Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 82 (1990)
Heft: 10

Artikel: Erosion de la rive sud du lac de Neuchâtel
Autor: Raemy, Félix / Huber, Andreas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939837

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Erosion de la rive sud du lac de Neuchâtel

Félix Raemy et Andreas Huber

Résumé

Depuis une centaine d'années, la rive sud du lac de Neuchâtel est fortement érodée sous l'effet des vagues dues aux vents. Des sites naturels d'une importance considérable pour la faune et pour la flore sont menacés dans leur existence par le recul continu des terres. Les causes et le mécanisme de cette érosion ont été étudiés dans le secteur de rive situé entre Yverdon et Estavayer. Les résultats sont présentés. Des prévisions concernant l'évolution à long terme du phénomène, au cas où les rives devaient être laissées dans leur état actuel, sont également formulées.

Zusammenfassung: Erosion am Südufer des Neuenburgersees

Seit hundert Jahren wird das Südufer des Neuenburgersees durch die Windwellen stark erodiert. Bedeutende Naturschutzgebiete werden dadurch in ihrer Existenz bedroht. Die Ursache dieser Erosion und somit des Uferrückganges, respektive der Erosionsvorgang wurden für die Strecke Yverdon-Estavayer untersucht. Die Resultate werden hier präsentiert und es werden Prognosen gestellt über die langfristige Uferentwicklung, die zu erwarten wäre, falls keine Schutzmassnahmen getroffen werden sollten.

1. Introduction

La rive sud du lac de Neuchâtel forme, sur quelque 40 km entre Yverdon et le canal de la Thielle, le plus grand marais de Suisse appelé «la Grande Cariçaie» (figure 1). D'importance internationale par les espèces animales et par la flore qu'il abrite, ce site unique, d'une largeur variant entre 250 et 850 m, se caractérise par la diversité des milieux qui le composent: beine lacustre (ou zone des eaux peu profondes), roselières, dunes de sable, étangs, prairies marécageuses, forêts riveraines sont autant de biotopes particulièrement riches. La sauvegarde de 550 ha de marais et de 300 ha de forêts incombe aux Cantons de Vaud et de Fribourg, à la Ligue suisse pour la protection de la nature et au World Wildlife Fund suisse sur la base d'une convention passée le 15 juin 1987. Avec l'appui de la Confédération, le «Groupe d'étude et de gestion» (GEG), organe exécutif stationné à Champ-Pittet près d'Yverdon, a pour tâches essentielles l'entretien et l'encadrement scientifique de la Grande Cariçaie [1].

Depuis sa formation, consécutive à l'abaissement de 3 m du niveau du lac réalisé par la 1re correction des eaux du Jura (1868–1891), le marais est soumis à une importante érosion due à l'effet des vagues. En moyenne, le plan d'eau s'avance d'environ deux mètres par an vers la rive, engloutissant ainsi un à deux hectares (voir chapitre 4). Particulièrement active sur le tronçon Yverdon-Estavayer, l'érosion est à même de causer par endroit des dommages d'une grande ampleur à la rive et à sa végétation (figures 2 et 3).

2. Etude

Dans le cadre général d'un plan de protection de la rive sud du lac de Neuchâtel, le GEG a, en novembre 1987, chargé le Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques (VAW) de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, d'effectuer une étude [2] devant permettre de répondre aux questions suivantes:

- Quelle est la cause de l'érosion, et ainsi du recul de la rive constaté?
- Quel est le mécanisme du phénomène d'érosion?
- Quelle sera l'évolution à long terme de la Grande Cariçaie si les rives sont laissées dans leur état actuel et que le phénomène d'érosion ne soit pas combattu? En particulier, une stabilisation naturelle, un état d'équilibre des rives peuvent-ils être attendus?
- Quelle est l'influence de la régularisation des niveaux du lac sur l'érosion des rives?

En première priorité, le secteur Yverdon–Estavayer a été examiné et fait l'objet du présent article. Par une meilleure connaissance des paramètres de l'érosion propres à cette zone du lac et sur la base des documents topographiques disponibles, il a été tenté d'apporter une explication plausible quant à la genèse, au développement et à l'impact du phénomène. Les conclusions données ci-après par le Laboratoire constituent un premier critère d'appréciation sur l'attitude future à adopter en matière de protection des zones naturelles.

3. Vents, vagues et transport de sable

L'érosion de la rive sud du lac de Neuchâtel et le transport de sable qui en résulte sont provoqués essentiellement par les vagues dues aux vents. La hauteur des vagues engendrées en un endroit déterminé du lac dépend de la vitesse et de la durée du vent, respectivement de la longueur du fetch (distance disponible pour le développement libre des va-

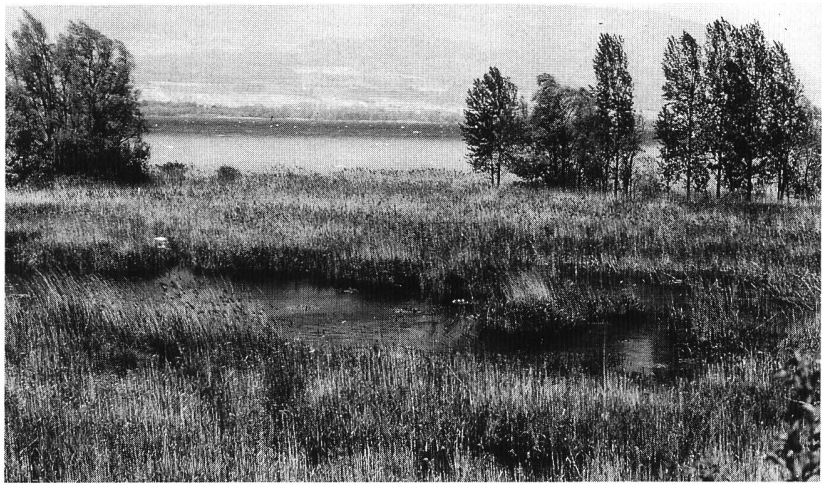


Figure 1. La Grande Cariçaie à Champ-Pittet. Au premier plan la roselière, au fond le lac de Neuchâtel et sa rive nord sont visibles.

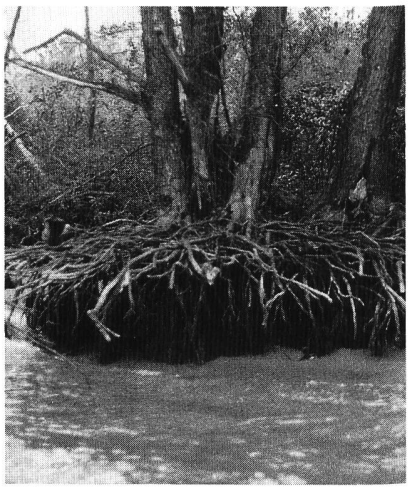


Figure 2. L'abaissement de la rive dû à l'érosion a mis à nu les racines de grands arbres.

Figure 3. Roselière lacustre menacée de destruction. A droite, le recul de la rive sablonneuse est visible.

gues). Elle croît avec ces grandeurs. L'énergie des vagues, impliquée dans le phénomène d'érosion, est quant à elle proportionnelle au carré de leur hauteur.

Dans le secteur de rive considéré, deux directions principales des vents ressortent des mesures effectuées à la station de Chables [3]: celle de la bise, soufflant du nord-est, et celle du vent venant du sud-ouest. On constate que la rive sud est orientée parallèlement à la direction des vents dominants. Selon l'emplacement choisi entre Yverdon et Estavayer, le fetch varie entre 0 et 14 km pour le vent, respectivement entre 23 et 37 km pour la bise qui de ce fait provoque les vagues d'importance prépondérante (figure 4).

Sur le Plateau, les tempêtes de bise durent souvent plusieurs heures et les vitesses extrêmes des vents peuvent dépasser 100 km/h. Les vitesses moyennes correspondantes, approximativement deux fois plus faibles, voisinent 15 m/s. Basés sur la théorie des vagues [4], les exemples suivants ont été calculés pour la région de Champ-Pittet, proche d'Yverdon (fetch d'environ 35 km):

- Avec une force 4 (27 km/h) pendant 5 heures, la bise engendre des vagues atteignant 0,9 m. Cette hauteur dépasse 2 m si la bise souffle pendant environ 4 heures avec la force 7 (54 km/h).
- Les vagues induisent un courant qui à proximité de la rive, soit en eau peu profonde, est perceptible sur le fond. Des forces d'entraînement agissent alors sur le matériau meuble et peuvent provoquer un transport si la granulométrie des sédiments (sable fin) est suffisamment faible. La vitesse horizontale exercée sur le fond du lac par une vague de 2 m est d'environ 0,9 m/s à 6 m de profondeur. Cette valeur est encore de 0,2 m/s lorsque la profondeur atteint 16 m. Si la hauteur de la vague est de 0,9 m (exemple sus-mentionné), la vitesse horizontale est de 0,7 m/s à 2 m de profondeur, respectivement de 0,2 m/s à 6 m de profondeur.

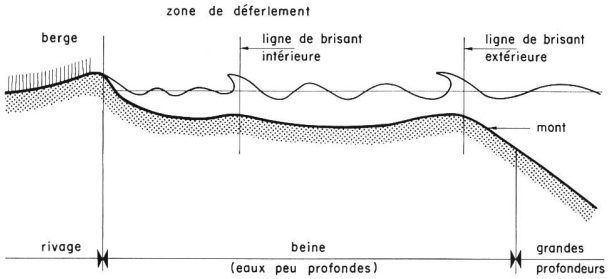


Figure 5. Coupe schématique de la rive en eau peu profonde (beine).

Le sable fin rencontré sur la rive et dans la bande d'environ 200 m de largeur formant la beine (figure 5) provient de la molasse constituant le flanc de la vallée (Falaise) à l'est du marais. Sa granulométrie est comprise entre 0,25 et 0,75 mm. L'expérience montre que des vitesses horizontales sur le fond de 0,1 à 0,2 m/s suffisent déjà à mettre un tel sable en mouvement. Quel que soit le niveau du lac, dont la variation est limitée à max. 1,65 m depuis la 2e correction des eaux du Jura, la profondeur d'eau dans la beine reste faible et n'excède guère 3 m vers le large. On constate ainsi que même des vagues de moyenne, voire de faible importance soumettent l'ensemble de la beine à l'érosion.

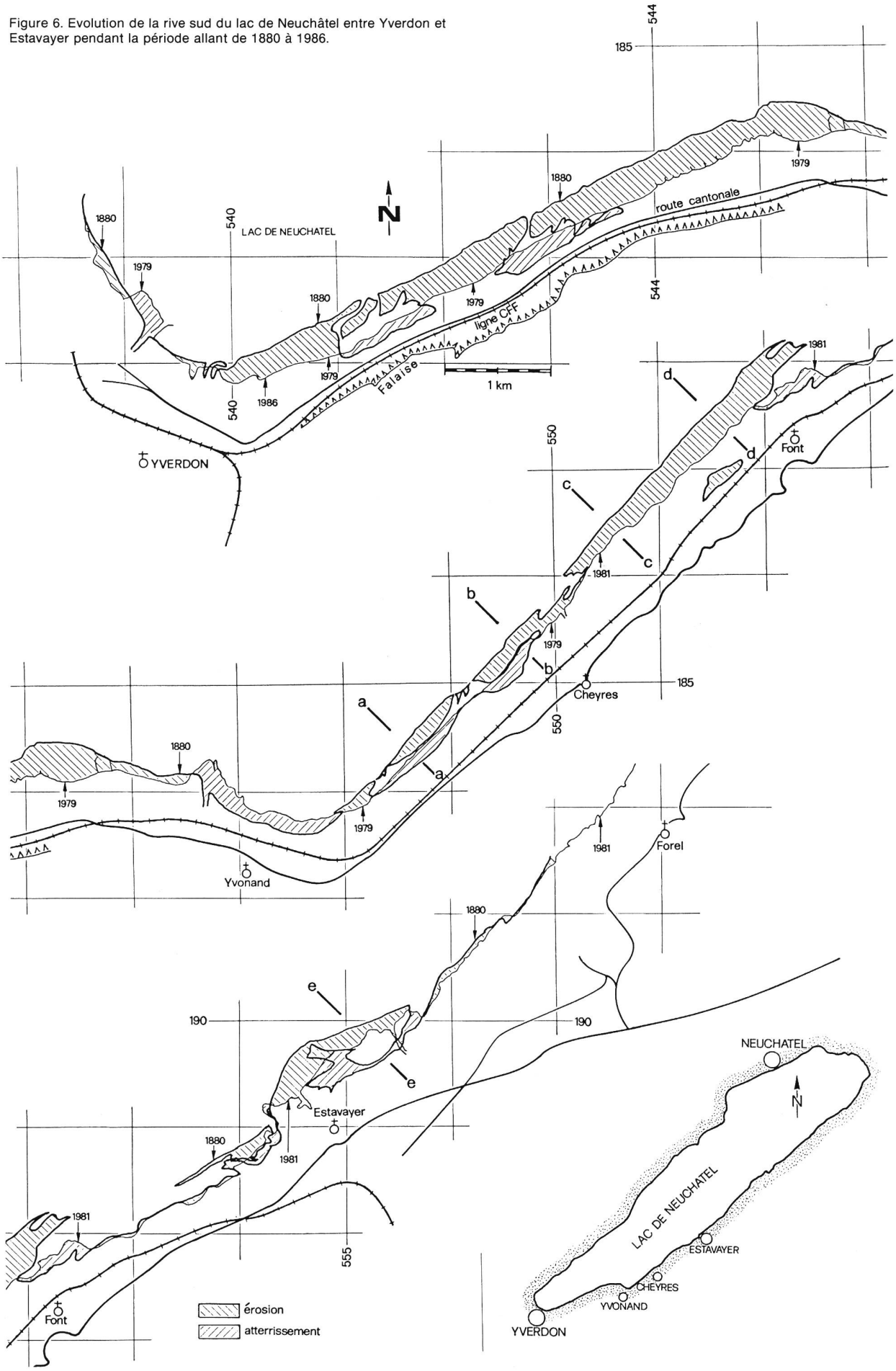
Parallèlement à la diminution de la profondeur d'eau, la densité de l'énergie des vagues augmente en direction de la rive. Les vagues s'amplifient, deviennent instables et se brisent le long de la «ligne de brisant extérieure». Si la beine est large, les vagues peuvent se briser à nouveau sur une seconde ligne après avoir rechargé suffisamment d'énergie éolienne. Le reste de cette énergie est dissipée par déferlement sur le rivage.

Les sédiments érodés et mis en suspension dans la beine sont entraînés vers le large par des courants de retour et se déposent en eau profonde (figure 7a). Ces courants typiques sont dus à la circulation des masses d'eau situées entre la ligne de brisant extérieure et le rivage. D'autre part, la force vive des vagues frappant la rive de biais induit des courants longitudinaux de déferlement (figure 7b) qui causent également des mouvements du sable. La superposition de ces deux effets est reproduite schématiquement à la figure 7c.

Les observations faites «in situ» par forte bise montrent clairement la présence des mouvements du sable. Les eaux du lac, bleu-foncé au large, prennent sur la beine une teinte jaunâtre due à la turbidité.

Figure 4. Fortes vagues provoquées par la bise près d'Yvonand.

Figure 6. Evolution de la rive sud du lac de Neuchâtel entre Yverdon et Estavayer pendant la période allant de 1880 à 1986.



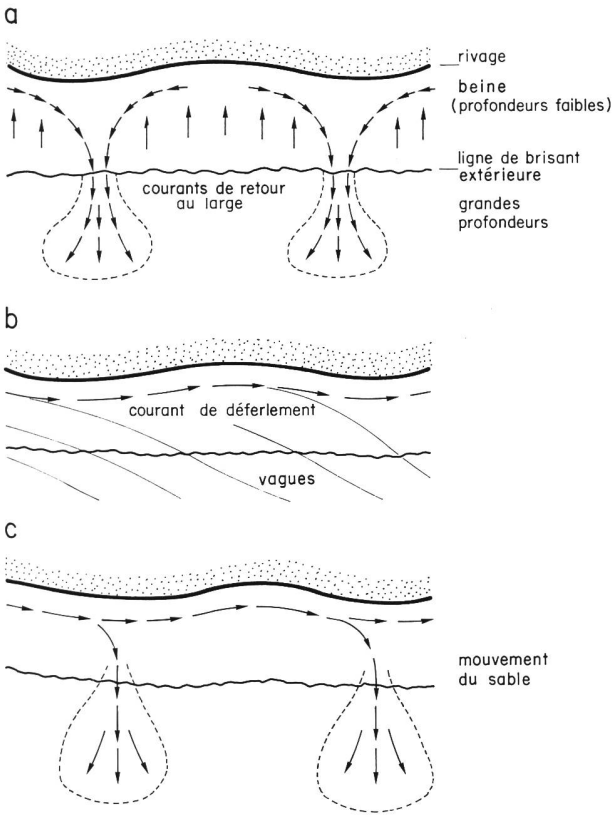


Figure 7. Courants induits par les vagues et mouvement du sable en eau peu profonde.

Depuis la formation du marais vers 1880, la quantité de sable prélevé par érosion à la rive et à la beine puis transporté vers le large représente un ordre de grandeur de plusieurs millions de mètres cube.

4. Recul des rives depuis 1880

Le recul important des rives constaté lors des 100 dernières années est sans aucun doute lié à l'abaissement du lac provoqué par la 1re correction des eaux du Jura, mesure qui avait alors donné naissance à la Grande Cariçaie. Sur la base de cartes topographiques remontant jusqu'à 1880, respectivement de vues aériennes prises dès 1937, le déplacement de la ligne de rive depuis 1880 a été évalué. Une comparaison optique de cette évolution est ainsi directement possible (figure 6).

A certains endroits, on constate que la rive a reculé de plus de 200 m. Environ la moitié de la superficie primitive de la Grande Cariçaie, délimitée à l'est par la Falaise que le lac atteignait avant la 1re correction des eaux du Jura, a donc déjà été engloutie.

A titre d'exemple, la figure 8 montre le recul du rivage évalué dans 5 profils situés entre Yvonand et Estavayer au cours de quatre périodes consécutives. Ces périodes englobent les deux corrections des eaux du Jura et s'étendent jusqu'à 1981.

Très prononcé entre 1880 et 1894, le recul du rivage s'atténue jusque vers 1932 et s'accentue à nouveau dans l'intervalle précédant la 2e correction des eaux du Jura. Actuellement, le processus d'érosion se poursuit de façon continue.

Les différents stades d'évolution des rives de la Grande Cariçaie ont été reconstruits sur la base des données disponibles et sont montrés schématiquement aux figures 9a–9c.

Avant la 1re correction des eaux du Jura, le lac s'étend jusqu'à la Falaise (figure 9a). Après cette correction et consécutivement à l'abaissement du niveau du lac, la rive est exondée sur plusieurs centaines de mètres. La Grande Cariçaie se forme sur la superficie ainsi gagnée (figure 9b). Par l'intermédiaire des vagues dues à la bise, le lac cherche aussitôt à reconquérir son ancien territoire. Le recul de la rive est renforcé par un lent tassement des terres drainées. Suite à la suppression de la poussée d'Archimède, la partie du sol autrefois mise à sec exerce une charge supplémentaire sur les couches inférieures. L'état actuel de l'érosion est visible à la figure 9c.

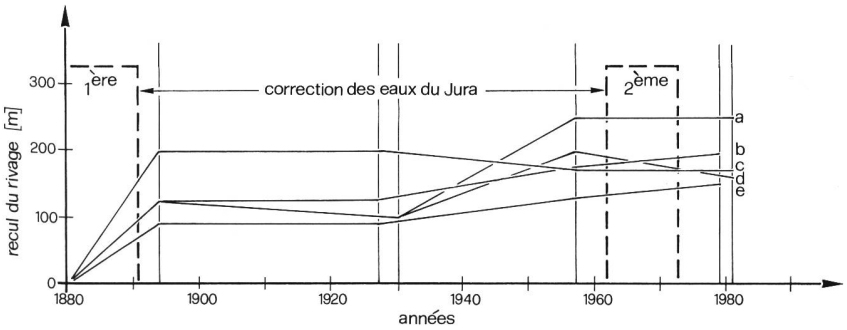
5. Prévision de l'évolution future

Sans la prise de mesures constructives de protection, une stabilisation du profil actuel des rives ne doit pas être attendue. Avec son sous-sol sablonneux, la Grande Cariçaie reste susceptible d'être érodée par les vagues du lac. Le sable prélevé par le courant en eau peu profonde est remplacé par un apport dû à l'érosion du front de la rive. Particulièrement lors de l'apparition de forts vents et de hautes vagues, celle-ci recule par paliers en direction des terres.

Le stade final de cette érosion ne pourra être atteint que lorsque la ligne de rive se trouvera repoussée jusqu'au pied de la Falaise (figure 9d) ou s'arrêtera contre un obstacle suffisamment stable (ligne CFF, route, affleurements de molasse).

6. Conclusions

Depuis sa formation, qui remonte à la 1re correction des eaux du Jura, la Grande Cariçaie est soumise à une forte érosion due aux vagues engendrées par la bise. A l'heure actuelle, la moitié de sa surface primitive a déjà été engloutie. Si le phénomène devait continuer à évoluer librement,



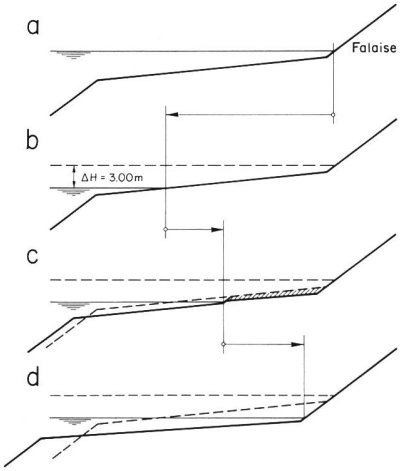


Figure 8, en haut. Recul du rivage observé pendant la période allant de 1880 à 1981 dans cinq profils en travers choisis entre Yvonand et Estavayer (désignation des profils a–e, voir figure 6).

Figure 9, à droite. Stades d'évolution de la Grande Cariçaie. Développement du profil de la rive (voir détails dans le texte).

cette zone naturelle déclarée site protégé serait amenée à disparaître d'ici un siècle.
Le recul de la rive pourrait être combattu par la construction d'ouvrages de protection adéquats. Leur configuration optimale et leur emplacement le plus propice seraient à définir en conséquence.

Ces constatations amènent à prendre en considération l'alternative suivante:
Convient-il de mettre en place des constructions de protection d'une relative ampleur dans une zone naturelle pour en assurer la sauvegarde?
Ou alors doit-on ne pas influencer l'effet de processus naturels et laisser la Grande Cariçaie à la merci de l'érosion due aux vagues?
Une décision de principe, qui tienne compte des facteurs économiques, écologiques et d'ordre constructif liés au problème posé, relève des instances compétentes. Sur la base du rapport établi par le Laboratoire, des études appropriées devant fournir certains critères nécessaires à cette décision se poursuivent actuellement.

Références bibliographiques

[1] Bulletin d'information «Protection de la Grande Cariçaie» édité par le Groupe d'étude et de gestion, Champ-Pittet, Cheseaux-Noréaz.
[2] Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich: «Erosion de la rive sud du lac de Neuchâtel: Examen des causes, prévision de l'évolution future, recommandations sur les mesures à prendre.» Zurich, février 1990 (rapport non publié).
[3] Schweizerische Meteorologische Anstalt: Annalen, Jahrgänge 1971 bis 1980.
[4] Données tirées d'un diagramme universel établi par l'Institut royal de météorologie des Pays-Bas et présenté dans le cours «Polders en Waterkeringen» du Prof. *P.A. van de Velde,* Technische Hogeschool, Delft.

Adresse des auteurs: Dr. *Félix Raemy* et Dr. *Andreas Huber,* ingénieurs au Laboratoire de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich.

Andere Länder, andere «Sitten»

Das abgebildete Hochwasserrückhaltebecken mit Mehrfachfunktion befindet sich in der Grossregion Tokio. Es weist ein Speichervolumen von 97000 m³, eine Wassertiefe von 6,9 m und eine Oberfläche von 29300 m² auf.
Im Jahr 1955 war das 235 km² grosse Einzugsgebiet des 42,5 km langen Tsurumi-Flusses lediglich zu 10% überbaut und wies rund 400000 Bewohner auf.
Die rasante Entwicklung der Städte Yokohama und Kawasaky führte zu tiefgreifenden Veränderungen im Einzugsgebiet: Der Überbauungsgrad entwickelte sich von 20% im Jahr 1966 auf unerwartete 76% im Jahr 1987, mit einer Bevölkerungszahl von rund 1,5 Millionen.
Durch die Ausschaltung von Retensions- und Rückhalteflächen nahmen sowohl Häufigkeit wie Ausmass von Hochwasserereignissen drastisch zu. Der Zeitraum zwischen Niederschlagsspitze und Abflussspitze wurde an der Mündung des Tsurumi-Flusses von 10 auf 2 bis 3 Stunden reduziert.
Heute ist kein Mittel zu gross, um noch vorhandenen Rückhalteraum zu sichern oder neu zu schaffen. Auch Landpreise von 1000 Fr./m² und mehr stellen dabei kein Hindernis dar. Zurzeit bestehen bereits 800 Becken der gezeigten Art, wobei die Mehrfachnutzung die Regel darstellt. Und eine Vielzahl zusätzlicher Becken ist vorgesehen...

Andreas Götz