

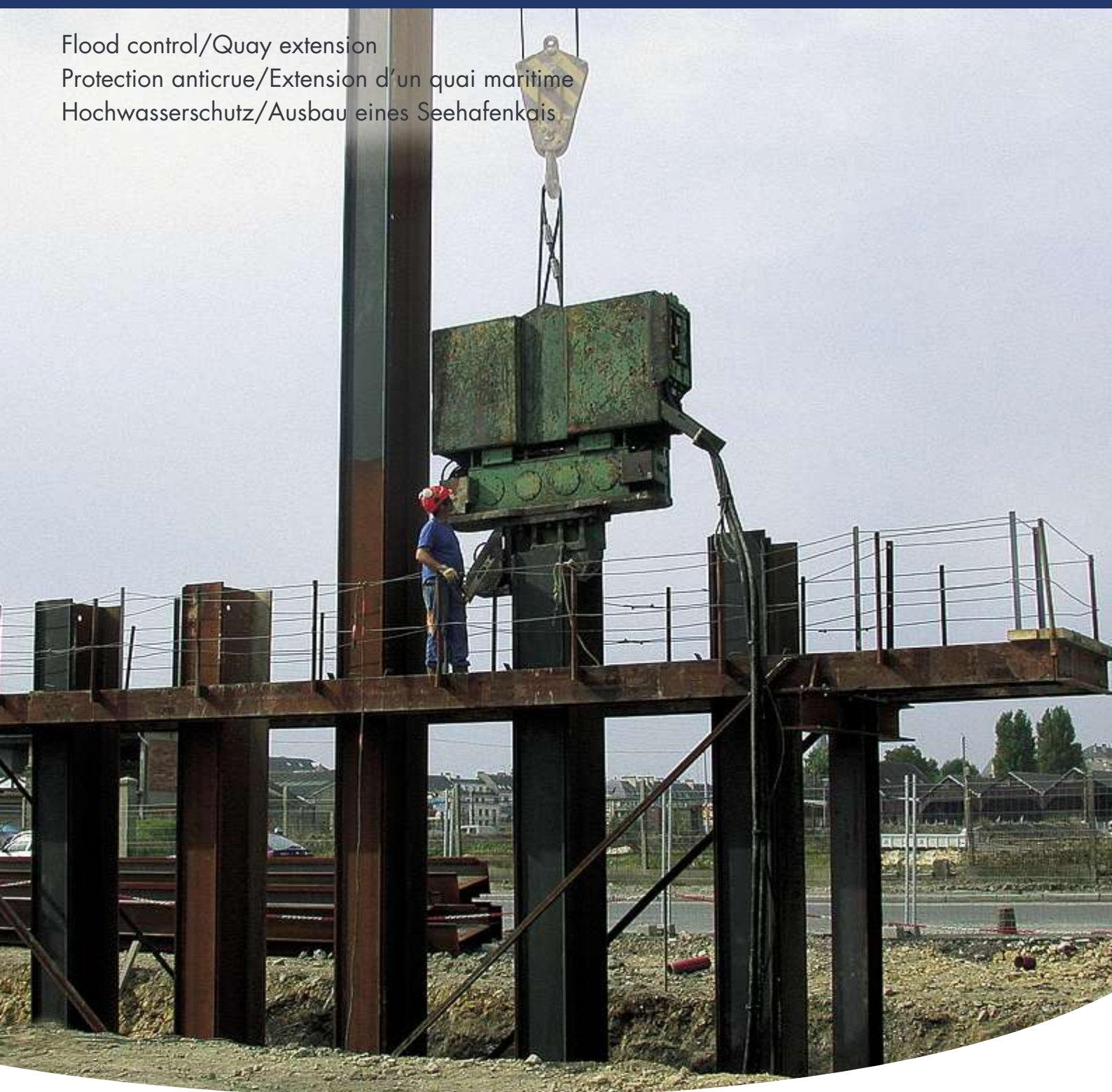
Caen & La Rochelle - France

Steel sheet pile wall/Rideau de palplanches/Stahlspundwände

Flood control/Quay extension

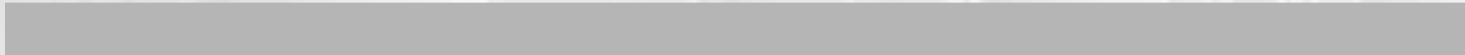
Protection anticrue/Extension d'un quai maritime

Hochwasserschutz/Ausbau eines Seehafenkais





CAEN & LA



ROCHELLE

Introduction

HZ/AZ combined wall systems are being used in ever increasing numbers in France. They are a very cost-effective alternative to more traditional systems. And in addition to the cost aspect, the inherent advantages of the steel wall system and its installation (reduced storage area, installation in all weathers, good absorption of dynamic forces, bearing capacity of HZ piles) are often decisive in the choice of this technique.

In the following pages we give some details on two projects which, each in their own way, illustrate the positive contribution combined walls made to two different large infrastructure projects:

- The flood-control scheme for the greater Caen area (Normandy), where sheet piles and HZ/AZ systems played a leading role in achieving project objectives;
- The new Forestion terminal at the port of La Rochelle (Atlantic coast), where the high section moduli of the HZ/AZ combined wall system were put to good effect to hold back unstable soil.

Introduction

En France, l'utilisation des parois combinées HZ/AZ est de plus en plus fréquente. Cette solution offre une alternative très économique aux moyens plus traditionnels. Outre cet aspect, les qualités propres à la mise en œuvre des parois métalliques (aire de stockage réduite, mise en œuvre par tous temps, bonne absorption des efforts dynamiques, capacité portante des éléments HZ) sont souvent déterminantes dans le choix de cette technique.

Nous vous détaillons ci-après deux chantiers qui illustrent, chacun à leur manière, l'apport déterminant des parois combinées dans deux grands projets différents :

- le dispositif anticrue de l'agglomération caennaise, où les palplanches et les systèmes HZ/AZ ont tenu une part prépondérante dans la réalisation des objectifs fixés;
- le nouveau terminal Forestion au port de La Rochelle où la paroi combinée HZ/AZ a, grâce à ses modules élevés, permis la retenue de sols instables.

Einleitung

In Frankreich kommen kombinierte HZ/AZ Spundwandsysteme immer häufiger zum Einsatz. Entscheidend für die Wahl dieser Technik, die gegenüber herkömmlichen Bauweisen eine sehr wirtschaftliche Alternative darstellt, sind oftmals die charakteristischen Vorzüge von Stahlspundwänden beim Einbringvorgang (relativ kleine Lagerfläche, Einbau bei jeder Witterung, gute Aufnahme von dynamischen Beanspruchungen, gute Tragfähigkeit der HZ-Profile).

In folgender Fallstudie werden zwei Bauvorhaben vorgestellt, die den entscheidenden Beitrag kombinierter Spundwände bei zwei unterschiedlichen Großprojekten aufzeigen:

- Das Hochwasserschutzsystem des Großraums Caen an der frz. Nordseeküste, bei dem Spundbohlen und HZ/AZ Kombiwände maßgeblich zum Erreichen der Zielvorgaben beitrugen;
- der neue Terminal Forestion im Hafen von La Rochelle, am Atlantik, dessen kombinierte HZ/AZ Spundwand dank ihrer hohen Widerstandsmomente das instabile Erdreich abzustützen vermochte.

CAEN

Flood control

Long exposed to repeated flooding, sometimes at least partly due to high spring tides, Caen and its conurbation have developed a vast project to considerably reduce devastating damage.

The people of Caen still remember the 1990 ten-year flood which, in the space of ten days, saw some 80 million cubic metres of water break the river banks and flow through the streets, with peak flow rates of $385 \text{ m}^3/\text{s}$. Worse still was the 1995 thirty-year flood, lasting 21 days, with a volume of 155 million cubic metres and a peak flow of $450 \text{ m}^3/\text{s}$. Not to mention the 100-year flood of 1926, when in 23 days a total of 260 million cubic metres flooded the town with peaks of $625 \text{ m}^3/\text{s}$. It is frightening to think of the economic consequences such flooding would have today.

La protection anticrue

À la merci des crues répétitives liées parfois à la forte influence des grandes marées, Caen et ses environs ont imaginé un vaste projet pour réduire considérablement les effets dévastateurs des inondations.

Les habitants de Caen ont encore en mémoire la crue décennale de 1990 avec son débordement d'un volume de 80 millions de m^3 en dix jours et son débit de pointe de $385 \text{ m}^3/\text{s}$. Pire, sur vingt et un jours, la crue trentennale de 1995 avait un volume de 155 millions de m^3 avec un débit maximum enregistré de $450 \text{ m}^3/\text{s}$. Que dire de la crue centennale de 1926 qui, en vingt-trois jours, atteignit 260 millions de m^3 débordés et un débit de $625 \text{ m}^3/\text{s}$ par moment ? On imagine à peine les dégâts économiques qui en résulteraient à notre époque.

Hochwasserfreilegung

Die französische Stadt Caen und ihr Umland, die immer wieder Hochwasserereignissen, zuweilen in Verbindung mit starken Springfluten zum Opfer fielen, entwarf ein groß angelegtes Projekt, um die zerstörerischen Folgeschäden der Überschwemmungen deutlich zu mildern.

Das 10-jährliche Hochwasserereignis von 1990 mit einem Volumen von insgesamt 80 Millionen m^3 in zehn Tagen und einer Abflussspitze von $385 \text{ m}^3/\text{s}$ ist den Bürgern von Caen noch in lebhafter Erinnerung. Noch ärger traf sie das 30-jährliche Hochwasser von 1995, das sie drei Wochen lang mit einem Volumen von 155 Millionen m^3 und einem Höchstabfluss von $450 \text{ m}^3/\text{s}$ in Mitleidenschaft zog. Ganz zu Schweigen vom Jahrhunderthochwasser im Jahre 1926, das ein Volumen von 260 Millionen m^3 in dreiundzwanzig Tagen erreichte und in einem zeitweisen Abfluss von $625 \text{ m}^3/\text{s}$ gipfelte. An die wirtschaftlichen Folgeschäden, die ein solches Ereignis heute nach sich ziehen würde, wagt man gar nicht zu denken !

Project

A total of thirteen municipalities are exposed to a major risk of flooding. With the support of higher regional authorities, they set up a special flood-control board (Syndicat Mixte de Lutte contre les Inondations de la Vallée de l'Orne et de son Bassin Versant) to examine and implement solutions. The board, which includes representatives from the regional General Council (Conseil Général) and the Greater Caen District, supervises work under a financial partnership with the State, the Region, and the water board (Agence de l'Eau). From 1997 to 1999, the flood-control board had a vast study carried out, examining 12 different approaches.

THE SIX SCENARIOS INVESTIGATED WERE

- The 100-year flood, such as that of 1926.
- The thirty-year flood, such as that of 1995.
- A 290 m³/s flood (probability of 1 in 5 every year).
- The 30-year flood + high tide (coefficient of 110 on a scale of 20 to 120).
- Small flood of 200 m³/s + exceptionally high tide.
- Small flood of 200 m³/s + moderate tide.

One method involved a physical scale model which was used to study the layout, size, and operation of the Maresquier wasteway. The second method was a computerized numerical model which was used to carry out simulations on the relevant reaches of the Orne river valley; it served to calculate water levels and the direction of the current at more than 13,000 locations. Before a works programme taking account of costs and effects on the ecosystem was chosen at the end of 1999, an environmental impact study was carried out to determine the effects of the proposed scheme and the compensatory measures to be taken. In 2000, the public enquiry required by law confirmed the advisability of the project. After design finalization, works began in the first half of 2001 and have been completed 2003.

Le projet

Au total, treize communes sont concernées par ce risque majeur. Avec l'appui des autres collectivités territoriales, elles ont constitué le Syndicat mixte de lutte contre les inondations de la vallée de l'Orne et de son bassin versant. Cette structure, qui réunit le Conseil Général et le District du Grand-Caen, pilote l'opération avec le partenariat financier de l'État, de la Région et de l'Agence de l'eau. De 1997 à 1999, ce syndicat a diligenté une vaste étude comprenant douze pistes de réflexion.

SIX SCÉNARIOS ONT ÉTÉ TESTÉS

- Une crue centennale type 1926.
- Une crue trentennale type 1995.
- Une crue de 290 m³/s (1 risque sur 5 chaque année).
- Une crue trentennale + un coefficient de forte marée de 110.
- Une petite crue de 200 m³/s + une marée exceptionnelle.
- Une petite crue de 200 m³/s + une marée moyenne.

Pour étudier ces différentes hypothèses, deux méthodes ont été employées. Une maquette, modèle physique, a permis d'étudier l'aménagement, le dimensionnement et le fonctionnement de l'ouvrage du Maresquier. Un modèle numérique sur ordinateur a permis de réaliser des simulations sur le secteur concerné de la vallée de l'Orne. Il a permis de calculer les hauteurs d'eau et la direction du courant en plus de 13 000 points. Avant le choix, fin 1999, d'un programme de travaux tenant compte des coûts et de l'influence sur l'écosystème, une étude d'impact sur les aménagements projetés et sur les mesures compensatoires a été effectuée. En 2000, une enquête publique, procédure prévue par la loi, est venue conforter le projet. Après finalisation, le lancement des travaux a eu lieu au premier semestre 2001, pour s'achever début 2003.

Das Projekt

Von dieser extremen Hochwassergefahr sind insgesamt dreizehn Gemeinden betroffen, die mit der Unterstützung diverser Gebietskörperschaften den Zweckverband zur Bekämpfung von Überschwemmungen im Orne-Tal und in dessen Einzugsgebiet gründeten. Dieser Verband, in dem sowohl der Generalrat des Départements als auch der Stadtverband des Großraums Caen vertreten sind, steuert die Maßnahme mit der finanziellen Unterstützung des Staates, der Region und des Wasserwirtschaftsamtes. In den Jahren 1997 bis 1999 gab der Zweckverband eine breit angelegte Studie mit insgesamt zwölf Untersuchungsansätzen in Auftrag.

FOLGENDE SECHS SZENARIEN WURDEN IM RAHMEN DIESER STUDIE UNTERSUCHT

- Ein 100-jährliches Hochwasserereignis vom Typ 1926.
- Ein 30-jährliches Hochwasserereignis vom Typ 1995.
- Ein Hochwasserabfluss von 290 m³/s (eine 5-jährliche Gefahr).
- Ein 30-jährliches Hochwasserereignis + eine starke Flut, die laut frz. Skala einem Gezeiten-Koeffizient von 110 entspricht.
- Ein kleines Hochwasser von 200 m³/s + eine außergewöhnliche Flut.
- Ein kleines Hochwasser von 200 m³/s + eine mittlere Flut.

Zur Untersuchung dieser Hypothesen kamen zwei Methoden zum Einsatz: An Hand eines physikalischen Modells konnten Ausgestaltung, Bemessung und Funktionsweise der Hochwasserentlastungsanlage Le Maresquier experimentell erforscht werden, während ein numerisches Computermodell Simulationsrechnungen für den betroffenen Bereich des Orne-Tals erstellte, die Wasserstandshöhen und Strömungsrichtung an mehr als 13 000 Punkten ermittelten. Dem 1999 getroffenen Beschluss eines Bauprogramms, das sowohl den Kostenaspekt als auch die Einwirkungen auf das Ökosystem berücksichtigt, ging eine Umweltverträglichkeitsstudie über die geplanten Einrichtungen und die entsprechenden ökologischen Ausgleichsmaßnahmen voraus. Die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens gesetzlich vorgeschriebene öffentliche Anhörung im Jahre 2000 untermauerte schließlich das Projekt. Nach den abschließenden Planungsarbeiten im ersten Halbjahr 2001 setzten die Baumaßnahmen ein und wurden Anfang 2003 abgeschlossen.

CAEN

2. Objectives and costs

The objective of the project is to appreciably reduce flood levels, but in so doing to preserve the environment and make no change to the ecological balance of the Orne river and estuary. Given the layout of the site, the principle of the scheme is not to hold water back but, conversely, to facilitate its passage so as to lower water levels upstream (Louvigny area). Another major component of the project consists in discharging part of the flood inflow through the shipping canal, for studies showed that reshaping of the river channel would result in only minor improvements for a very high cost. The total cost of the project (design, works, and land purchase) was estimated at more than € 1,180,000 (excl. VAT). The operation was funded as follows: Flood-Control Board 40% (20% Conseil Général + 20% Greater Caen District), State 20%, Region 10%, Water Board 30%.

Les objectifs et les coûts

Le but recherché est d'abaisser sensiblement le niveau des crues tout en respectant l'environnement et en ne modifiant pas l'équilibre écologique de l'Orne et de son estuaire. Compte tenu de la configuration des lieux, le principe est de ne pas stocker l'eau, mais au contraire de faciliter son passage pour abaisser les niveaux en amont (secteur de Louvigny). L'autre idée forte du projet consiste à évacuer une partie des débits de crue par le canal maritime. En effet, les études ont montré que le recalibrage du lit de l'Orne n'apporterait que de très faibles améliorations pour un coût très élevé. La dépense totale (études, travaux et acquisitions foncières) est estimée à plus de 1 180 000 € HT. La participation au financement de l'opération est répartie comme suit : Syndicat mixte 40 % (20 % Conseil Général + 20 % District du Grand-Caen), État 20 %, Région 10 %, Agence de l'eau 30 %.

Zielsetzungen und Kosten

Die Zielsetzung bestand darin, eine deutliche, aber umweltschonende Senkung des Hochwasserstandes ohne Eingriff auf das ökologische Gleichgewicht des Orne und seines Mündungsgebietes zu erreichen. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten kam der Grundsatz zum Tragen, das Wasser nicht etwa zurückzuhalten, sondern sein Abfließen zu erleichtern, um den Wasserstand so im flussaufwärts gelegenen Sektor von Louvigny abzusenken. Ein weiteres Grundprinzip des Vorhabens bestand darin, einen Teil des Hochwasserabflusses über den Seekanal abzuleiten. Die vorangehenden Forschungsarbeiten hatten nämlich erwiesen, dass ein Ausbau des Orne-Flusses angesichts des damit verbundenen erheblichen Kostenaufwandes nur sehr geringfügige Verbesserungen bewirken würde. Die Gesamtprojektkosten (Planung, Bauarbeiten und Grundstückserwerb) wurden auf über 1 180 000 € netto veranschlagt. An der Finanzierung des Vorhabens sind die Partner wie folgt beteiligt: Zweckverband 40 % (20 % Generalrat + 20 % Stadtverband des Großraums Caen), Staat 20 %, Region 20 %, Wasserwirtschaftsamt 30 %.



1 Flood canal
La Cavée sector
Caen Peninsula link canal
Immersed quays

1 Chenal à sec
Secteur de la Cavée
Canal de liaison
de la presqu'île de Caen
Quais sous-fluviaux

2 Maresquier wasteway – 57 m wide + flood canal discharging into the Orne estuary

2 Déversoir du Maresquier – largeur 57 m + chenal de restitution dans l'estuaire de l'Orne

2 Hochwasserentlastungsanlage – Breite 57 m + Flutkanal zur Hochwasserableitung in die Ornemündung



LE CHENAL SEC



LES V



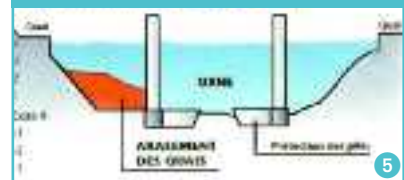
LE CA



LE RECALIBRAGE DU LIT DE L'ORNE



L'ARASEMENT DES QUAIS



LE SITE



LE PROFIL DU DEVERSOIR DU MARESQUIER





1 Flutkanal Bereich la Cavée
Verbindungskanal
der Halbinsel von
Caen Abriss alter Kais



THE WORKS

The works of the Caen conurbation are complemented by the Maresquier waste-way which discharges a large part of the excess water into the estuary, whence it finds its way to the sea. 1 2

LOUVIGNY FLOOD CANAL. An 800-m-long, 200-m-wide flood canal was created by excavating to El. 4.50 through a dis-used railway embankment, creating an opening 400 m wide, to facilitate water flow in the flood plain. 3

LA CAVÉE SECTOR IN CAEN. Reshaping of the Orne river is designed to improve flow conditions downstream of bridges, and thus to lower water levels upstream. The work involved widening the river by 40 metres over

a distance of 300 metres, and eliminating rock from the bed, in places. 4

IMMERSED QUAYS. The old quays (now immersed) were demolished down to El. 0.30 m between Bir Hakeim Bridge and Vendœuvre Bridge (the present-day quays are at El. 4.00 m). Representing a total volume of 7,000 m³ of spoil, this work improves river flow in the city centre. 5

LINK CANAL. The link canal made with HZ/AZ combined walls is a key component of the scheme. It will relieve flooding in the Orne river and at the Montalivet barrage by discharging the greater part of floodwaters into the shipping canal. It will effectively complement the capacity of the radial gate on the Saint-Pierre basin. As a result, and subject to some further work (embank-

ment, flood wall or bund along the Orne, the city centre will be kept above the water line in the event of re-occurrence of the 1926 flood. 6 7

MARESQUIER WASTEWAY. At the downstream end of the project, near Ouistreham, where the shipping canal and the Orne are closest, a flood canal with a wasteway has been built to discharge up to 380 m³/s back into the Orne (and thence to the estuary). The Ouistreham locks can discharge an additional 80 m³/s. As a result, the city will be kept above the water level for the 1926 flood and for the 1995 flood in conjunction with high spring tides (tidal coefficient of 110, with +30 cm margin for wind and wave setup, etc.). 8 9

LES TRAVAUX

Les travaux de l'agglomération caennaise sont complétés par l'ouvrage du Maresquier qui restitue une grande partie du surplus d'eau à l'estuaire de l'Orne pour le rejet en mer. 1 2

LE CHENAL SEC DE LOUVIGNY. Un chenal à sec est créé par arasement à la cote 4.50. De 800 m de long sur 200 m de largeur et créant une ouverture de 400 m dans le remblai d'une ancienne voie SNCF, il facilitera l'écoulement de la crue dans une plaine inondable. 3

LE SECTEUR DE LA CAVÉE À CAEN. Le recalibrage et l'élargissement du lit de l'Orne ont pour but d'améliorer les écoulements à l'aval des ponts et d'abaisser les

niveaux d'eaux à l'amont. Les travaux consistent à élargir de 40 m le lit de l'Orne sur 300 m et à supprimer le fond rocheux en certains endroits. 4

LES QAIS SOUS-FLUVIAUX. La démolition des anciens quais, aujourd'hui sous-fluviaux, se fait jusqu'à la cote 0,30 m. (cote des quais actuels à 4,00 m) entre le pont Bir Hakeim et le pont de Vendœuvre. Avec 7 000 m³ de déblais, elle permettra l'amélioration de l'écoulement de l'Orne dans le centre urbain. 5

LE CANAL DE LIAISON. Aménagement majeur, le canal de liaison en parois combinées HZ/AZ soulagera l'Orne et le barrage de Montalivet en déversant sur le canal maritime la majeure partie des crues. Il complètera de manière efficace la ca-

pacité de la vanne secteur aménagée au bassin Saint-Pierre. Le centre ville sera ainsi mis hors eau pour une crue de type 1926 moyennant quelques aménagements complémentaires (digue, muret ou merlon le long de la prairie, des cours Montalivet et Caffarelli le long de l'Orne). 6 7

LE DÉVERSOIR DU MARESQUIER. En aval, près de Ouistreham, à l'endroit où le canal et l'Orne sont le plus proche, un chenal pourvu d'un déversoir viendra restituer jusqu'à 380 m³/s à l'estuaire de l'Orne. En complément, les écluses de Ouistreham pourront évacuer 80 m³/s supplémentaires. De ce fait, la ville restera hors eau pour une crue de type 1926 et pour une crue de type 1995 associée à une forte marée (coefficient de 110 avec surcote de 30 cm). 8 9

DIE BAUARBEITEN

Zusätzlich zu den im Großraum Caen durchgeführten Baumaßnahmen übernimmt die Hochwasserentlastungsanlage Le Maresquier die ergänzende Aufgabe, einen Großteil des überschüssigen Wassers in den Mündungsbereich des Orne Flusses und somit ins Meer zurückzuführen. 1 2

DER FLUTKANAL VON LOUVIGNY. Durch Aushub wurde ein Flutkanal auf einer Höhenkote von 4,50 m angelegt. Mit einer Länge von 800 m und einer Breite von 200 m bildet er eine 400 m breite Öffnungsschneise im Damm einer ehemaligen Bahnlinie und ermöglicht das Abfließen des Hochwassers in die Überflutungsfläche. 3

BEREICH LA CAVÉE IN CAEN. Der Ausbau des Orne-Flusses in diesem Abschnitt bezweckt ein verbessertes Abfließen flussabwärts der Brücken

und ein Absenken des Wasserstands flussaufwärts. Bei den entsprechenden Bauarbeiten wurde das Ornebett um 40 m verbreitert und der vereinzelt anstehende Felsgrund ausgeschürft. 4

ABRISS ALTER KAIS. Die ehemaligen, nunmehr unter dem Flusswasser liegenden Kais wurden zwischen der Brücke Bir Hakeim und der Brücke von Vendœuvre bis auf eine Höhenkote von 0,30 m abgerissen (Höhenkote der jetzigen Kais dagegen bei 4,00 m). Durch den Aushub von 7000 m³ Abrisschutt wird das Abfließen des Orne im Stadtzentrum optimiert. 5

DER VERBINDUNGSKANAL. Der mit HZ/AZ Kombispundwänden ausgeführte Verbindungskanal bildet das Herzstück des Hochwasserschutzprogramms und entlastet sowohl den Orne-Fluss als auch die Staustufe von Montalivet durch das Abführen eines Großteils des Hochwassers in den Seekanal. Er bildet eine effiziente Ergänzung zur Kapazität des Segment-

wehrs am Saint-Pierre Becken. Auf diesem Weg kann das Stadtzentrum mittels ergänzender baulicher Anlagen (Deich, Hochwasserschutz-mauer bzw. -wall entlang der Rue de la Prairie und der am Orne entlangführenden Boulevards "Cours Montalivet" und "Cours Caffarelli") vor einem Jahrhunderthochwasser der Intensität von 1926 sicher geschützt werden. 6 7

DIE HOCHWASSERENTLASTUNGSANLAGE LE MARESQUIER. Flussabwärts, in der Nähe von Ouistreham, wo der Kanal und der Orne-Fluss am nächsten beieinander liegen, ist ein mit einer Hochwasserentlastungsanlage ausgestatteter Flutkanal in der Lage, bis zu 380 m³/s in den Mündungsbereich des Orne abzuleiten. Zusätzlich können die Schleusen von Ouistreham weitere 80 m³/s ableiten. Dank dieser Maßnahmen kann die Stadt ein Hochwasser der Intensität von 1926 und ein Hochwasserereignis vom Typ 1995 in Verbindung mit einer starken Springflut (Gezeitenkoeffizient von 110 mit einem Sicherheitszuschlag von 30 cm) trockenen Fusses überstehen. 8 9

3. Link canal

The HZ combined wall alternative the contractor proposed for the link canal, instead of the original design solution with diaphragm walls and barrettes, was chosen above all for economic reasons.

The canal is 450 m long and connects the Orne to the shipping canal. Its effective width is 20 m, and the invert is at -0.50 m. The two combined sidewalls top out at 5.20 m on the southern side and 4.10 m on the northern side. The canal is straight for 105 m after the Orne, then follows a 300-m-radius curve for 76 m, and runs straight again for 80 m to the shipping canal. It is separated from the Orne, at the upstream end, by two 10-m-wide radial gates.

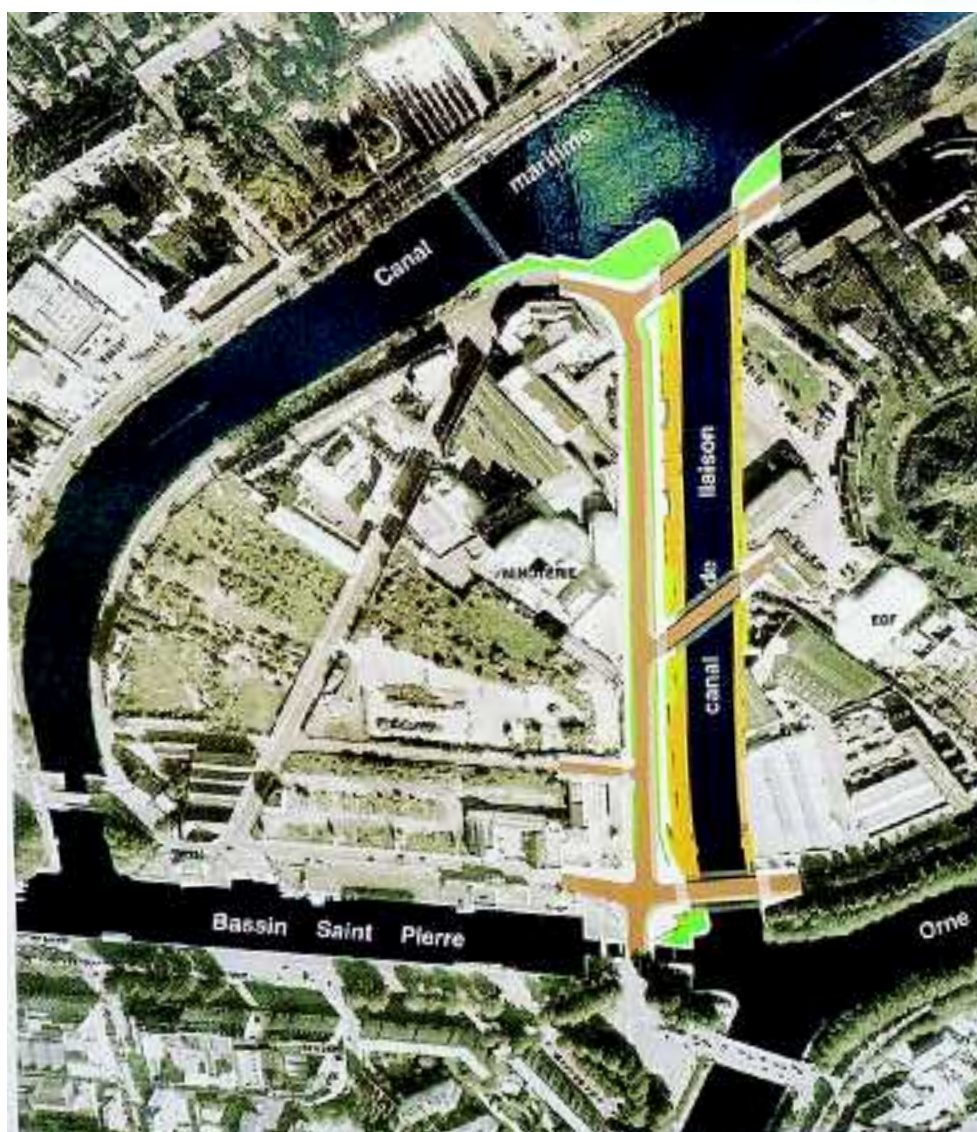
The walls are capped by a reinforced concrete beam. They consist of a sheetpile retaining wall on the upstream approaches, HZ combined walls for the entire length of the canal, then secant piles at the connection to the existing shipping canal quay wall at the downstream end. The determining design criterion was displacement at the top of the cantilever HZ/AZ pile wall: displacement was restricted to 65 mm in routine sections, 20 mm at bridges, and 15 mm at the control structure. This requirement resulted in a greater safety margin in terms of the wall's resistance to stresses developed by earth pressure. The requirement was also verified for the long term, taking account of corrosion, the drained characteristics of the soil, and an evenly distributed imposed load of 1 t/m^2 .

The top 6 metres of soil are poor-quality clay and silt. There are then 3 metres of higher-quality coarse alluvium, followed by about 2 m of altered marly limestone overlying the sound limestone rockhead whose depth varies. The HZ piles and AZ sheet piles are between 14 and 18 m long, and are socketed into the bedrock.

Three bridges founded on HZ piles provide access to the head of the peninsula:

- the upstream bridge restores traffic on Cours Caffarelli;
- the middle bridge serves a power plant;
- the downstream bridge restores traffic on Quai de Normandie.

Service diversions were carried out in co-ordination with the installation of the steel wall system. Telephone, gas, power, and water networks were carried over the bridges. Sewage and stormwater are routed through siphons beneath the canal.



Le canal de liaison

La variante paroi combinée HZ pour le canal de jonction, proposée par l'entreprise en lieu et place de la solution initialement prévue en parois moulées et barrettes, a été retenue notamment pour des raisons économiques.

Ce canal qui relie l'Orne au canal maritime, a une longueur de 450 m. Sa largeur utile est de 20 m. Le fond du canal est calé à - 0,50 IGN 69. La cote d'arase supérieure des deux parois combinées est de 5,20 au sud et de 4,10 au nord. L'axe du canal est constitué d'un alignement droit de 105 m à partir de l'Orne, puis d'un arc de cercle de 300 m de rayon sur une longueur de 76 m, enfin d'un nouvel alignement droit de 80 m jusqu'au canal maritime. Ce canal sera isolé de l'Orne, côté amont, par deux vannes-secteur de 10 m de large.

Les murs, surmontés d'une poutre de couronnement en béton armé, sont constitués d'un mur de soutènement à l'entonnement amont, des parois combinées HZ sur toute la longueur du canal et de pieux sécants à la jonction avec un mur de quai existant à l'aval, côté canal maritime. Ce sont les déplacements en tête du rideau auto-stable HZ/AZ qui ont été le critère déterminant du dimensionnement. Ces déplacements limites ont été fixés à 65 mm pour la zone courante, 20 mm pour les ponts et 15 mm pour l'ouvrage de régulation. Cet impératif induit une plus grande sécurité quant à la résistance du rideau par rapport aux contraintes dues aux poussées. Cette exigence a également été vérifiée à long terme prenant en compte la corrosion, les caractéristiques drainées des sols et une surcharge uniformément répartie de 1 t/m².

Les sols argileux et limoneux en tête présentent des caractéristiques médiocres jusqu'à - 6,00. On trouve ensuite, jusqu'à - 9,00, une couche d'alluvions grossières de meilleure qualité. Suit sur 2 m environ, un marno-calcaire altéré, le toit du substratum calcaire étant de profondeur variable. Les éléments HZ et les palplanches AZ ont une longueur comprise entre 14 et 18 mètres et sont ancrés dans le substratum.

Trois ponts, fondés sur les éléments HZ, assureront l'accès à la pointe de la presqu'île :

- le pont amont rétablira la circulation cours Caffareli ;
- le pont médian assurera la desserte du site d'exploitation EDF ;
- le pont aval permettra la circulation côté quai de Normandie.

Les déviations des réseaux ont été entreprises en coordination avec la mise en œuvre des parois métalliques. Téléphone, gaz, électricité et eau potable passent par les ponts. Les canalisations d'eaux usées et d'eaux pluviales passent en siphon sous le canal.

Der Verbindungskanal

Es waren vornehmlich wirtschaftliche Gründe, die zur Wahl der vom Unternehmen angebotenen Ausführungsvariante in Form eines kombinierten HZ Spundwandsystems für den Verbindungskanal führte. Ursprünglich war nämlich als Stützbauwerk und Fundament eine Lösung aus Schlitzwänden geplant.

Der Verbindungskanal zwischen Orne-Fluss und Seekanal hat eine Länge von 450 m, eine Nutzbreite von 20 m und eine Sohlentiefe von - 0,50 m Höhenkote. Die Oberkante der beiden kombinierten Spundwände liegt bei 5,20 m am Südufer und 4,10 m am Nordufer. Der Kanal wird aus einem 105 m langen geraden Abschnitt ab dem Orne und einem anschließenden, 76 m langen Kreisbogen mit einem Radius von 300 m gebildet, an den erneut ein gerader Abschnitt von 80 m Länge bis zum Seekanal anschließt. Dieser Kanal wird oberwasserseitig durch ein 2-feldriges Segmentwehr vom Orne getrennt.

Die Kanalwandung, die mit einer Holmabdeckung aus Stahlbeton abschließt, besteht im Einlaufbereich aus einer Spundbohlen-Stützmauer, über die gesamte Länge des Kanals aus gemischten HZ Spundwänden und aus einer Pfahlwand am Übergang zu einer unterwasserseitigen Kaimauer auf Seite des Seekanals. Die Verschiebungen im Kopfbereich der ungestützten HZ/AZ Spundwand waren das maßgebliche Bemessungskriterium. Als Grenzverschiebungen wurden im durchgehenden Abschnitt 65 mm, im Bereich der Brücken 20 mm und beim Regelungsbauwerk 15 mm festgelegt. Diese Vorgabe bewirkt eine größere Standsicherheit der Spundwand gegenüber dem Erddruck. Die Standsicherheit wurde auch als Langzeitanforderung unter Berücksichtigung der Korrosion, der drainierten Eigenschaften des Bodens und einer gleichmäßig verteilten Flächenlast von 1 t/m² untersucht.

Die im Kopfbereich anstehenden tonigen und schluffigen Böden weisen bis -6,00 m mittelmäßige Kennwerte auf. Es folgt darauf bis zu einer Tiefe von - 9,00 m eine grobe Alluvionsschicht besserer Beschaffenheit. Darunter liegt eine verwitterte Kalkmergelschicht, wobei die Oberkante der unteren Kalkschicht in unterschiedlicher Tiefe verläuft. Die zwischen 14 und 18 Meter langen HZ Profile und AZ Spundbohlen sind in dieser unteren Schicht verankert.

Drei auf HZ Bohlen gegründete Brücken gewährleisten die Zufahrt zur Spitze der Halbinsel:

- Die flussaufwärts gelegene Brücke stellt den Verkehr am Boulevard "Cours Caffareli" wieder her;
- Die mittlere Brücke sichert die Verkehrsanbindung des EDF Betriebsgeländes;
- Die flussabwärts gelegene Brücke erschließt den Verkehr im Sektor des Quai de Normandie.

Die Umverlegung der Ver- und Entsorgungsleitungen erfolgte in Koordination mit dem Einbringen der Stahlspundwände. Dabei wurden die Telekommunikations-, Gas-, Strom- und Trinkwasserversorgungsleitungen über die Brücken geführt, während die Schmutzwasser- und Regenwasserleitungen als Unterdükerung des Kanals ausgeführt wurden.

CAEN



Installation of HZ/AZ combined pile walls

La mise en œuvre des parois combinées HZ/AZ

Einbau der kombinierten HZ/AZ Spundwände

4.

Each HZ pile is connected to intermediary double AZ sheet piles.

To drive the combined wall, the driving teams used conventional equipment which they adapted to the specific requirements of the project. The HZ/AZ combinations varied (HZ775A-12/AZ13, HZ975B-24/AZ26, HZ975D-24/AZ26), depending on location and calculated pressures. Different equipment was used: diesel hammer, ICE 416 vibratory pile driver with a clamp for single HZ piles, ICE 815 vibratory driver with a clamp for double HZ piles, and an S35 hydraulic hammer fitted with a driving cap for HZ775A-12 piles or a 1,200-mm-diameter driving cap for double HZ975B-24 and HZ975-24 units. A 90-tonne crawler-mounted lattice-boom crane was required to lift the S35 hydraulic hammer and driving cap assembly (15 tonnes).

During the preparation for this very special project, the works teams designed an innovative template: it can be adapted to changing site circumstances, and can be used to guide pile driving in both straight and curved sections of the wall. What is more, it adapts to the different kinds of section to be driven, and to their specific dimensions. Followers were made up to avoid having to excavate the driving platform too deep. Another innovation was a modification to the driving caps, enabling them to be used for driving both AZ sheet piles and HZ piles, provided that the HZ units were bevelled at the top. A substantial amount of time was thus saved by avoiding repeated driving cap changes.

Les pieux HZ sont associés à une paire de palplanches intercalaire AZ. Pour l'exécution de ce type de paroi combinée en rideaux mixtes, une des premières réalisations de ce type en France, les équipes de battage ont utilisé des outils classiques qu'ils ont su adapter aux impératifs de chantiers. Selon les endroits et en fonction des poussées calculées, la structure HZ est variable (combinaison HZ775A - 12/AZ13, HZ975B - 24/AZ26, HZ975D - 24/AZ26). Différents matériels ont été employés : mouton diesel, vibrofonceur ICE 416 équipé d'une pince à palplanche pour les éléments HZ simples, vibrofonceur ICE 815 équipé d'une pince à palplanche pour les éléments HZ doubles, mais également un marteau hydraulique S35 équipé d'un casque à palplanche simple pour les HZ775A - 12 ou d'un casque diamètre 1 200 mm pour le battage des éléments doubles HZ975B - 24 et HZ975 - 24. Ce dernier a nécessité l'emploi d'une grue à treillis sur chenille de 90 tonnes pour le levage de l'ensemble marteau + casque (15 tonnes).

Lors de la préparation de ce chantier très particulier, l'équipe travaux a conçu un guide de battage spécifique et original. En effet, il est modulable en fonction de l'avancement du chantier, capable de guider tant dans les parties droites du canal, que dans la partie courbe. De plus, il s'adapte en fonction des différents types de profil à guider et de leurs dimensions particulières. D'autre part, des faux pieux ont été réalisés et ont permis d'éviter de terrasser trop bas. Dernière innovation, les casques ont été modifiés de manière à être adaptés tant au battage des palplanches AZ qu'à celui des éléments HZ moyennant un chanfrein en tête de ces derniers. Le gain de temps ainsi obtenu en évitant nombre de démontages de casques, a été très significatif.

Die HZ Pfähle wurden mit AZ-Doppelbohlen kombiniert. Zur Ausführung derartiger, gemischter Wandsysteme, übrigens eine der ersten Baumaßnahmen dieser Art in Frankreich, haben die Rammmannschaften herkömmliche Werkzeuge an die Ausführungsbedingungen an der Baustelle angepasst. Je nach Rammstelle und berechnetem Erddruck kommen unterschiedliche HZ/AZ Kombinationen zum Einsatz (HZ775A-12/AZ13, HZ975B-24/AZ26, HZ975D-24/AZ26).

Folgende Einbringgeräte wurden beim Rammen verwendet: ein Dieselmär, ein ICE 416 Rüttler mit einer Zange für einfache HZ Bohlen, ein ICE 815 Rüttler mit einer Zange für HZ Doppelbohlen, weiterhin ein S 35 Hydraulikbär mit einer Rammhaube für einfache HZ775A - 12 Profile bzw. mit einer Rammhaube mit einem Durchmesser von 1 200 mm zum Einbringen der HZ975B-24 und HZ975-24 Doppelprofile. Der Hydraulikbär erforderte den Einsatz eines 90 to Gittermast-Raupenkrans zum Anheben der aus Bär und Rammhaube (15 Tonnen) bestehenden Einheit.

Bei der Vorbereitung dieser außerordentlichen Baumaßnahme entwickelte die Bau Mannschaft einen spezifischen und originalen Führungsrahmen, der je nach Fortschritt der Bauarbeiten modular gesteuert und sowohl in den geraden als auch in den gekrümmten Abschnitten des Kanals zur Führung einsetzbar ist. Darüber hinaus passt er sich auch an die verschiedenen, zu führenden Profilarten und ihre spezifischen Abmessungen an. Durch die Anfertigung von Rammjungfern konnte weiterhin der Aushub für eine allzu tiefliegende Arbeitsplattform vermieden werden. Als letzte Innovation wurden die Hauben so angepasst, dass sie sich zum Rammen sowohl der AZ Spundbohlen als auch der im Kopfteil angefasten HZ Profile eignen. So ließen sich zahlreiche Haubenwechsel vermeiden, was zu einem erheblichen Zeitgewinn führte.

FACT/FIGURES

- Project owner: Syndicat Mixte de Lutte contre les Inondations dans la Vallée de l'Orne et son Bassin Versant.
- General Contractor: Consortium of Hydratec, Setec TPI, Terrasol, Bief, Dénicourt et Dubois.
- Piling contractor: Quille/Torrès et Vilault.
- Sheet piles: AZ26 and AZ13: 1,100 tonnes.
- HZ775-12, HZ975B-24 and HZ975D-24: 2,100 tonnes.

DONNÉES/FAITS

- Maître d'ouvrage : Syndicat mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant.
- Maître d'œuvre : Groupement Hydratec, Setec TPI, Terrasol, Bief, Dénicourt et Dubois.
- Mise en œuvre : Quille/Torrès et Vilault.
- Palplanches : AZ26 et AZ13 : 1 100 tonnes.
- HZ775-12, HZ975B-24 et HZ975D-24 : 2 100 tonnes.

DATEN UND FAKTEN

- Bauherr : Syndicat Mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant.
- Bauausführung: Arge Hydratec, Setec TPI, Terrasol, Bief, Dénicourt et Dubois.
- Rammarbeiten: Quille/Torrès et Vilault.
- Spundwände: AZ26 und AZ13: 1 100 Tonnen.
- HZ775-12, HZ975B-24 und HZ975D-24 : 2 100 Tonnen.

5.

Maresquier wasteway

Le déversoir

The flood-prevention plan for the Orne river catchment aims at protecting the city of Caen and the surrounding urban area by routing excess flow from the river's natural course into its shipping canal. In so doing, however, it must not endanger the port of Ouistreham further downstream. Consequently, the Le Maresquier wasteway has been built to return the water diverted from the Orne into the canal back to the river upstream of Ouistreham. It is designed to discharge 380 m³/s over a 57-m-long sill equipped with four radial gates. Works began in November 2001 and were completed early in 2003.

For reasons of cost-effectiveness and compatibility with the technical constraints involved in this kind of project, construction of the wasteway makes extensive use of steel sheet piles both for temporary construction phases and for the final structure.

The sill was built inside a cofferdam made from 18-metre-long double AZ26 sheet piles which were socketed 2 m into a relatively impermeable clayey silt stratum to ensure watertightness at the bottom of the excavation. They were stabilized by compression struts across the excavation. Cofferdam watertightness was enhanced by using a hydrocarbon sealant in the sheet-pile interlocks of the upstream and lateral sections.

The upstream part of the cofferdam has been left in place and cut back; by engendering considerable head loss, it reduces the

amount of water flowing beneath the sill. On the other hand, the downstream part of the cofferdam was removed to facilitate flow and prevent uplift pressures developing.

For the permanent works, sheet piles are used for the training walls of the approach structure (PU16 piles) and in the side walls of the stilling basin and outlet structure (PU20 piles). These sheet piles too were socketed into clayey silt and are stabilized by a layer of tiebacks secured by dead-man anchors. The piles themselves are capped with a reinforced concrete beam. Since the sheet piles are located near the mouth of the Orne, they will be in contact with the seawater of the English Channel at high tides. Consequently the sections not embedded in the ground were coated with a zinc-rich primer and a coat of coal-tar epoxy paint at least 400 µm thick.

FACT/FIGURES

- Project owner: Syndicat Mixte de Lutte contre les Inondations dans la Vallée de l'Orne et son Bassin Versant
- Engineer: Consortium of Hydratec, Setec TPI, Terrasol, Bief, Dénicourt-Dubois
- Piling contractor: Torrès et Vilault / Quille
- Sheet piles: rolled-down (1 mm) AZ26, 18 m long, 500 tonnes PU 16, S240GP grade, 17 to 18 m long, 100 tonnes PU 20, S240GP grade, 14 to 18 m long, 160 tonnes.

The plan anticrues du bassin versant de l'Orne prévoit de protéger l'agglomération du Grand-Caen par le délestage du fleuve côtier dans son canal maritime, sans pour autant mettre en péril Ouistreham, à l'aval : la construction du déversoir du Maresquier permettra en effet de restituer à l'Orne les débits prélevés en amont. Dimensionné pour restituer 380 m³/s, il aura une largeur de 57 m et sera équipé de quatre vannes-secteur. Commencé en novembre 2001, il a été achevé début 2003.

Sa réalisation, pour des raisons de compétitivité et de parfaite adéquation avec les contraintes techniques que pose ce genre d'ouvrages, fait la part belle aux palplanches, présentes tant en phase de construction qu'en phase définitive.

Ainsi, le seuil a été réalisé à l'abri d'un batardeau en palplanches doubles AZ26 d'une longueur de 18 m, butonnées, descendues de 2 m dans la couche de limons argileux peu perméables afin d'assurer l'étanchéité en fond de fouille. Par ailleurs, l'étanchéité du batardeau a été renforcée par l'application de joint hydrocarboné dans les serrures des palplanches constituant le rideau amont et les rideaux latéraux.

De ce batardeau subsiste, de manière définitive, le rideau amont, recépé, qui, créant une forte perte de charge, freine les arrivées d'eau sous le seuil. À l'inverse, le rideau aval a été arraché pour faciliter les écoulements et éviter les sous-pressions.

Dans l'ouvrage final, les palplanches trou-



de Maresquier

Hochwasserentlastungsanlage Le Maresquier

vent un emploi dans les murs guideaux de l'entonnement, constitués de palplanches PU16, ainsi que dans les bajoyers du bassin de dissipation et dans les murs du divergent, en palplanches PU20. Ces rideaux, descendus eux aussi dans les limons argileux et dont la stabilité est assurée par un lit de tirants retenus par des plaques d'ancrage, ont reçu un couronnement en béton armé.

Proches de l'embouchure de l'Orne, les rideaux de palplanches situés à l'aval de l'ouvrage seront, au gré des marées, en contact avec les eaux de la Manche. Ils sont par conséquent protégés sur toute la partie hors-sol par un revêtement constitué d'un primaire riche en zinc et d'un époxybrai d'une épaisseur minimale de 400 µm.

DONNÉES/FAITS

- Maître d'ouvrage : Syndicat mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant.
- Maître d'œuvre : Groupement Hydratec, Setec TPI, Terrasol, Bief, Denicourt et Dubois.
- Mise en œuvre : Torrès et Vilault/Quille.
- Palplanches : AZ26 laminées – 1 mm, nuance S240GP, longueur 18 m, 500 tonnes. PU 16, nuance S240GP, longueur 17 à 18 m, 100 tonnes. PU 20, nuance S240GP, longueur 14 à 18 m, 160 tonnes.

Im Großraum Caen wurde im Rahmen des Hochwasserschutzprogramms für das Gewässereinzugsgebiet des Orne geplant, diesen Küstenfluss durch Überlauf in seinen Seekanal zu entlasten. Eine Gefährdung des flussabwärts gelegenen Ortes Ouistreham war dabei auszuschließen. Dazu wurde am Standort le Maresquier ein Streichwehr gebaut, welches das flussaufwärts entnommene Wasser wieder an den Orne Fluss zurückführt. Die mit einem Abführvermögen von 380 m³/s bemessene Anlage ist als ein 57 m breites, 4-feldriges Segmentwehr ausgeführt. Nach dem ersten Spatenstich im November 2001 wurde die Baumaßnahme Anfang 2003 abgeschlossen.

Angesichts ihrer Wettbewerbsfähigkeit und ihrer optimalen Eignung für die besonderen technischen Anforderungen derartiger Bauwerke kommen Spundbohlen bei diesem Projekt sowohl in der Bauphase als auch im fertigen Zustand groß heraus.

So wurde die Schwelle im Schutze eines ausgesteiften Fangedamms aus 18 m langen AZ 26 Doppelbohlen errichtet, die zur Abdichtung der Baugrubensohle 2 m tief in die schwach durchlässige tonige Schluffschicht abgeteufelt wurden. Weiterhin wurde die Abdichtung des Fangedamms durch den Einsatz einer bituminösen Dichtmasse in den Schlössern der oberwasserseitigen Spundwand und der seitlichen Spundwände verstärkt.

Von diesem Fangedamm bleibt im endgültigen Bauzustand die oberwasserseitige, gekappte Spundwand erhalten, die durch Erzeugung eines starken Druckabfalls die Unterströmung der Schwelle bremst. Die unterwasserseitige Spundwand wurde dagegen gezogen, um das

Abfließen zu erleichtern und die Entstehung von Unterdruck zu vermeiden.

Im endgültigen Bauwerk kamen Spundwandprofile bei den seitlichen, mit PU 16 Profilen ausgeführten Wänden des Einlaufs, sowie bei den mit PU 20 Profilen ausgeführten Wehrwangen des Tosbeckens und der Ausleitung zum Einsatz. Diese ebenfalls in die tonigen Schluffschichten eingebundenen Spundwände, deren Standsicherheit durch an Ankerplatten befestigte Anker gewährleistet wird, erhielten eine Holmabdeckung aus Stahlbeton.

Die unterwasserseitig in der Nähe der Ornemündung gelegenen Spundwände haben durch das Spiel der Gezeiten Kontakt mit dem Wasser des Armelkanals. Der nicht in den Boden eingebundene Teil wurde folglich mit einer Schutzbeschichtung aus einer hochzinkstaubhaltigen Grundierung und einer Zweikomponenten-Deckschicht aus Steinkohlen-Teerpech und Epoxidharz mit einer Mindestdicke von 400 µm versehen.

DATEN UND FAKTEN

- Bauherr: Syndicat Mixte de lutte contre les inondations dans la vallée de l'Orne et son bassin versant
- Bauausführung: Arge Hydratec, Setec TPI, Terrasol, Bief, Denicourt et Dubois
- Rammarbeiten: Torrès et Vilault / Quille
- Spundbohlen: AZ26 abgewalzt - 1 mm, Länge 18 m, 500 Tonnen PU 16, Stahlsorte S240GP, Länge 17 bis 18 m, 100 Tonnen PU 20, Stahlsorte S240GP, Länge 14 bis 18 m, 160 Tonnen.

6. Conclusion

This ambitious flood control project involved considerable innovation. It gave rise to much reflection leading to a number of new initiatives. Sheet piling was used to best advantage

- Firstly, in the choice of an innovative, cost-effective solution using HZ/AZ combined wall systems for the link canal; not only does the combined wall hold back the ground, but it also takes the vertical loading of selfweight and traffic of the bridges across the canal.
- Secondly, as a result of the inventive initiatives taken by the contractors driving piles for the canal; they found the technological expedients for optimizing driving sequences.
- Thirdly, through the shrewd use of permanent or temporary sheet piles in the different phases of construction of the Maresquier wasteway.

Conclusion

Ce projet audacieux de lutte contre les inondations s'est réalisé sous le signe de l'innovation. Il a été le prétexte à de nombreuses réflexions qui ont conduit à de multiples initiatives. La palplanche y a trouvé toute son expression :

- D'abord dans le choix d'une solution originale et économique avec les parois combinées HZ/AZ du canal de jonction, qui assurent le soutien des terres, mais également la reprise des charges verticales des tabliers et de la circulation des ponts de liaison.
- Ensuite, grâce aux initiatives inventives des équipes de battage du canal, qui ont su trouver les astuces technologiques qui ont permis d'optimiser les séquences de mise en œuvre.
- Enfin par l'emploi judicieux, provisoire ou définitif, des palplanches dans les différentes phases constructives du déversoir du Maresquier.

Schlussfolgerung

Dieses überaus komplexe Hochwasserfreilegungsprogramm stand unter dem Zeichen der Innovation. Zahlreiche Reflexionsansätze konkretisierten sich in Form vielgestaltiger Initiativen. Die Spundbohlen konnten hierbei ihre Vorzüge voll entfalten

- Zunächst bei der Wahl einer originellen und wirtschaftlichen Lösung mit kombinierten HZ/AZ Spundwänden für den Verbindungskanal, die nicht nur als Stützkonstruktion wirken, sondern auch die Vertikallasten aus Brückenbau sowie die entsprechenden Verkehrslasten aufnehmen.
- Weiterhin bei den Arbeiten am Kanal durch die Optimierung des Rammfortschrittes dank erfindungsreicher Initiativen und ausgeklügelter technologischer Kniffe der Rammmannschaften.
- Schließlich durch den zweckmäßigen provisorischen bzw. endgültigen Einsatz von Spundwandprofilen in den verschiedenen Bauphasen der Hochwasserentlastungsanlage Le Maresquier.



LA ROCHELLE

Quay extension

HZ combined wall systems were also used for the Foreston terminal of the Chef-de-Baie 3-17 facility in the port of La Rochelle/La Pallice. This project concerned a new 133-m-long quay extension founded on tubular piles. The decision to expand the port's handling capacity was made because of increasing imports of exotic timbers through the Atlantic seaboard..

Extension d'un quai maritime

Autre exemple de parois combinées HZ, le terminal Foreston de Chef-de-Baie 3-17 au port de La Rochelle/La Pallice. Il s'agit d'un nouveau quai de 133 mètres de longueur, fondé sur tubes, en prolongement d'un quai existant. L'augmentation de la capacité du port a été décidée afin d'absorber une augmentation du trafic maritime atlantique en bois exotique.

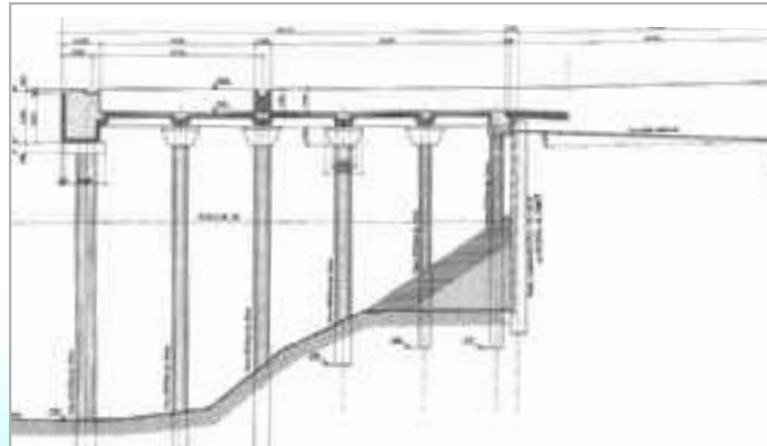
Ausbau eines Seehafenkais

Auch der Terminal Foreston Chef-de-Baie 3-17 im Hafen La Rochelle/La Pallice ist ein Musterbeispiel für den Einsatz kombinierter HZ Wände. Es handelt sich um einen neuen, in Verlängerung des bestehenden Kais ausgeführten, 133 Meter langen, auf Rohren gegründeten Kai. Die Erweiterung der Hafenkapazität wurde beschlossen, um den wachsenden Seefrachtverkehr von exotischen Hölzern über den Atlantik abzuwickeln.

② Coupe transversale du nouveau terminal fondé sur pieux avec paroi combinée HZ/AZ à l'arrière.

② Cross-section of the new terminal founded on piles with an HZ/AZ combined pile wall at the back.

② Querschnitt des neuen Terminals auf Pfahlgründung mit kombinierter HZ/AZ Spundwand im hinteren Bereich.



The quay

The quay provides an unloading zone of more than 3,500 m² at El. 8.50. The rock head is at El. -14.00 m.

The project required six rows of piles to take the vertical loads of the platform. The front row is made up of 19-mm-thick, 1,220-mm-diameter tubular steel piles. All the piles, in all the rows, are at 6.60 m centres. The first row is 6.00 m from the second row, and the remaining rows are 5.20 m apart. Rows 2, 3, and 4 are made up of 16-mm-thick, 965-mm-diameter steel tubes whose length depends on the loads to be taken and the relief of the rock-head: the piles of the front rows go down to -15 m, and the rear rows go down to -9 and -8 m. Rows 5 and 6 use 14-mm-thick, 760-mm-diameter tubes. ①

Behind the last row of tubular piles is an HZ/AZ combined retaining wall which takes the thrust of the soil behind the quay. Thirty-three-metre-long transition slabs are pre-fitted with four 150-mm-diameter PVC tubes with polystyrene plugs at the top, to allow for any subsequent grouting that might be necessary. The structure is completed by a series of passive tiebacks and independent anchor plates to stabilize the quay wall. ②

Le quai

Le quai offre une surface de déchargement supérieure à 3 500 m² à la cote +8,50 C.M. Le fond rocheux est lui situé à -14,00 C.M.

Six files de pieux d'entre axe constant égal à 6,60 m, ont été nécessaires à l'aménagement et à la reprise des efforts verticaux de cette plate-forme. La file frontale, est constituée de pieux en tubes métalliques de diamètre 1 220 m et d'une épaisseur de 19 mm, espacée de la seconde de 6 m. Les files 2,3 et 4 sont composées de tubes acier de diamètre 965 mm dont l'épaisseur est de 16 mm. Leur longueur varie en fonction des charges à reprendre et du relief du rocher, leur cote en pied étant située à -15,00 C.M. pour les rangées avant et à -9,00/-8,00 pour les autres. Les deux dernières files sont composées de tubes diamètre 760 mm épaisseur 14 mm. L'espacement entre les files 2,3,4,5 et 6 est constant et égal à 5,20 m. ①

Derrière la dernière série de tubes, un rideau métallique en parois combinées HZ/AZ joue un rôle de soutien des terres et reprend les poussées situées à l'arrière du quai. Des dalles de transition de 33 m de longueur chacune sont équipées de 4 tubes PVC diamètre 150, avec bouchon de polystyrène à la partie supérieure. Un dispositif d'ancrage du quai par tirants passifs et plaques arrières d'ancrage indépendantes vient compléter le dispositif et stabiliser l'ensemble du système. ②

Der Kai

Der Kai hat eine Umschlagsfläche von über 3 500 m² mit einer Höhenlage von 8,50 m. Der felsige Untergrund steht bei -14,00 m an.

Zur Errichtung dieser Kaianlage und zur Aufnahme der Vertikallasten dieser Plattform waren sechs Pfahlreihen erforderlich. Die vordere Pfahlreihe besteht aus Stahlrohren mit einem Durchmesser von 1 220 mm und einer Wanddicke von 19 mm und ist 6,00 m von der zweiten Rohrreihe entfernt. Die Pfähle innerhalb der Reihe sind mit einem Achsabstand von 6,60 m angeordnet. Dies gilt auch für alle weiteren Pfahlreihen, die jeweils einen Abstand von 5,20 m haben. Dabei werden die Reihen 2, 3 und 4 von Stahlrohren mit einem Durchmesser von 965 mm und einer Wanddicke von 16 mm gebildet. Ihre Länge hängt von den jeweils aufzunehmenden Lasten und dem Baugrundrelief ab, wobei die Endteufe am Rohrfuß in den vorderen Reihen bei -15,00 m und bei den hinteren Gründungsreihen bei -9,00 und -8,00 m liegt. Die beiden letzten Pfahlreihen bestehen aus Rohren mit einem Durchmesser von 760 mm und einer Wanddicke von 14 mm. ①

Hinter der letzten Rohrreihe wurde eine kombinierte HZ/AZ Spundwand zur Abstützung des Bodens und zur Aufnahme des von der Kairückseite ausgehenden Erddrucks eingebracht. Die 33 m langen Schleppplatten sind mit je 4, am oberen Ende mit Polystyrolkappen verschlossenen PVC-Rohren mit einem Durchmesser von 150 mm ausgestattet, um bei Bedarf Injektionen durchführen zu können. Zur Stabilisierung des Gesamtsystems kam ergänzend eine Verankerung des Kais durch Zuganker und Ankertafeln zur Ausführung. ②

① Paroi combinée HZ975C-24/AZ13 avec tubes diamètre 760 mm à l'avant.

① Combined pile wall HZ975C-24/AZ13 with 760-mm-diameter tubes in front.

① Kombiwand HZ975C-24/AZ13 mit Rohren eines Durchmessers von 760 mm im vorderen Bereich.

LA ROCHELLE

HZ/AZ combined pile wall

The HZ king piles were pitched with an ICE 416 vibratory rig, then driven with an S70 hydraulic hammer. Using the template to insert king piles at the right spacing, it was possible to follow the recommended driving sequence (large driving step), comply with the design layout, and keep the king piles perfectly vertical. The intermediary AZ13 sheetpiles were then driven. All visible parts of the steel wall system were given a Freitag Bituvynyl 161 coating on site. ① Perpendicular to the main HZ/AZ wall is a cantilever return wall made up of tubular steel piles and intermediary AZ13 sheet piles to take up earth thrust. The bedrock turned out to be deeper than expected in places. This induced a change to the length of the sections initially proposed. Arcelor Profil Luxembourg S.A. was able to respond quickly to the new design requirement by coming up with new lengths in good time. A total of 610 tonnes of HZ sections and 150 tonnes of AZ13 sheet piles were used to build the quay. Two types of combinations were used for the retaining wall. ② ③

FACT/FIGURES

- Project owner: Ministère de l'équipement.
- General Contractor : DDE 17 – Service maritime.
- Piling contractor (for HZ/AZ combined wall): Quille – DV Construction.
- Piling plant: ICE 416 vibratory driver and S70 hydraulic hammer.
- Sheet piles: 170 tonnes of HZ975C-12.
290 tonnes of HZ975C-24.
150 tonnes of HZ775A-12.
150 tonnes of AZ13.

La paroi combinée HZ/AZ

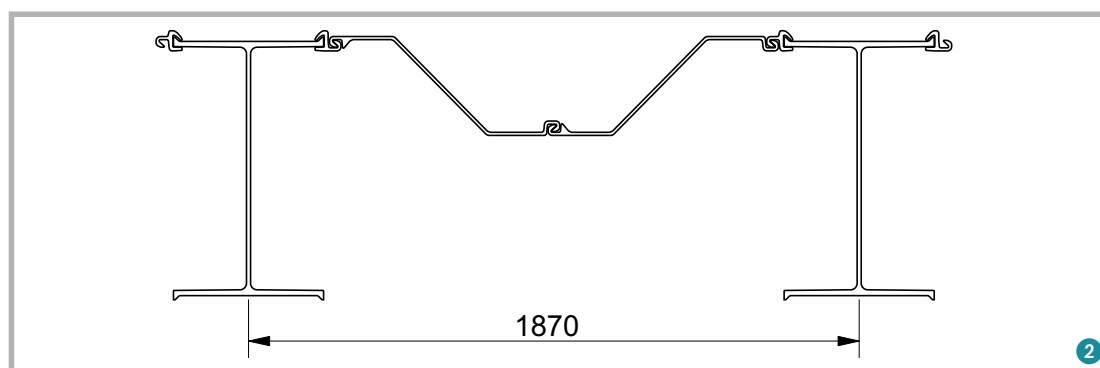
Mis en fiche au moyen d'un vibreur ICE 416, les éléments porteurs métalliques HZ ont ensuite été battus à l'aide d'un marteau hydraulique S70. Le guide de battage a permis de suivre la séquence de battage préconisée (pas du grand pèlerin), de respecter l'implantation prévue et d'assurer une parfaite verticalité de ces éléments principaux. Les palplanches intercalaires AZ13 ont ensuite été mises en place. Sur le site, tous les éléments du rideau métallique ont été traités, dans leur partie vue, avec un revêtement Freitag BITUVINYL 161. ① Perpendiculairement au rideau principal HZ/AZ, le soutènement autostable du retour reprenant la poussée des terres est constitué d'une combinaison tubes acier/palplanches intercalaires AZ13. Le substratum rocheux s'est avéré être plus profond que prévu par endroit. Ce constat a entraîné une modification des longueurs des profils initialement prévues. Arcelor Profil Luxembourg S.A. a su s'adapter rapidement à cette nouvelle demande client en proposant en temps utile les longueurs de barres modifiées. Hors tubes, ce sont 610 tonnes de profils HZ et 150 tonnes de palplanches AZ13 qui ont participé à l'élaboration de ce quai de déchargement. Deux types de combinaison ont été utilisés lors de la mise en place du rideau de soutènement. ② ③

DONNÉES/FAITS

- Maître d'ouvrage : Ministère de l'équipement.
- Maître d'œuvre : DDE 17 – Service maritime.
- Mise en œuvre des rideaux HZ/AZ : Quille – DV construction.
- Matériel de fonçage : vibreur ICE 416 et marteau hydraulique S70.
- Palplanches : 170 tonnes d'HZ975C-12.
290 tonnes d'HZ975C-24.
150 tonnes d'HZ775A-12.
150 tonnes d'AZ13.



Combinaison
HZ 775A – 12/AZ 13
HZ 775A-12/AZ 13
combination
Kombination
HZ 775A – 12/AZ 13





Die kombinierte HZ/AZ Spundwand

Die mit Hilfe eines ICE 416 Rüttlers eingestellten HZ-Tragbohlen wurden anschließend mit einem S70 Hydraulikbär eingerammt. Der Führungsrahmen ermöglichte die Einhaltung des empfohlenen Rammablaufs (großer Pilgerschritt) und der geplanten Positionierung und stellte die einwandfreie Vertikalität der Tragbohlen sicher. Die AZ13-Zwischenbohlen wurden anschließend eingebracht. Vor Ort wurden alle Sichtflächen der Kombiwand mit einer Freitag BITUVINYL 161 Beschichtung behandelt. ①

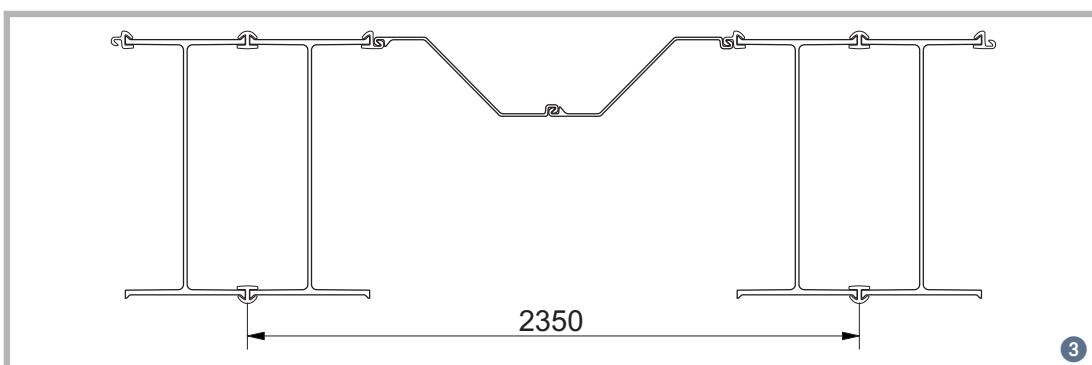
Rechtwinklig zur HZ/AZ-Hauptspundwand, nimmt die ungestützte, aus Stahlrohren und AZ13-Zwischenbohlen kombinierte Abschlussstirnwand den Erddruck auf. Der felsige Untergrund erwies sich vereinzelt tieferliegend als erwartet und führte zu einer Änderung der ursprünglich geplanten Profillängen. Auf diesen neuen Kundenbedarf reagierte Arcelor Profil Luxembourg S.A. umgehend und bot rechtzeitig geänderte Profillängen an. Die Rohre ausgenommen, wurden beim Bau dieses Umschlagkais insgesamt 610 Tonnen HZ Profile und 150 Tonnen AZ13 Spundbohlen eingesetzt. Beim Einbringen der Stützwand wurden zwei Kombinationstypen verwendet. ② ③



- ① Components of the template ready for assembly.
- ① Les différentes parties constituant le guide de battage vont être assemblées.
- ① Die verschiedenen Teile des Führungsrahmens werden zusammengebaut.

DATEN UND FAKTEN

- Bauherr: Ministère de l'équipement.
- Planung: DDE 17 – Service maritime.
- Bauausführung – Rammarbeiten: Quille – DV construction.
- Rammgeräte: ICE 416 Rüttler und S70 Hydraulikbär S70.
- Stahlprofile: 170 Tonnen HZ975C-12.
290 Tonnen HZ975C-24.
150 Tonnen HZ775A-12.
150 Tonnen AZ13.



Combinaison
HZ 975C – 24/AZ 13
HZ 975C – 24/AZ
13 combination
Kombination
HZ 975C – 24/AZ 13



Sheet Piling

Arcelor Commercial RPS S.à r.l.

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette (Luxembourg)

Tel. +352 5313 3105

Fax +352 5313 3290

E-mail sheet-piling@arcelor.com

www.sheet-piling.arcelor.com