



Palplanches

Protection anticrue / Dignes de canaux



- 2 Les rideaux de palplanches – des solutions efficaces pour la construction de digues, l’assainissement de digues et l’aménagement de berges
- 4 Le rideau de palplanches – un mode de construction très avantageux
- 6 La technique du rideau de palplanches – le choix idéal
- 8 Rideau de palplanches et réhabilitation des paysages – concevoir la nature de manière créative
- 10 Les rideaux de palplanches dans la pratique – Palplanches ArcelorMittal sur le Rhin

Les rideaux de palplanches – 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. 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.

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 (voir EAU 2012, R 51 [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)

Arles, France



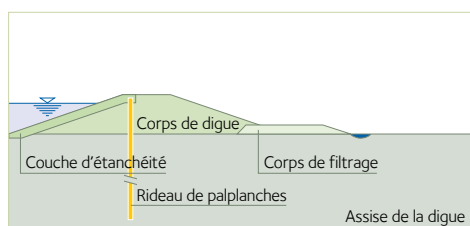


Illustration 1: paroi d'étanchéité

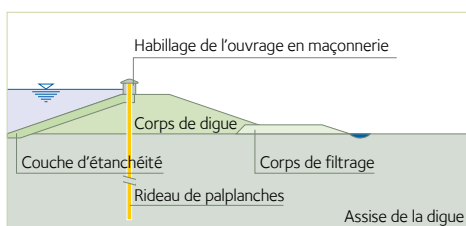


Illustration 2: surélévation de digue

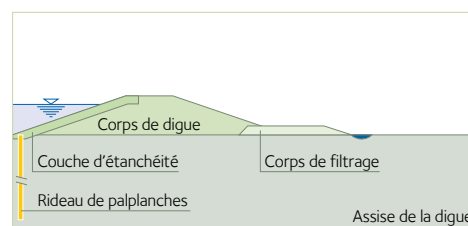


Illustration 3a: Soutènement côté eau (protection contre l'érosion)

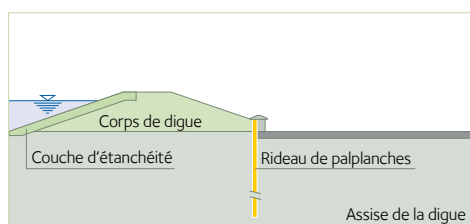


Illustration 3b: stabilisation du talus du côté de la terre

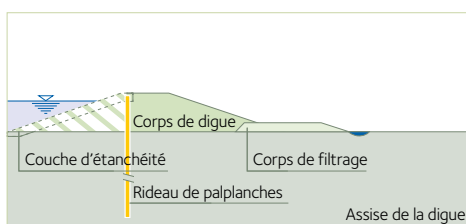


Illustration 3c: élargissement de la voie navigable

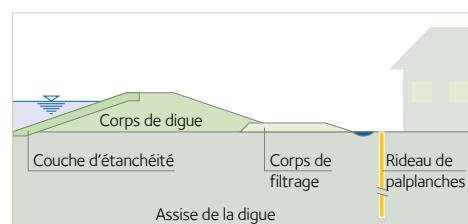


Illustration 4: protection contre l'affaissement

- 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)

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 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

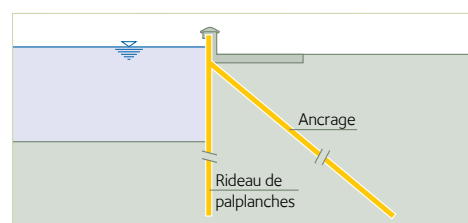
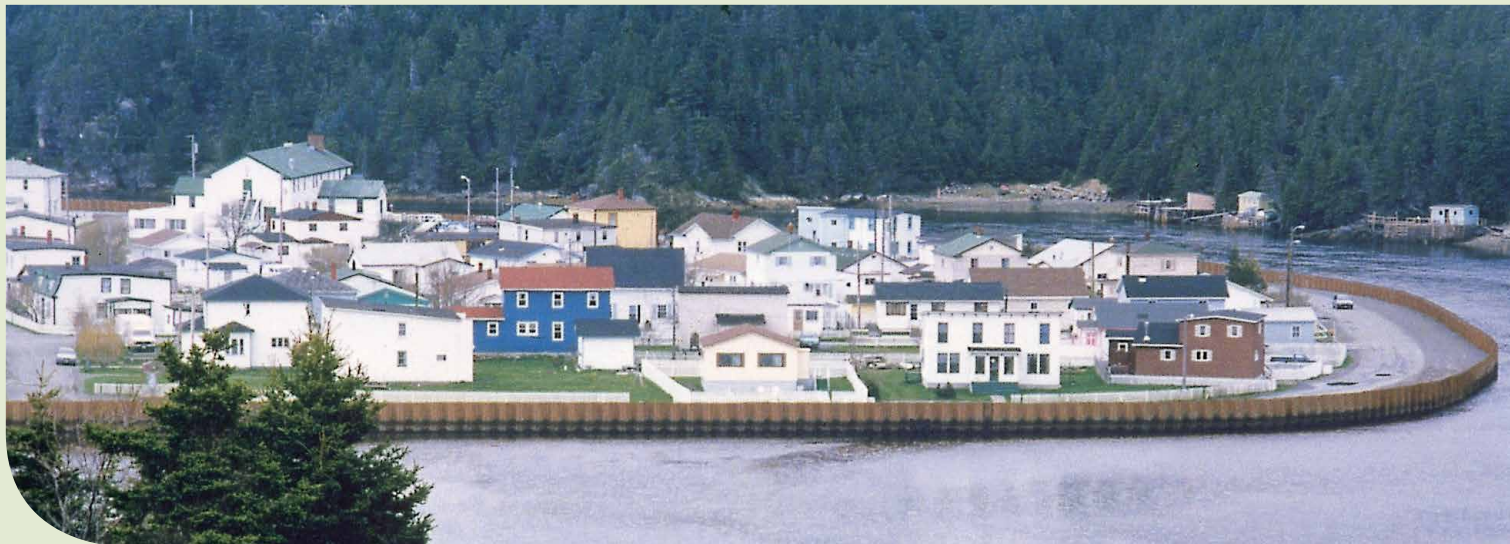


Illustration 5: paroi de protection anticrue

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)



Placentia, Terre-Neuve

Le rideau de palplanches – 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.

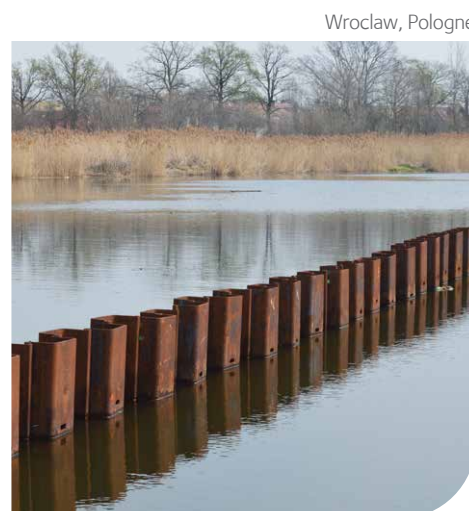
- Les palplanches se caractérisent en tout premier lieu par leur **rentabilité**, qui résulte avant tout de la progression rapide de la construction. Par ailleurs, les rideaux de palplanches sont également satisfaisants du fait de leur mise en oeuvre immédiate et de la qualité des matériaux, contrôlés dès l'usine. Ces avantages s'avèrent payants pour le maître d'ouvrage notamment par le gain de temps direct qu'ils doivent procurer. Etant donné que les installations pour le chantier ne sont pas importantes, la construction peut commencer après une période de préparation très courte. Le fait qu'un seul élément puisse combiner les fonctions d'étanchéité et de soutènement permet également une optimisation des coûts.
- A l'ère des vibreurs à moment d'excentricité variable, les rideaux de palplanches peuvent être **mis en oeuvre 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



Wroclaw, Pologne



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

- **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-contre se trouve un exemple d'exécution d'un croisement rideau de palplanches/conduite. Le système illustré est par ailleurs insensible aux affaissements.

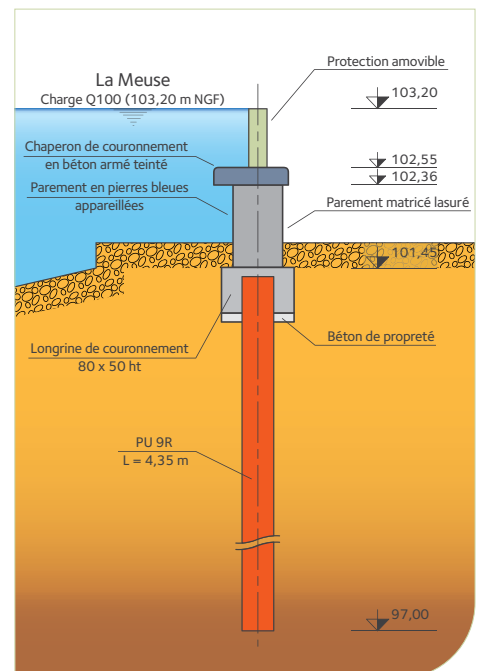
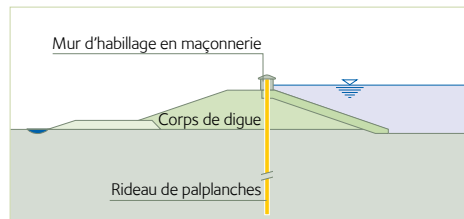
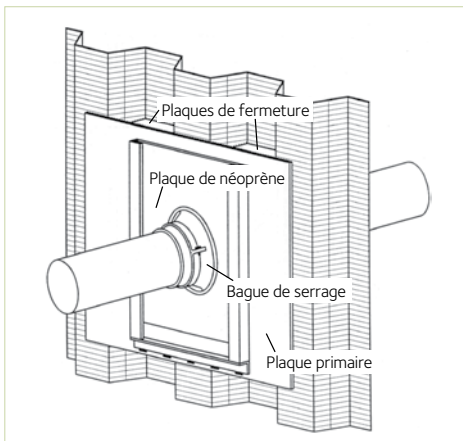
- A la différence des autres matériaux de construction, les rideaux de palplanches **peuvent être extraits du sol**, ce qui s'avère particulièrement intéressant pour les systèmes de protection contre les risques de crue provisoire. Dans ces cas, ils ne doivent en effet assurer qu'une protection temporaire, limitée dans le temps. Ces palplanches en acier sont entièrement réutilisables après leur arrachage et recyclables à 100%. Une analyse du cycle de vie démontrera que dans ces cas particuliers les palplanches ont un très faible impact environnemental.



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

Givet, France

Sortie de conduite



La Loire maîtrisée: 3 applications anti-crue
Chapelle-Basse-Mer: 400 ml de palplanches PU 12, mises en oeuvre par vérinage ont permis le renforcement de la levée de la Divatte.
Guilly: 500 ml de PU 8 ancrées dans l'argile verdâtre ont pallié l'abaissement du lit de la Loire qui menaçait la stabilité de la levée de défense contre les inondations.

Bou: Un rideau métallique de 400 ml, composé de PU 20 a conforté la levée de Loire et paré les infiltrations en faisant échec aux fontis et aux cavités karstiques des fonds calcaires.

Nota - La poursuite de la restauration et de l'entretien du lit du fleuve, notamment le renforcement des levées et la réduction de la vulnérabilité des zones inondables sont une des priorités de la Région Centre.

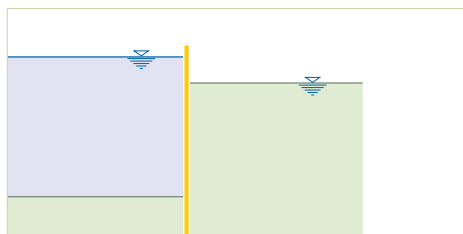


Illustration 1: Cas de charge en crue

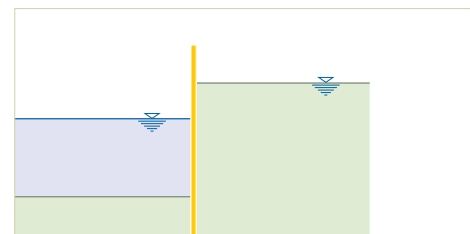


Illustration 2: Cas de charge en décrue

La technique du rideau de palplanches – 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 oeuvre 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 technicien tiendra compte des autres critères (nature des sols, procédé de mise en oeuvre, etc.) qui déterminent les longueurs maximales d'utilisation pour permettre un fonçage sans aléas.

Résistance à la flexion

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 au cahier 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.

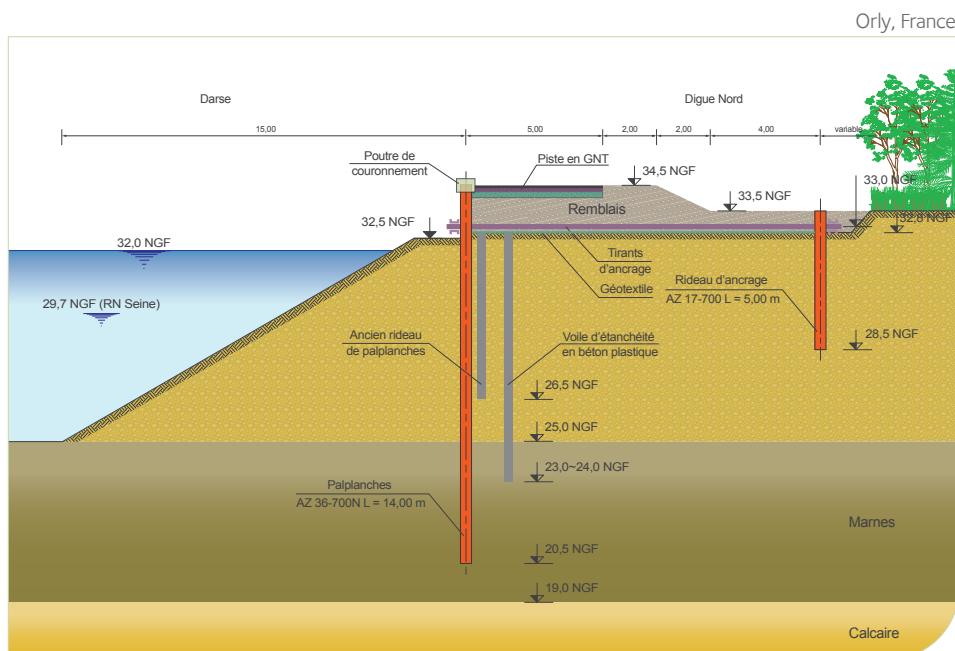
Ceci est plus particulièrement illustré par le second cas de charge (décrue, ill. 2) où le danger d'une rupture hydraulique des fondations peut s'avérer déterminant pour le dimensionnement du rideau de palplanches. En ce qui concerne la pression terrestre, il est interdit d'appliquer lors du dimensionnement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

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.



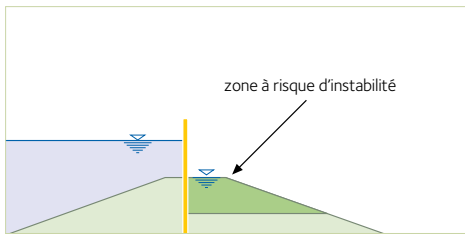


Illustration 3: Crue: une partie du talus située du côté des terres risque d'être emportée par le débordement des eaux.

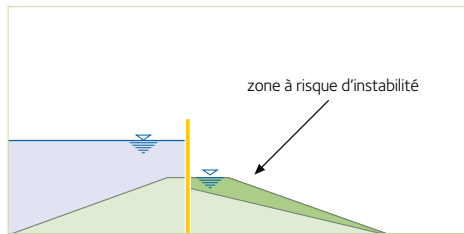


Illustration 4: Crue: affaissement d'une partie du talus inondé située du côté terre (φ sous eau < φ hors eau).

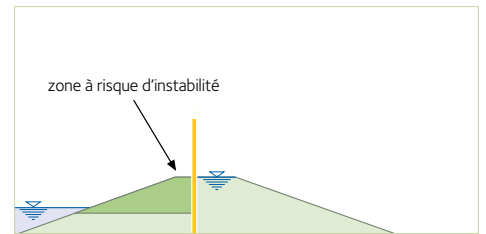


Illustration 5: Décrue: une partie du talus située du côté eau peut être emportée par les courants beaucoup plus forts au cours de la crue.

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 2012, R 51).

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 recouvrement sont énumérés dans le catalogue général "Palplanches en acier", chapitre Durabilité.

Procédure de mise en oeuvre

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 oeuvre 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





Rideau de palplanches et réhabilitation des paysages – concevoir 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. 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.

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

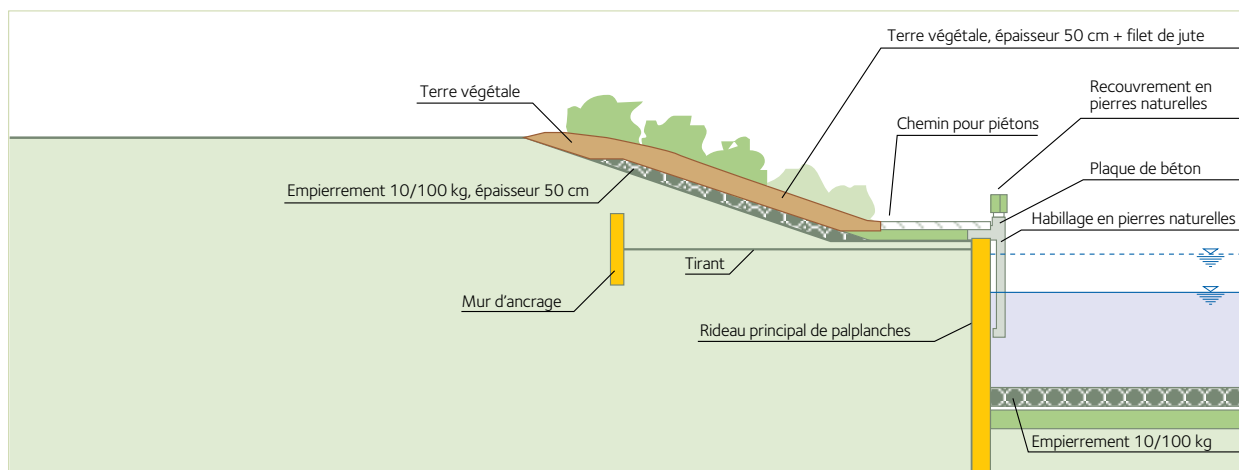
complété et agrémenté par une végétalisation appropriée. L'utilisation d'éléments préfabriqués permet, quant à elle, d'accroître nettement la rapidité de mise en place de l'habillage. Il faut cependant remarquer que le choix de la pierre devrait toujours s'effectuer en fonction des particularités locales. 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.



Canal de Nervaux, Troyes, France

Radunia Channel, Gdansk, Pologne





La végétalisation des berges améliore la qualité de vie

Idéalement, il faut préserver l'écosystème naturel d'un endroit en le modifiant le moins possible et en veillant à le compléter 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 choix 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 métalliques - Aménagements écologiques et paysagers des berges".

Références

[1] EAU 2012, Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen". Häfen und Wasserstrassen. Ernst und Sohn, 2012, 688 p.



Les rideaux de palplanches dans la pratique – Palplanches ArcelorMittal sur le Rhin

Les rideaux de palplanches en acier ont largement prouvé dans la pratique qu'ils constituaient des solutions techniquement et économiquement fiables. On utilise les palplanches dans des travaux d'étanchéité qui bordent le Rhin à Gamsheim et Ifferzheim. De même, les palplanches sont au coeur du dispositif d'écêtement des crues du Rhin que sont les polders de la Moder et d'Erstein.

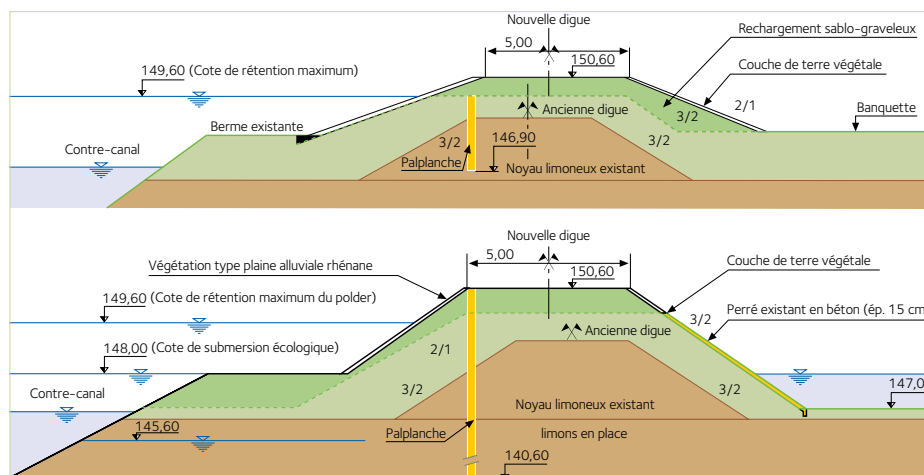
A l'aval de Strasbourg: Sécurisation des digues du Rhin canalisé

La structure des digues de canalisation du Rhin supérieur, en territoire français (rive gauche) est la même qu'en Allemagne et les problèmes sont similaires: sous une pression d'eau de 5 à 11 mètres, et malgré la présence d'un noyau limoneux dans la digue, les éléments fins du corps de la digue, et surtout l'enveloppe en gravier, sont entraînés par des infiltrations. Au cours du temps, des fuites toujours plus importantes s'établissent au travers de la digue. Leur présence est révélée en pied de digue, au niveau du contre-canal de drainage: de longues panaches de couleur laiteuse, dus à la présence des éléments fins, troublent les eaux limpides du contre-canal.

A l'aval de Strasbourg, Voies Navigables de France a mis en oeuvre en 1994, **150 mètres de rideau de palplanches en barres de 12 mètres** de longueur. Les palplanches ont été mises en fiche au moyen d'un vibreur. Par contre, le battage jusqu'à la cote de -12,50 m par rapport au couronnement de la digue a été réalisé avec un mouton pour limiter les phénomènes vibratoires et, par là même, le risque de modifier la structure interne de la digue. Lors du battage, les sources au droit du contre-canal se tarissaient instantanément dès que les cheminements internes étaient coupés par une palplanche. Quelques sources se

sont cependant réactivées quelques semaines après l'achèvement du rideau. Dans des tubes en acier spécial battus au droit du rideau, on mesure depuis régulièrement la température interne de la digue, ce qui permet de localiser les cheminements de l'eau. C'est ainsi que l'on a pu constater que les serrures entre les palplanches étaient pratiquement étanches et que les quelques passages d'eau qui s'y produisaient se colmataient rapidement. Il faut donc battre des palplanches plus longues pour les claver dans le terrain graveleux sain, sous le niveau du fond du lit du Rhin, de ses méandres et de ses anciens bras d'avant canalisation. C'est pourquoi, Voies Navigables de France a fait l'acquisition en 2000 d'un **stock de sécurité de 500 tonnes de palplanches PU 20 en acier de nuance S 355 GP**. 330 palplanches, en barres libres de **18 mètres** de longueur, sont ainsi disponibles et peuvent être mises en oeuvre à tout moment. Il est en effet primordial de pouvoir intervenir sans délai si des fuites, qui sont par ailleurs sous contrôle permanent, venaient à prendre une importance telle que la sécurité de l'ouvrage pourrait être menacée. Pour la mise en oeuvre de ces palplanches de grande longueur, il est prévu, en cas de difficultés au battage, de procéder à des forages de décompression du sol à la tarière. Les matériaux limoneux et sablograveleux, ameublés, permettront alors une pénétration facile des profilés métalliques. Le terrain se compactera à nouveau autour des palplanches

au fur et à mesure de l'avancement du battage. La possibilité de disposer d'un stock de sécurité, la rapidité d'intervention et de mise en oeuvre, l'étanchéité, la grande résistance, la durée de vie importante sont des critères qui ont déterminé le choix de Voies Navigables de France sur le Rhin franco-allemand: **avoir recours à l'utilisation de palplanches laminées à chaud pour assurer la sécurité de ses digues à l'aval de Strasbourg, vis-à-vis des problèmes d'infiltration et du cheminement de l'eau.**



Polder d'Erstein - coupes de principes

Zones inondables: polders et digues

Jusqu'au 19e siècle le Rhin, fleuve sauvage, possédait de nombreux chenaux enchevêtrés sur une largeur de plusieurs kilomètres et changeait de lit principal au fil des crues. La canalisation a apporté son lot d'avantages (navigation à grand gabarit, exploitation hydroélectrique, flux économique, ...). Il résultait cependant du dernier siècle de travaux une conséquence à maîtriser. La diminution des zones inondables entraîne une augmentation des débits et donc une accélération de la vitesse de propagation des crues. La convention franco-allemande du 6 décembre 1982 a prévu d'assurer la protection des riverains face à ce problème. Il s'agit d'une série de mesures, notamment d'aménager des zones latérales de rétention dénommées «Polders». Après le Polder de la Moder d'une capacité de stockage temporaire de 5,6 millions de m³, ce sont les travaux du polder d'Erstein (7,8 millions de m³) qui sont achevés. Les submersions écologiques annuelles de ces zones permettent aux communautés animales et végétales de retrouver le type de fonctionnement initial du biotope. La remise en eau des bras latéraux du Rhin contribue aussi à la recharge de la nappe phréatique, tout comme à la circulation de l'eau favorisant ainsi les zones de nidification de certaines espèces. Pour ces objectifs, le projet d'Erstein a nécessité la construction d'un ouvrage de prise principal pour la rétention des crues, un ouvrage de prise secondaire pour les submersions écologiques, un ouvrage de vidange principal et un ouvrage de vidange complémentaire. De plus, la construction de nouvelles digues et le renforcement de celles existantes ont complété le dispositif. Tous ces ouvrages et toutes ces digues ont privilégié l'emploi de palplanches.

La rehausse des digues

L'un des nombreux problèmes techniques rencontrés lors de la réalisation des travaux du polder d'Erstein a été le réhaussement de l'étanchéité des digues existantes.

La contrainte essentielle lors de la mise en oeuvre de ce renforcement était de ne pas désorganiser la structure de la digue existante qui est principalement constituée d'un noyau étanche en matériau limoneux et terreux et recouvert d'une protection en gravier du Rhin.

Les techniques possibles proposées pour réaliser cette étanchéité étaient nombreuses.

D'une part, à l'issue de l'analyse technique des dossiers d'appel d'offres, il se trouvait que seules les palplanches en acier pouvaient permettre la mise en oeuvre de la nouvelle étanchéité sans risque de dégradation du noyau de la digue (éboulement, liquéfaction).

D'autre part, ce procédé technique «propre» permettait un avancement de chantier non négligeable compte tenu des 4 kilomètres à mettre en oeuvre. Enfin, ce procédé a permis de concevoir la réalisation d'un mur de soutènement dans l'alignement du rideau d'étanchéité sans changer les moyens techniques engagés.

Par conséquent, la palplanche a été le moyen le plus fiable dans ce cas spécifique de renforcement d'une structure existante. Au total, c'est donc un **rideau d'étanchéité en palplanches d'une longueur de 4400 mètres** qui est réalisé dans la digue du bassin de compensation et dans la digue initiale du Rhin. Celles du bassin de compensation, 900 ml de **PU 12 de 10 m** de longueur, ont une triple fonction. Elles rehaussent la digue et

en renforcent l'étanchéité. Elles soutiennent la digue tout en maintenant une largeur de 4,20 m, favorisant le passage de véhicules. Elles augmentent le coefficient de Lane qui réduit le gradient hydraulique d'écoulement entre le bassin et le polder. Sur les autres 3200 m de la digue ont également été mises en place des palplanches **PU 6 de 3 m** pour rehausser et renforcer l'étanchéité. Enfin, dans la digue du Rhin, il a été réalisé un rideau en **PU 6 de 3 m** sur 300 ml. L'engazonnement des digues a été conjugué avec une plantation mélangeant diverses espèces autochtones.

Dans ces projets phares, en plus des avantages économiques qu'elle procure, la palplanche a été choisie également en fonction de sa facilité de mise en oeuvre, de sa rapidité à l'avancement des travaux, de son action étanche immédiate (en regard du cahier des charges et des contraintes hydrologiques à respecter) et du non-assujettissement des palplanches aux aléas climatiques.

Remerciements

Nous remercions vivement les personnes et organismes ayant contribué à l'élaboration de ce document par leur aide à la rédaction, pour leur apport technique et logistique, en prêtant leur concours, notamment les Voies Navigables de France et les Services de la Navigation de Strasbourg. Une attention toute particulière à la subdivision de GAMBSEIM et à la cellule du Polder d'Erstein.

Sources: VNF, ArcelorMittal Commercial RPS, Schulze Ingenieur GmbH, Ingenieurbüro Arcadis, WSA Freiburg.

ArcelorMittal Commercial RPS S.à r.l.

Palplanches

66, rue de Luxembourg

L-4221 Esch-sur-Alzette

Luxembourg

T +352 5313 3105

E palplanches@arcelormittal.com

palplanches.arcelormittal.com