

LUTTE CONTRE L'ÉROSION SUR LA RIVE SUD DU LAC DE NEUCHÂTEL
BILAN 1999-2004 DU TRONÇON PILOTE DE CHESEAUX-NORÉAZ (VD)
RÉSUMÉ DU RAPPORT FINAL DE L'ENTREPRISE DE CORRECTION FLUVIALE







UN PATRIMOINE NATUREL ET ARCHÉOLOGIQUE MENACÉ PAR L'ÉROSION	4-5
LE TRONÇON PILOTE DE LUTTE CONTRE L'ÉROSION DE CHESEaux-NORÉAZ	6-7
ZOOM SUR LES OUVRAGES	8-9
DES RÉSULTATS PROMETTEURS	10
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES	11

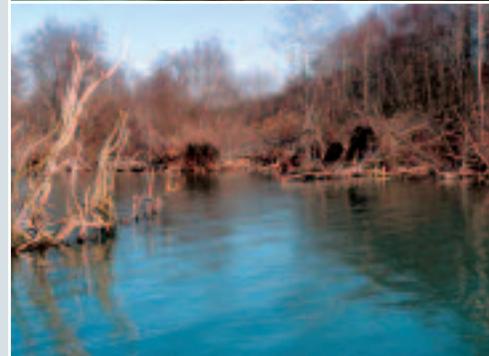
UN PATRIMOINE NATUREL ET ARCHÉOLOGIQUE MENACÉ PAR L'ÉROSION

UNE RIVE FRAGILISÉE PAR LES TRAVAUX DE CORRECTION DES EAUX DU LAC

Le niveau du lac de Neuchâtel a, au cours de son histoire, présenté des variations naturelles importantes. Avant le milieu du XIX^e siècle, le niveau moyen du lac était de 432 m et la ligne de sa rive sud suivait le pied des falaises de molasse que les vagues érodaient continuellement.

Les ravages des crues du lac, fréquentes et spectaculaires, motivèrent les importants travaux de la première Correction des eaux du Jura de 1868 à 1891 (1^{ère} CEJ). L'abaissement du niveau du lac d'environ 3 m qui en résulta engendra, entre les falaises et la nouvelle ligne de rive, l'exondation d'importantes surfaces de sable et, localement, la mise à jour de vestiges d'anciennes colonisations humaines (du Néolithique moyen au Bronze final). Une végétation palustre se développa rapidement sur ces nouveaux espaces, compensant la disparition des marais des plaines de la Broye, de l'Orbe et du Seeland, asséchées par les travaux de correction.

Sous l'action érosive des vagues, la nouvelle ligne de la rive sud du lac, que les travaux avaient refoulée à plusieurs centaines de mètres de sa position originelle, entama un mouvement de recul en direction des falaises. Cette reconquête par le lac se poursuit encore aujourd'hui, menaçant un patrimoine naturel et archéologique de grande valeur.



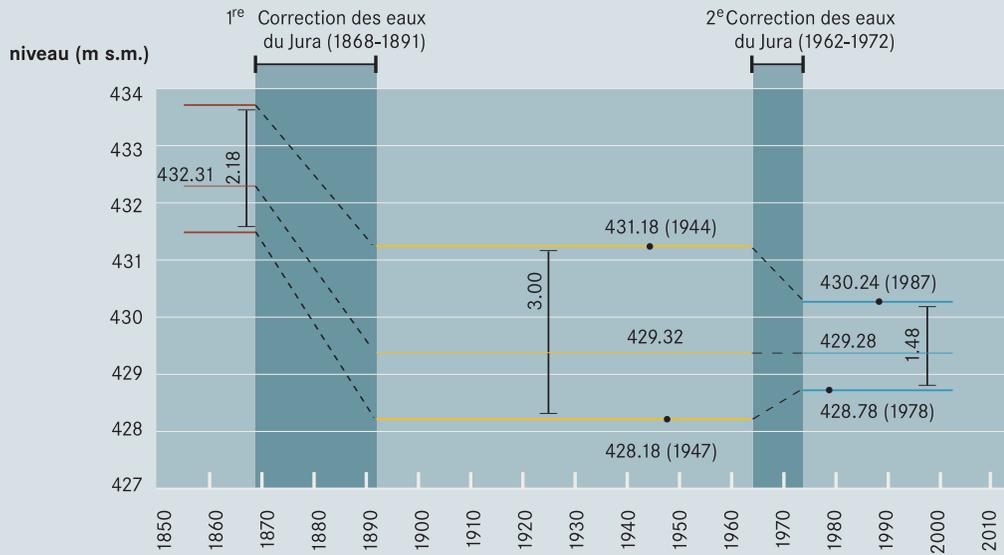
Quelques exemples de dégâts aux rives provoqués par l'érosion.

PRINCIPAUX COUPABLES: LES VENTS

Les vents jouent un rôle majeur dans l'érosion de la rive sud du lac de Neuchâtel. Leur vitesse peut atteindre des pointes supérieures à 100 km/h, en particulier pour la Bise et cela pendant plusieurs heures, générant une houle importante. En eau peu profonde, ces vagues s'amplifient encore et, par effet de réfraction, s'orientent parallèlement à la rive lorsque le courant atteint le fond du lac. Même plus petites, elles suffisent à mettre en mouvement le sable de la beine que les courants de retour transportent au large. Leur action modifie sans cesse le rivage qui, dans les secteurs exposés aux vents, recule de manière chronique.

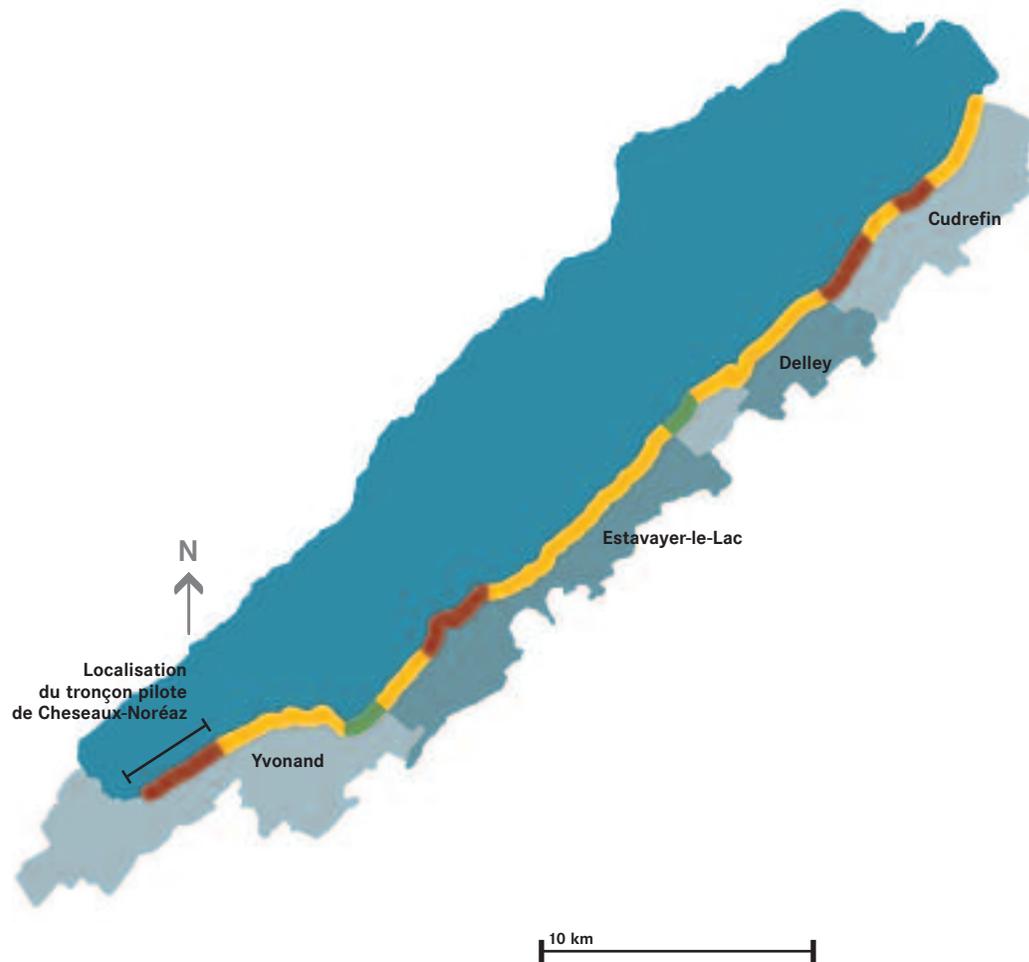
UN PATRIMOINE NATUREL DE VALEUR NATIONALE ET INTERNATIONALE

La rive sud du lac de Neuchâtel, avec ses 7 réserves naturelles couvrant près de 23 km² entre Yverdon-les-Bains et Cudrefin, constitue un des ensembles palustres les plus précieux de Suisse. Le site, connu sous le nom de Grande Cariçaie, jouit d'un intérêt national et international incontesté. Un quart des espèces de la faune suisse et un tiers de celles de la flore suisse trouvent refuge sur la beine lacustre ainsi que dans les marais et forêts alluviales riveraines. Beaucoup d'entre elles, que la disparition des zones humides en Suisse a raréfiées, y sont représentées en populations abondantes. Plusieurs dizaines de milliers d'oiseaux d'eau s'arrêtent chaque année sur la Rive sud pour hiverner ou se reproduire.



Effets des deux Corrections des eaux du Jura (CEJ) sur le niveau du lac de Neuchâtel

Niveaux du lac moyens, minimaux et maximaux observés avant la 1ère CEJ, entre les deux CEJ et après la 2^e CEJ.

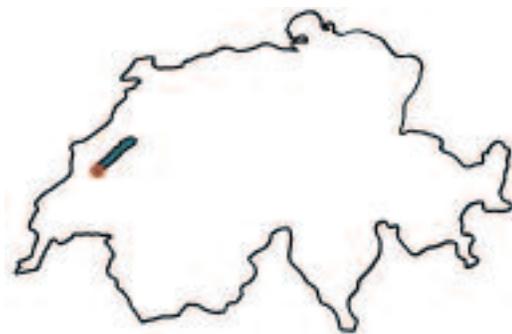


Secteurs de la Rive sud soumis à une érosion chronique

Depuis la deuxième Correction des eaux du Jura, la Grande Cariçaie est soumise sur plus de 11 km de ses rives à une érosion régulière entraînant un recul de la berge dépassant localement 2 m par année. L'érosion aboutit globalement à une perte annuelle de plus d'un hectare de végétation palustre.

- Ligne de rive en régression entre 1981 et 1994
- Ligne de rive stable entre 1981 et 1994
- Ligne de rive en progression entre 1981 et 1994
- Communes riveraines vaudoises
- Communes riveraines fribourgeoises

LE TRONÇON PILOTE DE LUTTE CONTRE L'ÉROSION DE CHESEAUX-NORÉAZ



GENÈSE DU PROJET

En décembre 1991, suite aux résultats de diverses études révélant l'ampleur de l'érosion sur la Rive sud, les cantons de Vaud et de Fribourg ont constitué un groupe d'étude des problèmes de lutte contre l'érosion. Après avoir dressé un bilan du phénomène et chiffré le coût global pour maîtriser ce dernier, ce groupe a proposé la réalisation d'un tronçon pilote de 4 km sur le littoral de la commune vaudoise de Cheseaux-Noréaz (VD), l'une des communes de la rive les plus touchées par l'érosion.

Le projet a été réalisé sous la direction de l'Entreprise de Correction Fluviale Rive Sud du Lac de Neuchâtel (ECF-RSLN) constituée par décision du Conseil d'Etat du canton de Vaud.

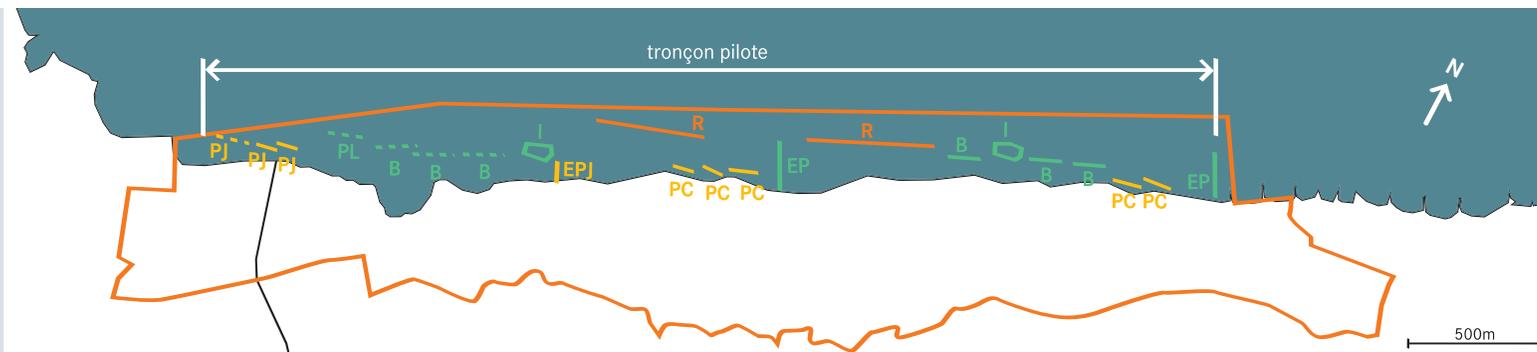
LE PRINCIPE DU TRONÇON PILOTE

Le tronçon pilote repose sur une combinaison d'ouvrages de lutte contre l'érosion. Vingt-deux ouvrages avaient été initialement prévus, alliant des éléments lourds au large (digues brise-lames, récifs artificiels en béton,...) et des ouvrages plus légers proches de la rive (palissades de bois et fascines).

Leur coût total avait été devisé à Fr. 8,25 millions, une grande partie des matériaux rocheux pouvant être fournis à des prix concurrentiels par les chantiers autoroutiers de la route nationale A5 (RNA5) sur la rive nord du lac de Neuchâtel. Toutefois, pour des raisons géologiques et de planification, seuls 31'000 m³ de roche, sur les 62'000 m³ prévus initialement, ont pu être mis

à disposition par les routes nationales. Pour combler partiellement ce déficit, l'ECF-RSLN a acheté 11'000 m³ d'enrochements sur le marché. Ce surcoût a rendu impossible la réalisation de tous les ouvrages. De ce fait, seuls 17 des 22 ouvrages prévus ont finalement été construits, permettant la protection de 3 km de rives. Sept ouvrages en enrochements ou en béton ont été placés au large à une distance de 80 à 100 m parallèlement à la rive afin de retenir ou d'atténuer les vagues qui déferlent vers le rivage. Trois épis transversaux ont été construits pour éviter un transport longitudinal de sédiments derrière les ouvrages.

Sept palissades de bois ont été implantées parallèlement à la rive, à quelques dizaines de mètres de cette dernière, entre le rivage et les enrochements. Testées sur divers lacs européens aux dimensions plus réduites que celui de Neuchâtel, elles freinent, sans les briser, les courants et les vagues.



< Localisation des différents ouvrages du tronçon pilote de Cheseaux-Noréaz

Ouvrages projetés
Ouvrages réalisés

Ouvrages en enrochements

PL : île accessible aux baigneurs et aux bateaux

B : digues brise-lames

I : îles aux oiseaux

EP : épis

Ouvrages en béton

R : récifs artificiels

Ouvrages en bois

PJ : palissades en pieux jointifs

PC : palissades à claire-voie

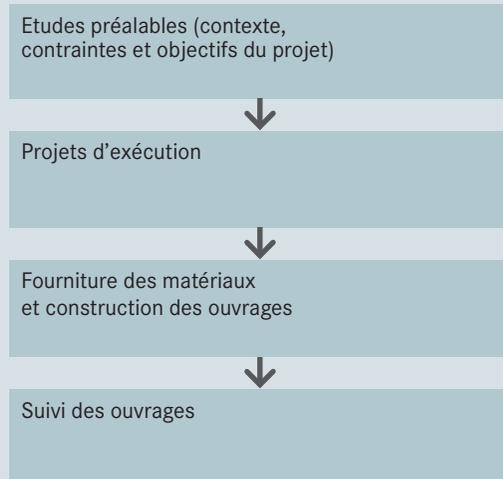
EPJ : épi en pieux jointifs

COMMISSION EXECUTIVE, DÉROULEMENT DU PROJET ET MANDATAIRES DE L'ENTREPRISE DE CORRECTION FLUVIALE

Commission exécutive

- Conservation de la faune du Canton de Vaud
- Groupe d'étude et de gestion de la Grande Cariçaie (GEG)
- Municipalité de Cheseaux-Noréaz
- Service des eaux, sols et assainissement du Canton de Vaud (SESA)

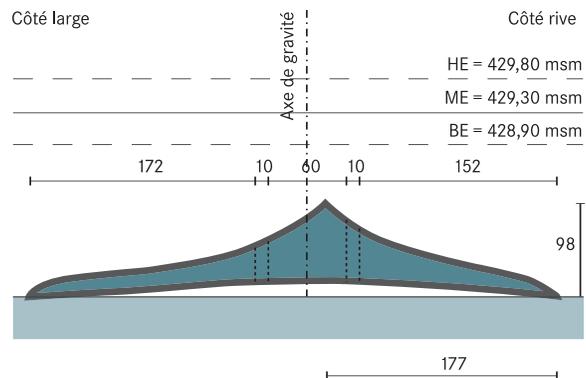
Déroulement du projet



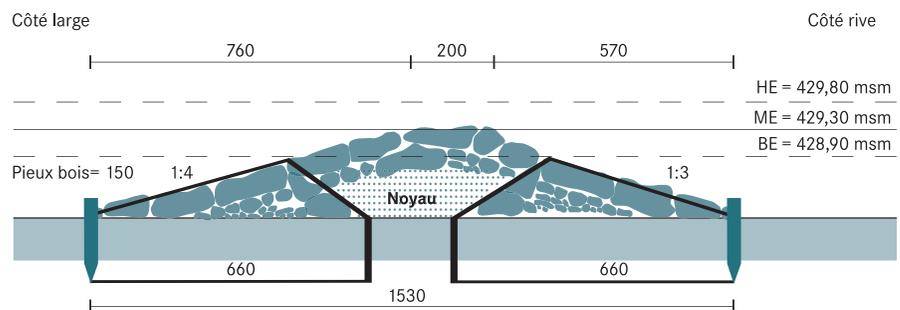
Mandataires

- Association forestière vaudoise et du Bas-Valais / Inspection des Forêts 2^e arrdt VD
- Bathytec Sàrl (ex Martin SA)
- Büro Iseli und Bösiger
- Burri & Pavid SA, Ingénieurs civils
- Ecotec Environnement SA
- Element SA
- Groupe d'étude et de gestion de la Grande Cariçaie (GEG)
- Henkelriff
- Hydrosaat SA / A.J. Bischof
- Intrasub SA
- Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'ETH Zürich (VAW)
- Sables & Gravier La Poissine SA

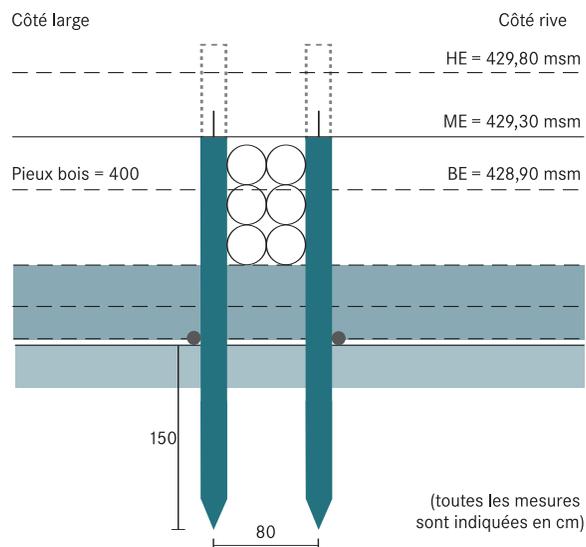
Élément de récif en béton préfabriqué



Digue brise-lames



Palissade à claire-voie



- 1 Mise en place d'un élément de récif artificiel en béton armé
- 2 Digue brise-lames
- 3 Palissade à claire-voie, mise en place de fascines.

ZOOM SUR LES OUVRAGES

LES OUVRAGES AU LARGE

Trois types d'ouvrages ont été testés au large : des récifs artificiels en béton (immergés), des digues en enrochements (immergées ou émergées) et enfin des îles en enrochements pour les oiseaux (émergées).

Les éléments préfabriqués des **récifs** sont en béton et pèsent 3 tonnes chacun. L'assemblage se fait par un système en queue d'aronde lâche qui permet au récif d'épouser la topographie de la beine. Deux chaînes d'éléments de 400 à 500 m chacune ont été mises en place sur le tronçon pilote de Cheseaux-Noréaz. Testés en laboratoire, les récifs artificiels Henkelriff™ obligent les courants lacustres, après franchissement de leur crête, à déposer les sédiments en suspension. Ils empêchent, après réflexion des courants contre le rivage, la migration des sédiments déposés.

Les **digues brise-lames** sont constituées d'un géotextile de fond, amarré par des pieux, sur lequel reposent deux digues d'appui, rectilignes et parallèles, formées de blocs de 200 à 400 litres. L'espace entre les digues est rempli d'un noyau de matériaux relativement fins recouvert d'un couronnement de blocs de 250 à 1000 litres. Longues de 100 à 130 m, distantes les unes des autres de 60 à 90 m, elles sont dimensionnées pour résister aux vagues et doivent permettre la formation de tombolos (dépôts de sable fin) entre elles et la rive. La plus faible pente du talus exposé au large doit permettre d'amortir les vagues déferlantes et d'empêcher leur réflexion. Le niveau de la

crête de chaque digue correspond à l'une des valeurs caractéristiques du niveau du lac de Neuchâtel (basses eaux: BE, moyennes eaux: ME, hautes eaux: HE).

La structure générale des **îles aux oiseaux** est semblable à celle des digues brise-lames, à l'exception de leur largeur, de la forme arquée de leurs digues protectrices côté large et de l'absence de couronnement sur le plateau côté rive. Les îles aux oiseaux permettent, comme les digues, de briser les vagues, mais offrent aussi aux canards, laridés (mouettes, sternes et goélands) et petits échassiers migrateurs (limicoles) des surfaces d'escale, d'alimentation et de nidification. Cette originalité fonctionnelle a fait privilégier des ouvrages à la forme massive et dont la cote particulièrement élevée des crêtes côté large (431,35 m sur mer) empêche tout déferlement de vagues susceptibles de perturber la nidification. Côté rive, l'aménagement d'un vaste plateau de matériaux fins, que la douceur de la pente rend particulièrement sensible aux battements des eaux du lac, favorise l'escale des laridés et des limicoles.

LES OUVRAGES PROCHES DE LA RIVE

Les **palissades à claire-voie** sont constituées de 2 rangées de pieux entre lesquelles s'empilent des fascines de saules ou des boudins de coco.

Les **palissades en pieux jointifs** ont été implantées à l'extrémité sud-ouest du tronçon pilote, zone ouverte à la navigation. Les pieux sont disposés en quinconce de façon à former une paroi d'environ 30 cm d'épaisseur.

CALENDRIER ET COÛT GLOBAL DU PROJET

Les travaux débutés en novembre 1997 ont été achevés en mai 2003. Leur coût s'est finalement élevé à Fr. 7'560'000.-, mesures d'accompagnement incluses (études, suivis). En raison d'un subventionnement important de la Confédération, le montant à la charge des cantons a été de Fr. 3,3 millions pour le canton de Vaud et de Fr. 0,16 million pour le canton de Fribourg.

NATURE DES PRESTATIONS

Etudes préalables et frais administratifs

Projet général et direction	655'000.-
Frais administratifs et d'emprunt	120'000.-

Matériaux et construction

Ouvrages en enrochements	4'555'000.-
Ouvrages en béton	690'000.-
Ouvrages en bois	1'020'000.-

Suivis scientifiques

Mécaniques (déformation des ouvrages)	35'000.-
Bathymétriques (modification de la beine)	115'000.-
Biologiques (effets sur la faune et la flore)	280'000.-
Conclusion pour l'ensemble de la rive	90'000.-

Total

7'560'000.-

DES RÉSULTATS PROMETTEURS

DIVERSITÉ PAYANTE

La combinaison d'ouvrages du tronçon pilote se révèle une solution satisfaisante permettant à la fois de freiner, voire stopper l'érosion, et d'accroître la valeur biologique d'un secteur de rive. Aucun type d'ouvrage, pris individuellement, ne permet en revanche une protection générale de l'écosystème riverain, à l'exception peut-être des ouvrages en enrochements.

LES OUVRAGES EN ENROCHEMENTS

Les ouvrages en enrochements influencent significativement la topographie et la granulométrie de la berge. Leur taille et leurs constituants les rendent résistants. Ils ralentissent le recul de la ligne de rive et ont, pour ceux qui émergent, une incidence positive sur les biocénoses : extension des herbiers de macrophytes, apparition de végétation émergente palustre, création de zones de refuge, d'alimentation et de reproduction pour les oiseaux et les poissons. Situés dans la réserve d'oiseaux d'eau et de migrants d'importance internationale de Grandson-Champ-Pittet, ces ouvrages ont permis le développement de la première colonie de mouettes rieuses jamais observée sur sol vaudois, devenue la plus importante de Suisse au printemps 2003. Ils ont également accueilli l'une des plus importantes colonies nationales de sternes pierregarins et de goélands leucophées. Ces avantages ont un prix puisque ces ouvrages sont les plus chers du tronçon pilote et qu'ils nécessitent des mesures de gestion (entretien, limitation d'accès, ...) si l'on souhaite maintenir leur fonction biologique pour les oiseaux.



- 1 Les îles artificielles jouent un rôle important pour la reproduction des mouettes, sternes, goélands et plusieurs espèces de canards.
- 2 L'une des premières mouettes rieuses née dans le canton de Vaud, sur l'un des ouvrages de protection.
- 3 L'absence de vagues et de dérangement ainsi que l'abondance de nourriture à l'arrière des ouvrages constituent des conditions optimales pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs.

LES OUVRAGES EN BÉTON

Les récifs en béton préfabriqué devaient remplir les mêmes fonctions que des récifs naturels en agissant sur les courants et sur les sables en suspension. Moins onéreux que les ouvrages en enrochements, ils ont cependant un faible effet sur la topographie et la granulométrie des sédiments, le recul de la ligne de rive et les biocénoses. Immergés, ils sont discrets, mais dangereux pour la navigation et n'ont donc pu être implantés qu'en zone non navigable.

LES OUVRAGES EN BOIS

Les palissades à claire-voie avec fascines se révèlent inadéquates sur le lac de Neuchâtel et ce, même à l'arrière d'ouvrages en enrochements. Le remplacement des fascines par des gabions a donné de meilleurs résultats. Leurs effets sur la topographie et la granulométrie des sédiments sont toutefois limités.

Les palissades en pieux jointifs offrent une alternative économiquement et techniquement plus intéressante que les palissades à claire-voie. Leur mise en place récente ne permet cependant pas de garantir que les effets positifs constatés à ce jour se maintiennent à terme.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

COMBINER LES OUVRAGES

De manière générale, une combinaison d'ouvrages émergés perpendiculaires et parallèles à la rive est préconisée pour lutter contre l'érosion.

Les ouvrages en enrochements sont les plus efficaces. Coûteux à mettre en place, ils se révèlent cependant les plus stables et les moins onéreux en terme d'entretien. Leur longueur doit être suffisante (> 100 m) pour permettre une accumulation effective de sédiments. L'assise des enrochements doit être large et leur pente douce (< 15°). Le choix et le positionnement des ouvrages devront être adaptés à chaque situation en fonction de la morphologie de la rive, de son exposition au vent et des prescriptions en matière de navigation et d'accès aux réserves naturelles.

POURSUITE DU SUIVI

La problématique de l'érosion reste complexe et nécessite de prolonger des suivis et des mesures de contrôle sur le tronçon pilote dans les dix prochaines années. Les résultats acquis permettent néanmoins d'envisager sur des bases solides les mesures de lutte contre l'érosion à entreprendre dans les années à venir sur les secteurs les plus menacés de la Rive sud.

Un nouveau bilan complet tous les 5 ans permettra de mieux apprécier les évolutions lentes et d'affiner les projets futurs sur les 8 km restant à protéger.

COORDONNER LES INITIATIVES

L'érosion provoque des dégâts importants sur les sites naturels, les sites archéologiques et touchera aussi à moyen terme certaines infrastructures humaines. Les solutions de protection existent mais sont coûteuses dans le contexte particulier du lac de Neuchâtel. Il importe donc de rechercher et privilégier des synergies avec un panel d'intervenants diversifiés pour tous les projets à venir sur la Rive sud (services de protection de la nature, services archéologiques, municipalités, privés, etc.).

VOIR LOIN ET AGIR TÔT

Lutter dès aujourd'hui contre l'érosion, c'est engager des moyens qui serviront d'abord les intérêts de protection d'un patrimoine naturel et archéologique reconnu. Mais c'est aussi prévenir à plus long terme des atteintes à des infrastructures telles que routes ou aménagements touristiques. En agissant maintenant, on s'assure dès lors de la préservation de tous les intérêts en présence.

4 Le développement des herbiers aquatiques à l'arrière des ouvrages offre de nouveaux sites de reproduction pour plusieurs espèces de poissons du lac, ici de jeunes perches.

5 Deux espèces de naïades, rares en Suisse, se sont développées dans les herbiers aquatiques à l'arrière des ouvrages.



4



5



**Une réalisation de l'Entreprise de Correction Fluviale ECF-RSLN,
en collaboration avec l'Office fédéral de l'environnement,
des forêts et du paysage OFEFP et les entreprises**

Ecotec Environnement SA et Burri & Pavid SA.

Adresse de contact : Service des eaux, sols et assainissement (SESA),

Division Economie hydraulique, Rue du Valentin 10, 1014 Lausanne

Images : coll. Grande Cariçaie - Benoît Renevey - ECOTEC SA

Graphisme, photo couverture, photolithographie : atelier k, Lausanne

© décembre 2004