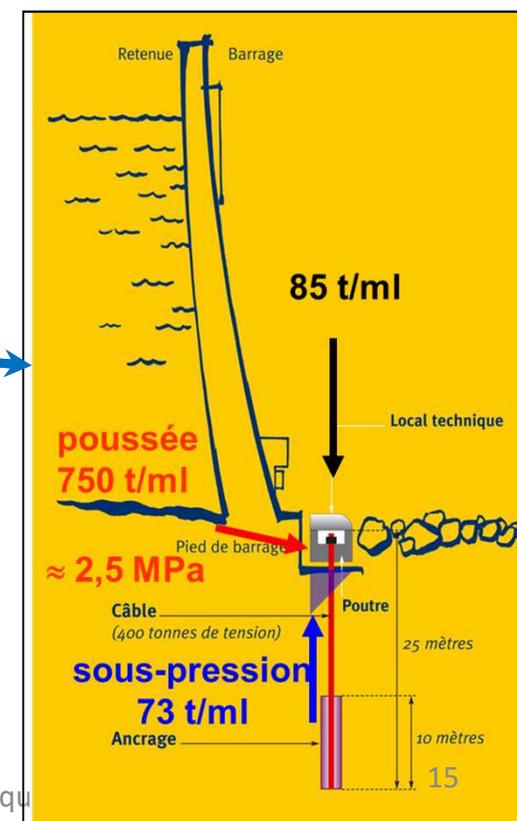
EDF crée un barrage clouté au Laouzas

CONFORTEMENT DE LA BUTEEE AVAL

■ Principe général du confortement

- Tout en s'accommodant de l'ouverture du contact et des sous-pressions, concentrer les gradients là où ils se sont imposés, et surtout pérenniser la bonne transmission des efforts vers la fondation aval, en sécurisant la butée rocheuse à l'aval des plots centraux. Pour cela :

- ❖ Dans l'immédiat, mise en place d'ancrages passifs (132) pour éviter la déstabilisation des dalles rocheuses à l'aval des plots centraux sous l'impact de la lame déversante
- ❖ Confinement du rocher par une précontrainte s'opposant aux sous-pressions résiduelles, avec une hypothèse de répartition triangulaire
- ❖ Drainage dense de toute la zone assez fortement diaclasée
- ❖ Vérification de la stabilité de la butée aval en 2D



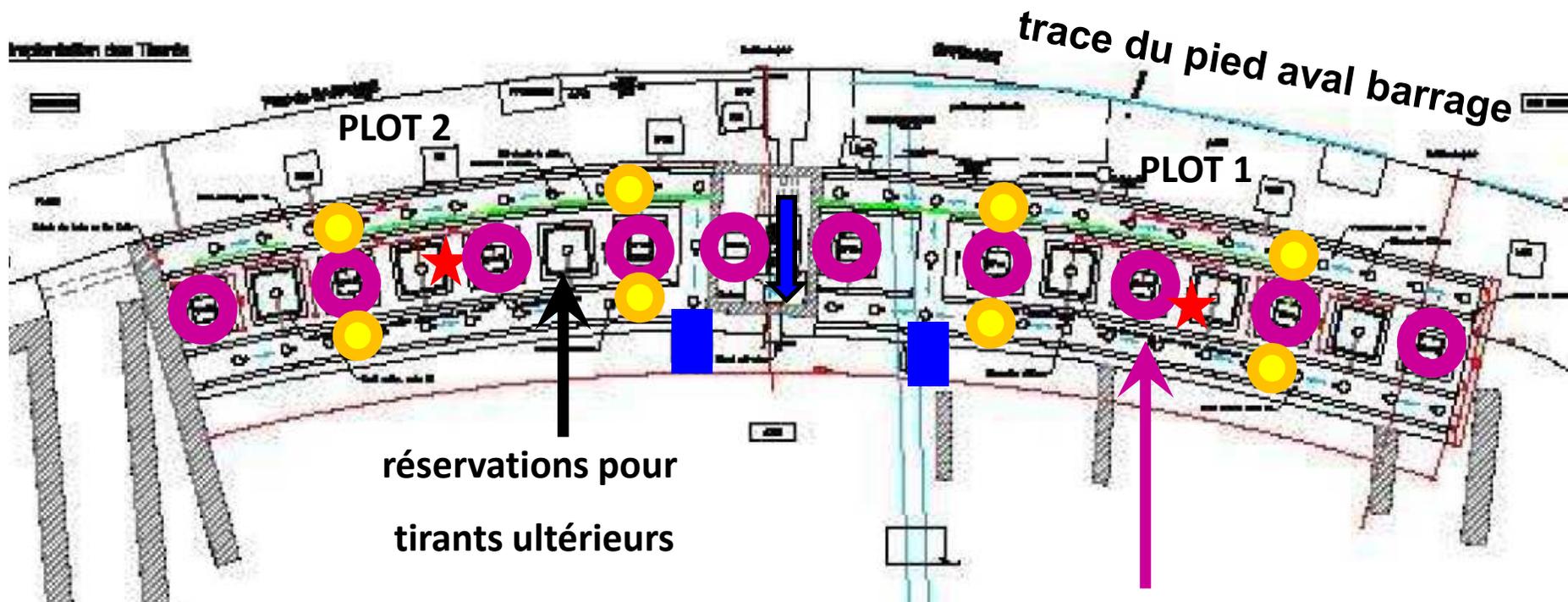
CONFORTEMENT DE LA BUTEE AVAL

- **Vue d'ensemble des deux phases de travaux**
 - Les poutres en béton armé, supports des tirants précontraints



CONFORTEMENT DE LA BUTEE AVAL

- Les poutres en béton armé au droit des plots 1 et 2, très auscultées



10 tirants 27T15.7 tendus à 300 T = 250 + 20% pertes

capacité totale 400 T - L scellement 12 m – L total 27 m

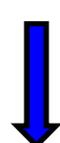


cellule de tension résiduelle



cellule de pression interstitielle

distofo



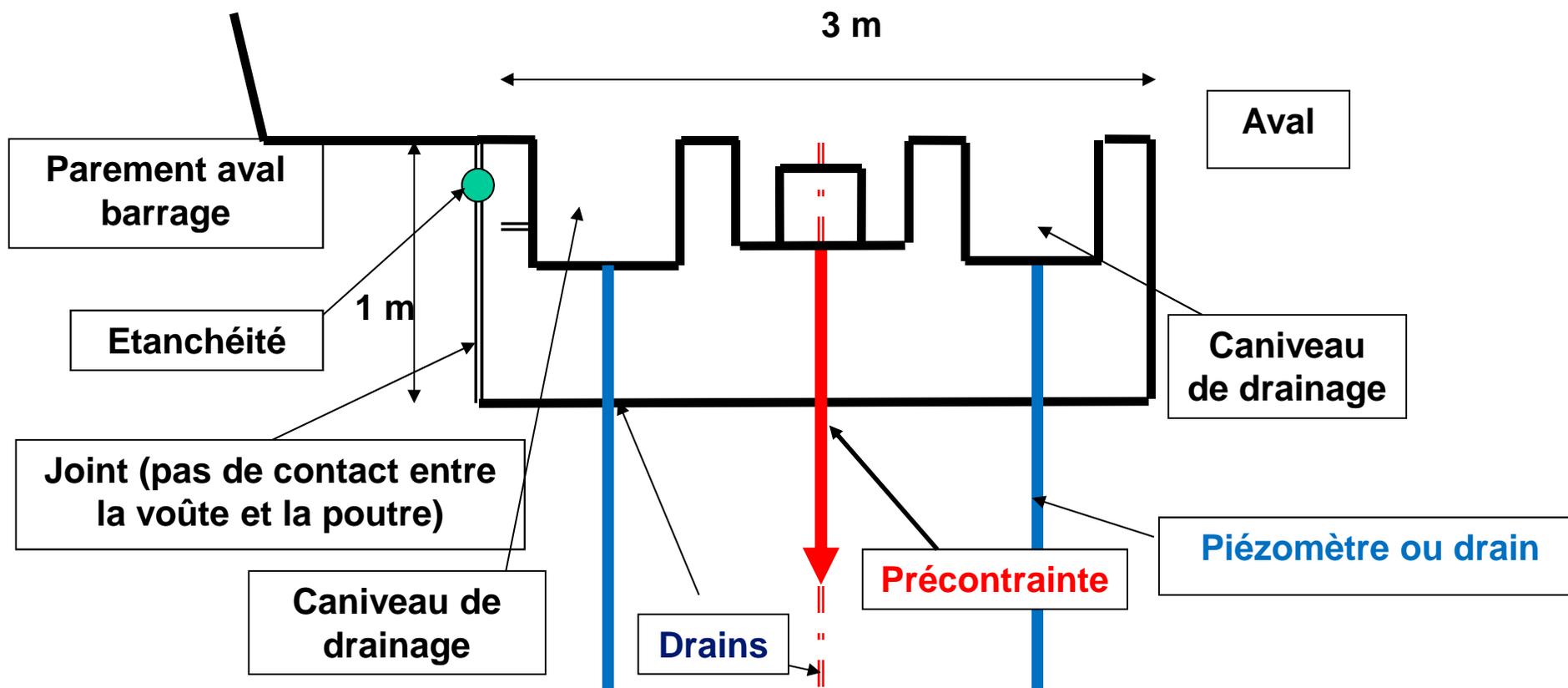
télémesure de fuite

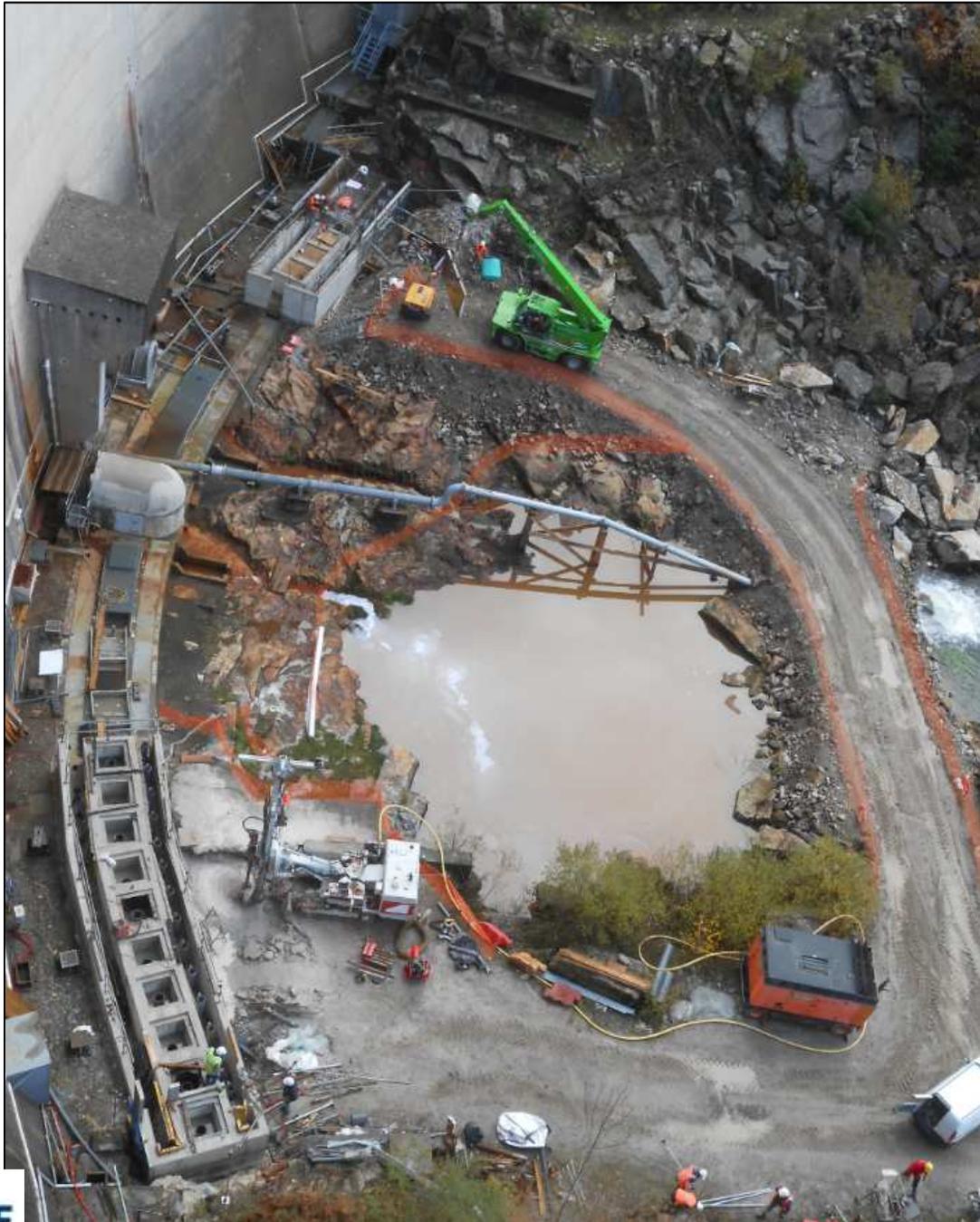
totalisateur de débit



CONFORTEMENT DE LA BUTEE AVAL

- Coupe amont-aval de la poutre en béton armé





VUE D'ENSEMBLE
DU CHANTIER
2016-2017



FERRAILLAGE DES POUTRES DE REPARTITION



TIRANT D'ESSAI PREALABLE MONTE SUR SITE



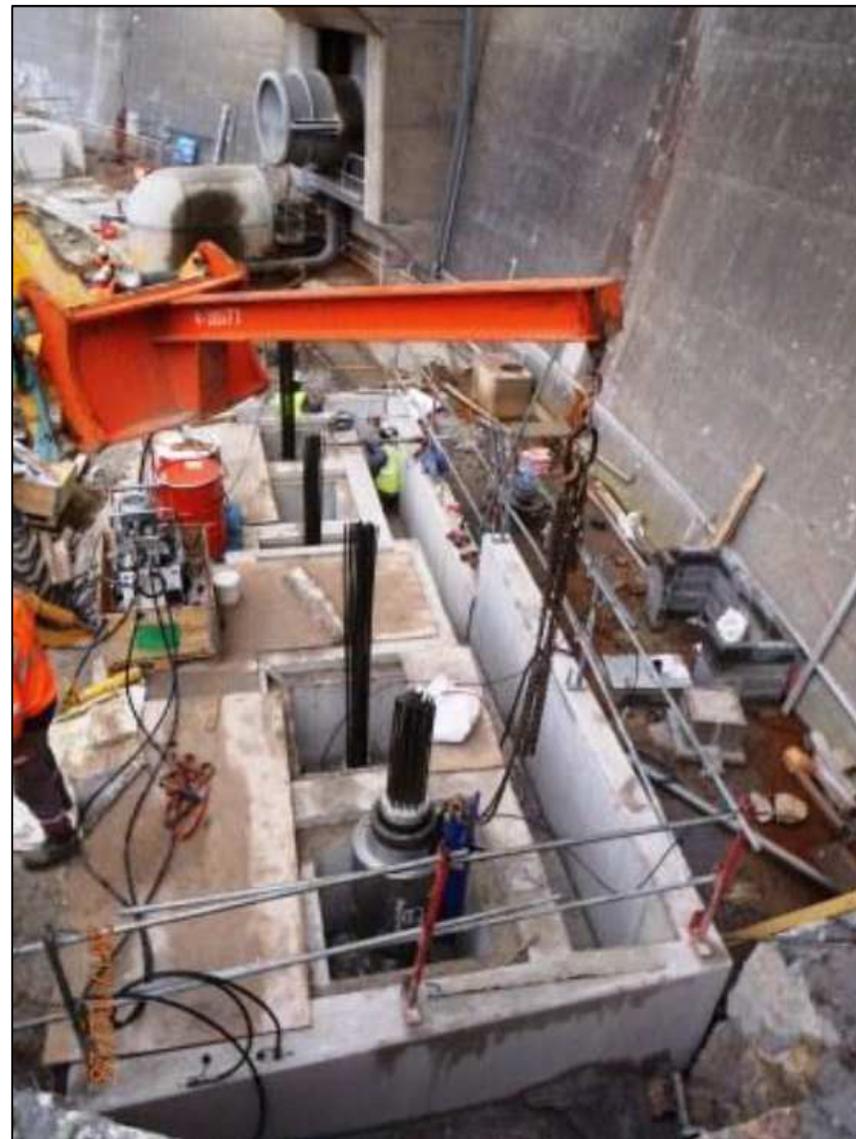
FORAGE EN PERIODE HIVERNALE – CAMPAGNE 2016-2017

INSTALLATION DES TIRANTS DEFINITIFS A LA GRUE.



SCELLEMENT DES TIRANTS





MISE EN TENSION DES TIRANTS



TETE DE TIRANT TENSION AJUSTABLE EQUIPEE D'UNE CELLULE DE MESURE.



TIRANT CAPOTE INSTALLE DANS SA RESERVATION

4. REQUALIFICATION DU BARRAGE.



REQUALIFICATION DU BARRAGE

■ Modalités

- Après la mise en service de l'ouvrage de confortement aval, un essai de montée contrôlée du niveau du réservoir jusqu'à la cote de retenue normale (775 m) a été effectué en période hivernale.

■ Déroulement de l'essai

- Entre le **13 et le 16 mars 2017**, le niveau du plan d'eau est stabilisé autour de la cote 774,85 m (RN à 775.00 m). Une fois observée la stabilité des paramètres auscultés, l'abaissement du niveau du réservoir est amorcé. Une contrainte de cote fixée à 774.40 m reste en vigueur jusqu'à **fin mars 2017**.
- Un **suivi très attentif de l'ouvrage est effectué durant cette période** (réseau d'auscultation, inspection visuelle, comparaison avec les résultats données par les modèles numériques).
- **Analyse de l'essai et clôture du processus de requalification**
 - La requalification du barrage est un succès et les contraintes d'exploitation en période hivernale sont levées.

5. CONCLUSION.



RESERVOIR DU LAOUZAS.



CONCLUSION

- **Laouzas : un barrage voûte en vallée large au comportement particulier.**
- **Un fort investissement des équipes d'exploitation et d'ingénierie d'EDF : surveiller, ausculter, analyser, comprendre, expliquer, conforter.**
- **Des modélisations numériques poussées calées sur une connaissance fine du comportement du barrage telle que traduit par le dispositif de surveillance.**
- **Une solution de confortement atypique.**
- **Un réseau d'auscultation et d'alerte performant.**
- **La sûreté de l'ouvrage démontrée par un processus de requalification sollicitant le barrage dans des conditions d'exploitation critiques.**

patrimoine

Le lac du Laouzas, un allègre cinquantenaire



27 mars 2016

MERCI !