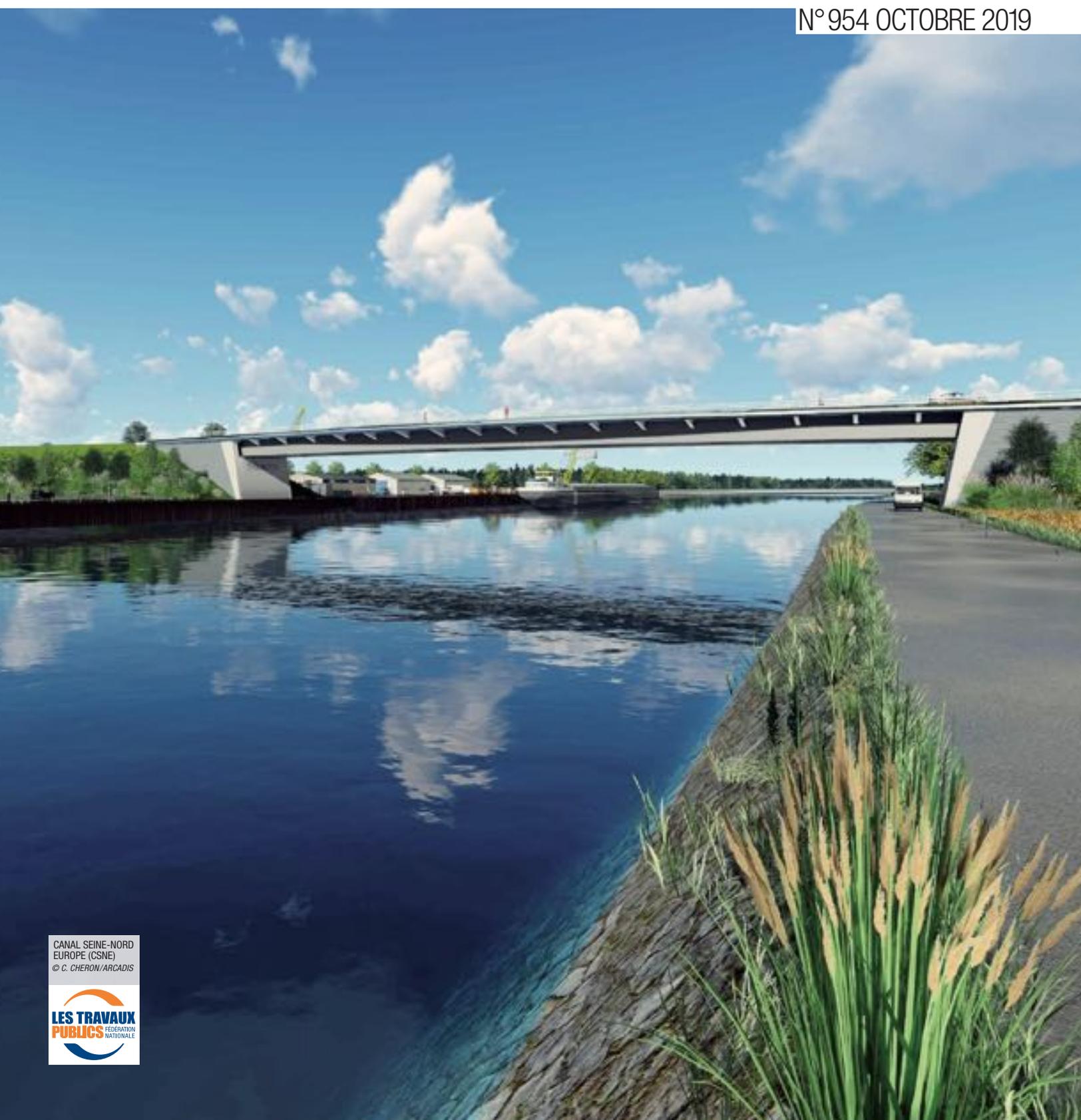


TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX. CANAL SEINE-NORD EUROPE - SECTEUR 1. LE TERMINAL PORTE-CONTENEURS DE KINGSTON - JAMAIQUE. PORT HALIGUEN EN QUIBERON. BARRAGE DE MERVENT. UN NOUVEAU QUAI A MONTEVIDEO : EXTENSION DU TERMINAL C. BARRAGE DE VEZINS : CASIERS DE STOCKAGE DE SEDIMENTS EN GABIONS. HOA PHAT DUNG QUAT DEEP-WATER PORT IN QUANG NGAI PROVINCE. TRESORS DE NOS ARCHIVES : LES NOUVELLES INSTALLATIONS MARITIMES A BREMERHAVEN

N° 954 OCTOBRE 2019



CANAL SEINE-NORD
EUROPE (CSNE)

© C. CHERON/ARCADIS

LES TRAVAUX
PUBLICS FEDERATION
NATIONALE



Port de Brest | © Pasquatic Bretagne - Région Bretagne



Solutions pour le transport maritime et fluvial



Digital 3D | © ArcelorMittal RPS - ArcelorMittal



Solutions pour la prévention contre les risques naturels



Parking souterrain | © ArcelorMittal RPS



Solutions pour les infrastructures et la mobilité



Pensez acier!



Solutions pour la protection de l'environnement

Think steel first!

ArcelorMittal Palplanches



ArcelorMittal

ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Palplanches | 66, rue de Luxembourg | L-4221 Esch-sur-Alzette (Luxembourg)
T +352 5313 3105 | +33 (0)3 82 59 11 20
palplanches@arcelormittal.com | palplanches.arcelormittal.com

 ArcelorMittal Sheet Piling (group)

Directeur de la publication
Bruno Cavagné**Directeur délégué**
Rédacteur en chef
Michel Morgenthaler
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. +33 (0)1 44 13 31 03
morgenthalerm@fnfp.fr**Comité de rédaction**
Erica Calatizzo (Systra), Jean-Bernard
Datry (Setec tpi), Philippe Gotteland
(Fnfp), Florent Imberty (Razel-Bec),
Nicolas Law de Lauriston (Léon Grosse),
Romain Léonard (Demathieu Bard),
Claude Le Quéré (Egis), Véronique
Mauvisseau (Ingerop), Stéphane Monleau
(Soletanche Bachy), Jacques Robert
(Arcadis), Solène Sapin (Bouygues
Construction) Claude Servant (Eiffage tp),
Philippe Vion (Vinci Construction Grands
Projets), Nastaran Vivan (Artelia),
Michel Morgenthaler (Fnfp)**Ont collaboré à ce numéro**
Rédaction
Monique Trancart (actualités),
Marc Montagnon**Service Abonnement et Vente**
Com et Com
Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. +33 (0)1 40 94 22 22
Fax +33 (0)1 40 94 22 32
revue-travaux@cometcom.frFrance (9 numéros) : 190 € TTC
International (9 numéros) : 240 €
Enseignants (9 numéros) : 75 €
Étudiants (9 numéros) : 50 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)
Multi-abonnement : prix dégressifs
(nous consulter)**Publicité**
Rive Média
2, rue du Roule - 75001 Paris
Tél. 01 42 21 88 02 - Fax 01 42 21 88 44
contact@rive-media.fr
www.rive-media.fr**Directeur de clientèle**
Bertrand Cosson - LD 01 42 21 89 04
b.cosson@rive-media.fr**Site internet : www.revue-travaux.com****Édition déléguée**
Com'1 évidence
2, chemin dit du Pressoir
Le Plessis
28350 Dampierre-sur-Avre
Tél. bureaux : +33 (0)2 32 32 03 52
revuetravaux@com1evidence.comLa revue Travaux s'attache, pour l'information
de ses lecteurs, à permettre l'expression de
toutes les opinions scientifiques et techniques.
Mais les articles sont publiés sous la responsabilité
de leurs auteurs. L'éditeur se réserve le droit de
refuser toute insertion, jugée contraire aux intérêts
de la publication.Tous droits de reproduction, adaptation, totale
ou partielle, France et étranger, sous quelque
forme que ce soit, sont expressément réservés
(copyright by Travaux).
Ouvrage protégé ; photocopie interdite, même
partielle (loi du 11 mars 1957), qui constituerait
contrefaçon (code pénal, article 425).Éditions Science et Industrie SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0218 T 80259
ISSN 0041-1906

LE CANAL SEINE-NORD EUROPE : AU CŒUR DU PROJET EUROPÉEN SEINE ESCAUT



© DFR

Le 27 juin dernier, la Commission Européenne a pris la décision d'exécution⁽¹⁾ relative au projet Seine-Escaut : une étape fondamentale pour le Canal Seine-Nord Europe, principal maillon manquant du réseau fluvial Seine-Escaut. Seuls 3 projets en Europe disposent d'une telle décision. L'Europe exprime ainsi une vision d'avenir, le cadre de mise en place d'un réseau de transport multimodal, respectueux de l'environnement et facteur d'aménagement durable. Initiative proposée en mars 2018, par Xavier Bertrand, président du conseil de surveillance de la Société du Canal Seine-Nord Europe, acceptée dès juin 2018 par la ministre des transports, cette décision européenne donne de la visibilité à tous les acteurs du projet.

Tout d'abord, cette décision expose l'extension géographique et fonctionnelle de cette ambition : du Havre à Dunkerque aux ports du Nord englobant les plateformes multimodales. Ensuite, elle fixe les jalons temporels importants. Le rendez-vous est ainsi fixé à 2028 pour l'ouverture du Canal Seine-Nord Europe. La décision définit aussi une gouvernance partenariale à toutes les échelles. Au niveau trans-frontalier, le projet associe, pour la France, Voies Navigables de France et la Société du canal Seine-Nord Europe et, pour la Belgique, le Service Public de Wallonie et De Vlaamse Waterweg. Cette décision rappelle enfin que le canal Seine-Nord Europe constitue le maillon manquant, sans lequel le réseau Seine-Escaut ne peut pas être concrétisé.

Créée en 2017, la Société du Canal Seine-Nord Europe est chargée de réaliser ce nouveau canal long de 107 kilomètres de Compiègne à Cambrai, un canal apte à accueillir des bateaux de 4500 tonnes, soit l'équivalent de 200 camions. La SCSNE associe au sein de son conseil de surveillance l'État et les collectivités territoriales qui financent le projet : Hauts-de-France, Île-de-France, Départements du Nord, de l'Oise, du Pas-de-Calais et de la Somme. Ce conseil va connaître des évolutions porteuses de sens prochainement. Le projet de loi d'orientation des mobilités prévoit ainsi que les collectivités régionales prennent la majorité du conseil de surveillance qui associera toujours l'État. L'Europe en deviendra également membre. Des symboles du partenariat noué sur ce projet.

L'engagement européen, national et régional, inédit pour ce type de projet, souligne que le Canal Seine-Nord Europe est bien plus qu'un projet d'infrastructure : c'est un projet d'aménagement, de développement durable, porteur d'emploi et respectueux de l'environnement. Il s'agit de s'y préparer pour que tous les acteurs puissent en saisir les opportunités.

En termes d'infrastructure, les défis techniques sont nombreux : écluses, ponts-canaux, ouvrages d'art spéciaux, plus de 700 hectares d'aménagements environnementaux, travaux hydrauliques... Au second semestre 2019, les études de projet du premier secteur de 18 kilomètres dans l'Oise et les études d'avant-projet des autres secteurs s'engagent. Ces études, qui marquent une nouvelle étape, préparent les réponses techniques à ces défis.

En termes d'aménagement et de développement économique, la "Démarche Grand Chantier" est engagée avec l'ensemble des partenaires régionaux : associations, collectivités, État, Pôle Emploi, CCI... Un partenariat exemplaire avec la FRTF Hauts de France se noue visant à innover et fournir les informations essentielles aux acteurs économiques pour s'organiser.

Anticiper, associer, innover, ce sont nos engagements pour être au rendez-vous fixé par l'Europe.

⁽¹⁾ Déc. 2019/1118.**JÉRÔME DEZOBR**PRÉSIDENT DU DIRECTOIRE
SOCIÉTÉ DU CANAL SEINE-NORD EUROPE



TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

BARRAGE DE MERVENT © PHOTO THÉO DE MATHIEU BARD



04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



18

**ENTRETIEN AVEC
CATHERINE RIVOALLON**
HAROPA :
UNE AUTRE DIMENSION
POUR L'AXE SEINE

24 YPREMA :
30 ANS D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE



30

**CANAL SEINE-NORD
EUROPE (CSNE)**
Secteur 1



38

**TERMINAL PORTE-
CONTENEURS DE
KINGSTON EN JAMAÏQUE**
Rénovation et amélioration



45

**PORT HALIGUEN
EN QUIBERON**
Réaménagement des
infrastructures portuaires



52

**BARRAGE
DE MERVENT**
Augmentation
de la capacité



58

**UN NOUVEAU QUAÏ
À MONTEVIDEO**
Extension du terminal C



64

**CASIERS DE STOCKAGE
DE SÉDIMENTS EN GABIONS**
sur le barrage de Vezins - (50)



70

**OVERVIEW OF
DEEP-WATER PORT
CONSTRUCTION PROCESS**
for the Hoa Phat Dung Quat
(HPDQ) Quang Ngai Port System



76

**TRÉSORS DE NOS ARCHIVES :
LES NOUVELLES INSTALLATIONS
MARITIMES À BREMERHAVEN**
Numéro 21 - Septembre 1934



PORT HALIGUEN VITRINE DE TECHNOLOGIES PORTUAIRES

INGÉROP Conseil et Ingénierie en chef de file de maîtrise d'œuvre, Etmf (Eiffage) avec Vcmf (Vinci) et Marc SA pour les dragages et le génie civil portuaire, ont réalisé pour le compte de la Compagnie des Ports du Morbihan le réaménagement de Port Haliguen en baie de Quiberon. Ce port de plaisance majeur de Bretagne a vu sa capacité d'accueil augmenter et comporte maintenant un bassin à flot avec machinerie et une grande surface de terre-pleins. La réutilisation des matériaux de dragage et leur traitement a été une importantes contrainte technique du projet. **(Voir article page 45).**



© CFM

© GROUPEMENT



TERMINAL DE MONTEVIDEO SUR LE RIO DE LA PLATA AMPLIACIÓN MUELLE C

SOLETANCHE BACHY en consortium avec Saceem et Dredging International, a réalisé, dans le cadre d'un marché de gré à gré, l'extension du terminal C exécuté par ce même groupement entre 2012 et 2015. Ce nouveau projet inclut un ouvrage de connexion entre les 2 quais, un quai de 180 m, une esplanade de 6 700 m² et les modifications nécessaires pour pouvoir accueillir des navires de 330 m. Il a été réalisé en quai danois sur pieux forés offshore avec une structure en éléments préfabriqués et dalle coulée en place.

(Voir article page 58).



QUELS SÉDIMENTS RECYCLER, DANS QUOI, OÙ ET COMMENT



© ENVISAN

Les Hauts-de-France, en pointe sur la gestion des sédiments, abritent canaux, rivières navigables et ports. Ici, dragage du canal de Calais fin 2018-février 2019.

Le dragage des cours d'eau et des ports produit des sédiments qu'il faudra de plus en plus réutiliser, de moins en moins stocker et ne plus jamais claper en mer s'ils sont pollués.

La région des Hauts-de-France expérimente des solutions et entend passer au stade industriel et à l'échelle nationale.

« La bascule est phénoménale entre les pionniers d'il y a dix ans et aujourd'hui », observe Victor Ferreira, directeur du CD2E⁽¹⁾, en clôture des Assises de la valorisation des sédiments organisées à Paris, le 1^{er} octobre, auxquelles ont assisté 150 personnes. Des industriels s'y intéressent. Nord Asphalte, par exemple, teste l'incorporation de sédiments dans des produits d'étañchement. « La région des Hauts-de-France a fait un travail très important qui ouvre une nouvelle marche pour créer le marché et utiliser les sédiments comme il se doit, en fédérant les entreprises, les industriels, les collectivités locales, avec l'Institut IMT de Douai (ex-École de mines) », a déclaré Francis Grenier, son PDG.

Depuis 2009, des sédiments ont été testés avec succès dans des projets de la démarche régionale Sédimatériaux (cf. Sedilab). Par exemple, entre Gœulzin et Courchelettes (Nord), Voies navigables de France (VNF) a conforté une berge de la Sensée sur 180 m par une poutre de couronnement (juin 2018). Le démonstrateur comprend deux plots en béton où 20 % du sable ont été remplacés par des résidus fluviaux et un, en béton classique. Les sédiments entrent assez facilement dans la composition du béton, sauf s'ils sont d'origine marine à cause du sel. Ils sont à l'essai dans du ciment. Ils enrichissent de plus en plus souvent des terres agricoles, ils entrent dans la com-

position de plastique recyclé et de coulis auto compactant. Ils sont souvent incorporés en sous-couches de chaussée.

« Nous voulons faire que la nécessité environnementale débouche sur une activité économique et créer une filière nationale », affirme Philippe Vasseur, président de la mission rev3 (3^e révolution industrielle) à la Région. *L'économie circulaire est capitale pour les Hauts-de-France.* Plusieurs mesures gouvernementales poussent au recyclage des sédiments inévitablement extraits pour maintenir le tirant d'eau nécessaire aux bateaux, soit 56 millions de mètres cubes par an dont 50 d'origine marine, en France.

→ **Sortie explicite du statut de déchet**

L'article 85 de la loi Leroy n° 2016-816 pour l'économie bleue interdit, en 2025,

le rejet en mer de sédiments pollués (seuils réglementaires). « *Pollués ne signifie pas dangereux*, » souligne Gaëlle Mesmacque, chargée de mission à la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (Dreal) des Hauts-de-France.

Également en 2025, la loi de transition énergétique pour la croissance verte demande de diviser par deux le stockage des déchets non dangereux non inertes par rapport à 2010 (L541-1, code de l'environnement).

Par ailleurs, un arrêté ministériel, attendu au 1^{er} trimestre 2020, va préciser les conditions de la sortie explicite du statut de déchets de sédiments à valoriser. Cette sortie dépend de plusieurs critères dont le respect de teneurs limites de certains polluants. Jusqu'à présent, il était question de sortie implicite après traitement dans l'avis du 13 janvier 2016 (L541-4-3).

Pour lever les freins à l'émergence d'une filière sédiments, CD2E rédige avec la Dreal un Engagement pour la croissance verte (2020-2023) impliquant les indus-

triels, les collectivités, les gestionnaires de cours d'eau et ports, et l'État.

→ **Molécules oxydées plus toxiques**

Les sédiments contaminés représentent 10 % environ des sédiments dragués (Union des ports de France). Ils sont alors stockés dans des installations de déchets (ICPE). Des industriels les traitent : ressuyage ou lagunage pour réduire le sel, bactéries, extraction-nettoyage des sables, etc.

Sedi Terra, programme européen franco-italien, se penche sur leur gestion à terre dont leur traitement (tubes filtrants, champignons absorbants, extraction de l'algue posidonie par concentration, etc.). « Une fois que les sédiments ont été mis à l'air, brassés, déshydratés, les molécules s'oxydent, elles deviennent plus mobiles et plus toxiques, » met en garde Jacques Mehu de l'Insa Lyon, coordinateur scientifique et technique.

→ **Payer les industriels**

VNF qui gère 670 km de cours d'eau dans les Hauts-de-France (120 000 m³ de sédiments/an) réfléchit à des solutions pour développer la valorisation sur son territoire. Au lieu de payer 70-80 euros/m³ de déchets stockés, elle envisage de verser 10-15 euros/m³ à des industriels qui les prendraient en charge pour fabriquer des matériaux qu'ils revendraient, du sable par exemple.

Pour compléter : www.sedilab.com ; www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr ; www.sediterra.net ■

GUIDES À PARAÎTRE

Des guides paraissent pour aider les maîtres d'ouvrage à intégrer les sédiments dans les marchés publics sans impacter l'environnement.

L'Institut Mines Télécom Douai, à travers la chaire Ecosed, prépare un guide méthodologique pour élaborer un référentiel sur la caractérisation des sédiments, la formulation de bétons les incluant et le comportement futur des produits.

Le ministère de la Transition écologique devrait sortir en 2020 un guide sur la valorisation des sédiments de dragage (Cerema).

⁽¹⁾ CD2E : structure de conseil en éco-transition émanant d'acteurs institutionnels ou privés des Hauts-de-France, créée en 2002 grâce à des fonds publics pour la reconquête de l'environnement.

ASSISES DE L'EAU : SOLUTIONS FACE AU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE



Le débit moyen des cours d'eau pourrait baisser de 10 à 40 %. Ici, la Vesle à Vadenay (Marne) presque à sec en 2005.

Les Assises de l'eau, c'est fini. Voulu(e) par le chef de l'État et concrétisées de novembre 2018 à juin dernier, elles ont rassemblé tous les acteurs pour trouver des solutions de relance de l'investissement dans les territoires.

Le 1^{er} volet des assises en 2018 était consacré au cycle artificiel de l'eau dit aussi "petit cycle" - du captage d'eau au rejet dans le milieu naturel⁽¹⁾. Le second volet sur le cycle naturel de l'eau dit aussi "grand cycle" - évaporation marine, pluie à terre, nappes, rivières, fleuves - s'est terminé en juin. Il s'est concentré sur la nécessaire adaptation des territoires au dérèglement climatique.

Selon le ministère, la situation est alarmante avec des cours d'eau dont le débit moyen pourrait baisser de 10 à 40 % d'ici cinquante ans. Les nappes se rechargent moins, les milieux aquatiques et naturels souffrent alors même qu'ils retiennent l'eau et nous protègent des crues, de la sécheresse et des surchauffes.

→ Réutiliser les eaux usées

Parmi les propositions de l'État suite aux assises, retenons d'abord l'action 6 qui vise à élaborer 50 projets de territoire pour la gestion de l'eau d'ici à 2022 et 100 en 2027. Il s'agit d'identifier sur un territoire, les ressources en eau disponibles, besoins, stockages et économies. Un cadre méthodologique déterminera le

volume d'eau à usage agricole dans une zone donnée.

L'action 7 propose de tripler le volume d'eaux usées traitées, eaux de pluie, eaux d'exhaure, eaux grises, réutilisables en arrosage, nettoyage, etc.

→ Restaurer les cours d'eau

Les innovations pour économiser l'eau dans l'industrie et l'agriculture pourront prétendre à une aide des investissements d'avenir.



Sonde d'humidité de profil de sol pour déterminer le besoin en arrosage.

Les zones humides étant en voie de disparition rapide, 25 000 km de cours d'eau seront restaurés (aide des agences de l'eau).

Les procédures administratives de ces opérations seront simplifiées.

Le nouvel Office français de la biodiversité (OFB) publiera des cartes des milieux humides en 2022 afin qu'ils soient intégrés dans les plans locaux d'urbanisme et protégés. L'OFB animera un pôle sur les solutions fondées sur la nature⁽²⁾. Selon le ministère, le financement des mesures pourra venir des agences de l'eau, avec plus de 5 milliards d'euros dans le programme 2019-2024.

L'enveloppe d'emprunt à 0,75 % réservée aux collectivités (Banque des territoires) sera étendue à la restauration des cours d'eau et des milieux humides.

Des crédits européens pour des projets eau et biodiversité pourront aussi être mobilisés.

→ Impacts en 2070

Rappelons que le projet Explore (2010-2012) a évalué les impacts du changement climatique sur les milieux aquatiques et la ressource en eau en 2070⁽³⁾. Il a publié quantité de documents utiles. ■

(1) Cf. *Travaux* n°945, octobre 2018, page 10.

(2) Cf. *Travaux* n°942, juin 2018, page 8.

(3) Cf. <https://professionnels.afbiodiversite.fr/fr/node/44>.

UN OFFICE POUR LA BIODIVERSITÉ

L'Agence française pour la biodiversité deviendra l'Office français de la biodiversité au 1^{er} janvier 2020, selon une loi votée en juillet par le parlement.

L'Agence avait regroupé en 2017 l'Office nationale de l'eau et des milieux aquatiques, l'Agence des aires marines protégées, les parcs nationaux de France, l'Atelier technique des espaces naturels, et des structures de patrimoine naturel.

L'Office chapeautera, en plus, l'Office national de la chasse et de la faune sauvage.



Agent de l'Office national de la chasse et de la faune sauvage qui intègre l'Office.

RECTIFICATIFS

→ Figec (Lot)

Figec se trouve dans le Lot et non en Lozère comme nous l'avons écrit page 7 de la revue Travaux de juillet-août, dans l'article "Partenariat pour la préservation du patrimoine".

Comble de malchance, la faute se répète dans la légende de la photo.

Nous prions la commune et Sites et cités remarquables de France de nous en excuser.

→ Colas

Contrairement à ce que nous avons écrit dans Travaux de septembre, Colas a cédé, et non repris, Smac, spécialisée en solutions d'étanchéité et de bardage, à Opengate Capital, fin mai.

Nous prions Colas de nous en excuser et nos lecteurs, de rectifier.

CHAIRE MÉTABOLISME URBAIN ET ÉCONOMIE CIRCULAIRE

La Métropole du Grand Paris et l'Ifsttar* ont lancé officiellement la chaire Économie circulaire et métabolisme urbain métropolitain, début septembre. Par métabolisme urbain, ils entendent les processus de consommation et de transformation de ressources par l'activité humaine sur un territoire. Comprendre ces processus est un préalable à une économie circulaire. Il est question de besoins en ressources, de logistique et de recyclage.

→ Flux du BTP

La chaire travaille en particulier sur les flux du BTP à l'échelle d'un projet d'aménagement, ici le Grand Paris. Les résultats des recherches sont diffusés lors de l'école d'été internationale et de formations.

Les travaux s'appuient sur l'expertise du groupe de travail sur le métabolisme urbain du Labex Futurs Urbains (projet Laboratoires d'excellence) et de l'Université libre de Bruxelles, de l'Institut Eddec (Canada)** et de l'Université de Montréal.

* Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

** Institut de l'environnement, du développement durable et de l'économie circulaire.



© EMILIE LUJBER

La Métropole du Grand Paris lance la chaire avec l'Ifsttar.

ÎLES : PAS D'AUTONOMIE ÉLECTRIQUE SANS MAÎTRISE DE LA DEMANDE



© QUADRAN

Sur l'île de la Désirade en Guadeloupe en 2019, huit éoliennes remplacent les 35 installées en 2000 et sont associées à un stockage d'électricité.

Être autonome en électricité, c'est possible dans les "zones non interconnectées", principalement des îles. C'est ce qui ressort de l'étude menée par l'Agence de la maîtrise de l'énergie et de l'environnement (Ademe) sur la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion, publiée en juin. L'étude est destinée aux régions qui revoient actuellement leur programmation pluriannuelle de l'énergie régionale.

L'Ademe montre qu'il est possible d'atteindre un mix électrique à 100% en énergies renouvelables « moyennant un

effort supplémentaire de maîtrise de la demande d'énergie et une accélération du déploiement des énergies renouvelables. » Le recours à l'électricité éolienne, photovoltaïque, géothermique doit se développer plus vite qu'actuellement, s'adjoindre les services du stockage, tout en maîtrisant davantage les consommations d'électricité que la tendance actuelle.

Techniquement, c'est possible, selon l'Ademe. Cela demande un changement de comportement et la formation de personnel aux métiers de l'énergie.

L'objectif de 100% en 2030 sera peut-être revu⁽¹⁾. La Réunion, par exemple, devrait déployer 1 000 MW en solaire photovoltaïque sur quinze ans alors que sa programmation pluriannuelle de l'énergie en cours, n'inscrit que 120 MW de plus pour 2023.

→ Énergies fossiles persistantes

Cela coûte moins cher que les énergies fossiles : « L'augmentation du taux d'énergies renouvelables dans le mix électrique s'accompagne d'une baisse des coûts de l'énergie produite, malgré les investissements à faire dans le stockage, » écrit l'Ademe.

Les centrales électriques au gaz ou au fioul sont toujours d'actualité en Guyane et en Corse, selon le Syndicat des énergies renouvelables (Ser).

→ Corse, Guyane et Mayotte à l'étude

L'Ademe poursuit son analyse en Corse, Guyane et à Mayotte. Le Ser, de son côté, a publié un rapport sur tous ces territoires en 2018⁽²⁾.

www.ademe.fr/vers-lautonomie-energetique-zni-zones-non-interconnectees ■

⁽¹⁾ Cf. *L'Ademe et vous*, n°127, juillet-août 2019, pp 2-3.

⁽²⁾ Cf. "Autonomie énergétique en 2030 pour les Outre-Mer et la Corse", février 2018, publications sur www.enr.fr.

AIDE AUX OUVRAGES D'ART DE RÉTABLISSEMENT DE VOIE

Plus de 10 200 ouvrages d'art de rétablissement de voies ont été recensés par le ministère de la Transition écologique et solidaire pour faire l'objet d'un partage des frais de surveillance, entretien, réparation et renouvellement, entre les collectivités territoriales et l'État ou ses établissements publics.

Ces ouvrages sont définis comme les ponts construits pour rétablir une voie de communication d'une collectivité interrompue par une infrastructure de transport de l'État : routes nationales, réseau ferré de la SNCF ou fluvial de Voies navigables de France.

Certains des rétablissements font déjà l'objet d'une convention de répartition des frais et sont donc exclus de la liste.

Les collectivités qui voudraient faire des observations sur les ouvrages listés par le ministère ou qui n'y trouveraient pas leurs ouvrages répondant à cette définition, ont jusqu'à fin décembre pour se manifester.

→ Caractéristiques techniques et de sécurité

Selon le ministère, il existe 15 400 ouvrages de rétablissement au total dont 8 300 croisent une voie ferrée. L'État a retenu « ceux dont les caractéristiques, notamment techniques et de sécurité, justifient la conclusion d'une convention, » écrit le ministère.

→ Selon la loi Didier

Cet appui officiel à l'entretien des ouvrages d'art résulte de la mise en



© CONSEIL DÉPARTEMENTAL DE LA DRÔME

Ce pont sur la RD171 au-dessus de la RN7 à Valence (Drôme) figure sur la liste du ministère.

œuvre de la loi Didier, du 7 juillet 2014, n°2014-774.

La liste définitive doit sortir au 1^{er} trimestre 2020.

www.ecologique-solidaire.gouv.fr/mise-en-oeuvre-loi-didier-letat-publique-recensement-des-ouvrages-dart-retablissement-des-voies ■

AURILLAC REMODÈLE LE QUARTIER DE LA GARE



© ATELIER GEORGES ARCHITECTES & CYRILLE JACQUES ILLUSTRATION

Futur pôle d'échange intermodal : les trottoirs sont élargis et le sol nivelé.

Les appels d'offres pour les travaux du pôle d'échange intermodal (PEI) du Bassin d'Aurillac (Cantal) sortent courant octobre pour un démarrage de chantier fin 2019-début 2020.

Le PEI de la communauté d'agglomération (Caba) va revitaliser le quartier de la gare d'Aurillac. Il facilite la communication entre les transports en commun, train et bus, les modes doux, piétons et vélos, et les voitures. Il accorde une place aux véhicules électriques, au covoiturage et au stationnement.

Pour mener à bien l'opération, la collectivité a racheté 3 hectares de terrains SNCF et conserve un bâtiment Semam qui devient gare routière. La gare de trains est modernisée.

→ Dépollution et sous-sol médiocre

Les études de faisabilité et la rédaction du programme avaient été confiées à Safège (Suez Consulting) en 2015-2017. Le groupement de maîtrise d'œuvre a été nommé en janvier 2018. Il réunit Atelier Georges Architectes, Ingérop, Noctiluca et Igetec.

En vue des travaux du pôle lui-même, la friche SNCF doit être dépolluée et préparée avant le chantier du pôle. La qualité géotechnique du sous-sol est médiocre, selon la Caba.

→ Une ville à la campagne

En ce qui concerne les espaces extérieurs, le sol est nivelé et les trottoirs, élargis, au bonheur des piétons. Des plantations et du béton de couleurs différentes délimitent les zones de circulation, de stationnement et de marche à pied. Dans le même but, les anciens rails sont, autant que possible, conservés. Les concepteurs ont été guidés par le fil rouge "Aurillac, une ville à la campagne". Les infrastructures sont intégrées dans un environnement végétal. Un talus planté rappelle le Puy Courmy, colline qui domine la ville. De la végétation sépare la circulation de voitures et les parkings de l'allée verte piétonne et cyclable qui traverse la zone réaménagée sur toute sa longueur. L'éclairage public variera selon l'heure.

→ 12,2 millions d'euros

L'opération du pôle d'échange intermodal est estimée à 12,2 millions d'euros HT, hors rénovation des réseaux d'eau et d'assainissement. L'agglomération apporte plus de 7 millions, la région, 1,437 million, la ville, 1,3, le Feder, 1,18. L'État s'engage pour 639 000 euros, le département 250 000 euros, la SNCF, 125 000 (hors modernisation de ces bâtiments), le Syndicat départemental d'énergies du Cantal (79 755 euros) et la Caisse des dépôts, 20 000. Mise en service en 2021. ■



© COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION DU BASSIN D'AURILLAC

Une partie des anciens rails SNCF sont conservés pour délimiter des espaces extérieurs.

CARRÉ MICHELET AGRANDI À LA DÉFENSE

L'immeuble Carré Michelet à la Défense (Hauts-de-Seine) a été complètement refait et rehaussé. Il déploie désormais 38 000 m² de bureaux contre 27 000 à l'origine.

Le Carré Michelet se situe au sud-est du quartier d'affaires, aux abords de la Seine.

Eiffage Construction qui a réalisé la transformation, a pompé l'eau dès le début du chantier et implanté des voiles périphériques dans le sous-sol. Autre contrainte : afin de maintenir le contreventement du bâtiment, il a fallu synchroniser la démolition et la reconstruction. Curiosité du chantier : une ancienne gare souterraine, jamais utilisée, de laquelle il a fallu sortir 12 000 m³ de terre.

Le bâtiment de 7 étages a gagné 7 niveaux côté boulevard circulaire et 3, côté parvis de la Défense (cours Michelet).

La restructuration lourde qui a duré deux ans et demi pour se terminer cet été, comprenait la désolidarisation de deux volumes mitoyens, de façon à mieux révéler le carré.

Le bâtiment, dont l'origine remonte à 1985-1986, a désormais des caractéristiques thermiques et environnementales actuelles. La verrière inclinée a été remplacée par une façade vitrée verticale (Goyer). Architectes : Crochon Brullmann et associés et Architecture et Environnement.



© HEBBARD

La forme du Carré est remise en valeur.

GRAND PARIS : CENTRES-VILLES À RANIMER

Vingt-six communes se lancent dans la revitalisation de leur centre-ville sous l'impulsion de la métropole du Grand-Paris qui leur consacre 8,5 millions d'euros. Elles s'engagent par contrat cet automne avec la métropole et les partenaires qui les assistent.

Ces villes d'Île-de-France ont été retenues parmi 55 qui ont répondu à l'appel à manifestation d'intérêt (AMI) de la métropole, en 2018. Sont impliqués dans la démarche, l'Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France, l'Atelier parisien d'urbanisme, les chambres consulaires, la Banque des territoires et les services départementaux de l'État.

Deux des 26 communes sont aidées au titre des études : Clichy-sous-Bois (Seine-Saint-Denis) et Meudon-la-Forêt (Hauts-de-Seine). Meudon veut réhabiliter le centre commercial Joli mai et son environnement, en concertation avec des copropriétaires et des commerçants. L'AMI s'inscrit dans le programme Centres-villes vivants qui prévoit aussi la création d'un observatoire sur ce thème. Il sera suivi d'un second appel.

Liste des lauréates sur : www.metropolegrandparis.fr/sites/default/files/2019-07/DP_CVV_LauréatsAM_2.pdf



Le-Kremlin-Bicêtre (Val-de-Marne), une des 26 lauréates.

13 NOUVELLES MICRO CENTRALES HYDROÉLECTRIQUES À IMPLANTER



Barrage de Vives-Eaux (Seine-et-Marne) sur lequel sera implantée une centrale de 1,9 MW.

La métropole de Nice Côte-d'Azur (Alpes-Maritimes) s'est portée candidate à l'installation d'une micro centrale hydroélectrique et a été retenue par le ministère de la Transition écologique et solidaire, avec 12 autres lauréats. C'est la deuxième période de l'appel à projets visant à développer les centrales entre 1 et 4,5 MW pour atteindre 105 MW, au total, en 2020. La première, en 2017-2018, avait distingué 14 sites⁽¹⁾.

Dans ce 2^e appel, la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur est représentée par 4 sites, pour une puissance totale de 12,045 MW dont 2,915 sur un seuil

existant à Reallon (Hautes-Alpes). Nice métropole prévoit d'implanter 2,1 MW sur la rivière Vionène.

→ Auvergne/Rhône-Alpes toujours en tête

Comme dans le 1^{er} appel à projets, la région Auvergne/Rhône-Alpes arrive en tête avec 18,092 MW de puissance à installer sur 6 sites.

À noter l'apparition de l'Île-de-France avec deux projets à Suresnes (Hauts-de-Seine) et Vives-Eaux à Boissise-la-Bertrand (Seine-et-Marne) entre les mains du groupement VNF-Valorem, sélectionné également pour un 3^e à Pagny-le-Châ-

teau (Côte-d'Or), tous trois sur seuils existants. À noter que le barrage de Vives-Eaux avait été reconstruit entre 2014 et 2018 (40 millions d'euros TTC). La plus puissante de toutes les implantations, avec 3,8 MW, se trouve sur la Vilette en Savoie (Akuo Energy des Alpes).

→ Production : 140 GWh/an

Au total, les 13 lauréats représentent 36,7 MW de puissance et peuvent produire 140 GWh/an, soit l'équivalent de la consommation de 30 000 foyers. Le 3^e appel sera lancé en décembre. ■

⁽¹⁾ Cf. Travaux n°946, novembre 2018, page 9.

LIVRAISON ESTIVALE DE GRANDS PROJETS

Vinci Construction est partie prenante de deux ouvrages remarquables livrés cet été. Au Panama, le 3^e pont au-dessus du canal a été inauguré par le président panaméen et l'administrateur du canal, le 2 août. Implanté à la sortie nord de la voie d'eau, dans le secteur de Colon, il désenclave les rives après l'élargissement du passage entre Mer des Caraïbes et Océan Pacifique.

L'ouvrage court sur 4,6 km au total avec, au centre, un pont haubané de 1 050 m à 75 m de hauteur avec des pylônes de 210 m, et deux viaducs, l'un de 1 125 m et l'autre de 906 m⁽¹⁾.

→ Structure tout en béton armé

Le maître d'ouvrage a choisi une structure entièrement en béton armé plutôt que métallique. Le site est soumis à des

risques importants de tremblement de terre.

Le pont a été conçu par China Communications Construction Company avec Highway Consultants et Louis Berger Group pour l'Autoridad del Canal de Panama. Vinci Construction Grands Projets était chargé de la construction. Rodio Swissboring Panamá (Soletanche Bachy) a réalisé les fondations profondes et Freyssinet, les haubans.

→ Démantèlement à distance

Autre livraison : Vinci Construction Grands Projets et Bouygues Travaux Publics, réunis dans Novarka, ont transmis l'enceinte de confinement de la centrale nucléaire de Tchernobyl aux autorités d'Ukraine, le 10 juillet. Le chantier aura duré douze ans⁽²⁾.

L'enceinte, structure mobile de 257 m de portée sur 162 m de large et 108 m de haut, abritera les opérations de démantèlement du réacteur accidenté en 1986, pilotées à distance.

Enfin, il faudra attendre 2024 pour la mise en service de l'extension d'une ligne ferroviaire urbaine à Auckland (Nouvelle-Zélande). Mi-juillet, Vinci Construction Grands Projets a signé aux côtés de Soletanche Bachy International, Downer, Aecom, WSP-Opus et Tonkin & Taylor un contrat de conception-construction impliquant aussi le maître d'ouvrage, pour 3,45 km de la City Rail Link, en tunnel sur 3,2 km. ■

⁽¹⁾ Cf. Travaux n°936, octobre 2017, pp 36-43.

⁽²⁾ Cf. Travaux n°951, juin 2019, pp 30-36.

GRUES POUR TÂCHES HORS DU COMMUN



La grue sur chenilles équipée d'un outil de vibro flottation tasse le sable sur 19 m à Dubaï.

La société Keller a compacté le sol d'une nouvelle zone portuaire à Dubaï (Émirats arabes unies) grâce à une grue sur chenilles Liebherr.

Le port couvre presque 2 millions de mètres carrés sur la côte ouest d'une île artificielle en forme de palmier (Palm Jumeirah). Il abritera un port de plaisance, un terminal de bateaux de croisière, des hôtels, des commerces, des logements et un phare de 135 m de haut.

Sur 2675 m de cette côte, le sable du sol doit être compacté sur une épaisseur de 19 m pour supporter les constructions. Keller tasse plus de 7 millions de mètres cubes couvrant 380 000 m².

La société emploie pour cela une grue HS 8130 équipée d'un outil de vibro flottation.

La qualité du sol après l'opération, est vérifiée en 600 points.

La grue a un grand rayon d'action grâce à une flèche longue, ce qui évite de la faire travailler à partir d'une barge en mer ou d'encombrer l'espace à terre.

→ Engin de 27 ans

Quittons le Moyen-Orient pour l'Amérique du sud. En Uruguay, une grue à flèche treillis mise en place en 1992 était toujours en fonctionnement en 2019 dans le port de Nueva Palmira (Uruguay). En juillet, elle a fêté ses 100 000 heures de fonctionnement.

L'engin est installé dans le port situé à l'extrémité nord du Rio de la Plata, estuaire de deux fleuves, le Pananá (Argentine) et l'Uruguay.

La grue HS 871 HD que Liebherr ne fabrique plus, aide au déchargement de barges de 60 m de long. Elle peut sortir 3,5 m³ de minerai de fer à la fois ou 11 m³ de grains, et alimenter des convoyeurs, des camions ou des navires.

→ Au service de 25 000 barges

Montée sur pied fixe, elle fonctionne 12,5 heures par jour en moyenne, à raison de 12 000 t/jour.

Entre 1992 et 2018, elle aura transféré des marchandises de 25 000 barges. Une longue carrière liée à son bon entretien par les services du fabricant, selon Navios qui l'utilise. ■



La grue à flèche treillis du port de Nueva Palmira (Uruguay) a fêté ses 100 000 heures de fonctionnement.

NOUVELLES UTILISATIONS DES FRICHES

La reconversion des friches industrielles se diversifie.

Il ne s'agit plus seulement d'y construire des logements sur d'anciens sites en centre-ville. Est envisagée leur transformation en espaces naturels, îlots de fraîcheur, surfaces d'infiltration d'eaux de pluie, parcs photovoltaïques, plantations d'arbres, etc.

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) s'appuie sur son plan friches 2019-2022 pour aider les collectivités locales dans de telles réutilisations de parcelles.

Elle a élaboré son plan à partir du bilan des opérations qu'elle a soutenues de 2010 à 2016. Elle a publié des fiches sur 11 réalisations exemplaires.

Elle encourage les collectivités locales à constituer des historiques de l'occupation économique de leur sol, à dresser un inventaire de leurs friches, ceci afin d'éviter les surprises de dernière minute qui retardent les reconversions et coûtent cher.

→ Résultats cet automne

Des opérations seront aidées par l'Agence dans le cadre de l'appel à projets "Travaux de dépollution pour la reconversion des friches urbaines polluées" dont les résultats seront attendus cet automne.

UN PRIX POUR DES LOGEMENTS INSTALLÉS DANS DES BUREAUX

La 1^{re} édition du prix international de la transformation de bureaux en logements a eu lieu au printemps. Il s'agit de récompenser la meilleure conversion du point de vue architectural, technique et environnemental.

Le prix est organisé par un groupe de travail de l'association Paris Île-de-France Capitale⁽¹⁾ dont la FNTP est membre, avec la Maison de l'architecture Île-de-France. En région parisienne, 4 millions de mètres carrés de tertiaire sont vacants dont 800 000 m² sont en voie d'obsolescence, souvent dégradés. Or, les besoins en logement persistent.

Le prix a été remporté par l'agence Moatti-Rivière, maître d'œuvre, avec Immobilière 3F, maître d'ouvrage, pour 90 logements aménagés dans un immeuble de bureaux à Charenton-le-Pont (Val-de-Marne) en 2016.

→ Aménagement temporaire

Le jury a attribué un coup de cœur à deux étudiants de l'École nationale d'architecture de Versailles, Thomas Larnicol et Christophe Gares, pour un aménagement temporaire de bureaux vacants. ■

⁽¹⁾ Cf. <https://gp-investment-agency.com>.



Immeuble de bureaux qui accueille 90 logements depuis 2016 à Charenton-le-Pont (Val-de-Marne).

AIDE AU PORT DE CHARGES COMPLEXES

L'Easy Fast facilite la manutention de charges lourdes dans des formats variés : sacs, cartons, fûts, bidons, etc.

Il comporte un levage par ventouse qui aspire un sac par exemple, pour le déposer plus loin, éventuellement après avoir fait une rotation. Il permet de basculer la charge pour vider son contenu.

En extérieur, il intègre une potence sur fût pour le déplacer à l'horizontale sur un rail.

Le fût peut aussi être soudé sur une embase mobile levable par transpalette ou par chariot.

L'équipement comporte des outils de préhension adaptés à la charge : ventouses, palonniers à ventouses multiples, crochets, fourches, pinces, etc.



La ventouse soulève la charge.

CONCEVOIR DES TUNNELS SOURCE DE CHALEUR



© LABORATOIRE DE MÉCANIQUE DES SOLS/EPFL

Tunnel de métro dont les parois contiennent des tubes récupérateurs de chaleur ou de fraîcheur.

Un tunnel de métro est une source d'énergie. Des ingénieurs du Laboratoire de mécanique des sols (LMS) de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL, Suisse) ont chiffré précisément ces apports de chaleur, de façon à concevoir un ouvrage plus performant d'un point de vue énergétique. Geogéologie étudie une telle solution

pour la future ligne M3 de Lausanne. Dans un tunnel, les échanges calorifiques sont incessants : la température à l'intérieur « tend à retrouver sa stabilité en rejetant en surface la chaleur ou la fraîcheur excédentaires, » écrit le LMS.

→ Coefficient de convection

Les chercheurs ont estimé un "coefficient de convection thermique". Ce coef-

ficient, physique, dépend de paramètres comme la circulation de l'air dans le tunnel (vitesse de la rame), de la rugosité de surface du béton et de la forme longitudinale du tube (lignes droites et virages). Pour calculer la quantité de chaleur disponible, ils multiplient ce coefficient à la variation de température avec la température initiale, variation résultant des changements dans l'air ambiant, dans la chaleur du sol, lors des freinages et des accélérations. Plus la variation de température est forte, plus la quantité d'énergie récupérable est grande.

→ Chauffage et climatisation

Un tunnel de métro peut ainsi contribuer à chauffer des locaux situés au-dessus et à les climatiser. L'ambiance souterraine est parfois plus fraîche que celle de l'extérieur.

Les chercheurs proposent de capter cette source thermique grâce à des tubes où circule un fluide caloporteur dans les parois et de les relier à une pompe à chaleur qui ajuste la température.

www.epfl.ch ; Applied Thermal Engineering, vol. 59, août 2019, n°113844. ■



TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

Retrouvez l'actualité de la profession, les chantiers en images, les interviews des grands décideurs, le point de vue des ingénieurs. Pour réserver votre emplacement publicitaire dans Travaux, contactez :

Prochains numéros :

- TRAVAUX n° 955 « Ouvrages d'Art »
- TRAVAUX n° 956 « Travaux souterrains »



Bertrand COSSON

Tél. 01 42 21 89 04

b.cosson@rive-media.fr



Membre du Réseau Congés Intempéries RTP

CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS

Au service de la Profession des Travaux Publics

Nos missions :

- assurer le service des congés payés auprès des salariés des Travaux Publics
- procéder au remboursement des indemnités de chômage-intempéries versées par les employeurs de la Profession.

La CNETP regroupe plus de **7 700 entreprises** de Travaux Publics et assure le calcul et le versement de prestations dues à près de **260 000 salariés**.

Nos coordonnées :

· Par courrier :

31 rue le Peletier - 75453 PARIS CEDEX 09

· Par Internet : www.cnetp.fr

· Par mail : sur www.cnetp.fr, lien [écrire un e-mail](#)

· Par téléphone :

- pour les entreprises : 01.70.38.07.70

- pour les salariés : 01.70.38.09.00



LES PETITES COMMUNES S'ÉQUIPENT EN GÉOTHERMIE

Les petites communes se dotent d'installations géothermiques avec l'assistance de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. À Suèvres (Loir-et-Cher, 1 650 hab.), ont lieu cet automne des forages pour tester la chaleur du sol à 100 m de profondeur.

La commune voudrait, grâce à des sondes dans le sol, chauffer une salle de loisirs, la maison des associations et la maison de santé. Elle chauffe déjà le groupe scolaire grâce à une installation sur nappe à 21 m.

Autre commune ayant été suivie par la direction Centre-Val de Loire de l'Ademe : Dadonville (Loiret, 2 500 hab.). Elle a économisé le forage du puits de rejet en utilisant un puits d'eau existant dont elle a simplement modifié la tête.

Un second puits a été creusé par Exeau TP pour aller chercher de l'eau à

12-13°C dans la nappe de Beauce à 40 m. Ensuite, deux pompes à chaleur de 51 kW rehaussent la température pour chauffer et fournir de l'eau chaude à la salle des fêtes agrandie en 2018, à la mairie et à l'école maternelle, reliées en réseau.

→ 20% de l'aide sur résultats

Dadonville a également été assistée par l'Association française des professionnels de la géothermie.

L'installation de 162 000 euros (2017) est prise en charge à plus de 50 % par le Fonds chaleur (Ademe) et par le Feder.

Le premier a versé 80 % de son aide à la mise en service. Le solde arrive si les résultats répondent aux attentes. Ce qui est le cas.

Le puits d'eau sert toujours à l'arrosage, non automatique. ■



Tête d'un puits de géothermie à Dadonville (Loiret).

© ADEME

DALLES DE BÉTON PERMÉABLES

Disposer d'une voirie sur laquelle les camions peuvent rouler et la végétaliser est possible grâce à des dalles "trouées". L'herbe pousse à travers la nappe de béton. Les alvéoles plantées laissent pénétrer l'eau dans le sol. Alkern offre un large éventail de solutions de ce type dans sa gamme O'. Citons parmi celles-ci, les cylindres de 8 cm de diamètre et de hauteur posés sur une assise et qui stockent momentanément l'eau d'une grosse pluie. Nouveauté : le pavé contenant des coquilles broyées, disponible dans plusieurs coloris.



© ALKERN

Dalle de béton à travers laquelle pousse la pelouse.

PAR NUMÉRO : 15€ AU LIEU DE 25€

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

937

SPÉCIAL GRAND PARIS

938

TRAVAUX SOUTERRAINS

939

OUVRAGES D'ART

940

SPÉCIAL INNOVATION

941

SOLS ET FONDATIONS

942

ÉNERGIE

943

MAINTENANCE DES INFRASTRUCTURES

944

INTERNATIONAL

945

TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX

946

TRAVAUX SOUTERRAINS

947

OUVRAGES D'ART

948

SPÉCIAL GARES ET STATIONS

949

SOLS ET FONDATIONS

950

ÉNERGIE

951

BON DE COMMANDE ■ REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

À renvoyer à : Com et Com - Service Abonnements TRAVAUX - Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot - 92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22 - Fax : +33 (0)1 40 94 22 32 - Email : revue-travaux@comet.com.fr

JE COMMANDE LES NUMÉROS

SUIVANTS (cochez les cases de votre choix et indiquant le nombre d'exemplaires)

937 x	1 1 942 x	1 1 947 x
938 x	1 1 943 x	1 1 948 x
939 x	1 1 944 x	1 1 949 x
940 x	1 1 945 x	1 1 950 x
941 x	1 1 946 x	1 1 951 x

Soit un montant total de :

numéros x 15 € = _____ €

(Pour nos abonnés à la 1^{re} ou 2^e édition le prix est de 15 € à 18 € TTC)

Cette commande sera traitée en priorité par rapport à nos autres abonnés. Nous nous réservons le droit de modifier les tarifs de vente au détail sans préavis. Les tarifs de vente au détail sont indiqués sur les couvertures des numéros. Les tarifs de vente au détail sont indiqués sur les couvertures des numéros. Les tarifs de vente au détail sont indiqués sur les couvertures des numéros.

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____

Entreprise _____ Fonction _____

Adresse _____

Code postal _____ Ville _____

Tél. : _____ Fax : _____

Email : _____ Merci de ne pas communiquer ma adresse mail

Je joins mon règlement d'un montant de _____ € TTC par Chèque à l'ordre de COM1 EVIDENCE

ATTENTION : tous les règlements doivent être libellés exclusivement à l'ordre de COM1 EVIDENCE

Je régle à réception de la lecture

Je souhaite recevoir une facture accusée

Colez, signature et tampon de l'entreprise obligatoirement

AGENDA

ÉVÉNEMENTS

• 4 AU 7 NOVEMBRE

Congrès mondial du solaire

Lieu : Santiago (Chili)

<http://swc2019.org>

• 4 AU 8 NOVEMBRE

Bâtimat

Lieu : Paris-Nord-Villepinte

www.batimat.com

• 10 AU 14 NOVEMBRE

Infrastructures de transport durables

Lieu : Le Caire (Égypte)

www.geomeast.org

• 19 AU 21 NOVEMBRE

Salon des maires

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.salondesmaires.com

• 26 NOVEMBRE

Équipements de la route et signalisation

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 26 ET 27 NOVEMBRE

4^e rencontres recherche sites et sols pollués

Lieu : Montrouge (Hauts-de-Seine)

www.ademe.fr

• 3 AU 5 DÉCEMBRE

Semaine de la chaleur renouvelable

Lieu : Paris et régions

www.amorce.asso.fr

• 4 AU 6 FÉVRIER

Euromaritime

Lieu : Marseille

www.euromaritime.fr

• 5 ET 6 FÉVRIER

Learning Technologies France

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.learningtechnologiesfrance.com

• 6 FÉVRIER

Colloque du Syndicat des énergies renouvelables

Lieu : Paris (Unesco)

www.colloque-ser.fr

• 24 ET 25 MARS

Reconvertir les friches polluées

Lieu : Paris (Porte Maillot)

www.ademe.fr

• 31 MARS ET 1^{er} AVRIL

Bim World

Lieu : Paris (Porte de Versailles)

www.bim-w.com

FORMATIONS

• 4 ET 5 NOVEMBRE

Mesures compensatoires pour la biodiversité

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 5 AU 7 NOVEMBRE

Maîtrise d'œuvre réparation et renforcement des ouvrages d'art : phase travaux

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 13 ET 14 NOVEMBRE

Eurocode 8 :

Choix des méthodes, modèles appropriés

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 14 ET 15 NOVEMBRE

Manager les équipes à distance

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 18 ET 19 NOVEMBRE

Le management de projet en Bim

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 20 AU 22 NOVEMBRE

Résistance des matériaux : fondements des calculs et du dimensionnement

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 21 NOVEMBRE

Aspects contractuels et juridiques du Bim

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 26 AU 28 NOVEMBRE

Eurocode 8 bâtiment : calcul des structures pour leur résistance au séisme

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 27 AU 29 NOVEMBRE

Dossier loi sur l'eau en projets d'infrastructures linéaires

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>



Crew&Dock Service
14 rue du petit marais
17290 Aigrefeuille
d'Aunis

VFI et EPI





an easier life with wind and water

crewdockservice@gmail.com
 0033 (0)6.45.03.66.91 / 0033 (0)6.38.26.33.91

• 4 ET 5 DÉCEMBRE

Confortement et réparation des ouvrages portuaires

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 5 ET 6 DÉCEMBRE

Gérer les déchets de chantier

Lieu : Paris

<http://formation-continue.enpc.fr>

• 11 DÉCEMBRE

Nouvelles normes européennes de terrassement

Lieu : Marseille

<http://formation-continue.enpc.fr>

NOMINATIONS

BOUYGUES CONSTRUCTION :

Julien Toquebœuf devient secrétaire général à la suite de Pascal Grangé désormais directeur général adjoint et directeur financier de Bouygues SA.

CERCLE DE L'EAU :

Thierry Burlot préside désormais le Cercle français de l'eau

à la place de deux députés, Sophie Auconie et Jacques Krabal, double présidence supprimée. Clotilde Terrible succède à Pierre Victoria comme déléguée générale.

EGIS :

Solange Potier est directrice des achats du groupe, fonction nouvellement créée, et Jan Chodzko remplace Frédéric Beyneix en tant que directeur des systèmes informatiques.

EIFFAGE :

Guillaume Sauvée a été nommé président d'Eiffage Génie Civil et d'Eiffage Métal en remplacement de Jean-Louis Servranckx.

GÉOTHERMIE :

Georges Picard a remplacé Teresina Martinet à la tête de la société Sageos et de la Compagnie française de géothermie, deux filiales du Bureau de recherches géologiques et minières.

HAROPA

UNE AUTRE DIMENSION POUR L'AXE SEINE

HAROPA pour "Le HAVreROUenPARis" est l'acronyme symbolisant la mutualisation des activités des trois ports de l'Axe Seine. Créé sous la forme d'un GIE en 2012, HAROPA deviendra au 1^{er} janvier 2021 un Établissement public unique réunissant les trois entités portuaires. Pendant cette phase transitoire, Catherine Rivoallon, qui est actuellement présidente du Conseil d'administration est également la "préfiguratrice" du futur établissement public portuaire de l'Axe Seine. Coiffant les ports du Havre, de Rouen et de Paris, elle est dès lors à la barre du cinquième ensemble portuaire nord-européen. La réunion de ces trois ports doit permettre de développer des synergies, de renforcer leur attractivité et de gagner des parts de marché en France et à l'international. **Entretien avec Catherine Rivoallon, présidente de HAROPA.** PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



Quelle est l'origine du GIE Haropa ?

Le GIE Haropa a été créé en 2012 avec pour objectif la mise en commun des forces de chacun des ports de l'axe Seine. Pour cela, il a été décidé de regrouper en particulier les fonctions commerciale, marketing, stratégie, réseaux et communication. L'idée était aussi, *in fine*, d'homogénéiser les pratiques et de créer un ensemble portuaire compétitif en capacité de conquérir de nouvelles parts de marchés.

Comment l'équipe du GIE a-t-elle été constituée ?

Assez logiquement, en mobilisant les compétences et les talents des colla-

borateurs dans chacun des ports sur les cinq fonctions évoquées. L'équipe du GIE est sous la responsabilité d'un directeur général délégué qui partage son temps entre Le Havre, Rouen et Paris.

Ses équipes rassemblent des spécialistes des trois sites portuaires qui partagent désormais une vision commune de ce que Haropa peut offrir, mais aussi des forces locales qui peuvent être mobilisées pour l'ensemble.

Ce type de démarche n'est cependant pas facile à animer au quotidien tant que les équipes ne sont pas rassemblées dans une structure unique. D'où la volonté du premier ministre Édouard Philippe de passer à la deuxième étape



FIGURE 1 © HAROPA - FIGURE 2 © EH - FIGURE 3 © HAROPA

CATHERINE RIVOALLON : PARCOURS ET MISSION

Diplômée de HEC, Catherine Rivoallon est une spécialiste de la supply chain.

Responsable transport, entrepôts et plateformes de Taic Samada pendant 9 ans, elle débute ensuite une carrière de 20 ans au sein du groupe Monoprix à travers différents postes à responsabilité : import-export, Green & Sustainable Logistic, Achats Éthiques et Responsables, Supply chain Internationale jusqu'au poste de directrice des opérations et du développement international en juin 2014.

Elle a ainsi pensé, conçu, organisé et mis en place pour le groupe Monoprix le report modal de la route vers le fleuve et le train de l'ensemble des marchandises qui transitaient par conteneurs.

Elle a ensuite occupé le poste de Directeur supply chain groupe et RSE au sein du Groupe Vivarte.

Elle est par ailleurs présidente du conseil d'administration de Haropa - Ports de Paris depuis mars 2015.

Catherine Rivoallon est chargée de proposer d'ici l'automne 2019 les dispositions nécessaires à la création de l'Établissement unique, qui interviendra au plus tard le 1^{er} janvier 2021. Elle s'appuie sur les équipes dirigeantes et les administrations des trois ports et sur un comité de préfiguration composé de cinq personnalités.

Présidé par Valérie Fourneyron, ancienne députée-maire de Rouen, auteure d'un rapport sur les ports de la Vallée de Seine et la logistique, ce comité associe Thierry Tuot, conseiller d'État, Gilles Béliet, avocat, membre du Haut conseil du dialogue social et bien connu des syndicats maritimes, Emmanuelle Perron, présidente du conseil de surveillance de Haropa - Port du Havre du Havre et Frédéric Henry, président du conseil de surveillance de Haropa - Port de Rouen.

L'une des missions de Catherine Rivoallon est de réfléchir à la nouvelle gouvernance qui sera attachée à l'Établissement unique, lui-même créé tout en conservant les trois établissements territoriaux existants.

C'est la première fois qu'un projet stratégique unique pour les trois ports sera proposé à l'échelle de l'Axe Seine avec un programme d'investissements commun.

en créant un établissement unique pour renforcer un certain nombre de fonctions au service du développement de l'axe Seine.

Les équipes, qui travaillaient précédemment pour le développement de chacune de leur place, vont trouver avantage supplémentaire à ce que leur action contribue au développement d'un ensemble.

L'équipe du GIE a déjà une expérience de travail en commun. Demain, la création de l'établissement unique va intégrer des fonctions essentielles comme les aspects financiers, les questions d'aménagement ou encore les ressources humaines.

L'Établissement public qui sera créé le 1^{er} janvier 2021 propulsera les trois établissements territoriaux existants dans une structure unique au service du développement de l'axe Seine, des

clients et des territoires directement concernés, en l'occurrence l'Île-de-France et la Normandie.

1- Catherine Rivoallon, présidente de Haropa.

2- La Havre : la filière "conteneurs".

3- Chargement de céréales dans le port de Rouen.

4- Pousseur à hauteur de Bougival, en aval de Paris.

5- Terminal à conteneurs du port de Gennevilliers.

Existait-il un problème de concurrence des ports entre eux ?

Les ports n'étaient pas et ne sont pas en concurrence les uns avec les autres. Les clients savent que les trois ports sont regroupés au niveau de Haropa : son identité de marque est connue.

L'idée de favoriser l'un plutôt que l'autre n'entre pas en ligne de compte. Ce que recherchent les clients, c'est une continuité dans le service et dans l'apport d'innovations et de création de valeur supplémentaires.

C'est tout l'intérêt de créer cet Établissement unique : pouvoir répondre aux attentes des clients, quelle que soit leur localisation à Paris, Rouen ou Le Havre. En matière de logistique, Haropa sera en mesure d'offrir une solution de bout en bout.

La concurrence entre les ports était effectivement un sujet de préoccupation de chacune des places. Lorsqu'on regarde de loin leurs activités respectives, l'impression est peut-être que Paris, c'est avant tout le fluvial, le tourisme et le BTP, Rouen, le trafic céréalier et industriel tandis que le Havre semble plutôt centré sur la pétrochimie et le trafic de conteneurs.

Une crainte fréquemment exprimée était le risque, au travers d'un Établissement unique, de spécialiser les ports. Ce n'est absolument pas l'objectif. Les ports de l'Axe Seine sont là pour répondre aux attentes de tous les clients et nous nous devons donc de travailler sur les complémentarités. Lorsqu'on regarde les activités de l'intérieur, on s'aperçoit que les activités respectives des trois ports sont totalement complémentaires les unes des autres. ▷

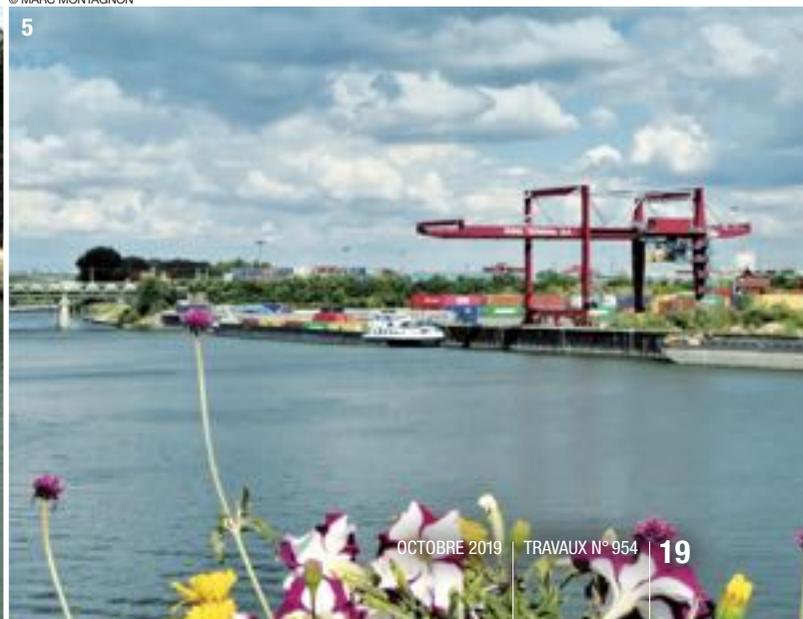
© MARC MONTAGNON

4



© MARC MONTAGNON

5



Par exemple, on peut offrir des capacités de stockage dans un port que l'on n'aurait pas dans l'autre. On peut offrir dans chacun des ports des possibilités habituelles de transport de marchandises autres que la route. Nous avons des capacités de retournement et d'offre de services qui sont totalement complémentaires et que nous avons besoin de renforcer puisque c'est là que les clients nous attendent. Nous avons également une forte pression de la part des régions et des élus qui nous poussent à les accompagner dans le développement de leurs territoires.

Les transports qui sont assurés actuellement par fer ou par route au départ du Havre, pourraient, par exemple, être basculés vers la voie fluviale ?

Il y a déjà des conteneurs qui empruntent la Seine depuis Le Havre jusqu'à Paris en passant par Rouen. Nous les faisons naviguer sur la Seine pour répondre à la demande de certains clients qui veulent travailler sur la triple équation économique, écologique et qualitative.

Typiquement, les acteurs économiques qui ont fait le choix du fluvial ont constaté qu'ils avaient tout à y gagner en termes de fiabilité des rendez-vous et de logistique décarbonée. Ces clients sont aujourd'hui les mêmes que ceux qui ont pu développer il y a quelques années cette logistique fluviale.

La difficulté est d'en convaincre de nouveaux, de modifier leurs habitudes de gestion des flux de marchandises. Une entreprise de transport ne se pose pas forcément les bonnes questions dans la gestion de la logistique. Alors qu'un bon logisticien identifie très rapidement quels sont les flux qui doivent être rapides, de moyenne vitesse ou

plus lents et adapte les modes de transport en fonction de la nature et de la typologie des produits.

Dans la mission qui m'a été confiée, je dois construire le projet stratégique unique du nouvel Établissement public. Ce projet, en cours d'élaboration a été concerté avec les clients ainsi qu'avec l'ensemble des territoires. L'objectif consiste à définir les meilleures orientations stratégiques pour répondre aux besoins de tous les écosystèmes. L'une des attentes fortes des clients est notamment de renforcer notre offre multimodale, c'est-à-dire de renforcer nos capacités au niveau de l'axe Seine à pouvoir transporter les marchandises tous modes de transport confondus : route, fer et fleuve.

L'Axe Seine est une chance qui nous permet de disposer d'un fleuve qui dessert des villes importantes et le bassin de consommation francilien ; il serait donc dommage de s'en priver. Notre rôle va consister, dans les mois à venir, à positionner des solutions de logistique de bout en bout, à la fois innovante et vertueuse à nos clients actuels et futurs.

Les villes veulent moins de camions. Elles ont raison. À nous de démontrer que des chaînes logistiques plus vertueuses existent.

Les conteneurs qui arrivent au Havre sur des porte-conteneurs de très grande dimension peuvent-ils ainsi être également transportés sur la Seine ?

Les porte-conteneurs n'empruntent évidemment pas la Seine. Mais les navires maritimes sont déchargés au Havre et les conteneurs sont dirigés vers d'autres modes de transport si possible massifiés, comme le fluvial et le ferroviaire. Par le passé, on ne se

HAROPA PORT DU HAVRE : CHIFFRES-CLÉS

- 1^{er} port à conteneurs français
- 1^{re} plateforme française pour l'import-export de véhicules neufs
- Plus de 6000 escales annuelles soit une trentaine d'entrées-sorties de navires de mer/jour
- 72 millions de tonnes de trafic en 2018
- 418500 passagers de croisière
- 27 km de l'entrée du port aux écluses de Tancarville, 5 km de large
- 50% du territoire en zone naturelle
- 150 km de routes et 200 km de voies ferrées
- 35 km de quais
- Plus de 60 allers-retours ferroviaires par semaine
- 100 manœuvres de ponts et écluses par jour
- Près de 1150 établissements implantés sur la zone industrialo-portuaire (ZIP)
- Plus d'1 million de m² d'entrepôts logistiques
- 32000 emplois directs, dont 16500 emplois portuaires et autant industriels

6- Multimodalité illustrée par la navette de Bolloré Logistics.

7- Stockage de conteneurs sur le port de Gennevilliers.

8- Paris : la darse à conteneurs du port de Bonneuil-sur-Marne.

9- Paris : la filière " tourisme " avec le bateau Diamant sous la passerelle des Arts.

posait pas la question : les conteneurs étaient systématiquement transférés par la route.

Depuis le début des années 2000, la question s'est posée de travailler différemment pour répondre notamment à l'augmentation du fret maritime. L'équilibre économique a pu se trouver grâce au fleuve par le biais de la bascule du transport des conteneurs via l'axe Seine.

En revanche, le transport est plus lent que par la route : il faut 4 à 5 heures par la route pour relier Le Havre à l'Est parisien, où se trouvent les plateformes logistiques. Avec une barge, il vous faut entre 3 et 5 jours pour aller jusqu'à Gennevilliers ou Bonneuil-sur-Marne.

© HAROPA

6



© MARC MONTAGNON

7



HAROPA PORT DE ROUEN : CHIFFRES-CLÉS

- Haropa - Port de Rouen : chiffres-clés
- 13 km de longueur de quais
- 1 353 ha dédiés à l'activité portuaire
- 2 433 ha d'espaces à vocation naturelle
- 66 M€ CA
- 24,63 Mt de trafic maritime et fluvial
- 2 632 navires accueillis
- 70 escales de paquebots
- 750 établissements implantés
- 25 M€ d'investissements publics
- 269 M€ d'investissements privés
- 18 200 emplois (4 180 cluster maritime et portuaire et 13 500 cluster industriel)

HAROPA PORTS DE PARIS : CHIFFRES-CLÉS

- 94,6 M€ de chiffre d'affaires
- 21,23 MT de trafic fluvial
- 8,4 M€ de dépenses environnementales
- 70 sites dont 6 plateformes multimodales
- 7,5 millions de passagers
- 37 escales publiques
- 1 000 hectares d'espaces portuaires
- BTP : 16,8 MT
- Déblais : 4,8 MT
- Granulats : 10,9 MT
- Céréales : 2,1 MT
- EVP⁽¹⁾ : 157 934 unités
- Tourisme fluvial : 14 compagnies de croisières fluviales pour 21 paquebots fluviaux

Mais les marchandises ne nécessitent pas systématiquement d'être transportées dans l'urgence. Par ailleurs, de nombreux flux de marchandises arrivent pour être stockés et livrés ultérieurement.

Le fleuve constitue donc une solution à la fois décarbonée et fiable pour le stockage et la livraison de la marchandise sur le dernier kilomètre.

Cette fiabilité permet de répondre aux demandes des logisticiens qui ordonnent heure par heure leurs livraisons de marchandises dans les entrepôts. Une telle régularité de service est difficilement tenable par la route à l'approche des métropoles, en raison de la congestion routière.

On peut transporter tous types de conteneurs par le fleuve, à moindre capacité qu'avec un navire maritime, mais avec des chargements qui atteignent, entre Le Havre et Paris, jusqu'à 180 conteneurs par livraison.

Lorsqu'il s'agit de traverser le bief parisien, c'est-à-dire de passer sous les ponts de Paris qui ont chacun leur particularité, les barges peuvent transporter jusqu'à 90 conteneurs, au rythme actuellement de 3 à 5 rotations par semaine. 90 conteneurs, ce sont 90 camions en moins dans Paris.

Quelle est la nature des marchandises qui empruntent le bief parisien ?

Il s'agit de tous types de marchandises : des produits alimentaires et non alimentaires à l'exclusion de l'ultra-frais ou du périssable nécessitant un transport sous température contrôlée, et également des matériaux de construction, des déblais de chantier...

Il passe dans le bief parisien aussi bien des conteneurs sur barges poussées que des barges pour le transport de matériaux en vrac ou de matériaux de construction ou des péniches, plus

spécialement affectées aux transports de pondéreux. Les marchandises qui transitent entre Le Havre et Rouen présentent la même diversité.

De quelle manière Haropa entend-t-il poursuivre, voire développer la gestion numérique de son activité ?

Lorsqu'on évoque l'utilisation du numérique dans la gestion des trois ports, on pense bien entendu aux applications mobiles et à davantage d'agilité dans les systèmes d'information mais il faut avoir présent à l'esprit que ce qu'attendent les chargeurs, c'est davantage de traçabilité, de simplification et, plus généralement, de réactivité en temps réel.

Le sujet de la numérisation, de la digitalisation, de la *block chain*, tous nos clients nous en parlent car ils ont tous besoin de savoir en temps réel où se trouvent leurs marchandises.

L'une des volontés de réunir ces trois ports au sein de l'Établissement unique Haropa est de poursuivre les démarches qui ont déjà été amorcées au niveau de chacun d'entre eux et de trouver une façon d'harmoniser ce transfert d'information pour le rendre visible à l'ensemble des clients. Il s'agit de leur apporter une vision d'ensemble de l'endroit où se trouvent les marchandises, sans qu'il soit nécessaire de s'authentifier sur l'une ou l'autre des places portuaires. Il faut que toutes les *datas* soient accessibles pour être retranscrites en temps réel vers les clients.

Quelle que soit la destination des marchandises, les clients auront affaire à une information fiable et unique. Cela répond également à l'objectif de rendre les données accessibles à tous.

Ceci sera réalisé sans rompre le lien de proximité que chacun des ports a su créer au fil des années avec ses clients. ▷

© HAROPA

8



© HAROPA

9



Chacun des ports va contribuer au développement de l'Établissement unique à l'échelle de l'Axe Seine. Il en sera de même avec les liens existant entre les ports et les territoires.

Les liens de proximité seront maintenus au niveau de chacun des ports et ne seront élargis à celui de l'axe que si les clients le souhaitent dans le cadre, par exemple, d'un élargissement de leur activité, voire d'une évolution de leurs besoins et de leurs demandes en termes d'innovation, de transition écologique, environnementale, numérique. Ils risquent d'avoir des demandes, des besoins, des attentes bien supérieures à celles émanant d'un port unique.

C'est d'ailleurs l'un des challenges que doivent relever les équipes de Haropa qui ont pour mission d'accompagner et d'élargir le champ d'activité de leurs clients, développer les parts de marché, améliorer la compétitivité, les services et l'attractivité. Ce que nous sommes en train de construire, c'est un outil au service des clients d'aujourd'hui et de demain et des territoires. Il nous faut donc définir le positionnement de cet Établissement unique afin qu'il réponde au mieux à toutes les attentes et enjeux stratégiques.

À l'heure où chacun s'interroge sur la soutenabilité du développement économique, le secteur du transport et de la logistique ne saurait ignorer l'importance des enjeux environnementaux. Qu'en est-il de Haropa à ce sujet ?

La prise en compte de l'environnement est l'un des axes très importants de développement de Haropa. La logistique doit tenir compte des enjeux environnementaux et énergétiques, sans quoi elle n'avance pas.



© MARC MONTAGNON

10

LOGISTIQUE PORTUAIRE ET CROISSANCE DU BTP

Le marché du BTP le long de l'Axe Seine est en croissance et le Grand Paris Express y est certes pour quelque chose mais la hausse générale de la création de logements sur l'ensemble de l'axe draine également un trafic important.

C'est l'occasion pour Haropa de mettre à disposition un système logistique multimodal complet.

Si l'on croise des facteurs tels que la hausse du nombre de chantiers, l'intérêt économique de la massification des flux, la raréfaction des zones disponibles dans les métropoles et le souci de réduire fortement l'empreinte carbone des industriels, le maritime et le fluvial arrivent en tête des solutions à l'équation.

Un fait bien intégré par les professionnels puisque Haropa a enregistré une hausse de 34% (1,67 MT) pour le trafic maritime des granulats et les chiffres sont en progression pour l'ensemble des matériaux. Le marché des agrégats croît lui aussi fortement avec 30 MT en incluant la Normandie.

Haropa est ainsi un partenaire structurant de la filière notamment grâce à son offre unique qui couvre le maritime, le fluvial et le ferroviaire.

L'activité sur la Seine peut être au minimum doublée si le besoin se fait sentir dans les années à venir.

Si on décide de réduire la circulation dans les centres-villes, c'est parce qu'elle constitue une atteinte à la santé publique, parce que les villes deviennent difficilement vivables avec un nombre de camions et de voitures qui ne fait que croître. Il y a urgence, non seulement pour la planète mais aussi pour le mieux-vivre en ville, à essayer de limiter la circulation et de privilégier la mobilité douce et plus vertueuse. Cette préoccupation qui existe à Paris, concerne aussi désormais Rouen et Le Havre.

À Rouen, par exemple, les quais autrefois exclusivement industriels se sont complètement transformés parce que

10- La centrale Unibéton d'Issy-les-Moulineaux.

11- Croisement d'une péniche traditionnelle et d'une barge automotrice.

12- Arrivée du porte-conteneurs Bougainville de CMA-CGM en escale inaugurale au Havre (400 m de long, 54 m de large).

13- L'escale de la Roche Guyon dans le Val d'Oise, inaugurée à l'automne 2018.

14- Péniche lors du passage de l'écluse de Bougival.

15- L'usine du projet éolien offshore de Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) au Havre.



© MARC MONTAGNON

11



© VINCENT RUSTUEL

12

l'écosystème portuaire, la métropole, les riverains ont souhaité le développement d'une interface ville/port beaucoup plus importante que ce qui existait par le passé. Chacun d'entre nous aime son port mais préférerait ne pas voir que le côté industriel et plutôt des activités de promenade et loisirs au bord de l'eau. Il en est de même au Havre qui s'est métamorphosé en très peu de temps, je pense au quartier des Docks à proximité des bureaux du Port. À Paris, comme à Rouen ou au Havre, il est désormais possible de se promener sur les quais sans que cela ait porté préjudice à l'activité industrielle.

Dans la même perspective, Haropa se préoccupe-t-il également du tourisme fluvial ?

Le tourisme constitue en effet une filière stratégique. Les territoires expriment notamment une attente forte pour développer le tourisme local.

Au-delà de la croisière promenade à Paris qui transporte chaque année près de 8 millions de passagers, la croisière fluviale avec hébergement se développe également à vitesse grand V sur tout l'axe Seine. C'est pourquoi notre ambition est de constituer un réseau d'escales publiques à destination des croisiéristes au sein de territoires qui regorgent de richesses environnementales patrimoniales. Nous avons à ce titre inauguré à l'automne 2018 la dernière escale à La Roche Guyon, dans le Val d'Oise. Destinée à accueillir des bateaux de croisière jusqu'à 135 mètres de long, elle répond à une forte demande de la part des croisiéristes mais aussi des territoires. Enfin, la croisière maritime est également en plein développement sur les ports de Rouen et du Havre avec un nombre d'escales et de passagers en constante augmentation.

© HAROPA



13

LE TOURISME FLUVIAL AUSSI

Au-delà du fret, Haropa accompagne également le développement du tourisme le long de l'axe Seine. Ainsi en témoignent les propos de Catherine Rivoallon : « Le développement de la croisière est une des attentes importantes des collectivités qui espèrent des retombées économiques pour leurs territoires. Au-delà de la croisière promenade à Paris qui transporte chaque année près de 8 millions de passagers, la croisière avec hébergement se développe également à vitesse grand V sur tout l'axe Seine. C'est pourquoi notre ambition est de constituer un réseau d'escales publiques à destination des croisiéristes au sein de territoires qui regorgent de richesses patrimoniales. Nous avons à ce titre inauguré à l'automne 2018 la dernière escale à La Roche Guyon, dans le Val d'Oise. Destinée à accueillir des bateaux de croisière jusqu'à 135 mètres de long, elle répond à une forte demande de la part des croisiéristes mais aussi des territoires. Enfin, la croisière maritime est également en plein développement sur les ports de Rouen et du Havre avec un nombre d'escales et de passagers en constante augmentation. »

Quelles sont les mesures déjà prises ou qui vont l'être dans la perspective écologique désormais omniprésente et incontournable ?

En s'appuyant sur les initiatives menées depuis des années dans chacun des

ports, Haropa s'est engagé dans une démarche de progrès continu en se fixant trois axes de développement prioritaires.

D'abord promouvoir les solutions logistiques vertueuses. De par sa situation géographique et son organisation

autour d'un axe logistique naturel - la Seine - Haropa offre les solutions les moins polluantes. Cet avantage naturel se double d'efforts soutenus pour développer les modes de transport massifiés et soutenir concrètement ses clients dans leur propre démarche de progrès.

Ensuite, réduire l'impact de nos activités. Grâce à une très forte capacité de planification des espaces portuaires, les enjeux environnementaux sont intégrés à chaque étape de nos projets. Qualité de l'air, de l'eau, des sols, les impacts environnementaux sont contrôlés et mesurés tout au long de l'année. Cette exigence fait de Haropa un espace d'accueil privilégié d'industries innovantes.

Enfin, préserver le patrimoine naturel et enrichir les espaces urbains. Nos ports ne se situent pas "hors sol" et les espaces que nous gérons sont bien souvent des espaces naturels, certains protégés, et des espaces urbains au cœur de zones d'habitation denses. Il est de notre responsabilité de permettre la cohabitation harmonieuse de l'industrie, de la nature et des hommes. Cette politique *Green Port* répond à un double impératif : apporter des solutions concrètes et mesurables à nos clients et créer les conditions d'une cohabitation harmonieuse et durable entre les populations riveraines et les activités portuaires⁽²⁾. □

1- On définit l'équivalent vingt pieds ("Twenty-foot Equivalent Unit", TEU en anglais) comme l'unité de mesure approximative d'un conteneur. Cette unité de mesure est basée sur les dimensions du conteneur standard, soit 8,5 pieds de haut (2,591 m), 8 pieds de large (2,438 m) et 20 pieds de long (6,096 m). Cela représente un volume d'environ 38,5 mètres cubes.

2- À ce titre, Haropa a été élu pour la première fois en 2015, "Best Green Port" par le magazine professionnel Asia Cargo News.

© MARC MONTAGNON

14



© HAROPA

15





YPREMA

30 ANS

D'ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE

REPORTAGE DE MARC MONTAGNON

YPREMA EST NÉE EN 1989 COMME FILIALE DE L'ENTREPRISE DE TERRASSEMENT ET DE DÉMOLITION YVES PRIGENT S.A. D'UNE VOLONTÉ DE SON DIRIGEANT ÉPONYME DE RATIONALISER LES APPROVISIONNEMENTS DE SA SOCIÉTÉ EN MATÉRIAUX POUR LA ROUTE. 30 ANS PLUS TARD, CETTE PME INDÉPENDANTE PRÉSIDIÉE AUJOURD'HUI PAR CLAUDE PRIGENT, SE POSITIONNE EN LEADER DANS LA TRANSFORMATION DES MATÉRIAUX DE DÉCONSTRUCTION, DES MÂCHEFERS D'INCINÉRATION ET DES TERRES INERTES. ELLE LES SÉLECTIONNE, LES VALORISE, LES RECYCLE ET LIVRE UN PRODUIT FINI AUX ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS. CE SAVOIR-FAIRE LUI PERMET DE PROPOSER DES SOLUTIONS D'AVENIR TOUT EN INNOVANT, DANS LE CADRE DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE.

Yprema a été créée l'année de la démolition du mur de Berlin, un ouvrage en béton symbolique de la confrontation des blocs de l'Est et de l'Ouest au 20^e siècle. Un 20^e siècle qui aura aussi vu notre planète se transformer comme jamais sous l'impulsion

d'un développement constant mettant en péril nos ressources en matières premières.

« Alertées par le rapport Brundtland⁽¹⁾, précise Claude Prigent, nos sociétés apportent désormais une attention particulière au développement afin

1- Les stackers polaires de Massy II.

qu'il soit durable et raisonné. L'enjeu est de répondre aux besoins du présent sans compromettre ceux des générations futures. Mais pour y parvenir, il faut que la législation fixe le cap, qu'il y ait des politiques pour l'appliquer et, bien sûr, des entreprises pour mettre

en œuvre ce développement durable sur lequel Yprema a basé sa stratégie depuis l'origine ».

Dans les années 80, Yves Prigent S.A. allait chercher ses matériaux de plus en plus loin. Le coût correspondant ne cessait d'augmenter. Parallèlement, il devenait de plus en plus difficile de trouver des décharges pour y déposer les matériaux de démolition dont l'entreprise devait se débarrasser à la suite de ses chantiers. « En réalité, poursuit Claude Prigent, on mettait au rebut des matériaux de bonne qualité et on allait chercher en carrière de quoi réaliser les fondations des plates-formes entourant les bâtiments et celles des routes d'accès : un véritable non-sens ! Il fallait trouver une solution ».

Yves Prigent s'y emploie. Son objectif est de transformer les matériaux de démolition en matériaux de construction. L'idée se concrétise à la suite d'un voyage en Allemagne et aux Pays Bas où il découvre des installations qui permettent de concasser et de cribler le béton armé. Il est conquis d'emblée par l'intérêt de la méthode.

La démarche est lancée et la première installation est livrée en 1984 à Émerainville, au cœur de Marne-la-Vallée. Cinq années durant, elle va répondre aux besoins propres d'Yves Prigent S.A. et son fonctionnement est tellement satisfaisant qu'il décide en 1989 de mettre en service une deuxième installation. Son fils Claude pense que le développement de cette activité sera plus aisé si elle dispose d'une certaine indépendance. C'est ainsi que naît Yprema dont l'acronyme plonge dans ses racines : Yves Prigent REcyclage MAtériaux.

En 1989, si Yprema produit toujours pour les besoins de la maison mère, avec ce nouveau dimensionnement, elle peut s'orienter vers une clientèle "extérieure". Son indépendance va lui

© MARC MONTAGNON



2

CLAUDE PRIGENT : PARCOURS

Après une courte expérience dans un bureau d'études de la DDE, il fait ses premières armes au sein de l'entreprise parisienne Yves Prigent S.A., qu'il intègre en 1977. Conducteur puis directeur de travaux, il prend en 1989 la présidence de sa filiale EC2 (Études d'exécution, représentation des chantiers en 3D, laboratoires de sol, topographie).

Président d'Yprema depuis 1992, il s'emploie depuis à la développer. Convaincu que la logique économique peut parfaitement être compatible avec le respect de la planète et le respect des personnes, il a inscrit son action dans le cadre du développement durable

De son père, Yves Prigent, décédé en novembre 2018, il aime à dire : « C'était un visionnaire. Il avait cette capacité d'anticiper, d'imaginer et surtout d'oser. Oser quitter sa Bretagne natale pour Paris et y développer son entreprise de terrassement malgré les obstacles. Il aimait relever les défis et avait le goût du risque. Il comprenait rapidement les problèmes techniques et y apportait des réponses ingénieuses. Son sens inné du service se conjugait avec son intelligence relationnelle. Il était efficace, fiable, proche de ses salariés et soucieux de leur bien-être. Cet homme à la bonne humeur communicative était un entrepreneur dans l'âme ».

2- Claude Prigent, président d'Yprema.

3- Transformer les matériaux de démolition en matériaux de construction.

4- Les déchets recyclables représentent un gisement de matières premières.

donner la capacité de jouer pleinement la carte commerciale. Claude Prigent en prend la direction en 1992.

Yprema a tout d'abord ouvert deux centres de recyclage de matériaux de déconstruction à Émerainville et à Massy en Île-de-France où la ville se rebâtit perpétuellement sur elle-même. Ces deux sites vont bénéficier d'une activité renforcée grâce à la loi de 1992

qui interdit la mise en décharge, à partir de 2002, des déchets recyclables qui représentent désormais un gisement de matières premières. Lier les enjeux environnementaux et économiques devient une évidence pour Yprema qui ouvre de nouveaux sites à Trappes et à Lagny-sur-Marne respectivement en 1992 et en 1995.

DIMENSION SOCIÉTALE ET SOCIALE

Pionnière de cette nouvelle activité, Yprema souhaitait également être pionnière pour son propre personnel. En 1997, la société signe un accord offensif dans le cadre de la loi Robien qui va faire passer le personnel de production aux 35 heures sur quatre jours permettant de nouvelles embauches qui auront pour effet de faire croître la production des centrales de 10%. Parallèlement, Yprema continue son engagement social et sociétal en 2006 avec la signature de la charte de la diversité, puis en 2007 en favorisant l'insertion professionnelle des personnes éloignées du monde du travail à travers une charte de partenariat avec le Conseil Général du Val-de-Marne sous l'égide de l'association d'entrepreneurs "Le Regard".

À partir de 2000, une circulaire planifie la gestion des déchets de chantier du BTP : les centrales Yprema deviennent de fait des maillons essentiels pour la mise en place de ces politiques environnementales.

L'environnement proche des habitants est aussi une préoccupation de l'entreprise. C'est la raison pour laquelle, à partir de 2004, Yprema organise sur ses sites des Commissions Locales d'Études et de Concertation (CLEC), l'occasion pour les riverains (associations, pouvoirs publics et clients) de pouvoir discuter des implications d'une installation existante ou en devenir. ▷



3



4

© MARC MONTAGNON



5

© YPREMA

Des liens locaux sont aussi tissés grâce à des partenariats sportifs dans toutes les communes où Yprema est installée : rugby à Lagny-sur-Marne, Gennevilliers et Massy, basket à Trappes.

« Cette présence à proximité des bassins d'activité, précise Claude Prigent, permet aussi de justifier la pertinence de nos implantations en termes d'impact sur les transports franciliens, en réduisant leurs trajets. Que ce soit pour les dépôts de déconstruction ou la prise en charge de matériaux recyclés pour que les entreprises optimisent leur impact environnemental ».

LES VOIES DOUCES

L'ouverture en 2006 d'un site dans le port de Bonneuil-sur-Marne, devenu le troisième site fluvial de l'entreprise après Gennevilliers et Lagny-sur-Marne confirme la volonté de la société d'être porteuse sur l'utilisation des voies douces.

Puis Yprema, logiquement, s'installe dans le port de Gennevilliers pour ouvrir son deuxième site fluvial, confirmant par ailleurs son savoir-faire avec l'obtention de la certification ISO 9001. Les convictions des dirigeants les poussent à explorer encore plus les expérimentations. Sur l'exemple danois de la symbiose industrielle de Kalundborg⁽²⁾, Yprema crée en 2005 le parc d'éco-activité de La Bonde à Massy. Dans ce parc, les déchets des uns deviennent les matières premières des autres. Dans le même temps, afin d'augmenter l'offre de produits recyclés à

4 PRODUITS

LA GAMME INDUSTRIELLE

- La grave primaire (0/31,5 et 0/70) conseillée pour les remblais de réseaux (humides ou secs) et remblais de réseaux techniques ;
- La grave concassée industrielle (0/31,5 et 0/63) préconisée pour la réalisation de couches de forme et de fondation ;
- Les cailloux Industriels (30/70) principalement utilisés pour la constitution de pistes de chantier ou la stabilisation de sols meubles.

L'ECO GRAVE

Il s'agit d'une grave de mâchefers. C'est une solution de technique routière convenant parfaitement aux utilisations en remblai, en enrobage de réseaux, en couche de forme et de fondation de voirie. L'Eco Grave est un matériau inerte, composé pour plus de 80% de silice, d'alumine, de calcaire et de chaux.

L'URBASOL

Elle est constituée de terres inertes recyclées traitées à la chaux. C'est une solution de technique routière parfaitement adaptée aux utilisations en remblai technique ou paysager, en enrobage de réseaux et en couche de forme de voirie.

L'ESPACE ARTISAN

Cet espace est particulièrement adapté pour les artisans, petites et moyennes entreprises du BTP qui interviennent sur de petits chantiers de proximité. Les matériaux, rangés dans des casiers, sont vendus au m³.

proximité des centres urbains, Yprema développe la filière Urbasol : les terres inertes venant des chantiers du BTP sont recyclées et traitées à la chaux. En 2007, le Grenelle de l'Environnement rend obligatoire les plans de gestion des déchets du BTP et favorise la prévention et le recyclage par la mise en place taxes et de redevances. En 2008, Yprema accroît son offre de service aux entreprises en ouvrant un premier "Espace Artisan" à Lagny-sur-

5- La grande halle de la plateforme de valorisation de Lagny-sur-Marne.

6- Le site de Bonneuil-sur-Marne.

7- Une illustration de la volonté d'intégration urbaine de l'entreprise.

Marne puis un deuxième en 2014 à Émerainville ce qui participe au développement des activités de service. Cette même année 2008 voit la révision de la Directive européenne cadre "déchets". L'objectif est d'atteindre 70% de recyclage des déchets du BTP en 2020. Cette Directive sera transposée en droit français en 2010 : elle constituera, dans les faits, la reconnaissance que les déchets ont la possibilité de redevenir des produits une fois transformés.

S'INTÉGRER AUX TISSUS URBAINS

Portée par la réglementation, Yprema décide de faire évoluer ses centrales afin de s'intégrer au mieux dans les tissus urbains de plus en plus denses. C'est dans cette réflexion qu'est créé le nouveau centre de recyclage d'Émerainville, labellisé dans le cadre du pôle de compétitivité Ville et Mobilité durable. Ce centre accueille également le centre de formation et le laboratoire de l'entreprise. Ce laboratoire est installé dans les locaux d'Émerainville. Depuis 2009, il est découpé en deux parties : la chimie d'un côté, la géotechnique de l'autre, auxquels s'ajoute un local pour les essais bruyants.

« Aussi bien équipé que les laboratoires des entreprises routières, précise Claude Prigent, il figure sur la liste de ceux que l'on peut consulter pour des essais préalable, indépendamment de l'implication d'Yprema dans le projet. Aujourd'hui, avec l'évolution régulière



6



7

© YPREMA



de la réglementation internationale, l'approche sur les essais de matériaux ne cesse de se transformer ».

En 2014, il est décrété par un arrêté ministériel de contrôler la qualité des déchets déposés. C'est ainsi que les bons d'acceptation préalable et les attestations de conformité sont créés et délivrés à l'accueil des sites.

À noter que 23 ans après la loi n'autorisant en mise en décharge que les déchets ultimes, Ségolène Royal présentait en 2015 la loi sur l'économie circulaire qui théorise ce qu'Yprema avait mis en place depuis déjà plus de dix ans.

En 2016, son expertise organisationnelle lui permet de signer la charte de la Société du Grand Paris. C'est la reconnaissance de son savoir-faire mais aussi une porte d'entrée sur le plus grand chantier européen en cours. Ce développement va de pair avec la création d'un deuxième point de vente de matériaux : Yprema-CB (Yprema Carrières du Boulonnais) en 2016 à Mity-Mory.

2018 est l'occasion pour Yprema de signer son 10^e rapport de développement durable. On y rappelle entre autres l'adhésion à la charte de la laïcité, mais aussi la prévention des risques d'exposition à la pénibilité pour le travail répé-

8- L'accueil du site d'Émerainville.

9- À Émerainville, les poussières sont "écrasées" systématiquement.

10- Test de percolation dans le laboratoire d'Émerainville.

11- L'espace artisan d'Émerainville.

12- La centrale de Pluguffan dans le Sud-Finistère.

titif, l'aménagement des fins de carrière en allégeant la durée du travail et en favorisant les transmissions.

OUVERTURE VERS LES RÉGIONS

Si Yprema est implantée essentiellement en Île-de-France, elle est aussi présente dans plusieurs régions : depuis 2001 à Pluguffan, près de Quimper, en Bretagne, premier site de recyclage à atteindre le niveau 4 de la Charte de l'environnement de l'Unicem et depuis 2005, à Reims, en équipe avec la société Moroni, elle apporte son expertise pour la gestion d'un centre de traitement de mâchefer pour le compte de l'agglomération du Grand Reims,

la solution la plus pertinente pour que le producteur du déchet, une fois recyclé, en soit aussi le prescripteur.

En 2013, elle a prolongé son implantation régionale avec la première signature d'une franchise avec CBM au Teil, en Ardèche. Après les implantations historiques en Île-de-France et en Bretagne, le développement dans le Grand Est et en Auvergne - Rhône-Alpes, l'entreprise a ouvert une franchise en Normandie avec RNM (Recyclage Négoce Mondévillais) dans le Calvados ainsi qu'avec CRMI, filiale du groupe Despagne BTM près de Pau, en Nouvelle Aquitaine. C'est sur la commune de Meillon qu'a vu le jour à l'automne 2018 le site EcoPôle qui accueille les déchets inertes des entreprises de BTP en vue de leur recyclage en matériaux routiers. Une partie du site est dédiée à un Espace Artisan afin d'accueillir les autres types de déchets.

MASSY II : PASSEPORT POUR DEMAIN

Yprema est historiquement installée à Massy depuis 30 ans et 2019 est l'occasion de renforcer sa présence par un site de nouvelle génération dédié au recyclage des bétons et couches de chaussée, baptisé Massy II, d'une capacité de 200 000 t/an.



12
© YPREMA

Ce centre de valorisation a un caractère industriel plus affirmé afin de s'inscrire dans la durée et s'intègre plus harmonieusement dans la cité. « Forte de l'expérience de la centrale ouverte en 2008 à Émerainville, indique Claude Prigent, Yprema a doté le site de la même exemplarité environnementale sur la base d'une étude paysagère réalisée par un cabinet externe : buttes paysagères, plantations, chemins piétonniers, casiers de stockage des matériaux. Les nuisances sonores sont très limitées grâce à la disposition des installations au centre du site, au capotage et au caoutchoutage des convoyeurs, à la mise en place de merlons servant d'écrans acoustiques. Les concentrations en poussière sont largement inférieures aux limites réglementaires grâce à l'aspersion régulière des pistes ainsi qu'aux capotages des appareils et à un équipement complet de brumisation pour "écraser" les poussières à chaque point de chute ».

Massy II est équipé d'un concasseur Metso NP1313 associé à un crible de 10 m² à grille de 40/80 alimentant deux stackers polaires qui répartissent la production de Grave Industrielle ou Grave Béton 0/31,5 et de Cailloux Industriels ou Cailloux Béton 30/70. « Le concasseur Metso a une capacité nominale de 300 t/h, précise Claude Prigent. Le choix de Metso a été dicté

YPREMA : CHIFFRES ET FAITS

- 30 ans d'existence.
- 16 sites d'exploitation sur 5 régions.
- 2,5 millions de tonnes de matériaux réceptionnés et valorisés par an.
- 23,5 M€ de chiffre d'affaires.
- 100 salariés.
- 1999 : certification ISO 9001 (réception/production/vente).
- 2008 : production d'un rapport développement durable annuel.
- 2013 : signature de la première franchise.
- 2015 : Bon d'Acceptation Préalable (BAP) et Attestation de Conformité (AC).
- 4 filières d'activités : Béton concassé (grave concassée 0/31,5 et 0/70, cailloux industriels 30/70), Urbasol (remblai de tranchée), Ecograde (grave de mâchefers), Espace Artisan (pour les chantiers urbains).
- 3 métiers : réception des déchets issus de déconstructions, transformation des déchets, vente de produits finis.

par le fait que ce fabricant est un spécialiste des concasseurs ayant une haute capacité de production horaire et journalière. Numéro 1 mondial du matériel de concassage, il a comme clients des carrières qui ont besoin de disposer de grosses capacités de production. Comme nous sommes convaincus du développement dans le long terme de notre activité de recyclage, qu'il s'agisse de bétons de déconstruction, de matériaux de couches de chaussée ou de terres, le choix de ce fabricant s'est

13- Le centre de traitement Trivalfer de Reims Métropole.

14- La nouvelle installation de Massy II.

15- Massy II présente une exemplarité environnementale basée sur une étude paysagère.

16- Le concasseur Metso NP1313 de Massy II.

rapidement imposé comme le mieux adapté à nos besoins. Par ailleurs, les trois types de matériaux que nous recevons sont recyclés sans aucun problème par notre nouveau concasseur et le crible qui lui est adjoint, d'autant que nous ne recevons sur le site que des matériaux déjà pré-triés par les entreprises ».

GENNEVILLIERS : RÉPONDRE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Sur le Port de Gennevilliers, le site d'Yprema, qui dispose d'un quai maçonné sur la Darse 3, fera de son côté, dès 2020, l'objet d'un réaménagement partiel en conformité avec le Cahier de Prescriptions Architecturales, Paysagères et Environnementales (CPAPE) identifiant les modes d'action et les outils adaptés pour assurer une vraie qualité dans les aménagements du Port.

Le réaménagement partiel a deux objectifs :

- Se mettre en conformité avec le CPAPE par une meilleure intégration urbaine, architecturale et paysagère ;
- Améliorer son fonctionnement avec le remplacement des installations comme la base vie, le système de pesée et l'installation de recyclage (concasseur et crible) en 2022.



13



14



15



16



© YPREMA

17



18

© MARC MONTAGNON



19

© YPREMA

Il conservera son fonctionnement global avec des modifications conformes aux enjeux d'insertion des sites industriels dans le port : ainsi, la parcelle répondra aux besoins de 10 % d'espaces verts. L'entrée bénéficiera d'un traitement paysager et d'une reconfiguration fonctionnelle permettant de gérer les flux de circulation, d'éliminer la salissure des voiries publiques et de proposer un projet d'aménagement soucieux des enjeux environnementaux, paysagers et de biodiversité. L'investissement total est estimé à 4 millions d'euros.

GRAND PARIS EXPRESS : UNE OPPORTUNITÉ POUR L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Les chantiers en cours dans l'Île-de-France - notamment ceux liés au Grand

17- Le quai du site Yprema sur le port de Gennevilliers et l'installation de traitement des matériaux.

18- Entrée et sortie des camions à Gennevilliers pour l'obtention du Bon d'Acceptation Préalable (BAP) et de l'Attestation de Conformité (AC).

19- Reprise des matériaux traités à Gennevilliers par une chargeuse sur pneus.

20- Isabelle Autissier lors de la transat Lorient - Saint-Barth.

Paris Express et au prolongement d'Eole vers l'ouest - représentent une opportunité historique de prouver la nécessité d'une transition généralisée vers l'économie circulaire.

« *Renouveler la région Île-de-France sur elle-même est loin d'être un vœu pieu, conclut Claude Prigent. En effet, pourquoi laisser des centaines de camions faire des centaines de kilomètres pour amener ces terres en décharge ? Le Grand Paris va générer beaucoup d'extraction de ces dernières. Une partie d'entre elles peut être réutilisée et ainsi être recyclée en matériaux. L'approvisionnement en matériaux peut également être effectué en partie sur les zones d'aménagement grâce aux sites de recyclage qui existent en Île-de-France, en périphérie des villes. Avec les millions de tonnes*

dont il est question, le recyclage est une occasion à saisir ».

Yprema y participe déjà très activement puisqu'elle approvisionne déjà au quotidien en matériaux recyclés de nombreux chantiers du Grand Paris Express ! □

1- Le rapport Brundtland est le nom communément donné à une publication, officiellement intitulée Notre avenir à tous (Our Common Future), rédigée en 1987 par la Commission mondiale sur l'environnement et le développement de l'Organisation des Nations unies, présidée par la Norvégienne Gro Harlem Brundtland.

2- Au début des années 1970, les entreprises ont réalisé que leur proximité géographique et leur complémentarité rendaient possibles des échanges de matière et énergie, minimisant ainsi le coût d'achat de la matière première pour l'une et celui de la gestion des déchets pour l'autre. Ainsi est née la symbiose industrielle de Kalundborg, qui figure aujourd'hui parmi les modèles les plus connus d'application des principes de l'écologie industrielle.

SPONSORING SUR L'EAU

L'implication environnementale d'Yprema privilégie le transport fluvial. C'est donc assez naturellement sur l'eau qu'Yprema va décider de communiquer au travers d'un sport n'utilisant pas d'énergie fossile en sponsorisant le skipper Yvan Bourgnon sur la Route du Rhum en 1998.

En 2000, Yprema conforte son engagement dans la voile en apportant son soutien au bateau de Sidney Gavignet et Isabelle Autissier dans la Transat Lorient - Saint-Barth. Un bateau parrainé par le journaliste Suren Erckman, créateur du concept d'écologie industrielle et pédagogue infatigable des enjeux du développement durable. « *De plus en plus, mais cela a déjà commencé depuis quelques années, dit Suren Erckman, on va être confronté à la gestion en fin de vie de ces déchets qu'il faut reconceptualiser, reconcevoir comme des ressources* ».

La rencontre avec Isabelle Autissier fut un moment précieux de conviction et d'événements partagés qui va pousser Yprema à s'engager à ses côtés dans son expédition dans les mers australes afin de juger de notre impact sur l'environnement.



20

© YPREMA



1

© C. CHERON/ARCADIS

CANAL SEINE-NORD EUROPE (CSNE) SECTEUR 1

AUTEURS : EDWARD KARIM, MOE DIRECTEUR DE PROJET, ARTELIA - DOMINIQUE FRIOT, MOE DIRECTEUR DES ÉTUDES, TRACTEBEL - ÉTIENNE DEPALLE, MOE RESPONSABLE DES OUVRAGES D'ART, ARCADIS - GABRIEL SANCHEZ, AMO COP DIRECTEUR DU PÔLE TERRITOIRES CONCERTATION COMMUNICATION, SETEC - BENOIT DELEU, MOA DIRECTEUR TECHNIQUE, SCSNE

LE CANAL SEINE-NORD EUROPE (CSNE), LONG DE 107 KM ENTRE COMPIÈGNE ET AUBENCHEUL-AU-BAC, SERA LE MAILLON CENTRAL DE LA LIAISON EUROPÉENNE SEINE-ESCAUT, RÉSEAU DE 1 100 km DE VOIES NAVIGABLES INCLUANT LES BASSINS DE LA SEINE, DU NORD ET DE BELGIQUE. IL PERMETTRA LE PASSAGE DE BATEAUX JUSQU'À 4 400 t ET FAVORISERA LE REPORT MODAL DU FRET DE LA ROUTE VERS LA VOIE D'EAU. IL EST UNE PRIORITÉ POUR L'UE, CONFIRMÉE LE 27 JUIN 2019 PAR UNE DÉCISION D'EXÉCUTION FIXANT SA MISE EN SERVICE EN 2028.

CONTEXTE DE L'OPÉRATION

Déclaré d'utilité publique en septembre 2008, le canal Seine-Nord Europe :

- Renforcera le développement économique et l'attractivité des territoires de la Seine à l'Escaut ;
- Améliorera la compétitivité des ports maritimes de l'axe Seine et du Nord de la France en accroissant leur hinterland ;
- Favorisera la transition énergétique grâce au report vers le mode fluvial, sûr et sobre en énergie.

Seine-Nord Europe, consiste en la construction d'un canal à grand gabarit long de 107 km entre Compiègne (Oise) et Aubencheul-au-Bac (Nord). Il comprend 6 écluses, dont plusieurs de haute chute (jusque 25 m), et plus

de 60 rétablissements routiers et ferroviaires. Le projet comporte un bassin réservoir pour l'alimentation en eau du canal en période de basses eaux de l'Oise, un pont-canal sur la Somme de 1 300 mètres de long, des quais de transbordement et des équipements pour la plaisance. À toutes ses étapes, le projet a été conçu dans la concertation et selon le principe éviter-réduire-compenser. Il intègre ainsi la réalisation de plus de 700 ha de compensations environnementales.

Le coût du projet s'élève à 4,9 milliards d'euros financés par l'Europe, l'État, les collectivités territoriales et l'emprunt. La Société du Canal Seine-Nord Europe (SCSNE), établissement public de l'État créée en 2017, en assure la maîtrise

1- Rétablissement de la RD15.

1- RD15 road reconnection.

d'ouvrage. Xavier Bertrand, président du conseil régional des Hauts-de-France préside de son conseil de surveillance. Le projet de loi d'orientation des mobilités prévoit la régionalisation de la SCSNE.

Quatre principes d'action guident la conduite du projet : l'éco-performance, le partenariat et la participation, l'innovation et la sécurité du chantier. Un partenariat fort a également été construit avec les collectivités territo-

riales concernées par le projet. Il se traduit par la démarche "Grand Chantier", mise en place par l'État en 2015.

Les travaux commenceront à partir de fin 2020 par le secteur 1, soit 18 km entre de Compiègne à Passel, dans la vallée de l'Oise, incluant une écluse.

DIALOGUE TERRITORIAL

La SCSNE, via la démarche Grand Chantier, associe activement les acteurs des territoires aussi bien à la conception du canal, qu'à la préparation du chantier. Il s'agit d'anticiper les besoins et de préparer la réalisation du canal afin de concrétiser l'opportunité que représente le projet pour le territoire en termes d'emploi, d'aménagement et de développement économique.

Dans le cadre de l'élaboration des Contrats Territoriaux de Développement (CTD), les collectivités ont fait des propositions sur les aménagements bord à canal. Plus de 400 propositions ont été recueillies tout au long du tracé. Nombre d'entre elles seront intégrées dans le programme. Pour les autres, un Comité des projets des territoires validera l'éligibilité en termes de valeur ajoutée puis aidera à la recherche des financements qui permettront de mener à bien ces projets connexes au canal. Les CTD permettront également aux acteurs locaux de contribuer à définir l'organisation du chantier en proposant par exemple, des emplacements pour des bases vie. Les acteurs locaux sont également invités à travailler sur les services que le territoire pourra proposer pour répondre aux besoins des entreprises et des salariés du chantier (dispositif Canal accueil).

Plusieurs dispositifs permettront d'aider les entreprises à répondre aux appels d'offres (Canal entreprises), ou à former (Canal formation), embaucher (Canal emploi). De même des personnes éloignées de l'emploi pourront participer aux travaux grâce à l'intégration de clauses d'insertion par l'activité économique dans les marchés passés par la SCSNE (Canal solidaire) dont bénéficient déjà 14 personnes (figure 3). Enfin, soucieuse de la préservation de l'environnement, la SCSNE s'est engagée très tôt dans une démarche volontariste de mesures compensatoires en asso-



2 © SCSNE

2- Le Canal Seine-Nord Europe (CSNE).
3- Signature de la convention canal solidaire.

2- Seine-Nord Europe Canal.
3- Signature of the canal solidarity agreement.

ciant parfois des partenaires locaux, comme récemment avec le lycée horticole de Ribécourt.

BIEF DE VENETTE

Le Bief de Venette, ou Bief n°1, s'étend de Compiègne à Montmacq et traverse les communes de Clairoux, Choisy-au-Bac, Janville, Longueil-Annel, Le Plessis-Brion et Thourotte (figure 4). L'aménagement de ce bief diffère d'un tronçon à l'autre. Entre Compiègne et la confluence avec l'Aisne il s'agit

d'élargir et d'approfondir l'Oise canalisée, sur l'actuel bief de Venette. Entre la confluence avec l'Aisne et le Plessis-Brion, c'est la rivière Oise qui est aménagée pour permettre la circulation fluviale à grand gabarit. Enfin, entre le Plessis-Brion et Montmacq, le canal Seine-Nord Europe se sépare de l'Oise et du canal latéral à l'Oise pour être créé en site propre. Le lit de la rivière est quant à lui déplacé vers l'est pour dégager l'espace nécessaire.

Le bief de Venette reçoit les eaux de l'Oise et de l'Aisne et se comporte comme une rivière canalisée jusqu'à la nouvelle confluence avec l'Oise. Il reçoit également les eaux d'un petit cours d'eau, l'Aronde, légèrement en amont de la confluence avec l'Aisne, ainsi que d'un autre petit cours d'eau, le Matz, dans l'avant-port aval de l'écluse de Montmacq.

BIEF DE MONTMACQ

Le Bief de Montmacq, ou Bief n°2, s'étend de Montmacq à Passel et traverse les communes de Cambronnelles-Ribécourt, Ribécourt-Dreslincourt, Pimprez, Chiry-Ourscamp et Sempigny (figure 6).

Entre l'écluse de Montmacq et Ribécourt-Dreslincourt, ce bief est aménagé en site propre et en remblai pour éviter des risques d'abaissement de la nappe alluviale dans cette zone écologique sensible. La rivière Oise est décalée le long du bief, coté Est. Le bras d'Oise côté Ouest sera maintenu dans une fonction écologique.

À partir de Ribécourt, le bief reprend le tracé du canal latéral à l'Oise existant qui sera élargi et approfondi afin de permettre la navigation à grand gabarit. Les berges ont des pentes de 2 pour 1, à l'exception de la traversée du secteur industriel de Ribécourt, plus contraint, où les berges sont verticalisées au moyen de palplanches.

Contrairement au bief de Venette, le bief de Montmacq est étanché sur la totalité de son linéaire. L'objectif du projet est d'atteindre une performance équivalente à un matériau de perméabilité 10^{-8} m/s sur une épaisseur de 40 cm.

ÉTANCHEITÉ

Cette étanchéité du bief de Montmacq a pour objectif de limiter les pertes en eau à un débit similaire à celles du Canal Latéral à l'Oise (CLO). L'étanchéification des canaux de navigation fait appel à des solutions techniques éprouvées qui bénéficient d'un retour d'expérience fourni lorsque la zone de travaux peut être mise à sec ou hors nappe.



3 © SCSNE

Or, pour la partie du bief constituée par un recalibrage du CLO, soit 8,6 km sur les 9,8 km du bief, cette étanchéité doit être mise en œuvre sous eau afin de maintenir la navigation pendant les travaux. Cette dernière contrainte de réalisation limite considérablement les options possibles sur les technologies d'étanchéité et le retour d'expérience. Concernant la géologie, le canal est creusé dans les alluvions de l'Oise, relativement perméables.

Toutefois, un horizon naturellement qualifié d'étanche, constitué d'argiles et lignites, a été identifié sur une partie importante du linéaire du bief (environ 70%) à une profondeur moyenne de 10 m sous le canal.

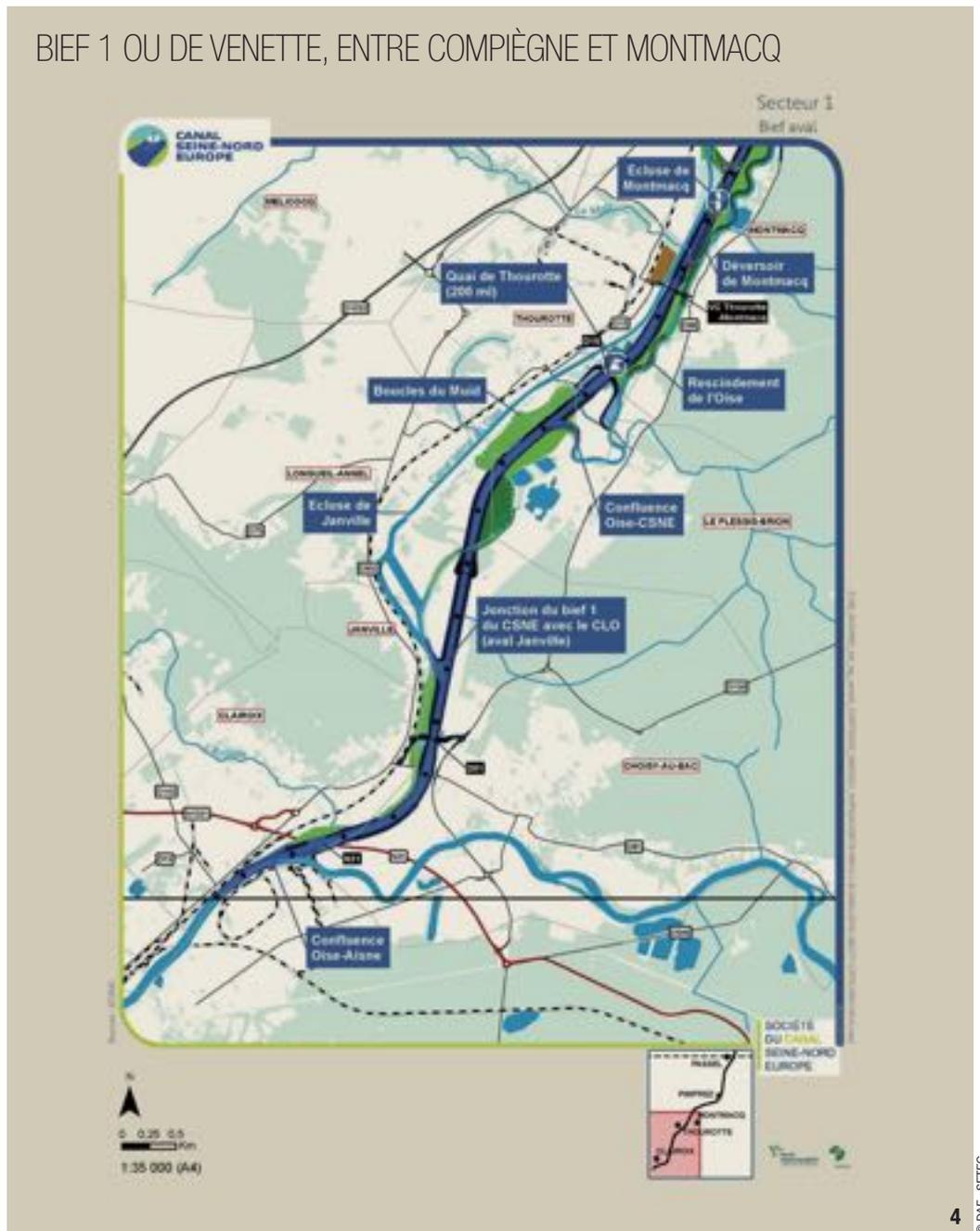
Ainsi, il est envisagé de réaliser 2 écrans verticaux étanches (1 sous chacun des 2 chemins de service longeant le canal) ancrés dans cet horizon argileux afin de reconstituer une étanchéité du canal.

Ces écrans sont constitués soit de palplanches, soit de parois en matériaux peu perméables (béton de sol, etc.). Cette solution, si elle présente l'avan-

4- Bief 1 ou de Venette, entre Compiègne et Montmacq.
5- Schéma de principe d'une berge lagunée.

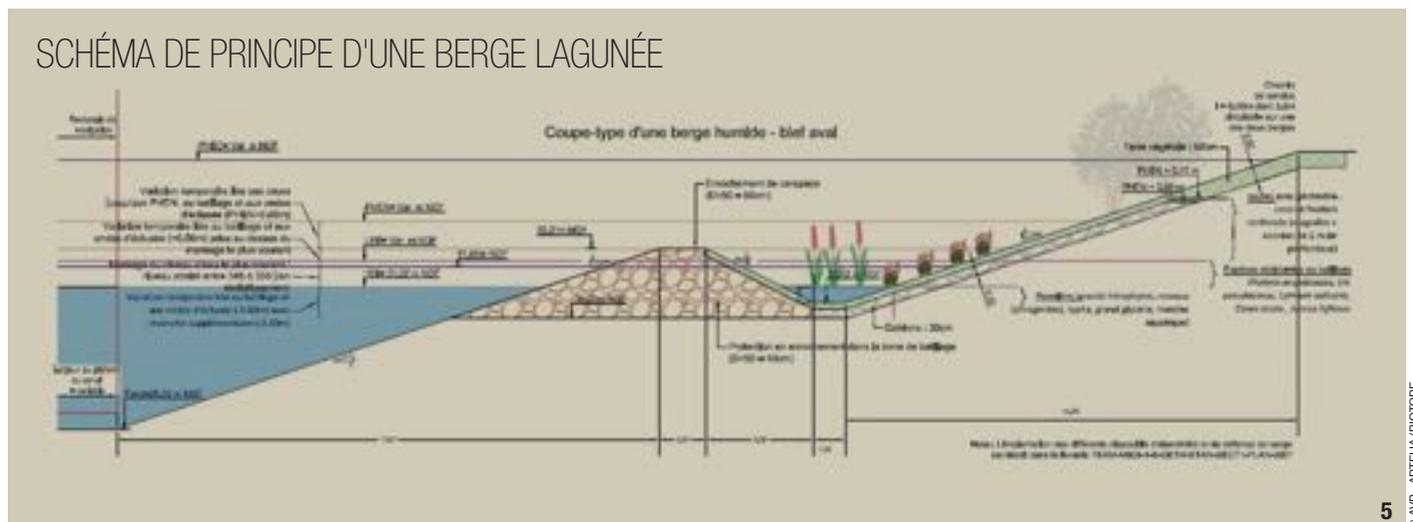
4- River stretch 1, Venette, between Compiègne and Montmacq.
5- Schematic diagram of a lagooned embankment.

BIEF 1 OU DE VENETTE, ENTRE COMPIÈGNE ET MONTMACQ



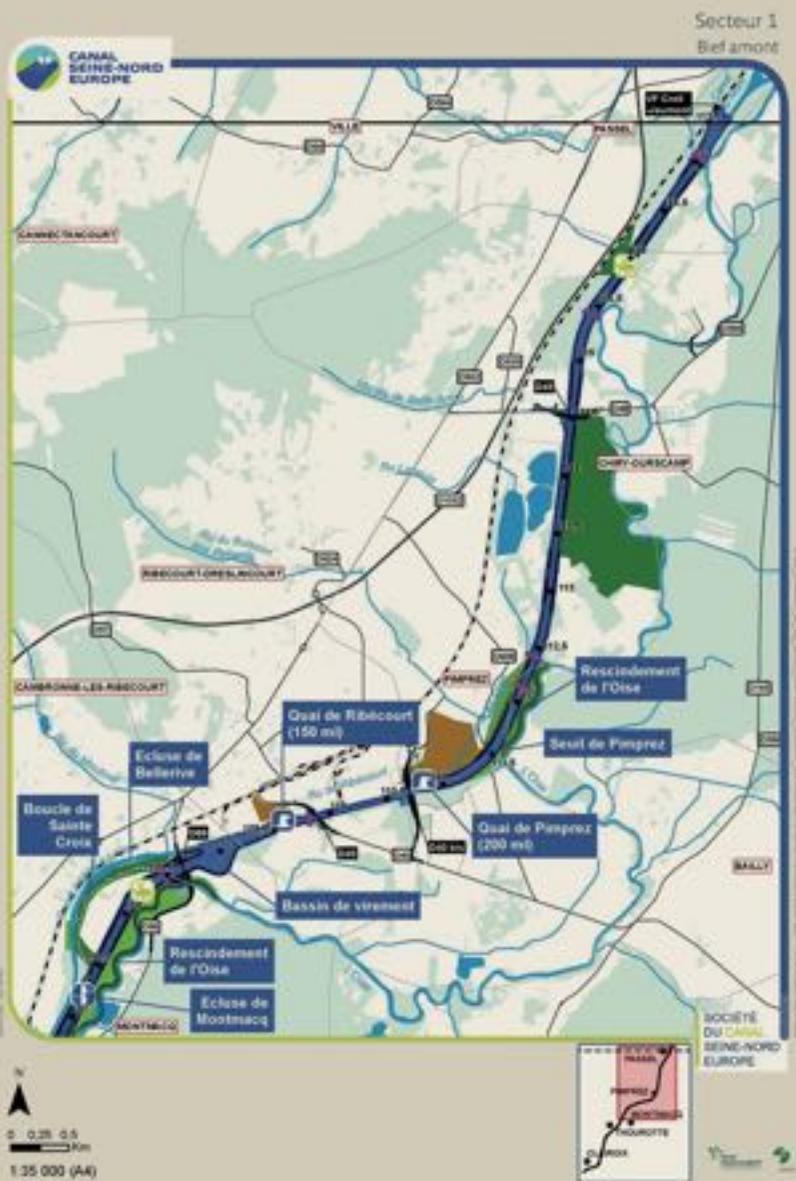
4 © DAE - SETEC

SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE BERGE LAGUNÉE



5 © AVP - ARTELIA/BIOFOTE

BIEF 2 OU DE MONTMACQ, ENTRE MONTMACQ ET PASSEL



tage de la facilité de réalisation tout en maintenant la navigation, nécessite de vérifier qu'elle n'implique pas de modifications significatives des niveaux de la nappe phréatique dû à un "effet de barrage".

Ces écrans verticaux devront être conçus de façon à limiter leur "effet de barrage" et d'éviter une remontée de la nappe en amont avec impact potentiel sur le bâti, et un abaissement en aval avec un risque pour la pérennité de zones humides à enjeu environnemental.

Les alluvions extraites du site peuvent aussi être réutilisées, moyennant un traitement à la chaux et/ou aux liants hydrauliques, pour constituer une carapace étanche mise en œuvre sur le plafond et les talus des berges du canal. Cette technique ne peut néanmoins pas être réalisée sous eau. Dans ce cas de figure, le matériau traité est alors remplacé par un béton coulé immergé : dans un matelas géotextile sur les talus des berges, ou comme remplissage d'enrochements percolés sur le plafond du canal.

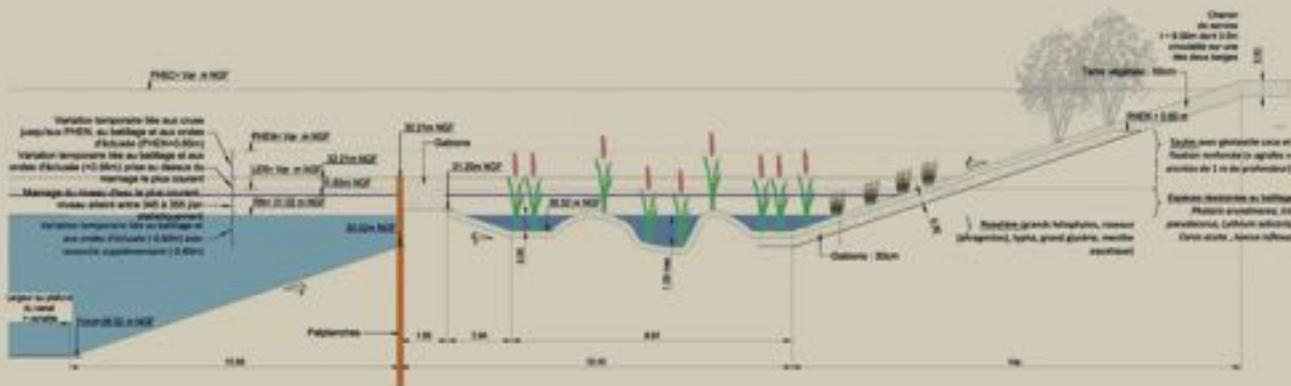
6- Bief 2 ou de Montmacq, entre Montmacq et Passel.

7- Variante de conception de berge lagunée.

6- River stretch 2, Montmacq, between Montmacq and Passel.

7- Lagooned embankment design variant.

VARIANTE DE CONCEPTION DE BERGE LAGUNÉE





8- Berge lagunée créée lors du recalibrage de la Deûle.

9- Vue en plan d'une annexe hydraulique type.

8- Lagooned embankment created during recalibration of the river Deûle.

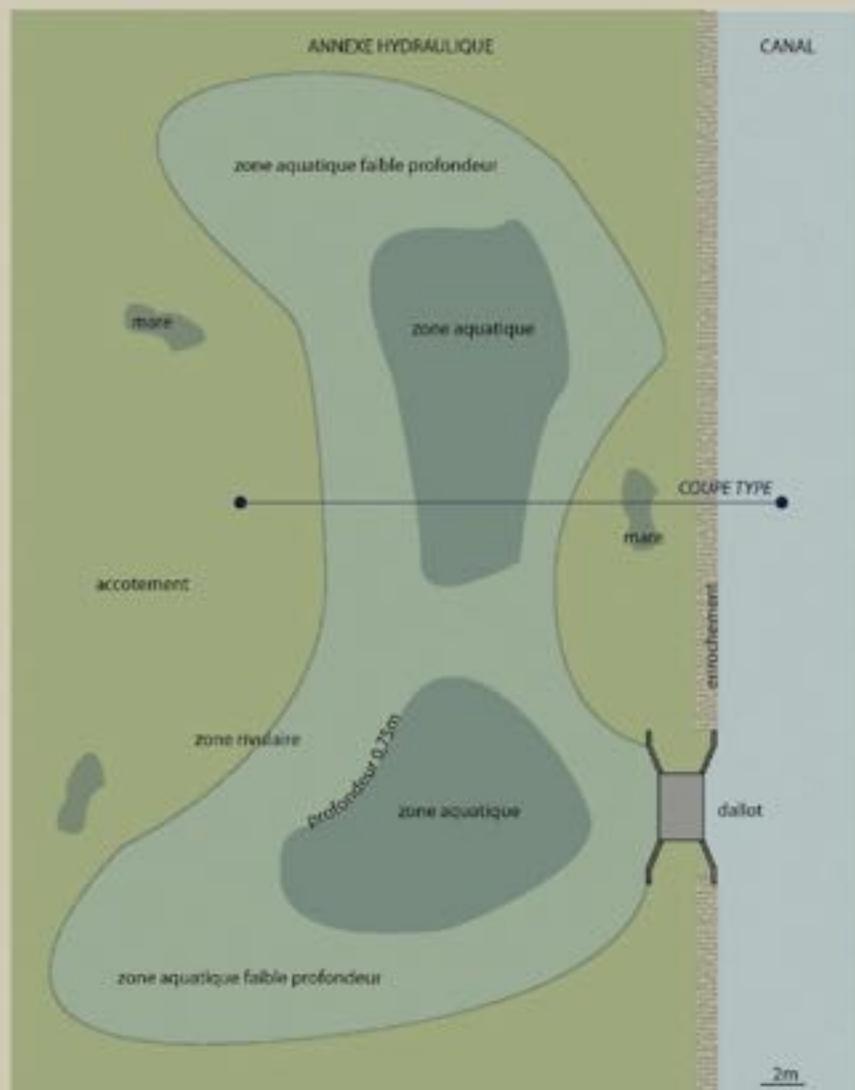
9- Plan view of a typical water-dependent area.

Les 2 solutions qui réutilisent les potentiels géologiques du site - écrans verticaux ancrés dans un horizon étanche/alluvions traitées - présentent un avantage économique certain par rapport à des solutions plus traditionnelles (membranes, béton bitumineux, matelas béton, ...).

Ainsi les solutions envisagées pour l'étanchéité du bief de Montmacq sont les suivantes :

- Partie creusée sous eau :
 - Zones comportant un horizon naturellement peu perméable : écrans étanches verticaux au droit des chemins de service et ancrés dans cet horizon.
 - Ailleurs : béton coulé immergé (enrochements percolés/matelas géotextile rempli de béton) mis en œuvre sur le plafond et les talus des berges.
- Partie creusée à sec :
 - Alluvions traitées mises en œuvre sur le plafond et sur les talus des berges.

VUE EN PLAN D'UNE ANNEXE HYDRAULIQUE TYPE



PERSPECTIVE D'UNE CULÉE D'UN OUVRAGE MIXTE



© ARCADIS/CHERON ARCHITECTE

10



© ARCADIS

11

10- Perspective d'une culée d'un ouvrage mixte.
11- Rétablissement de la RD66.

10- Perspective view of a composite structure abutment.
11- RD66 road reconnection.

ENVIRONNEMENT

Le secteur 1 du Canal Seine-Nord Europe a un tracé contraint en fond de vallée de l'Oise, dans le secteur le plus urbanisé du projet. Il utilise en grande partie l'Oise navigable et le canal latéral à l'Oise.

Le projet se distingue par les nombreuses mesures d'insertion environ-

nementale prévues parmi lesquelles figurent les berges lagunées et les annexes hydrauliques.

Les berges lagunées sont des espaces latéraux, en eau, connectés de manière discontinue au canal et créant des zones favorables au développement de la faune piscicole et à l'accueil d'espèces aquatiques. Le secteur 1 com-

prend 11,5 km de berges lagunées, répartis entre le bief de Venette (6,6 km) et le bief de Montmacq (4,8 km).

Sur le bief de Venette, elles prennent la forme de berges dites "humides", du fait des variations importantes du niveau de l'Oise. La lagune est protégée du batillage soit par un merlon en enrochement soit par des palplanches,

selon la conception retenue. Ceci permet également de limiter l'inondation de la lagune à 10 à 20 jours par an (figures 5 et 7).

Sur le bief de Montmacq, les variations de niveau d'eau sont limitées au batillage, aux ondes d'éclusées, ainsi qu'à la gestion du niveau d'eau des biefs. Les lagunes sont étanchées pour respecter les objectifs d'étanchéité du bief (figure 8).

En plus de ces lagunes, le projet prévoit la création de surfaces en eau plus importantes, connectées au canal, dites "annexes hydrauliques". Il a été choisi pour cela de mettre en valeur les anciens méandres déconnectés de l'Oise afin de délimiter des zones humides et aquatiques en lien direct ou indirect avec le canal, ainsi que des secteurs actuellement en surface agricole ou en eaux libres, pour créer des annexes hydrauliques directement connectées au canal.

La surface totale de ces aménagements est de 4,5 ha et se répartit sur 3 secteurs : Mont Ganelon et les Boucles des Ageux sur le bief de Venette et la Boucle de Pimprez sur le bief de Montmacq. Ces annexes hydrauliques ont vocation à être un espace diversifié en surlargeur du canal. Elles sont connectées par un dalot avec une hauteur d'eau de 50 cm à minima, calée sous le niveau de la retenue normale (RN) pour le bief de Venette et sous le niveau de navigation normal (NNN) pour le bief de Montmacq.

Le dalot aura une largeur de 2 m, avec un tirant d'air d'au moins 1 m et une longueur de 7 m (passage sous le chemin de service) (figure 9).

RÉTABLISSÉMENTS ROUTIERS

Le secteur 1 du CSNE comporte 7 rétablissements routiers.

Les ouvrages d'art permettent de franchir le Canal Seine-Nord Europe mais également l'Oise et le canal latéral à l'Oise.

Au total 11 ouvrages d'art neufs sont prévus et 10 ouvrages d'art existants seront déconstruits.

La portée des ouvrages en franchissement du CSNE est comprise entre 80 m et 105 m (figure 1).

Le parti architectural adopté pour ces ouvrages part du constat que le canal est avant tout un miroir d'eau suivant une ligne forte.

Les structures conçues avec le processus BIM, se veulent franches, sobres, pérennes et répétitives, tout en veillant à donner une identité au canal.

Les structures retenues sont des bipoutres ou tripoutres mixtes et un bowstring.

La solution de tabliers mixtes isostatiques est ressortie comme étant le meilleur compromis technico-économique. En effet les ouvrages à 3 tra-

INTERVENANTS DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE : Société du Canal Seine-Nord Europe

ASSISTANT À MAÎTRE D'OUVRAGE : Setec

MAÎTRE D'ŒUVRE : Groupement Team'0+ :

Artelia / Tractebel / Arcadis / Ateliers 2/3/4

SOUS-TRAITANTS PRINCIPAUX :

- **Écluse de Montmacq : Compagnie Nationale du Rhône**
- **Aménagements paysagers : Richez Associés**
- **Architecte des ouvrages d'art : Lavigne et Chéron Architectes**
- **Milieux Naturels : Biotope**
- **Dragage : Imdc**
- **Réseaux : Verdi**
- **Station de pompage : Spretex**

LE CHANTIER DU SECTEUR 1 EN QUELQUES CHIFFRES

DIMENSIONS : 18,6 km de longueur et 70 m de largeur

PRINCIPALES QUANTITÉS MISES EN ŒUVRE :

BIEFS AVAL ET AMONT :

- **Déblais : 8,3 millions de m³ dont 2,2 millions de m³ à évacuer**
- **Berges lagunées : 11,5 km**
- **Annexes hydrauliques : 4,5 ha**

RÉTABLISSÉMENTS :

- **7 rétablissements routiers**
- **11 ouvrages d'art neufs et 10 ouvrages d'art existants déconstruits**
- **Volume de remblais : 700 000 m³**
- **Surface de chaussée : 50 000 m²**
- **Linéaire de dispositifs de retenue : 8 000 m**
- **Linéaire de pieux pour les culées : 3 000 m**
- **Volume de béton des culées : 5 000 m³**
- **Tonnage de charpente des tabliers : 4 000 t**
- **Volume de béton des tabliers : 3 800 m³**

ÉCLUSE DE MONTMACQ :

- **Longueur utile : 190 m**
- **Largeur : 12,50 m**
- **Hauteur de chute : 6,40 m**
- **Volume de béton : 40 000 m³**

vées sont pénalisés par une surface de tablier nettement plus élevée à brèche équivalente et donc un coût plus élevé comparativement à un ouvrage isostatique.

Par ailleurs, il s'est avéré qu'un élanement des charpentes au 1/30° était un bon compromis entre : leur faisabilité technique, la réutilisation des déblais excédentaires du canal et l'insertion des ouvrages dans leurs sites. Enfin les tabliers sont dimensionnés pour résister au choc des bateaux en partie inférieure des poutres.

Concernant les culées des ouvrages, celles-ci ont été conçues creuses avec des voiles raidisseurs, afin d'assurer la descente des charges depuis les appareils d'appui jusqu'aux pieux (figure 10). Plusieurs sites classés au titre des monuments historiques se situent à proximité des rétablissements. C'est le cas de l'église de Thourotte située à proximité de la RD15 et de l'abbaye de Chiry-Ourscamp située à proximité de la RD48. En relation avec l'Architecte des Bâtiments de France, un traitement particulier a été adopté pour chacun de ces rétablissements.

L'insertion paysagère des rétablissements dans leurs sites est également un élément clé. Trois rétablissements routiers intégreront l'infrastructure nécessaire à la création à terme d'une piste cyclable de 3 m de largeur.

De plus le rétablissement de la RD66 sert également d'accès à l'écluse de Montmacq (figure 11).

Enfin les ouvrages existants seront déposés à l'aide de grues mobiles lorsqu'il s'agit de tabliers métalliques à poutres treillis. Lorsqu'il s'agit de tabliers de type bowstring en béton en franchissement du Canal Latéral à l'Oise, ils seront soulevés avec des barges pour être démolis en sécurité sur les berges. □

ABSTRACT

SEINE-NORD EUROPE CANAL SECTOR 1

EDWARD KARIM, ARTELIA - DOMINIQUE FRIOT, TRACTEBEL - ÉTIENNE DEPALLE, ARCADIS - GABRIEL SANCHEZ, SETEC - BENOIT DELEU, SCSNE

The Seine-Nord Europe Canal is one of the largest projects in Europe.

It is the missing link needed to create the first European river transport network, the Seine-Scheldt link, having major implications for modal shift, economic development and regional attractiveness, especially for the Hauts-de-France region. It is a priority for the EU, confirmed on 27 June 2019 by an implementing act scheduling its full commissioning for 2028. The most advanced channel section is located in the Oise valley. Work will begin at the end of 2020. The design of these first 18 kilometres took into account several technical and environmental issues. It is the result of several years of studies and consultation with local stakeholders. □

CANAL SEINE-NORD EUROPE (CSNE) SECTOR 1

EDWARD KARIM, ARTELIA - DOMINIQUE FRIOT, TRACTEBEL - ÉTIENNE DEPALLE, ARCADIS - GABRIEL SANCHEZ, SETEC - BENOIT DELEU, SCSNE

El canal Seine-Nord Europe es uno de los proyectos más grandes de Europa.

Es el eslabón perdido para crear la primera red de transporte fluvial europea, el enlace Seine-Scheldt. Presenta importantes ventajas en términos de cambio modal, desarrollo económico y atractivo del territorio, en especial para la región de Hauts-de-France. Es una prioridad para la UE, tal como quedó confirmado el 27 de junio de este año con la entrada en vigor de una ley que establece su plena puesta en servicio en 2028. La sección de canal más avanzada se encuentra en el valle del Oise. Las obras comenzarán a finales de 2020. El diseño de estos primeros 18 kilómetros, que ha tenido en cuenta varios problemas técnicos y medioambientales, es el fruto de varios años de estudios y consultas con los interlocutores locales. □



**Comment
protéger
une trémie
d'escalier ?**

PréventionBTP

 **En direct**

Une réponse immédiate à vos questions sécurité
et prévention grâce à nos experts OPPBTP



preventionbtpendirect.fr



PASSEZ SIMPLEMENT À LA PRÉVENTION

OPPBTP
La prévention BTP



1

© ALEXIS TOUREAU, OCTOBRE 2018

RÉNOVATION ET AMÉLIORATION DU TERMINAL PORTE-CONTENEURS DE KINGSTON EN JAMAÏQUE

AUTEURS : NICOLAS FERARD, COORDINATEUR ÉTUDES-TRAVAUX, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS - THIBAUT MERCIER, DIRECTEUR DE PROJET, VINCI CONSTRUCTION MARITIME ET FLUVIAL - AURÉLIEN DELEVOYE, DIRECTEUR DE PROJET, VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS

LES TRAVAUX DU PROJET KCT PHASE 1 MARQUENT LE DÉPART DES MODIFICATIONS ET AMÉLIORATIONS DU TERMINAL PORTE-CONTENEURS DE KINGSTON EN JAMAÏQUE, DONT LE BUT EST D'ACCROÎTRE À TERME SA CAPACITÉ À ACCUEILLIR DES VAISSEAUX TOUJOURS PLUS IMPOSANTS. CETTE PHASE CONCERNE LES TRAVAUX DE DRAGAGE DU PORT, ET LES RENFORTS STRUCTURELS CORRESPONDANTS. CES DERNIERS SERVENT EN OUTRE À REPRENDRE L'IMPACT DU DRAGAGE ET LES NOUVELLES CONTRAINTES LIÉES AUX NAVIRES, MAIS AUSSI À LA MISE À NIVEAU DES INFRASTRUCTURES VIS-À-VIS DES RISQUES NATURELS TELS QUE LES OURAGANS ET LES SÉISMES.

LE TERMINAL

Le terminal porte-conteneurs de KFTL, Kingston Freeport Terminal, concession de Cma Cgm auprès de l'autorité portuaire de Jamaïque (PAJ), se situe dans la baie de Kingston au cœur du septième port naturel le plus large et le plus profond du monde. Ce terminal, établi en 1975, a subi plusieurs transformations depuis,

toujours afin d'accroître sa capacité. Pour suivre cette demande croissante imposée par le trafic maritime régional et mondial, de nouveaux travaux d'amélioration des infrastructures portuaires ont été commencés en 2017 pour accueillir des navires de 14000 EVP (Équivalent conteneur Vingt Pieds) de classe New Panamax. Ces travaux concernent la mise à niveau et l'opéra-

1- Vue générale des travaux en cours sur le terminal Sud.

1- General view of work in progress on the South Terminal.

bilité de 1218 m de quai sur la partie Sud du terminal, et garantissent une capacité opérationnelle partielle pendant la durée des travaux.

Le quai existant est constitué d'un rideau de pieux et de palplanches soutenant une poutre avant sur laquelle les navires sont amarrés. Cette poutre avant est connectée à une poutre arrière située à une trentaine de mètres



2a



2b

côté terre via des tirants métalliques de diamètre 110 mm espacés d'environ 3,20 m à 3,50 m. Tous les 25 m, ce qui correspond au positionnement des bollards et des défenses d'amarrage, se trouvent des poutres transversales délimitant des cellules qui seront traitées une à une en fonction de la séquence de travail et du planning de réalisation. Pour assurer la stabilité des grues

2a & 2b- Zones de dragage du projet.

2a & 2b- Project dredging areas.

portuaires en cas d'ouragan, des éléments d'ancrage sont disposés le long du quai sur des massifs ancrés à l'aide de pieux. Ces grues, au nombre de six puis de huit à terme, circulent sur des rails sur toute la longueur du quai et sont alimentées via des postes dédiés distribués sur l'ensemble de la section. La surface du quai où circulent les équipements de manutention, ainsi que

les zones où les conteneurs sont stockés, sont en dallage béton ou asphalte, ou dans certains cas en pavés.

LES CONTRAINTES

De par sa situation géographique, la Jamaïque est régulièrement soumise aux ouragans et tempêtes tropicales, ainsi qu'aux risques sismiques liés aux nombreuses failles présentes dans les grandes Antilles. Ces éléments viennent s'ajouter aux contraintes liées à l'exploitation du port et notamment aux équipements en présence : des grue-portiques STS (*Ship To Shore* : navire à quai), les différents gerbeurs, chariots porte-conteneurs, chariots cavaliers et autres véhicules nécessaires aux opérations de chargement/déchargement et stockage des conteneurs venant affecter la capacité de portance du quai. Enfin, l'augmentation du gabarit des navires pris en charge entraîne également la mise en place de nouveaux équipements d'amarrage adaptés sur le quai ainsi amélioré.

LES TRAVAUX

Ces travaux ont été confiés à la joint-venture Vinci Construction Grands Projets (groupe Vinci), Emcc (depuis devenu Vinci Construction Maritime et Fluvial, groupe Vinci) et Sodraco (groupe Jan De Nul) à l'été 2016 et répartis en plusieurs phases de dragage et construction permettant la continuité d'exploitation du terminal. Les travaux de dragage se déroulent en 2 phases distinctes : une première abaissant le niveau du fond de la rade de -13,75 m à -15,85 m, et dans un second temps de -15,85 m à -17,10 m (celle-ci faisant partie d'un autre marché). Ces travaux sont réalisés par le partenaire de la JV Sodraco (figure 2). Cependant le quai actuel a été dimensionné et réalisé en fonction de la profondeur actuelle de -13,75 m. Afin de ne pas remodeler fondamentalement le quai et pour optimiser le temps nécessaire à la mise en œuvre de ces améliorations, le principe suivant a été choisi :

- La réalisation d'une marche en face du pied du rideau de quai existant permettant de conserver son utilité et ses capacités ;
- L'installation d'un système de pieux au niveau de la poutre avant ainsi que de la poutre arrière pour reprendre les charges liées aux différentes contraintes ;
- La mise en œuvre de colonnes ballastées afin de prévenir les éventuels phénomènes de liquéfaction du terrain.



3

© PHOTOTHÈQUE KCT-JV/RTA

Le phasage des travaux est globalement le suivant :

- 1- Dragage jusqu'à 15 m de distance du quai ;
- 2- Installation des colonnes ballastées ;
- 3- Installation du rideau sous-marin ;
- 4- Excavation autour de la poutre arrière ;
- 5- Battage des pieux inclinés à l'arrière puis réalisation de l'extension de la poutre arrière suivi du remblai ;
- 6- Battage des pieux de la poutre avant ;
- 7- Dragage jusqu'à -15,85 m ;
- 8- Réalisation de la dalle de connexion de la poutre avant après excavation, puis remblaiement ;
- 9- Mise en œuvre du dallage de surface de la zone ;
- 10- Installation des équipements.

LE RENFORCEMENT DU SOL

Le risque de liquéfaction induit par les différents cas de séisme est réduit par la mise en œuvre de colonnes ballastées. Celles-ci mesurent jusqu'à 15 m de profondeur pour un diamètre variant de 0,7 m à 1 m et sont réalisées à l'aide de vibro-fonceurs après un préforage de la partie supérieure (figure 3). Ces colonnes doivent s'adapter à la structure existante, notamment aux tirants d'ancrage du quai et au réseau d'évacuation des eaux pluviales. Leur disposition et leur répartition sont donc largement calculées sur ces éléments, tout en veillant à garantir une uniformité de l'ensemble. Afin de ne pas trop solliciter le rideau existant, les colonnes ne sont pas réalisées à



4

© PHOTOTHÈQUE KCT-JV/NFE

- 3- Réalisation des colonnes ballastées.
- 4- Battage de pieux onshore.

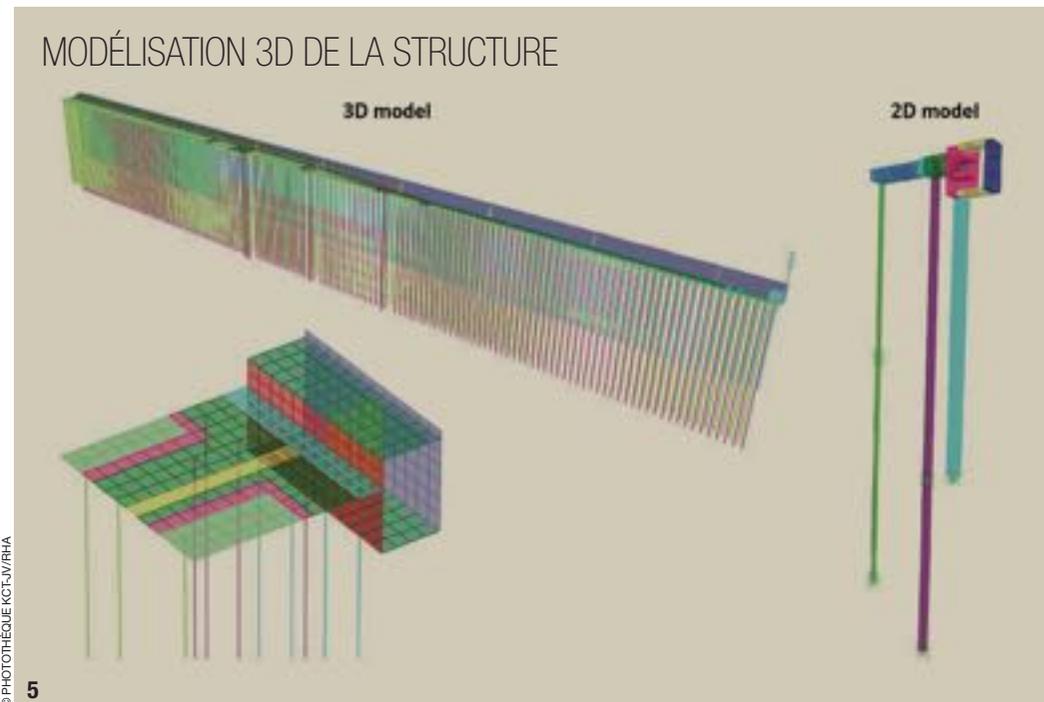
- 3- Execution of stone columns.
- 4- Onshore pile driving.

proximité immédiate de celui-ci mais s'étendent jusqu'à 10 m au-delà de la poutre arrière. Cette mesure permet de réduire le risque de liquéfaction en compactant le terrain, en améliorant les propriétés du matériau en place et en réduisant la pression active du sol sur le quai. Ceci permet en outre l'optimisation du nombre de pieux nécessaire. Le séquençage de la mise en œuvre des colonnes répond aux efforts induits par l'addition de ces matériaux dans le sol en place. Pour ce projet, afin de limiter l'impact sur le rideau de quai existant, les colonnes sont réalisées en suivant des diagonales partant de la mer vers la terre avec un angle ouvert vers l'arrière.

LES PIEUX

Les différents pieux utilisés dans l'ensemble structurel du quai et mis en œuvre principalement par les équipes répondent à différentes sollicitations. Le rideau est lui constitué de pieux de 558 mm de diamètre, 14,25 m de long

MODÉLISATION 3D DE LA STRUCTURE



© PHOTO THÉQUE KCT-JV/FRHA

5

et 12 mm d'épaisseur, fichés dans le sol à l'aide de marteaux hydrauliques IHC S70 & S90, le tout monté sur des mâts de battage adaptés. Une plateforme, spécialement adaptée à la mise en place de ces pieux depuis le bord du quai, a été réalisée. Elle permet le déplacement parallèle de l'ensemble de l'équipement le long du quai pour assurer la sécurité, la qualité ainsi que la rapidité des opérations.

Ce rideau, une fois en place, permet la réalisation du dragage dans un premier temps à -15,85 m puis à terme jusqu'à -17,10 m. Sa présence permet donc d'assurer la stabilité du quai en maintenant suffisamment de sol en place dans la zone passive.

La pérennité de cette partie de l'ouvrage face au risque de corrosion est assurée par l'installation d'anodes en alliage d'aluminium activées à l'in-

5- Modélisation 3D de la structure.

6- Poutre arrière partiellement remblayée.

7- Préparation pour la dalle de transition.

5- 3D model of the structure.

6- Rear beam partially back-filled.

7- Preparation for the transition slab.

dium. Ces éléments sont installés sur chaque pieu une fois le rideau terminé et ont une périodicité d'entretien d'une quinzaine d'années. À noter que pour certaines parties, ces anodes sont installées par groupes sur des profilés qui sont par la suite connectés aux différents pieux à protéger sur la zone en question.

Au niveau de la poutre arrière, des profilés en H de type HP12-74 de 34 m sont battus à l'aide d'un marteau Berminghammer sur un mât-guide monté sur un châssis de grue à chenille (figure 4).

Les pieux de la dalle de connexion à la poutre avant ont chacun des contraintes particulières. L'ensemble assure la reprise des efforts induits à la structure à cet endroit. Ainsi les pieux de diamètre 609 mm et de 12,7 mm d'épaisseur allant jusqu'à -34 m, tra-

vailent en compression. Tandis que les pieux de diamètre 355 mm et 12,7 mm d'épaisseur dont le niveau de la pointe atteint -28 m travaillent, eux, en tension. Cet ensemble permet d'équilibrer la répartition des efforts soumis tout en optimisant la réalisation.

Ces pieux sont battus depuis la terre à l'aide d'un marteau Berminghammer également.

L'ensemble des pieux, outre leur capacité de portance, permet d'ancrer et de stabiliser le quai face au risque de glissement du terrain. Environ 1 900 pieux sont battus à terre en plus de ceux battus en mer.

LA STRUCTURE

La nouvelle structure en béton armé vient en continuité de la structure du quai existante et assure la connexion aux nouveaux éléments en place (pieux) pour assurer la stabilité de l'ensemble aux nouvelles contraintes.

En fonction des caractéristiques du terrain et des contraintes propres liées aux éléments connectés, chaque nouvelle structure est adaptée. Ainsi, sur les 1 218 m de quai, on dénombre pas moins de 40 types différents de structure pour la poutre avant et 23 pour la poutre arrière sur un total de 48 cellules (figure 5).

Les poutres avant et arrière intègrent chacune les platines de fixation des rails pour les grues STS. Le réglage de ces éléments suit les contraintes liées aux grues mais aussi au quai existant et aux nouvelles structures. Les nouveaux rails sont installés une fois l'ensemble des travaux réalisés, et permettent les tests structurels (tests de chargement des grues) et le monitoring correspondant pour valider les travaux.

LA POUTRE ARRIÈRE

Sur la poutre arrière, située à une trentaine de mètres de la face du quai, ▷



6

© PHOTO THÉQUE KCT-JV/NFE



7

© PHOTO THÉQUE KCT-JV/NFE

qui sert de point d'ancrage aux tirants maintenant le rideau de palplanches du quai, on vient réaliser une reprise et une extension de part et d'autre de la poutre existante. Cet ensemble vient coiffer les nouveaux pieux et assure la connexion à l'ouvrage tout en assurant sa stabilité vis-à-vis du terrain.

Après un décapage haute pression pour dégager une surface d'accroche satisfaisant aux besoins d'adhérence, et la réalisation des carottages pour les scellements des armatures, les poutres sont coffrées à l'aide de panneaux manu-portables avant le coulage du béton (figure 6).

De plus à chaque point identifié pour la mise en sécurité des grues STS durant les ouragans, les points de fixation sont déconstruits et réadaptés aux grues correspondantes. Cette phase requiert une démolition du massif de fixation avant de réaliser les découpes et renforts nécessaires au réglage et au scellement des nouvelles plaques d'ancrage.

LA POUTRE AVANT

Sur la poutre avant (poutre de couronnement), les travaux comportent plusieurs étapes entre la fin du battage des pieux et la réalisation du dallage définitif.

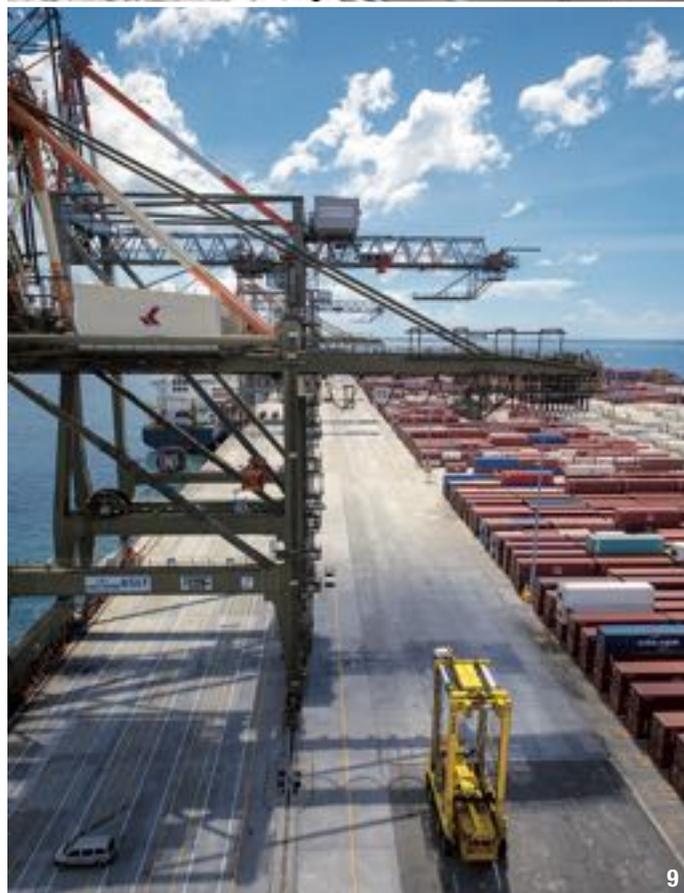
Tout comme la poutre arrière, la structure entre les massifs correspondant aux bollards est démolie en surface pour l'adhérence de la nouvelle structure, puis on vient y réaliser les carottages nécessaires au scellement de cette nouvelle dalle de 750 à 1 100 mm d'épaisseur (figure 7).

Les bollards existants sont démontés et la structure démolie pour mettre en place les aciers nécessaires à la reprise des charges des nouveaux bollards (voir section VIII relative aux équipements). Il en est de même au niveau des fixation des grues STS en cas d'ouragan. L'ensemble de chaque zone est ensuite armé puis coffré avant le coulage du béton qui vient ainsi assurer la liaison des pieux avant à la structure.

Tout comme pour la poutre arrière, certaines zones identifiées lors des analyses structurelles nécessitent l'installation de barres post-contrainte. Elles permettent la reprise des efforts qu'une structure classique ne serait pas en mesure de supporter (figure 8).

LES RÉSEAUX

Une partie des travaux de ce projet est liée aux différents réseaux liés à l'exploitation du quai. Outre la réfection des réseaux d'évacuation des eaux pluviales sur l'ensemble des quais remis aux



normes, le réseau d'alimentation des grues STS est lui aussi réadapté. Cela comprend notamment la réfection des chambres de connexion d'alimentation des grues, y compris la mise en place de l'équipement correspondant. Il y a aussi la mise en place des chambres de tirage et le tirage des nouveaux câbles de 13,8 kV, 415 V et de la fibre optique. Les goulottes de câbles (*cable trenches*) sont elles aussi refaites en même temps que les structures liées à la poutre

8- Dalle de transition ferrillée.
9- Dallage terminé et en service.

8- Reinforced transition slab.
9- Slabbing completed and in service.

avant. Leur réglage est effectué en fonction de l'alignement et du nivellement des rails des grues.

LE DALLAGE ET LES ÉQUIPEMENTS DE QUAI

Une fois les travaux de structure et réseaux finalisés sur les zones identifiées, les travaux de remblaiement et de préparation de la mise en œuvre du dallage sont démarrés afin d'optimiser la libération des emprises.

Le dallage est réalisé à l'aide de béton fibré armé en périphérie pour les connexions aux structures adjacentes par goujons. Sa mise en œuvre correspond aux critères de réglage des rails pour les grues STS et de la segmentation du réseau d'évacuation des eaux pluviales. Les éléments tels que les grilles d'avaloir et les trappes d'accès répondent à la classification F900 afin d'assurer la pérennité de ces éléments au trafic lourd et intense du quai (figure 9).

Sur la poutre avant, de nouveaux bollards de 125 t remplacent les bollards de 100 t existants, et ce afin de correspondre aux besoins des nouveaux navires accueillis sur ce terminal.

Les défenses d'amarrage sont elles aussi remplacées par des modèles plus adaptés au nouveau gabarit des bâtiments à amarrer. Ceux-ci sont installés depuis le quai et nécessitent un certain nombre de carottages pour venir sceller le cône principal et les différentes chaînes.

LES DÉFIS LE CONTRÔLE DE MOUVEMENT DE QUAI

Durant la période des travaux, afin de contrôler le comportement du quai existant vis-à-vis des travaux réalisés, des mesures sont effectuées sur des inclinomètres et des cibles topographiques. Les données ainsi récoltées sont analysées pendant la phase de production afin de valider ou non la poursuite des travaux.

L'EXISTANT

Comme tout projet sur l'existant, le projet de KCT ne déroge pas à la règle de modification des plans liées aux ouvrages en place. Ces impondérables ne peuvent être traités et pris en compte dans le design qu'au moment des premiers relevés réalisés in situ. Pour ce faire, des campagnes de sondages et de mesures ont été réalisées par anticipation en fonction des créneaux alloués durant les phases d'opération des sections suivantes.



10

© ALEXIS TOUREAU, OCTOBRE 2018

Le design définitif n'est confirmé qu'une fois l'ensemble des ouvrages mis au jour. On peut noter notamment des modifications liées à la position des drains en interférence avec les structures à réaliser ou encore les positions et dimensions des massifs d'ancrage des grue-portiques.

LA ZONE DE TRANSITION

Du fait de la réalisation initiale de la totalité du quai en plusieurs étapes, il se trouve que la jonction entre la section 1 et 2 - correspondant à la limite entre les projets KCT2 et KCT3 - présente un certain nombre de points singuliers. Tout d'abord la géologie du sol entre ces 2 zones constitue en soi une zone particulière où l'on rencontre des couches de matériaux de natures

différentes et en épaisseurs variables. Ensuite les structures réalisées sont différentes et nécessitent donc une adaptation spécifique. Enfin, la discontinuité des points d'ancrage du rideau du quai (*deadman anchors*/ blocs d'ancrage) nécessite l'installation de tirants intermédiaires de reprise et de transmission des efforts des tirants existant vers la nouvelle structure, chacun étant à son propre niveau. □

10- Vue du Terminal réhabilité en service.

10- View of the renovated terminal in service.

PRINCIPALES QUANTITÉS

DRAGAGE MARITIME : 6,9 millions de m³
DALLAGE : 48 000 m² (≈ 18 000 m³ de béton)
COLONNES BALLASTÉES : 82 000 m
PIEUX BATTUS : 1 900 (≈ 15 000 t)
BÉTON STRUCTUREL : 7 000 m³

PRINCIPAUX INTERVENANTS

EMPLOYER : Kingston Freeport Terminal Ltd
EMPLOYER REPRESENTATIVE : Egis Port
EPC CONTRACTOR : Vinci Construction Grands Projets / Emcc JV (Vinci Group)
DREDGING : Sodraco (Jan De Nul Group)
DESIGNER : Royal Haskoning Dhv
SUBCONTRACTOR STONE COLUMNS : Keller Cimentaciones Slu

ABSTRACT

RENOVATION AND IMPROVEMENT OF THE KINGSTON CONTAINER TERMINAL IN JAMAICA

NICOLAS FERARD, VINCI - THIBAUT MERCIER, VINCI - AURÉLIEN DELEVOYE, VINCI

Work performance for phase 1 of the KCT project breaks down into several stages comprising dredging of the roadstead, execution of ballasted columns, and placing of metallic piles onshore and offshore. A reinforced concrete structure connects these new components before slabbing works complete the renovation of the docks. These works are designed to upgrade the installations of the South Terminal of Port Kingston in Jamaica to receive ships of the New Panamax class. In addition to these new logistic constraints, there are also natural constraints due to potential earthquakes and hurricanes specific to this region of the globe. □

RENOVACIÓN Y MEJORA DE LA TERMINAL PORTACONTENEDORES DE KINGSTON, EN JAMAICA

NICOLAS FERARD, VINCI - THIBAUT MERCIER, VINCI - AURÉLIEN DELEVOYE, VINCI

La realización de las obras de la fase 1 del proyecto KCT se divide en varias etapas, que incluyen el dragado de la ensenada, la realización de columnas granuladas y la instalación de pilotes metálicos en tierra y en el mar. Una estructura de hormigón armado conectará estos nuevos elementos antes de que las obras de pavimentación culminen la rehabilitación de los muelles. Estas obras corresponden a la recalificación de las instalaciones de la terminal Sur del puerto de Kingston, en Jamaica, para que puedan acoger buques de clase New Panamax. A las nuevas condiciones logísticas se suman restricciones naturales relacionadas con los sismos y huracanes, habituales en esta zona del globo. □



BTP BANQUE

GRUPE CREDIT COOPERATIF

C'est le métier qui parle

LA BANQUE PROFESSIONNELLE DU BTP

www.btp-banque.fr

Banque du Bâtiment et des Travaux Publics - Société anonyme à responsabilité limitée de capital de 10 000 000 € - 44 rue La Fayette - 92000 Nanterre (France) - RCS Nanterre 338 338 338 - N° SIRET 338 338 338 0001 - N° SIREN 338 338 338



1
© AUTEURS DE VUES

RÉAMÉNAGEMENT DES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES DE PORT HALIGUEN EN QUIBERON

AUTEURS : ANNE HONNEUR, CHEF DE SERVICE MARITIME ET PORTUAIRE AGENCE DE RENNES, INGEROP CONSEIL ET INGÉNIERIE - THIBAUT MARTIN, INGÉNIEUR TRAVAUX, ETMF - DOMINIQUE HERISSET, DIRECTEUR DE PORT, CPM - HENRI ANGIER DE LOHEAC, INGÉNIEUR MAÎTRISE D'OUVRAGE, CPM

LES TRAVAUX DE RÉAMÉNAGEMENT DE PORT HALIGUEN ONT PERMIS DE RÉALISER LES DRAGAGES NÉCESSAIRES À L'EXPLOITATION DU PORT DANS DES CONDITIONS D'EXPLOITATION ADAPTÉES AUX BATEAUX ACCUEILLIS. LES TRAVAUX ASSOCIÉS DE RÉUTILISATION DE CES MATÉRIAUX DE DRAGAGE POUR LA CONSTITUTION DE NOUVEAUX TERRE-PLEINS, AINSI QUE LA RÉORGANISATION DES PONTONS PERMETTENT D'AUGMENTER LA CAPACITÉ D'ACCUEIL DU PORT ET DE CRÉER DE NOUVEAUX ESPACES À TERRE PLUS ATTRACTIFS.

LE CONTEXTE DU PROJET

Port Haliguen en Quiberon est un des ports de plaisance majeurs de Bretagne et du littoral Atlantique. Créé en 1968, puis agrandi en 1972, ce port a été bâti sur la baie de Quiberon par la mise en place d'enrochements afin

1- Vue du port
Haliguen.

1- View of Port
Haliguen.

de créer les ouvrages de protection. Sa capacité est progressivement montée à 1 150 places au début des années 2000. L'occupation totale du plan d'eau et l'évolution des tirants d'eau des bateaux ont mis en évidence le besoin de rétablir et d'augmenter les profon-

deurs dans certaines parties du port. Port Haliguen en Quiberon n'avait fait l'objet d'aucun dragage depuis sa création et la sédimentation accumulée depuis 50 ans contraignait les usages à basse mer lors des forts coefficients de marée. ▷



© URBICUS/NGEROP 2

L'arrêt des clapages en mer en 2009 a contraint la Compagnie des Ports du Morbihan à engager une réflexion sur le stockage à terre des produits de dragage.

Le projet (figure 1) a fait l'objet d'une préparation minutieuse durant 5 ans, pendant lesquels se sont succédé études et périodes de concertation qui ont abouti sur une enquête publique.

DESCRIPTIF DU PROJET

Devant l'impossibilité de trouver un site capable d'accueillir les sédiments

à proximité de Quiberon, la solution du stockage au sein de la concession portuaire a été retenue.

Des quais verticaux ont été construits permettant la création de casiers sur des espaces peu valorisables en termes d'amarrage de bateaux. Ce choix technique a permis d'augmenter les surfaces de terre-pleins qui faisaient défaut à Port Haliguen, autorisant ainsi la création de parkings et d'aménagements à terre. Cette perte de plan d'eau a été compensée par l'optimisation de l'organisation des pontons

2- Perspective d'aménagement futur.

3- Schéma de principe de drainage.

2- Perspective view of the future project.

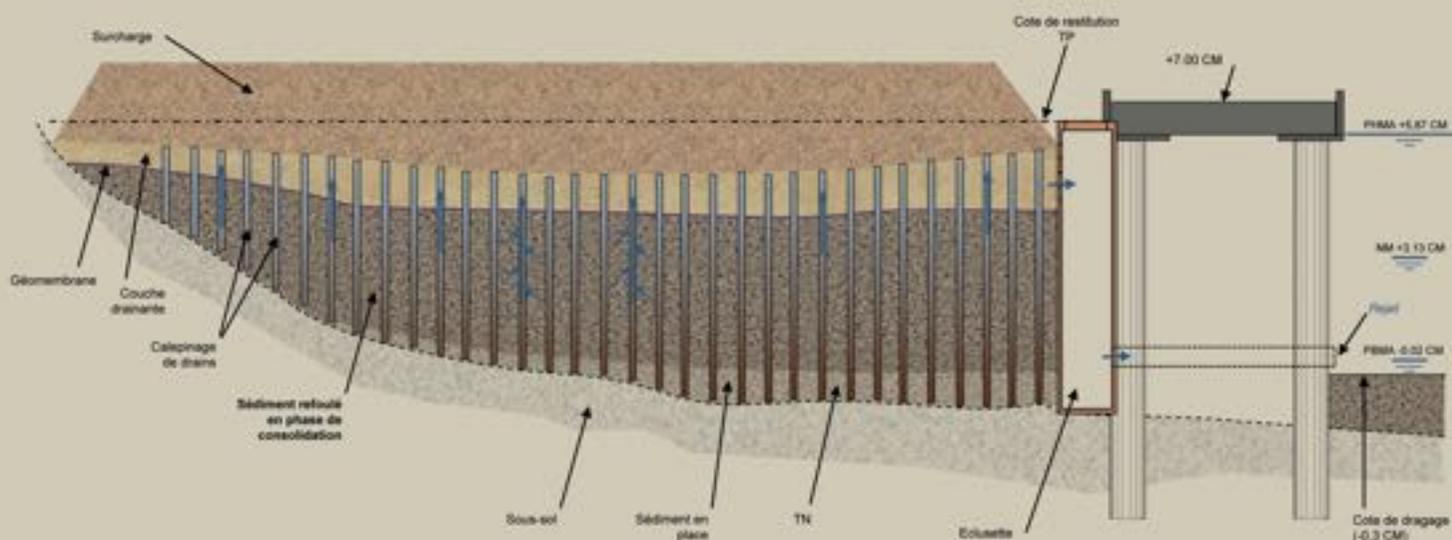
3- Schematic diagram of drainage.

et la création d'un seuil à proximité du vieux port permettant sa mise en eau permanente et la création d'un bassin à flot. L'ensemble de ces travaux a permis la création de 120 nouvelles places et de créer une nouvelle offre pour les grandes unités. La mise en place d'épis à l'entrée du port a réduit considérablement l'agitation du plan d'eau par vents de secteur nord (figure 1).

La suite du projet verra la réhabilitation complète des constructions et des aménagements à terre en 2020-2021 (figure 2).

SCHÉMA DE PRINCIPE DE DRAINAGE

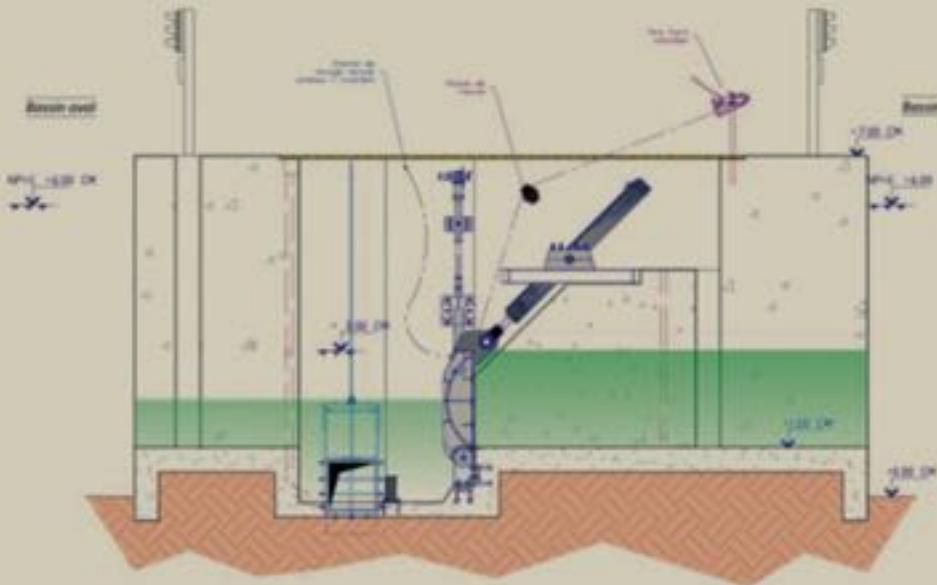
dans les casiers sous pré-chargement





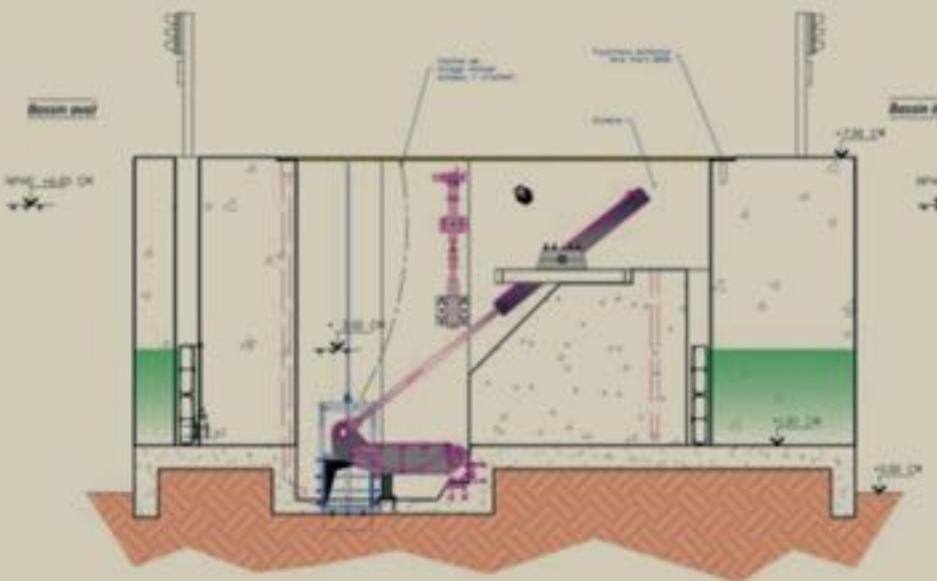
© CFM
4a

CLAPET FERMÉ



© CETIA
4b

CLAPET OUVERT



© CETIA
4c

4a- Perspective sur le bassin à flot.
4b- Clapet fermé.
4c- Clapet ouvert.

4a- Perspective view over the wet dock.
4b- Gate closed.
4c- Gate open.

LES CONTRAINTES TECHNIQUES

RÉUTILISATION DES MATÉRIAUX DE DRAGAGE

La réutilisation des matériaux de dragage et leur traitement a été l'une des plus importantes contraintes techniques du projet. Ce sujet a nécessité de développer plusieurs solutions au cours du projet. Il s'agissait tout d'abord de concevoir des ouvrages en mesure de reprendre les efforts apportés par le refoulement des matériaux dragués à l'intérieur des casiers à constituer. La hauteur de soutènement à reprendre est de 7,00 m pour un site présentant un marnage de 6 m.

Plusieurs solutions ont pu être analysées, que ce soient des ouvrages poids, des géocontainers ou des ouvrages portuaires plus conséquents de type quai sur pieu sur l'ensemble des nouveaux terre-pleins intégrant un soutènement au niveau du bassin.

C'est finalement la variante proposée au moment de l'appel d'offre par le groupement d'entreprises qui a été retenue. Ce dernier a proposé la création d'un ouvrage constitué par deux rideaux mixtes et raidis en tête par une dalle en béton armé. Ce fonctionnement en portique permettait, d'une part, de reprendre les poussées induites par les matériaux refoulés avant consolidation et, d'autre part, d'offrir un espace de stockage complémentaire pour les dragages à réaliser.

La consolidation, quant à elle, a été proposée sous forme d'un drainage et d'une phase de préchargement (figure 3). Le délai lié à la consolidation des terrains est de l'ordre de 6 mois, permettant d'assurer aux terrains une portance suffisante.

Les aménagements terrestres futurs prévoient l'implantation de nouveaux bâtiments, ainsi que des zones de stationnement. Des contraintes de portance différentes sont retenues suivant la fonctionnalité attendue. Les futurs bâtiments sont fondés sur pieux.

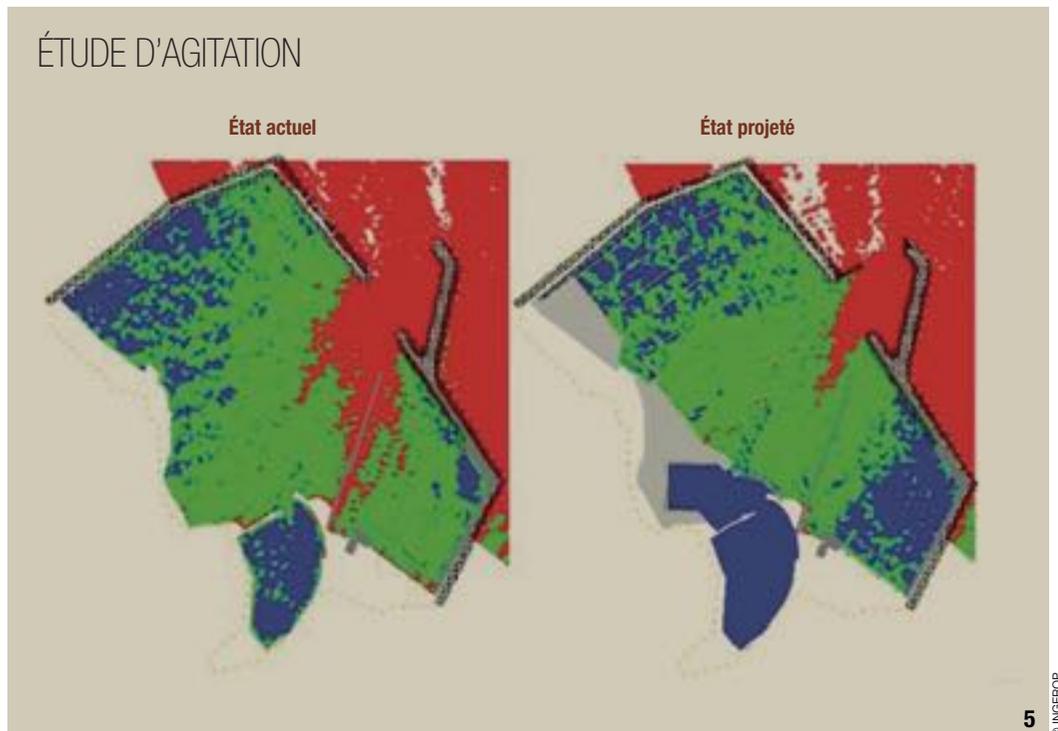
BASSIN À FLOT

Le bassin à flot doit permettre de conserver un niveau d'eau constant à +3,00 m CM. Un clapet a été conçu pour permettre d'assurer ce niveau permanent tout en gérant les entrées et sorties en fonction des niveaux d'eau (figures 4a, 4b et 4c).

EPIS DÉFLECTEURS

Le réaménagement du port a nécessité la création d'épis déflecteurs en entrée de port. En effet, la constitution de nouveaux terre-pleins venait créer une zone réfléchissante à l'emplacement d'une plage amortissante, et la réorganisation des pontons les écartait au droit de la passe d'entrée.

Des études d'agitation (figure 5) ont été réalisées lors des phases de conception pour définir leur positionnement, longueur et caractère atténuateur.



5

© INGEROP

Ces ouvrages devaient également être compatibles avec les contraintes d'accès dans le chenal pour différentes configurations d'exploitation.

Il a été retenu de créer des ouvrages pleins à l'entrée du port, enracinés sur les digues de la passe d'entrée.

Les feux bâbord et tribord ont été déplacés en extrémité de ces nouveaux ouvrages.

5- Étude d'agitation.
6- Coupe sur portique.

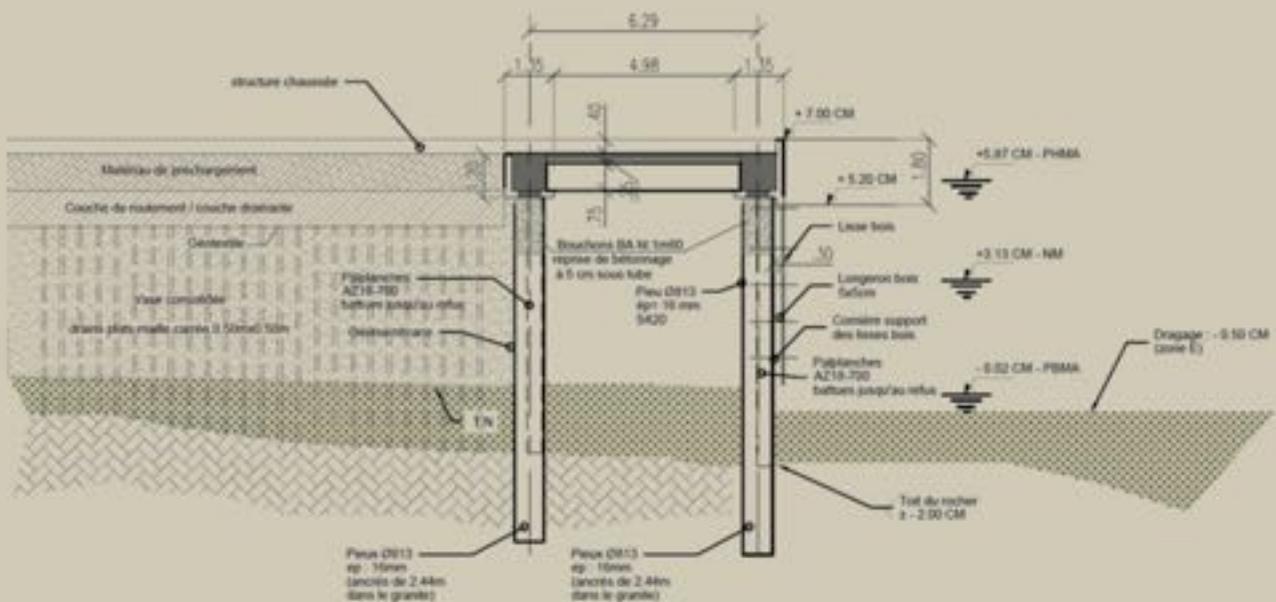
5- Turbulence study.
6- Cross section on gantry crane.

LES CONTRAINTES DE RÉALISATION

Le principal défi pour l'exploitant, la Compagnie des Ports du Morbihan, durant ces 2 années de travaux sur un site en exploitation a été de maintenir un niveau de service maximal pour ses clients.

Les contraintes se situaient simultanément à terre et à flot. Contrainte de

COUPE SUR PORTIQUE



6

© GROUPEMENT



7a

© GROUPEMENT

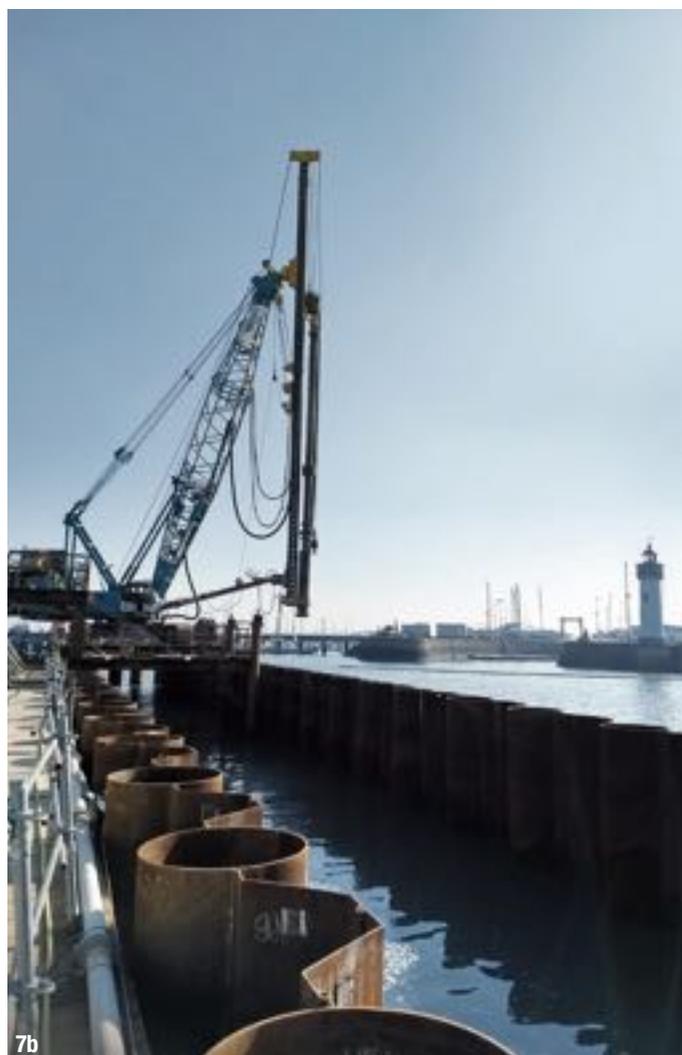
7a- Battage des pieux et avancement.

7b- Symmetrix.

7a- Pile driving and forward movement.

7b- Symmetrix.

stationnement pour les véhicules des clients sur des parkings réduits par les installations de chantier, plan d'eau en permanente évolution et déplacements réguliers des bateaux afin de libérer des espaces de travaux pour les entreprises. Les nuisances sonores ont été les plus mal vécues par les usagers du port en particulier dans les phases de battages de pieux et de palplanches. Dès le départ, des outils de communication performants ont été mis en place et il a fallu faire preuve de pédagogie : film présentant le projet (20 000 vues sur YouTube), site internet dédié, affichage et panneaux explicatifs sur le déroulement des travaux, réunions publiques mensuelles, *newsletter* imprimée et dématérialisée, mise à jour permanente du site Internet par un suivi photographique du chantier et prises de vues par drone, point presse quasi mensuel avec les quotidiens régionaux, information régulière aux clients par mail jets et messages...



7b

© INGEROP

Ce sujet communication et anticipation a été particulièrement apprécié par les clients du port.

De nombreuses contraintes ont été atténuées par la qualité des relations entre les acteurs de l'opération, maître d'ouvrage, maîtrise d'œuvre et entreprises, même s'il fallait fréquemment s'adapter aux évolutions stratégiques et techniques inhérentes à un chantier de cette envergure.

MÉTHODE DE RÉALISATION ET PHASAGE

NOUVEAUX TERRE-PLEINS

La structure des quais est un portique constitué de deux files de combi-wall espacés de 6,30 m : pieux de diamètre 863 mm et d'épaisseur 15 mm - palplanches AZ18-700 couronnées d'une dalle béton de 50 cm (figure 6).

Les pieux sont forés de 2,80 m dans un granite sain particulièrement raide ($E_m > 300$ Mpa). Aussi, leur mise en œuvre est effectuée par forage au Symmetrix (figures 7a et 7b). Cette technologie combine la percussion d'un marteau fond de trou et d'un taillant équipé de boutons pour concentrer les contraintes sur le rocher.

L'outil de forage est guidé par un mât de forage de 24 m qui a été monté sur une grue à chenilles, équipée de son alimentation hydraulique en autonomie sur une console installée sur le corps de grue.



8

© IDRA

8- Drague en poste.
9- Pose des drains.
10- Batardeau clapet.

8- Dredger at berth.
9- Drain laying.
10- Lock gate.

L'atelier progresse sur une estacade déplacée à l'avancement à l'aide d'un ponton-grue d'assistance, ce ponton procède également à la mise en fiche et au battage des palplanches. Le couronnement est, quant à lui, réalisé à l'avancement. La progression de l'atelier de génie civil s'effectue à chaque cycle hebdomadaire sur le plot précédent. La mise en place de coques préfabriquées en U sur chaque file fournit les poutres d'appui pour la pose de prédalles faisant office de coffrage participant.

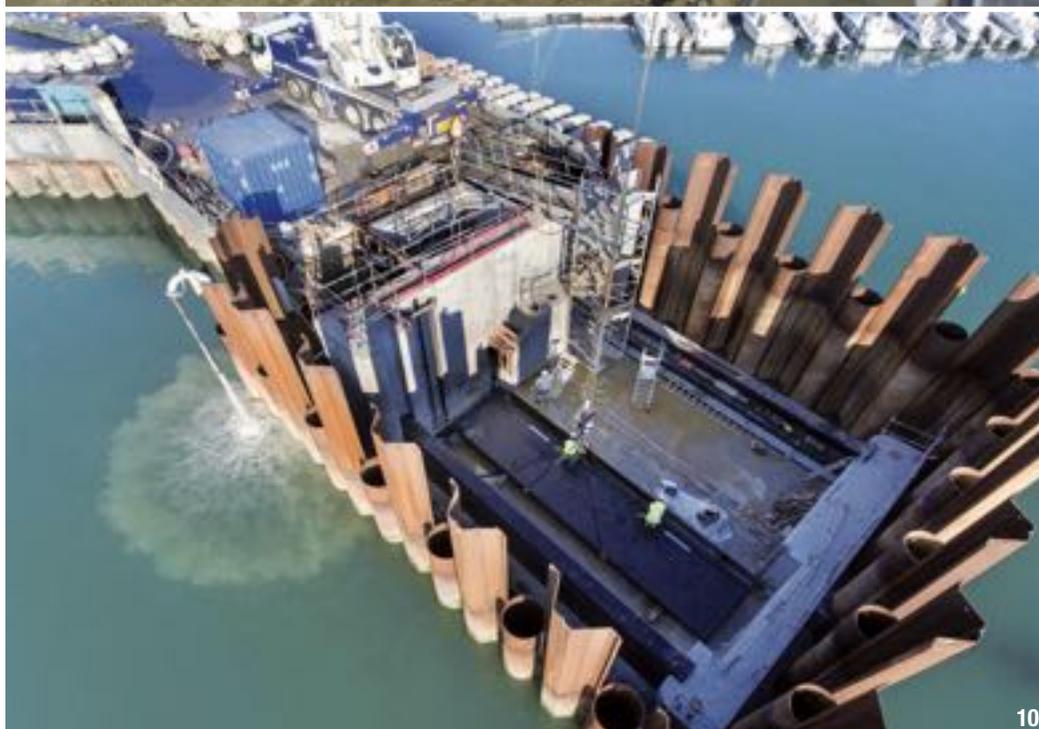
Pour la réorganisation du plan d'eau, le groupement procède au dragage entre les pannes existantes, au retrait des pieux anciens et au battage des nouveaux, selon un phasage rigoureux pour limiter les déplacements des bateaux et ne pas restreindre l'activité du port en particulier à l'approche de la saison estivale. Les matériaux meubles du fond de port sont extraits par voie hydraulique à l'aide d'une drague aspiratrice stationnaire (figure 8). Ils sont alors rejetés dans les casiers après injection de polymères de floculation pour permettre une décantation immédiate des particules et ne rejeter ainsi vers le port que les eaux claires de surface.

Après une première phase de décantation sous leur propre poids, les terrepleins sont préchargés.



9

© AUTEURS DE VUES



10

© AUTEURS DE VUES



© CPM
11

PRINCIPALES DIMENSIONS ET QUANTITÉS

TERRE-PLEINS :

- Soutènement en portique dalle béton supporté par deux files de combi-wall
- 403 pieux diam 863 mm forés
- 490 t de palplanches
- 2600 m³ de dalle béton
- 8000 m² de terre-pleins drainés par 32000 drains textiles
- 24000 m³ de matériaux de préchargement

PLAN D'EAU :

- 60000 m³ de sédiments dragués
- 76 pieux (diam 508 & 762 mm) battus et trépanés

DIGUE SUBMERSIBLE ET ÉPIS :

- 43 pieux forés
- 200 m³ de béton

11- Nouvelle perspective de la passe d'entrée.

11- New perspective view of the entry channel.

Préalablement à cette phase de préchargement, des drains sont positionnés dans les terre-pleins (figure 9).

BASSIN À FLOT

La réalisation du bassin à flot a nécessité la construction d'un batardeau provisoire. Celui-ci a été intégré lors de la construction des portiques du terre-plein n°2. Ce batardeau a permis la construction du local technique et l'installation du clapet.

La fermeture du bassin à flot est constituée, d'une part, d'une digue existante qui a fait l'objet d'une étanchéification par l'injection de coulis et, d'autre part, par la réalisation d'un rideau de palplanches venant se raccorder sur la digue (figure 10).

ÉPIS DÉFLECTEURS

Les épis déflecteurs sont construits en rideau mixte pieu-palplanche depuis une barge positionnée dans la passe d'entrée.

La poutre de couronnement en tête a été réalisée à partir d'éléments préfabriqués en U, remplis de béton coulé en place. Les nouveaux feux sont constitués d'un tube principal, également mis en œuvre depuis la barge et ancré dans l'épi. Des enrochements permettant de limiter la réflexion à l'entrée du port ont pu être mis en place depuis la digue existante (figure 11). □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRISE D'OUVRAGE : Compagnie des Ports du Morbihan

MAÎTRE D'ŒUVRE : Ingerop Conseil et Ingénierie - Idra Environnement - Cetia Ingénierie

GROUPEMENT DE RÉALISATION :

- Lot 1 (Dragage et Génie Civil portuaire) : Etmf/Vcmf/Marc SA
 - Lot 2 (Pontons) : Atlantic Marine
 - Lot 3 (VRD) : Bouygues Énergies et Services/Colas Centre Ouest
- MISSION G4 :** Ginger Cebtp

ABSTRACT

RENOVATION OF THE PORT INFRASTRUCTURE FOR PORT HALIGUEN IN QUIBERON

ANNE HONNEUR, INGEROP - THIBAUT MARTIN, ETMF - DOMINIQUE HERISSET, CPM - HENRI ANGIER DE LOHEAC, CPM

The renovation project for Port Haliguen in Quiberon recycled materials from the dredging of yachting basins to form new esplanades which will be used to receive the port's commercial and tourist activities. The works had to adapt to the constraints of the site's operation during the summer season. The structures employed were adapted to the geotechnical and operating constraints of the site. □

REHABILITACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS PORTUARIAS DE PORT HALIGUEN, EN QUIBERON

ANNE HONNEUR, INGEROP - THIBAUT MARTIN, ETMF - DOMINIQUE HERISSET, CPM - HENRI ANGIER DE LOHEAC, CPM

El proyecto de rehabilitación de Port Haliguen en Quiberon (Francia) ha permitido reutilizar los materiales procedentes del dragado de cuencas destinadas a la navegación de recreo para crear nuevas terrazas que se dedicarán a los servicios comerciales y turísticos del puerto. Las obras han tenido que adaptarse a las restricciones geotécnicas y de explotación del lugar, coincidiendo con el período estival. □



© PHOTOTHÈQUE DEMATHIEU BARD

AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ DU BARRAGE DE MERVENT

AUTEURS : GRÉGOIRE BOUGIE, DIRECTEUR DE TRAVAUX, DEMATHIEU BARD CONSTRUCTION - MARC-HENRY CARTRON, CONDUCTEUR DE TRAVAUX, DEMATHIEU BARD CONSTRUCTION - MAXIME VILLANI, RESPONSABLE STRUCTURES, DEMATHIEU BARD CONSTRUCTION - BENJAMIN FALALA, INGÉNIEUR MÉTHODES, DEMATHIEU BARD CONSTRUCTION

LA CAPACITÉ D'ÉVACUATION DES CRUES TROIS FOIS EN-DESSOUS DE LA VALEUR RÉGLEMENTAIRE, LA NÉCESSITÉ DE TRAITEMENT DU ROCHER SOUS LES FONDATIONS AINSI QUE LA MODERNISATION DES OUTILS DE PRODUCTION ÉLECTRIQUE ET D'AUSCULTATION, ONT CONDUIT À LA REVUE COMPLÈTE DE LA CONCEPTION DU BARRAGE EXISTANT DE MERVENT (VENDÉE).

PRÉSENTATION ET ENJEUX

Construit en 1956, le barrage de Mervent est un ouvrage essentiel. Il permet la production d'eau potable, l'écrêtement des crues des rivières Vendée et Mère, la production d'énergie, ainsi que l'irrigation d'une partie du Marais Poitevin. Il est également un atout touristique régional en accueillant chaque année des centaines de visiteurs (figures 2 et 3).

Le barrage est de type voûte mince en béton armé. La crête a une longueur

d'environ 150 m, un rayon d'environ 65 m et une hauteur maximale de 30 m. Enfin, sur le couronnement, une route forestière franchit le barrage. Une analyse des crues et des extrapolations par la méthode du Gradex, réalisées par la Siaep de la forêt de Mervent ont conduit à une estimation du débit de pointe de la crue décennale de 750 m³/s pour la Vendée au droit du barrage.

La méthode du Gradex, développée par EDF pour la sécurité des grands

barrages, est utilisée couramment en France pour l'estimation des débits de fréquence rare et exceptionnelle.

La méthode utilise l'information pluviométrique pour extrapoler la distribution de fréquence des débits.

La méthode part du principe que lorsque le débit dépasse une certaine valeur, le sol est saturé.

Cette valeur peut varier du débit décennal au débit cinquantennal, selon les sols et les caractéristiques du bassin versant. Initialement les 2 blocs siphons per-

**1 - Chantier
du barrage
de Mervent.**

**1 - Mervent
Dam worksite.**

mettaient d'évacuer 250 m³/s et la vanne de vidange de fond de 50 m³/s (figure 4).

Le but des travaux a donc été d'aménager la crête de la voûte avec 5 passes de type seuil libre et une passe vannée par clapet hydraulique pour réguler le débit. Cela porte la capacité d'évacuation des crues de 300 m³/s à 750 m³/s. Les travaux confiés à Demathieu Bard Construction ont donc consisté à :

→ Démolir l'ancienne usine de traitement des eaux puis reconstruire un bâtiment qui accueille la nouvelle

2- Schéma du barrage avant travaux.

3- Schéma du barrage après travaux.

2- Diagram of the dam before works.

3- Diagram of the dam after works.

centrale hydroélectrique ainsi que les bureaux d'exploitation du barrage.

→ Réaliser des coursiers à marches déversantes afin d'accompagner les écoulements tout en dissipant partiellement une partie de leur énergie ;

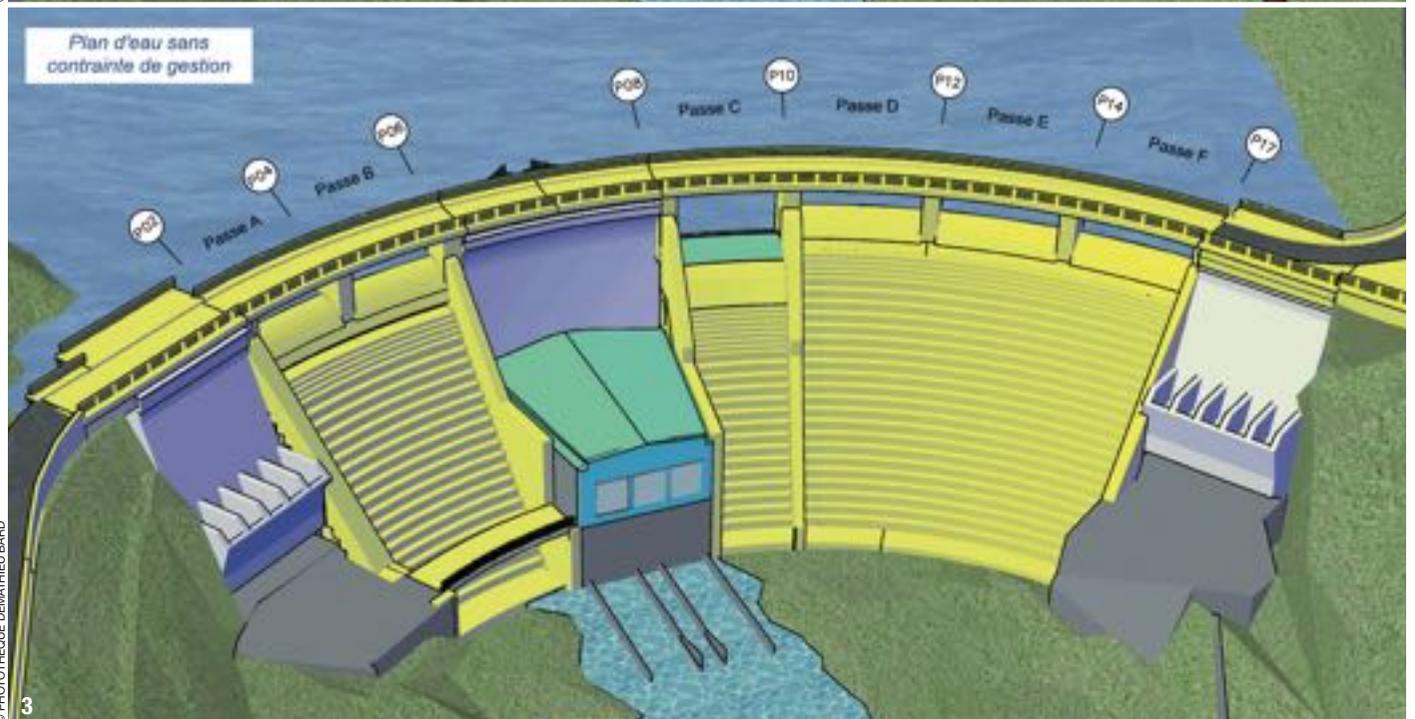
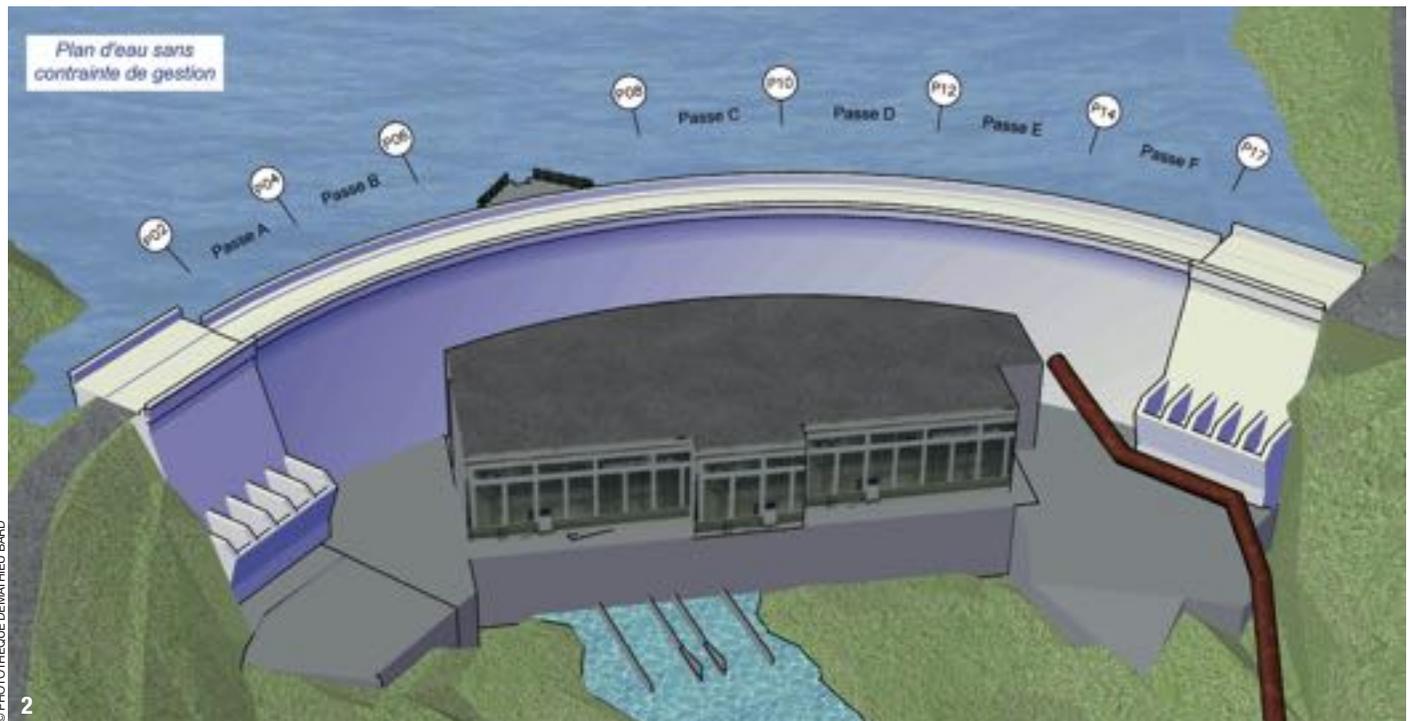
→ Échancrer la voûte sur une longueur de 70 m et sur une hauteur variable de 4 à 6 m ;

→ Construire un pont sur la crête du barrage pour le franchissement de la route forestière ;

L'ensemble des travaux a été réalisé sous 4 contraintes caractéristiques :

1- Le chantier comportait de nombreuses interfaces avec un ouvrage existant construit il y a plus de 60 ans, avec des méthodes et des normes différentes.

2- La retenue était en eau tout au long du chantier avec le passage potentiel de crues. Les équipes travaux ont défini des niveaux de vigilance selon les débits prévisibles de la rivière donnés par la Saur et la hauteur d'eau de la retenue en amont du barrage. ▷





© OUEST FRANCE



© PHOTOTHÈQUE DEMATHIEU BARD

Chaque niveau correspondait à une procédure particulière de travail. En cas de débit supérieur à 50 m³/s, le chantier était évacué.

Le niveau de la retenue a été uniquement abaissé lors des opérations de démolition de la voûte supérieure.

3- La retenue était utilisée pour la production d'eau potable, ce qui a nécessité la prise de précautions particulières pour éviter toute pollution par la poussière ou par les eaux de ruissellement.

4- Le chantier se situait dans un environnement exceptionnel à préserver, notamment avec des chauves-souris à protéger. De plus, des procédures spécifiques ont également été mises en place pour garantir la migration des anguilles présentes dans la Vendée.

Les coursiers sont en forme d'amphithéâtre et permettent d'accompagner l'eau en sortie des seuils déversants vers le pied du barrage. Ils sont composés de 24 marches de 90 cm de haut avec une courbure qui varie à chaque niveau (figure 7).

Pour éviter un étaieage lourd ou un outil spécifique encombrant, chaque marche est composée d'une poutre en "L" préfabriquée d'une longueur maximum de 12 m autoporteuse et d'une recharge en béton qui permet de donner la forme courbe à la marche. Au total, 150 poutres préfabriquées et deux outils de coffrage courbes spécifiques ont permis de réaliser les 1400 m de marches constituant les coursiers.

4- Bloc siphon en action.

5- Murs guideaux - coursier - seuil - pile.

6- Murs guideaux en cours de réalisation.

4- Siphon module in action.

5- Side walls - spillway chute - crest - pier.

6- Side walls under construction.

Chaque poutre repose sur un contrefort d'une largeur de 1 m. Au total, ce sont 9 contreforts dont 1 double qui ont été érigés pour assurer la bonne dilatation de l'ouvrage.

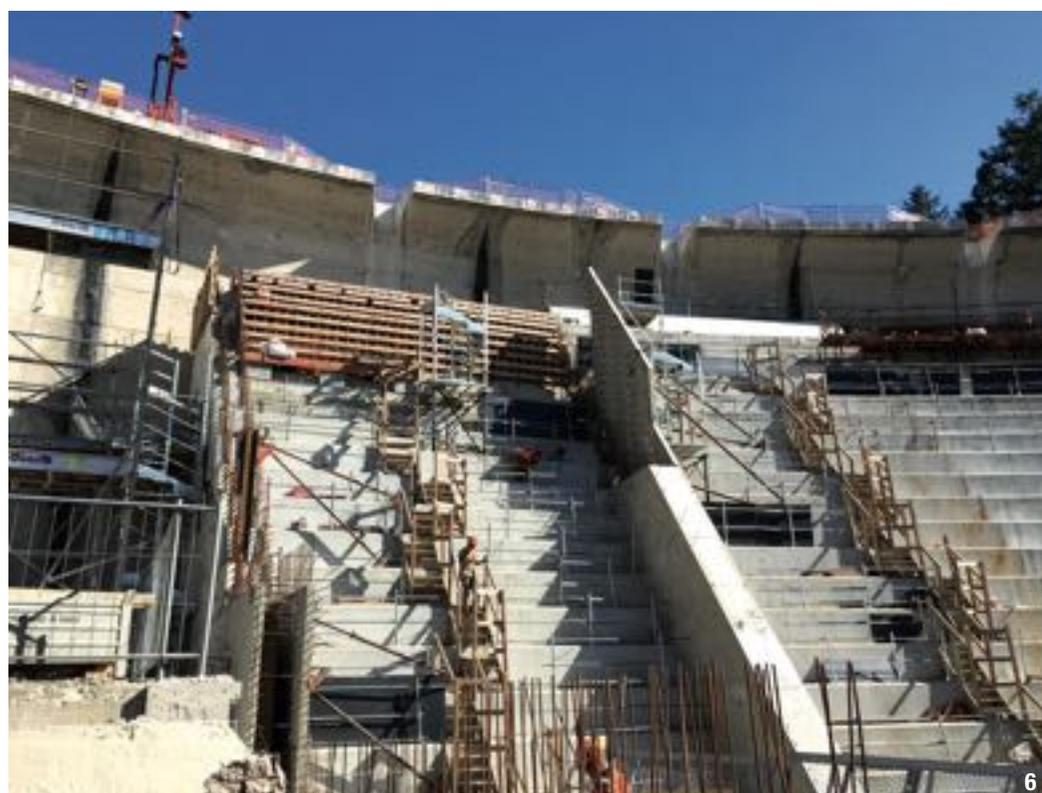
Ils sont complètement indépendants de la voûte existante et ont une hauteur maxi de 21 m. Leurs abouts sont crénelés pour faciliter la pose des poutres préfabriquées du coursier. Les coursiers et les contreforts sont encastrés entre eux, permettant de reconstituer un ensemble monolithique.

Des coffrages type "crémaillère" en bois ont été spécialement conçus pour donner la forme des créneaux du contrefort, pour faire passer les aciers en attente de chaque marche et pour

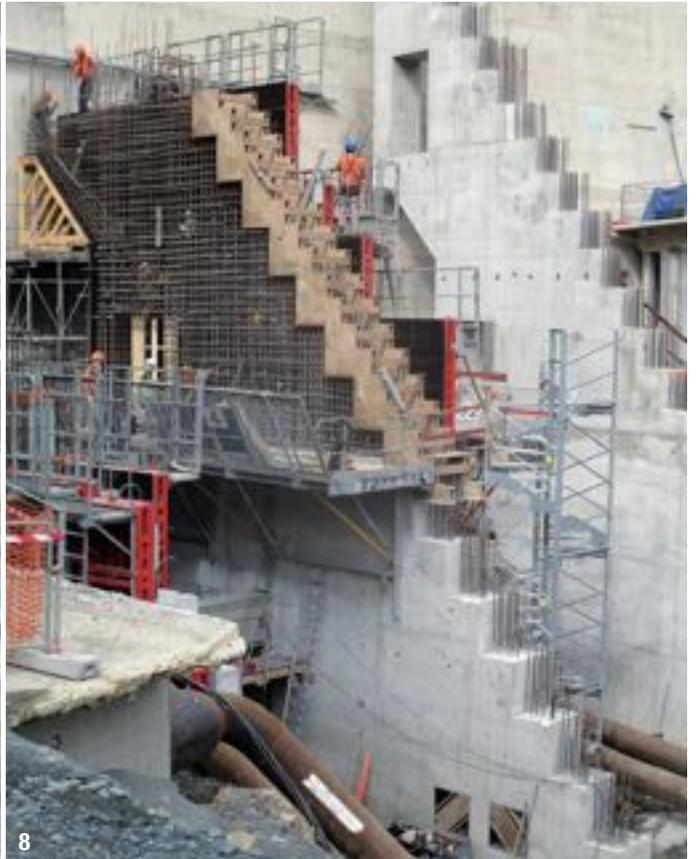
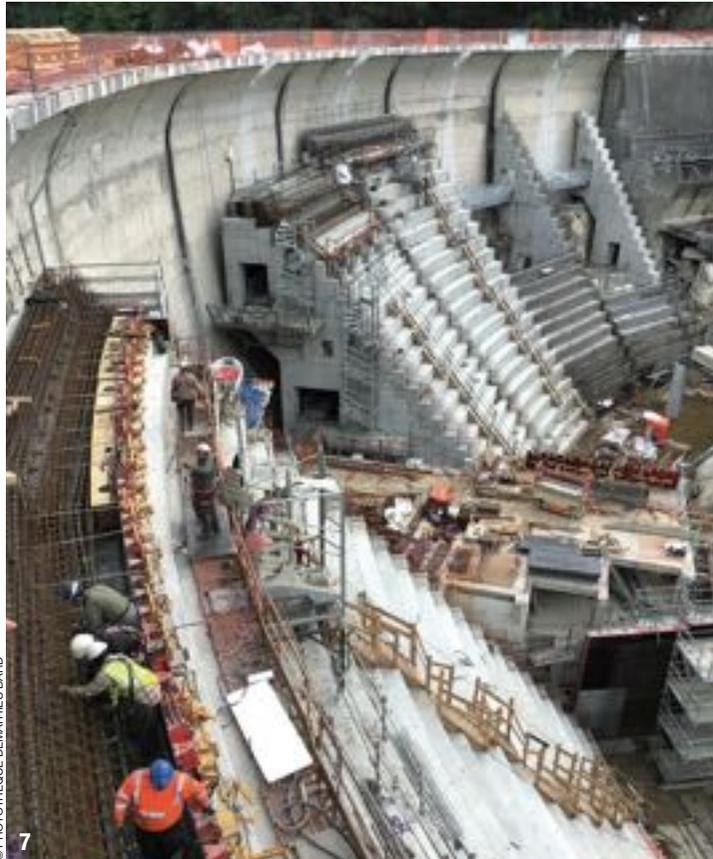
MÉTHODE DE CONSTRUCTION DES COURSIERS

Après démolition de l'ancienne usine hydro-électrique par moyens mécaniques, les coursiers et les contreforts ont été les premiers ouvrages réalisés. Les coursiers sont divisés en 3 zones séparées par des murs guideaux de 1 m de large et 4 m de haut. Ces murs guideaux suivent la pente du coursier et permettent donc, comme leur nom l'indique, de guider l'écoulement (figure 5). Pour garantir leur mise en œuvre et leur stabilisation en toute sécurité, les murs guideaux ont été réalisés sur le principe des murs à coffrage intégré, à l'aide de 2 joues de coffrage en béton perdu. Chaque élément est unique et préfabriqué en usine.

La réalisation est semblable à celle d'une voile coffrée à l'aide d'une banche. La séquence est la suivante : pose et stabilisation de la première joue, ferrailage, fermeture avec la seconde joue et bétonnage (figure 6).



© PHOTOTHÈQUE DEMATHIEU BARD



© PHOTOTHÈQUE DEMATHIEU BARD

7

8

faciliter la bonne réalisation du bétonnage (figure 8).
Chaque contrefort est fondé sur une semelle superficielle taillée dans le massif rocheux.
Le niveau inférieur des semelles se situe en-dessous des fondations du barrage. Lors du terrassement une attention particulière a été apportée à la bonne tenue du rocher et aux venues d'eau éventuelles, grâce à la présence renforcée de géotechnicien et géologue.
Le barrage était en pleine charge, le risque de renard hydraulique était donc très important.

7- Coursier en cours de réalisation.

8- Contrefort en cours de réalisation.

9- Fondation contreforts 8 et 9.

10- Démolition usine.

7- Spillway chute under construction.

8- Buttress being executed.

9- Foundation of buttresses 8 and 9.

10- Plant demolition.

En cas de suspicion de renard, la fouille pouvait être immédiatement remplie de béton, la géométrie du contrefort était ensuite adaptée pour correspondre aux contraintes géométriques. Ce cas s'est produit une seule fois sur le chantier, 50 m³ de béton ont été nécessaires pour remplir la fouille (figure 9).

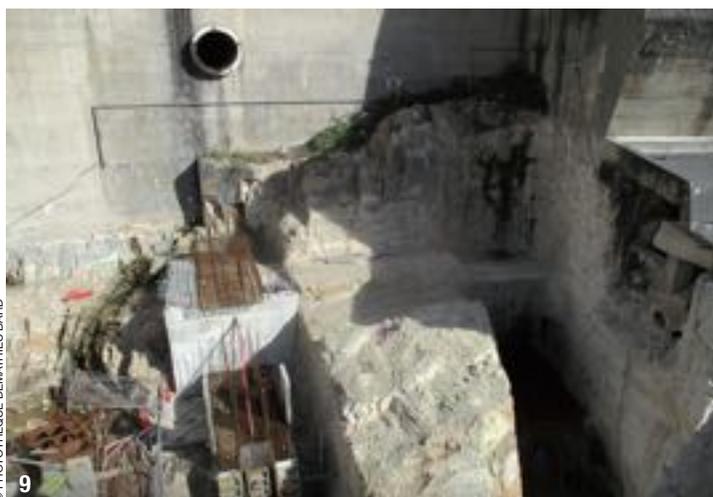
En parallèle de la réalisation des contreforts et après une campagne de reconnaissance géotechnique complémentaire permettant de mieux appréhender les caractéristiques du rocher sous la voûte, des travaux d'injection et de

drainage ont été menés dans le rocher support du barrage existant.

Avant la construction des contreforts, l'usine d'eau potable désaffectée existante a été elle aussi démolie.

Une modélisation 3D de l'usine a été réalisée pour définir les zones exactes à démolir et ainsi éviter l'endommagement des ouvrages de génie civil intégrant les 2 turbines hydroélectriques, des conduites et la vanne de fond restées en place.

Un sciage précis a été réalisé autour des zones à conserver, le reste de l'usine démolie par des engins (figure 10). ▷



© PHOTOTHÈQUE DEMATHIEU BARD

9

10

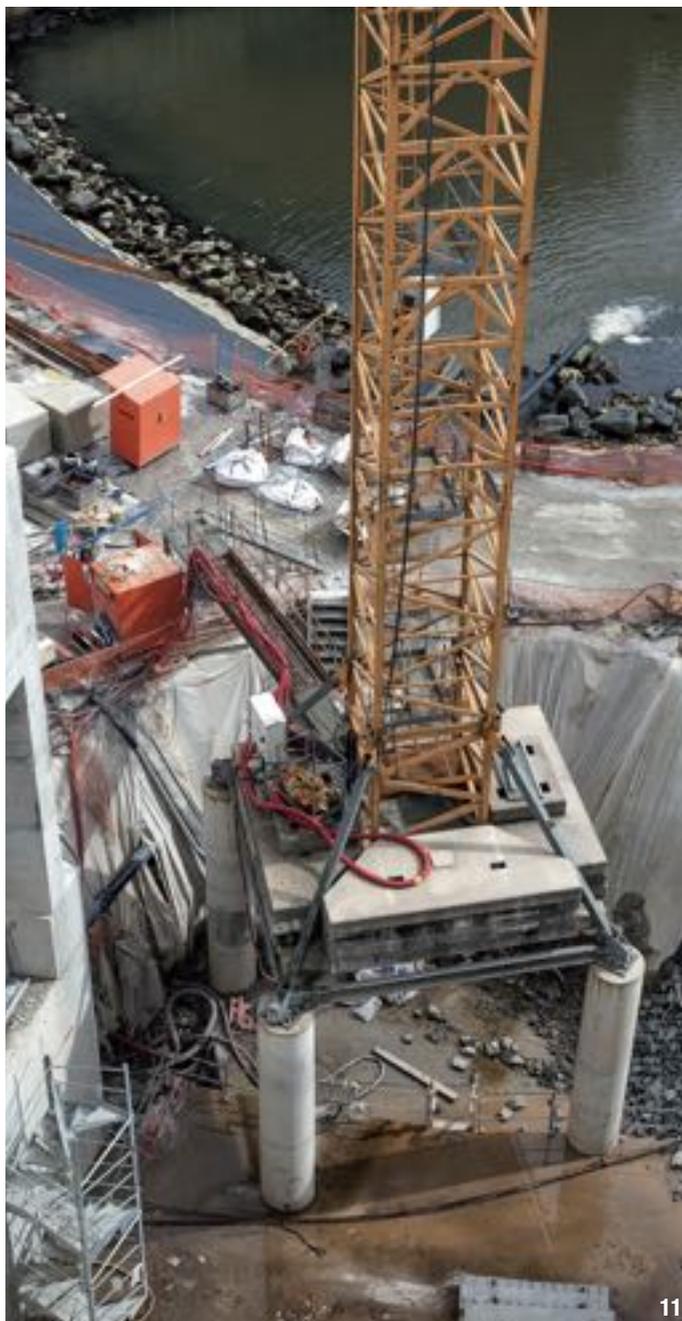
Un batardeau constitué par 5 000 m³ de remblais et un ouvrage hydraulique pour le passage du débit de réserve, pouvant atteindre 50 m³/s, ont été réalisés pour accéder en pied de barrage. En cas de crue, le batardeau pouvait être démoli.

Les 2 grues à tour placées en pied de barrage ont été mises sur pilotis pour éviter leur submersion (figure 11).

DÉMOLITION DE LA PARTIE SUPÉRIEURE DE LA VOÛTE EXISTANTE

La démolition de la voûte n'a commencé qu'après la construction des coursiers. La méthode de démolition mécanique via des engins de démolition a été retenue. Des découpes transversales au câble ont d'abord été réalisées pour dissocier les différentes zones à démolir. Des boucliers de protection en appui sur le coursier côté amont et fixés sur la voûte existante côté aval ont ensuite été placés ; il permet de contenir les gravats pendant la démolition et de faciliter leur évacuation. Une barge placée contre le barrage permet de récupérer l'ensemble des eaux de ruissellement et d'aider à la manutention des boucliers du côté de la retenue. Le niveau de la retenue pouvait descendre de plusieurs mètres en quelques jours suivant les besoins en eau en aval, les boucliers ne pouvaient donc pas s'appuyer sur cette barge. Depuis la route existante au-dessus du barrage, une pelle hydraulique équipée d'une fraise hydraulique a démolie le béton de la voûte maintenue dans les boucliers, pour ensuite l'évacuer dans des camions circulant eux-mêmes sur la crête du barrage.

La démolition s'est déroulée durant 3 mois par tronçons de 4 m. 1 000 m³



11 © PHOTO THÉRIEQUE DEMATHIEU BARD

de gravats ont été évacués (figure 12). La passe comportant la vanne est 2 m plus basse que les autres, cette zone a été tronçonnée au câble en blocs d'environ 10 t évacués par la grue à tour.

MÉTHODE DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES À LA CRÊTE DU BARRAGE

Après la démolition de la voûte, la construction des coursiers déversants et des ouvrages routiers a débuté. Chaque seuil est placé entre 2 piles de l'ouvrage routier et ces piles ont été réalisées dans un premier temps. Chaque pile est placée transversalement à la crête du barrage et elle est ancrée sur celle-ci. Elles ne sont pas liaisonnées aux coursiers.

Une étude sismique approfondie sur la voûte existante a été menée, car les ouvrages en crête amènent une masse importante préjudiciable pour les vérifications de la stabilité au séisme.

La difficulté d'accès et de stabilisation de certains coffrages de piles a conduit à utiliser une technique identique à celle des murs guideaux, à savoir une joue de coffrage en béton perdu.

- 11- Grue sur pilotis.
- 12- Boucliers et engins de démolitions sur voûte.
- 13- Accès amont.

- 11- Crane on piling.
- 12- Shields and demolition machinery on arch.
- 13- Upstream access.



12



13

© PHOTO THÉRIEQUE DEMATHIEU BARD



© PHOTO THÉRIE DE DEMATHIEU BARD

14

La sécurité et l'accès côté retenue sont gérés par la mise en œuvre de passerelles fixées en amont (figure 13). Les seuils déversants ont ensuite été réalisés entre les piles en cotes bloquées. Leur forme complexe de goutte d'eau cintrée a nécessité l'utilisation de nombreux coffres en bois spécifiquement conçus et fabriqués pour ces ouvrages.

Les seuils viennent en recouvrement des coursiers mais toujours sans être liaisonnés. Ils sont donc ancrés en tête de la voûte et en porte-à-faux côté aval. Une fois les piles et les seuils terminés, et la vanne clapet installée, la pose des poutres préfabriquées en tés inversé du tablier pouvait commencer. Cette phase était le cas dimensionnant pour les 2 grues à tour soit environ 12 t à 30 m, la disposition du tablier et le

manque d'accès ne permettant pas d'utiliser des grues mobiles. Enfin la dalle de compression est bétonnée après ferrailage du tablier. Pour terminer, la nouvelle usine hydro-électrique, disposée au centre du barrage entre deux coursiers et son pont d'accès, a été construite (figures 1 et 14). □

14- Barrage de Mervent lors des essais d'écoulement (2).

14- Mervent Dam during flow tests (2).

PRINCIPALES QUANTITÉS

MONTANT DES TRAVAUX : 12 M€
DURÉE DES TRAVAUX : 3 ans
LIVRAISON : décembre 2018 (réception provisoire)
BÉTON : 7 000 m³ (y compris béton préfabriqué)
POUTRES PRÉFABRIQUÉES : 2 000 m
ACIER : 700 t
BÉTON DÉMOLI SUR LA VOÛTE : 1 000 m³
MAIN D'ŒUVRE : 65 000 heures

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Syndicat Intercommunal d'Alimentation en Eau Potable de la forêt de Mervent / Vendée eau
MAÎTRE D'ŒUVRE : Tractebel Ing. / Engie
ENTREPRISE : groupement Demathieu Bard Construction / Rouby

ABSTRACT

INCREASE IN THE CAPACITY OF MERVENT DAM

GRÉGOIRE BOUGIE, DEMATHIEU BARD - MARC-HENRY CARTRON, DEMATHIEU BARD - MAXIME VILLANI, DEMATHIEU BARD - BENJAMIN FALALA, DEMATHIEU BARD

Mervent Dam, first filled in 1957 and located at the tail end of a hydropower complex comprising three dams, is 30 metres high and 150 metres long, and retains up to 8.3 million cu. m of water. It belongs to the Mervent Forest local authority joint board for potable water supply ("SIAEP") and is designed to supply raw water to the potable water plant located a few kilometres from the dam. Faced with the probability of a 10,000-year return flood and with changing safety standards, substantial alterations to the dam are required. The work performed on the dam will increase the flood discharge capacity to 750 cu. m/s eventually, versus 300 cu. m/s at present. □

AUMENTO DE LA CAPACIDAD DE LA PRESA DE MERVENT

GRÉGOIRE BOUGIE, DEMATHIEU BARD - MARC-HENRY CARTRON, DEMATHIEU BARD - MAXIME VILLANI, DEMATHIEU BARD - BENJAMIN FALALA, DEMATHIEU BARD

Inaugurada en 1957 y situada a la cola de un complejo hidráulico de tres instalaciones, la presa de Mervent, de 30 m de altura 150 m de longitud, retiene hasta 8,3 millones de m³ de agua. Pertenece al sindicato intercomunal de suministro de agua potable (SIAEP) del Bosque de Mervent y tiene como objetivo suministrar agua bruta a la planta de agua potable situada a varios kilómetros de la presa. Frente a la probabilidad de una crecida decamilenaria (10.000 años) y a la evolución de las normas de seguridad, es preciso llevar a cabo una modificación sustancial de la construcción. Las obras realizadas en la presa permitirán incrementar la capacidad de evacuación de las crecidas de los 300 m³/s actuales a 750 m³/s. □



1

© SOLETANCHE BACHY

UN NOUVEAU QUAÏ À MONTEVIDEO : EXTENSION DU TERMINAL C

AUTEUR : ROMAIN BRIEU, PROJECT MANAGER, SOLETANCHE BACHY INTERNATIONAL

SOLETANCHE BACHY, EN GROUPEMENT AVEC SACEEM ET DREDGING INTERNATIONAL (DEME) A RÉALISÉ, POUR LE COMPTE DE L'ADMINISTRATION NATIONALE DES PORTS D'URUGUAY, EN CONCEPTION/CONSTRUCTION, LE PROJET "AMPLIACIÓN MUELLE C" QUI EST L'EXTENSION DU TERMINAL C EXÉCUTÉ PAR CE MÊME GROUPEMENT ENTRE 2012 ET 2015. CE NOUVEAU PROJET INCLUT UN OUVRAGE DE CONNEXION ENTRE LES 2 QUAÏS, UN QUAÏ DE 180 m, UNE ESPLANADE DE 6 700 m² ET LES MODIFICATIONS NÉCESSAIRES POUR POUVOIR ACCUEILLIR DES NAVIRES DE 330 m. IL A ÉTÉ RÉALISÉ EN QUAÏ DANOIS SUR PIEUX FORÉS OFFSHORE AVEC UNE STRUCTURE EN ÉLÉMENTS PRÉFABRIQUÉS ET DALLE COULÉE EN PLACE.

UNE EXTENSION NÉGOCIÉE EN GRÉ À GRÉ

Ce nouveau contrat dans le port de Montevideo a été négocié, en gré à gré, entre partenaires de la première phase : un client satisfait, l'Administration Nationale des Ports d'Uruguay

(ANP), et un consortium performant. Il a été signé en juin 2016 et consiste en une extension du terminal existant C dans une modalité de projet en conception/construction, dans les mêmes conditions que le contrat exécuté précédemment.

1- L'ouvrage terminé.

1- The completed structure.

Utilisant son fort ancrage dans la zone et ses ressources centrales, Soletanche Bachy a mobilisé sur place une équipe de professionnels venant de Colombie, du Venezuela, du Chili, d'Argentine, d'Espagne et de France. Comme ce fut le cas dans les



© SIPOORT 21
2

précédents projets réalisés avec ce consortium en Uruguay, le personnel d'exécution et les ressources de Deme sont affectés aux travaux de dragage et le personnel et les ressources de Saceem, partenaire local de Soletanche Bachy, sont affectés aux travaux de génie civil classique, structure béton du quai et réseaux.

Le personnel d'exécution et les ressources de Soletanche Bachy sont affectés aux travaux maritimes et aux travaux spéciaux de génie civil offshore et onshore.

Ce nouveau projet est composé d'un ouvrage de connexion avec le termi-

2- Étude de manœuvrabilité avec navire de 330 m.

3- Étude manœuvrabilité d'accès des bateaux de pêche.

2- Manoeuvrability study with 330-metre ship.

3- Manoeuvrability study of fishing-boat access.

nal C existant, d'une esplanade de stockage de 250 m de long et 6 700 m² de surface, et d'un quai de 180 m de long. Il est situé dans la baie de Montevideo, estuaire du fleuve Rio de la Plata.

UN DESIGN ET DES PROCÉDURES AMÉLIORÉS

Durant l'étape de conception de ce nouveau projet, le client a demandé d'intégrer la possibilité d'amarrer des navires de 330 m de longueur. Pour cela, le sous-traitant en charge du design et des études de manœuvrabilité, Berenguer Ingenieros-Siport 21, a dû reprendre l'ensemble de son travail (figure 2).

Cette extension étant dans une zone plus enclavée que la précédente, l'étude générale a dû prendre en compte également la vérification des accès des bateaux de pêche, situés à proximité, et l'entrée/sortie d'une cale sèche située à une cinquantaine de mètres au nord de notre quai (figure 3).

L'ensemble de ces études ont été réalisées à Madrid, dans un simulateur 3D (figure 4) recréant en temps réel, les conditions extrêmes définies dans notre design. Les navires, eux, ont été manœuvrés par les pilotes du port de Montevideo et un capitaine de la marine marchande espagnole.

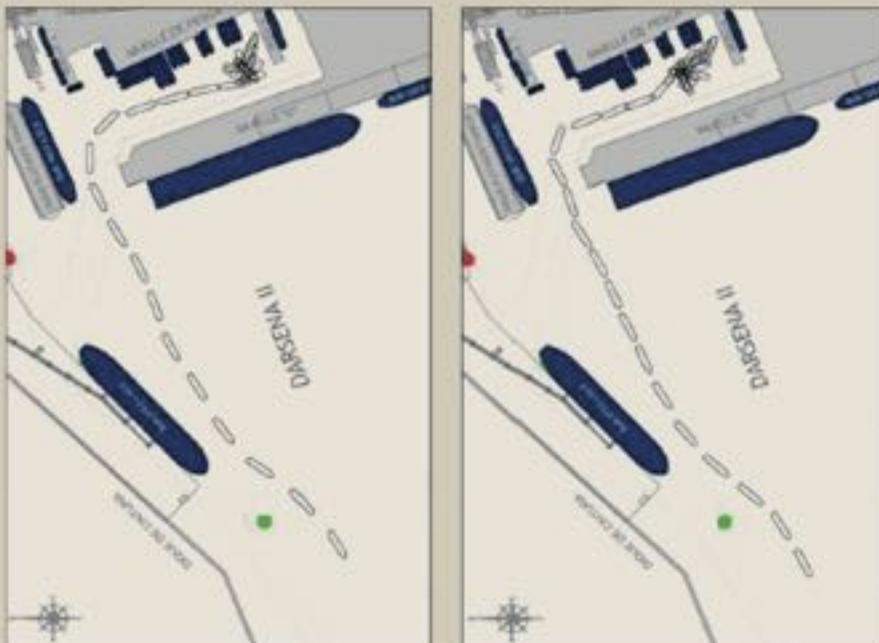
L'autre grande particularité de ce projet par rapport au précédent est l'ouvrage de connexion entre les 2 quais. En effet, le design du quai précédent (Muelle C) ne prévoyait pas la possibilité de ce type d'extension. La solution a été donc de prévoir un combiwall avec une poutre de couronnement déportée (figure 5) pour que les nouveaux efforts ne soient pas transmis aux anciens pieux. Cette poutre est également capable de supporter la totalité des sollicitations de la plateforme de stockage du terminal. Cette étape a également été l'occasion d'ajustements et d'améliorations des méthodologies :

- Dans la partie combiwall, les équipes de chantier ont su modifier le guide conçu afin d'éviter des accidents lors de la mise en place des éléments pendant les journées venteuses. Cette modification a remporté un prix de sécurité du groupe en 2018 ;
- Dans la partie pieux, le groupe Soletanche Bachy a mis à disposition la perforatrice SA-40 montée sur une Soilmecc SC120 qui a permis d'avoir beaucoup plus de puissance que la RT3S utilisée dans le projet précédent. Cette machine de 250 t a été montée sur un ponton de 1 200 t afin d'avoir toute la flexibilité nécessaire à un projet de cette envergure (figure 6). Cette méthodologie a permis de s'adapter aux différentes conditions de sols ;
- Le design des éléments préfabriqués et la méthodologie d'installation ont été entièrement revus afin d'améliorer les rendements et la sécurité.

DES PIEUX DE TOUT TYPE DANS DES CONDITIONS COMPLEXES

Les sondages préliminaires sur cette nouvelle zone montraient déjà que les conditions d'exécution des pieux allaient être difficiles, mais la réalité fut encore pire.

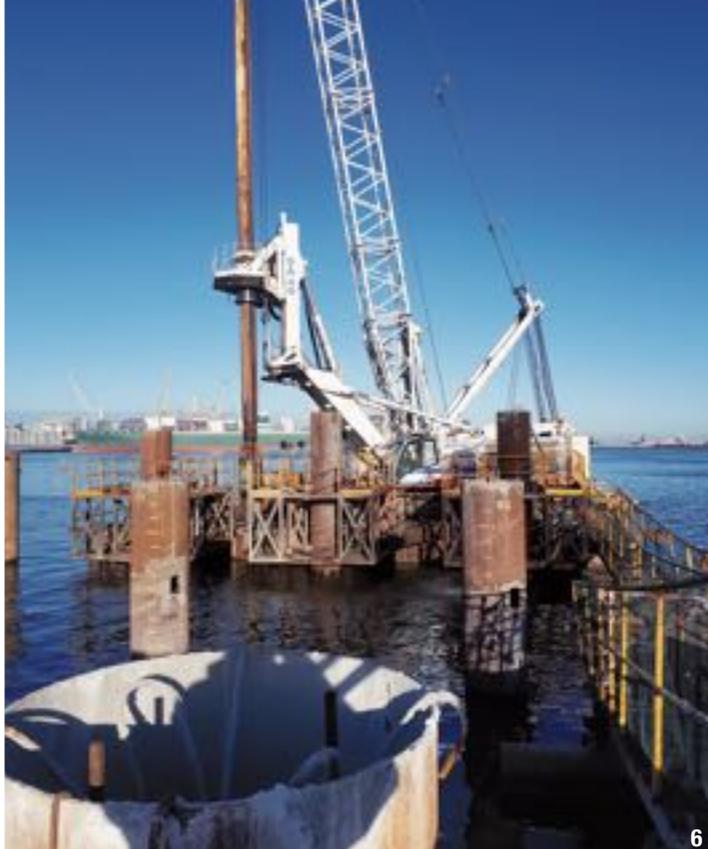
ÉTUDE MANŒUVRABILITÉ D'ACCÈS DES BATEAUX DE PÊCHE



© SIPOORT 21
3

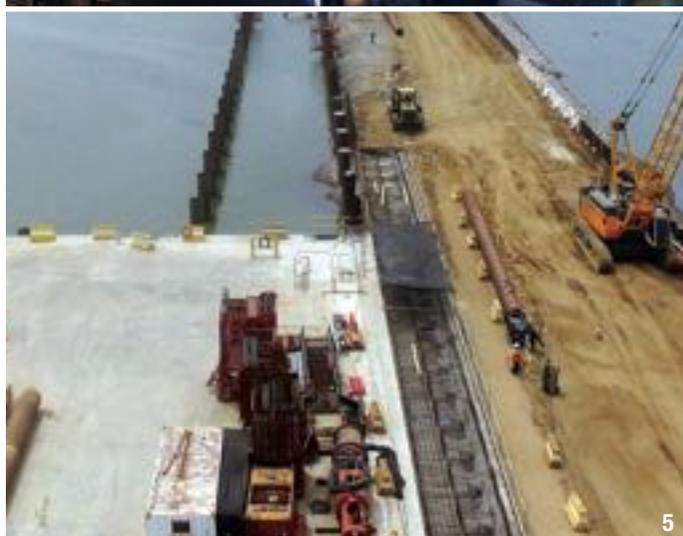


4



6

© SOLETANCHE BACHY



5

FIGURE 4 © SIFORT 21 - FIGURES 5 © SOLETANCHE BACHY

La première difficulté rencontrée, mais connue dès la phase de négociation du précontrat avec le client, est qu'il ne serait pas possible d'utiliser le même système de plate-forme posée sur les pieux, car les chemises ne pouvaient pas être battues suffisamment dans le sol marin. Ce problème a été tourné en avantage, car cela a permis de mobi-

ser un ponton de grande capacité et d'y installer une perforatrice plus puissante comme exposé au chapitre précédent. La seconde difficulté rencontrée, après la phase de sondages géotechniques prévue dans le contrat, est que, dans plusieurs zones, une fois le fond marin dragué, apparaissait une couche rocheuse affleurante. Cette nouvelle

4- Simulateur 3D.

5- Combiwall avec poutre de couronnement.

6- Atelier de forage SA-40/SC120 monté sur ponton.

7- Carotte extraite du terrain.

8- Outillage de carottage (core barrel).

4- 3D simulator.

5- Combiwall with capping beam.

6- SA-40/SC120 drilling rig mounted on pontoon.

7- Core sample extracted from the ground.

8- Core barrel.

difficulté impliquait qu'il fallait anticiper une nouvelle technique pour pouvoir installer les tubes de pieux qui servent ensuite de guides de forage et de coffrage sur la hauteur d'eau. Profitant de la mobilisation de la SA-40 qui a un couple très élevé, les services techniques du groupe et l'équipe du projet ont opté pour une méthode de *twister* avec tubes équipés d'un casing d'attaque perdu (avec dents en tungstène perdues également).

La troisième difficulté également découverte durant la phase des sondages géotechniques du contrat fut la dureté et l'hétérogénéité du rocher qu'on allait devoir perforer. Est apparu, dans une zone du projet, une roche de type gneiss allant jusqu'à 250 Mpa de résistance (figure 7), mais avec des différences de qualité/fracturation tellement prononcées entre chaque pieu que le client a souhaité maintenir des profondeurs d'ancrage dans le rocher très élevées (8 m en moyenne).

Ce nouveau défi a pu être relevé grâce à l'appui, une nouvelle fois, des ser-



7

© SOLETANCHE BACHY



8

© SOLETANCHE BACHY



9
© SOLETANCHE BACHY



10
© SOLETANCHE BACHY

vices techniques du groupe et l'utilisation des ressources déjà optimisées. La SA-40 couplée à l'utilisation d'outils spécifiques pour la perforation de roche dure comme le *core barrel* (figure 8) ou la tarière HD (figure 9) ont permis de surmonter cette difficulté.

Enfin, la dernière mais plus importante difficulté à résoudre fut la découverte d'un artésianisme dans une zone du quai. L'Uruguay étant un pays très peu montagneux et ne connaissant aucun antécédent d'artésianisme dans cette zone (confirmé par un géotechnicien local dans l'équipe), ce phénomène est apparu (figure 10) alors qu'on était à 5% d'avancement des pieux. Une fois de plus sur ce chantier l'ensemble des

9- Tarière HD.

10- Test de communication d'eau entre forage dans nappe captive et pieu.

11- Plan général du quai détaillant 4 zones d'artésianisme et les solutions.

9- HD auger.

10- Test on water communication between drill hole in confined ground-water and pile.

11- General drawing of the quay detailing 4 areas of artesian flow and the solutions.

partenaires a pu s'appuyer sur l'expérience de Soletanche Bachy et mettre en place avec l'équipe du projet :

- Un plan d'analyse du phénomène ;
- Une étude complète des solutions possibles, leurs risques et leurs impacts sur les coûts et les délais pour pouvoir exposer au client toutes les possibilités ;
- La mise en place des solutions choisies en partenariat avec le client ;
- L'appui pour la résolution des aléas durant les étapes d'exécution des solutions choisies.

Le temps associé aux difficultés et aux durées d'approvisionnement du projet en Uruguay ont été les contraintes principales qui ont influencé la décision

sur les solutions à mettre en œuvre. En effet, comme l'ensemble du matériel et du personnel dédié aux pieux était déjà en activité sur le projet, tout risque d'exécution, même mineur, pouvait entraîner des surcoûts importants à cause des durées de stand-by probables. C'est un mélange de 3 solutions qui a finalement été décidé (figure 11) :

- Utilisation d'un béton avec un additif anti-délavement dans les zones où il y avait peu ou pas de risques d'artésianisme ;
- Réalisation de pompage dans la nappe captive et utilisation d'un béton anti-délavement dans la zone où un faible artésianisme avait été identifié ;



11
© SOLETANCHE BACHY



12

© SOLETANCHE BACHY



13

© SOLETANCHE BACHY

12- Pieu double chemise.
13- Essai dynamique réalisé sur l'un des pieux double chemise.
14- Plan 3D d'une phase de montage.

12- Double-lining pile.
13- Dynamic test performed on one of the double-lining piles.
14- 3D drawing of an assembly phase.

→ Utilisation d'un système de double chemise avec injection de l'espace annulaire et des fissures pour la zone où l'artésianisme le plus fort avait été identifié (figure 12).

L'ensemble de l'exécution a été un succès, puisque la totalité des pieux réalisés selon les méthodes prescrites a passé tous les essais en incluant un essai dynamique sur pieu double che-

mise voulu par le contrôleur du client (figure 13).

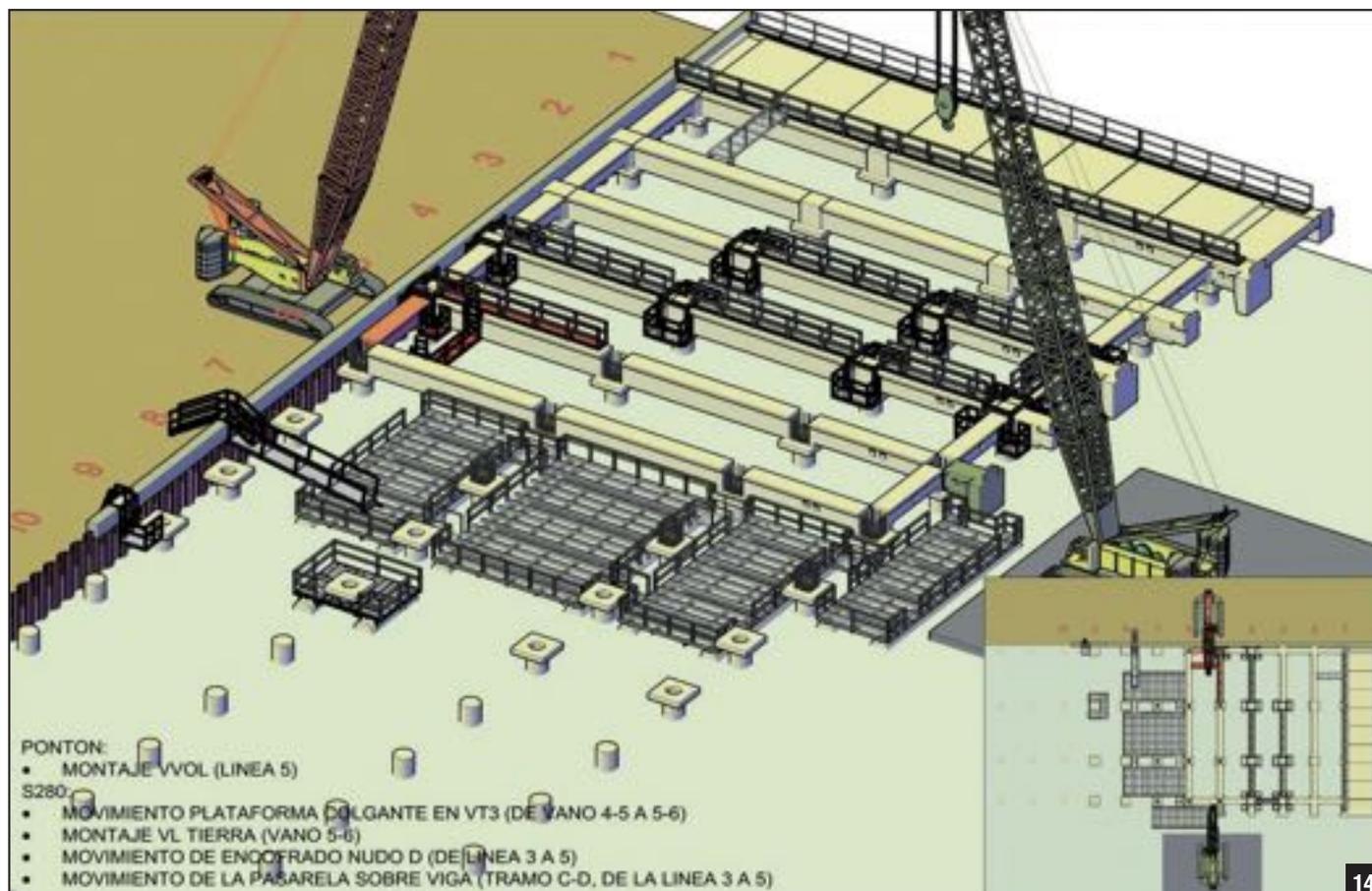
DES MÉTHODES DE GÉNIE CIVIL OPTIMISÉES ET DE NOUVELLES AMÉLIORATIONS EN SÉCURITÉ

Toutes les phases de génie civil de ce projet ont pu bénéficier de l'expérience acquise dans les projets similaires de quai.

En effet, les optimisations de méthode réalisées et les retours d'expérience des projets récents en Uruguay, Togo, Argentine, Colombie et Trinidad & Tobago ont permis de réévaluer le design et les méthodes préliminaires. La conception et la méthodologie d'installation des chapiteaux (éléments préfabriqués en béton qui permettent d'absorber les tolérances d'exécution

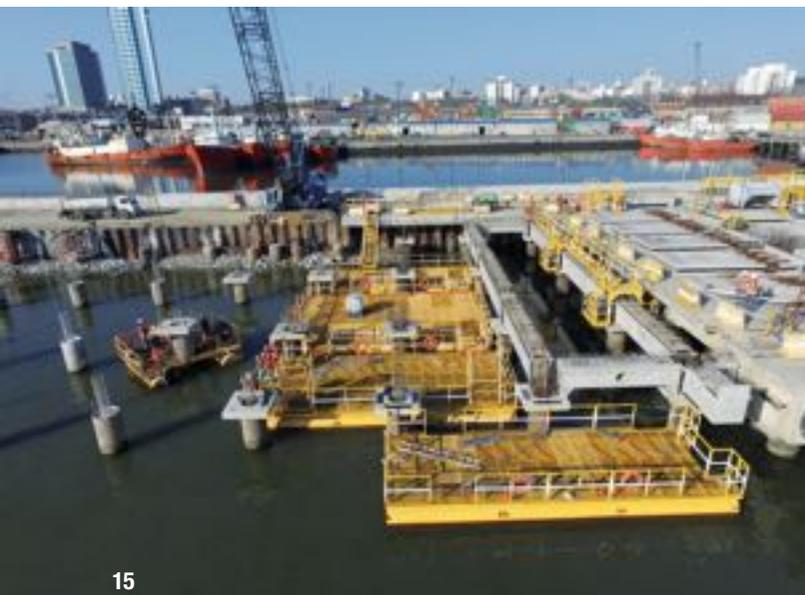
des pieux) ont pu être améliorées. Plus léger, avec un appui sur les pieux plus grand, équipé de deux éléments de fixation sur les pieux, ce nouveau système a fait ses preuves et a permis de mieux contrôler cette phase des travaux.

La forme des principaux éléments préfabriqués (poutres et prédalles) a également été améliorée :



14

© SOLETANCHE BACHY



15

© SOLETANCHE BACHY



16

© SOLETANCHE BACHY

- Grâce à l'utilisation du ponton dans cette extension, l'arase des pieux a pu être abaissée et on a pu augmenter la hauteur des poutres et donc obtenir un gain de poids ;
- Des sections d'éléments complètes (et non en U vides) ont pu être préfabriquées et une grue de grande capacité a été mobilisée pour l'installation des préfabriqués ;
- Une étude 3D incluant les jeux et tolérances d'installation des différents éléments a été réalisée afin d'optimiser le ferrailage des nœuds entre poutres, prédalles et pieux ;
- Une étude 3D de la totalité des séquences de montage a été réalisée afin d'optimiser le design et les temps de montage (figure 14) ;
- Cette même étude a servi également à concevoir les plateformes et pontons nécessaires pour travailler en toute sécurité et à un rythme sensiblement plus élevé que dans la phase précédente (figures 15 et 16).

15 & 16- Vue du montage.

15 & 16- View of assembly.

L'ensemble du travail réalisé en amont avec les services méthodes et sur le projet avec les équipes de chantier a été un succès, puisque l'ouvrage a pu être livré dans les temps.

Ce chantier a été réalisé dans le cadre de la nouvelle marque ForSHORE, créé par Soletanche Bachy.

L'objectif de ForSHORE est d'accompagner ses clients dans leurs projets de construction et de réparation d'infrastructures portuaires à forte composante géotechnique.

Le groupe mobilise le meilleur de son expertise pour garantir une maîtrise maximale des risques liés à l'interaction entre l'infrastructure et le sol. □

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : Administración Nacional de Puertos de Uruguay (ANP)

MAÎTRE D'ŒUVRE : Corporación nacional para el Desarrollo (CND)

ENTREPRISE GÉNÉRALE : Consortium Soletanche Bachy - Saceem - Deme

BUREAU D'ÉTUDE PRINCIPAL : Berenguer Ingenieros - Siport21

BUREAU DE MÉTHODES/APPUI DESIGN : Engineering groupe SBI

PRINCIPALES QUANTITÉS

MATÉRIAUX DRAGUÉS : 1 034 000 m³

CONCASSÉ 0/50 VIBROCOMPACTÉ POUR DIGUE : 112 700 m³

COMBIWALL (ouvrage de connexion) : 1 480 m²

PALPLANCHES : 2 430 m²

PIEUX OFFSHORES DEPUIS PONTON : 3 559 m

BÉTON : 11 100 m³

ENROCHEMENTS : 22 503 m³

ESPLANADE : 6 700 m²

ABSTRACT

A NEW QUAY AT MONTEVIDEO: EXTENSION OF TERMINAL C

ROMAIN BRIEU, SOLETANCHE BACHY INTERNATIONAL

Soletanche Bachy, in a consortium with Saceem and Dredging International (Deme), carried out for Uruguay's National Port Authority ANP the "Ampliación Muelle C" project, which is the extension of Terminal C constructed by the same consortium between 2012 and 2015. This new Design and Build project includes a connecting structure between the 2 quays, a 180-metre quay, a 6,700 m² esplanade and the alterations needed to be able to receive 330-metre ships. It was executed by the same methods as the previous quay: a Danish type quay on bored piles offshore and a structure formed of prefabricated elements and a cast-in-situ slab. However, work performance was very different due to complex geological conditions. □

UN NUEVO MUELLE EN MONTEVIDEO: AMPLIACIÓN DE LA TERMINAL C

ROMAIN BRIEU, SOLETANCHE BACHY INTERNATIONAL

Soletanche Bachy, en consorcio con Saceem y Dredging International (Deme), ha realizado por cuenta de la Administración Nacional de Puertos de Uruguay el proyecto Ampliación Muelle C, que supone la ampliación de la terminal C ejecutada por este mismo consorcio entre 2012 y 2015. Este nuevo proyecto de diseño/construcción incluye una obra de conexión entre los dos muelles, un muelle de 180 m, una explanada de 6.700 m² y las modificaciones necesarias para poder acoger buques de 330 m. Ha sido realizado según las mismas modalidades que el muelle anterior: muelle danés sobre pilotes perforados offshore y una estructura compuesta de elementos prefabricados y una losa realizada in situ. Sin embargo, la ejecución ha sido sensiblemente diferente a causa de la complejidad de la geología. □



1

© F. HENRY - AUTEURS DE VUES

CASIERS DE STOCKAGE DE SÉDIMENTS EN GABIONS SUR LE BARRAGE DE VEZINS - (50)

AUTEUR : ALEXANDRE PLASTRE, DIRECTEUR TECHNIQUE, FRANCE MACCAFERRI

LA VIDANGE DE LA RETENUE DE VEZINS (50) SUR LE FLEUVE SÉLUNE EST D'UNE IMPORTANCE MAJEURE DANS LE CADRE DE L'EFFACEMENT DES BARRAGES DE VEZINS ET DE LA-ROCHE-QUI-BOIT. LORS DE CETTE OPÉRATION, LE RISQUE DE TRANSPORT DE SÉDIMENTS EST ÉLEVÉ, LES MATÉRIAUX ÉTANT ALORS SENSIBLES À UNE CRUE BRUSQUE DU COURS D'EAU. ET QUAND L'EMBOUCHURE DU FLEUVE S'APPELLE LA BAIE DU MONT SAINT MICHEL, LA SENSIBILITÉ ENVIRONNEMENTALE EST EXTRÊME. POUR ÉVITER QUE CE PHÉNOMÈNE NE SE PRODUISE LORS DE LA VIDANGE DU BARRAGE, UN VASTE PLAN DE GESTION SÉDIMENTAIRE A ÉTÉ ÉLABORÉ COMPRENANT LA CRÉATION DE CASIERS DE STOCKAGES EN GABIONS DANS LE COURS DE LA SÉLUNE ET DE SON AFFLUENT L'YVRANDE.

CADRE DE L'OPÉRATION

La Sélune est un fleuve côtier du département de la Manche dont l'embouchure se situe dans la baie du Mont-St-Michel. Après la première guerre mondiale, deux barrages sont

construits successivement, celui de La-Roche-Qui-Boit, d'une hauteur de 15 m en 1919 et celui de Veziens, en amont, d'une hauteur de 36 m en 1932 (figure 2). Ces barrages permettent la production d'électricité et leurs

**1- Casier 7.1
rempli de
sédiments.**

**1- Compart-
ment 7.1 filled
with sediment.**

plans d'eau respectifs contribuent au tourisme local. Cependant, leur impact environnemental est contesté depuis de nombreuses années, car ils ne permettent pas à plusieurs espèces de poissons migrateurs (saumons,



2

truites, anguilles...) de remonter vers la source. En 2009, la décision de détruire les deux barrages est prise pour que la Sélune puisse reprendre sa valeur écologique. Après plusieurs années de concertations publiques, de réflexions sur la mise en place de solutions alternatives, la décision de l'effacement est validée par le ministre de la transition écologique et solidaire Nicolas Hulot en novembre 2017.

Ce projet nécessite la mise en place d'une gestion sédimentaire réfléchie, nécessitant de nombreuses étapes et tenant compte d'un historique douloureux.

Les statistiques sont parfois cruelles. La probabilité d'avoir une crue majeure d'une rivière pendant la mise à sec d'un barrage est faible. Et pourtant, en

2- Plan de situation.

3- Principe de stockage des sédiments dans l'Yvrande.

4- Principe de stockage des sédiments dans le cours de la Sélune.

2- Location drawing.

3- Schematic of sediment storage in the Yvrande.

4- Schematic of sediment storage in the course of the Sélune.

1993, lors de la vidange du barrage de La-Roche-qui-Boit (situé à quelques kilomètres en aval du barrage de Vezins), pendant la période d'assec, une crue d'une durée de 7 jours a eu lieu, entraînant près de 120 000 t de matériaux en aval. Ces matériaux déposés au fil du temps sont très fins et facilement érodables et n'ont pas la capacité à résister à des vitesses d'écoulement importantes. En fonctionnement normal, ils sont disposés au fond de la retenue et sont quasi insensibles aux variations de débit dans le cours d'eau. Mais lors de la période d'assec, les sédiments sont directement soumis aux écoulements et aux contraintes générées par une crue. Un anéantissement total des peuplements piscicoles jusqu'à la baie du Mont

Saint-Michel a été observé. Riverains et élus dénonçaient alors une "rivière morte", "transformée en égouts".

Depuis, aucune vidange n'a été effectuée et un nettoyage de la rivière en aval avait du être réalisé pour compenser les impacts importants sur le plan environnemental.

Pour éviter une telle catastrophe écologique, la première étape de ce vaste projet d'effacement des barrages consiste à préparer la vidange du barrage de Vezins en adoptant une gestion sédimentaire adaptée au site. En effet près de 2 000 000 m³ de matériaux se sont déposés dans les retenues depuis leur création dont 560 000 m³ de matériaux potentiellement mobilisables dans le lit mineur de la Sélune et 140 000 m³ situés dans les lits mineurs de ses affluents - Yvrande, Lair et Isolant -. En outre, les sédiments présents dans le lit de l'Yvrande ont subi une contamination par des métaux lourds, nécessitant un traitement particulier (*source : DDTM de la Manche*).

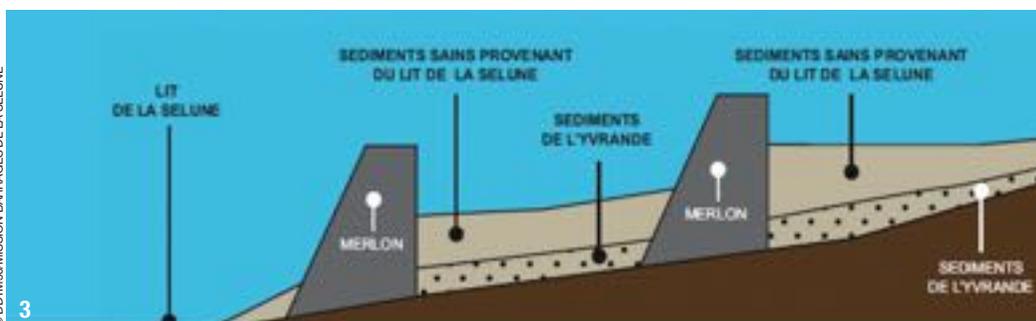
L'État, représenté par le Préfet de la Manche a choisi Antea Group pour mener à bien la conception de l'aménagement destiné à retenir les sédiments et éviter une contamination à l'aval. En partie terrestre, le choix s'est porté vers un curage des matériaux par des pelles mécaniques, les matériaux extraits étant stockés dans des casiers dont les digues périphériques sont constituées de matériaux du site.

Pour la partie fluviale, un dragage des sédiments a été retenu. Suivant la nature des sédiments (contaminés ou non), deux techniques ont été utilisées :
 → Le stockage des matériaux contaminés dans des tubes géotextiles ;
 → Le stockage des sédiments non contaminés dans des casiers "sous-eau" situés dans la retenue. Ces casiers sont réalisés avec des gabions préremplis.

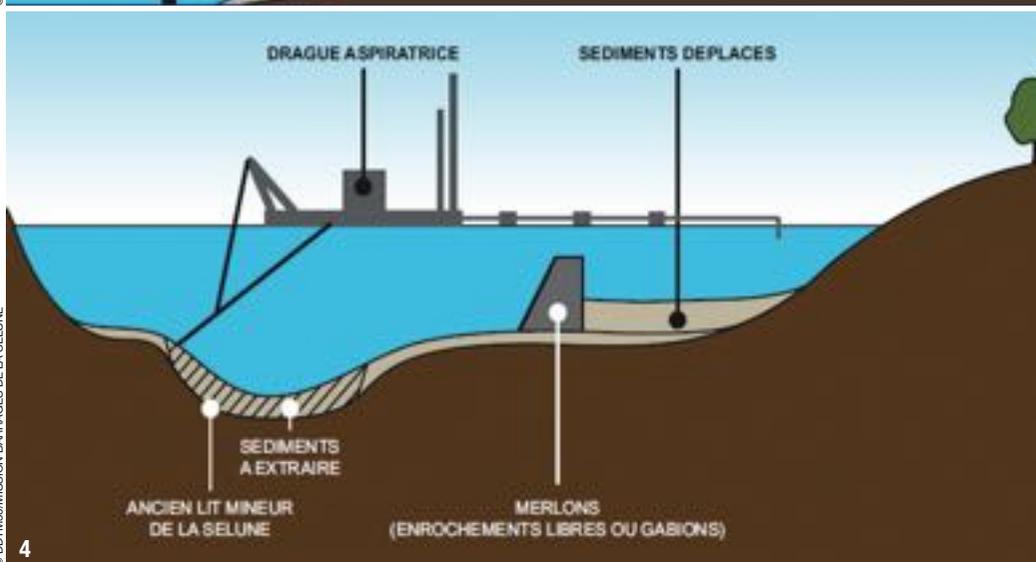
L'article s'intéresse plus particulièrement à cette deuxième solution qui était une grande première en France et, selon nos connaissances à date de rédaction, dans le monde.

ÉTUDES TECHNIQUES

Les casiers de stockage en gabions ont été implantés dans l'Yvrande (affluent de la Sélune en amont du barrage de Vezin) et de la Sélune. Pour l'Yvrande, ces casiers ont été positionnés sur quasiment toute la largeur du lit de la rivière de façon à pouvoir stocker un gros volume de matériaux tout en laissant une section hydraulique pour l'écoulement (figure 3).



3



4

Pour la Sélune, les casiers ont été disposés le long des berges dans le futur lit majeur de la rivière. Le lit mineur est reconstitué par un curage du fond du lit et les matériaux extraits sont placés dans les casiers (figure 4). À terme, les casiers seront démontés en enlevant les gabions.

Le marché de travaux a été attribué à un groupement d'entreprises du groupe Vinci qui s'est appuyé sur l'expertise de la société France Maccaferri pour le dimensionnement de la digue en gabions sous-fluviale. La possibilité de préremplir les gabions sur berge puis de les disposer à leur emplacement final par des moyens de levage et de manutention adaptés a convaincu le maître d'œuvre en phase projet comme étant la solution technique la plus fiable pour ériger un mur de 4 m de hauteur maximum à plus de 10 m de profondeur. La géométrie de l'ouvrage a été déterminée en considérant plusieurs scénarios correspondant à des phases bien précises de l'avancement du projet. Au moment de l'installation, le mur en gabions est disposé sous l'eau sans qu'il n'y ait de sédiments de part et d'autre des cages. Lors du dragage des sédiments, l'eau stockée dans la digue se charge en sédiments et exerce une poussée plus importante à l'amont qu'à l'aval. Au fur et à mesure des opérations de vidange, le plan d'eau baisse et les sédiments s'accumulent, exerçant une pression de plus en plus importante sur l'ouvrage. Enfin, le niveau d'eau est complètement baissé et les sédiments atteignent leur densité maximale. Après analyse de ces différentes phases, deux situations critiques sont vérifiées, l'une en phase transitoire lorsque le niveau d'eau est baissé jusqu'à l'arase supérieure de l'ouvrage et l'autre à long terme lorsque les sédiments se sont consolidés et qu'un niveau d'eau est toujours présent dans le casier.

Le tableau A récapitule les hypothèses géotechniques ayant été considérées pour vérifier la stabilité de l'ouvrage aux différentes étapes énoncées ci-dessus. En fondation, les sols rencontrés sont constitués d'une couverture en matériaux organiques (profondeur variable comprise entre 0,10 et 0,80 m) reposant sur des limons silteux ayant une épaisseur variant de 1 à 5 m. Ces matériaux peu porteurs nécessitent une amélioration dans leur frange supérieure sur 3 m d'épaisseur environ. Initialement le maître d'œuvre s'était orienté vers une solution de substitution des matériaux, opération très délicate à réaliser sous près de 10 m d'eau.

TABLEAU A : HYPOTHÈSES DE CALCUL POUR LES ANALYSES DE STABILITÉ DU MUR

Configuration de calcul	Remplissage du casier	Vidange avancée, sédimentation des matériaux
Type de situation	Transitoire	Long terme
Poids des sédiments	13 kN/m ³	16 kN/m ³
Angle de frottement des sédiments	0° (liquide)	28°
Cohésion des sédiments	0 kPa	0 kPa
Niveau d'eau amont	Arase supérieure du gabion	Arase supérieure du gabion
Niveau d'eau aval	50 cm sous le niveau de l'arase supérieure du gabion	Base du gabion

Le choix de l'entreprise s'est porté vers un "cloutage" du sol de fondation en poinçonnant des blocs d'enrochements dans le fond de la retenue. Sur les enrochements, pour assurer une assise plane et homogène au mur, des matelas Reno® préremplis sur berge ont été disposés, servant de base

au mur en gabions. Pour assurer la stabilité du mur, une base de gabions de 3 m a été mise en œuvre sur un tapis en matelas Reno® de 6 m (figure 5). Les gabions étant perméables, ils ne permettent pas à eux seuls de confiner les matériaux fins présents dans les casiers. Pour se faire, un géotextile

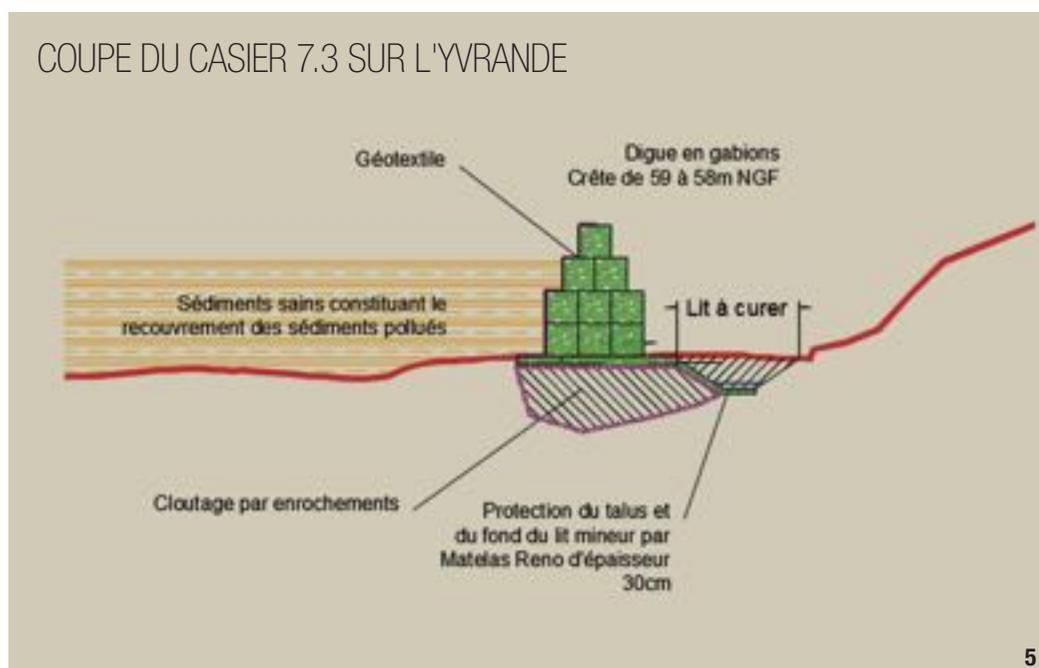
de filtration a été spécialement testé pour retenir les sédiments dans les casiers. La sélection du géotextile s'est faite à l'issue d'un dimensionnement théorique en se basant sur le fascicule filtration/drainage du Comité Français des Géosynthétiques. Le géotextile non tissé Mactex® N35.1 de 180 g/m² et

5- Coupe du casier 7.3 sur l'Yvrande.

6- Carotte de sédiment après l'essai de filtration en laboratoire.

5- Cross section of compartment 7.3 on the Yvrande.

6- Core sample of sediment after filtration test in laboratory.





© FRANCE MACCAFERRI
7

d'ouverture de filtration de 65 µm a été choisi. Cependant, les sédiments dragués sur le chantier sont floculés pour augmenter leur séchage dans la retenue et le comportement réel à l'interface géotextile/boue floculée a été étudiée plus finement par l'intermédiaire d'un test de filtration sous pression qui consiste à faire passer un mélange fluide/solide à travers un filtre. Les particules sont retenues par le filtre, elles forment alors une croûte de filtration dont l'épaisseur croît au cours de la filtration. Cette croûte devient le réel élément filtrant, le géotextile n'étant que le support de la croûte. L'assèchement de la boue ne dépend alors plus du géotextile mais de la boue elle-même (figure 6).

Les essais ont été menés au laboratoire d'Irstea à Aix en Provence, en prélevant des échantillons dans le cours de la Sélune et en utilisant les floculants utilisés sur chantier.

L'essai a été particulièrement probant avec une efficacité de filtration du

sédiment floculé de plus de 99,8% et un filtrat recueilli présentant une concentration en particules solides de 0,7 g/l au maximum, ce qui correspond à 2 fois le résidu à sec de l'eau de ville. Une récente communication de Sébastien Bourguès-Gastaud (France

7- Installation des gabions.

8- Casier 7.2 sur l'Yvrande - Plan d'eau à 56 m.

9- Casier 7.2 sur l'Yvrande - Plan d'eau à 54 m.

7- Installing gabions.

8- Compartment 7.2 on the Yvrande - Water level at 56 m.

9- Compartment 7.2 on the Yvrande - Water level at 54 m.

Maccaferri), Jérémie Marmuse (Antea Group) et Guillaume Stoltz (Irstea) aux rencontres Géosynthétiques 2019 de Nancy détaille le sujet.

SELECTION DES GABIONS

Les gabions double torsion fêtent cette année leur 140^e anniversaire avec, rappelons-le, une première utilisation en milieu hydraulique pour protéger les berges du fleuve Reno à Bologne contre les crues. À cette époque le gabion n'était pas aussi développé que maintenant, puisque le fil était en acier doux non revêtu, les accessoires de montage n'existaient pas et la résistance du grillage était plus faible. Mais le potentiel de ce produit était immense, en améliorant les outils de production, la qualité des matériaux utilisés, et les accessoires utilisés pour leur montage. Dans le contexte du chantier avec un site subaquatique, France Maccaferri a sélectionné une solution en gabions préremplis en mesure de répondre aux contraintes suivantes :

→ Maintenance des cages de 1 m d'épaisseur ;

→ Durée de service de 100 ans pour les gabions installés dans le lit de l'Yvrande et de 10 ans pour les gabions placés dans le lit de la Sélune (démontage des casiers prévu à terme).

Pour résister aux opérations de manutention, les fils de gabions de 1 m d'épaisseur doivent présenter un diamètre de fil plus important que ceux mis en œuvre in situ, le diamètre passant de 2,7 mm à 3,9 mm (section du fil multipliée par 2). Par ailleurs, pour atteindre une durée de vie de 100 ans, il est nécessaire de protéger les fils d'aciers d'une protection métallique en alliage Zinc/Aluminium et d'une gaine organique. Lors de la sortie de l'appel d'offre, aucun grillage double torsion ne pouvait être muni d'une gaine organique pour des fils de diamètre supérieur à 3,0 mm, le revêtement se fissurant lors de la torsade des fils dans la machine. ▷



8
© DDTM50/MISSION BARRAGES DE LA SELUNE



9
© DDTM50/MISSION BARRAGES DE LA SELUNE



© DDTM50/MISSION BARRAGES DE LA SELUNE



© DDTM50/MISSION BARRAGES DE LA SELUNE

Après plusieurs mois d'essais en usine, un fil de diamètre 3,4 mm a été tissé avec un revêtement organique de type PA6 (Nylon) ayant une épaisseur de 0,8 mm sur le diamètre du fil. Des tests de remplissage et de manutention ont été passés avec succès pour une utilisation sur ce chantier hors norme.

MISE EN ŒUVRE

Les travaux de mise en œuvre des gabions et matelas Reno® ont démarré au début de l'été 2017 par les casiers dans l'Yvrande et ont été assurés par le groupement d'entreprises Vinci. Un atelier de pose a été préparé, constitué de deux barges servant à stocker les gabions et à supporter la grue utilisée pour l'installation des boîtes (figure 7). Des cages de matelas Reno® de 6x2x0,3 m et de gabions de 2x1x1 m ont été utilisées pour monter les casiers. Pour accélérer les cadences de pose, les gabions ont été regroupés par 3 unités, formant ainsi des blocs de 3x2x1 m, permettant de monter les rangs inférieurs rapidement. Un palonnier a été spécialement conçu pour lever les blocs avec des crochets au droit des sangles de levage insérés

dans les gabions. Une grue disposée sur une barge, ayant une capacité de levage de 100 t et une hauteur de levage de 69 m, a été utilisée pour mettre en place les blocs.

Des plongeurs ont participé au guidage des cages à leur emplacement final et ont ensuite disposé le géotextile de filtration à l'arrière des blocs.

DRAGAGE ET VIDANGE

Le plan d'eau a été abaissé progressivement de la cote 60,50 m aux côtes 56 m, puis 54 m et enfin à la cote 52 m permettant le démarrage du curage par voie terrestre. Les figures 8 à 11 illustrent l'abaissement du niveau d'eau dans l'Yvrande avec l'émergence des casiers et le remplissage progressif en sédiments. Les opérations de dragage ont débuté au cours de l'été 2017 et se sont terminées au printemps 2018 alors que les casiers dans la Sélune étaient encore immergés et que les casiers dans l'Yvrande étaient émergés (figure 1). Près de 175 000 m³ de sédiments ont ainsi été dragués et stockés dans les casiers de retenue en gabions. La poursuite de la vidange du barrage s'est opérée à l'été 2018 avec

10- Casier 7.2 sur l'Yvrande - Plan d'eau à 52 m.

11- Confluence de l'Yvrande et de la Sélune - casier 7.1 - Niveau à 52 m.

10- Compartiment 7.2 on the Yvrande - Water level at 52 m.

11- Confluence of the Yvrande and the Sélune - compartment 7.1 - Level at 52 m.

un abaissement du plan d'eau à la cote 42 m puis à l'automne 2018 pour atteindre la cote d'assez à 28 m. Durant ces périodes de vidange, un hydro-curage naturel de la Sélune en amont du barrage a eu lieu, redonnant son caractère naturel au cours d'eau. Par ailleurs, une pêche de récupération a été réalisée permettant de pêcher près de 13 t de poissons dont 50 % de silures. Un suivi de la qualité de l'eau a également été mis en place avec des mesures physico-chimiques régulières en amont et en aval des barrages de Vezin et de la Roche Qui Boit. □

PRINCIPALES QUANTITÉS

GABIONS DOUBLE TORSION PRÉREMPLIS : 9 000 m³
MATELAS RENO® PRÉREMPLIS : 8 000 m²

PRINCIPAUX INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : DDTM de la Manche
MAÎTRE D'ŒUVRE : Antea Group - Agence Idf-Centre-Normandie
ENTREPRISE : Groupe Vinci

ABSTRACT

SEDIMENT STORAGE COMPARTMENTS IN GABIONS ON THE VEZINS DAM

ALEXANDRE PLASTRE, MACCAFERRI

As part of the vast project for ecological restoration of the Sélune River by removing the Vezin and La-Roche-Qui-Boit dams, an initial stage has been completed by dewatering the dam's reservoir by creating storage compartments for earth and river sediments. The river compartments, of total capacity 175,000 cu. m, were executed by creating several peripheral dykes of prefilled gabions placed under water by means of barge-mounted cranes and divers. The dredging and drainage operations were carried out successfully, restoring a more natural appearance to the Sélune, pending further operations. □

DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE SEDIMENTOS EN GAVIONES EN LA PRESA DE VEZINS - (50)

ALEXANDRE PLASTRE, MACCAFERRI

En el marco de amplio proyecto de renaturización del río Sélune mediante la eliminación de las presas de Vezin y La-Roche-Qui-Boit, se ha llevado a cabo una primera etapa de secado del embalse de la presa y se han creado depósitos de almacenamiento de los sedimentos terrestres y fluviales. Los depósitos fluviales, con una capacidad total de 175.000 m³, se han realizado mediante varios diques periféricos de gaviones prellenados, dispuestos bajo el agua mediante grúas instaladas en barcas, con la ayuda de submarinistas. Las operaciones de dragado y vaciado han proseguido con éxito, dando al Sélune un aspecto más natural, a la espera de las siguientes operaciones. □

SMAVIE

**POUR FIDÉLISER ET
MOTIVER VOS SALARIÉS,
PENSEZ À LEUR RETRAITE**

Vos salariés se préoccupent de leur avenir ? Aidez-les à préparer leur retraite dans le cadre de votre entreprise.

Que ce soit en épargne-retraite, santé ou prévoyance, votre conseiller SMAvie vous accompagne pour trouver le meilleur pour vos salariés et votre entreprise.

SMAvie, mon assureur pour la vie
www.smavie.fr

- ✓ Associez vos salariés à la réussite de votre entreprise avec l'épargne salariale
- ✓ Proposez leur une épargne-retraite solide et performante
- ✓ Choisissez des solutions adaptées à votre entreprise tout en allégeant vos charges*

Téléchargez notre application

SMAVIE
INFOS

*Dans les limites et conditions de la législation en vigueur.

SMA SMAvie BTPL, société d'assurance mutuelle à cotisations fixes, entreprise régie par le Code des assurances
RCS PARIS 775 684 772 - 8, rue Louis Armand - CS 71201 - 75738 PARIS Cedex 15

Document publicitaire
Sans valeur contractuelle



1
© ARTELIA

OVERVIEW OF DEEP-WATER PORT CONSTRUCTION PROCESS FOR THE HOA PHAT DUNG QUAT (HPDQ) QUANG NGAI PORT SYSTEM

AUTHORS: LY HONG LAP, ARTELIA SITE SUPERVISOR - NGUYEN VIET HA, ARTELIA SITE MANAGER - DUONG NGOC HUNG, ARTELIA PROJECT MANAGER - VU QUOC HUNG, ARTELIA PROJECT DIRECTOR - BRUNO D'ARCANGUES, ARTELIA DIRECTOR

SEA TRANSPORT HAS ALWAYS BEEN THE LEADING MODE FOR THE TRANSPORT OF GOODS AMONG COUNTRIES AROUND THE WORLD, DUE TO ITS CAPACITY FOR TRANSPORTING LARGE VOLUMES AND DIVERSE GOODS, COMBINED WITH LOW COST AND EXCELLENT SAFETY. SEA SHIPPING FACILITATES ECONOMIC EXCHANGES AMONG COUNTRIES AND REGIONS THROUGHOUT THE WORLD AND PROMOTES NATIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT. THEREFORE, THE CONSTRUCTION OF GIANT VESSELS AND INVESTMENT IN THE CONSTRUCTION OF DEEP-WATER PORTS FOR GOODS TRANSPORT STILL INTERESTS MANY COUNTRIES.

Deep-water construction where conditions of waves, wind, currents, water level, tides are frequently extreme entails a large volume of underwater work. The construction work is extremely complicated because it requires many special construction methods, uses a lot of specialised equipment and always poses chal-

lenges for investment in research on deep-water port construction. This article introduces the technologies used in the construction of Hoa Phat Dung Quat deep-water port in Quang Ngai province, with consulting and supervision performed directly by Artelia Vietnam experts throughout the construction process.

1- Construction of longitudinal beams and cross beams.

1- Construction de poutres longitudinales et de traverses.

DEEP-WATER PORTS IN VIETNAM AND WORLDWIDE

Depending on the natural conditions of the construction site, the availability of local materials and the capacity of the potential contractors, the main technologies currently used for the construction of seaports in Vietnam and worldwide are gravity based berth structure,



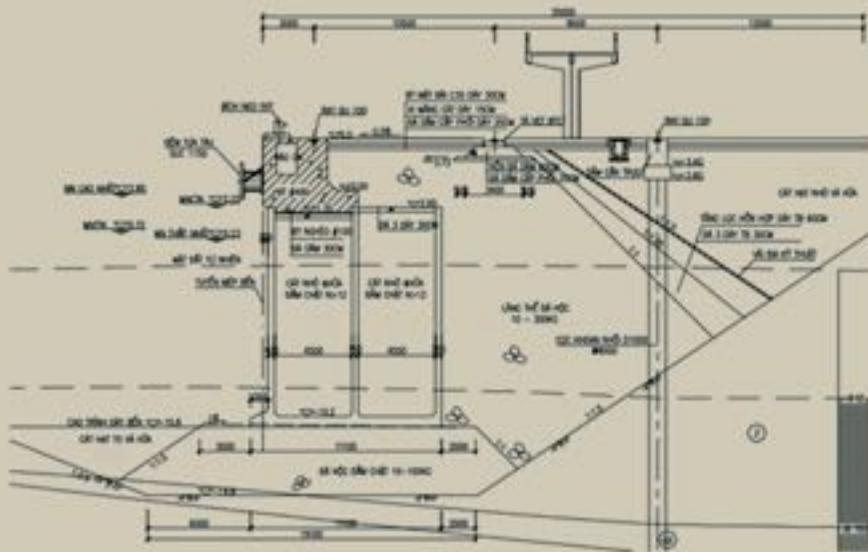
2- HPDQ port perspective.
3- Gravity based berth structure using caisson.
4- Main structure of the port.

2- Vue en perspective du port HPDQ.

3- Poste d'amarage gravitaire avec caisson.

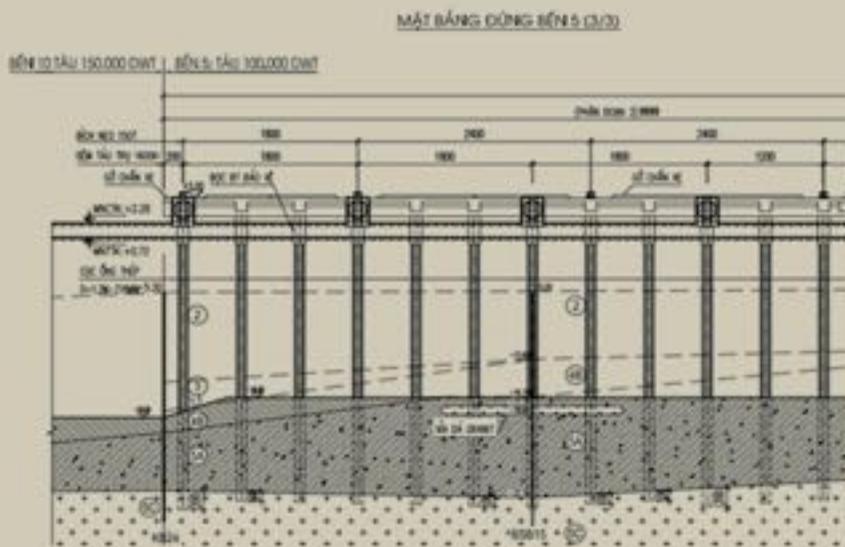
4- Structure principale du port.

GRAVITY BASED BERTH STRUCTURE USING CAISSON



3

MAIN STRUCTURE OF THE PORT



4

berth with wall sheet pile and berth on pile system.

The gravity based berth structure is mainly used at sites where there are good geological conditions with compact soil, little subsidence and a tight sandy/rocky foundation, because this structure works based on the stability of its own weight and the weight of the elements assembled on it.

Gravity based berth structures include stacking blocks, anchoring corner walls, caissons, large diameter pipes, etc. Its two main advantages are its simple structure and the fact that it does not require a crane with a large lifting capacity.

However, it requires a good geological substratum because of its eccentric load-bearing foundation and because construction requires a large quantity of materials (figure 3).

The sheet pile berth is a thin wall structure consisting of many individual piles placed close to each other in the ground; stability is provided by the in-ground piling and the face-wall anchorage system. Depending on the material used for piling (e.g., wood, steel, reinforced concrete), this type of berth has various advantages and disadvantages. The common advantage of this structure is that it reduces the volume of materials because it can make use of local materials.

Also, it is less dependent on geology than a gravity wharf.

The main disadvantages of this type of berth are that it is difficult to close the gap and prevent soil entering behind the wall. Furthermore, it is necessary to use a special sealing method, which involves a complicated construction process.

The pile port structure is a type of berth structure built on the pile system, usually with pressed/driven piles, bored piles, steel pipe piles, etc.



5



6



7



8a

This structure has the advantage of being less dependent on geology and topography, thereby minimising the quantity of material used. It is also suitable for deep-water construction since it has the ability to withstand heavy loading and ensures high stability due to pile foundation support mainly by friction around the pile and partly by resistance at the pile tip. However, the construction process requires a team of professional engineers and specialised equipment.

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES USED AT HOA PHAT DUNG QUAT DEEP-WATER PORT

INTRODUCTION CONCERNING HOA PHAT DUNG QUAT PORT

Investment in construction of the Hoa Phat Dung Quat (HPDQ) deep-water port system is essential. Not only will the HPDQ port be used for the import and export of goods for the HPDQ steel complex which is due to come into operation soon, but it is also included in the planning of Vietnam's seaport system in general (figure 2).

Natural conditions of construction site

The seabed topography of the existing channel for vessels is able to load and unload goods from Hao Hung and PTSC port vessels with a tonnage of

5- Geo-tube sand pumping and site levelling.

6- Using fully electronic station for positioning.

7- Dredge boat, 1000 cu m.

8a & 8b- Bored pile execution.

9- Placed riprap - under berth structure.

5- Pompage de sable par système Geotube et nivellement du site.

6- Poste de positionnement entièrement électronique.

7- Dragage de capacité 1 000 m³.

8a & 8b- Exécution de pieu foré.

9- Enrochement posé sous poste d'amarrage.

50,000 DWT. The Hoa Phat investor has now asked for permission to invest in the port so as to broaden and increase the existing channel depth in order to receive 200,000 DWT ships. Concerning the meteorology and hydrography,



8b



9

the construction area of Hoa Phat port is located in a bay flanked by a Dung Quat port breakwater 1.6km long and a sand protection dyke for Dung Quat shipyard. The season of storms and big waves lasts from October until the end

of January, with high storm levels (up to level 12, the highest level on Vietnam's storm scale). The construction area presents complex geological conditions, including geological layers of sand, hard clay, sandstone, orphan and massive



10a

© ARTELIA

rocks, scattered irregularly from the water area in front of the wharf, turning basin and port access areas.

In general, the natural conditions of the HPDQ port construction site are complex for the construction process in deep water with a long stormy season.

Berth structural solutions

Based on comparisons and the study of natural conditions at the construction site, the transport conditions and the demands of HPDQ Port, the pile port structure used centrifugal reinforced concrete driven piles and bored piles. Construction was carried out in

10a & 10b- Construction of longitudinal beams and cross beams.

10a & 10b- Construction de poutres longitudinales et de traverses.

deep water, and the main construction method used floating equipment (barges, pontoons, etc.) to transport materials and other equipment during the construction process.

Based on the natural conditions and the berth operation technology, solutions were developed for the berth structure: reinforced concrete quays on high pile foundation with bored piles and pressed piles, pedestal-formed independent anchor pillars (in reinforced concrete), bridges with concrete beams and deck slabs on bored piles connecting the dock berths and the wharf (figure 4). The docks comprise shore berths and berths on both cargo loading sides. The special materials used in the structure with the largest ship-loading berth (5,000 DWT) used pre-cast DHC D600

post-tensioning piles, while the remaining berths used the bored steel-wall pile technology. All the concrete used for the port is sulphate-resistant.

WORK SEQUENCE AND SURVEYING METHOD

1- Site preparation: using a geotube to pump sand for erecting a breakwater, together with levelling sand to create the foundation surface for the camp, material storage, and equipment storage for construction of main items as well as related supporting items (figure 5). ▷



10b

© ARTELIA



11

© ARTELIA

2- Measuring and site positioning:

using GPS navigation system together with a fully electronic station to establish the detailed benchmarks for overall site construction (figure 6). Underwater topography surveying echo sounder.

3- Roof dredging, water area in front of dock:

Dredging of roofs and water areas in front of wharves, and levelling of additional ground. For this phase, the contractor mostly uses a cutter suction dredger with a capacity of 30.000 cu m together with self-propelled ships of capacity 1000 cu m (figure 7).

4- Driven piles and bored piles:

in this phase, a pile driving boat, drilling boat and drilling platform were used. In order to mark pile position precisely, it is necessary to build a

subordinate benchmark system. For hanging hammers, piles will be positioned through the positioning frame. The positioning frame has a space frame structure. For gantry hammers, piles are positioned through a positioning hammer shelf (figures 8a and 8b).

5- Rock rip-rap under dock, back dock dyke:

Rock rip-rap for dock base, embankments of back dock and reverse filtration layers. In order to speed up the construction process, the contractors used two stone dumping methods simultaneously. They used cars carrying stones from the shore to the stone dumping area with excavators standing on the shore for construction. At the same time, they used barges to transport stones to the stone dumping area and the

11 & 12- Finishing the surface slab and crane installation.

13- Sand depth, vibration stone piling.

11 & 12- Réglage de la dalle supérieure et installation de grues.

13- Profondeur du sable, colonnes ballastées.

excavator on the pontoon for stone rip-rap for the dock base (figure 9).
6- Construction of longitudinal beams and cross beams: Using the crane on the pontoon to erect a working platform frame system

before installing formwork, placing steel reinforcing bars and pouring concrete (figures 1, 10a and 10b).
7- Execution of berth slabs: The deck slabs were prefabricated on the yard, transported and assembled after construction of the beams. The cast-in-place overlay would be constructed immediately after assembly of the deck slab. Fenders, bollards and rail bolts were prepared during construction of the beams and in-situ-casting of the finishing surface slab (figures 11 and 12).
8- Construction of reinforcement for the post-berth ground: Due to the iron cargoes with an extremely heavy ground loading capacity and the geological clay layer under the foundation, the investor chose a foundation reinforcement method



12



13

© ARTELIA



© ARTELIA

14

15

by stone piles and sand piles (figure 13).

9- Installation and finishing: The equipment would be brought to the dock only when the required draught has been created to receive vessels. The area before the berth must be dredged, and the reinforced footer together with fenders and bollards must be installed (figures 14 and 15).

14 & 15- HPDQ port system is finished and put into use.

14 & 15- Place portuaire HPDQ achevée et mise en service.

CONCLUSION

The construction project is in a deep-water area, where waves, wind and high tides are frequent nuisances, and with a large quantity of underwater work. Of course, it is also highly subjected to the long rainy season in Vietnam.

However, the team of professional consultants and contractors established

a suitable construction management system for each item that enabled the HPDQ deep-water seaport construction process to ensure safety and quality while meeting the schedule imposed by the client.

The project will soon be put into operation, contributing to development of the seaport network and sea transport for Vietnam's transport industry. □

MAIN QUANTITIES

TOTAL NUMBER OF BERTHS: 11

LENGTH OF LARGEST BERTH: 360m

MAXIMUM VESSEL TONNAGE ABLE TO BE RECEIVED: 200,000DWT

CHANNEL DEPTH: -21.0m

TOTAL COMPLETION TIME: 24 months

COMPLETED VOLUME UP TO JULY 2019

Work Item	Planned workload	Completed (July 2019)	Execution time
Dredging	19,394,894 cu m	9,400,000 cu m	22 months
Driven pile	1,396 piles	1,396 piles	12 months
Bored pile	1,815 piles	1,771 piles	22 months

STAKEHOLDERS

INVESTOR: Hoa Phat Dung Quat Steel JSC (HPG)

DESIGN CONSULTANT: Construction Consultation Joint Stock Company for Maritime Building (CMB)

DESIGN REVIEWER: Consultancy Company Limited of University of Civil Engineering (CCU)

CONSTRUCTION SUPERVISION CONSULTANT: Artelia Vietnam Co., Ltd (ART)

CONTRACTORS

BERTHS 1, 2, 8, 9 (DRIVEN PILE AND BERTH STRUCTURE): Son Truong Co., Ltd (STC)

BERTHS 3,4,5,6,7,10,11 (BORED PILE AND BERTH STRUCTURE): Duafat Foundation JSC (DFC)

DREDGING: Long Hai One-member Co., Ltd

IMMERSION: Deme Co., Ltd

ABSTRACT

PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROCESSUS DE CONSTRUCTION D'UN PORT EN EAU PROFONDE POUR LA PLACE PORTUAIRE DE HOA PHAT DUNG QUAT (HPDQ) QUANG NGAI

LY HONG LAP, ARTELIA - NGUYEN VIET HA, ARTELIA - DUONG NGOC HUNG, ARTELIA - VU QUOC HUNG, ARTELIA - BRUNO D'ARCANGUES, ARTELIA

Cet article dresse un panorama du processus de construction portuaire ainsi que des technologies mises en œuvre pour le port en eau profonde Hoa Phat Dung Quat au Vietnam, dans un milieu complexe en termes de topographie du fond marin, de météorologie, d'hydrographie et de géologie. Pour résoudre ces problèmes, des pieux préfabriqués en béton armé centrifugé et des pieux forés pour les travaux de pieu, des poteaux d'ancrage indépendants formant socle, ainsi qu'une superstructure formée de poutres en béton ont été retenus. Cette méthode a donné des résultats d'une qualité remarquable, en toute sécurité et en respectant le calendrier imposé par le maître d'ouvrage. Cela permettra d'aménager le réseau de ports maritimes ainsi que les transports maritimes pour l'activité de transport au Vietnam. Les travaux présentés ici ont développé quelques technologies intéressantes et peuvent servir de référence pour la construction de ports maritimes partout dans le monde. □

RESUMEN DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PUERTO EN AGUAS PROFUNDAS DE HOA PHAT DUNG QUAT (HPDQ), EN QUANG NGAI

LY HONG LAP, ARTELIA - NGUYEN VIET HA, ARTELIA - DUONG NGOC HUNG, ARTELIA - VU QUOC HUNG, ARTELIA - BRUNO D'ARCANGUES, ARTELIA

Este artículo presenta un resumen del proceso y las tecnologías de construcción utilizados para construir el puerto en aguas profundas de Hoa Phat Dung Quat, en Vietnam, que presenta unas condiciones naturales complejas de topografía del lecho marino, meteorología, hidrografía y geología del emplazamiento. Para resolver estos problemas, se ha decidido utilizar pilotes de hormigón centrifugos reforzados y pilotes perforados para la estructura, pilares de anclaje independientes en forma de pedestal y una superestructura compuesta de vigas de hormigón. Este método ofrece una excepcional calidad, al tiempo que garantiza la seguridad y el cumplimiento del calendario del cliente. Contribuirá al desarrollo de la red portuaria y del conjunto del transporte marítimo de Vietnam. La obra aquí descrita ha empleado algunas tecnologías interesantes que podrían ofrecer soluciones en la construcción de puertos en el resto del mundo. □

TRÉSORS DE NOS ARCHIVES : LES NOUVELLES INSTALLATIONS MARITIMES À BREMERHAVEN

PAR K. E. SCHONNOPP, INGÉNIEUR (BERLIN)
TRAVAUX N°21 - SEPTEMBRE 1934

RECHERCHE D'ARCHIVES PAR MICHEL MORGENTHALER



Bremerhaven est l'avant-port de la ville de Brême, dans le Land de Brême en Allemagne. C'est un port de la Mer du Nord situé sur le fleuve Weser à 50 km à l'aval de Brême. Pendant la 2^e Guerre mondiale, rattaché à Wesermünde, il fut une des bases principales de la Kriegsmarine. C'est aujourd'hui l'un des grands ports d'Europe, probablement le 7^e, Rotterdam étant le premier et Marseille entre les deux. Revenons en 1934, année de publication de l'article présenté. À titre de point de repère historique, rappelés

que, le 28 février 1933, le conseil des ministres du Reich adopte une loi qui fait d'Adolf Hitler le Führer et le chancelier du Reich. Hitler devient également le chef des armées. On fixe habituellement au 1^{er} septembre 1939 la date du début de la 2^e Guerre mondiale. Le programme d'extension de Bremerhaven a été arrêté en 1923, à une époque où il fallait accueillir les grands bateaux jaugeant 57 000 tonnes, pour une longueur de 280 m et un tirant d'eau de 12 m. Les travaux sont colossaux. Leur déroulé est décrit avec précision.

Les études géologiques et hydrogéologiques ont été conduites sans souci d'économie, pour identifier notamment le *klei* (argile en néerlandais) étanche et résistant. De nombreux essais en grand ont été réalisés, notamment pour déterminer la force portante des pieux battus (en bois) et les pompages nécessaires dans les grandes fouilles. Murs de quai, terre-pleins, écluse, forme de radoub, pont tournant, les grands travaux maritimes et fluviaux sont présents dans ce projet. Les palplanches Larssen ont été utilisées dans une quantité record pour l'époque.

ABSTRACT

TREASURES FROM OUR ARCHIVES: THE NEW MARITIME FACILITIES AT BREMERHAVEN

TRAVAUX N°21 - SEPTEMBER 1934
K. E. SCHONNOPP

Bremerhaven is the outer harbour of the City of Bremen, in the Land of Bremen in Germany. It is a North Sea port situated on the Weser River 50 km downstream of Bremen. During the Second World War, attached to Wesermünde, it was one of the main bases of the Kriegsmarine. Today it is one of the great ports of Europe, probably No. 7, Rotterdam being No. 1 and Marseille between the two. Let us go back to 1934, the year of publication of the article presented. For historical reference, remember that on 28 February 1933 the Council of Ministers of the Reich passed a law which made Adolf Hitler the Führer and Chancellor of the Reich. Hitler also became head of the armed forces. The date of the start of World War Two conventionally adopted is 1 September 1939. The programme for extension of Bremerhaven was finalised in 1923, at a time when it was necessary to receive big ships of gauge 57,000 tonnes, 280 metres long and with a draught of 12 metres. The works were colossal. The sequence of operations is described precisely. The geological and hydrogeological studies were carried out without any concern for cost cutting, notably to identify strong, watertight *klei* (Dutch word for clay). Numerous full-scale tests were carried out, in particular to determine the load bearing capacity of the driven (wooden) piles and the pumping needed in the big excavations. The project entailed major maritime and river works: dock walls, esplanades, lock, dry dock and a swing bridge. Larssen sheet piling was used in record quantities at that time. □

TESOROS DE NUESTROS ARCHIVOS: LAS NUEVAS INSTALACIONES MARÍTIMAS DE BREMERHAVEN

TRAVAUX N°21 - SEPTIEMBRE DE 1934
K. E. SCHONNOPP

Bremerhaven es el antepuerto de la ciudad de Bremen, en el Land de Bremen, en Alemania. Es un puerto del Mar del Norte situado sobre el río Weser, 50 km al norte de la ciudad de Bremen. Durante la 2^a Guerra Mundial, unido a Wesermünde, fue una de las principales bases de la Kriegsmarine. Actualmente es uno de los mayores puertos de Europa, probablemente el 7^o, con Róterdam en primer lugar y Marsella entre los dos. Volvamos a 1934, año de publicación del artículo presentado. A modo de referencia histórica, recordemos que el 28 de febrero de 1933 el Consejo de ministros del Reich adoptó la ley que convertía a Adolf Hitler en Führer y canciller del Reich, así como en jefe de las fuerzas armadas. Suele considerarse que la 2^a Guerra Mundial comenzó el 1 de septiembre de 1939. El programa de ampliación de Bremerhaven se decidió en 1923, época en que había que acoger grandes buques de 57.000 toneladas y 280 m de eslora, con un calado de 12 m. Las obras fueron colosales y su desarrollo se ha descrito con precisión. Los estudios geológicos e hidrogeológicos se realizaron sin reparar en gastos y permitieron identificar en particular el *klei* ("arcilla" en holandés) estanco y resistente. Se llevaron a cabo numerosos ensayos a escala real, en especial para determinar la capacidad de carga de los pilotes hincados (de madera) y los bombeos necesarios en las grandes excavaciones. Pantallas de muelle, terraplenes, esclusa, dique seco, puente giratorio... este proyecto ya incluía las principales obras marítimas y fluviales. Se utilizó una cantidad récord de tablestacas Larssen para la época. □

Les nouvelles installations maritimes à Bremerhaven

Par M. K.-E. SCHONNOPP, Ingénieur (Berlin).

LES travaux d'extension du port de Bremerhaven, rendus nécessaires vers 1910 par la construction de paquebots rapides aux dimensions toujours plus grandes, furent terminés en partie en 1914. Cependant, l'un des ouvrages les plus importants : l'écluse Nord, et ses ouvrages accessoires, était à peine commencé, seuls des palplanches et des pieux en bois étant déjà battus (fig. 7). Suspendus jusqu'à 1927, les travaux furent repris après modification du programme.

En effet, pour satisfaire aux exigences de la navigation moderne, les dimensions des ouvrages primitivement prévues devaient être adaptées aux dimensions des nouvelles unités existantes compte tenu de l'expérience acquise entre temps lors de la construction d'ouvrages analogues.

Voici la liste avec caractéristiques d'encombrement des plus grands paquebots du monde.

Nom du paquebot.	Br. Reg. tonnes.	Longueur mètres.	Largeur. mètres.	Tirant d'eau normal. mètres.
Majestic (ex-Dissauik).....	56 621	279,01	30,50	11,80
Leviathan (ex-Vaterland)....	54 282	276,60	30,55	12,20
Berengaria (ex-Imperator)....	52 226	269,29	29,92	11,08
Bremen.....	51 656	286,10	31,06	10,20
Europa.....	49 746	285,52	31,00	10,40
Olympic.....	46 439	259,81	28,16	10,50
Aquitania.....	45 647	264,74	29,56	11,20
Île-de-France.....	43 548	230,93	27,94	10,20
Super-Île-de-France (Normandie).....	"	"	"	"

Le programme d'extension du port de Bremerhaven, arrêté en 1923 et réalisé depuis lors, comportait (1) :

1° La construction d'un mur de quai de 1 000 mètres de longueur (profondeur des fonds au pied du mur : 15,50 m aux H. M. M.) et d'une gare maritime avec installations accessoires ; ces ouvrages furent mis en service en 1926 ;

2° La construction d'un bassin d'évolution ;

3° La construction de la nouvelle écluse « Nord » ;

4° La construction du pont-rail « Steuben » pour le raccordement de la nouvelle gare maritime au réseau existant du Chemin de fer du Reich ;

5° Le prolongement de la forme de radoub « Kaiser II ».

La figure 1 représente la situation de l'extension du port.

Parmi les ouvrages cités, le plus important est certainement l'écluse

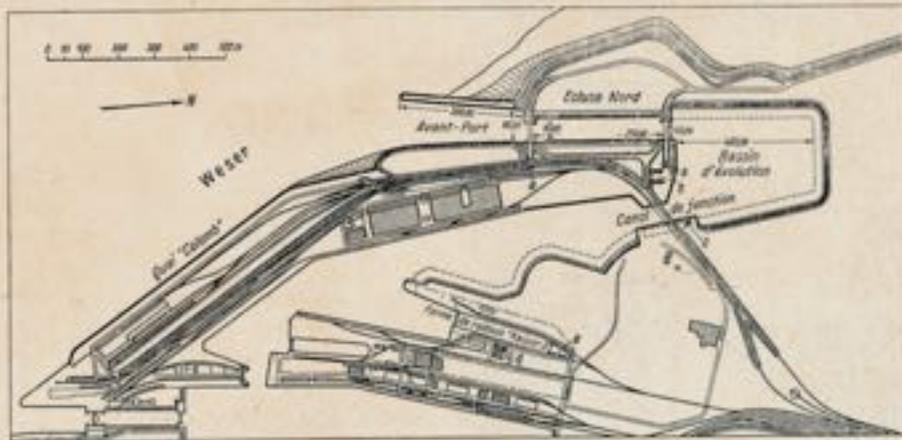


FIG. 1. — Plan de situation des nouvelles installations maritimes à Bremerhaven.

(1) Voir aussi la publication de M. A. Agatz, Directeur du port de Bremerhaven, Der Bau der Noordschleusenanlage in Bremerhaven in den Jahren 1928-1931. Berlin 1931, Verlag von Wilh. Ernst et Sohn, et en particulier l'article de M. W. Otto, ingénieur en chef des Ponts-et-Chaussées, paru dans cette publication.

« Nord » avec les ouvrages accessoires, elle présente en outre un intérêt tout particulier par le mode de sa construction.

A. Travaux préliminaires.

Avant de commencer les travaux de construction de l'écluse, des travaux préliminaires très étendus furent exécutés dans le but d'obtenir une documentation aussi complète que possible des conditions géologiques et hydrologiques dans lesquelles les ouvrages devaient être exécutés.

Recherches, Essais, Etudes. — Les travaux préliminaires se subdivisèrent en :

I. *Recherches.* — Reconnaissance du sous-sol au point de vue :

1° Géologique ;

2° Hydrologique.

II. *Essais de :*

1° Battage et de résistance de pieux ;

2° Battage et de résistance de palplanches métalliques.

III. *Etudes comparatives, concernant le :*

1° Choix de la section des bajoyers et des murs de quai ;

2° Etablissement des projets définitifs.

I. Recherches.

1° **Recherches d'ordre géologique.** — La cote du sol varie entre (+4,00) et (+5,00) (2). Seule se trouvait à la cote (-4,00) la partie où, pendant les années 1914 et 1915, on avait commencé l'excavation de la fouille de l'écluse.

La campagne des sondages de reconnaissance s'étendit sur plusieurs années. On exécuta, sur le terrain de l'écluse « Nord » 479 sondages, dont 4 de 50 mètres de profondeur, 5 de 30 mètres de profondeur et 470 de profondeurs comprises entre 15 et 25 mètres et descendant de 0,50 m à 2 mètres dans la couche très épaisse d'argile compacte qui constitue le substratum du terrain. Aucun des quatre sondages de 50 mètres de profondeur n'a d'ailleurs atteint la limite inférieure de cette argile (fig. 2).

Une partie des sondages fut exécutée dans la rivière, d'autres sur des terrains inondés lors de hautes marées (fig. 3).

La coupe géologique à l'endroit de l'écluse est représentée par la figure 4.

La succession des terrains rencontrés de haut en bas est en gros la suivante :

a) Le « Klei », argile alluviale d'une épaisseur variant de 10 à 15 mètres et de composition variable.

(2) Ces cotes se rapportent à l'échelle de Bremerhaven. Le zéro de l'échelle de Bremerhaven (Brh. N) correspond à (-2,07) du nivellement général allemand, dont le zéro est le N. N. (Normal Null).

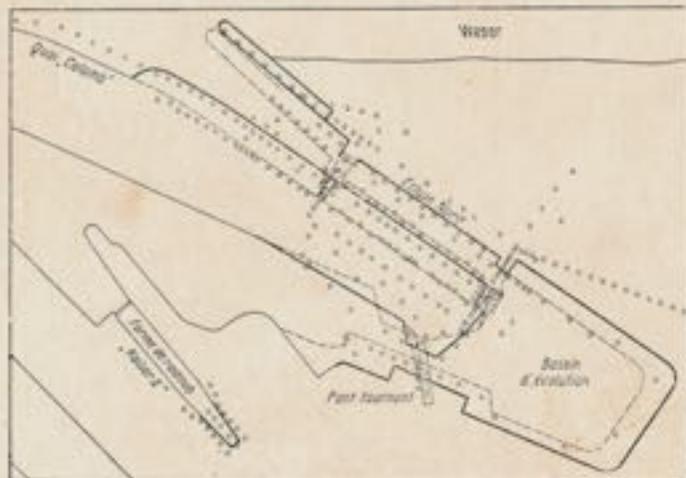


Fig. 2. — Plan de situation des sondages de reconnaissance. Les lignes en pointillé indiquent la situation des ouvrages d'après le projet primitif modifié ensuite à cause des résultats des recherches décrites.

Cette argile molle contenait, dans sa partie supérieure, des restes végétaux en grandes quantités et des filons de sable ; dans la partie inférieure, cette argile avait un aspect nettement

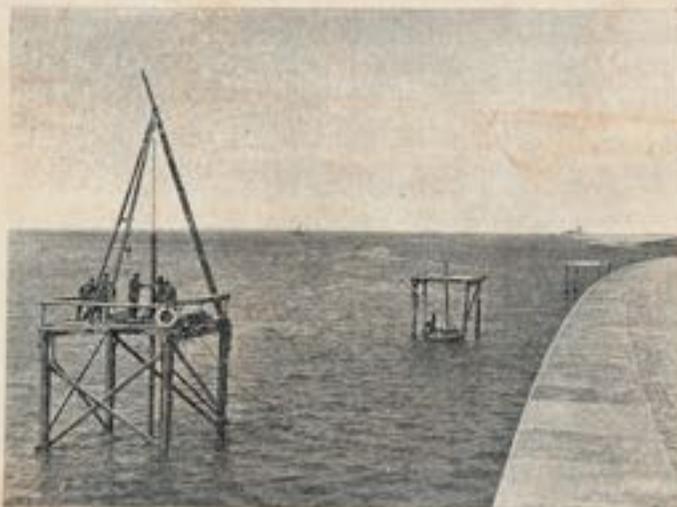


Fig. 3. — Sondages de reconnaissance exécutés dans la Weser.

feuilleté. Des lentilles de tourbe furent également constatées.

b) Le sable d'origine diluviale fut rencontré à partir de la cote (— 15,00) environ. L'épaisseur de cette couche était extrêmement variable. A quelques endroits, elle n'avait que 30 centi-

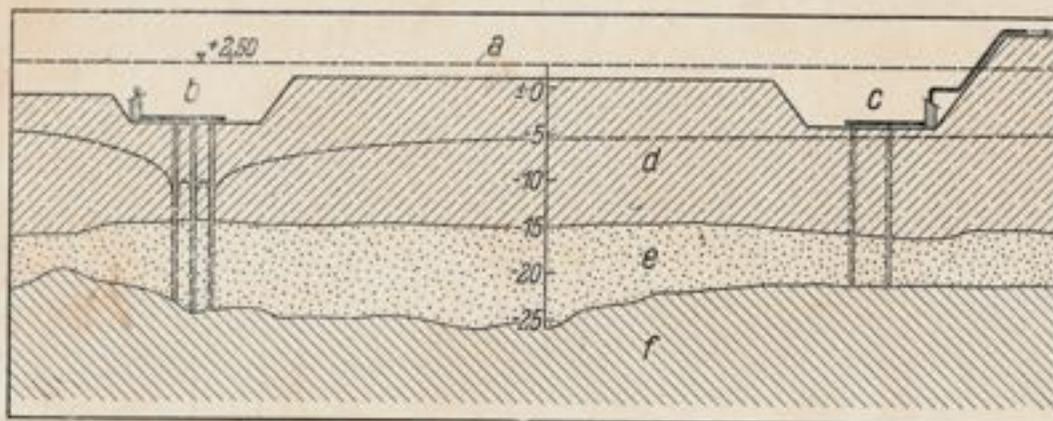


Fig. 4. — Coupe géologique dans l'axe de l'échou Nord avec installations d'essai de rabattement. a. Niveau piézométrique ; b. Installation en marche ; c. Installation hors de service ; d. Klei ; e. Sable ; f. Argile compacte.

mètres d'épaisseur ; ailleurs, on n'atteignait la fin du sable qu'à la cote (— 30,00).

Le sable n'était pas homogène. Des couches de sable fin alternaient avec des couches de gros sable et de gravier. Dans plusieurs sondages, on a même rencontré des galets de 20 centimètres de diamètre et plus.

c) L'argile diluviale, très compacte et d'une couleur grise brunâtre, jusqu'à noire.

En se basant sur les résultats des sondages, on établit des plans cotés pour chacune des trois couches et construisit des maquettes démontrant d'une façon plastique la situation géologique du sous-sol.

Ces reproductions suggestives du terrain, dans lequel les ouvrages devaient être construits ont beaucoup facilité les travaux d'établissement des projets définitifs.

Les sondages étaient exécutés avec une colonne de forage de 300 millimètres de diamètre, afin de pouvoir retirer des échantillons de terrain suffisamment importants et pour empêcher que la colonne soit obturée par des galets. A partir d'une profondeur de 30 mètres, une deuxième colonne de 200 millimètres de diamètre fut mise en œuvre.

Le rendement moyen du forage par mètre de sondage fut :

dans le Klei	de	2,80 h d'ouvrier
dans le sable	—	4,93 h —
dans l'argile compacte	—	10,80 h —
dans l'ensemble des couches	—	6,10 h —

Tous les échantillons retirés des sondages furent classés. Une série en fut mise en bocaux dont les couvercles furent fermés hermétiquement à la paraffine. Ces échantillons accusaient même après trois ans de conservation l'aspect et les qualités originales.

Deux autres séries furent envoyées aux laboratoires de Berlin et de Hanovre où des expériences furent faites — indépendamment les unes des autres — pour déterminer :

- La résistance au glissement ;
- L'angle du talus naturel des terres ;
- Le poids volumétrique ;
- Le poids spécifique ;
- Le volume des vides ;
- Les conditions de saturation ;
- L'analyse granulométrique.

La résistance au frottement du « Klei », sa résistance aux efforts tranchants et les efforts admissibles pour les ouvrages à projeter furent l'objet d'une étude très approfondie.

Il est connu que la résistance aux efforts tranchants de terrains plastiques est fortement influencée par leur teneur en eau. Il apparaît que les molécules de la matière plastique accusent une cohésion moindre si elles « gonflent » sous l'action de l'eau dans laquelle elles sont noyées.

Mises hors de l'eau, les matières plastiques séchent, accusent un retrait quelquefois très notable et crevaissent sous les efforts du retrait ; mais on sait que l'air normal ne réussit pas à faire évaporer toute l'humidité se trouvant dans le terrain plastique.

Mises de nouveau dans l'eau, les molécules plastiques, ayant des dimensions de poussière, absorbent l'eau jusqu'à un certain degré de saturation.

Les efforts capillaires sont relativement grands (plusieurs atmosphères). Il y a alors équilibre entre les efforts d'adhésion des masses, les efforts capillaires et la pression extérieure. Il en résulte que le degré de saturation est fonction de la pression extérieure et que la limite des résistances aux efforts tranchants — résistances qui, elles, sont en fonction de l'adhérence — est variable avec la pression.

Les expériences portaient, par conséquent, sur la détermination de l'adhérence et du frottement, en soumettant à des pressions différentes des échantillons de Klei ayant des teneurs en eau différentes.

Les résultats des expériences permettaient alors de fixer les valeurs de μ et K_s dans la formule :

$$T = \mu \cdot N + K_s \cdot F \text{ où :}$$

- T = résistance au glissement ;
- μ = coefficient de frottement ;
- N = pression normale sur le plan de glissement ;
- K_s = effort tranchant correspondant à l'adhérence ;
- F = surface examinée.

On trouva que les valeurs du coefficient de frottement — les résultats des deux laboratoires étant d'ailleurs concordants — variaient du simple au double pour les différents échantillons du Klei (0,38 à 0,62 pour le Klei sableux et 0,32 à 0,52 pour le Klei gras) et même du simple au quintuple pour l'argile compacte (0,13 à 0,65).

On comprend d'ailleurs les différences constatées, si l'on sait que des talus faibles de 3,5 : 1 exécutés dans le Klei se dérobaient à plusieurs endroits, surtout en temps de pluie, alors qu'en d'autres endroits le Klei de talus plus raides tenait bien. Par temps d'été, la surface du Klei était crevassée et dure (fig. 5 et 6).

On fit des expériences systématiques dans le Klei en plaçant à des points exactement repérés de petits poteaux dont les mouvements furent observés minutieusement. Il fut constaté pendant les travaux préliminaires de terrassement un mouvement de 1 centimètre par mois d'abord et plus tard même de 4 centimètres par mois.

Ces constatations furent très précieuses pour la fixation de la méthode d'exécution des ouvrages.

Les résultats des expériences faites aux laboratoires fournirent les éléments des plans représentant la « valence » des couches de terrain à différentes profondeurs d'une part et suivant les coupes principales des ouvrages à projeter d'autre part.

Pour les calculs de stabilité des ouvrages définitifs, on adopta un coefficient de frottement de :

- $\mu = 0,414$ pour le Klei en place et
- $\mu = 0,315$ pour le Klei en remblai.

Dans la couche de sable on fixa :

- $\mu = 0,6$ à $0,7$ pour un poids volumétrique de 1,8 à 2,1.

Aux endroits où la couche de sable était très peu épaisse, on était amené à se rendre exactement compte des qualités de l'argile compacte.

Entre les valeurs de μ de 0,13 à 0,65 — trouvées lors des expériences — on adopta $\mu = 0,15$ pour le premier mètre d'argile en admettant que cette zone est plus ou moins mouillée par l'eau de la couche de sable qui la surmonte.

Pour les profondeurs plus grandes de l'argile, on adopta $\mu = 0,25$.

Les dépenses totales pour les recherches d'ordre géologique se chiffèrent à 1 100 000 francs environ représentant approximativement 1/2 p. 100 du montant des travaux.

2° **Recherches d'ordre hydrologique.** — Les dégâts et les dépenses supplémentaires dus, lors de l'exécution de plusieurs grands travaux maritimes (1), à la méconnaissance des pro-



Fig. 5. — Dérobage des talus exécutés dans le Klei.

blèmes hydrauliques, auraient pu être évités en grande partie si des recherches d'ordre hydrologique et hydrostatique avaient été faites à l'époque.

A Bremerhaven, on a établi immédiatement un programme de recherches pour pouvoir se rendre compte des conditions hydrologiques et hydrostatiques du sous-sol.

La maison Siemens-Bauunion, de Berlin, fut chargée de l'exécution des sondages, des installations de rabattement et de l'étude hydrologique.

Dès l'exécution des sondages, on procéda à l'analyse d'échantillons d'eau retirés aux différentes profondeurs.

On constata que le Klei renfermait peu d'eau qui, d'ailleurs, ne sortait que très lentement ; le Klei pouvait être considéré comme pratiquement imperméable.

Par contre, la couche de sable, sous-jacente au Klei, était nettement aquifère. L'eau se révéla comme étant légèrement saumâtre et se trouvant sous une pression artésienne de l'ordre de 2 atmosphères. Le niveau piézométrique de cette nappe arté-

(1) Voir *Génie Civil* du 12 juillet 1930 ; l'article de M. K. E. Schonopp « L'abaissment de la nappe d'eau par tubes filtrants pour les fondations en terrain aquifères. » — *Bautechnik*, 1926, n° 21 et 24 ; l'article de M. K. E. Schonopp : « Gefährdete Baugruben. » — *Bautechnik* 1925, n° 25 ; l'article de M. K. E. Schonopp : « Der Eau der 3 Trockenlocks der Ned. Dok My in Amsterdam. »



Fig. 6. — Glissement des talus dans le Klei ; la surface est sèche et crevassée.



Fig. 7. — L'installation d'essai de rabattement dans la tête amont.

sienne se trouvait en moyenne à la cote (+ 2,75) (voir la fig. 4) et était influencé par les marées.

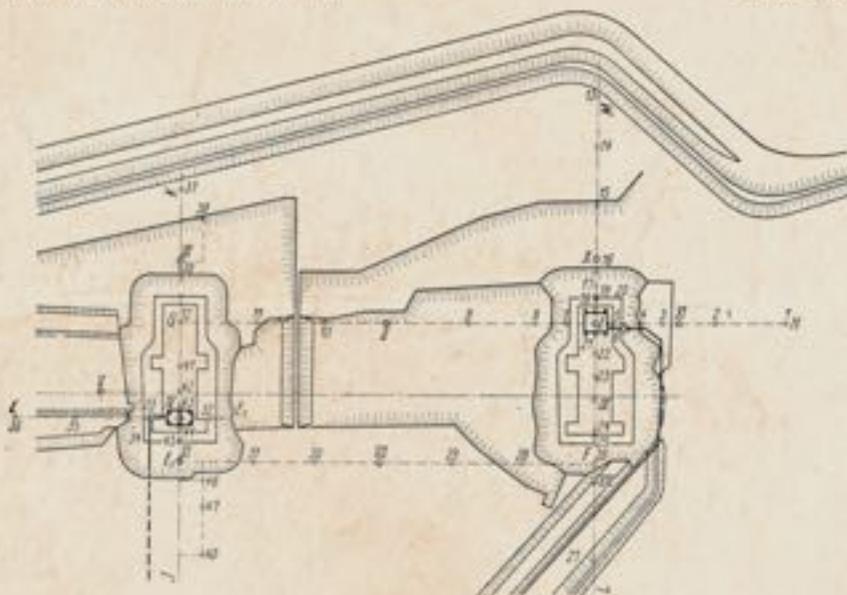


Fig. 8. — Plan de situation des installations d'essai de rabattement.

La cote de fondation des têtes d'écluse — d'après le projet primitif datant de 1912 — était prévue à (— 20,00) Brhv. N. environ.

Or, en excavant la fouille, jusqu'à cette profondeur, on ris-



Fig. 9. — L'eau artésienne sort des puits installés.

quait de faire crever le toit de Klei avant d'avoir atteint le sable. En effet, l'équilibre hydrostatique serait dérangé au moment où, pendant l'excavation dans le Klei, la couche restante de Klei représenterait une charge inférieure à celle correspondant à la pression artésienne de l'eau dans le sable.

Dans le but de déterminer les dimensions de l'installation de rabattement de la nappe aquifère, pour l'exécution de l'écluse et des autres ouvrages, on se décida à entreprendre un essai de rabattement dans le terrain même.

À l'emplacement prévu de la tête amont, on monta une installation comportant 4 puits filtrants, une conduite d'aspiration sous forme de rectangle, un groupe moto-pompe centrifuge de 150 millimètres d'orifices et la conduite nécessaire de refoulement. L'axe de la pompe et celui des conduites d'aspiration se trouvèrent à la cote (— 3,10). Une installation semblable comportant 6 puits filtrants et une pompe de 250 millimètres d'orifices fut exécutée à l'emplacement prévu de la tête aval ; l'axe de la pompe se trouvant à la cote (— 3,40) (fig. 7 et 8).

Pour la mise en place des puits filtrants, on employa des colonnes de forage de 300 millimètres, des tubes filtrants de 150 millimètres recouverts de toile métallique et un garnissage en gravier placé autour des tubes filtrants.

Tous les puits de pompage descendaient jusque dans l'argile compacte ; ils traversaient par conséquent la couche aquifère de sable dans toute son épaisseur.

Un grand nombre de puits de mesure furent répartis sur quatre axes (fig. 8). Dans les puits 1-45, les niveaux d'eau furent repérés deux fois par jour à l'aide d'un petit appareil de mesure portatif. Les puits I à XI furent équipés de marégraphes qui permettaient de suivre exactement l'influence des marées sur la nappe artésienne.

Après l'installation des puits de pompage, l'eau artésienne en sortit librement (fig. 9) jusqu'au moment où commença le pompage sur les puits raccordés aux conduites.

On pompa d'abord à la tête amont. Après, on mit en marche l'installation de la tête aval, les deux installations fonctionnant alors simultanément. La dernière phase des pompages fut caractérisée par un pompage exclusivement à la tête aval.

Les résultats des pompages, — à savoir les niveaux d'eau dans les différents puits et les débits pompés — fournirent la base de l'étude hydrologique.

La formule applicable au pompage sur plusieurs puits produisant la détente d'une nappe artésienne est la suivante :

$$Q = \frac{2 \cdot m \cdot K \cdot (H - Z)}{\text{Log}_e R - \text{Log}_e \sqrt{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}}$$

où :

- Q (en m³:s) = le débit pompé ;
- m (en m) = l'épaisseur de la couche aquifère ;
- K (en m:s) = le coefficient de perméabilité d'après Darcy ;
- H (en m) = la hauteur entre la limite supérieure de l'argile compacte supportant la nappe aquifère et le niveau piézométrique ;
- Z (en m.) = la hauteur entre la limite supérieure de l'argile compacte et le niveau d'eau dans un puits de mesure ;
- R (en m) = le rayon d'influence de la détente de la nappe ;
- x₁ x₂ x_n (en m) = les distances horizontales entre les puits de pompage et un puits de mesure ;
- n = le nombre des puits de pompage.

Les inconnues de cette formule sont K et R qu'on peut trouver en appliquant la formule deux fois pour deux puits de mesure différents.

Pour simplifier le calcul, on remplace $H - Z$ par s , la détente, et $\log_e \sqrt{x_1 x_2 \dots x_n}$ par $\log_e a$.

Il est à noter que K est indépendant du temps, tandis que R s'accroît relativement vite au commencement du pompage et ne varie que très peu après un certain temps.

On devait donc prendre soin de n'introduire dans les formules que des observations de débit et d'abaissement faites à la même heure.

Un autre point très important en vue de la détermination de H est la détermination du niveau piézométrique, c'est-à-dire du niveau de l'eau artésienne en repos et non détendue par un pompage ou une fuite quelconque.

Dans le cas présent, ce niveau devait déjà baisser pendant l'installation des puits — donc avant tout pompage — à cause de l'écoulement libre de l'eau artésienne qui sortit des puits, à partir du moment où la colonne de forage fut arrachée, le terrain et, par conséquent les têtes des puits, se trouvant au-dessous du niveau piézométrique.

On avait donc mesuré le niveau piézométrique avant le forage des puits de pompage dans des puits de mesure soigneusement exécutés.

Ce niveau fut constaté à :

- (+ 2,88) aux hautes marées ;
- (+ 2,68) aux basses marées ;
- (+ 2,76) aux moyennes marées.

Il est à noter, à titre comparatif, que les niveaux de la Weser sont les suivants :

- (+ 3,64) aux hautes marées moyennes ;
- (+ 0,32) aux basses marées moyennes ;

Les niveaux les plus hauts de la nappe ne coïncidaient d'ailleurs pas, — en ce qui concerne le moment de leur constatation — avec ceux des marées ; le déphasage s'expliquant par la distance qui séparait les puits de mesure de la rivière.

Avant le forage des puits de pompage, l'oscillation du niveau piézométrique due à l'influence des marées était de 0,20 m. Il est évident que pendant le pompage le niveau piézométrique — alors théorique — ne pouvait plus être constaté.

L'erreur, qui en résultait pour les calculs de K, pouvait être estimée à 4 p. 100 environ.

Une autre cause d'incertitude résidait dans la détermination de m , l'épaisseur de la couche aquifère.

Lors des sondages, on avait constaté que la couche sableuse avait une épaisseur variant de 0,30 m à 15 mètres.

La formule, cependant, suppose que m est constante sur toute l'étendue de la détente.

On éliminait les erreurs pouvant résulter de l'épaisseur variable de la couche sableuse, en considérant comme inconnu $m.K$ à la place de K.

Les résultats de l'étude hydrologique basée sur les observations faites lors des essais de pompage furent les suivants :

- $m.K = 0,00189$ (en moyenne).
- K (à titre comparatif avec d'autres terrains) :
0,0003 à 0,0004 m/s.
- R = 1 400 à 4 200 mètres.

La divergence dans les résultats de R n'est pas surprenante si l'on tient compte de ce qui a été dit ci-dessus sur l'influence du temps. Il s'agissait en effet toujours d'observations réparties sur toute la durée des pompages.

L'étude fit ressortir, en outre, que l'excavation de la fouille pourrait être poussée jusqu'à la cote (— 8,50) sans qu'il y ait lieu de craindre que la couche restante de Klei ne crève sous la pression de l'eau artésienne. Il suffisait, par conséquent, de prévoir pour l'installation définitive un seul étage de puits filtrants, reliés

à une moto-pompe centrifuge, dont l'axe se trouverait à la cote (— 8,50) environ.

Pour fixer les dimensions de l'installation définitive de rabattement, on adopta :

- $m.K = 0,00189$ et
- R = 2 000 mètres.

en argumentant que, même si R dépassait 2 000 mètres, l'erreur ne pourrait se traduire que par une diminution du débit. D'autre part, l'erreur du débit correspondant à un R inexact resterait dans des limites très restreintes, R figurant dans la formule sous forme de $\log_e R$.

Le débit à pomper à chaque tête, sur une surface 20 fois plus grande que celle de l'essai, se calculait à 54 l/s si la pression artésienne de l'eau dans la couche sableuse était réduite de 17,75 m jusqu'à la cote (— 15,00) aux endroits prévus pour les deux têtes. L'installation définitive de rabattement fut prévue avec 20 puits à chaque tête, en tenant compte de la longueur filtrante des puits disponibles dans la couche sableuse. Les mesures faites lors de l'exécution de ces installations justifiaient parfaitement les dimensions choisies. En effet, le débit pompé pour obtenir la détente voulue fut en moyenne de 52 l/s.

II. Essais.

Essais de battage et de résistance des pieux. — Il n'y a pas de doute que tout calcul théorique du pouvoir portant d'un pieu ne donne que des résultats douteux et d'autant plus douteux que le terrain est plus hétérogène.

Pour éliminer les inconvénients d'un calcul théorique, on procéda à des essais de battage et de résistance des pieux, essais qui furent exécutés de la manière suivante :

Sur une surface assez limitée, on battit 6 pieux en bois dont deux touchaient juste la couche sableuse de leur pointe ; deux autres pénétraient de 0,50 m dans le sable. Les deux derniers furent battus aussi longtemps que l'enfoncement sous l'action de la dernière volée de 10 coups resta supérieur à 5 centimètres, tout en ne dépassant pas — sous l'action de 2 500 kilogrammètres, — 20 centimètres pour les 3 dernières volées de 10 coups chacune.

On mesura alors les enfoncements des pieux, qui se produisaient sous des charges variant de 0 à 95 tonnes ; ces charges furent enlevées dans des délais variant de 10 minutes à 5 jours après leur pose.

Les résultats des essais se résumèrent ainsi :

Les 4 pieux des deux premières catégories n'accusèrent pas la sécurité demandée. Seuls les 2 derniers pieux furent censés avoir le pouvoir portant nécessaire. Pendant une durée de 88,5 h et sous une charge de 95 tonnes, l'enfoncement permanent était de 5,25 mm. Il n'était pas possible de vérifier si cet enfoncement était dû à ce que le pieu céda dans le Klei ou dans le sable, ou s'il était plutôt dû à une compression de la couche d'argile compacte sous la pression de la surcharge augmentée. Pendant l'exécution du mur de quai, on constata l'exactitude de la dernière hypothèse.

La déformation élastique relative des pieux et du sous-sol fut constatée à raison de 1 millimètre par 10 tonnes. Il en résulte donc qu'il est tout à fait justifié de faire les calculs d'une fondation sur pieux en appliquant la méthode d'élasticité.

Un autre groupe de pieux en bois fut soumis à des essais de traction. Pour un effort de traction de 60 tonnes, le soulèvement était de 1 millimètre.

En se basant sur les résultats des essais, on fixa les charges admissibles qui suivent :

Compression : 40 à 48 tonnes pour le cas le plus défavorable de surcharge ;

Traction : 26 à 32 tonnes pour le cas le plus défavorable de surcharge, réalisant ainsi une sécurité de 2 en chiffres ronds.

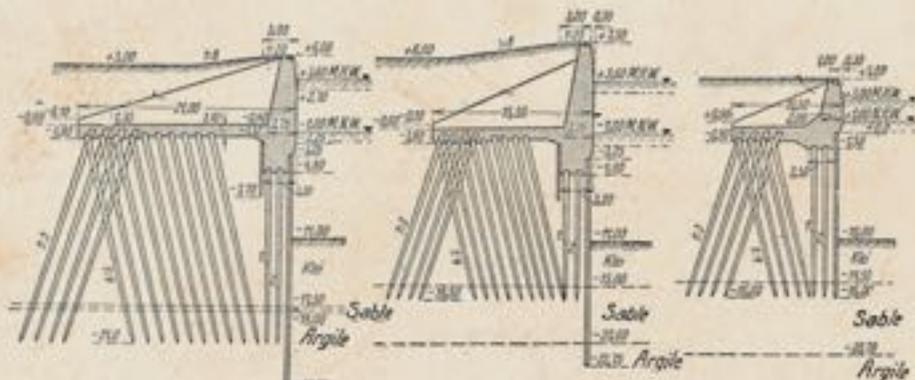


Fig. 10. — Coupes des murs de quai.

A. Pour les murs de l'avant-port ; B. Pour les bajoyers de l'écluse Nord ; C. Pour les murs du canal de jonction ;
MHW = HMM ; MNW = BMM.

Essais de battage et de résistance de palplanches métalliques. — Pour se rendre compte de la position exacte du point d'encastrement des palplanches battues en partie dans le sol, on procéda aux essais suivants :

On battit, en partie combinées par deux, des palplanches métalliques, système Larssen, type L III et L V (module de résistance : resp. 1 363 et 2 962 cm² : m. l. de paroi) jusqu'à 6,5 m environ dans le Klei. En exerçant une pression sur la partie libre de la palplanche, celle-ci fut courbée. Bien que cette disposition de l'essai ne correspondit pas en tous points à la réalité, c'est-à-dire au jeu des efforts sur l'ouvrage définitif, on put quand même

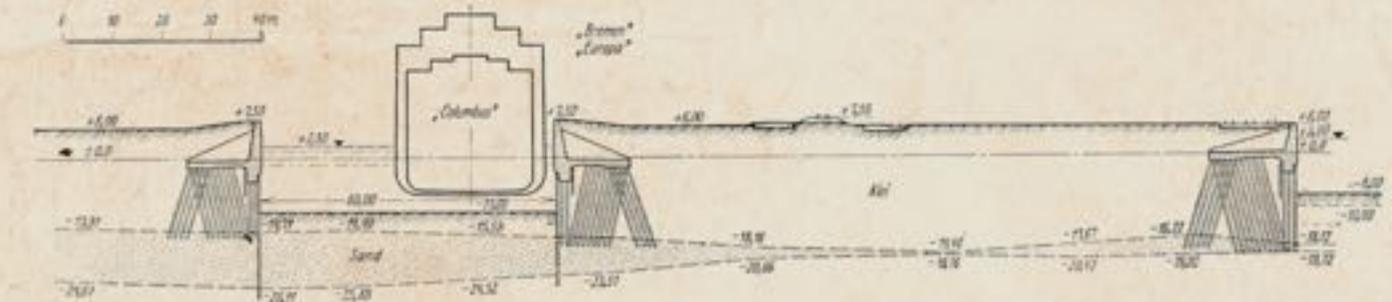


Fig. 11. — Coupe entravers du sas de l'écluse.
(Sable = Sable).

constater que le point d'origine du courbement des palplanches se trouvait de 1,20 à 1,70 m sous le terrain ; la profondeur variait avec le profil et le nombre de palplanches combinées.

III. Études.

1° Choix de la section des bajoyers et des murs de quai.

— Vu la nature du sous-sol, on limita les études aux murs de quai du type « mur sur pieux ».

Pour déterminer la section la plus économique des bajoyers et des murs de quai, section qui répond en même temps pleinement à toutes les exigences d'ordre technique, on étudia 30 types différents en les comparant aux points de vue :

- Position du rideau de palplanches ;
- Protection du rideau de palplanches contre des chocs en le plaçant en arrière du parement extérieur du mur ;
- Réduction de la longueur libre des palplanches par augmentation de la hauteur du mur en béton ;
- Choix des matériaux pour pieux et palplanches ;
- Largeur de la dalle ;
- Choix de pieux inclinés ou de pieux inclinés et verticaux ;
- Pieux travaillant à la traction ;
- Section du massif du mur.

Comme résultat des études on choisit une section ayant les caractéristiques suivantes :

- Mur proprement dit en béton armé sous forme d'équerre avec contreforts ;
- Dalle de l'équerre en béton armé reliant les têtes des pieux en bois ;
- Rideau de palplanches métalliques du côté devant du mur.

On trouva que des pieux en béton armé entraîneraient une dépense supplémentaire de 2 500 000 francs en chiffres ronds par rapport aux pieux en bois. Ces derniers avaient d'ailleurs fait leurs preuves à Bremerhaven au cours des cent ans écoulés ;

La figure 10 représente les différentes sections :

- Section A pour le mur de l'avant-port ;
— B — les bajoyers de l'écluse.
— C — le canal de jonction.

La figure 11 donne une coupe transversale du sas de l'écluse ; la figure 12 représente le plan d'armatures de l'équerre.

Le calcul des poussées des terres fut établi pour deux hypothèses :

- Plan de glissement plan, brisé ;
- Plan de glissement sphérique.

Le coefficient de sécurité admis pour le cas le plus défavorable était de 1,1 à 1,2 pour des surcharges fixes et de 1,4 à 1,6 pour des surcharges mobiles.

Les rideaux de palplanches métalliques furent dimensionnés en admettant que la déformation élastique de celles-ci ne dépasse pas celle des pieux en bois derrière le rideau et que cette défor-

mation corresponde à un taux de travail des pieux ne dépassant pas 80 kg : cm².

On prévoyait des palplanches système Larssen profils L II à L VI dans des longueurs variant de 6,5 m à 28 mètres. A tous les endroits, où les palplanches faisaient partie intégrante de l'ouvrage, on prescrivit de l'acier cuivré à raison de 0,25 à 0,35 p. 100.

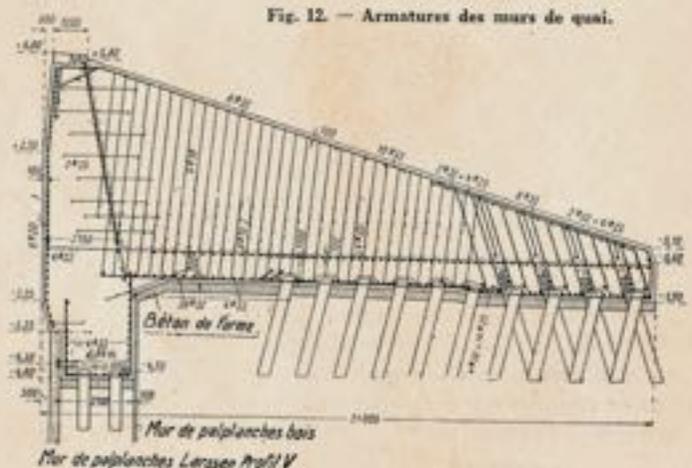


Fig. 12. — Armatures des murs de quai.

Le taux de travail des palplanches métalliques était de 2 400 kg : cm² dans le cas le plus défavorable, en appliquant un acier cuivré d'une résistance de 50 à 60 kg : mm².

Le taux de travail du béton était de 25 à 30 kg : cm²; celui des armatures 800 à 1 000 kg : cm².

Les quantités d'armatures étaient de : 52,6 à 58,2 kg : m² de béton pour les dalles, et de 34,9 à 48,3 kg : m² de béton pour le mur proprement dit et les contre-forts.



Fig. 13. — Vue d'un aqueduc de vidange et de remplissage.

Le dosage du béton était prévu à :

270 kg de ciment de laitier (Hochofenzement) marque « Weser ».
+ 45 kg de Trass du Nettetal, au mètre cube de béton.

2° **Établissement des projets définitifs.** — Les recherches et les études terminées, on établit les projets définitifs.

Les dimensions arrêtées des différents ouvrages sont les suivantes (fig. 1) :

- I. — *Avant-port* :
Longueur : 350 mètres ;
Largeur à l'entrée du port : 120 mètres
Largeur à l'entrée de l'écluse : 80 mètres ;
Fonds au pied de la jetée d'embarquement : 16 mètres au-dessous des hautes marées moyennes.
- II. — *Ecluse* :
Longueur du sas : 372 mètres ;
Largeur à l'entrée : 45 mètres ;
Largeur du sas : 60 mètres ;
Cote des seuils : 14,50 m au-dessous des hautes marées moyennes.
- III. — *Bassin d'évolution* :
Longueur : 400 mètres ;
Largeur moyenne : 240 mètres ;
Fonds dragués : 13 mètres au-dessous du niveau moyen du bassin.
- IV. — *Canal de jonction* :
Largeur : 45 mètres ;
Fonds comme sous III.
- V. — *Pont tournant* (Pont « Steuben ») :
Longueur entre les culées : 111,9 m ;
Distance entre elles des poutres principales supportant 2 voies normales, une route pour 2 files de véhicules et un trottoir unilatéral de 2,8 m de largeur : 16,2 m.
- VI. — *Bassin de jonction* :
Extension partielle : Mur d'accostage sur 300 mètres de long ;
Fonds comme sous III.
- VII. — *Prolongement de la forme de radoub « Kaiser II »* :
Longueur du prolongement : 67 mètres ;

Longueur utile de la forme après prolongement : 335 mètres ;
Largeur à l'entrée : 35,20 m.

Pour permettre au lecteur de se former une idée des dimensions citées, nous avons indiqué dans les tableaux ci-dessous, quelles sont les écluses maritimes et les formes de radoub les plus grandes du monde, en les classant par importances croissantes.

Nom de l'écluse.	Longueur utile en mètres.	Largeur à l'entrée en mètres.	Cotes des seuils en mètres.
Emden.....	260,00	40,00	13,00 aux H. M. M.
Wilhelmshaven.....	260,00	40,00	13,00 —
Beitfel.....	266,70	30,50	14,00 —
Miraflores (Canal de Panama).....	305,00	33,50	12,50 aux M. M. de l'Océan Pacifique.
Tilbury Dock (London) (Prolongement possible à 385,000).....	320,00	39,60	16,80 aux H. M. M.
Kaiser Wilhelm Kanal.....	330,00	45,00	13,70 au niveau moyen du canal.
Kruinschans (Antwerpen). Forme-entrée Saint-Nazaire (1).....	334,00	35,00	14,53 aux H. M. M.
.....	350,00	50,00	15,00 sous niveau moyen des bassins.
Bremsehaven.....	372,00	45,00	14,70 aux H. M. M.
Ymuiden Amsterdam.....	400,00	50,00	16,00 aux H. M. M.

Nom de la forme de radoub.	Longueur utile en mètres.	Largeur à l'entrée en mètres.	Cotes du seuil en mètres.
Tilbury Dock (London) (Prolongement possible à 305,000).....	230,00	34,00	12,00 aux H. M. M.
Trafalgar Dock (Southampton).....	280,00	30,50	11,00 —
Le Havre.....	313,00	38,00	15,00 —
Gladstone Dock (Liverpool).....	320,00	37,00	14,00 —
Kaiser II, Bremerhaven.....	335,00	35,20 (au radier). 41,20 (au niveau du quai).	11,00 —
Forme-entrée, Saint-Nazaire (1).....	350,00	50,00 (au radier). 53,07 (au niveau du terrain).	12,64 aux H. M. O.
U. S. A. Navy (Boston). King George V Dock (Southampton).....	360,00	38,00	11,00
.....	366,00	41,20 (largeur intérieure. 30,25)	14,35

L'implantation des ouvrages fut modifiée par rapport à celle primitivement prévue. L'axe de l'écluse fut déplacé parallèlement de 47 mètres vers l'Ouest où l'on trouva des conditions géologiques bien meilleures pour les fondations.

La profondeur des seuils des têtes fut augmentée de 1 mètre par rapport au projet primitif ; ils se trouvèrent donc à la cote (— 11,00). D'autre part, l'épaisseur du radier des têtes pouvait être réduite à 6,5 m au lieu de 9 et 10 mètres dans le projet primitif. La cote de fondation des massifs des têtes se trouva alors à (— 17,50) au lieu de (— 20,00) dans les projets antérieurs. On pouvait ainsi réaliser une augmentation de la profondeur d'eau et réduire en outre de 2,50 m l'épaisseur du radier.

Le taux de travail du lit de fondation des têtes était de 5,6 kg : cm² dans le cas le plus défavorable. Ce taux fut considéré comme d'autant plus admissible que les têtes furent fondées sur le sable et

(1) Voir Sciences et Industrie, « Construction et Travaux Publics », Février 1933 : La nouvelle forme écluse de Saint-Nazaire.

qu'elles étaient entourées par une enceinte de palplanches métalliques faisant partie intégrante de l'ouvrage et descendant jusque dans l'argile compacte. De cette manière, la couche sableuse était complètement renfermée.

Cette modification du projet des têtes entraîna une économie de 65 000 mètres cubes de béton, économie qui se traduisit non seulement par une diminution directe des dépenses, mais aussi surtout par une diminution du délai d'exécution.

Les aqueducs de vidange et de remplissage de l'écluse ne furent placés que dans les massifs des têtes; ils ont une section rec-

prescrit le battage commun de deux palplanches enfilées avant le battage — atteignait 7 tonnes pour une longueur de 28 mètres.

L'enfilage à deux des palplanches se faisait à l'usine. Après l'enfilage, on pinça le joint tous les 50 centimètres pour former ainsi des deux palplanches un élément raide.

Étant données les dimensions peu ordinaires des palplanches, on employa des sonnettes d'une construction particulièrement solide (fig. 14).

Il fallait, en moyenne, trois heures de travail pour l'enfilage et le battage d'une palplanche double, profil L VI, de 28 mètres de longueur. Aux endroits où l'on disposait d'une grue pivotante de grande hauteur pour l'enfilage des palplanches, on réussissait parfois à réaliser un rendement de 120 mètres carrés de paroi, soit 5 palplanches doubles de 28 mètres de longueur en huit heures de travail; il est vrai que ce rendement dépassait la moyenne.

Les moutons pesant de 3 à 5 tonnes furent actionnés à la vapeur; le nombre de coups étant de l'ordre de 30 à la minute.

Le nombre total de coups sur une palplanche double atteignit plusieurs fois 8 000 à 10 000.

A certains endroits, on fut obligé de battre des palplanches à travers de constructions anciennes en bois. Des pieux en bois verticaux ou inclinés et des rideaux de palplanches en bois ne formaient aucun obstacle; les palplanches Larssen dont le bout inférieur n'était d'ailleurs pas aiguilé les traversaient sans difficultés, comme on put s'en rendre compte lors de l'excavation des fouilles (fig. 15 et 16).

Comme il est déjà dit, les fouilles des deux têtes d'écluse furent entièrement entourées d'une enceinte de palplanches métalliques, pénétrant de 1,5 m dans l'argile compacte. On obtint ainsi une fouille pratiquement étanche.

L'installation de rabattement de la nappe diminuait la poussée d'eau sur les palplanches dans la mesure de ce qui a été exposé ci-avant au chapitre A.

A chacune des deux têtes, l'installation de rabattement fut montée après que l'enceinte de palplanches eut été battue et, lorsque l'excavation de la fouille eut été poussée jusqu'à la cote (— 8,00), 20 puits furent répartis sur le pourtour de la fouille à une distance entre eux de 18 à 25 mètres. On forait les puits à partir du terrain, posait leurs têtes à la cote (— 8,00) dans une tranchée

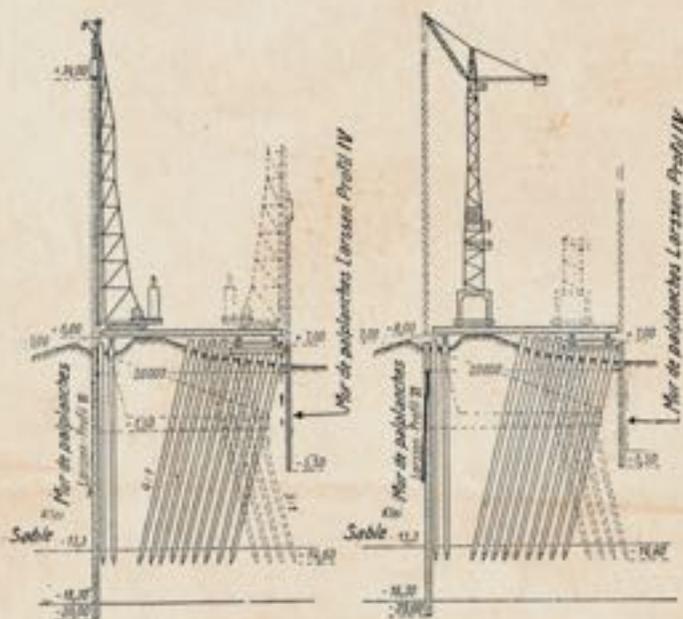


Fig. 14. — Battage de palplanches Larssen.

tangulaire, angles coupés, et s'élargissent en forme de trompe aux orifices (fig. 13). Cette section est tout à fait analogue à celle exécutée à l'écluse d'Ymuiden, la plus grande écluse du monde.

Le sas de l'écluse ne comporte pas de radier.

B. Exécution des travaux.

I. — Ecluse « Nord » et murs de quai.

Les quantités des principaux matériaux mis en œuvre furent les suivantes :

23 000 tonnes de palplanches métalliques système Larssen, profils L II à L VI en longueurs de 10 à 28 mètres ;

162 000 mètres cubes de béton armé ;
25 000 pieux en bois en longueurs de 13 à 27 mètres.

Le tonnage de palplanches Larssen est le plus important qui ait été incorporé ces dernières années dans un ouvrage maritime. Au commencement des travaux, le profil L VI ne pouvait pas encore être laminé; on employa à sa place des profils L V renforcés par des aciers plats soudés sur les faces parallèles à l'axe neutre. La soudure était parfaitement étanche et aucun inconvénient ne se fit sentir pendant ou après le battage.

Le poids d'une paire de palplanches profil L VI, — l'Administration avait



Fig. 15 et 16. — Palplanches Larssen battues à travers des pieux en bois.

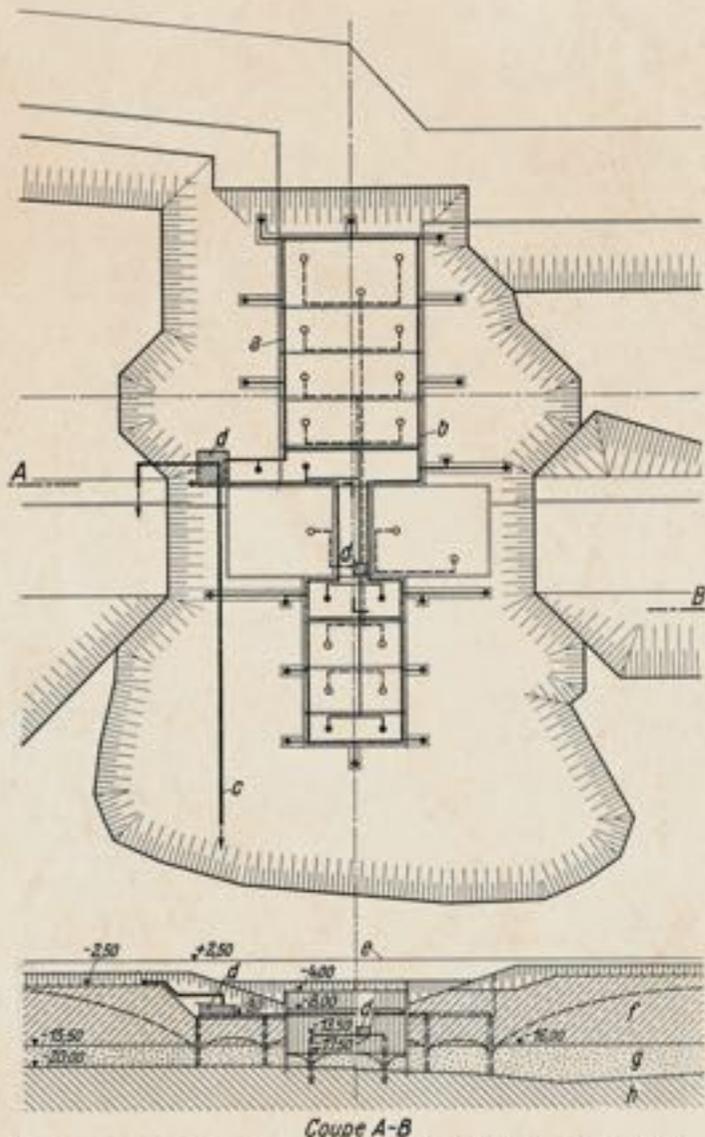


Fig. 17. — Plan de situation de l'installation définitive de rabattement à la tête aval. a. Palplanches Larssen ; b. Conduites d'aspiration ; c. Conduites de refoulement ; d. Station de pompage ; e. Niveau de la nappe abaissée ; f. Kéi ; g. Sable ; h. Argile compacte.

blindée et les raccordait, en perçant les palplanches, à la conduite principale d'aspiration qui se trouva à la cote (— 9,00) à l'intérieur de l'enceinte (fig. 17).

Pour augmenter la stabilité de l'enceinte, on subdivisa la fouille de chaque tête, ayant une profondeur de 23 mètres, en

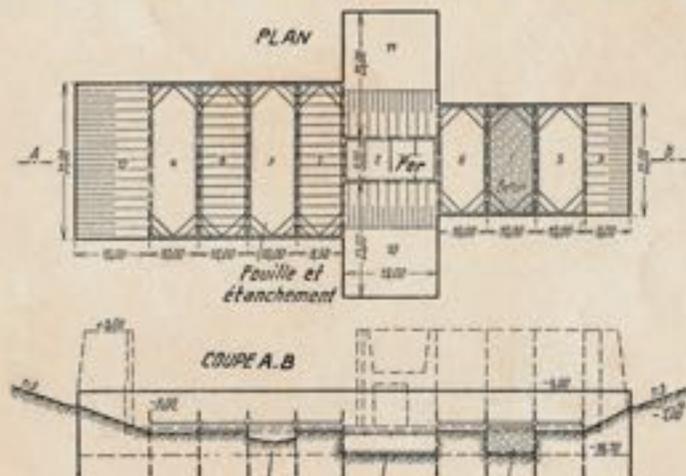


Fig. 18. — Phases d'exécution de la tête aval.



Fig. 19. — Pose des armatures dans un compartiment de la tête aval.

12 compartiments, par l'exécution de 11 rideaux transversaux de palplanches pénétrant également dans l'argile compacte.

Les différentes phases se suivaient de façon à ce qu'on travaillait simultanément dans 3 compartiments, les extrêmes étant séparés l'un de l'autre par un compartiment rempli de béton ou non encore excavé.

Selon les besoins, on installa un ou deux puits à l'intérieur de l'enceinte.

Les figures 18 à 20 montrent quel fut le mode de travail.

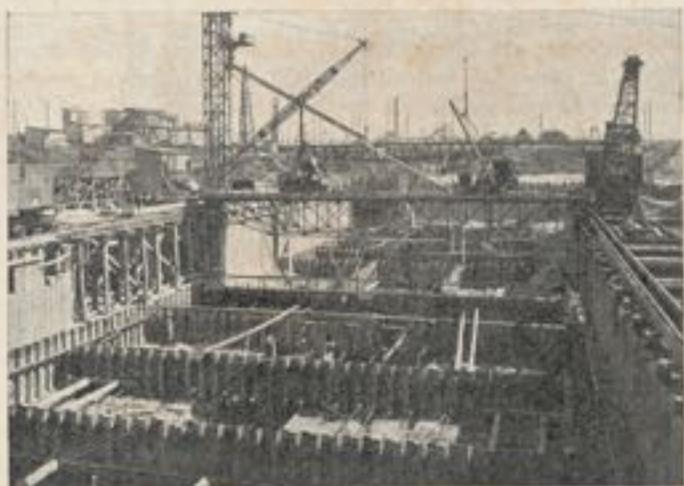


Fig. 20. — Chantier de la tête amont.



Fig. 21. — Battage des pieux pour les murs de quai.



Fig. 22. — Anciens pieux en bois abîmés par un battage trop acharné.

Pour le battage des pieux, on employa des moutons de 2 à 3 tonnes. Dans des conditions favorables, on réussit à battre 20 pieux de 22 à 24 mètres de longueur en 8 heures de travail (fig. 21).

Pour éviter une détérioration du bois pendant le battage, on limita le travail à exercer à 3 000 kilogrammètres pour les pieux de 32 à 35 centimètres de diamètre en leur milieu et 4 000 kilogrammètres pour des pieux ayant 40 centimètres et davantage. En outre, on avait prescrit d'arrêter le battage dès que l'enfoncement pendant 3 volées consécutives était inférieur à 20 centimètres. De cette manière, on réussit à faire pénétrer les pieux — y compris leurs pointes — de 1,0 à 1,50 m dans la couche de sable.

Les figures 22 et 23 montrent bien les conséquences fâcheuses



Fig. 24. — Scie électrique.



Fig. 25. — Armatures de la dalle des murs de quai.



Fig. 23. — Anciens pieux, en bois abîmés par un battage trop acharné.

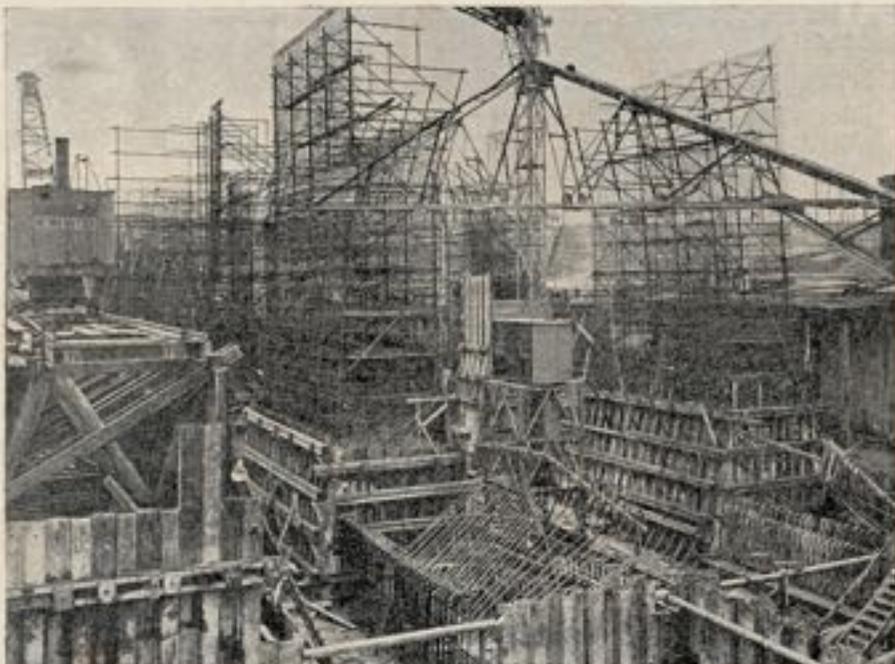


Fig. 26. — Bétonnage de l'enceinte de la tête amont.

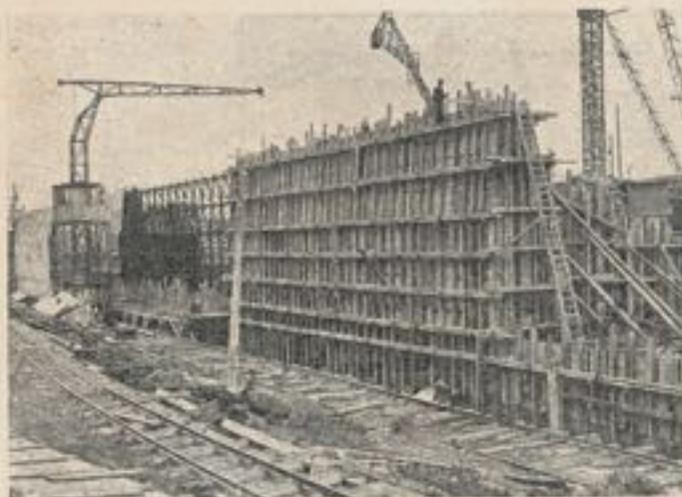


Fig. 27. — Coffrage des bajoyers.

d'un battage trop acharné ; il s'agit là de pieux d'une ancienne fondation qui fut mise à nu pendant les travaux.

Avant la pose des armatures, on coupa les têtes des pieux avec des scies électriques (fig. 24). La préparation des têtes de pieux et la pose des armatures de la dalle des murs de quai sont représentées à la figure 25.

Les figures 26 à 28 donnent une idée de l'exécution des massifs des têtes et des bajoyers de l'écluse ; la figure 26 est rendue particulièrement intéressante par la vue des échafaudages métalliques qui servaient d'appui pour les armatures et en même temps pour les coffrages. Grâce à ce dispositif, il était possible de bétonner les blocs des massifs sans interruption et d'une seule pièce.

II. — Pont tournant (Pont « Steuben »).

L'exécution de ce pont ne présentait pas de difficultés particulières.

La fouille pour la fondation du pivot, formée par un caisson



Fig. 28. — La face côté terre des murs de quai terminés.

en palplanches métalliques, fut asséchée par une installation de puits filtrants (fig. 29). La cote de fondation se trouvait à $(-15,00)$ (fig. 30).

III. — Prolongement de la forme de radoub « Kaiser II ».

Par des procédés analogues à ceux employés pour la construction des têtes de l'écluse Nord, le prolongement put être exécuté à

l'abri de palplanches métalliques ; on divisa également la fouille en plusieurs compartiments.

Pour le rabattement de la nappe, il fallait tenir compte du fait que la forme existante avait un certain nombre de fissures. On attacha, par conséquent, une importance spéciale à ce que la nappe fût également abaissée sous le radier, de façon à ce que l'ouvrage existant fasse les mêmes mouvements que le nouvel ouvrage pendant l'abaissement et la remontée de l'eau. Le rabattement devait donc être poussé jusqu'à la cote $(-15,50)$ dans

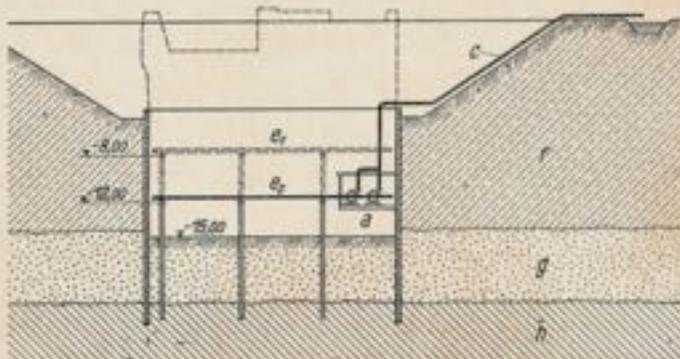


Fig. 29. — Plan de situation de l'installation de rabattement pour la fondation du pont tournant.

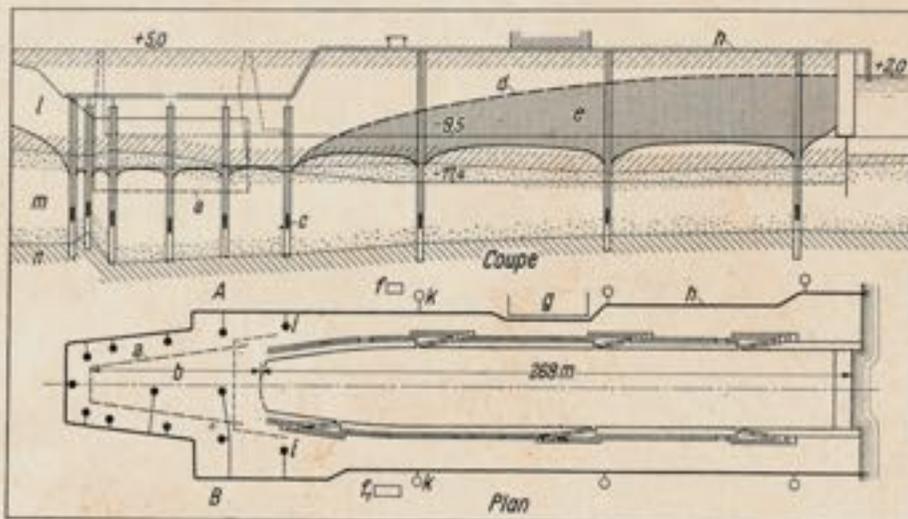
a. Station de pompage ; b. Pivot ; c. Conduite de reboisement ; d. Axe du pont ; e₁. Etage supérieur de rabattement ; e₂. Etage inférieur de rabattement ; f. Klei ; g. Sable ; h. Argile compacte.

la fouille des travaux de prolongement et jusqu'à la cote $(-10,00)$ sous la forme existante. Pour éviter des travaux onéreux de terrassement derrière l'ouvrage existant, on choisit une installation de puits profonds avec des groupes moto-pompes immer-



Fig. 30. — Fouille pour la fondation du pont tournant.

Fig. 31. — Plan de situation de l'installation de rabattement pour le prolongement de la forme de radoub « Kaiser II ».
a. Palplanches Larsen; b. Prolongement de la forme (83 m.); c. Pompes immerisibles; d. Niveau de la nappe abaissée sans puits supplémentaires; e. Diminution de la pression de l'eau produites par les puits supplémentaires; f. Station de surveillance des pompes immerisibles; g. Poste de Transformation; h. Station de vidange de la forme; i. Conduite de refoulement; j. Puits avec pompes immerisibles; k. Puits supplémentaires; l. Klei; m. Sable; n. Argile compacte.



sibles Siemens. Une telle installation avait, en outre, l'avantage de permettre la disposition pour la plus grande partie des puits en dehors de la fouille; les travaux proprement dits ne furent guère gênés par conséquent par la présence de tuyauteries.

Pendant le fonctionnement de l'installation, on s'aperçut que la perméabilité des couches de sable était inférieure à celle constatée lors de la construction de l'écluse Nord, et cela à cause d'une teneur plus grande en argile. On fut donc obligé d'installer deux puits supplémentaires à l'intérieur de l'enceinte de palplanches. L'installation complète comprenait alors 19 puits filtrants de 350 millimètres de diamètre munis chacun d'un groupe moto-pompe immerisible. 13 des 19 puits effectuaient l'abaissement dans la fouille pendant que les 6 autres puits étaient nécessaires pour l'abaissement sous la forme existante (fig. 31). La partie hachurée de cette figure représente la diminution de la pression d'eau contre le radier de la forme existante, diminution par rapport à la situation qui aurait régné s'il n'y avait eu des puits qu'à l'endroit du prolongement de la forme.

Les figures 32 et 33 donnent une idée des travaux de prolongement de la forme. Sur la figure 33, on aperçoit les étrépillons métalliques de 30 mètres de longueur entre les deux rideaux de palplanches.

Les travaux pour les nouvelles installations maritimes de Bremerhaven furent confiés à plusieurs entreprises par la voie d'adjudication; ils furent terminés dans les délais prescrits.

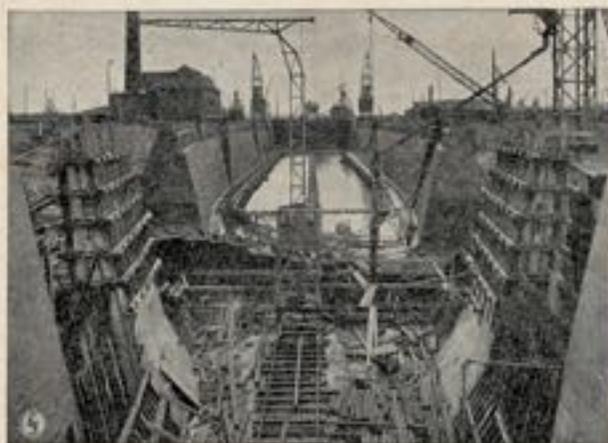


Fig. 32. — Travaux de prolongement de la forme de radoub « Kaiser II ».

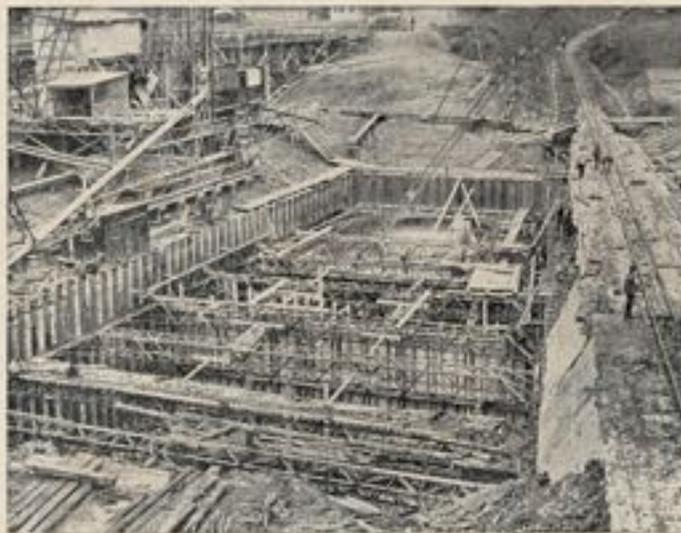


Fig. 33. — Bétonnage de la forme prolongée.

PRO BTP LE MEILLEUR DE LA PROTECTION SOCIALE

SANTÉ
PRÉVOYANCE
ASSURANCES
RETRAITE
ACTION SOCIALE
VACANCES



PRO BTP
GROUPE

Engineering a Better Solution

Depuis 140 ans, le Groupe Maccaferri apporte à ses partenaires sa capacité d'innovation dans la réalisation d'ouvrages de haute technicité et d'une exceptionnelle longévité, sous la devise «Engineering a Better Solution».

Le **Matelas Reno®** doit son nom aux premiers ouvrages hydrauliques réalisés sur le fleuve Reno près de Bologne en Italie par le Groupe Maccaferri. 140 après, suite à de nombreuses évolutions et innovations, nos solutions continuent de protéger les populations et les infrastructures contre les inondations.

MACCAFERRI

140
1879-2019



En haut : protection des berges sur le fleuve Reno, Bologne, Italie

En bas : protection des berges du Vidourle (Gard/Hérault, France)

Ouvrages réalisés en Matelas Reno®