

# LES OUVRAGES DE PROTECTION CONTRE LES OURAGANS À LA NOUVELLE ORLÉANS

**Ir. P.T.M. DIRCKE\***, **Ing. R.H. DOLFSMA\*\***

\* Université des Sciences Appliquées de Rotterdam

\*\*ARCADIS

## INTRODUCTION

Pour remédier à la dévastation causée par l'ouragan Katrina, le « US Army Corps of Engineers » (USACE) avait un besoin urgent de concevoir et de construire un dispositif de protection (Hurricane Damage Risk Reduction System - HSDRRS) pour la Nouvelle-Orléans. L'objectif était de protéger la ville contre les risques de niveau centennal. ARCADIS a fait partie des entreprises auxquelles le « Corps » a fait appel pour cet énorme effort. Avant Katrina

ARCADIS avait déjà un contrat cadre de plusieurs années avec le « Corps » pour des services d'ingénierie, à partir de ses bureaux de la Nouvelle-Orléans et de Baton Rouge. Après Katrina, ARCADIS a intensifié ses efforts et détaché des ingénieurs hollandais auprès de leurs collègues américains pour leur apporter leur expertise unique pour la lutte contre les inondations. Néerlandais et américains ont travaillé conjointement pour la conception et le suivi de la construction de digues, murs de protection, stations de pompage et barrières anti-tempêtes.



*Après Katrina*



*La nouvelle Orléans après Katrina*

## ÉTAT DES LIEUX

En 2005, peu de temps après Katrina, ARCADIS a commencé l'inspection des dégâts sur les bâtiments et les infrastructures pour le « Corps ». Le premier bâtiment inspecté fut le bureau du district lui-même, suivi par un grand nombre de structures de protection, de stations de pompage et d'une centaine de kilomètres de digues et de murs de protection.

## ÉTUDES PRÉLIMINAIRES DES BARRIÈRES ANTI-TEMPÊTES ET DE SOLUTIONS ALTERNATIVES

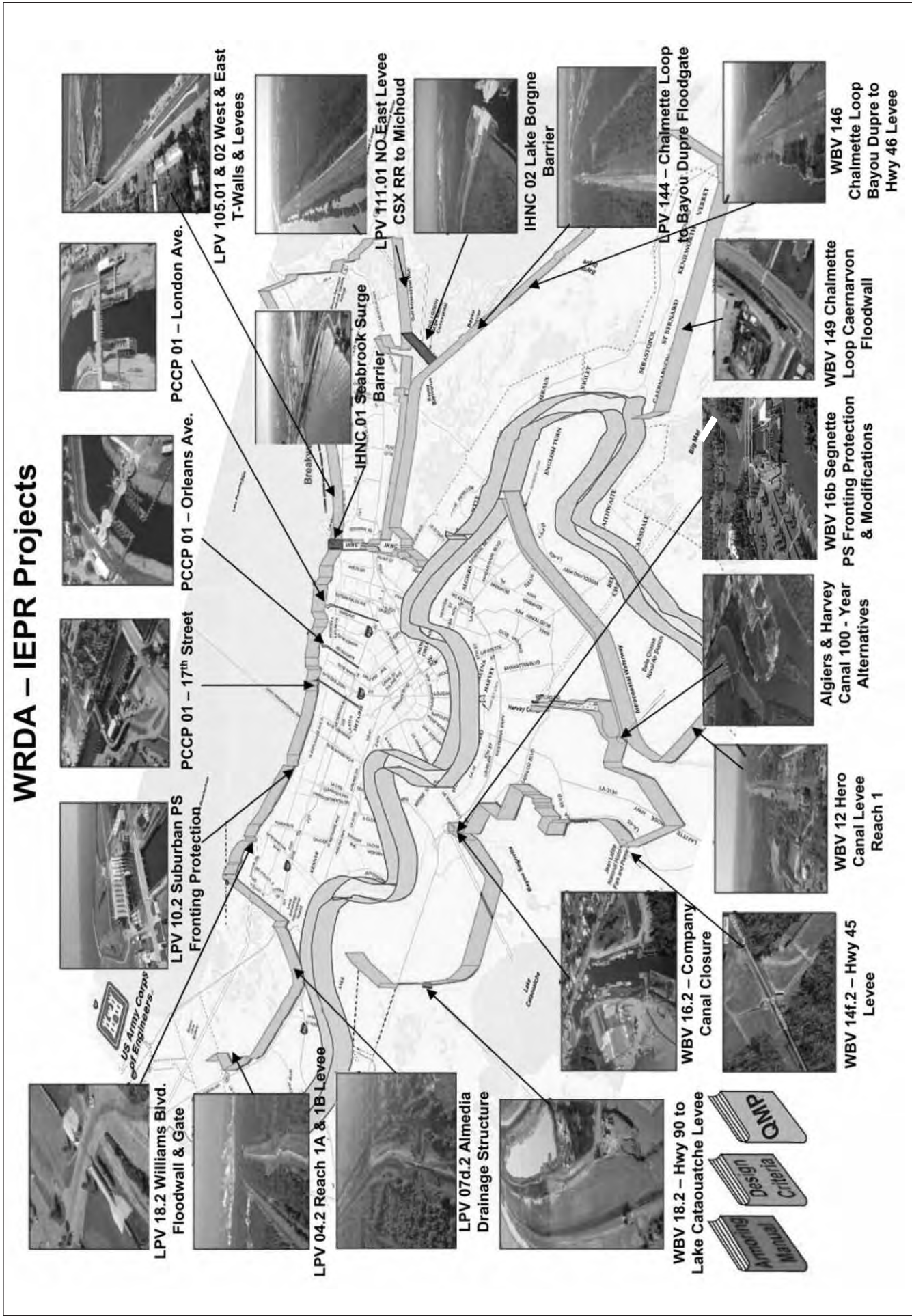
En Avril 2006 ARCADIS a engagé l'étude préliminaire des deux principales barrières navigables dans le « Inner Harbor Navigation Canal » (IHNC). Cette première étude a été réalisée afin de valider le concept et de préparer les études et la construction de ces structures exceptionnelles. Ces deux barrières, qui devaient permettre de fermer le canal de navigation intérieure en cas de menace, sont comparables à la célèbre barrière Maeslant de Rotterdam.

L'étude a porté sur le type de barrière, l'emplacement, les impacts environnementaux, les spécifications techniques initiales et les coûts prévisionnels, ainsi que sur un certain nombre d'alternatives.

## 200 MILLIONS DE DOLLARS DE CONTRAT IDIQ (EN RÉGIE) POUR L'INGÉNIERIE DE LA PROTECTION DE LA NOUVELLE-ORLÉANS CONTRE LES INONDATIONS

En Janvier 2007, le District de la Nouvelle-Orléans et l'Office de Protection Contre les Ouragans du « Corps » ont confié à ARCADIS et son partenaire Bioengineering un contrat « Indefinite Delivery Indefinite Quantity » (IDIQ) pour l'assistance à la conception, le conseil multidisciplinaire et la supervision de la construction. Le contrat de cinq ans a été évalué initialement à 150 millions de dollars. Le projet comprend l'évaluation, la conception et la

# WRDA – IEPR Projects



Shéma d'ensemble des ouvrages de protection



*Barrière anti-tempête du canal de navigation du port intérieur*

supervision de la construction de digues et de murs, de structures spéciales de protection des communautés voisines de canal de navigation intérieure, de grandes installations de pompage, ainsi que des études prospectives pour l'amélioration du niveau de protection contre les inondations pour la Nouvelle-Orléans et le sud de la Louisiane. En Octobre 2007, le groupement ARCADIS a remporté un deuxième contrat majeur, d'une valeur de 50 millions de dollars.

## **TRAVAUX DE RÉDUCTION DU FLOT DANS LE CANAL DE NAVIGATION INTÉRIEUR DU PORT**

En Avril 2008, le contrat de conception-construction de la barrière anti-tempête près du confluent du « Gulf Intracoastal Water Way » (GIWW) et du « Mississippi River Gulf Outlet » (MRGO) a été décerné à Shaw Environmental & Infrastructure pour plus de 695 millions de dollars, le plus grand contrat de conception-construction dans l'histoire du « Corps ». Ce travail était nécessaire pour assurer avant 2012 une protection contre les inondations centennales et réduire le risque d'inondations au cours de la saison des ouragans. ARCADIS a préparé ce contrat et participé au processus de conception et de contrôle, dans l'équipe de construction, en collaboration avec le « Corps » et l'entrepreneur.

En Décembre 2008, les travaux de construction ont officiellement démarré avec les premiers pieux d'essais dans les sols mous à l'est de la confluence.

La mission comprenait la fourniture des informations aux entreprises, le développement de critères de sélection, les demandes de propositions aux entreprises pré-sélectionnées, l'identification des solutions potentielles aux problèmes rencontrés, l'analyse des risques sur les variantes et sur les méthodes de passation des marchés, et l'examen des offres afin de sélectionner l'entreprise adjudicataire.

En dépit d'un cadre particulièrement complexe, le travail a abouti à la sélection d'une entreprise environ 14 mois après l'ordre de mission.

Dans la continuité de cette mission le district a confié à ARCADIS le management du programme de construction des ouvrages et le contrôle des travaux dans la zone du Canal de Navigation Intérieure du Port (IHNC). Pour cette tâche, ARCADIS a fourni des services et des ressources, y compris pour la gestion des contrats et pour la supervision de la construction (contrats Federal Acquisition Regulation / Defense Federal Acquisition Regulation, conception-construction, travaux en régie, « fast track »), pour les contrôles de projets, la gestion des modifications, et toutes les tâches associées à la gestion des contrats.

Compte tenu des délais extrêmement serrés et de la complexité des projets, la procédure de conception-construction a été préférée à la procédure classique de conception-soumission-construction.

## **SEABROOK**

Lors de l'ouragan Katrina, des brèches se sont ouvertes à plusieurs endroits le long de la digue existante et des murs



« Seabrook Complex »

aux abords du Lac Pontchartrain et du Canal de Navigation du Port Intérieur (IHNC), contribuant à l'inondation de la Nouvelle-Orléans et des paroisses voisines. Après Katrina, ARCADIS a été engagée pour fournir des services d'ingénierie pour la planification, la conception et le suivi de la construction d'une barrière de protection contre les inondations à Seabrook, qui serait l'élément clé du système de protection contre les ouragans.

Dans un premier temps une étude préliminaire a permis de proposer deux emplacements et deux types de portes. Sur cette base le Corps a retenu l'emplacement Sud avec une porte-secteur. Cette solution a alors été développée au niveau avant-projet.

L'étude de projet concerne principalement les ouvrages suivant : Une porte de 29 mètres d'ouverture dans le secteur navigable, deux portes levantes de 15 mètres d'ouverture non-navigables, des murs et des digues assurant la continuité avec les ouvrages adjacents, nouveaux ou existant, des ponts d'accès en acier avec rampes d'accès en béton, un bâtiment en béton pour les générateurs et un batardeau.

L'équipe a également fourni des services de supervision et de suivi de la phase de construction.

Ce projet, terminé en juillet 2012 (avec une protection provisoire contre les inondations pendant la saison des ouragans de 2011), a nécessité un haut niveau d'expertise technique et de connaissance des grandes structures de protection contre les ouragans. Les projets de cette ampleur et

de cette complexité requièrent habituellement plusieurs années. Les équipes dédiées à ces tâches ont été en mesure de réaliser l'étude initiale en quelques semaines et la conception complète du projet en un an et demi. Grâce à une gestion serrée des travaux, l'équipe a été en mesure de respecter les budgets et les délais prévus.

## LE COMPLEXE DE FERMETURE OUEST DU GULF INTRACOASTAL WATER WAY

ARCADIS et ses associés ont été retenus par le « Corps of Engineers » pour assurer la gestion de l'équipe de conception de la station de pompage du complexe de fermeture Ouest du GIWW. L'équipe a développé plusieurs variantes, et a évalué des solutions innovantes et des options de contractualisation, en travaillant avec plusieurs districts du Corps pour la coordination de la conception des principales composantes du projet. Finalement, l'équipe a travaillé en collaboration avec l'entreprise et le « Corps of Engineers » sur les méthodes et la planification de la construction, dans le cadre d'une implication en amont de l'entreprise (« early contractor involvement building approach »).

Le complexe de fermeture à l'Ouest (WCC) ferme complètement le GIWW, immédiatement au sud de la confluence des canaux d'Alger et Harvey sur les paroisses



**Le complexe de fermeture Ouest et la station de pompage**

de Jefferson et Plaquemines en Louisiane. La station de pompage est intégrée à ce système, qui se compose d'une porte-secteur navigable de 68 mètres d'ouverture, d'une combinaison de digues sur la rive est et de murs sur la rive ouest, et d'autres structures de contrôle et de liaison. L'agencement de ces éléments permet de respecter le gabarit du chenal de navigation, tout en apportant la réduction attendue des risques d'inondation. La station de pompage, clef de voûte de cet ensemble, se compose de 11 pompes massives, entraînées chacune par un moteur diesel de 5400 chevaux. Cette station frappe par ses dimensions et peut être comparée à 11 locomotives diesel alignées côte-à-côte, prêtes pour le sprint.

L'échelle de ces pompes était d'une ampleur telle qu'elles ont nécessité une conception spécifique, prenant en compte les contraintes de fabrication. Chaque ensemble de pompe pèse plus de 70 tonnes et a des tolérances d'appuis extrêmement strictes. La conception des structures d'aspirations et de décharge, y compris la baie amont et le canal de fuite, était critique. Le calendrier n'a pas permis de construire un modèle physique afin d'optimiser l'efficacité et de maintenir la turbulence au minimum. L'équipe a accéléré la conception en utilisant des modèles numériques de dynamique des fluides afin de valider et d'optimiser le comportement hydrodynamique de la station. La modélisation numérique a permis de prédire avec précision les flux produits par l'installation et a permis l'optimisation de la conception à travers la vérification de scénarios. Les der-

niers ajustements ont été effectués au cours de la construction, sur la base du modèle physique réalisé au « Corps Engineering Research and Development Center » (ERDC) à Vicksburg, MS. La station de pompage devant fonctionner dans des conditions extrêmes sans défaillance, elle comprend de nombreux éléments redondants et des sécurités en cas de défaillance, ce qui a nécessité un niveau élevé d'innovation pour maintenir la fiabilité sans encourir des coûts excessifs. La structure de la station de pompage, qui couvre la surface de deux terrains de football (américain) de long, a été conçue pour résister à des vents de tempête de catégorie 5, avec les débris volant associés. Les mêmes critères ont été appliqués aux installations auxiliaires, telles que le pont d'accès et les systèmes d'amenée du carburant. Le « West Closure Complex » est censément la plus grande station de pompage de drainage intérieur du Monde. Les grilles nécessaires pour arrêter les gros débris flottants, même les troncs d'arbres, sont les plus importantes jamais utilisées par le « Corps of Engineers ».

Les fondations de cette station dans un sol de qualité médiocre ont été en elles-mêmes un défi. Le radier de la station de pompage se trouve à environ 8 m sous le niveau du terrain naturel. Cela a amené à prendre en compte le risque de soulèvement de la fondation en raison de zones de pression artésienne sous le radier, ce qui a conduit à l'installation d'un système de drainage. La structure est fondée sur environ 1.100 pieux tubulaires métalliques de 24 et 30 pouces de diamètre. Ces pieux ont été foncés sous

la station à une profondeur d'environ 40 m, et sous les ouvrages adjacents à environ 29 mètres. Leur capacité a été confirmée par des essais statiques en phase de conception et des essais dynamiques pendant la construction. Le radier de 2,4 mètres d'épaisseur a été réalisé en béton. Le contrôle de la qualité sur place a permis des bétonnages allant jusqu'à 3900 m<sup>3</sup>, une première pour le « Corps of Engineers ».

L'approche consistant à impliquer l'entreprise en amont, nouvelle pour le « Corps of Engineers » pour un projet de génie civil, a permis de réduire les risques de conception, d'anticiper les commandes de matériaux et d'équipements, d'améliorer la constructibilité, d'accroître la sécurité et, surtout, de réduire les délais de construction.

La taille de l'installation de pompage, un calendrier très serré, le maintien de la navigation en cours de construction, la protection des composants en phase de montage, tous ces éléments se sont ajoutés à la complexité intrinsèque du projet.

En outre, de nombreux composants auxiliaires de la station de pompage ont dû travailler dans un mode synchronisé pour maintenir la fiabilité de fonctionnement. Il s'agit notamment du système d'amorçage, des systèmes de refroidissement des moteurs, du système d'air comprimé, du système de carburant diesel, de l'approvisionnement en eau, des ponts roulants, du système d'instrumentation et de contrôle, de la salle de sécurité et de contrôle, de la protection contre les incendies, des équipements électriques et de distribution d'énergie, des générateurs de secours, des installations d'élimination des déchets, et d'autres encore. Tous ces systèmes devaient fonctionner dans des conditions extrêmes et pour être absolument fiables.

Achevé dans les délais, le « West Closure Complex » est une composante essentielle du système de réduction des

risques d'ouragan de la Nouvelle-Orléans, et fournira une protection supplémentaire contre les tempêtes de la zone Ouest de la Nouvelle-Orléans, une région fortement industrialisée. Cette région abrite près de 250.000 habitants, ainsi que des entreprises, dont certaines sont critiques pour la défense nationale. Le projet permet d'utiliser en continu la « Gulf Intracoastal Water Way », sauf lors de tempêtes extrêmes, lorsque la porte navigable est fermée.

## CONCLUSION

Depuis Katrina, ARCADIS a été impliqué dans de nombreuses actions du « Corps of Engineers » et de l'État pour protéger le « Greater New Orleans » pour l'avenir. En Juin 2011, le « Corps » avait atteint son objectif d'une réduction significative du risque pour la Nouvelle-Orléans avant le début de la saison des ouragans. Lorsque l'ouragan Isaac a frappé, à l'été 2012, la Nouvelle-Orléans était prête. Bien qu'Isaac ait provoqué d'importantes inondations dans le delta du Mississippi et des dommages liés aux vents et à la pluie dans la ville de la Nouvelle-Orléans, le système de réduction des risques d'ouragan a empêché les inondations de pénétrer dans la ville et assuré la protection des citoyens, de leurs propriétés et de leurs entreprises. Avec l'augmentation des inquiétudes quant à l'impact du changement climatique, et l'accroissement des populations dans des deltas urbanisée et les zones côtières partout dans le Monde, des défis comparables à ceux de la Nouvelle-Orléans vont se présenter à d'autres villes-deltas, comme l'ouragan Sandy l'a montré récemment à New York et le long de la côte du New Jersey. Pour faire face à ces défis, une expérience globale et partagée de la gestion de l'eau sera nécessaire.