



Barrages



Energie



Eau
Environnement



Infrastructures
et aménagements
hydrauliques



Mer et côtes



Calcul
scientifique

Le rôle du Maître d'Œuvre dans la réhabilitation des barrages

Justine FAURE – journée CFBR 2019

ISL
Ingénierie



Réhabilitation des ouvrages, Pourquoi?

• Un suivi plus ou moins rigoureux en fonction des M.O. notamment avant la rupture de Malpasset (1959). Depuis :



- CTPBOH (1966) : Les experts techniques de l'état qui nous contrôle nous B.E.
- Les services spécialisés dans les DREAL : Les experts réglementaires de l'état
- Les notions de révisions spéciales, les vidanges décennales,
- Et aujourd'hui, les études de dangers, les examens technique complet,....

• Un cadre réglementaire spécifique barrage depuis 2007 et encore en évolution (2015, 2018) :



• Décret n°2015-526

• Arrêté technique barrage (ATB 2018), EDD (sept 2018)

• Une évolution des connaissances :

- Les séismes,

les crues,

les règles et méthodes de calculs,

la prise en compte du risque



Réhabilitation des ouvrages, Pourquoi?

- **Des ouvrages vieillissants**

Les barrages en service – en France

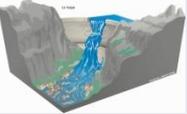
*Interventions d'ISL sur 7 des 10
barrages les plus anciens*

Barrage	Date d'achèvement
Saint Ferreol	1675
Coromb	1766
Lampy	1782
Couzon	1811
Cercey	1836
Panthier	1836
Chazilly	1837
Grosbois	1838
Korong	1840
Auzon	1845



Rôle du MOE – Réhabilitation des ouvrages

• Des enjeux pour le propriétaire, le maître d'ouvrage, l'exploitant :

Les enjeux	Les réponses du MOE
Enjeux financiers 	« Rareté » des finances publiques; Maîtriser les solutions techniques Anticiper les imprévus, les difficultés, les incertitudes
Enjeux techniques 	Atteindre les exigences essentielles de sécurité (ATB du 06 août 2018, recommandations CFBR) Fiabiliser l'exploitation et répondre aux enjeux de sûreté (amont ET aval) Faciliter l'entretien et les opérations de maintenance
Enjeux environnementaux 	Doit-on nécessairement vidanger ? Des sites à forte valeur écologique ; Des intérêts paysagers; Des nuisances durant le chantier.
Enjeux d'exploitation en phase travaux 	Une exploitation diverse de la ressource en eau de l'ouvrage : hydroélectricité, alimentation en eau potable, alimentation de canaux, irrigation, ... Modalités d'interventions à définir au plus vite pour définir les impacts, les réduire et éventuellement les compenser

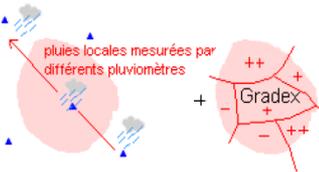
Rôle du MOE – Les études spécifiques



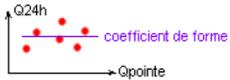
Des études spécifiques pour la définition du projet de réhabilitation :

L'évaluation de l'hydrologie pour définir les cotes de projet

Analyse statistique des pluies journalières maximales annuelles



Analyse des débits



Hydrogramme de crue de projet

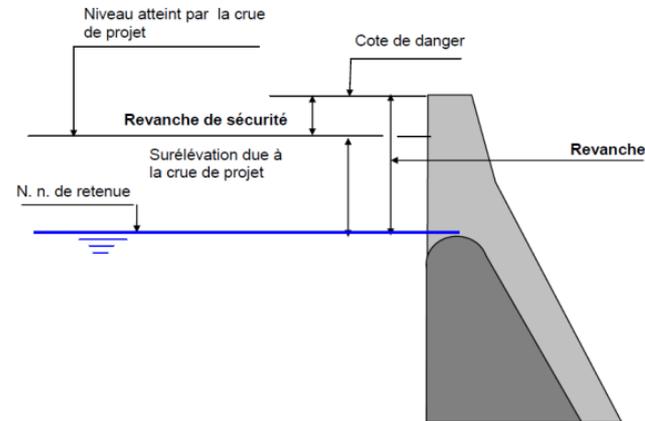
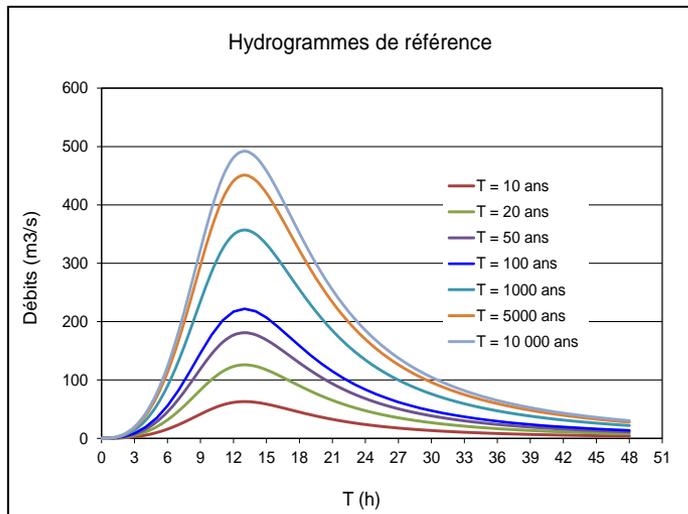
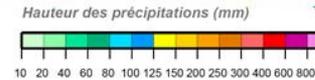
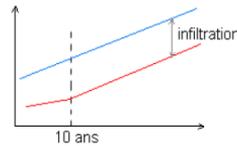
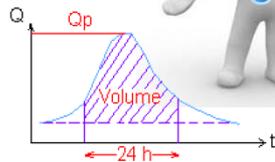


Figure 1 : Principe de raisonnement des cotes de projet (cote de Projet – cote de danger)



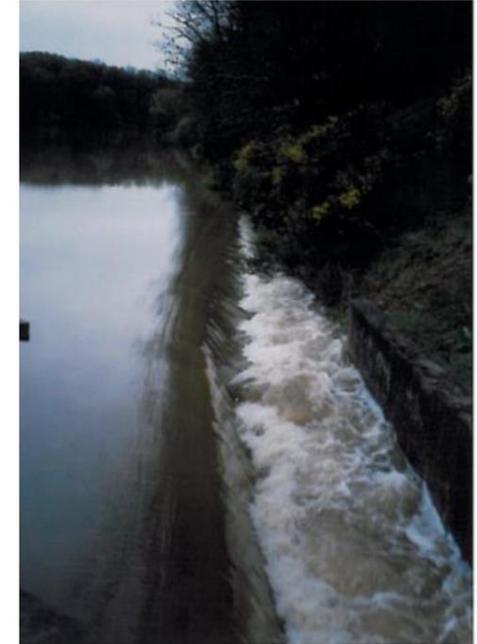
Rôle du MOE – Les études spécifiques

•Les vérifications

- Le laminage des crues : capacité de l'évacuateur de crues actuel,
- La sensibilité aux embâcles (réduction de 30%),
- probabilité de défaillance des organes mobiles (EDD)
- La revanche pour les vagues possible au barrage
- Et....Nécessité ou non de mettre à niveau l'évacuateur de crues, quelles sont les solutions?**



Barrage de Pont-et-Massène – crue de mai 2013(Source : VNF)



Barrage de Bazergues – crue 1998 –
Ennoiemment du déversoir (Source :
Mairie de Commentry)

Rôle du MOE – Etude de stabilité

- Les vérifications au glissement et/ou renversement
- Mais avant tout cela :

- La définition des paramètres structuraux : densité du barrage, caractériser le contact barrage fondation,...

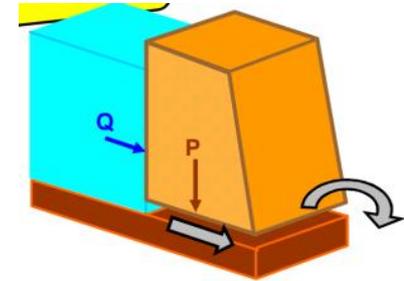
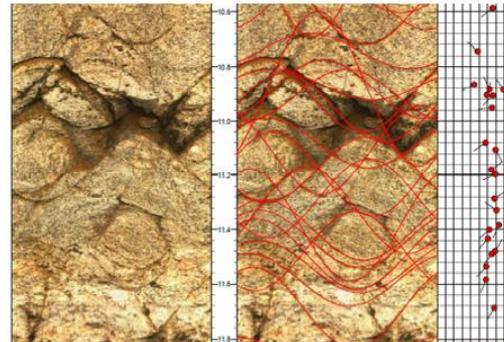
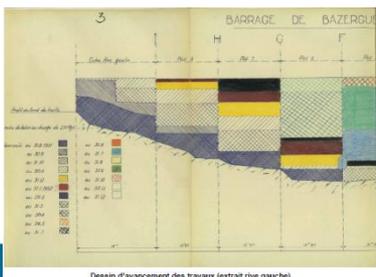
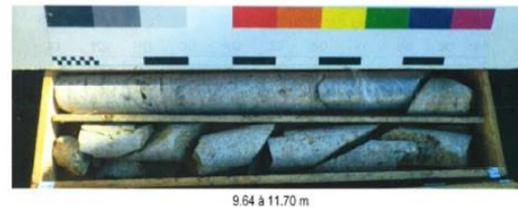
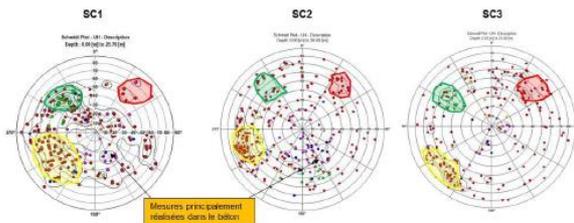
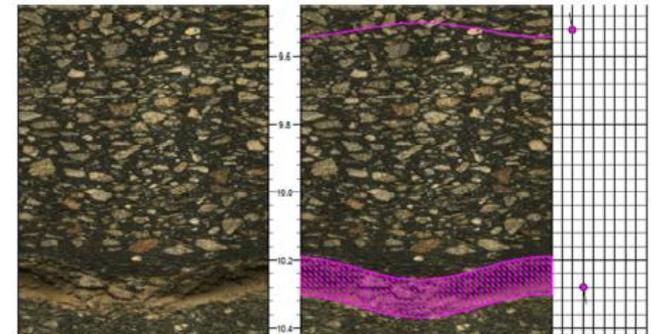


Figure 1 : Extrait de la carte géologique (feuilles Montluçon et Montaigu-en-Combrailles, 1/50 000^{ème})



9.30 à 11.30 m



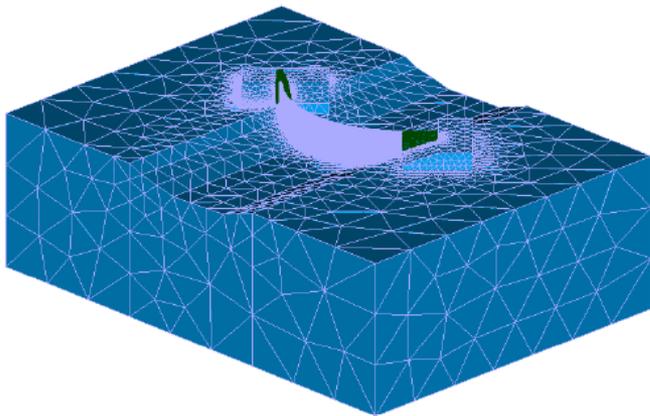
- SOIN A APPORTER AUX SONDAGES CAROTTES ($\Phi > 110$ mm, limiter les vitesses et pressions des outils,...
- Croiser plusieurs approches pour la densité,
- Imagerie en forages,



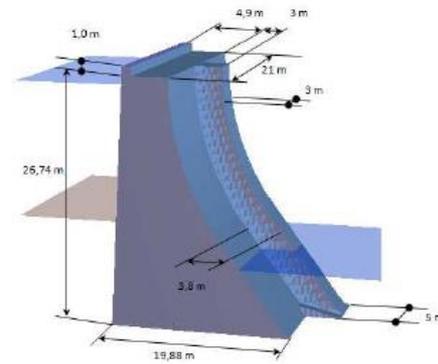
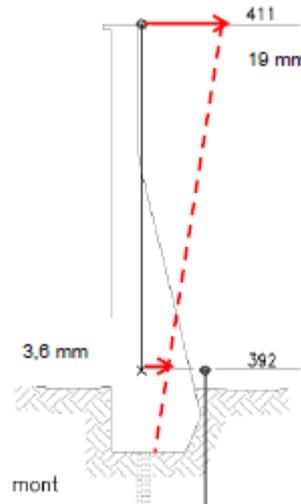
Rôle du MOE – Etude de stabilité

• La modélisation et les hypothèses de modélisation :

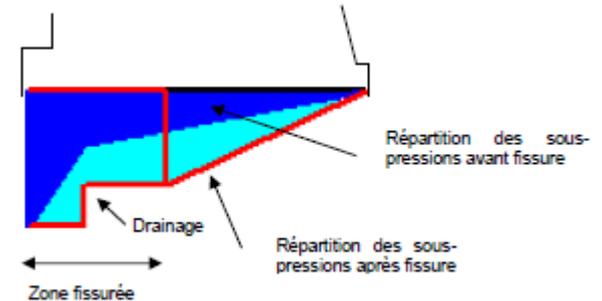
- Modèles géotechniques retenus,
- Géométrie de l'ouvrage : plan d'archives (cote du contact barrage/fondation, section de l'ouvrage)
- Type de modélisation : 2D, 3D?
- Calage du modèle : utilisation des données d'auscultation : déplacements de l'ouvrage (pendules), niveaux de sous-pressions (piézomètres, cellules de pression,...), efficacité du drainage (évolution des débits de drainage,...)
- Sollicitations : RN, PHE, thermique (été),...



Barrage de Bazergues– maillage du modèle 3D



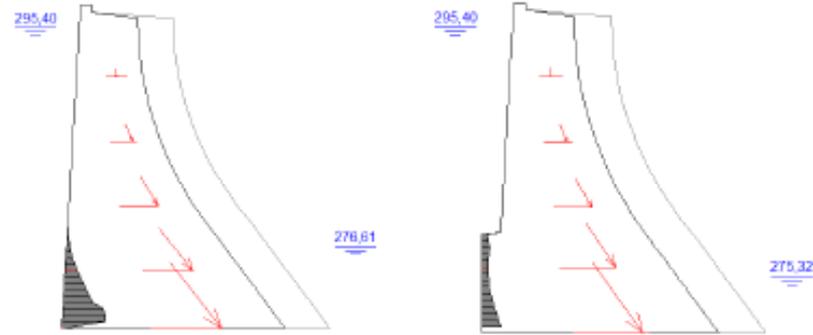
Barrage de Pont-et-Massène– STAB3D^{SL}





Rôle du MOE – Etude de stabilité

• L'analyse de la stabilité



La fissuration du parement amont à la situation RN indique qu'un confortement est à réaliser.

• Analyse paramétrique :

- Influence des hypothèses retenues (couple c'/φ'), niveaux de sous-pressions (qu'est ce qui se passe réellement?)

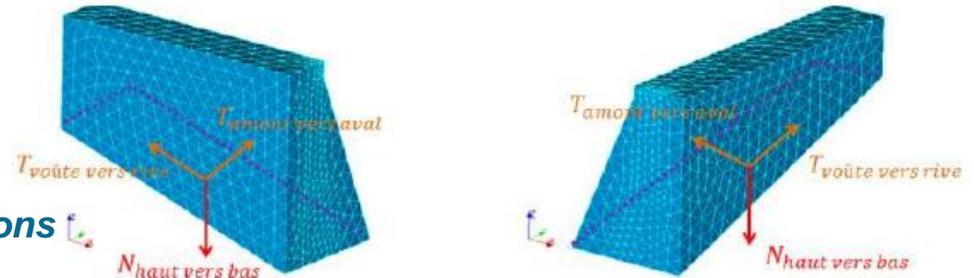


Figure 24 : Efforts résultants à l'interface voûte culée

- **Nécessité de conforter ?**
- **Quel type de confortement?**



Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

- **Les questions du MOA ?**

Quelles solutions pour mettre à niveau l'ouvrage?



Quelles sont les risques ? Crues lors du chantier, Nuisances, dépassement des délais,...

*Quelles sont les conditions de réalisation : vidange?
Abaissement du plan d'eau?*

- **Le Maître d'Œuvre (pluridisciplinaire) :**



Etudes multicritères des solutions à envisager (rôle de conseil)

Conditions d'exécution / risques pour l'ouvrage en phase chantier

Planning/délai

Estimation financière

Dossier autorisation environnemental : intégration paysagère de l'ouvrage, incidence de la vidange, présence d'espèces protégés

Présence à pied d'œuvre lors du chantier

Gestion administrative et contractuel du chantier



Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

Deux exemples de réhabilitation / Deux projets très différents :

Barrage	Barrage de Pont-et-Massène : Classe : B Type : Barrage poids en maçonneries à contreforts	Barrage de Bazergues Classe : B Type : Barrage voûte en béton
Quelles problématiques ?	<i>Stabilité</i> <i>Capacité d'évacuation</i> <i>vannes, dispositif d'auscultation</i>	<i>Stabilité</i> <i>Capacité d'évacuation</i>
Confortement de l'ouvrage	Voile d'injection en fondation 199 forages (2760 ml) – 16 m ³ de coulis Drainage en fondation 113 drains de fondation (2235 ml) Amélioration de l'étanchéité par géomembrane	Tirants d'ancrage dans les culées : 7 tirants de 400 T
Capacité d'évacuation	Mise à niveau complète de l'évacuateur de crues : 2 clapets + 3 hausses fusibles, Reprofilage complet du coursier: <i>Sous PHE, débitance de 545 m³/s</i> <i>Basculement de la 1^{ère} hausse pour une période de retour 100 ans</i>	Mise à niveau complète de l'évacuateur de crues : Allongement du seuil déversement Elargissement du coursier <i>Sous PHE, débitance de 46 m³/s</i>
Conditions d'intervention	En vidange	En eau (en période hydrologique favorable)
Budget	11 m d'€	2,5 M d'€
Période	Confortement (2015-2017) Travaux paysagers (2017-2018)	2018 - 2019



Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

• Les batardeaux de chantier :

Pont-et-Massène:



Figure 1 : Dérivation de eaux par la dérivation provisoire en phase d'assec



Figure 2 : Dérivation des eaux par la vidange de fond avec dispositif de pompage

Bazergues :



• Les crues de chantier :

Pas de crues durant le chantier:

1^{ère} crue lors de l'inauguration de l'ouvrage



Pas de crues durant le chantier.

Evacuateur de crues n'a pas encore déversé



Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

• Les travaux sur l'évacuateur de crues:

Pont-et-Massène:

Avant



Bazergues :

Avant



Durant :



Durant :





Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

• Les travaux sur l'évacuateur de crues:

Pont-et-Massène:

Après



Bazergues :

Après





Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

• Les travaux de confortement :

Pont-et-Massène:



Bazergues :





Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

• Les travaux de confortement :

Pont-et-Massène:



Bazergues :





• Les travaux de confortement

Pont-et-Massène:



Figure 9 : Contact barrage/fondation dans la partie centrale



Figure 10 : Contact seuil évacuateur RD /fondation avant réalisation de la plinthe



Figure 11 : Cage de ferrailage de la plinthe en zone centrale

Bazergues :





Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

• Les travaux de confortement :

Pont-et-Massène:



Figure 6 : Drain D34

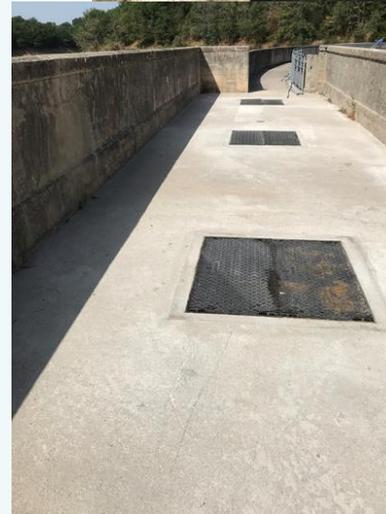


Figure 7 : Drain D22



Figure 8 : Equipement provisoire du drain D71 avec manomètre

Bazergues :





Rôle du MOE – Projet de réhabilitation

Pont-et-Massène:



Bazergues :





Merci



Justine FAURE, ENSE3 2010