

Présentation	Protection alternative des berges avec des techniques végétales en Allemagne – Investigations in situ à Stolzenau sur la Weser
Intervenant	Dr.-Ing. Renald Soyeaux, BAW, Karlsruhe
Réunion	7 ^{èmes} Journées Scientifiques et Techniques 8 – 10 décembre, Paris
Organisateur	CETMEF – Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales Compiègne
Contenu	Texte du diaporama – version longue → Diapo i - j

Diapo 1

Mesdames et Messieurs bonjour !

Ma présentation se consacrera à la „*Protection alternative des berges avec des techniques végétales en Allemagne*“ et détaillera les „*Investigations in situ à Stolzenau sur la Weser*“. Je remercie l'organisateur pour l'invitation et de me donner la possibilité de présenter les résultats de notre projet de recherche. Pour l'explication : mon nom est d'origine huguenote et j'ai appris le français à l'école seulement, mais j'essaie de le parler.

Diapo 2

Au début, je ferai un rapport sur l'arrière-plan du projet de recherche (1).

Après cela, je décrirai la situation du bief-test (2), les conditions hydrauliques et géotechniques (3) (→ les mesures, les investigations géotechniques, l'observation de la navigation en cours, les charges hydrauliques et la modélisation hydraulique-numérique), puis les faits de végétation (4) (→ les plantations, le développement du succès et l'évaluation) et faune (5).

À la fin, je ferai un premier bilan (6).

Diapo 3

Depuis 2004, le projet est réalisé par des participants de deux instituts fédéraux allemands : L'un est le BAW (= *Institut Fédéral allemand d'Études et de Recherches des Voies Navigables*) – à gauche – qui se consacre aux études et recherches des voies navigables, dans ce projet surtout la géotechnique et l'hydraulique. Le BAW est situé à Karlsruhe au bord du Rhin d'où je viens. L'autre est le BfG (= *Institut Fédéral allemand d'Hydrologie*) – à droite – qui a ses temps forts sur l'hydrologie et la biologie (et qui contribue aux aspects de la végétation et de la faune. Mais rien n'a marché sans l'aide des Offices des Eaux et de la Navigation et de plusieurs consultants techniques et en biologie.

Diapo 4

Sur cette photo vous voyez la protection technique de berges d'un canal, l'enrochement à gauche et une cloison à droite. Il y a beaucoup de codes de bonne pratique et de directives ainsi que de méthodes de calcul pour dimensionner ce type de protection. Mais cette solution-là ne tient pas compte de la nature !

Comme vous le savez, il existe plusieurs lois – à droite – sur la protection de la nature – notamment la DCE – qui doivent être toutes respectées. En outre – à gauche – il y a beaucoup de petits biefs-tests en Allemagne qui ne sont pas connus par tous les *Offices des Eaux et de la Navigation*.

Respecter les exigences des lois et équilibrer les premières expériences, c'étaient les motifs de l'installation du projet de recherche et aussi pour combler les lacunes.

Diapo 5

Au cours des années 2004/2005 notre approche a commencé avec une enquête sur les biefs-tests existants en Allemagne. C'est le (1).

En même temps nous avons chargé un institut universitaire d'une quête de littérature internationale au sujet des méthodes et des exemples de la protection alternative des berges. C'est le (2).

Les résultats ont été résumés dans un premier rapport, il y a deux ans.

Diapo 6

L'enquête a donné environ 160 biefs-tests avec une longueur totale d'environ 200 km. Voici, ils sont marqués sur une carte des voies navigables allemandes. Vous voyez des concentrations aux fleuves moyens et rivières du point de vue des dimensions et de la circulation. En ce moment il y a peu de biefs-tests sur le Rhin et sur les canaux.

Les quatre photos vous expliquent la largeur de bande des méthodes : par exemples des digues longitudinales végétalisées, des fascines, des géonattes pré-végétalisées et des palissades doubles.

Diapo 7

Pour la réalisation d'une statistique des résultats, nous avons classé les données de base en 12 groupes. Le **diagramme circulaire** présente les 5 groupes les plus représentés par ordre suivant :

- les berges sans mesures environ un tiers,
- la protection génie végétal environ un cinquième,

- l'enrochement combiné génie végétal 17 %,
 - la pente modérée de berge environ 10 % et
 - les fascines 7 %
- suivies par des autres.

Diapo 8

Après l'enquête nous avons démarré nos investigations en détail de bief-tests sélectionnés. C'est le (3).

Le premier était situé sur la Weser près de la ville de Stolzenau. Le mois dernier, nous avons fini notre deuxième rapport qui décrit les résultats obtenus. Ce bief-test là et les résultats sont le contenu des transparents suivants.

À partir de maintenant, nous suivrons d'autres biefs-tests sur p. ex. le Mittellandkanal ou le Rhin.

Diapo 8-1

Nos perspectives d'avenir sont

- (4) l'installation d'un bief-test innovant impliquant nos expériences et
- (5) la formulation des recommandations pour l'application croissante des méthodes de la protection alternative des berges.

Diapo 9

Voici, je vous présente la situation du bief-test : le lieu se trouve dans le nord de l'Allemagne. Une carte à échelle agrandie montre la retenue Landesbergen de la Weser, la ville de Stolzenau et le bief-test sur la rive droite – en vert et dessiné en cercle rouge – avec sa longueur de 750 m. Sur la photo aérienne, vous voyez la végétation du bief en virage modéré à droite.

Diapo 10

La photo montre l'état durant l'année **1988** – avant la construction des mesures – avec un pâturage intensif et en conséquence une végétation monotone.

En **1989**, peu après la construction de la protection alternative vous voyez les plantations de roseaux, de carex et de saules sur la berge à pente réduite (au coin gauche en bas : roseaux plantés en motte, au centre : tapis de branches de saule).

La photo de **2006** présente l'état extraordinaire d'aujourd'hui avec un buisson épais de saules.

Diapo 11

Ce plan vous montre la première étape de la construction : on a

- déroché la berge et réduit la pente (couleur **bleue**)
- déroché seulement (couleur **jaune**)
- laissé l'enrochement antérieur (couleur **brune**).

La particularité du bief-test était la sectorisation en 17 parties où on a construit les différentes combinaisons de protections alternatives des berges.

Diapo 12

Voici un seul exemple au secteur 9 : la plantation de jonchère est seulement protégée contre le batillage par une fascine. La pente a été réduite nettement à 1 : 7. La photo vous donne une autre impression de cette situation.

On a choisi différentes constructions pour rendre possible la comparaison entre les différentes méthodes.

Diapo 12 - 1

Ce transparent montre un deuxième exemple d'une combinaison des génies civil et biologique au secteur 1 : la plantation de jonchère (ou hélrophytes) est protégée contre le batillage par une fascine; devant cela, il y a un remblai de roches pour stabiliser un remplissage qui doit permettre l'épandage de la végétation. La photo vous donne une autre impression de cette situation.

Diapo 13

Les investigations consistent en plusieurs observations :

Tout d'abord ces sont la géométrie et les conditions géotechniques. À droite p. ex., vous voyez le type d'un **diagramme** pour expliciter le développement de la pente tout au long des années.

Ultérieures observations regardent la végétation, la faune, la navigation en cours et les charges hydrauliques connexes. À gauche, on peut voir le type d'un **histogramme** des vitesses naviguées.

À la fin c'est le changement d'état.

Diapo 13 - 1

Au mois de juin de l'année passée, nous avons effectué des forages sur la berge pour obtenir la courbe granulométrique des matériaux du sous-sol (**diagramme du haut**). Il y a une interface claire entre les limons et les sables en haut et les graviers en bas, qui se trouve environ au niveau d'eau moyen (**diagramme du bas**). C'est important dans le rapport avec la végétation.

Diapo 14

Quant à l'hydrologie, nous avons analysé les niveaux d'eau pris à l'échelle de Stolzenau pendant 17 années. Le **diagramme** prouve que pendant la plupart du temps, les niveaux d'eau oscillent entre les basses eaux moyennes – en allemand le MNW – et le niveau d'eau moyen – en allemand le MW.

Donc, il n'y a pas trop de jours avec des niveaux maximaux de crue. C'est-à-dire, il n'y a pas souvent de charges hydrauliques naturelles pour la végétation, ce qui est grave.

Les abréviations allemandes :

HHW (höchster Hochwasserstand) = niveau maximal de crue

HSW (höchster schiffbarer Wasserstand) = les plus hautes eaux navigables

MW (Mittelwasserstand) = niveau d'eau moyen

MNW (mittlerer Niedrigwasserstand) = basses eaux moyennes

Diapo 14 - 1

... Le **tableau** à gauche souligne ce fait si vous regardez le nombre minimal des panneaux en bleu qui représentent les niveaux de crue.

Diapo 15

Maintenant je vous expliquerai le principe de l'observation de la navigation en cours :

- 1) À l'aide d'un radar caché, nous avons enregistré les données du mouvement des bateaux passants : d'une part la vitesse du bateau d'autre part la distance entre bateau et berge.
- 2) Pour l'enregistrement des hauteurs d'onde et avec ça de l'abaissement du niveau d'eau, nous avons utilisé des boîtes dynamométriques comme à voir sur la photo à droite.
- 3) Les vitesses alternantes de courant nous avons mesuré à l'aide d'une sonde correspondante comme à voir sur la photo à gauche.
- 4) Pour déterminer le tirant d'eau, on a observé les repères d'étalonnage sur site et consulté l'enregistrement des bateaux à l'écluse la plus proche.

Diapo 15 - 1

Voici une impression photographique de l'observation. Pour cacher l'observation, le radar a été installé sous une tente de camping en face du bief de mesure.

La **photo** en bas à droite vous montre l'écran de radar avec les berges de droite et de gauche et entre les deux un bateau passant.

Diapo 15 - 2

La **photo** résume le phénomène de l'interaction entre bateau et voie navigable par l'exemple du passage d'un grand bateau dans un canal :

À la berge, vous voyez l'abaissement du plan d'eau, qui est suivi par le courant de la récupération du plan d'eau en arrière.

À la poupe, il se forme une onde transversale qui augmente fortement plus la distance bateau - berge décroît.

En arrière du bateau, il y a aussi le jet de propulsion.

Le **diagramme** représente un enregistrement typique de la variation du plan d'eau quand le bateau passe. On peut différencier

- l'abaissement principal similaire à la longueur du bateau – appelé onde primaire – et
- des petites hauteurs d'onde secondaire après le passage du bateau.

Diapo 16

Voici quelques résultats statistiques :

Si l'on regarde la flotte de navires dans le **diagramme circulaire**, on voit que le nombre de bateaux à marchandises ressemble environ à celui des bateaux de plaisance, tous les deux provoquant la plupart des mouvements. En somme, l'observation s'appuie sur 156 bateaux. Sa durée a été de 7,5 journées.

La comparaison des vitesses des navires démontre des vitesses moyennes entre 10 à 13 km/h (kilomètres par heure) dans le cas des bateaux à marchandises – l'**histogramme** à gauche – qui équivalent à la vitesse la plus fréquente des bateaux de plaisance – l'**histogramme** à droite.

Les maximums sont 17 km/h d'une part – en cas de la navigation vers l'aval – et 40 à 60 km/h d'autre part.

Diapo 17

L'analyse des ondes mesurées montre que les grosses hauteurs d'ondes primaires – qui contiennent le gros abaissement du plan d'eau – proviennent des bateaux à marchandises.

Voyez l'**histogramme** à gauche. La plupart est de moins de 30 cm. Rarement la hauteur augmente à 60 cm, seulement en cas de navigation vers l'aval.

Et voilà l'**histogramme** des ondes secondaires : elles sont moins hautes, pas plus que 20 cm.

Diapo 18

Quant à la distance entre bateau et berge, la plupart de tous les bateaux naviguent à 60 – 70 m de la rive droite dont le bateau le plus proche navigue à 55 m. Seulement une petite quantité de bateaux de plaisance s'approche de la berge jusqu'à 35 m.

C'est démontré à l'aide du **diagramme** affiché.

Diapo 18 - 1

Pour calculer les charges hydrauliques naturelles, une section du BAW a développé un modèle hydraulique-numérique de la Weser.

Voyez l'exemple d'une **coupe transversale** avec les domaines de rugosité. Le bief-test est situé à droite. La calculation donne les résultats en sections de 5 m sur toute la coupe transversale.

Le **diagramme** ci-dessous montre les vitesses moyennes du courant par sections p. ex. Faites attention aux valeurs réduites à la berge droite, comparées aux valeurs maximales. En cas des plus hautes eaux navigables, les deux résultats les plus importants concernant les charges hydrauliques de la végétation sont :

- la vitesse de courant jusqu'à 1 m/s et
- la contrainte de cisaillement jusqu'à 6 N/m*m à la section la plus droite du bief-test.

Diapo 18 - 2

Ce **diagramme** vous présente les deux résultats les plus importants concernant les charges hydrauliques de la végétation :

- La vitesse de courant jusqu'à 1 m/s et
- la contrainte de cisaillement jusqu'à 6 N/m*m à la section la plus droite du bief-test.

Le **tableau** en bas réunit tous les résultats principaux

- du calcul avec le modèle hydraulique-numérique quant à l'hydraulique des eaux et
- du mesure de la navigation en cours quant aux charges hydrauliques causées par des navires.

Toutes ces valeurs offrent la possibilité de relier les charges et la réussite de la végétation et de la faune.

Diapo 19

À l'aide des transparents suivants, je veux vous expliquer l'installation de la végétation et sa réussite. J'utilise des plans de peuplement.

Attention à la modification de la direction du regard comme présentée : les plans de peuplement ne sont plus orientés vers le nord !

Tous les plans de peuplement sont colorés

- selon les méthodes employées de plantation et
- selon les plantes enracinées.

Diapo 20

Voici le peuplement de l'année 1989, juste après la construction. Il y a

- des roseaux en motte (couleur **jaune**),
- des carex en motte (couleur **beige**),
- des tapis de branches de saule à rejets (couleur **verte**),
- des boutures ou bien des pieux à rejet de saule (couleur **verte**) et
- des géonattes pré-végétalisées avec roseaux (couleur **jaune**).

Faites attention aux couleurs limitées : elles correspondent aux endroits de plantation limités aussi ! Les sections entre ces couleurs ne sont pas plantées du tout !

Diapo 21

Et voyez maintenant le peuplement en 2005 ! Les couleurs se sont étalées considérablement. Et avec ça la végétation.

Il y a des gros tapis de roseau (couleur **jaune**). C'est une augmentation remarquable !

Le peuplement des carex (couleur **beige**) n'a pas augmenté beaucoup.

Le buisson des saules (couleur **verte**) a augmenté médiocrement dans les régions de plantation de l'année 1989.

Mais aussi les saules et les arbres uniques se sont étalés sur tout le bief-test.

Les autres couleurs :

Gris – sans végétation (dt. Vegetationslos)

Bleu clair – végétation d'arbrisseaux sur les rives (dt. Uferstaudenfluren)

Bleu foncé – végétation des bancs de galets / chiendents (dt. Quecken-Flutrasen)

Lilas – baldingère faux-roseau (lat. phalaris arundinacea; dt. Rohrglanzgras)

Diapo 22

À l'aide de ce transparent, je veux vous présenter l'évaluation du point de vue végétale et technique :

Pour la plus grande partie, les plantations appliquées sur l'étendue peuvent être considérées « comme succès » (couleur **verte**), le reste « comme succès partiel » (couleur **beige**).

Quant à la protection contre l'érosion, la plupart des lignes de rive peuvent être considérées « comme bonnes » (ligne hachurée **verte**). Seulement une petite partie de la berge très ombragée n'est « pas si bonne » (ligne hachurée **rouge**).

Le troisième carré à droite montre l'évaluation concernant la qualité écologique :

En majorité les biotopes obtiennent l'évaluation « excellente », marquée par deux plus. Les autres sont tout de même « bonne ».

Diapo 23

Cette seule diapo vous donne une impression des investigations de la faune : on a comparé trois groupes de faune (faune aviaire, faune piscicole et macrozoobenthos) sur la berge à la protection alternative et sur une berge-référence à la protection technique. Dans tous les cas, le nombre d'animaux et d'espèces a augmenté.

Sur l'**histogramme** vous voyez les résultats de la faune aviaire du bief-test et du bief-référence sur l'autre rive de la Weser : au bief-test, les nombres d'espèces et d'espèces menacées s'élèvent environ au double !

Diapo 23 - 1

Ce transparent offre les résultats d'une comparaison des trois groupes de faune sur la berge à la protection alternative – colonne droite – et sur la berge à la protection technique – colonne gauche – sur l'autre rive de la Weser :

- faune aviaire,
- faune piscicole et
- macrozoobenthos

Dans tous les cas, le nombre d'animaux et d'espèces a augmenté, comme vous pouvez le voir en **rouge**.

Diapo 24

Après avoir considéré non seulement les aspects techniques mais aussi ceux de la végétation et la faune, nous pouvons tirer un bilan du bief-test examiné. On ne doit pas oublier les conditions :

Charges faibles causées par des navires, berges peu inclinées et dimensions larges de la voie navigable.

Quant à la végétation, on a constaté un bon développement et une valeur très haute.

Quant à la faune, on a constaté une haute évaluation et un bénéfice pour les trois groupes observés.

Du point de vue technique, il y a une bonne protection contre l'érosion avec aucun soin.

Toutes ces déclarations attestent que les protections des berges techniques-biologiques sont une solution qui se solde par succès !

Diapo 25

Sur ce dernier transparent je montre les perspectives de ce type de protection de berges :

- Les protections alternatives des berges combinées génie civil - génie biologique peuvent être appliquées aux voies navigables.
- L'utilisation est une fonction des conditions locales, en particulier des conditions hydrauliques.
- Les recherches futures doivent être l'examen des relations entre les charges et les impacts sur p. ex. l'érosion, la végétation et la faune.
- L'espérance que nous lions à nos recherches et à nos publications est l'augmentation de l'acceptation et de la sûreté de conception.

Diapo 26

Mesdames et Messieurs, c'est la fin de ma présentation. Je vous remercie de votre attention. Également je souhaite mentionner mes nombreux collègues qui ont participé à l'avancement du projet, entre autres Madame Fleischer du BAW et Madame Bauer et Monsieur Liebenstein du BfG.