

AMENAGEMENTS DE CHAUTAGNE

Raccordement des digues pour la navigation fluviale



B.CHALUS

SOMMAIRE

1. Présentation générale du projet
2. Contraintes / Problématique du raccordement
3. Phase conception
4. Organisation et déroulement du chantier
5. Synthèse

Principaux acteurs du projet

MOA : CNR – Lyon

MOE : CNR Ingénierie – Lyon

Exploitant : CNR – Direction Régionale de Belley

Groupement d'entreprises : Léon-Grosse / FAMY

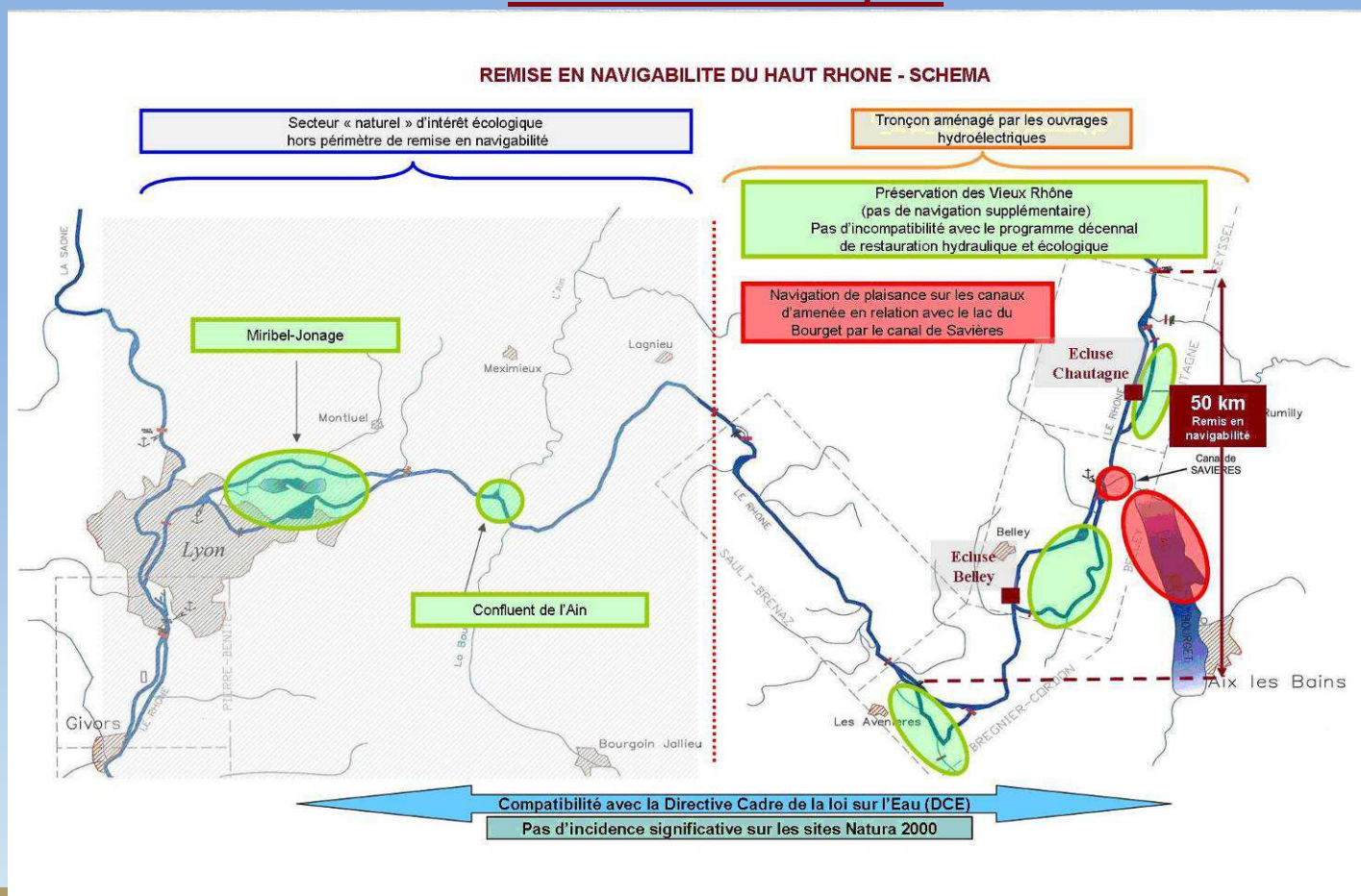
Aménagements sur le Rhône amont

Ecluses de Chautagne : Raccordement de digues

1 – Présentation générale du projet

MISSIONS D'INTERET GENERAL (MIG)

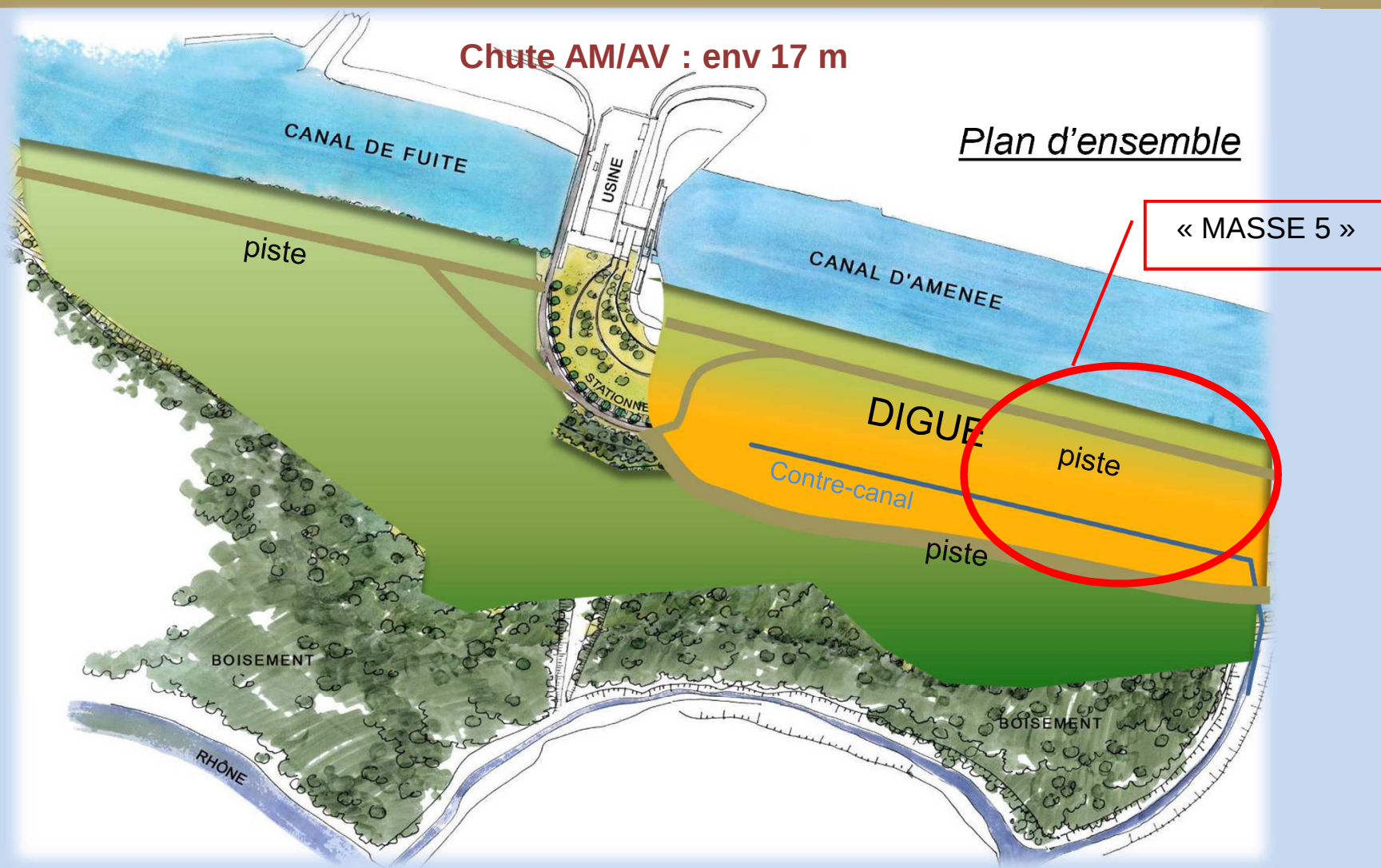
Remise en navigabilité du Haut Rhône à des fins touristiques



Aménagements sur le Rhône amont

Ecluses de Chautagne : Raccordement de digues

1 – Présentation générale du projet



Principales dates

2000 – APS

2004 – 2006 : Projet (y compris modèle physique)

2007 – Phase de consultation / sélection des entreprises

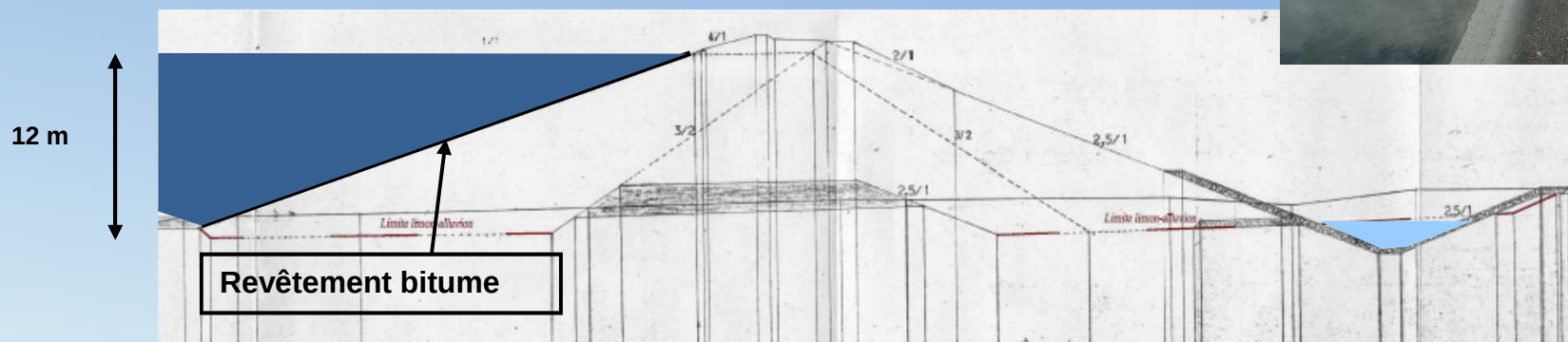
2008 – 2009 : Travaux (lot GC/terrassements)

Mai/juin 2009 (3 sms) : Ouverture et raccordement digues (« Masse 5 »)

Juin 2010 : autorisation DREAL de mise en service des écluses
(Chautagne et Belley)

Un impératif : la continuité d'étanchéité du canal

- Géologie : couche de graviers sur + de 100 m de profondeur
- Canal existant étanche :
 - Revêtement bitumineux sur les talus côté canal
 - Limons sur le fond
- Quelle étanchéité prévoir : limons, bitume, béton ?



Raccordement de deux types de digues

Existante : Digue gravier sans noyau étanche « avéré »

Profil existant talus aval 3/1

A créer : Noyau limon envisagé dans les 1ères études

Profil mis en œuvre avec risberme et 4/1

(équilibre du mouvement des terres)

2) Phasage / méthodologie : plusieurs solutions avancées, par ordre chronologique :

Solution 1 - Mise en œuvre d'un rideau de palplanches, puis travaux sous eau et à sec :

↳ Pas d'arrêt usine

↳ Etanchéité sous eau (?) et jonction d'étanchéité

Solution 2 - Mise en œuvre d'un rideau de palplanches, avec :

↳ Abaissement du niveau du canal de 1,5 à 2 m

↳ Arrêt partiel d'usine (1 groupe)

↳ Travaux d'étanchéité à sec, mais raccords sous eau (PP)

Solution 3 - Mise en œuvre d'un **batardeau** sur le canal :

↳ Abaissement partiel du niveau du canal (sur 5 m),

↳ Arrêt total d'usine

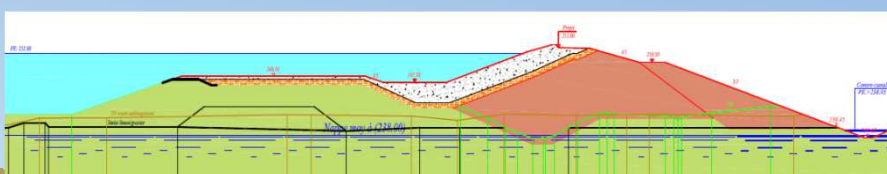
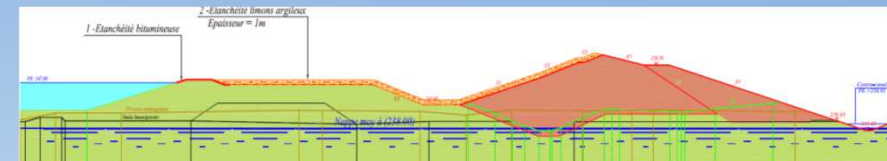
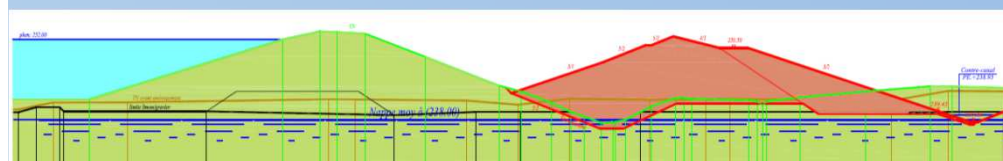
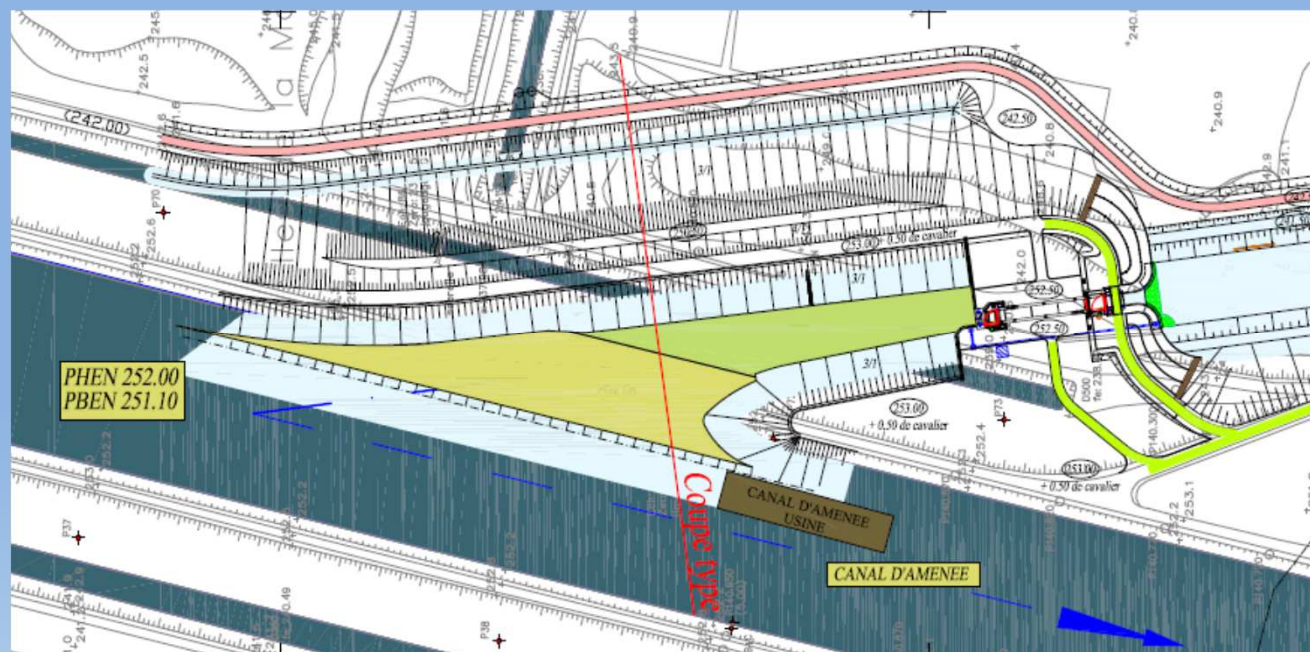
↳ Tous les travaux sont réalisés à sec

Aménagements sur le Rhône amont

Ecluses de Chautagne : Raccordement de digues

3 – Phase conception, dimensionnement

Solution n°3 :



Solution n°3 retenue : Abaissement du canal avec arrêt total d'usine (21 j)

	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
	18/5	19/5	20/5	21/5	22/5	23/5	24/5	25/5	26/5	27/5	28/5	29/5	30/5	31/5	1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6	7/6
PLANIFICATION PREVISIONNELLE																					
Réalisation batardeau (2 postes)																					
Ouvrage remplissage																					
Vidange (2 postes)																					
Ouverture /Terrassements digue (3 postes)																					
Réalisation étanchéité enrobés (2 postes)																					
Protection berges (2 postes)																					
Remplissage canal (2 p.)																					
OBS																					
Repli batardeau (2 postes)																					

Solution n°3 retenue : Abaissement du canal avec arrêt total d'usine

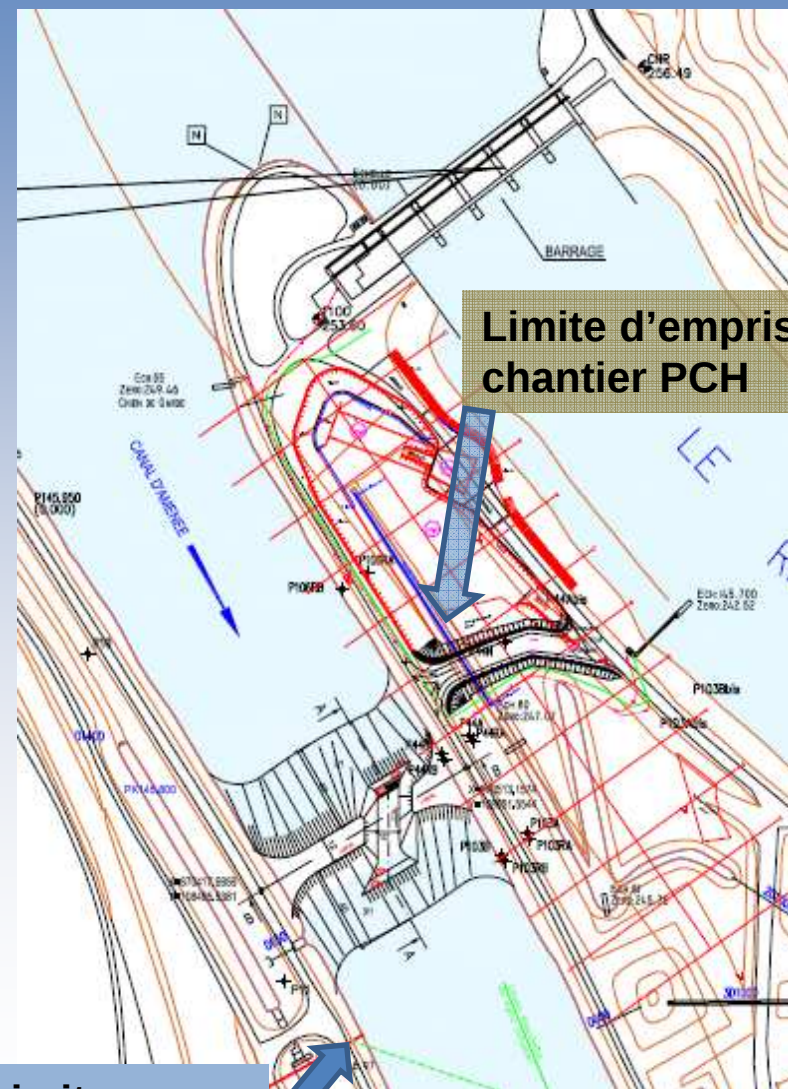
Cette solution nécessite, en phase préalable :

- ✓ Une étude de conception pour le **batardeau** (implantation, constitution, stabilité,...)
- ✓ Une étude hydraulique pour les phases d'**abaissement** / maintien de niveau du canal
- ✓ L'analyse/étude du **raccordement des étanchéités** (géométrie)
- ✓ Une étude hydraulique pour la phase de **remplissage**
- ✓ Une étude spécifique pour la faisabilité d'une vidange par les organes hydromécaniques de l'usine (Evacuateur, groupe,...)
- ✓ Une étude hydrologique pour :
 - ✓ Identifier et caler la période la plus favorable pour l'opération
 - ✓ Suivre les niveaux instantanés en période de travaux

Aménagements sur le Rhône amont

Ecluses de Chautagne : Raccordement de digues

3 – Phase conception, dimensionnement

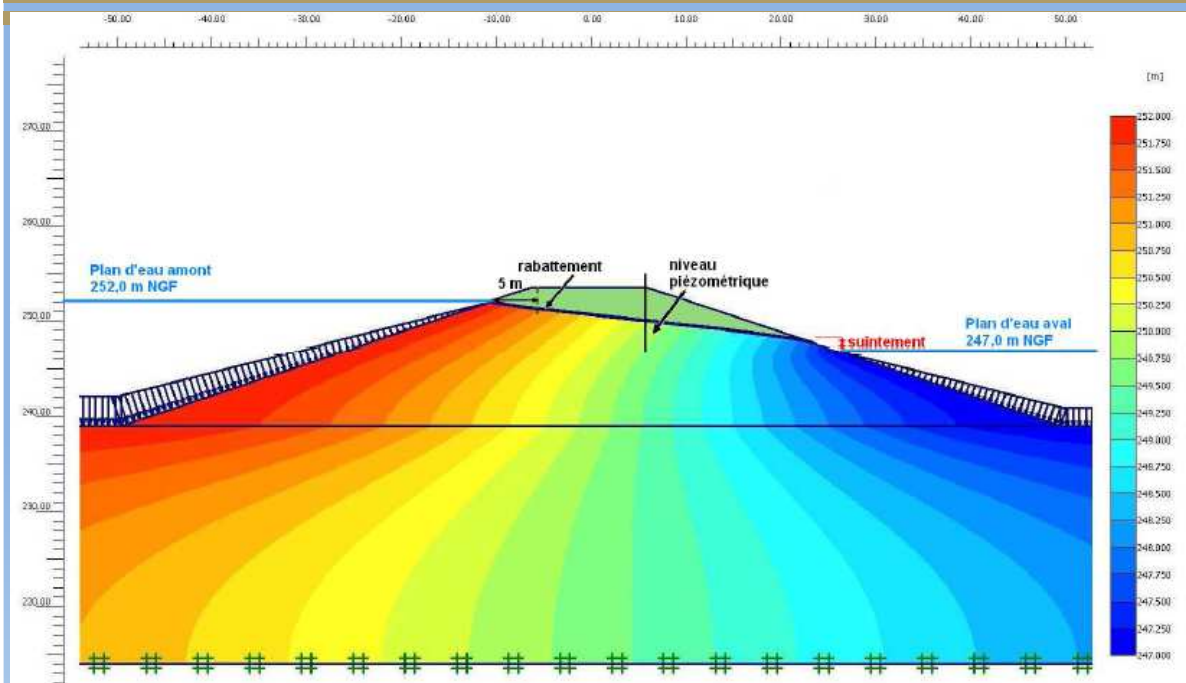


Grenoble, le 31 janvier 2013

Aménagements sur le Rhône amont

Ecluses de Chautagne : Raccordement de digues

3 – Phase conception, dimensionnement



CAS 2	γ_{sat} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	k_h m/s	k_v m/s	ν	E kN/m ²	c kN/m ²	ϕ °
Graviers (batardeau)	19	21	10^{-2}	10^{-3}	0,3	50000	0,1	30°
Graviers (fondation)	19	21	10^{-3}	10^{-4}	0,3	50000	0,1	32°

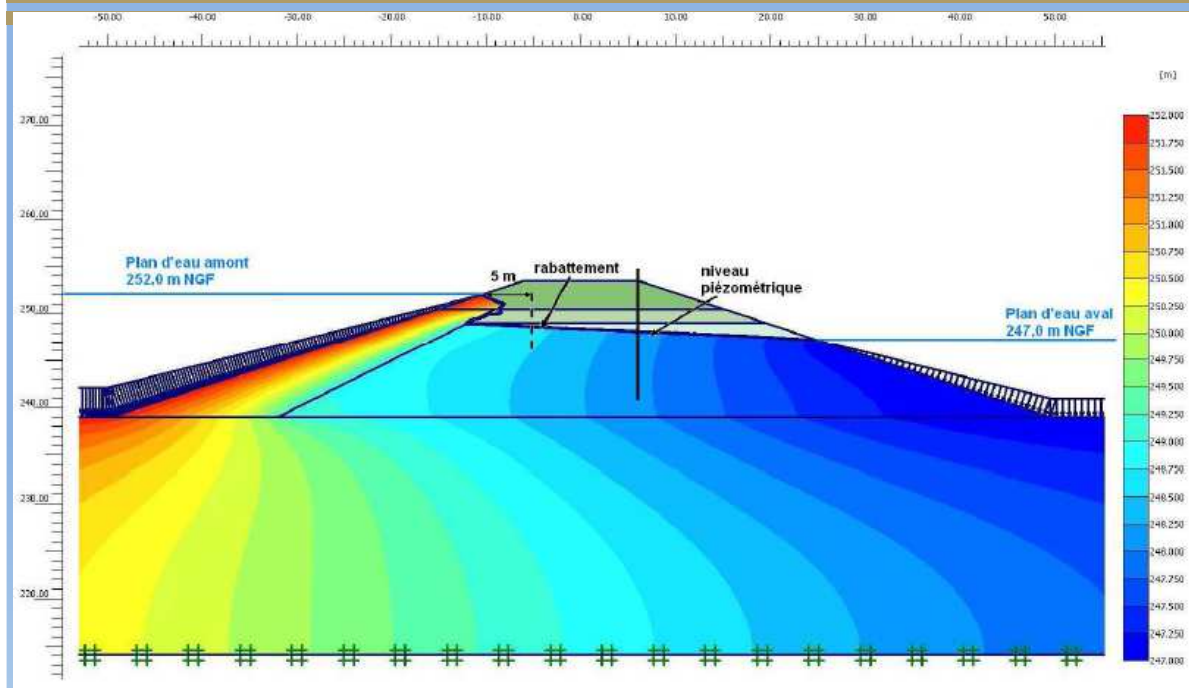
PHASES		Ecoulements			Coefficient de sécurité PLAXFLOW-PLAXIS
Niveau amont	Niveau aval	Vitesse	Gradient hydraulique	Débit de fuite	
m NGF	m NGF	m/s	$i = v/k$	m ³ /s (linéaire de 100 m)	
252.0	de 250,5 à 249,5	$1,5 \cdot 10^{-3}$	0,15	0,63	1,40
252.0	de 249,5 à 248,5	$2,1 \cdot 10^{-3}$	0,21	0,85	1,29
252.0	de 248,5 à 247,5	$3,4 \cdot 10^{-3}$	0,34	0,96	1,04
252.0	de 247,5 à 247,0	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,30	0,11	1,07
252.0	stable à 247,0	$3,0 \cdot 10^{-3}$	0,30	0,11	1,03

Charge hydraulique			
Niveau de rabattement (à 5 m du plan d'eau amont)	Niveau prévu au piézomètre	Charge restante (2/3 aval)	Suintement (vertical)
m NGF	m NGF	%	m
251,50	250,70	20	0
251,40	250,25	28	0,5
251,30	250,00	28	0,7
251,25	250,00	30	0,8
251,25	250,00	30	1,0

Aménagements sur le Rhône amont

Ecluses de Chautagne : Raccordement de digues

3 – Phase conception, dimensionnement



CAS 3	γ_{unsat} kN/m ³	γ_{sat} kN/m ³	k_h m/s	k_v m/s	ν	E kN/m ²	c kN/m ²	ϕ °
Matériaux déversés (batardeau)	19	21	10^{-2}	10^{-3}	0,3	50000	0,1	30°
Matériaux fins (batardeau)	19	21	$5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	0,3	50000	0,1	30°
Matériaux densifiés (batardeau)	19	21	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	0,3	50000	0,1	35°
Matériaux compactés (batardeau)	19	21	10^{-3}	10^{-4}	0,3	50000	0,1	35°
Graviers de fondation	19	21	10^{-3}	10^{-4}	0,3	50000	0,1	32°

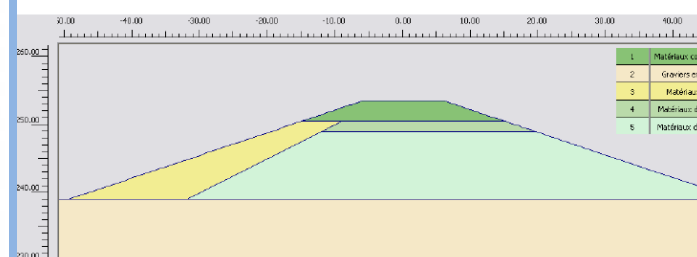


Schéma du batardeau

PHASES		Ecoulements			Coefficient de sécurité PLAXFLOW-PLAXIS
Niveau amont	Niveau aval	Vitesse	Gradient hydraulique	Débit de fuite	
m NGF	m NGF	m/s	$i = v/k$	m ³ /s (linéaire de 100 m)	
252.0	de 250,5 à 249,5	$0,8 \cdot 10^{-3}$	0,16	0,23	1,62
252.0	de 249,5 à 248,5	$1,7 \cdot 10^{-3}$	0,17	0,31	1,60
252.0	de 248,5 à 247,5	$1,4 \cdot 10^{-3}$	0,14	0,36	1,50
252.0	de 247,5 à 247,0	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0,16	0,41	1,48
252.0	stable à 247,0	$2,8 \cdot 10^{-3}$	0,28	0,37	1,50

Charge hydraulique			
Niveau de rabattement (à 5 m du plan d'eau amont)	Niveau prévu au piézomètre	Charge restante (2/3 aval)	Suintement (vertical)
m NGF	m NGF	%	m
250,25	250,00	10	0,20
249,50	248,90	7	0,10
248,75	248,50	11	0
248,55	248,10	10	0
248,50	248,00	10	0

Abaissement du plan d'eau

Données d'entrée :

- De la cote (252) à la cote (247)
- Dimensions du canal : $L = 5,1 \text{ km}$ | $I = 90 \text{ m}$ talus à 3/1
- Gradient « visé » : 13 cm/h

Soit :

- Un volume de 2 000 000 m³ d'eau à vider
- Une durée d'environ 40 heures pour vider (à gradient constant)
- Un débit de vidange moyen de 13 m³/s

Abaissement du plan d'eau

Solutions de base retenue : MIXTE

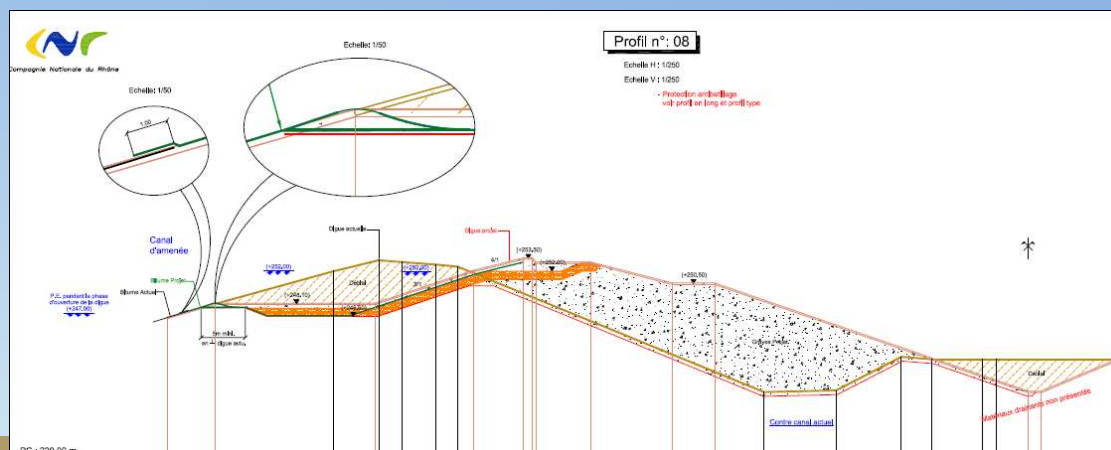
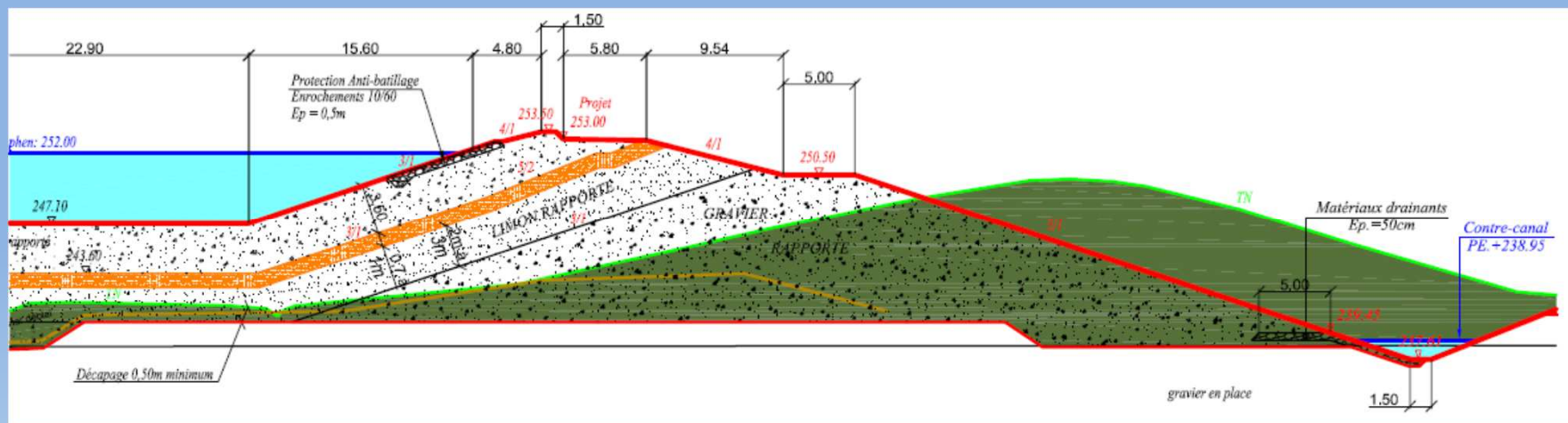
- ✓ Abaissement préalable de plan d'eau (barrage) jusqu'à la cote (250,50),
- ✓ Evacuateur de corps flottants (usine) jusqu'à la cote (247,95), soit 1 400 000 m³
- ✓ Pompage à débit constant : 2 m³/s sous la cote (247,95), soit 300 000 m³
- ✓ Pompage de maintien à la cote (247)

Avantage : pas de grosse interaction vis-à-vis de l'exploitant

Inconvénients : Délai initial dépassé, pour atteindre la cote (247)
Pas de capacité de réaction en cas de fuite du batardeau ou de défaillance

Conclusion : il faut une solution de secours

Raccordement de digues



4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

Documents d'organisation

MOE, le MOA et l'Exploitant :

- ⇒ Note d'organisation spécifique – Travaux de la « Masse 5 »
- ⇒ Revue de conception
- ⇒ Planification
- ⇒ Annexes : différents rapports d'étude + gestion de crise

MOE et l'entreprise :

- ⇒ Plans d'exécution
- ⇒ Procédures d'exécution spécifiques entreprise
- ⇒ Information / analyse de risques

MOE

- ⇒ Planning des contrôleurs (travail en 2x8 voire 3x8)
- ⇒ Fiche de suivi du programme d'abaissement
- ⇒ Fiche de suivi du fonctionnement du batardeau

4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

Surveillance du batardeau :

Repérage rapide

Moyens d'auscultation (fluvial)

Critères de vigilance :

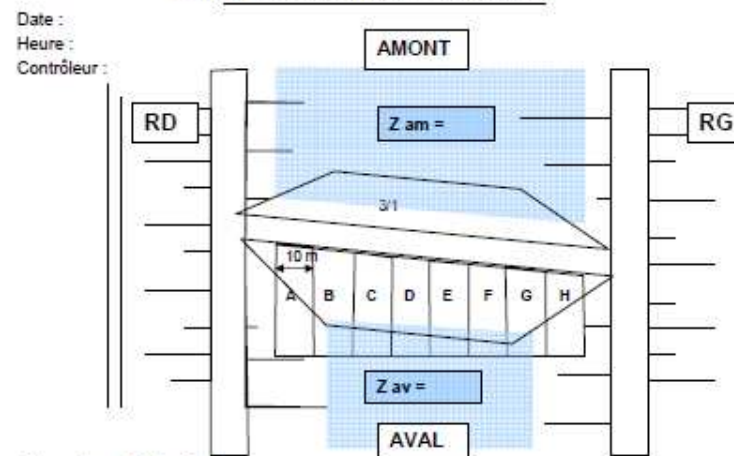
- ✓ Venues d'eau
- ✓ Érosions localisées
- ✓ Amorces de cercles/loupes...

Mesures piézométriques :

Seuils de vigilance

Seuils d'alerte

ECLUSES DE CHAUTAGNE - MASSE 5 FICHE D'OBSERVATION Batardeau n°



Observations / Piézométrie

Digue Rive droite :

Digue Rive gauche :

Crête Batardeau

Tassements, fontis OUI ☐ NON ☐

Amorce cercle de glissement OUI ☐ NON ☐

Talus aval Batardeau

	A	B	C	D	E	F	G	H
Venue d'eau (O/N)								
Largeur de bande								
Hauteur approchée								
Erosion/ravinement (O/N)								
Turbidité (O/N)								

Piézométrie

Lecture Niveau Piézo 1 Batardeau :

Charge restante 1 : %

Lecture Niveau Piézo 2 Batardeau :

Charge restante 2 : %

Lecture Niveau Piézos DIGUE :

Observations complémentaires :

Contre canal RG :

Contre canal RD :

Digue RG :

Digue RD :

4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

Risques et dysfonctionnements – extrait de la grille d'analyse

aléas et dysfonctionnements	mesures et observations	risques et enjeux	mesure corrective	mesure d'urgence
Aléas pluviométrique				
pluie moyenne	constat	retard pour les bitumes	rattrapage planning	RAS
forte pluie durable	constat	retard pour les bitumes et les limons	Décalage de la remise en service	RAS
Aléa Hydrologique				
Très forte crue annoncée	Avis CGPR	Trop d'aléas	On ne lance pas l'OS	Report
petite crue 800 < < 1100 m3/s	prévision CGPR + constat	légère aggravation des écoulements du Rhône	Maintien de l'abaissement à (250,50) après examen des impacts	
forte crue > 1100 m3/s	prévision CGPR + constat	aggravation des écoulements du Rhône non enlèvement des buses si non abaissement à (250,50)	report	Décision à prendre
Aléas environnement				
	MES dans le VR trop fortes	non enlèvement des buses si non abaissement à (250,50)	relèvement retenue	Priorité à fixer
Aléas fuites batardeau				
Fuites trop importantes	- Pompage insuffisant - abaissement impossible ou très lent	Retard cumulé Cote objectif non atteinte (247,50)	Recharge amont batardeau en sablo-limoneux Complément de pompage travaux possibles à (247,80) limite	Passage par le groupe en déchargeur non couplé
Aléas dégradation du batardeau en partie courante	Visites d'inspection + mesures	- Dégradation par érosion régressive - Dégradation brutale - Rupture	- Recharge amont en sablo-limoneux - Arrêt abaissement canal	- Evacuation contrôlée - Evacuation d'urgence

Quelques paramètres à prendre en compte pour la programmation et la sécurité de l'opération :

✓ L'hydraulicité :

- Mois les plus favorables : mai et octobre

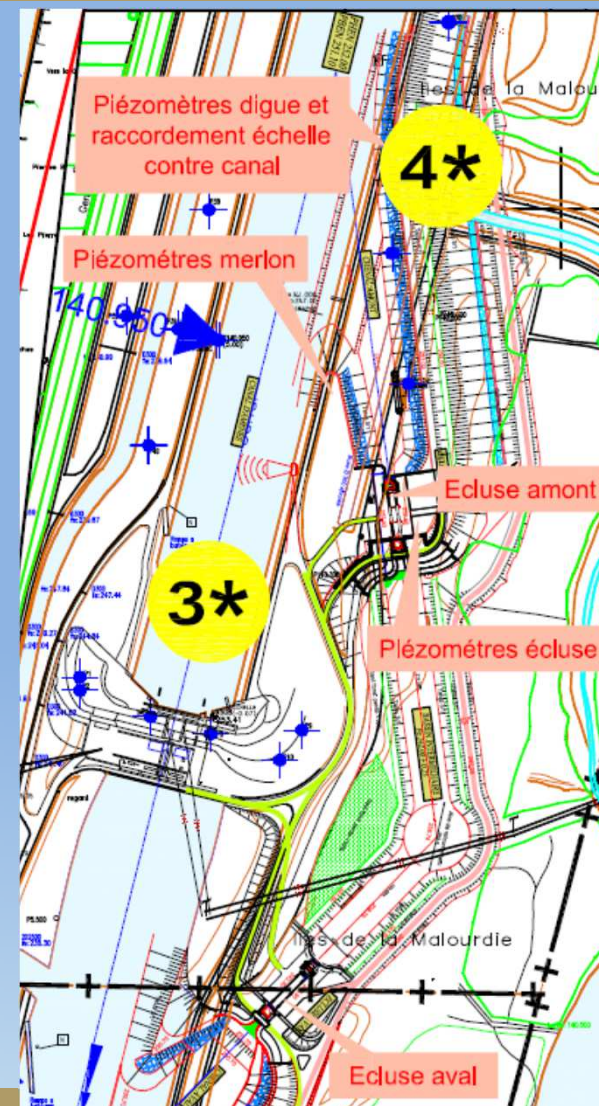
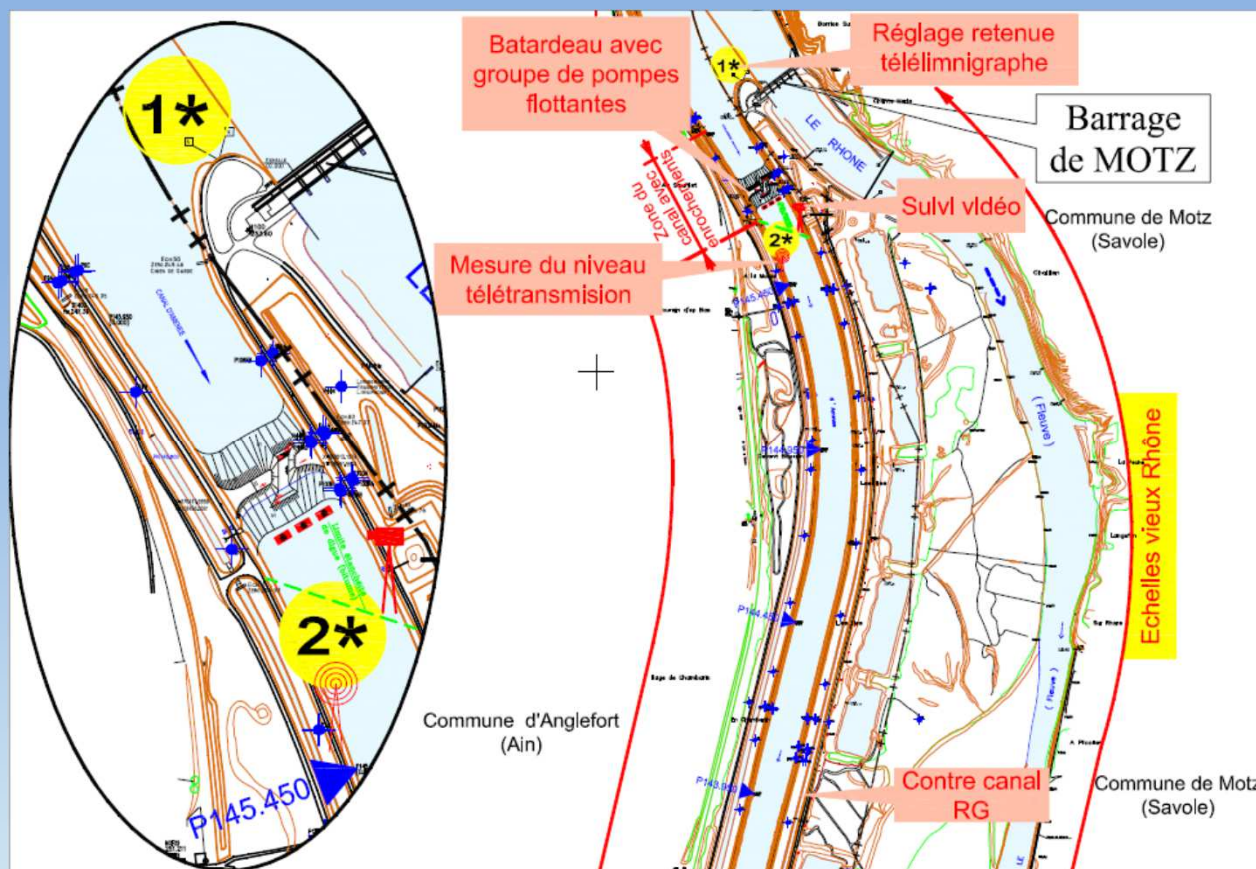
✓ Fuites sur le batardeau

✓ Rupture du batardeau : calcul de l'onde de propagation (7 à 15 min)

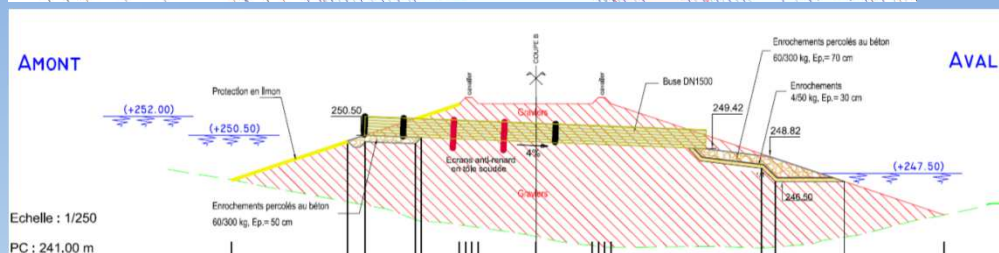
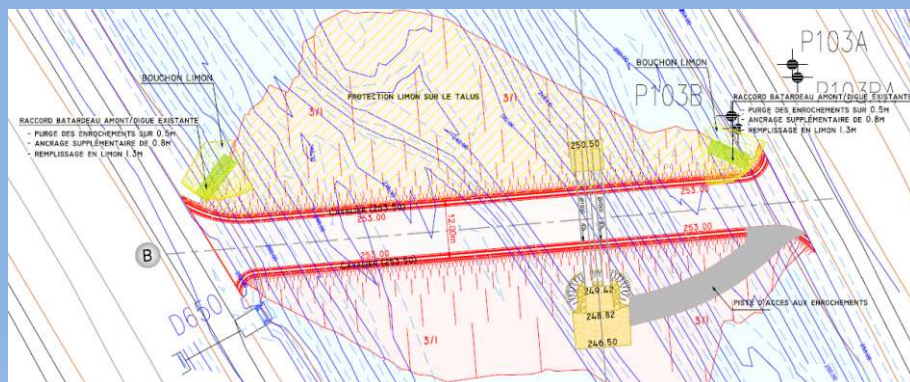
✓ Sécurité : dispositif d'alerte sonore et visuel (déclenchement par poires de niveau)

4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

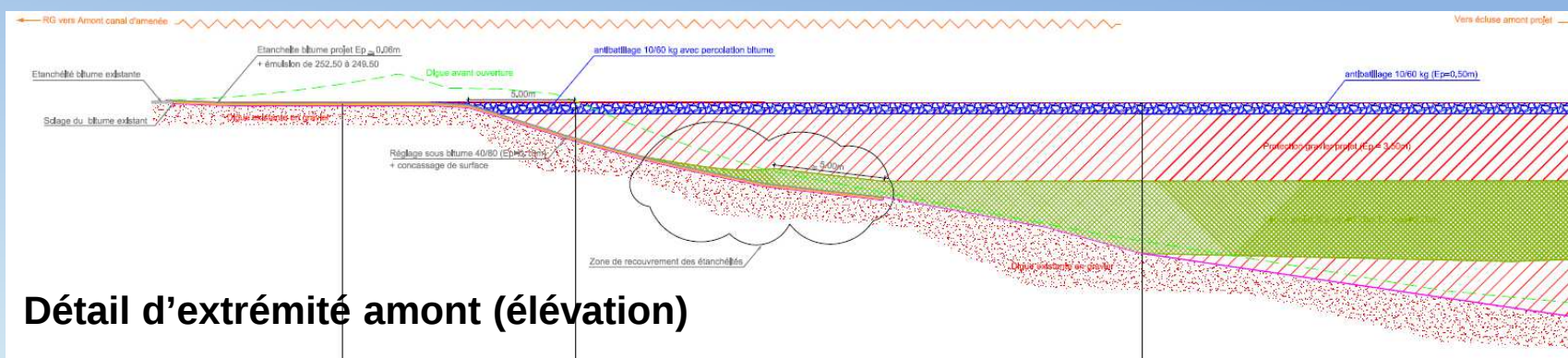
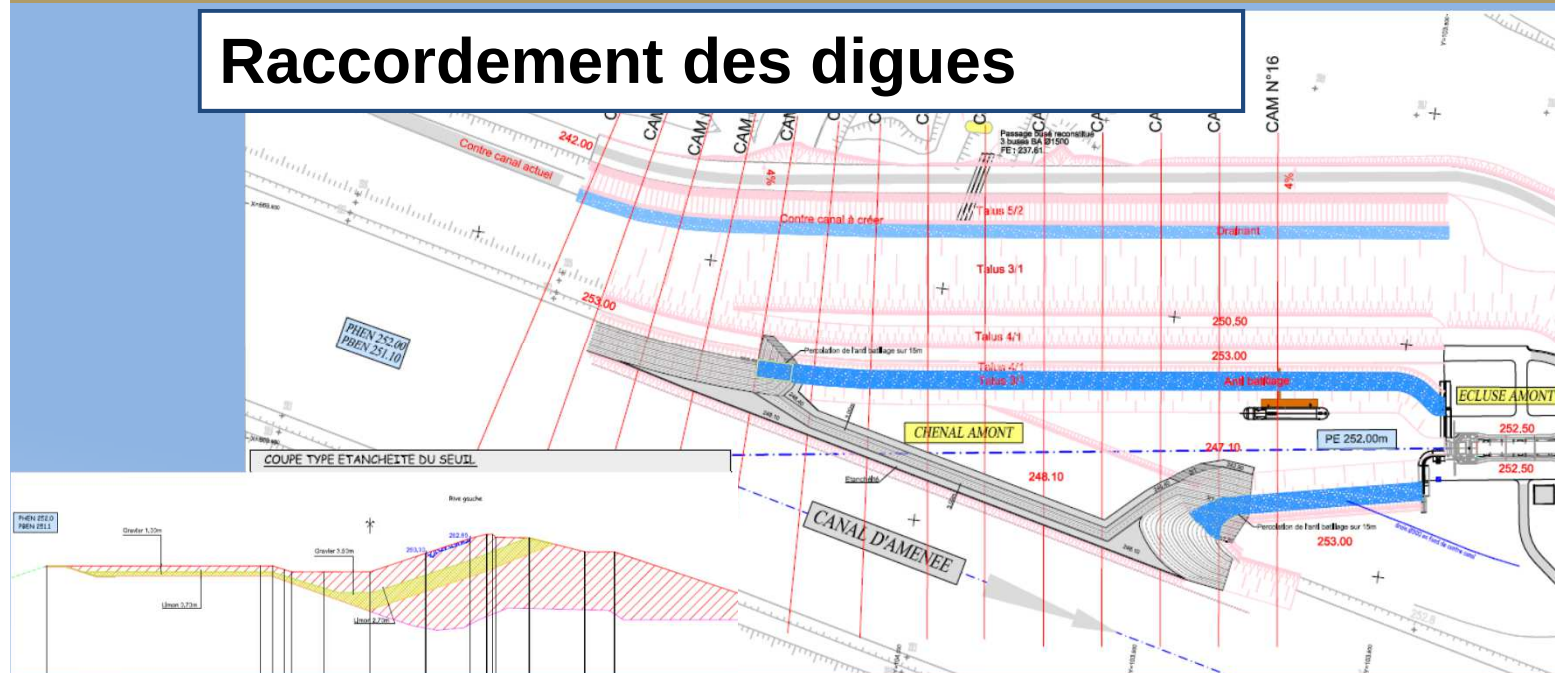
Synthèse des dispositifs de suivi



Batardeau canal



Raccordement des digues



Détail d'extrémité amont (élévation)

4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

Etanchéités



4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

Contrôles de l'étanchéité bitume

Les critères du cahier des charges ont été définis dans l'ordre de service

- ✓ épaisseur tapis : 60 mm +/- 10 mm
- ✓ la compacité enrobé: 92 % +/- 2%
- ✓ la perméabilité enrobée maximum : 10^{-6} m/s

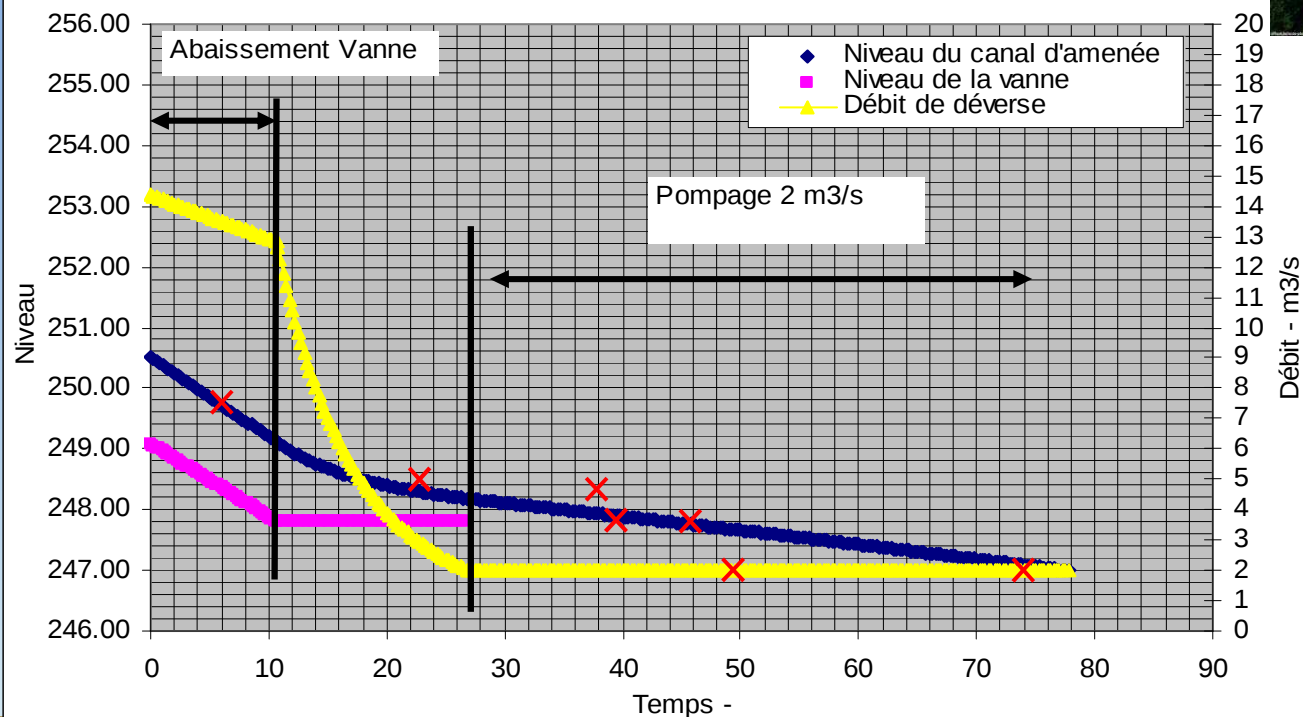
Résultats des contrôles

absence de fissures traversantes ou déchirures

- ✓ Epaisseurs / compacités atteintes
- ✓ bon accrochage sur la couche support
- ✓ bonnes compacités bonnes perméabilités

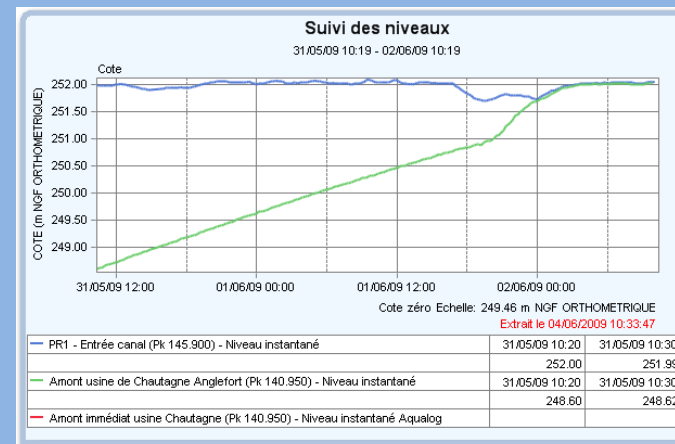
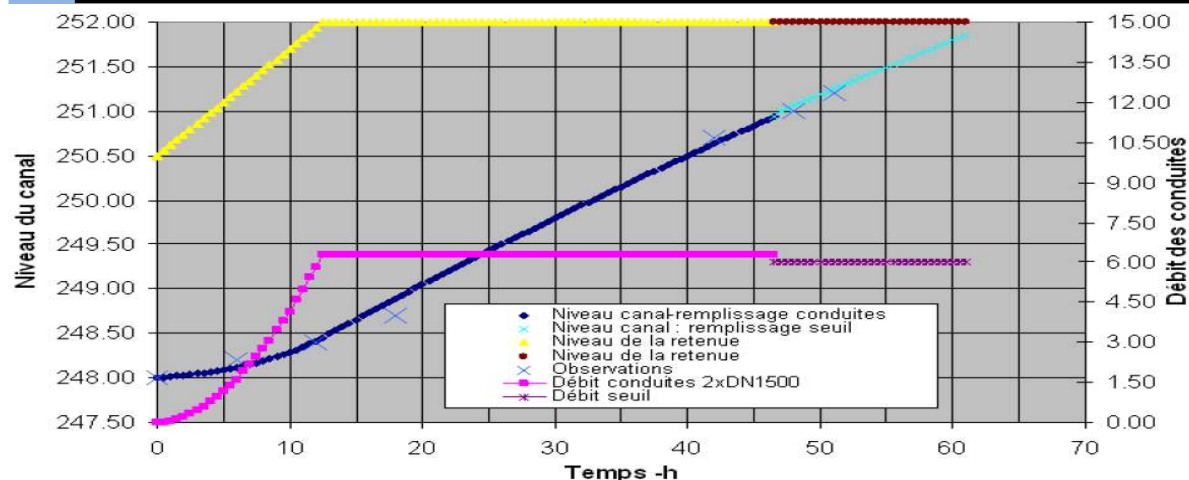
Les contrôles ont été réalisés par les entreprises, le laboratoire CNR

Mouvements de plan d'eau : abaissement



4 – Préparation, organisation et déroulement des travaux

Mouvements de plan d'eau : remplissage



Analyse des risques indispensable : le risque 0 n'existe pas mais il est limitable si il est anticipé (Démarche à mener tout au long du chantier)

Synergie MOE/Entreprises/Exploitant pour la réussite du chantier
(Travail main dans la main)

Importance de l'organisation du contrôle de travaux MOE (souvent « sacrifié » de nos jours)

Notamment : phases de contrôle renforcé / gestion des contrôles externes / Partage des informations

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

