

CENTRE D'ANALYSE COMPORTEMENTALE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES

« ICI ON PREND  
LE POULS DU FLEUVE »\*



\* Erik Orsenna lors d'une visite à Lyon le 9 février 2015



# CACOH

## SOMMAIRE



CACOH	• 4
<b>Centre d'analyse comportementale des ouvrages hydrauliques</b>	
<b>Activité</b> Hydraulique	• 6
<b>Activité</b> Auscultation des ouvrages hydrauliques et ingénierie des matériaux	• 8
<b>Activité</b> Hydrométrie	• 10
<b>Activité</b> Hydrographie	• 12
<b>Activité</b> Appui Référentiels Mesures (ARM)	• 14
<b>Activité</b> Recherche, innovation & Développement	• 16
<b>CNR</b> en bref	• 18

# CACOH EN BREF

## Centre d'analyse comportementale des ouvrages hydrauliques

Dès l'origine, CNR s'est attachée à disposer d'un laboratoire d'hydraulique. Créé en 1936, il a réalisé l'ensemble des études liées à la conception de ses ouvrages. Au fil du temps, les missions du CACOH se sont enrichies afin de garantir la sûreté de l'exploitation du fleuve. Aujourd'hui, il veille à la maîtrise des risques hydrauliques et participe à l'optimisation du fonctionnement des ouvrages. À la pointe de la technologie, le CACOH contribue à faire de CNR un exploitant garant du plus haut niveau de sûreté.



Barrage de Pierre-Bénite

### MAÎTRISER LE VIEILLISSEMENT DES OUVRAGES

Sur la base d'une surveillance fine exercée par une centaine de personnes en directions régionales, c'est l'ensemble des missions du CACOH qui se complètent pour diagnostiquer les phénomènes. L'hydrographie réalisée par le bateau Frédéric Mistral permet ainsi l'inspection des parties immergées des ouvrages, l'activité auscultation des ouvrages permet l'analyse de leurs mouvements et de leurs pathologies. Les tests menés sur les matériaux et leur comportement sous sollicitations hydrauliques permettent d'anticiper leurs évolutions et leurs défaillances.

### AMÉLIORER LES PERFORMANCES DE PRODUCTION

Le cœur du métier - l'exploitation des ouvrages - est également le quotidien de l'activité Hydrométrie. La gestion et la surveillance de 220 points de mesure de niveau en continu sont garants de l'optimisation de la production d'énergie par une meilleure connaissance des débits. Les équipes interviennent sur l'analyse, la gestion de la base de données et la validation de la mesure, mais pas seulement. Leur présence sur le terrain est primordiale en période de crue, les mesures effectuées devenant un enjeu majeur de la conduite des ouvrages.

### UN DÉMONSTRATEUR COMME VITRINE TECHNOLOGIQUE

Le laboratoire hydraulique du CACOH a également la capacité de reproduire sur des maquettes à échelle réduite les écoulements, l'évolution des fonds, le comportement des ouvrages... puis à coupler ces modèles physiques à des modèles numériques. C'est un outil irremplaçable de décision pour concevoir et exploiter les ouvrages hydrauliques.

# 6 PÔLES D'ACTIVITÉS

HYDRAULIQUE

1

AUSCULTATION  
DES OUVRAGES

2

HYDROMÉTRIE

3

INGÉNIERIE  
DES MATÉRIEAUX

4

RÉFÉRENTIEL  
MESURE

5

HYDROGRAPHIE

6

*Groupe bulbe de l'usine hydroélectrique  
de Vaugris (projet PENELOP 2)*



# Activité Hydraulique

Spécialisé en études hydrauliques nécessitant notamment la réalisation d'un modèle réduit physique, le CACOH figure parmi les experts mondiaux dans ce domaine. Son activité, en collaboration avec la Direction de l'ingénierie de CNR, se répartit à 50 % pour des missions internes à CNR et 50 % pour des projets de clients externes en France et à l'étranger. Depuis sa création en 1936, il a réalisé plusieurs dizaines d'études nécessitant des compétences variées en hydraulique (fluviomorphologie, système hydraulique d'alimentation d'écluses, propagation des crues, seuil et barrages en rivière, redimensionnement d'évacuateurs de crues de barrages, stations de traitement des eaux ou de pompage).

## LE MODÈLE RÉDUIT PHYSIQUE, UN OUTIL IRREMPLAÇABLE

Le modèle réduit physique permet d'étudier les phénomènes hydrauliques non encore accessibles aux modèles numériques et de définir ainsi les meilleurs choix possibles tant du point de vue technique, économique que de la sécurité. Dans la conception d'un nouvel aménagement ou dans l'optimisation d'un ouvrage existant, il traite les problèmes complexes d'hydraulique en prenant en compte les écoulements tridimensionnels. Les équipes du CACOH associent modèles physiques et modèles numériques dans une totale complémentarité.



Aqueduc d'écluse (échelle 1/30<sup>e</sup>)

## 5 CHAMPS D'ÉTUDES

- Conception d'ouvrages hydrauliques (barrage, écluse, centrale hydroélectrique, passe à poissons, seuil...).
- Impact sur les zones inondables de projets routiers, autoroutiers ou ferroviaires.
- Aménagement de rivières et torrents avec transports sédimentaires importants (protection contre les affouillements, conception de pièges à sédiments et/ou à corps flottants, optimisation des dragages d'entretien...).
- Ouvrages d'assainissement (création de grandes stations de pompage, augmentation de capacité de stations existantes, usines de traitements des eaux...).
- Performance des groupes.

## UNE CONCEPTION INTERACTIVE INTELLIGENTE



### LA CONCEPTION DES NOUVELLES ÉCLUSES DE PANAMA, UNE RÉUSSITE PRIMÉE

En appui de CNR Ingénierie, le laboratoire d'hydraulique a été impliqué dans deux phases du projet pharaonique des nouvelles écluses de Panama :

- de 2002 à 2008 dans le cadre des études de conception des nouvelles écluses pour le compte d'ACP (Autoridad del Canal de Panama),
- de 2009 à 2011 dans la vérification de leurs performances hydrauliques pour le compte du groupement GUPC (Grupo Unidos Por el Canal) en charge de la réalisation des travaux du Canal de Panama.

Le modèle physique à l'échelle 1/30 présente des caractéristiques hors du commun : 60 m de long, 20 m de large, 3 000 éléments en plexiglass et un équipement de plus de 100 capteurs.

### DES MOYENS À LA POINTE DE LA TECHNIQUE

**Mesures par laser, PIV (Particle Image Velocimetry), LSPIV (Large Scale Particle Image Velocimetry)**

- **Système Bathylab pour mesurer en continu l'évolution des fonds d'un modèle physique au cours d'un essai**
- **Système d'acquisition de données (niveaux, pressions, vitesses, débits, efforts...) en temps réel**
- **Utilisation de polymères micronisés pour les études de transport solide**
- **Station de pompage et tour à niveau constant alimentant les modèles jusqu'à un débit de 700 l/s**
- **Mise en œuvre de mesures «Winter Kennedy» permettant d'optimiser le rendement des groupes hydroélectriques (optimisation de la conjugaison pales/vannage). Mise en œuvre de mesures de débit par scintillation permettant de déterminer les rendements absolus des groupes hydroélectriques.**

### QUELQUES ÉTUDES DE CLIENTS RÉFÉRENTS

**Pont Ferroviaire sur la Garonne à Bordeaux** - Étude des affouillements des piles (Ech: 1/60); Client: Eiffage; Maître d'ouvrage: Réseau Ferré de France.

**Étude des modalités de rupture du barrage naturel des ruines de Séchilienne** (Ech: 1/60); Client: SYMBHI; Maître d'ouvrage: Conseil Général de l'Isère.

**Remise en service des bassins d'écrêtement de la Savoureuse** (Ech: 1/15); Client/Maître d'ouvrage: Conseil Général du Territoire de Belfort.

**Évacuateur de crue du barrage de Torcy-Neuf dans la Saône et Loire** (Ech: 1/20); Client: Coyne et Bellier; Maître d'ouvrage: Voies Navigables de France.

**Écluse de Crémone sur le Pô** (Ech: 1/20); Client/Maître d'ouvrage: Azienda Regionale per i Porti di Cremona e Mantova.



Mesure du champs de vitesse par imagerie laser

## Activité

# Auscultation des ouvrages hydrauliques et ingénierie des matériaux

Cette activité a pour objectifs de permettre à CNR de surveiller au mieux ses ouvrages de génie civil pour garantir la sureté hydraulique et d'évaluer leur performance au travers d'analyse des phénomènes complexes qui s'y produisent.

### AUSCULTER LES OUVRAGES POUR MAÎTRISER LE RISQUE

Ingénieurs et techniciens conduisent des analyses basées sur la mesure et l'auscultation pour identifier les évolutions des ouvrages, statuer sur leur état réel et détecter au plus tôt les signaux faibles annonciateurs d'éventuelles instabilités. Les résultats de ces analyses associés aux

visites détaillées permettent à la Compagnie de réaliser un schéma directeur d'entretien centré sur les besoins les plus sensibles.

Le pôle Auscultation développe des projets innovants comme l'intégration de mesures LIDAR (technologie laser) pour quantifier le mouvement des digues et développe les mesures aéroportées par moyens légers (drones).

Il assure la mise en œuvre sur le terrain des nouvelles méthodes d'auscultation des ouvrages en terre telles que la thermographie qui permet de détecter très tôt les évolutions et de les suivre.

### ANALYSER ET VÉRIFIER LES MATÉRIAUX

Les équipes réalisent de nombreux essais pour les besoins internes de CNR et pour des clients externes suivant les normes nationales et internationales en vigueur afin de contrôler la qualité des matériaux structurants des ouvrages. Elles pratiquent également des essais développés spécifiquement par CNR tel que le test d'abrasion pour qualifier l'usure d'un béton soumis à une contrainte hydraulique ou les essais de gel/dégel destinés à identifier la résistance intrinsèque des enrochements aux cycles de températures. Ces essais sont devenus des références pour de nombreux maîtres d'ouvrage.



Mesure sur pendule

### UNE EXPERTISE POUR RESPECTER LE DÉCRET «SURETÉ»

- Réalisation des visites techniques approfondies des ouvrages
- Rédaction des rapports d'auscultation
- Participation aux inspections détaillées
- Participation aux examens techniques complets
- Participation aux revues de sûreté
- Garant des pratiques en auscultation et appui technique aux exploitants

50 BARRAGES  
400 KM  
DE DIGUES





Visite d'un aqueduc d'écluse



Mesure de résistance aux chocs d'un béton



Mesure d'indice de continuité

### ANALYSER LES PHÉNOMÈNES DE VIEILLISSEMENT

Pour analyser toutes les évolutions d'un ouvrage hydraulique, les expertises suivantes ont été développées :

- résistance des ouvrages en terre à l'érosion interne (modèle physique à échelle 1);
- analyse des pathologies des ouvrages en béton (RSI, alcali réaction...);
- résistance des ouvrages aux sollicitations hydrauliques (usure des radiers aval par abrasion hydraulique et protection des berges par enrochements).

### DIAGNOSTIC DES PATHOLOGIES

- Banc d'essais de gel dédié aux enrochements
- Banc d'usure par abrasion spécifique pour les bétons
- Essais d'identification des sols
- Mesures de résistance à la compression du béton
- Mesures de compacité des matériaux
- Mesures photogrammétriques
- Carottages et pénétromètres Panda
- Essais de perméabilité

## RÉDUIRE L'INCERTITUDE



*ADCP sur catamaran radiocommandé*

Depuis plusieurs années l'activité Hydrométrie a réussi, avec des appuis externes, à quantifier l'intervalle d'incertitude associé aux appareils de mesures ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler). Cette valeur (5 %) est maintenant largement admise par la communauté scientifique. De nombreuses recherches sont encore menées pour en étendre le champ d'application et en améliorer les résultats. Plus de 20 organismes, rassemblés sous l'égide de CNR, ont procédé en 2012 à une campagne de mesure commune à l'aval du barrage de Génissiat. Cette opération a conduit à développer un logiciel d'estimation d'incertitude «Oursin».

*Mesure de débit  
à l'ADCP*

# Activité Hydrométrie

Collecter et analyser des données, débits et niveaux, sur l'ensemble du Rhône constitue la mission de l'activité. Elle permet à CNR de prévoir l'évolution des débits en vue de programmer la production hydroélectrique et optimiser son placement, tout en respectant les consignes d'exploitation de chaque aménagement notamment au regard du transit des crues. L'activité réalise également des mesures de terrain destinées à l'optimisation de la ressource en eau ou la conception de projets hydrauliques pour CNR.

## GÉRER ET SUPERVISER UN RÉSEAU D'OBSERVATIONS HYDROMÉTRIQUES

Pour connaître l'hydrologie de l'ensemble du bassin du Rhône, le pôle exploite un réseau de 220 stations hydrométriques dans toute la gamme des débits, depuis l'étiage jusqu'à la crue. L'acquisition en temps réel des données hydrologiques permet aussi de superviser la globalité du réseau, de détecter rapidement un dysfonctionnement de matériel ou logiciel et d'initier, si nécessaire, une intervention sur site.

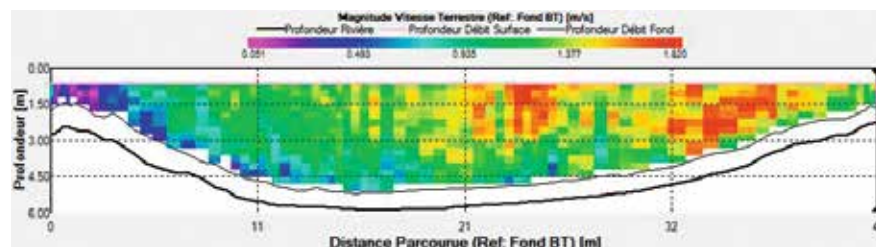
## FIABILISER LA MESURE PAR LA MAÎTRISE DES INSTALLATIONS

CNR maîtrise la chaîne complète de mesure depuis l'installation des capteurs jusqu'à la validation des données. Les équipes identifient les sites, conçoivent les infrastructures, mettent en place les capteurs et moyens de télétransmission puis effectuent des contrôles. Elles conduisent des actions d'amélioration

pour la mesure des champs de vitesse dans des secteurs inaccessibles aux mesures traditionnelles.

## RÉFÉRENCES

- 2003 : mesure en continu avec capteurs ultra-sons mobiles (ADCP) de la plus forte crue depuis les aménagements du Rhône en décembre 2003.
- 2006 : participation aux formations des agents de l'Etat aux jaugeages ADCP.
- 2008 : présentation de la démarche de CNR pour déterminer l'incertitude ADCP lors du congrès de la Société Hydrotechnique de France ; co-rédaction du guide pour les mesures hydrologiques par profileur Doppler.
- 2009 : mise au point d'un protocole spécifique pour mesurer le débit d'un groupe Kaplan avec ADCP en aval de la centrale et en amont immédiat des groupes, ces mesures étant comparées à d'autres méthodes acoustiques.
- 2015 : Co-présidence de la commission AFNOR X10C «Hydrométrie».



Profil en travers de mesure de vitesse (ADCP)

± 5 %

INTERVALLE  
D'INCERTITUDE POUR LES  
MESURES DE DÉBITS

## ARCHITECTURE DU RÉSEAU DE MESURE

- 220 stations de mesure de Génissiat à la Méditerranée dont 8 stations ultrasons qui mesurent le débit en continu
- Transmission des données par fibre optique, radio, téléphone
- Stockage et archivage dans la base de données
- Logiciel de diffusion et d'administration de la donnée
- Mesure au moulinet sur perche ou saumon
- ADCP (capteur ultra-son mobile) installé sur l'une des cinq embarcations CNR sur un bateau télécommandé
- GPS pour fiabiliser les mesures de débits
- Depuis 2005 : co-animation du groupe Doppler avec IRSTEA pour la communauté hydrométrique française



Bateau hydrographique  
Frédéric Mistral

## Activité Hydrographie

Cette activité permet à CNR de remplir de manière exemplaire son obligation de surveillance et d'entretien du lit du Rhône et de ses ouvrages.

Les équipes hydrographiques mesurent et analysent les mouvements des fonds du Rhône dus aux apports sédimentaires des affluents et à la dynamique propre du fleuve.

Elles interviennent également pour les suivis spécifiques des ouvrages dans le cadre du décret sûreté 2007.

### RÉALISER DES MESURES BATHYMÉTRIQUES DE QUALITÉ

Le bateau hydrographique Frédéric Mistral explore le fond du Rhône entre Lyon et la Méditerranée.

En sondant 1 km de fleuve par jour avec un maillage densifié pour élaborer des cartes bathymétriques Haute Résolution. Quatre vedettes hydrographiques complètent les données pour les zones non navigables. L'objectif est de vérifier que le chenal navigable offre le mouillage imposé par la navigation et que la section du fleuve assure le passage des crues afin d'assurer la sécurité des personnes et des biens.

### UNE MISSION DU CONCESSIONNAIRE EXEMPLAIRE

**Le Frédéric Mistral scrute chaque bief tous les 5 ans et intervient après les crues pour assurer le contrôle du chenal et engager les actions si nécessaire. Les moyens et matériels mis en oeuvre permettent d'être réactif vis-à-vis d'événement hydrologique important (crues...).**

**± 10 CM**

**INTERVALLE  
D'INCERTITUDE ASSOCIÉ  
POUR UNE MESURE**

### EXPLORER LES PARTIES IMMERGÉES DES OUVRAGES CNR

À l'aide d'un transducteur multifaisceaux, d'un sonar et de moyens complémentaires comme la caméra acoustique ou le scan 3D, le CACOH contrôle l'état des barrages, usines, écluses, seuils, digues et enrochements et fournissent des données numériques de haute définition. Ces données sont essentielles pour les analyses comportementales des ouvrages.

### SUIVRE LES ÉVOLUTIONS DU FLEUVE

Les données hydrographiques issues des levés des vedettes et du Frédéric Mistral alimentent la base de données BATHY qui calcule les volumes de déblais/remblais entre deux campagnes de levés.

Par ailleurs, son logiciel de cartographie élabore des modèles numériques de terrain. Ces données servent à CNR pour la réalisation de modèles mathématiques destinés à contrôler le passage des crues.

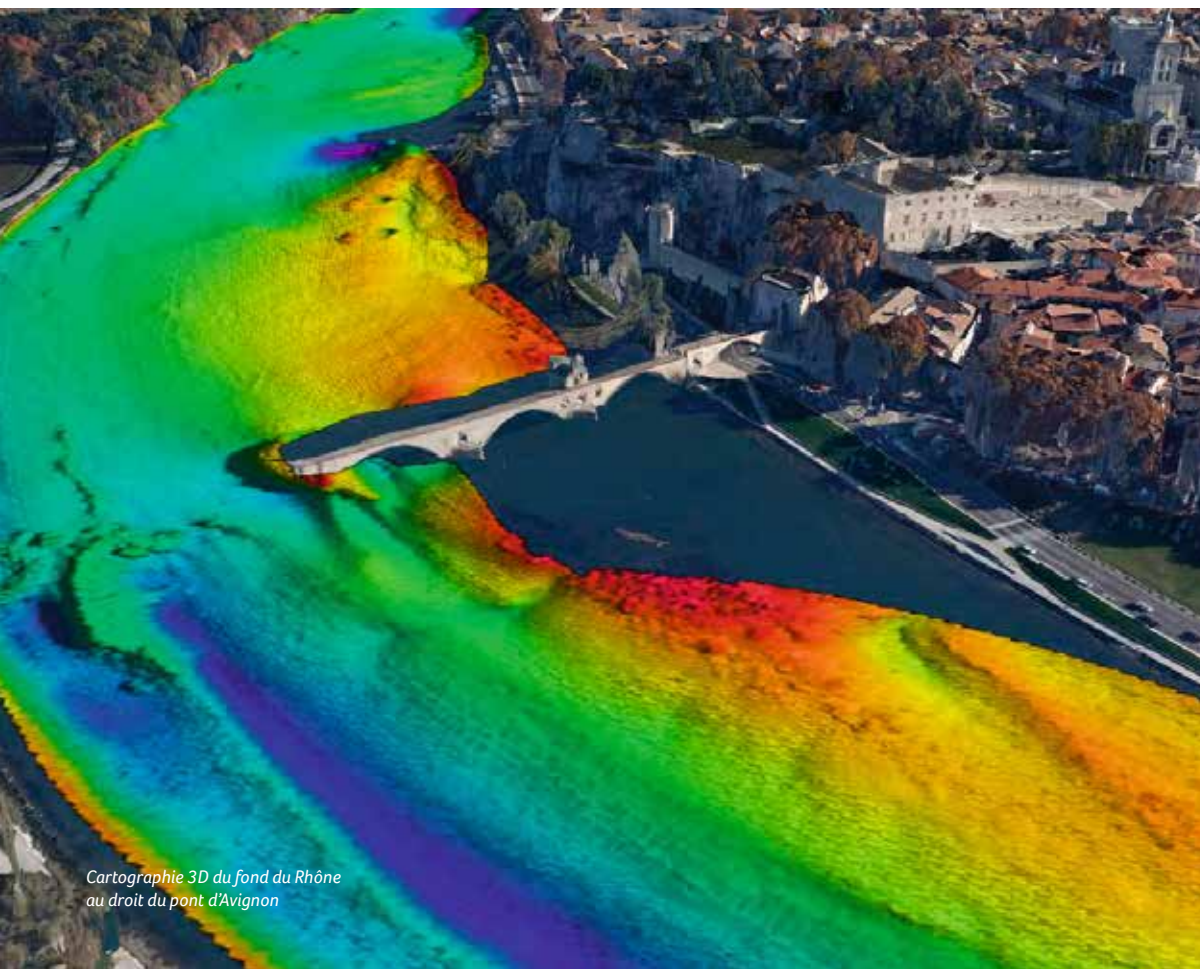


*Contrôle bathymétrique  
du chenal navigable en temps réel*

### L'EXPLORATION DES FONDS DU RHÔNE PAR MÉTHODES INNOVANTES

Le bateau hydrographique Frédéric Mistral (longueur 33 m) est doté :

- de deux multifaisceaux installés sur la proue
- d'un système de géoposition (GPS différentiel et Centrale d'attitude Hydrins)
- d'un sonar à imagerie haute résolution
- des outils développés en interne particulièrement performants pour l'analyse: Hypack (logiciel hydrographique) pour les levées
- de MAPRHONE (logiciel pour le traitement des données)



*Cartographie 3D du fond du Rhône  
au droit du pont d'Avignon*

## INNOVER DANS LA SURVEILLANCE DES DIGUES

CNR a développé en partenariat avec l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière un système d'auscultation automatisé par photogrammétrie. Le système a démontré sa capacité à mesurer la surface d'un modèle physique avec une précision centimétrique, son exploitation sur les digues fait l'objet d'études. Une thèse conduite conjointement par CNR et l'IGN, intitulée «Métrologie par photogrammétrie aéroportée légère», s'est achevée en 2015 et conduit à la même précision centimétrique en extérieur.

*Mesures topographiques  
par drone*

## Activité

# Appui Référentiels Mesures (ARM)

L'ARM est une activité au service des directions opérationnelles. Elle assure une cohérence métrologique sur les mesures liées au suivi d'ouvrages. Elle identifie et déploie également la mise en œuvre de bonnes pratiques et apporte une expertise technique sur les enjeux de la mesure.



Levé photogrammétrique d'une digue par drone

### ÉVALUER, COORDONNER LA MESURE

L'ARM a pour rôle d'appuyer les différents services de CNR dans la mise en place et l'appropriation des référentiels relatifs à la mesure ou au contrôle sur les ouvrages hydrauliques et génie civil.

Cet appui consiste en une expertise tant métier que métrologique pour répondre aux enjeux de la mesure auxquels sont confrontés les services CNR.

La mesure, pour les ouvrages hydrauliques, implique une centaine d'acteurs. L'ARM, dans un objectif d'efficacité, assure la transversalité et la coordination. Il a également un rôle de pilotage d'actions liées à la performance de ces mesures. Ceci se traduit par des réponses aux besoins identifiés par les utilisateurs tant ponctuels que récurrents.

Des actions de terrain sont notamment mises en œuvre pour tester de nouveaux matériels ou proposer des améliorations sur les équipements existants.

### GÉRER LES RÉFÉRENTIELS

La notion de procédures ou référentiels techniques est indispensable pour une bonne gestion des mesures relatives à la surveillance des ouvrages.

Ces documents visent à servir de référence tant à l'interne qu'à l'externe pour justifier nos actions de surveillances.

Des pratiques cohérentes avec les enjeux sont nécessaires sur l'ensemble de la vallée du Rhône, pour optimiser les moyens et justifier la qualité des analyses et expertises.



Mesures de matière en suspension en aval de Génissiat

### SAVOIR MESURER

Cette thématique forte permet l'adéquation de la chaîne de mesures (protocole, incertitude) face aux enjeux est une thématique forte.

**« Chaque instrument doit être choisi et placé pour aider à répondre à une question précise, s'il n'y a pas de questions, il ne devrait pas y avoir d'instrument »**

*John Dunnicliff - 1988*



Contrôle de débit multi ADCP

40 EXPERTS  
POUR LE CACOH  
100 ACTEURS DE LA  
SURVEILLANCE SUR  
LE RHÔNE

# LE CACOH,

## acteur impliqué dans la recherche, l'innovation et le développement

Toutes les équipes du CACOH sont mobilisées pour intégrer, dans leurs activités l'innovation technologique. Elles visent l'optimisation de la performance de son outil industriel tant du point de vue économique que de la sûreté ou de la durabilité des ouvrages.

### RENFORCER L'EXPERTISE DU CACOH ET EXPLORER DES SUJETS NOUVEAUX

La mesure est essentielle aux 6 activités. Ainsi, quel que soit le domaine bathymétrie, topographie, hydrométrie, hydraulique, auscultation, génie civil ou ingénierie des matériaux, les équipes améliorent en permanence leur capacité d'étude et d'expertise en intégrant les avancées technologiques réalisées à la fois dans les systèmes d'acquisition de la mesure et les méthodes de calcul.

CNR en partenariat avec des organismes publics et privés réalise des études pour mieux comprendre les phénomènes complexes inhérents au fonctionnement des aménagements hydroélectriques.

### TROIS SUJETS MAJEURS :

#### Comprendre l'érosion interne des digues:

L'érosion interne, première cause de rupture des digues en terre, est une préoccupation importante au niveau européen. Comment se développe-t-elle? Comment traiter le phénomène? Pour avancer dans cette connaissance, le CACOH a identifié le projet global DIG 2020 dont les axes de recherche sont multiples:

- Essai sur modèle physique grandeur nature. Objectif: mieux comprendre le développement de l'érosion et identifier les dispositifs d'auscultation pertinents à mettre en œuvre sur site;

- BOREAL\*: Objectif: compléter la palette des outils de confortement testée sur modèle physique;

Le vecteur drone. Objectif: surveiller de manière opérationnelle pour le suivi et la détection des phénomènes d'érosion interne;

- La fibre optique. Objectifs: surveiller et détecter en continu les évolutions liées à l'érosion interne.

#### Améliorer la performance des groupes de basse chute :

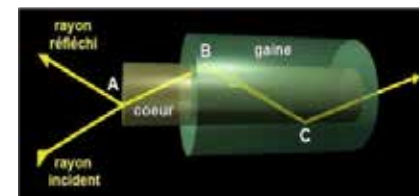
L'objectif du projet PENELOP 2 en partenariat avec notamment le constructeur de groupe ALSTOM et le bureau d'études ARTELIA est d'étudier l'influence de différents facteurs sur les performances des groupes de basse chute. Ceci afin de déterminer les moyens à mettre en œuvre pour optimiser les rendements. Le CACOH réalise un modèle physique à l'échelle 1/30 du barrage et de la centrale de Vaugris pour étudier les écoulements amont et aval des groupes. Dans le même temps, des mesures in situ (champs de vitesse, débits, niveaux, puissance) sont effectuées avec un système innovant, la technologie de scintillation acoustique.

#### Gérer le transport sédimentaire

Le Rhône et ses affluents transportent des sédiments lors de crues. Il est nécessaire de mesurer les flux de matière en suspension (MES) pour en faciliter la gestion notamment pour anticiper les travaux de dragage et comprendre

les phénomènes de dépôts et de remobilisation.

Pour cela le CACOH teste et installe de nouveaux équipements de mesures. Ces mesures « sites » couplées à un modèle « hybride » (physique et numérique) permettra de qualifier les lois physiques de transport sédimentaire en rivières et fleuves.



Tests sur site avec fibre optique

### NOS PARTENAIRES

#### Pôles de compétitivité

TENERDIS, AXELERA,  
Pôle risque PACA...

#### Instituts de recherche

IRSTEA, LTHE, L3SR, IGN...

#### Industriels

ALSTOM, CIH, SOLETANCHE BACHY,  
CEMENTYS, GTC KAPPELMEYER...

#### Bureaux d'études

TRACTEBEL ENGINEERING, ARTELIA,  
GEOPHY CONSULT, OPTIFLUIDES...





## BOREAL\* : DES BACTÉRIES POUR RENFORCER LES DIGUES

Le projet Boréal a pour but de développer, d'ici à 2018, un procédé de renforcement des ouvrages hydrauliques en remblais basé sur l'injection, dans leurs zones de faiblesse, de bactéries utilisées comme biocalcificateurs. Le principe: stimulées par une solution calcifiante, les bactéries injectées produisent des «ponts de calcite entre les particules du sol, permettant de les agréger. Ce ciment calcaire structure ainsi physiquement l'ouvrage tout en conservant la porosité de ce dernier.

Si cette méthode, moins intrusive et plus écologique que les procédés de consolidation traditionnels (au coulis de ciment par exemple), est déjà employée pour des sols fins en équilibre hydrostatique (sans écoulement d'eau), elle est en revanche nouvelle pour les ouvrages en charge (avec circulation d'eau).



**40%**  
DES ACTIONS R&D DE CNR  
SONT RÉALISÉES  
PAR LE CACOH

# CNR en bref



Barrage de  
Vallabrègues

**La Compagnie Nationale du Rhône est une entreprise à capital majoritairement public.  
Le groupe Caisse des Dépôts ainsi que les collectivités locales détiennent  
50,03 % des actions et ENGIE, l'actionnaire de référence, 49,97 %.  
Elle est le 1<sup>er</sup> producteur français d'électricité exclusivement renouvelable.**

Créée en 1933, CNR reçoit de l'État la concession du Rhône en 1934. Aménageur et exploitant du fleuve selon trois missions solidaires - production d'hydroélectricité, amélioration de la navigation, irrigation et autres usages agricoles - elle a réalisé des centrales, barrages et écluses offrant 330 km de voies navigables à grand gabarit jalonnés de sites industriels et portuaires, ports de plaisance, haltes nautiques et zones de loisirs.

La Compagnie Nationale du Rhône assure ses 3 missions de concessionnaire en menant une stratégie industrielle performante axée sur l'entretien de son patrimoine. Elle développe également un mix énergétique exclusivement renouvelable (hydraulique, éolien et photovoltaïque) et, depuis 2004, CNR finance des programmes ambitieux et volontaires de Missions d'Intérêt Général élaborés en concertation avec les parties prenantes.

Ce modèle d'entreprise, référent dans le domaine des concessions hydroélectriques, est basé sur la redistribution des fruits de la croissance et le développement durable des territoires dont est issue la production d'électricité.

Maîtrisant en interne l'ensemble des activités liées à l'énergie, elle propose des prestations en gestion et commercialisation d'électricité renouvelable sur les marchés européens ainsi qu'en ingénierie fluviale et hydroélectrique en France et dans une trentaine de pays.

En 2012, CNR a initié une démarche de Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE) pour mesurer les impacts sociaux et environnementaux de l'ensemble de ses actions ainsi que la pertinence et la solidité du modèle CNR.

## PATRIMOINE FLUVIAL ET INDUSTRIEL

- 19 barrages
- 19 centrales hydroélectriques, 9 petites centrales hydroélectriques et 8 mini-centrales (3 021 MW)
- 32 parcs éoliens (369 MW)
- 13 parcs photovoltaïques (42 MWc)
- 14 écluses à grand gabarit et 5 écluses de plaisance
- 330 km de voies navigables à grand gabarit
- 400 km de digues
- 27 000 ha de domaine concédé dont 14 000 ha de fleuve
- 18 plateformes industrielles multi-modales, dont le Port de Lyon Édouard Herriot, accueillent 230 entreprises générant plus de 4 000 emplois

## CERTIFICATIONS

- ISO 9001 version 2008 pour les activités ingénierie, sûreté hydraulique, gestion de la voie navigable, production, commercialisation et négoce d'électricité, participation au développement d'actions environnementales et pilotage des Missions d'intérêt général.
- ISO 14001 management environnemental sur l'ensemble de ses activités en vallée du Rhône, hors sites portuaires et d'activités et hors ingénierie.

## PRODUCTION ET RÉSULTATS 2014

- 15,8 TWh
- 714 millions d'€ de chiffre d'affaires
- 139 millions d'€ de résultat net
- 3448 MW de puissance installée



## **CACOH**

4 rue de Chalon sur Saône  
69007 Lyon  
Tél. : 33 (0)4 78 61 60 00  
Fax : 33 (0)4 78 58 69 38  
e-mail : [cnr.cacoh@cnr.tm.fr](mailto:cnr.cacoh@cnr.tm.fr)

## **CNR**

2 rue André Bonin  
69316 LYON CEDEX 04 - FRANCE  
Tél. : +33 (0) 472 00 69 69

***cnr.tm.fr***

*L'énergie est notre avenir, économisons-la !*

