



Protection anticrue et digues de canaux



Sommaire

Des solutions efficaces pour la construction de digues, l'assainissement de digues et l'aménagement de berges	2
Un mode de construction très avantageux	4
Le choix idéal	6
Réhabilitation des paysages – concevoir avec la nature de manière créative	8
Cas pratiques : confortement de digue et protection contre les tempêtes et l'érosion côtière	10

Des solutions efficaces pour la construction de digues, l'assainissement de digues et l'aménagement de berges

Les possibilités d'utilisation des rideaux de palplanches dans les systèmes de protection contre les risques de crue et dans l'aménagement de berges sont multiples. Dans les nouvelles digues, ils peuvent remplir les fonctions d'étanchéité, de soutènement et de stabilisation.

Les exemples suivants ne représentent aucunement une énumération exhaustive de toutes les possibilités de mise en place des rideaux de palplanches dans les systèmes de digues. Au contraire, ils se conçoivent davantage comme autant de stimulations créatives pour les maîtres d'ouvrage et les ingénieurs.

- Dans les digues, il est possible d'utiliser le rideau de palplanches comme **paroi étanche**. Souvent l'étanchéité nécessaire de la paroi s'opère grâce au colmatage naturel des serrures par la migration des particules de terre les plus fines. De plus, par l'intermédiaire de systèmes étanches performants appliqués dans les serrures, on parvient à réduire l'écoulement à travers la paroi. Une paroi étanche composée de palplanches permet non seulement une diminution de l'écoulement, mais également une amélioration de la stabilité globale de la digue : elle stabilise les talus du côté eau et le couronnement, étant donné que le rideau de palplanches traverse les cercles de glissement considérés. Le talus situé du côté terre est stabilisé grâce à l'abaissement de la ligne de ruissellement. Lors de l'utilisation d'un rideau de palplanches, le flux d'écoulement est maîtrisable. En étanchant les serrures, il est possible de l'abaisser, et un écoulement naturel peut être créé en réalisant des barbacanes (EAU 2020, chap. 7.3.1 [1]). En ce cas, la digue est protégée de l'assèchement. Le rideau de palplanches est infranchissable par les animaux qui créent des galeries dans les sols et par les racines des arbres. Il supprime également les dangers d'érosion à l'arrière de l'écran provoquée par voies de ruissellement préférentielles (phénomène de renard). (ill. 1)

Ils sont également utilisés pour renforcer des digues existantes. Là où des problèmes de place ou d'emprise se posent, par exemple dans les zones portuaires ou en site urbain, les rideaux de palplanches peuvent former des parois autonomes de protection contre les risques de crue.

- A l'aide d'un rideau de palplanches, on peut non seulement étancher une digue, mais aussi l'adapter à une **crue théorique plus importante** sans que cela exige beaucoup d'espace supplémentaire. Pour ce faire, il suffit de prévoir une élévation des palplanches à la hauteur souhaitée au-dessus de la digue. On économise ainsi la largeur qui serait nécessaire à une élévation de digue habituelle. En raison de leur résistance à la flexion, les rideaux de palplanches peuvent répartir sans problème la pression de l'eau occasionnelle vers le corps de la digue. Par ailleurs, lors d'une élévation de la digue, le rideau de palplanches conforte aussi le talus situé côté eau ainsi que le couronnement éventuel. Il permet de plus un abaissement de la ligne de ruissellement dans le talus côté terre. (ill. 2)
- L'importance particulière que revêt le rideau de palplanches est avérée dans le cadre de la **stabilisation des talus**. Le rideau de palplanches répartit la poussée des terres du talus en la déviant vers l'appui de la digue. A cet effet, il peut simplement être fiché dans l'assise de la digue. Si, par ailleurs, il s'avère nécessaire de reprendre les poussées dues à une hauteur de sol supérieure à trois ou quatre mètres, il est recommandé d'ancrer le rideau de palplanches en tête. En fonction de l'endroit et des caractéristiques du sous-sol, les efforts d'ancrage peuvent être repris par un rideau arrière, par des tirants actifs ou par des pieux inclinés. Le talus qui a été stabilisé de cette manière peut donc prendre une forme plus verticale qui n'aurait pu être obtenue sans la mise en place d'un rideau de palplanches. De surcroît, cette solution offre une économie de place appréciable. Et au cas où la voie



Arles, France



navigable devrait être élargie, il est possible, grâce au rideau de palplanches, de passer d'un profil en trapèze à un profil à angle droit. (ill. 3a, 3b, 3c)

- Le rideau de palplanches peut aussi servir de **protection des habitations contre les affaissements**. Pour ce faire, on implante le rideau de palplanches du côté terre dans la digue. On isole ainsi les bâtiments situés à proximité. De cette manière, on élimine les interactions les plus indésirables entre les bâtiments et la digue. (ill. 4)

- En tant que **paroi de protection contre les risques de crue**, le rideau de palplanches peut entièrement remplacer une digue tout en offrant les mêmes performances. Cette alternative est particulièrement intéressante dans les ports ou les endroits n'offrant qu'une emprise limitée. Mais il est également possible de faire appel à cette alternative en vue de protéger des immeubles isolés ou des installations. De plus, une paroi de protection contre les risques de crue composée de palplanches en acier peut être reliée sans le moindre problème à une digue en terre. (ill. 5)

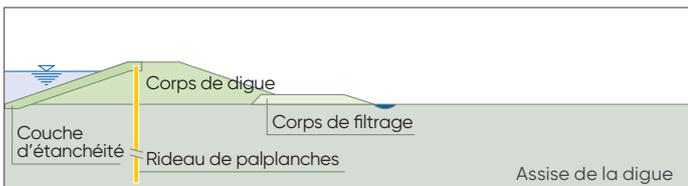


Illustration 1 : paroi d'étanchéité

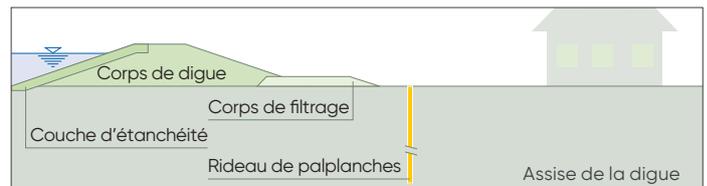


Illustration 4 : protection contre l'affaissement

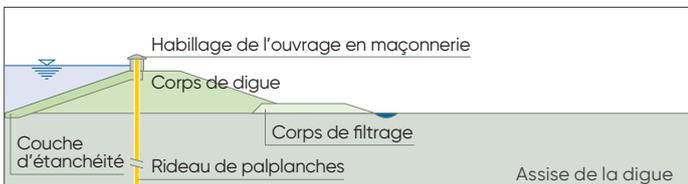


Illustration 2 : surélévation de digue

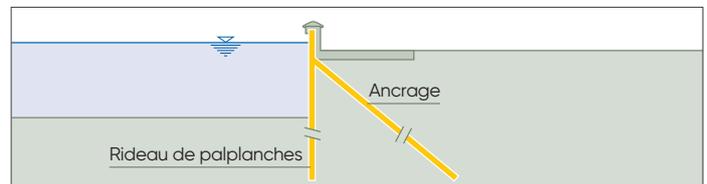


Illustration 5 : paroi de protection anticrue

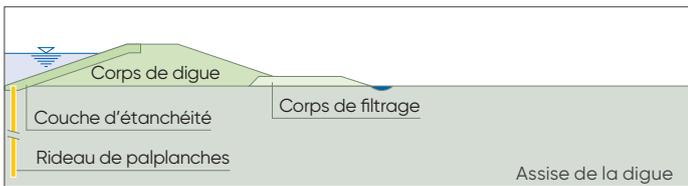


Illustration 3a : Soutènement côté eau (protection contre l'érosion)

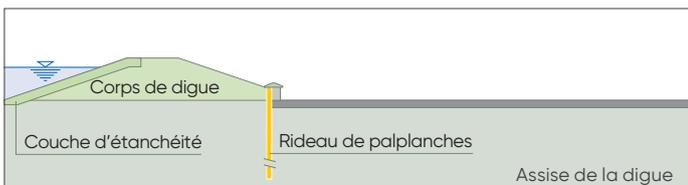


Illustration 3b : stabilisation du talus du côté de la terre

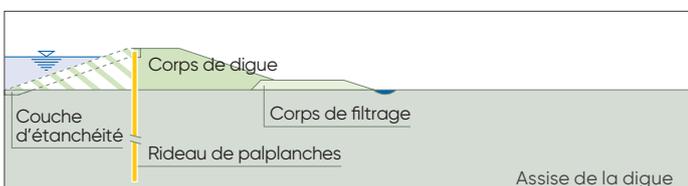


Illustration 3c : élargissement de la voie navigable

Les palplanches sauvent des vies !

Découvrez comment les palplanches jouent un rôle crucial dans la prévention contre les conséquences du changement climatique.

Un mode de construction très avantageux

Dans le domaine de la protection contre les risques de crue et de l'aménagement des berges de canaux, les rideaux de palplanches permettent de bénéficier d'avantages spécifiques.

- Les palplanches se caractérisent en tout premier lieu par leur **rentabilité**, qui résulte avant tout de la progression rapide de la construction. Par ailleurs, les rideaux de palplanches bénéficient d'une fabrication en usine dans des conditions contrôlées, garantissant ainsi des normes de qualité élevées. Aucun travail préparatoire important n'étant nécessaire, la construction peut démarrer après une brève phase de préparation et l'installation est rapide. Tous ces facteurs contribuent à un gain de temps considérable. De plus, la double fonctionnalité des palplanches, qui servent à la fois à l'étanchéité et au confortement, permet d'optimiser encore davantage les coûts.
 - A l'ère des vibrateurs à moment d'excentricité variable, les rideaux de palplanches peuvent être **mis en œuvre avec plus de facilité**. Dans les cas particulièrement sensibles, les palplanches peuvent être entièrement foncées par vérinage sans la moindre nuisance (bruit, vibrations, ...). Lors de la mise en place du rideau de palplanches, il est possible de travailler aussi bien côté eau que côté terre.
 - Les rideaux de palplanches dans les systèmes de protection contre les risques de crue permettent de réguler le débit du ruissellement jusqu'à un certain degré. Si le rideau de palplanches doit **remplir une fonction d'étanchéité stricte**, les serrures peuvent également être étanchées. A l'inverse, lorsque le terrain de la digue doit rester humide et être protégé de l'assèchement, on peut procéder à la confection de barbacanes dans le rideau de palplanches.
- Elles permettent un écoulement naturel à travers le rideau de palplanches. De plus, cette disposition réduit la surpression hydraulique du côté terre lors des décrues.
- Quand l'exiguïté de l'aire de travail influence la construction d'un système de protection contre les risques de crue, le rideau de palplanches constitue un système unique en son genre permettant de **gagner de la place**. Il s'intègre facilement dans le paysage et répond aux exigences esthétiques les plus sévères (voir notre brochure sur les aménagements paysagers des berges).
 - Les dangers provoqués par les animaux qui minent les sols (les voies de ruissellement occasionnées par les remaniements des terres sont des voies de ruissellement préférentielles) peuvent être éliminés grâce à l'utilisation des rideaux de palplanches. Il en va de même pour l'endommagement de la digue par des racines. La percée des couches étanches et l'ouverture des voies de ruissellement qui en résulterait peuvent – à la différence d'autres systèmes – être évitées grâce au rideau de palplanches. La paroi étanche composée de palplanches en acier ouvre de nouvelles possibilités de traitement du terrain : les palplanches étant **impénétrables**, la plantation des talus de la digue peut dès lors être envisagée. A cet égard, il faut encore signaler que dans ce cas, la plantation ne doit pas faire obstacle à l'inspection rigoureuse de la digue.



Greifswald-Ryck 1, Allemagne



Greifswald-Ryck 2, Allemagne



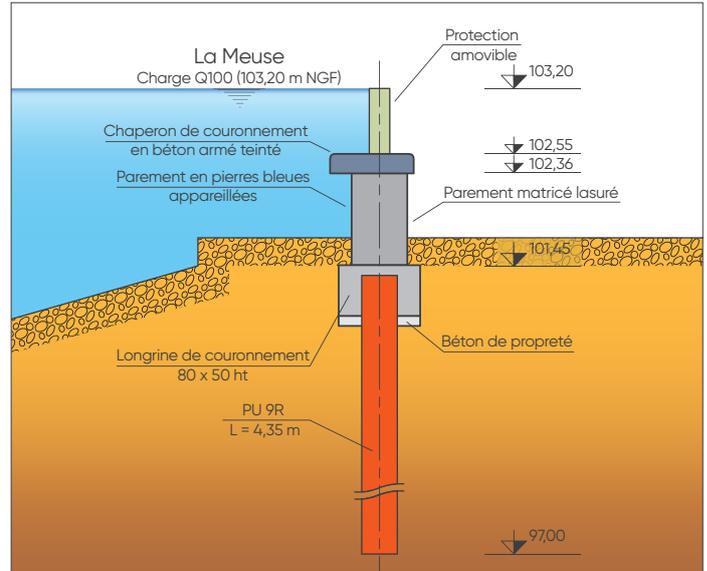
Placentia, Terre Neuve, Canada



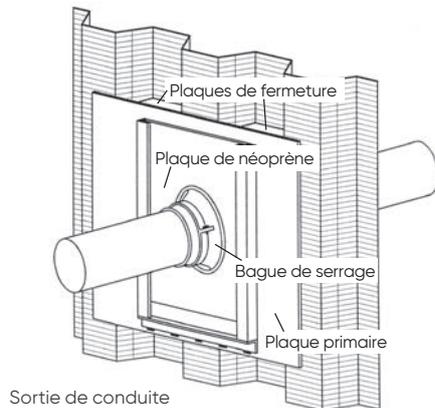
Wroclaw, Pologne

- **L'acier est ductile** : avant qu'une éventuelle rupture ne puisse survenir dans un rideau de palplanches, un processus progressif de déformation de la paroi se manifeste. Il existe donc une période d'avertissement, un temps de réaction pendant lequel les anomalies peuvent être constatées et par conséquent résolues grâce à des mesures correctives appropriées.
- Grâce à sa **flexibilité**, le rideau de palplanches peut s'adapter idéalement à presque chaque géométrie donnée. Sans faire appel à des solutions complexes, avec un maximum d'étanchéité garantie, il peut, par le biais de techniques de liaison classiques, être connecté à d'autres systèmes de digue. Signalons en outre qu'il est possible, dans des cas extrêmes, de surélever la digue à la hauteur désirée par la mise en place d'**éléments amovibles**. A l'inverse, des ouvertures pratiquées dans l'écran peuvent en cas d'urgence être étanchées par des éléments mobiles. Aux endroits de passage de conduites traversant les digues, endroits toujours critiques dans les digues de protection contre les risques de crue, le rideau de palplanches offre la possibilité d'éviter très simplement les voies de ruissellement le long des tubes. Ci-dessous se trouve un exemple d'exécution d'un croisement rideau de palplanches/conduite. Le système illustré est par ailleurs insensible aux affaissements.
- A la différence des autres matériaux de construction, les rideaux de palplanches **peuvent être extraits du sol**, ce qui s'avère particulièrement intéressant pour les systèmes de

protection contre les risques de crue provisoire. Dans ces cas, ils ne doivent en effet assurer qu'une protection temporaire, limitée dans le temps. Ces palplanches en acier sont entièrement réutilisables après leur extraction et recyclables à 100%. Une analyse du cycle de vie démontrera que dans ces cas particuliers **les palplanches ont un très faible impact environnemental**.



Givet, France



Surélévation de la digue à Zons (Allemagne) – fermeture temporaire d'ouvertures dans la protection permanente anti-crue



Surélévation de digue à Zons – éléments mobiles utilisés pour une surélévation temporaire de la protection permanente contre les risques de crue

Le choix idéal

Au moment du choix des profilés, il faut tenir compte de critères qui concernent autant la statique que la procédure de mise en place. Si les palplanches sont destinées à remplir une fonction d'étanchéité sans que des pressions ne soient exercées sur elles, le choix du profil sera exclusivement déterminé par les critères de mise en œuvre et d'étanchéité. Si le rideau de

palplanches est conçu comme élément de soutènement, le choix du profilé sera alors défini en priorité par des critères relatifs à ses caractéristiques géométriques. Naturellement, le concepteur tiendra compte des autres critères (nature des sols, procédé de mise en œuvre, etc.) qui déterminent les longueurs maximales d'utilisation pour permettre un fonçage sans aléas.

Résistance à la flexion

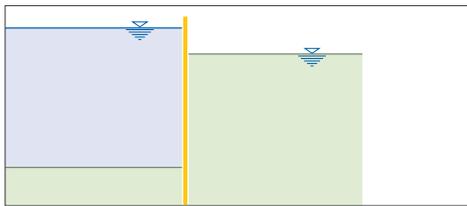


Illustration 1 : Cas de charge en crue

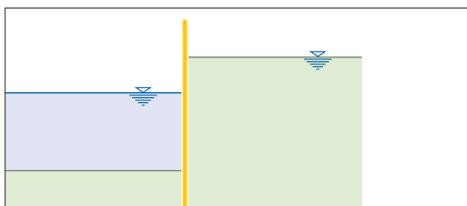


Illustration 2 : Cas de charge en décrue

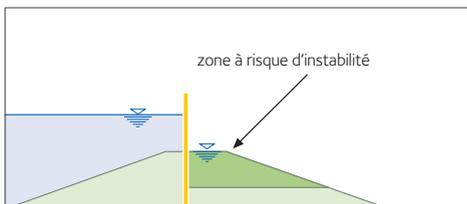


Illustration 3 : Crue : une partie du talus située du côté des terres risque d'être emportée par le débordement des eaux.

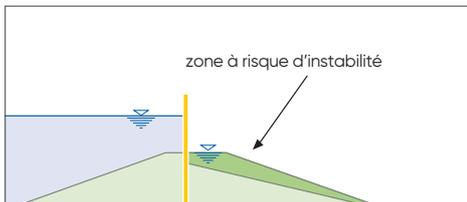


Illustration 4 : Crue : affaissement d'une partie du talus inondé située du côté terre (ϕ sous eau < ϕ hors eau).

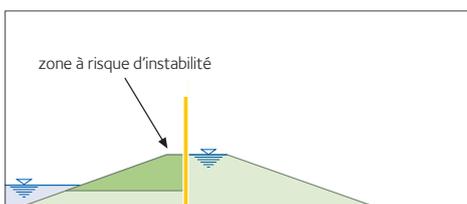
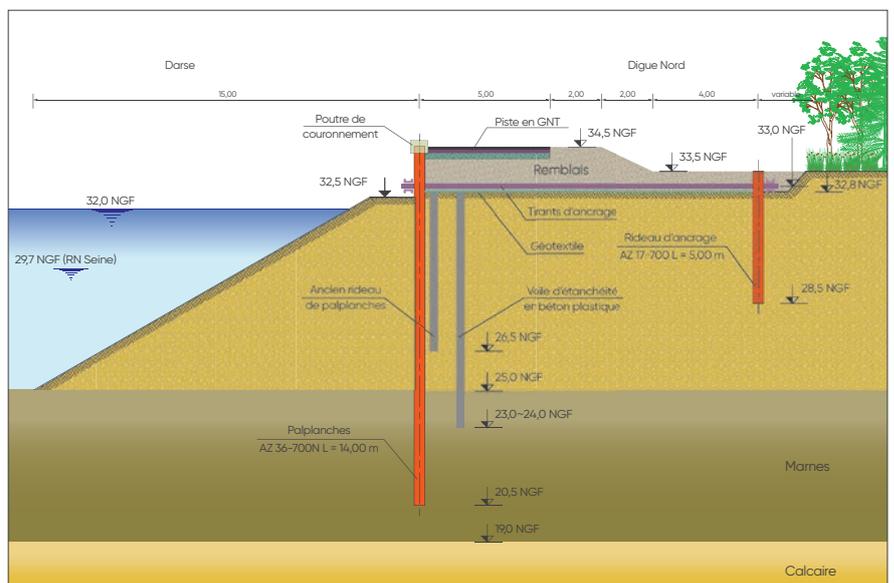


Illustration 5 : Décrue : une partie du talus située du côté eau peut être emportée par les courants beaucoup plus forts au cours de la crue.

Tant la coupe transversale de la digue, que le profil retenu pour le rideau de palplanches peuvent suggérer diverses solutions. Cela dépend pour partie des dispositions constructives, notamment lorsqu'elles sont liées à des mesures spécifiques aux cahiers des charges ou aux caractéristiques particulières du site. Il est donc impossible d'énumérer ici des méthodes de dimensionnement à valeurs universelles. Ce chapitre sera d'avantage l'occasion d'exposer une série de principes fondamentaux sur lesquels les ingénieurs chargés de l'élaboration du projet sont invités à réfléchir à leur tour.

Les charges auxquelles le rideau de palplanches est soumis se composent en général des pressions exercées conjointement par les terres et l'eau. En ce qui concerne la pression hydraulique, l'analyse limitée à la crue envisagée lors du calcul (ill. 1) est généralement insuffisante. Souvent, la stabilité générale de l'ouvrage est déterminée par le cas d'une décrue rapide des eaux extérieures après une période d'épandage assez longue.

Ceci est plus particulièrement illustré par le second cas de charge (décrue, ill. 2) où le danger d'une rupture hydraulique des fondations peut s'avérer déterminant pour le dimensionnement du rideau de palplanches. En ce qui concerne la pression terrestre, il est interdit d'appliquer lors du dimensionnement un quelconque matériau ou une quelconque surcharge côté butée, car tout serait emporté dans les cas extrêmes. (ill. 3 - 5)



Orly, France

En plus de la stabilisation purement statique, un rideau de palplanches peut aussi produire indirectement des effets bénéfiques sur la stabilité globale de la digue :

- Par un abaissement de la ligne d'écoulement la stabilité du talus côté terre est augmentée. De cette manière, ce dernier peut épouser une forme plus verticale. Le profil du talus situé côté terre peut ainsi être optimisé.
- Par un allongement de la voie de ruissellement, la sécurité est renforcée par rapport à la rupture hydraulique de la fondation de la digue.
- Lors d'une fuite dans le noyau « étanche », un rideau central en palplanches permet d'éviter la migration des fines et dès lors prévenir l'érosion à l'arrière de la paroi. De plus, on observe une diminution importante du danger d'érosion arrière occasionnée par les animaux fouisseurs.

Ces effets positifs supplémentaires sont obtenus par le rideau de palplanches lorsque ce dernier est encastré dans une couche imperméable.

Imperméabilité

L'imperméabilité d'un rideau de palplanches peut présenter de fortes variations qui dépendent de l'utilisation ou non des systèmes d'étanchéification des serrures et de leur nature. Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet dans la brochure « Le rideau de palplanches étanche ». Si l'on compte attribuer une fonction soutènement au rideau de palplanches tout en veillant à éviter l'assèchement du talus situé du côté aéré, il est possible de prévoir des barbacanes pour la circulation de l'eau (voir à ce sujet EAU 2020, Chap. 7.3.1). Pour calculer le débit à travers un rideau de palplanches, vous trouverez plus de renseignements dans la norme EN 12063, Annexe E. Cependant si le rideau de palplanches n'est pas fiché dans une couche imperméable, le débit et la ligne de ruissellement ne peuvent être déterminés avec exactitude que par un calcul numérique

Durabilité

Dans le sol, la perte d'épaisseur de la paroi en palplanches est quasi nulle. Dans l'eau douce également, il ne faut pas s'attendre à rencontrer des problèmes importants. Pour des raisons esthétiques, les rideaux de palplanches visibles sont néanmoins fréquemment habillés d'un parement. Dans le choix des couleurs, il est conseillé des teintes plutôt sombres. Elles ont tendance à mieux résister dans le temps. De plus amples conseils relatifs aux systèmes de revêtement sont énumérés dans le catalogue général « Palplanches », chapitre Durabilité.

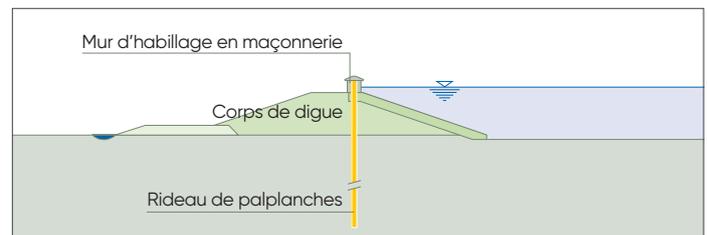


Illustration 1 : parement esthétique d'un rideau de palplanches

Procédure de mise en œuvre

Les digues peuvent être soumises à des tassements lors de vibrations. Grâce aux **vibrateurs à moment d'excentricité variable**, les rideaux de palplanches peuvent être mis en œuvre en ménageant au maximum l'ouvrage. En cas de doute, il est possible de faire appel à un système d'enregistrement des vibrations qui émet un signal d'avertissement dès qu'un certain seuil de vibration est dépassé. Si tel est le cas, il faut procéder par pré-forage, vérinage ou battage. Pour le **battage**, on peut accepter dans la plupart des cas, des vitesses de vibration plus élevées. Le **vérinage** en revanche ne produit pas la moindre vibration. Dans le cas où le rideau remplit une fonction d'étanchéité, il est donc recommandé de travailler avec le maximum de soins pour assurer l'intégrité du rideau de palplanches.



Bassin de rétention des eaux pluviales, Lübeck, Allemagne

Réhabilitation des paysages – concevoir avec la nature de manière créative

L'utilisation d'un rideau de palplanches en acier permet de façonner les berges de manière très naturelle, en répondant à la fois aux exigences économiques, écologiques et esthétiques. Dans cette perspective, les rideaux de palplanches servant de protection anti-crue ou utilisés pour l'aménagement de berges doivent s'intégrer dans le cadre paysager ou urbain.

Appréciée dans les zones urbaines : la grande diversité des habillages en pierre

Dans l'environnement urbain, il est souvent possible de procéder à un habillage par un ouvrage de maçonnerie ou de pierres naturelles capables de rehausser l'esthétique des parois en acier. En règle générale, les murs en acier qui ne présentent pas le moindre parement ne sont pas suffisants. Ils ne répondent pas toujours aux exigences esthétiques urbaines. C'est pour cette raison qu'on ne rencontre les rideaux de palplanches exempts de parement la plupart du temps que dans des environnements industriels tels que les installations portuaires ou les quais. L'habillage en briques ou en pierres naturelles permet une grande diversité dans la conception et peut même, dans de nombreux cas, être complété et agrémenté par une végétalisation appropriée. L'utilisation d'éléments préfabriqués permet, quant à elle, d'accroître nettement la rapidité de mise en place de l'habillage. Il faut cependant remarquer que le choix de la pierre devrait toujours s'effectuer en fonction des particularités locales. En ce qui concerne les parois de protection contre les risques de crue dans les zones urbaines, il faut noter qu'il est généralement exigé que la vue sur le fleuve ne soit pas entravée. Il reste possible de prévoir des évidements dans la paroi, lesquels pourront en cas d'urgence être fermés par des systèmes de fermetures mobiles. A cet égard, il existe encore l'alternative de la paroi anti-crue se présentant sous la forme d'un rideau de palplanches rehaussé d'un verre blindé.

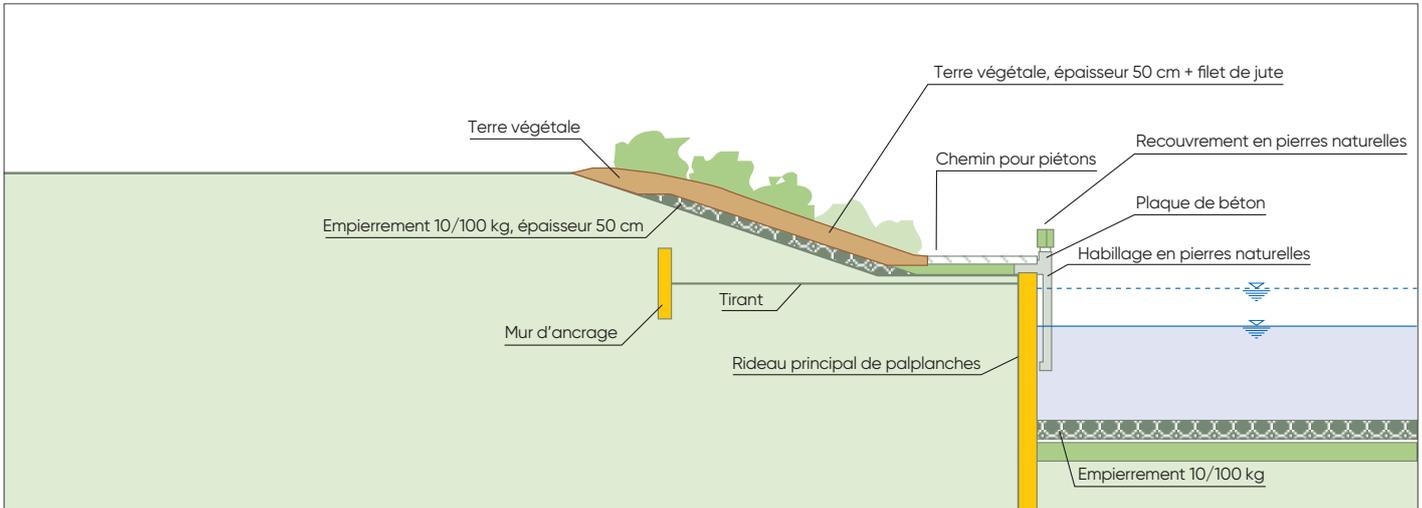
La végétalisation des berges améliore la qualité de vie

Idealement, il faut préserver l'écosystème naturel d'un endroit en le modifiant le moins possible et en veillant à le compléter

Ils peuvent être recouverts d'une couche de peinture, habillés d'un parement en bois, en briques ou en pierres naturelles ou encore être agrémentés de plantations. Une plantation adaptée favorise d'ailleurs le repeuplement des écosystèmes, parfois dégradés par l'intervention de l'homme dans la nature.

de manière ciblée. L'utilisation d'un rideau de palplanches permet la **plantation aménagée** d'arbres sur les talus. En effet, l'endommagement de la paroi étanche par l'intrusion des racines notamment, n'est plus à craindre. Dans le cas de digues de canaux, la navigation bénéficie d'une certaine protection contre le vent. Précisons cependant que la plantation ne doit jamais constituer un obstacle et entraver l'inspection de la digue. A l'instar des balcons ou des murs d'une maison qui sont décorés de bacs de fleurs, on peut embellir un rideau de palplanches à l'aide de **caisses biotopes**. Celles-ci varient en fonction des matériaux de construction, des formes, des couleurs et du rangement. Elles peuvent être combinées librement les unes avec les autres. Ces caisses biotopes sont placées soit à la hauteur de la surface de l'eau, soit sous le niveau de l'eau. Tout dépend de leur finalité : soit elles sont destinées à des plantes des marais, soit à des plantes plus strictement aquatiques, voire totalement immergées. Outre les caisses biotopes, il est également possible de se décider pour un système qui est directement intégré aux creux des ondes du rideau de palplanches.





Aspects relatifs à la réalisation des berges

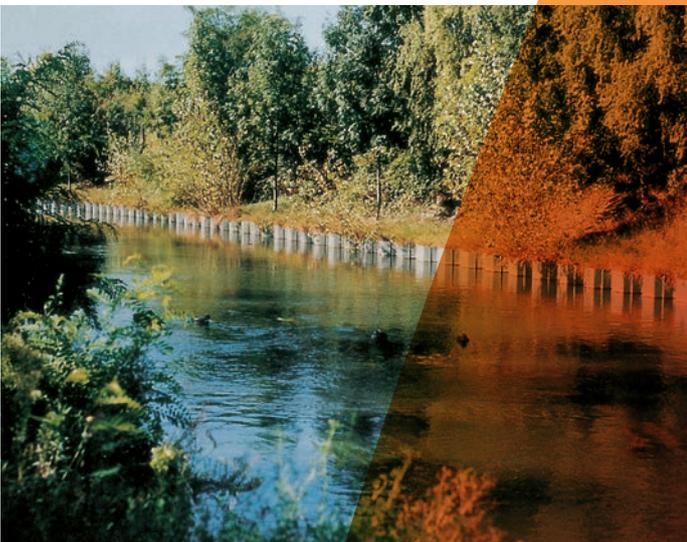
Lors de l'habillage et/ou de la végétalisation des rideaux de palplanches, il faut tenir compte des aspects suivants :

- Un profilé en acier soudé ou une fondation en béton peut servir de support pour l'ouvrage de maçonnerie.
- Lors du dimensionnement de l'habillage, il faut tenir compte des sollicitations supplémentaires provenant des impacts, tant du côté eau que du côté terre.
- Il faut procéder au remplissage des cavités de ruissellement éventuelles du rideau de palplanches afin que les charges soient directement transférées sur la paroi en acier. Il importe d'éviter qu'une quantité importante d'eau soit présente dans ces cavités de ruissellement. Un tel volume d'eau peut entraîner des désordres localisés, des dégâts dus au gel, et de la corrosion.
- Si les pièces métalliques annexes ne sont pas fixées selon les règles de l'art, un risque d'altération du métal en contact est possible.
- Pour les rideaux de palplanches recouverts d'une plantation, il faut s'assurer que la partie recouverte reste accessible. Dans le cas contraire, l'entretien de l'ouvrage s'en trouverait plus compliqué.
- Le bois en tant que matériau d'habillage peut être utilisé à condition de posséder les caractéristiques requises pour garantir la durabilité de l'ouvrage.

Vous trouverez de plus amples informations à ce sujet dans la brochure « Palplanches - Aménagements écologiques et paysagers des berges ».

Références

- [1] EAU 2020, Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways. Ernst und Sohn, 2023.



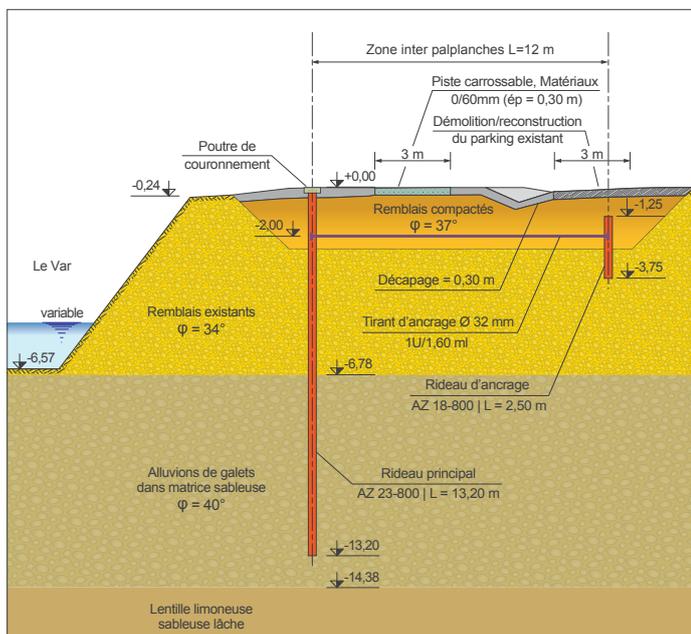
Cas pratique

Confortement des digues de Saint-Laurent du Var | France

En juillet 2009, l'État et le conseil départemental des Alpes-Maritimes ont lancé le premier PAPI (Programme d'Actions de Prévention des Inondations) pour la basse vallée du Var, avec des travaux prioritaires dont une digue de 500 m pour contenir une crue de 3 800 m³/s. Après l'approbation du PPRI (Plan de Prévention Risques Inondation) en 2011, le PAPI 2, signé en 2013, a prévu d'étendre la protection sur 1 100 m à Saint-Laurent-du-Var.

Les travaux concernent 2 000 habitants, des zones d'activités, des équipements publics et le centre-ville. En complément, les digues de l'A8 (ESCOTA) et de MINCADAM (CD06) ont été renforcées en 2010. La digue longeant la route métropolitaine 95 représente 1,6 km.

Le confortement s'effectue au moyen d'un double rideau de palplanches pour les secteurs de berge à emprise suffisante : des AZ 23-800 de 12,7 m à 14,5 m en rideau principal et des AZ 18-800 de 2,5 m à 7,5 m en rideau d'ancrage, en nuance d'acier S 355 GP, pour un total de 2 315 tonnes. La distance entre les deux rideaux est de 12 m, les tirants sont posés avec une entre-distance de 1,6 m. Le confortement s'étend du parking du giratoire Jean Aicard, en limite amont, au giratoire Pierre de Coubertin, en limite aval, et doit garantir la stabilité des ouvrages de protection vis-à-vis des aléas de rupture (érosion externe, érosion interne, surverse et instabilité d'ensemble) pour une crue exceptionnelle Q = 5 000 m³/s.



Coupe type



Amorcé en juillet 2016, le confortement des berges comprenait également la mise en œuvre de protections en enrochements et en matelas de gabions, le réaménagement des exutoires des ouvrages hydrauliques pluviaux et les aménagements paysagers, créant un espace végétalisé tout le long de la digue.

Les deux rideaux de palplanches ont été réalisés de manières distinctes avec deux ateliers dédiés. Le rideau principal a été mis en œuvre suivant la méthode de la mise en fiche par panneaux. Le premier atelier de battage était constitué d'un vibrofonceur en pendulaire PTC 32HFV muni d'une double-pince Duplex 2 x 55t, d'un vibreur hydraulique ICE 28 RF à pince simple 200TU ainsi que d'un marteau diesel Delmag D 19-52 avec casque de battage adapté mis à disposition par ArcelorMittal. Le rideau d'ancrage quant à lui a été réalisé par fonçage à l'avancement en utilisant un vibreur hydraulique porté Movax SPH80 monté sur une pelle hydraulique de 27 tonnes. Le deuxième atelier de battage était composé d'un vibrofonceur PTC 23HFV, d'un mouton diesel Delmag D 30 pour le fonçage des palplanches du rideau principal et d'un vibreur hydraulique porté Dawson monté sur pelle hydraulique pour la mise en place du rideau d'ancrage. Une surveillance vibratoire a été réalisée pendant toute la durée de la mise en œuvre des palplanches.

Les sondages pressiométriques montraient une couche de remblai à caractéristiques mécaniques faibles à moyennes suivie d'une couche d'alluvions de graviers et de galets dans une matrice sableuse. Les valeurs de la pression limite de cette couche étaient supérieures à 3 MPa et dépassaient les 5 MPa à certains endroits.

Afin de remplacer les profils AZ 24-700 initialement prévus au projet, des tests de battage préliminaires ont été effectués en juin 2016 avec des palplanches AZ 20-800-0,5, AZ 23-800 et AZ 25-800 pour confirmer le bon comportement des palplanches de la toute nouvelle gamme AZ[®]-800 dans les sols compacts. Finalement, une économie de près de 14% a été possible en remplaçant l'AZ 24-700 par l'AZ 23-800, un profil équivalent mais bien plus léger.

Une autre spécificité du chantier était la mise en place d'un ancrage excentré en barres GEWI de diamètre 32 mm nécessitant un dimensionnement particulier basé sur une méthode de calcul développée par ArcelorMittal en collaboration avec l'institut des structures métalliques du département Génie Civil de l'École Polytechnique d'Aix-la-Chapelle (RWTH).

Les travaux ont débuté en 2016 et se sont achevés en 2017.

Cas pratique

Digue de Manalapan : protection contre les tempêtes et contrôle de l'érosion à Palm Beach, Floride | États-Unis

Au cours des deux décennies qui ont suivi la Seconde Guerre mondiale, la population de la luxueuse station balnéaire de West Palm Beach a presque doublé, les vétérans stationnés à la base aérienne locale étant revenus s'installer dans la ville à la fin de la guerre. Situées sur la côte est de la Floride, le long de l'océan Atlantique, de grandes propriétés ont été construites en bord de mer dans la ville de Manalapan, offrant une vue imprenable sur les îles-barrières tout en faisant face à la trajectoire des ouragans la plus active au monde.

Dans les années 1960, les résidents ont cherché à protéger les quelque 170 propriétés en bord de mer contre les vagues en construisant des digues en palplanches en acier PMA 22 enfoncées dans le sable de la plage avec des tirants en acier ancrés à des pieux en béton à environ 3 à 4 m à l'intérieur des terres.

Fin octobre 2012, l'ouragan Sandy a balayé la côte est et provoqué une onde de tempête qui a submergé les digues de South West Palm Beach. Avec des vents violents s'étendant sur plus de 1 500 km, l'ouragan Sandy a généré une onde de tempête destructrice sur une grande partie du littoral atlantique. Les dégâts causés par l'ouragan Sandy s'élèvent à plus de 50 milliards de dollars, ce qui en fait la deuxième tempête la plus dévastatrice de l'histoire des États-Unis.

À Manalapan, l'eau de la mer a submergé les digues, emporté le sol, exposant ainsi les blocs de fondations en béton dont les tirants en acier furent rompus. Le rideau de palplanches en acier a cédé et a chuté dans l'océan. L'eau de mer a inondé les propriétés en bord de mer et causé d'importants dommages.

Les propriétaires devaient réparer les digues endommagées avant la prochaine saison des ouragans.

Pour compliquer encore davantage les choses, la réglementation de l'Agence de protection de l'environnement a accéléré le calendrier. L'enlèvement des anciennes palplanches en acier et le fonçage des nouvelles palplanches devaient être

terminés début mars 2013 afin de ne pas perturber la saison de nidification des tortues marines sur la plage.

Comme pour plusieurs autres projets liés à Sandy le long de la côte est des États-Unis, l'association des propriétaires et leur ingénieur ont agi rapidement pour remplacer les digues endommagées.

Lorsque les anciennes palplanches ont été extraites du sol, l'acier entièrement fiché dans le sol avait encore une épaisseur de 9,5 mm, ce qui témoigne de l'absence de corrosion en l'absence d'oxygène. Les palplanches en acier, qui ont prouvé leur durée de vie de 50 ans depuis leur première installation, ont été choisies à nouveau. Des palplanches AZ 26-700 de 12,2 mm d'épaisseur, revêtues, ont été sélectionnées pour la réalisation du rideau principal.

Dans la majorité des propriétés côté océan, la conception consistait en un rideau en T, avec le mur principal à une hauteur de 2,5 m hors sol, soit une augmentation par rapport à la hauteur précédente de 1,5 m.

Pour stabiliser ce mur de soutènement, des palplanches en acier plus courtes ont été foncées dans le calcaire à une profondeur de 8,5 à 9,0 m perpendiculairement au rideau principal, connectées par des raccords d'angle C9.

Dans une propriété intacte située à l'extrémité sud de l'île, le propriétaire a cherché à prévenir de futurs dommages en remplaçant la digue existante par des palplanches en acier revêtues et surmontées d'un couronnement béton. L'ancrage arrière de ce rideau est réalisé en blocs de fondations en béton et tirants en acier (à 7,6 m de la nouvelle paroi).

À la fin de la saison de nidification des tortues marines, les propriétés de Manalapan situées sur la côte intérieure de l'île ont entamé la deuxième phase du projet : l'installation de rideaux de palplanches en acier pour les cales de mise à l'eau.



EcoSheetPile™ Plus

SmartSheetPile®

ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.
Palplanches

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

E palplanches@arcelormittal.com
palplanches.arcelormittal.com

 Hotline: (+352) 5313 3105

 ArcelorMittalSP

 ArcelorMittal Sheet Piling