



# Les nouvelles écluses de Panama modélisées par la CNR à Lyon

**Contact Presse :**  
Eva Mompied  
e.mompied@cnr.tm.fr  
Tél. 04 72 00 69 48  
Fax 04 72 00 67 38

**CNR**  
2, rue André Bonin  
69316 Lyon Cedex 04



Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

DOSSIER DE PRESSE

# Sommaire



---

## **Introduction** 03

---

## **Le Canal de Panama** 04

---

## **Le projet d'élargissement** 05

Les enjeux, la solution retenue

Les différentes phases de conception des nouvelles écluses

CNR Ingénierie, un expert fluvial et hydroélectrique,  
partenaire du Consortium Post-Panamax

---

## **La modélisation des nouvelles écluses de Panama** 10

La pertinence d'un modèle réduit physique

Le modèle en mots, en chiffres et en photos

---

## **Annexes** 18

Le Canal de Panama : gros plan sur son fonctionnement, dimensions et critères de transit

CNR Ingénierie : expertises, prestations, références

Laboratoire d'hydraulique et mesures

CNR : chiffres clés

# Introduction

Les travaux d'élargissement du Canal de Panama devraient démarrer en 2008. Ce projet colossal prévoit de créer d'ici 2015 une troisième voie de navigation via la construction de nouvelles écluses.

Les études de conception sont confiées depuis 2002 par l'Autoridad del Canal de Panama (ACP) au Consortium Post-Panamax (CPP) qui réunit les compétences et les savoir-faire de :

- La Compagnie Nationale du Rhône : concepteur et exploitant des ouvrages du Rhône et producteur d'hydroélectricité, la CNR est un acteur reconnu en France et à l'international dans la construction et l'amélioration des voies navigables. Elle apporte son expérience d'opérateur fluvial et son expertise pointue en conception hydraulique d'ouvrages fluviaux,
- Technum : génie civil, maritime et portuaire,
- Coyne et Bellier : étude de grands projets de construction tels que barrages, centrales hydroélectriques et structures spéciales,
- Tractebel Engineering : gestion de grands projets et en conception d'équipements électromécaniques.

En début d'année 2007, ACP a lancé une dernière série d'études avec le CPP (cf.p8). **C'est dans ce cadre que la Compagnie Nationale du Rhône réalise depuis avril 2007, le modèle réduit des nouvelles écluses de Panama dans son laboratoire d'hydraulique et mesures à Lyon (France).**

p a g e  
03

Le modèle physique construit par CNR Ingénierie reproduit au 1/30<sup>ème</sup> les nouvelles écluses de Panama. Les essais en cours, démarrés mi-octobre 2007, ont pour objectifs de valider le choix du système d'alimentation hydraulique et d'en déterminer les ultimes caractéristiques techniques. Au total, plus d'un an de travail aura été nécessaire : l'ensemble des études sera achevé en avril 2008. Les résultats obtenus participent à la définition des documents techniques soumis, par l'Autorité du Canal de Panama, aux entreprises consultées pour l'appel d'offre de construction (Design & Build) en 2008.

**Cette réalisation est un challenge technique exigeant pour la Compagnie Nationale du Rhône et une référence mondiale dans le domaine de la modélisation physique.**

# Le Canal de Panama

Le Canal de Panama construit par les Américains entre 1904 et 1914, après une première tentative française, est l'une des plus grandes œuvres d'ingénierie au monde. Situé en Amérique Latine, il traverse l'isthme de Panama et connecte les océans Atlantique et Pacifique.

En 1977, le président Jimmy Carter signe avec le général Torrijos le traité de rétrocession du canal. Après plus de 90 ans de souveraineté nord-américaine, le canal repasse le 31 décembre 1999, sous souveraineté panaméenne. Il est aujourd'hui géré par l'Autoridad del Canal de Panama<sup>1</sup> (Autorité du Canal de Panama). Pour la République de Panama, la rétrocession de cet ouvrage fondamental représente une émancipation politique et de vrais enjeux économiques : il est la première ressource de l'isthme, il rapporte 2,27 milliards de dollars annuels<sup>2</sup>.



Elément stratégique du commerce maritime mondial, le Canal de Panama permet à plus de 14 000 bateaux « Panamax<sup>3</sup> », soit environ 4% du trafic mondial, de se déplacer chaque année de l'Océan Atlantique à l'Océan Pacifique, en évitant le Cap Horn.

Depuis quelques années cette voie interocéanique n'est plus adaptée. Les dimensions limitées

de ses écluses et l'évolution de la flotte maritime provoquent la saturation du canal. Pour qu'il reste compétitif, un projet d'élargissement a donc vu le jour.

C'est le 22 octobre 2006 que le peuple panaméen a approuvé majoritairement l'élargissement du Canal de Panama. Evalué à 5,25 milliards de dollars<sup>4</sup>, ce projet prévoit de créer une troisième voie de navigation avec de nouvelles voies d'accès, l'élargissement et l'approfondissement du chenal de navigation du Lac Gatún, ainsi que la construction d'un troisième jeu d'écluse. Les premiers travaux ont démarré le 3 septembre 2007 ; il s'agit du plus grand chantier jamais entrepris sur le canal depuis son ouverture.

<sup>1</sup> ACP : Autorité du Canal de Panama – Agence de Gouvernement du Panama responsable de l'exploitation, l'administration, la gestion, la préservation, la maintenance et la modernisation du Canal. La Loi Organique de l'ACP adoptée le 11 juin 1997 donne l'autorité légale pour l'organisation et l'exploitation du Canal.

<sup>2</sup> Le Monde du 5 septembre 2007 « L'élargissement du Canal de Panama dynamise l'économie du pays ».

<sup>3</sup> Navires aux dimensions maximum autorisées pour transiter par le canal de Panama. Les dimensions maximum : 294 mètres de long, 32,2 mètres de large et 12 mètres de profondeur.

<sup>4</sup> Source ACP

# Le projet d'élargissement

## Les enjeux

Pour maintenir la compétitivité du canal face à la demande mondiale, améliorer son efficacité et augmenter les apports financiers de l'ouvrage au Trésor Public

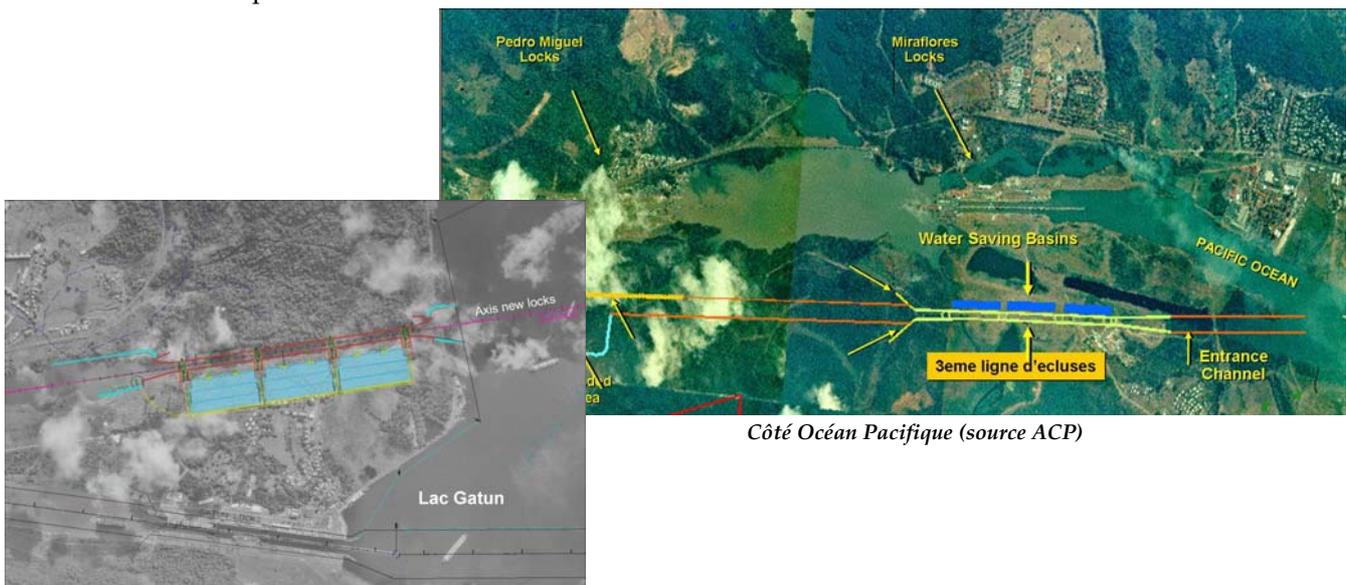


Panaméen, ACP a engagé un Plan majeur de Développement (2007-2025) afin de doubler la capacité du canal (d'environ 340 millions de tonnes aujourd'hui à 600 millions de tonnes à terme) et de permettre à des navires de nouvelle génération dits « PostPanamax<sup>1</sup> », aux plus gros tonnages et tirants d'eau, d'emprunter le canal.

ACP a élaboré ses programmes de construction dans le respect des normes et des principes environnementaux reconnus mondialement ; elle a souhaité également un système d'alimentation des écluses particulièrement économe en eau. La conception du système a dû concilier ces deux impératifs.

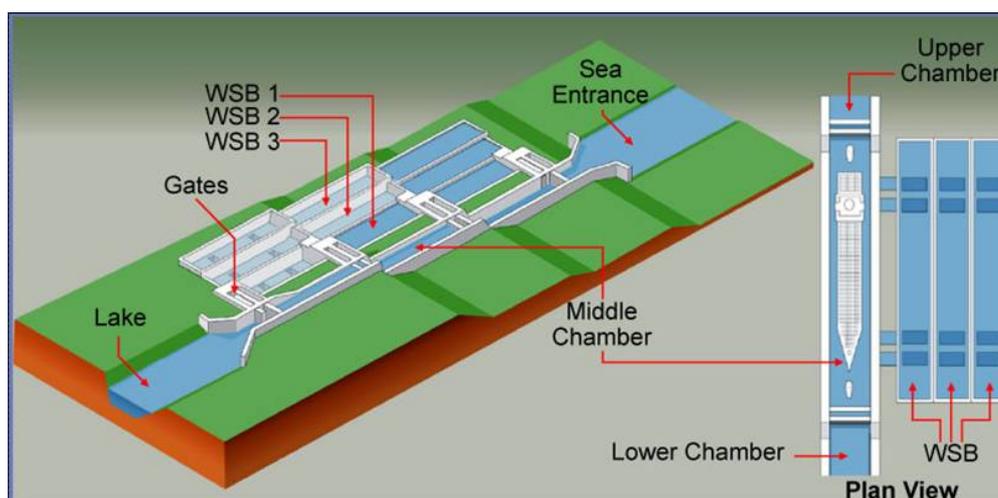
## La solution retenue

Aujourd'hui, le Canal de Panama est équipé de deux lignes d'écluses de dimensions 305 mètres x 33,5 mètres x 12 mètres. **La solution retenue consiste à ajouter une troisième ligne, en construisant, aux extrémités Pacifique et Atlantique du Canal, un ensemble de trois écluses en série, soit au total 6 écluses.** C'est une solution technique connue dans le domaine des liaisons fluviales interbassins mais qu'il convient d'adapter aux grandes dimensions du maritime (gabarit Post Panamax) et à l'exigence, particulièrement élevée pour le Canal de Panama, de maximisation de la capacité de transit des bateaux.



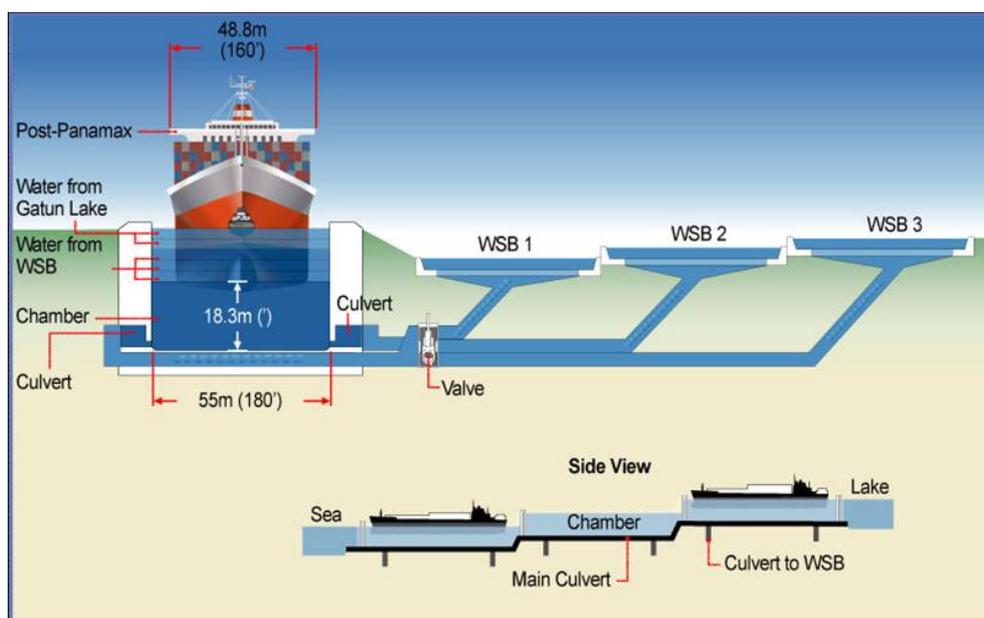
Ensemble d'écluses côté Océan Atlantique (source ACP)

<sup>1</sup>Post-Panamax : navires dont les dimensions excèdent celles permises par le canal de Panama. Largeur maximale : 49 mètres, longueur maximal : 366 mètres, profondeur maximale : 15 mètres. Capacité : 12 000 EVP (Equivalent vingt pied = 1 conteneur).



*Schéma type d'un ensemble d'écluses : 3 sas, 9 bassins d'épargne (Water Saving Bassins) <sup>1</sup>*

Chaque nouvel ensemble comportera trois sas successifs conçus pour remonter les navires depuis le niveau de l'océan jusqu'au lac Gatún (le bief de partage) puis les redescendre. La dénivellation à franchir côté océan Atlantique et océan Pacifique est d'environ 26 mètres, dans les conditions moyennes de niveau des océans et du lac, et d'environ 30 mètres côté Pacifique en cas de conjonction exceptionnelle d'un haut niveau du Lac et d'une marée basse extrême.



*Coupe en profil d'un sas et de ses 3 bassins d'épargne <sup>1</sup>*

Les sas auront une longueur de 427 mètres (entre portes intérieures), une largeur de 55 mètres et une profondeur minimale de 18,30 mètres. Chacun sera équipé de trois bassins d'épargne d'eau latéraux de surface équivalente à celle des chambres d'écluses et de doubles portes roulantes ballastables (telles que celles qui équipent les écluses du Port d'Anvers). Cette solution minimise les arrêts des écluses pour maintenance.

<sup>1</sup> Source ACP

Comme les écluses existantes, les nouvelles et leurs bassins d'épargne seront vidés et remplis par gravité (sans utilisation de station de pompage).

**Cette configuration de 2 ensembles d'écluses comprenant chacun 3 sas et 9 bassins d'épargne permet :**

- ✓ de réduire la consommation d'eau pour chaque éclusée de 60% par rapport à des écluses sans bassins d'épargne, évitant la réalisation de nouvelles retenues d'eau dans le bassin versant du canal,
- ✓ de minimiser un risque d'intrusion d'eau salée dans le lac Gatún ,
- ✓ des hauteurs de chutes comparables à celles des écluses existantes avec des portes de hauteur raisonnable,
- ✓ d'éviter la création de nouveaux barrages dans le bassin hydrographique du canal et la consommation d'électricité de pompage,
- ✓ un investissement pratiquement identique à celui nécessaire pour une simple ou une double écluse.

**Ainsi, les futures écluses, bien que plus grandes que les écluses actuelles, consommeront un volume d'eau plus faible (environ 7% de moins).**

## Les différentes phases de conception des nouvelles écluses

**2002**

Suite à un appel d'offres international lancé en 2001 par l'Autorité du Canal de Panama, le Consortium Post-Panamax qui réunit les compétences et les savoir-faire de la Compagnie Nationale du Rhône et des filiales de Tractebel Engineering (SUEZ) : Technum, Tractebel Development Engineering et Coyne et Bellier, remporte, en février 2002 et pour une durée de 2 ans, le premier contrat d'étude pour la conception d'un troisième jeu d'écluses côté Pacifique (cf.p5).

**2004**

**Aux termes des premières études conceptuelles, ACP retient les propositions du Consortium Post-Panamax jugées les plus appropriées tant du point de vue économique que technique.** Le Consortium Post-Panamax réalise ensuite une étude d'harmonisation et d'actualisation des études du côté Atlantique sur la base des solutions recommandées pour le côté Pacifique.

**2005**

En septembre, le Consortium remporte un contrat pour la réalisation d'études complémentaires et pour l'assistance technique à ACP jusqu'en 2006. Le contrat est renouvelé en décembre 2006 pour une année.

**2007**

En février, ACP lance une dernière série d'études de conception avec le consortium CPP visant à déterminer les ultimes caractéristiques du projet de référence, à valider les choix techniques les plus structurants et à préparer l'appel d'offre de construction (effets de la salinité des eaux sur la manœuvrabilité des bateaux à l'aval des écluses, études sur modèle physiques et études numériques d'optimisation du système hydraulique et de cas d'exploitation spéciaux).

**29 mars 2007**

ACP confie au groupement européen l'étude et la réalisation du modèle physique des nouvelles écluses de Panama (un contrat d'un montant de 2 millions USD).  
**C'est la Compagnie Nationale du Rhône qui réalise ce modèle à Lyon dans son laboratoire d'hydraulique et mesures.**

## CNR Ingénierie, un expert fluvial et hydroélectrique, partenaire du Consortium Post- Panamax

Bureau d'étude intégré de la Compagnie Nationale du Rhône en appui à l'exploitation des aménagements du Rhône et bureau d'ingénieurs conseils de référence, CNR Ingénierie s'appuie sur des partenariats scientifiques et universitaires et investit dans des technologies innovantes pour conduire des projets d'envergure en France et à l'export : Haut-Paraguay, Fleuve Rouge au Vietnam, Canal del Dique en Colombie, Fleuve Mékong, Fleuve Sénégal....

CNR Ingénierie répond d'autant mieux aux challenges techniques qu'elle dispose d'un laboratoire dédié aux études et expérimentations en hydraulique et mesures, outil indispensable dans le domaine des écoulements hydrauliques complexes. Il bénéficie notamment d'une expérience étendue et actualisée dans le domaine de la navigation.

Ces dernières années, le laboratoire a réalisé 4 modèles physiques d'écluses aux problématiques complexes :

- la future écluse à grand gabarit de Crémone en Italie afin d'optimiser la conception du système hydraulique d'alimentation,
- les écluses de gabarit Freycinet de Chautagne et Belley (Ain) destinées à créer d'ici 2010 une voie de navigation de plaisance entre Seyssel et Brégnier-Cordon sur le Haut-Rhône : mise au point d'une accessibilité sécurisée pour les bateaux de plaisance et optimisation des systèmes d'alimentation,
- l'écluse de Vallabrègues dans le Gard, une des 12 écluses à grand gabarit qui assure la navigation entre Lyon et Marseille : étude d'adaptation du système d'alimentation du sas à de nouvelles contraintes d'exploitation à but environnemental.



*Modèles de Crémone,*

*Chautagne,*

*Vallabrègues.*

**La conjugaison de l'expertise pluridisciplinaire de la Compagnie Nationale du Rhône et des compétences des membres du Consortium Post-Panamax a permis au groupe SUEZ de bâtir des solutions originales et compétitives.**

# La modélisation des nouvelles écluses de Panama

## La pertinence d'un modèle réduit physique

Les nouvelles écluses de Panama sont les seules au monde à associer des exigences maritimes (dimensions d'écluses hors-norme) et fluviales (économie d'eau, dénivellation de 26 à 30 mètres à franchir). De plus de forts enjeux économiques tels que croissance du trafic sont à la clé.

**Le dimensionnement du système d'alimentation des écluses doit satisfaire deux principes contradictoires :**

- réaliser les opérations de remplissage et de vidange des sas en un minimum de temps
- limiter les remous dans les sas au cours de ces opérations pour maintenir les efforts exercés sur les amarres à un seuil admissible.

Le système d'alimentation hydraulique des nouvelles écluses a été conçu grâce aux modèles mathématiques les plus évolués (logiciels 1D, 2D et 3D) ; cependant ils ne permettent pas d'acquérir, avec une précision acceptable, l'ensemble des données nécessaires au dimensionnement final du projet. **C'est pourquoi en complément des modèles mathématiques, le modèle physique représente et visualise à échelle réduite (1/30<sup>ème</sup>) la réalité des écoulements les plus complexes. Il permet de valider les choix techniques du système d'alimentation grâce à la mesure expérimentale directe des grandeurs physiques sur la maquette : vitesses, pressions, niveaux, temps de remplissage et de vidange.**

CNR Ingénierie met en œuvre des technologies pertinentes dans les domaines de l'électronique, de la mesure et de l'informatique en temps réel pour **mener les études sur le modèle physique de Panama**. Elles ont pour objectifs de :

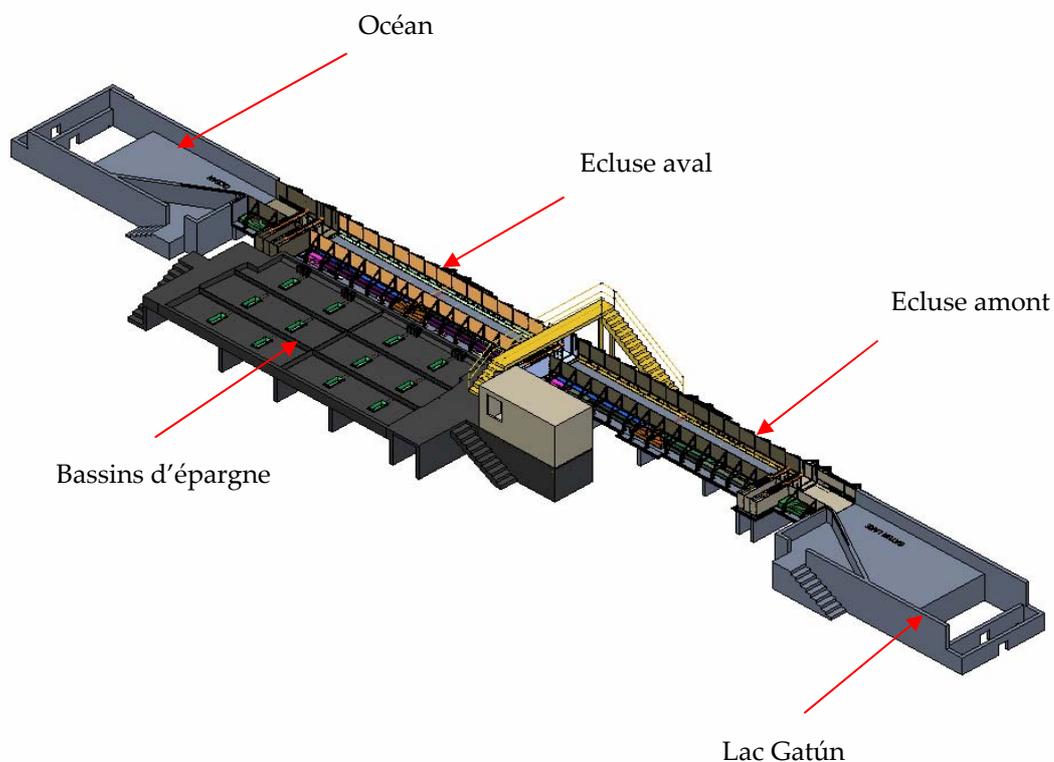
- valider les caractéristiques techniques du système d'alimentation par aqueducs latéraux et bassins d'épargne (profilage des formes par exemple),
- mesurer le temps de remplissage-vidange des sas des écluses qui doit être suffisamment rapide pour garantir le niveau attendu de trafic des navires,
- mesurer les efforts exercés sur les amarres des bateaux (utilisation d'une maquette d'un navire) qui doivent être suffisamment faibles pour garantir la sécurité pendant le franchissement des écluses,
- mesurer les vitesses à l'intérieur du système hydraulique, qui doivent être suffisamment lentes pour limiter l'usure des bétons, notamment dans les zones présentant de fortes courbures.

## Le modèle.... .....en mots

Construit d'avril à septembre 2007, le modèle réduit mesure 60 mètres de long x 20 mètres de large.



Il est composé de 2 sas d'écluses de gabarit Post-Panamax : 1 écluse amont et 1 écluse aval pourvue de 3 bassins d'épargne et de l'ensemble du système hydraulique : prise d'eau, aqueducs, larrons, vannes. Cette configuration optimale permet de simuler et d'étudier tous les scénarios d'exploitation future.



- Les travaux de génie civil du modèle ont nécessité plus de 100 tonnes de béton.

# La modélisation des nouvelles écluses de Panama

## Suite



- Les aqueducs, les parois des écluses (bajoyers) et l'ensemble des organes hydrauliques sont réalisés en plexiglas. La transparence de ce matériau permet de visualiser les écoulements lors des différents tests hydrauliques effectués. En outre, il présente la même rugosité que le béton lisse qui servira à la construction.



- Les autres pièces (virages, coudes, courbes...) ont été pré-dimensionnées au moyen d'un modèle mathématique 3D. C'est le polystyrène extrudé qui a été retenu pour reproduire le plus exactement possible ces éléments.



page  
12

- Lors de la construction, ces pièces ont été assemblées avec une grande précision : au dixième de millimètres près, des contrôles fréquents et réguliers vérifient que les dimensions des éléments sont en accord avec les dessins mathématiques.



## La modélisation des nouvelles écluses de Panama Suite



• Le modèle est instrumenté et informatisé afin d'acquérir des informations à haute fréquence (200 à 300 informations par seconde) et des mesures de vitesses toujours plus précises sur :



- le niveau de l'eau dans les sas, bassins, le lac et les océans,
- la vitesse et le débit dans les aqueducs,
- la pression dans les aqueducs et à l'aval des vannes,
- les positions des vannes,
- les forces sur les amarres.

Pour compléter le système et étudier le comportement d'un bateau pendant la manœuvre des écluses, la maquette d'un navire porte-conteneur de gabarit Post-Panamax, réalisée par le Centre de Recherche en Hydraulique Bulgare (BSHC) puis mise en situation dans le modèle physique, est utilisée par le laboratoire.



Les essais en cours devraient s'achever à la fin du mois de mars 2008.

## .....en chiffres

EQUIPES CNR INGENIERIE		<b>25</b> collaborateurs : dessinateurs, projeteur, les maquettistes, les maçons, agents d'essai (matériels de mesure, automatisme), électriciens, directeur de projet et ingénieurs.
CONSTRUCTION		Avril à fin septembre 2007
TESTS		Mi-octobre à fin mars 2008
DIMENSIONS MODELE		<b>60</b> mètres de long x <b>20</b> mètres de large x <b>2</b> mètres de hauteur Hauteur d'eau : de <b>0,6 à 1</b> mètre
DIMENSIONS PORTES		<b>2</b> mètres de long x <b>0,30</b> mètre de large
DIMENSIONS MODELE BATEAU		<b>12,20</b> mètres de long x <b>1,40</b> mètre de large x <b>1</b> mètre hauteur
STRUCTURE		<b>100</b> tonnes de béton <b>25</b> tonnes de PVC <b>2 500</b> pièces usinées en polystyrène extrudé <b>43 000</b> perçages <b>70 m<sup>3</sup></b> d'eau
INSTRUMENTALISATION		<b>24</b> capteurs de pression (200 acquisitions par seconde) <b>21</b> capteurs de niveau <b>24</b> vérins de commande d'ouverture et de fermeture des vannes <b>6</b> ultra-sons et <b>5</b> micro-moulinets (mesures des débits) <b>4</b> capteurs de niveau différentiel <b>4</b> capteurs d'effort sur les amarres
CONTRAT CPP		<b>2 millions USD</b>

...en photos



*Jun 2007*



*Début juillet 2007*



*Mi-juillet 2007*



*Début août 2007*

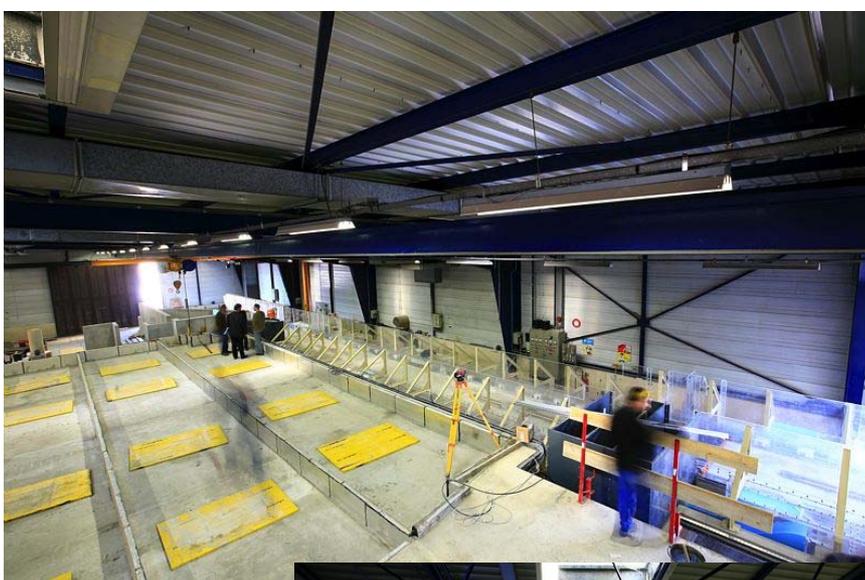


*Mi- août 2007*

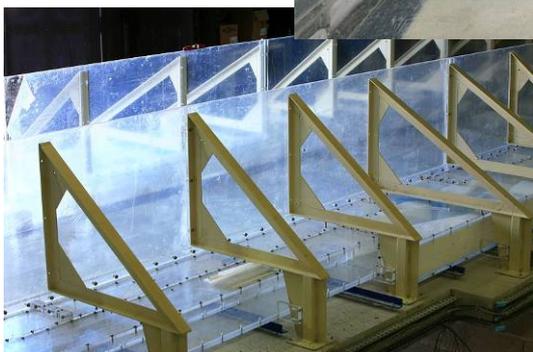
# La modélisation des nouvelles écluses de Panama Panama *Suite*



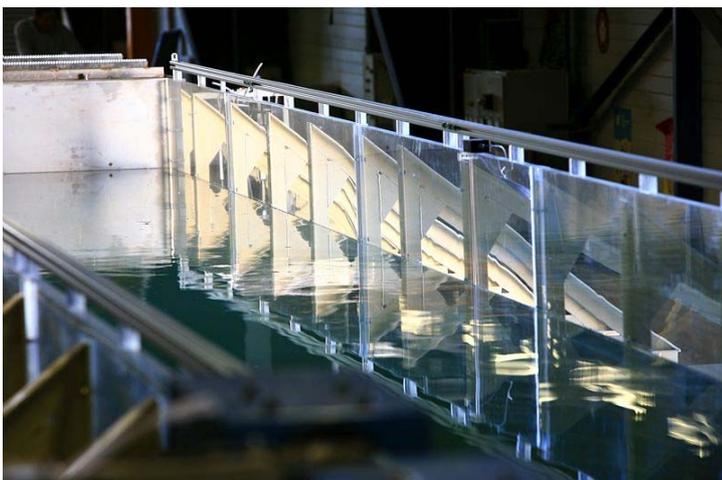
*Fin août*



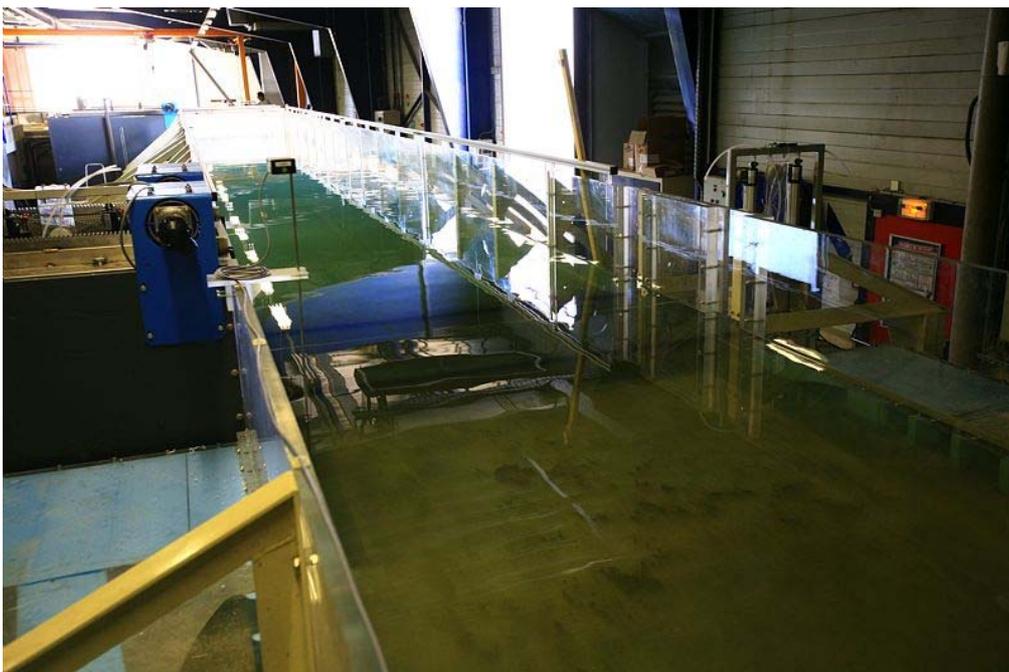
*Mi-septembre*



# La modélisation des nouvelles écluses de Panama Panama *Suite*



*Fin septembre*



## Le Canal de Panama

### Gros plan sur son fonctionnement

Le canal, long de 80 km, fonctionne 24h/24 et 365 jours par an. Un lac artificiel et trois ensembles d'écluses (Gatún, Pedro Miguel et Miraflores) ponctuent la traversée. A deux voies, les écluses fonctionnent comme des ascenseurs hydrauliques pour permettre aux navires de passer dans les deux directions. Elles élèvent les navires à 26 mètres au-dessus du niveau de la mer depuis l'océan Atlantique ou Pacifique jusqu'au lac Gatún. En pratique, le trafic est alterné et les deux voies des écluses ne sont utilisées que dans une direction à la fois. Chaque écluse est remplie avec plus de 100 000 m<sup>3</sup> d'eau en provenance du Lac de Gatun, puis déversée en mer. Un navire venant du côté Atlantique, passe les écluses de Gatún pour atteindre 26 mètres plus haut le Lac Gatún. Le bateau navigue ensuite jusqu'au village de Gamboa, au centre du canal, passe l'écluse de Pedro Miguel pour redescendre de quelques mètres, puis l'écluse de Miraflores pour atteindre l'Océan Atlantique, une vingtaine de mètres plus bas. Le tarif des droits de passage se négocie au tonnage, au conteneur.

### Dimensions des écluses

Les écluses sont les ouvrages les plus spectaculaires du canal. Leurs dimensions (Largeur : 33,53 m ; Profondeur : 12,55 m ; Longueur : 304,8 m) déterminent la taille maximum des navires, les Panamax. La dimension des navires qui peuvent aujourd'hui transiter par le canal ne peut donc excéder 32,2 mètres de largeur, 294,3 mètres de longueur et 12 mètres de profondeur.

### Transit

En 2005, 14 011 navires ont transité par le Canal de Panama. Depuis son ouverture le 15 août 1914, ils sont plus de 922 000 navires à avoir traversé le Canal.

### Temps moyen d'un transit

Un navire passe en moyenne 24,58 heures dans les eaux du Canal (2005) ; il faut environ 8 à 10 heures à un navire pour parcourir les 80 km du Canal et en moyenne 12 heures d'attente à l'entrée.

### Commerce

Le canal transporte 4% du commerce mondial (en tonnage) et 16% du commerce des Etats-Unis. 68% du trafic a pour origine ou destination les Etats-Unis.

### Principaux produits

Chargement en conteneurs, grains, acier et produits dérivés, charbon, produits pétroliers, produits chimiques, phosphates et fertilisants, véhicules.

### Principaux clients du Canal

1 (Etats-Unis), 2 (République Populaire de Chine), 3 (Japon), 4 (Chili), 5 (République de Corée), 6 (Pérou), 7 (Canada), 8 (Equateur), 9 (Colombie) et 10 (Mexique).

Source ACP

# CNR Ingénierie, expert en Ingénierie fluviale et hydroélectrique

Bureau d'ingénieurs conseil en France et à l'international, CNR Ingénierie s'appuie sur l'expérience de concepteur et d'exploitant de la Compagnie Nationale du Rhône (CNR). Les équipes pluridisciplinaires de CNR Ingénierie conduisent des projets fluviaux et hydroélectriques d'envergure dans différents domaines : aménagements hydroélectriques, voies navigables, aménagement et restauration de cours d'eau, gestion hydraulique et hydrologique des systèmes fluviaux. Leurs prestations intègrent le conseil, l'expertise, les études d'impacts et de faisabilité technique, la maîtrise d'œuvre (études préliminaires, assistance maître d'ouvrage, direction des travaux, assistance à l'exploitation et à la maintenance d'aménagements, conseils pour l'amélioration des performances).

CNR Ingénierie assure la maîtrise d'œuvre de tous les projets techniques sur la concession du Rhône, ainsi que les études, diagnostics, essais, mesures et contrôles nécessaires.

## DES ATOUTS

### *Au service de la conception de vos infrastructures (cf.annexe Laboratoire)*

*Un laboratoire d'hydraulique et mesure*

### *Au service d'une exploitation performante et pérenne*

Grâce à la diversité des ouvrages hydrauliques qu'elle exploite, CNR Ingénierie possède une expérience incomparable en matière de **diagnostic**, de **maintenance** et de **rénovation**.

### *Au service de l'acquisition et du traitement de données*

CNR Ingénierie a développé en partenariat avec l'IRD le logiciel Hydromet permettant la télé-acquisition, le stockage, le traitement automatique et la diffusion de données hydro-météorologiques.

### *Au service de l'environnement*

Précurseur dans le domaine du génie écologique et végétal, CNR Ingénierie maîtrise l'ensemble des techniques pour restaurer, réhabiliter ou créer des milieux naturels.

p a g e  
19

## Domaines d'expertises

### > Voies navigables

*Ecluses, ouvrages de franchissement, schémas directeurs d'aménagement de voies navigables, aménagement de voies navigables en canal et rivière, aménagements de ports industriels et de plaisances, bathymétrie des chenaux navigables*

Concepteur-opérateur de la voie navigable à grand gabarit du Rhône, CNR Ingénierie conseille depuis plus de 30 ans ses clients en France et à l'international pour moderniser et maintenir leurs infrastructures ou encore créer de nouvelles voies navigables. Les ouvrages sont pensés dans le cadre du développement durable et prennent en compte les paramètres structurels, environnementaux, sociaux, institutionnels et les analyses de risque.

### Quelques références

Etudes d'avant-projet du tracé canal Seine-Nord (**Canal Seine-Nord**), étude de projet de l'écluse à grand gabarit du port de Crémone sur le Pô (**Italie**), études de conception du troisième jeu d'écluses du canal de Panama (**Panama**)

## >AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES

*Centrales hydroélectriques de basse et moyenne chute, petites centrales hydroélectriques, barrages, automatismes de conduite et de téléconduite, régulation, optimisation et gestion de la production, assistance à l'exploitation et la maintenance.*

CNR Ingénierie intervient tant dans la conception des projets que dans la rénovation d'ouvrages. Elle propose également ses conseils et diagnostics pour l'optimisation de l'exploitation et de la maintenance des centrales hydroélectriques.

### Quelques références

Rénovation de l'usine de Chancy-Pougny (**Suisse**), études du suréquipement de l'aménagement hydroélectrique de Gabriel Terra et de l'augmentation du potentiel hydroélectrique sur le Rio Negro, en partenariat avec Safege (**Uruguay**), projet de construction de plusieurs Petites Centrales Hydroélectriques (optimisation de production d'énergie renouvelable) sur le Haut-Rhône et le Bas-Rhône (**France**).

## > AMENAGEMENTS ET RESTAURATION DE COURS D'EAU

CNR Ingénierie conçoit, réalise et assure la maintenance d'une grande diversité d'ouvrages : digues, seuils, ponts, passes à poisson, siphons, protections de berges et stades d'eaux vives. Ses équipes d'experts interviennent également dans la restauration de milieux naturels, le génie écologique, le phytoremédiation et les plans de gestion environnementaux.

### Quelques références

Etude de faisabilité et du programme de restauration du Canal del Dique (**Colombie**), contrat d'Assistance Technique pour le Ministère vietnamien de l'agriculture concernant des projets de protection contre les inondations dans le Delta du Fleuve Rouge (**Vietnam**), conception et réalisation de 400 km de digues bordant le Rhône (**France**), restauration hydraulique et écologiques des îlots du Rhône, aménagement des berges et des abords des étangs de Viry-Chatillon et Grigny (Région Parisienne), réhabilitation des berges du réseau à grand gabarit des départements du Nord et du Pas de Calais en groupement avec Coyne et Bellier (**France**).

p a g e  
20

## > GESTION HYDRAULIQUE ET HYDROLOGIQUE DES SYSTEMES FLUVIAUX

*Etudes hydrologiques et modèles de prévisions, hydrométrie, études hydrauliques sur modèles mathématiques et physiques (laboratoire), cartographie SIG et gestion du risque inondation.*

La prévision et la gestion au quotidien des conditions hydrauliques et hydrologiques du Rhône ont permis à CNR Ingénierie de développer des méthodes et des outils performants et éprouvés (laboratoire d'hydraulique, modèles mathématiques, logiciels) pour notamment élaborer des schémas directeurs d'aménagement de bassin versant à l'échelle régionale ou nationale ou encore pour la mise en place de réseau de collecte et de traitement de données hydro-météorologiques.

### Quelques références

Projet d'installation d'un réseau de mesures hydrométéorologiques et de modèles de prévision de niveaux et de débits sur le fleuve Paraguay et ses principaux affluents (**Paraguay**), mise en place d'un observatoire des ressources hydriques du bassin versant du Haut-Paraguay, avec un réseau de mesure hydrologique et de qualité de l'eau (**Brésil-Bolivie-Paraguay**), étude d'un plan d'alerte des populations riveraines du fleuve Sénégal, sur 1200 km, en cas de crues exceptionnelles en groupement avec Coyne et Bellier (**Sénégal**), étude de l'aléa inondation sur le Grand Lyon ; étude cartographique envisageant différents scénarios de crue (**France**).

# Laboratoire d'hydraulique et mesures

**Le laboratoire d'hydraulique et mesures de la Compagnie Nationale du Rhône est l'un des plus importants d'Europe.** Il est un atout majeur de CNR Ingénierie. Depuis sa création en 1936, le laboratoire a acquis une maîtrise reconnue dans les domaines de l'hydraulique, l'hydrologie, l'hydrométrie et l'hydrographie. Il est une référence majeure en modélisation mathématique et physique des écoulements hydrauliques complexes, fluviaux ou en charge, dans les domaines de l'hydraulique fluviale, torrentielle et urbaine. Ses compétences s'étendent aux essais sur matériaux pour notamment tester les résistances à l'abrasion et aux chocs hydrauliques des bétons et mortiers.

Le laboratoire associe des compétences pluridisciplinaires à des technologies de pointe dans les domaines de l'électronique, de la mesure et de l'informatique en temps réel pour prélever, analyser, diagnostiquer et recommander des solutions éprouvées et innovantes.

**Un Pôle d'Expertises unique au service de la conception d'infrastructures, de la surveillance hydraulique, de la mesure et de l'observation bathymétrique et de l'expertise des matériaux.**

## > HYDRAULIQUE

### MODELISATION PHYSIQUE

Le laboratoire hydraulique conçoit et exploite des modèles réduits. En reproduisant un projet étudié à une échelle de (1/100, 1/50, 1/30), les modèles simulent le plus fidèlement possible la réalité. Ils permettent d'accéder à la mesure expérimentale des grandeurs physiques et complète ainsi les modèles mathématiques pour apprécier les impacts des projets. Le modèle réduit permet d'analyser un projet et de produire des expertises pour améliorer la conception, l'exploitation, la maintenance et les performances des ouvrages hydroélectriques et des équipements fluviaux. Il est un outil irremplaçable pour traiter des problèmes complexes des ouvrages hydrauliques, des ouvrages d'aménagement de torrents, des grands aménagements de plaine d'inondation, des rivières avec transport sédimentaire important. Il apporte aux techniciens, décideurs et aux riverains des garanties de sécurité nécessaires pour de tels projets. En fin d'étude de définition d'un ouvrage hydraulique, le modèle physique est assimilé à une assurance validation conception.

Le laboratoire a acquis une renommée internationale qui lui vaut d'être régulièrement consulté, tant par les autorités publiques, les organismes privés que par les industriels, les chercheurs, les scientifiques, sur des projets techniques délicats en matière de système d'alimentation.

**Des références :** Station de pompage de Noutary, protection des fondations du nouveau pont de Bordeaux, protection contre les crues (modèle fond mobile) de la Rivière des Marsouins (Réunion), modèle du Roubion, petites centrales hydroélectriques (Belley, Chautagne), dimensionnement des protections aval du barrage de Seyssel...

## >HYDROMETRIE

La prévision et la gestion au quotidien des conditions hydrauliques et hydrologiques du Rhône ont permis au laboratoire d'acquérir un savoir-faire dans la mesure de débit, vitesses et niveaux qui lui confère le leadership technique dans l'activité mesure et débit par ultra-sons (ADCP).

Le laboratoire a également développé des méthodes et des outils éprouvés qui lui permettent de gérer et superviser un réseau d'observations hydrométriques (maîtrise des installations in-situ), d'analyser et mettre en œuvre des protocoles de mesures spécifiques adaptés au fonctionnement d'ouvrages hydrauliques.

#### >HYDROGRAPHIE

Concessionnaire du fleuve, la CNR surveille le lit du Rhône et ses affluents en permanence. Elle a développé des systèmes de sondage des fonds pour en réaliser la mesure et l'analyse, mener des études dans les domaines de l'hydrographie et du géo-positionnement, effectuer des expertises en hydrographie et maintenir opérationnel des matériels techniques. L'ensemble des informations acquises est quotidiennement restituée sous forme de cartes hydrographiques qui permettent, entre autres, la surveillance du chenal de navigation et l'assurance d'un mouillage de 3 mètres. La CNR assure la gestion des bases de données bathymétriques et une veille technologique.

#### >CONTROLE ET EXPERTISE DES MATERIAUX HYDRAULIQUES

Concepteur et exploitant des ouvrages hydrauliques du Rhône, la CNR contrôle et analyse depuis plus de 50 ans les digues, barrages, écluses, ponts et routes. Fort de cette expérience, le laboratoire a développé des compétences spécifiques pour optimiser la durabilité des ouvrages et intervenir en amont des projets dans le choix de solutions techniques. Spécialisé dans les bétons, sols et enrochements, ce pôle d'expertise unique réalise des diagnostics sur l'état des matériaux des ouvrages en exploitation, contrôle la qualité des matériaux employés pour l'entretien, l'amélioration des ouvrages et/ou la réalisation de nouveaux ouvrages.

#### > DES OUTILS SPECIFIQUES

- surface couverte de 2 500 m<sup>2</sup>
- équipé d'une station de pompage et d'une tour à niveau constant permettant l'alimentation des modèles jusqu'à un débit de 600l/s
- modèles équipés de systèmes d'acquisition de mesures modernes (niveaux, pressions, débits, efforts..) largement informatisés
- utilisation des progrès les plus récents dans le domaine de la mesure, de l'électronique et de l'informatique en temps réel

#### *Hydrographie*

- mis en service en 1980, le Frédéric Mistral est un bateau hydrographique unique en Europe, tant par sa conception générale que par ses installations embarquées. Avec 48 sondes disposées sur des bras latéraux qu'il déplie, le FM réalise l'échographie du Rhône. Il surveille l'évolution des fonds et réalise la cartographie correspondante.

#### *Hydrométrie*

- les mesures de débit sont réalisées essentiellement à l'ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) qui utilise l'effet Doppler pour mesurer la vitesse du courant et par extension accéder au débit du cours d'eau.

#### *Matériaux*

- des bancs d'essais spécifiques d'abrasion et de chocs

**DES COMPETENCES, DES EQUIPES D'EXPERTS RECONNUS DANS DIFFERENTS DOMAINES.** Dessinateurs, projeteurs, maquetistes, directeur projet, agents d'essais et ingénieurs. Au total 40 techniciens et ingénieurs répondent aux demandes des clients. Des corps de métiers complémentaires, des équipes expérimentées assurent un suivi constant dans la réalisation des projets. Cette exigence de qualité s'accompagne d'un sens aigu de précision, de recherche et développement.

## Compagnie Nationale du Rhône chiffres clés

Créée en 1933 à Lyon, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR), concessionnaire du plus puissant fleuve français, l'aménage et l'exploite selon trois missions solidaires :

- . la production d'électricité,
- . l'amélioration de la navigation,
- . l'irrigation et autres usages agricoles.

Deuxième producteur d'électricité français et pôle d'excellence hydraulique du groupe SUEZ en France, la CNR bénéficie d'une certification 100% renouvelable pour la totalité de sa production.

Impliquée dans le développement durable, la Compagnie s'est engagée depuis 2004 dans un programme ambitieux de missions d'intérêt général. Améliorer la voie navigable, optimiser la production d'électricité hydraulique, protéger l'environnement et renforcer son ancrage local sont les domaines concernés par son 1er plan (2004-2008).

Concepteur et exploitant des centrales, barrages et écluses du Rhône, la CNR a réalisé sur le fleuve des sites industriels et portuaires, des ports de plaisance, des haltes nautiques et des zones de loisirs. Grâce à son expérience acquise sur le Rhône, elle propose des prestations en ingénierie fluviale et hydroélectrique en France et dans une vingtaine de pays.

### REPERE CNR 2006

**Chiffre d'affaires : 657,4 M€ : + 43,7 %**

**Résultat net : 165,7 M€ + 105,3 %**

#### Impôt et taxes : 290,9 M€ répartis :

Taxe/redevance de 24%	147,6 M€
Impôt sur les sociétés	96 M€
Taxe professionnelle	23,7 M€
Taxe foncière	23,6 M€

#### REPARTITION DU CAPITAL AU 31/12/2006

La Compagnie Nationale du Rhône est une société anonyme à conseil de Surveillance et Directoire.

Electrabel, groupe Suez	49,97%
Caisse des Dépôts et Consignations	33,20%
Collectivités locales	16,83%

## PATRIMOINE INDUSTRIEL ET FLUVIAL

19 barrages,  
19 usines hydroélectriques,  
14 écluses à grand gabarit,  
3 parcs éoliens (33,5 MW de puissance installée),  
400 km de digues,  
32 stations de pompage,  
330 km de voies navigables à grand gabarit,  
27 000 ha de domaine concédé : 14 000 ha de fleuve et 13 000 ha terrestre dont 836 amodiés,  
29 sites industriels et portuaires parmi lesquels le Port de Lyon Edouard Herriot.

## RESSOURCES HUMAINES AU 1ER JANVIER 2007

1200 agents

## PRODUCTION D'ELECTRICITE

3 000 MW de puissance installée  
14,6 milliards de KWh certifiés 100% renouvelable produits (moyenne de long terme 15,7)

## NAVIGATION – TRANSPORT FLUVIAL

### *Transport de marchandises*

5,9 millions de tonnes transportées sur le fleuve (+6% /2005)  
1,3 milliard de tonnes x km transportées sur le Rhône (+6%/2005)  
57 000 conteneurs (EVP) transportés sur le fleuve (+10%/2005)  
Trafic de bateaux : 95 500 éclusages

## QUALITE

Certification ISO 9001, version 2000, pour les activités : ingénierie, sûreté hydraulique, gestion de la voie navigable, production, commercialisation et négoce d'électricité.

**La Compagnie Nationale du Rhône et son partenaire le Groupe Suez intègrent les trois dimensions du développement durable – l'économie, le social et l'environnement - comme fondement et guide de leur stratégie. Fer de lance de leur croissance et de leur compétitivité, cette démarche est aussi gage de pérennité.**

La CNR mène plusieurs projets avec les différentes entités du groupe : SITA dans l'énergie éolienne, ELYO pour la biomasse, Tractebel Development Engineering pour l'ingénierie...

*Groupe international industriel et de services, Suez conçoit des solutions durables et innovantes dans la gestion de services d'utilité publique en tant que partenaire des collectivités, des entreprises et des particuliers dans l'électricité, le gaz, les services à l'énergie, l'eau et la propreté.*