

L'Aar entre Büren et Soleure, partie fluviale critique de la correction des eaux du Jura

Autor(en): **Python, Jean**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **91 (1999)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **14.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940047>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

L'Aar entre Büren et Soleure, partie fluviale critique de la correction des eaux du Jura

Jean Python

1. Introduction

L'objectif de la deuxième correction des eaux Jura (2^e CEJ), réalisée entre 1961 et 1972, visait à abaisser les hauts niveaux des lacs de Morat, de Neuchâtel et de Bienne d'environ 1 m. Pour atteindre ce but, il a fallu augmenter la capacité d'écoulement des canaux reliant les lacs entre eux, mais surtout la capacité d'écoulement de l'émissaire du lac de Bienne et la porter de 470 m³/s à env. 800 m³/s pour un niveau du lac de Bienne à la cote 430,00 m s.M. (voir la figure 1).

Cette augmentation de débit impliquait l'agrandissement (approfondissement et/ou élargissement) du lit de l'Aar depuis le lac de Bienne jusqu'en aval de Soleure (voir figure 2). Il a fallu donc:

- draguer l'Aar de Nidau jusqu'à Büren en approfondissant le lit de 4 à 6 m,
- éliminer un seuil rocheux en aval de Soleure, de part et d'autre de l'embouchure de l'Emme,
- construire le barrage hydroélectrique de Flumenthal avec la contrainte de maintenir, au profit de la 2^e CEJ, les niveaux d'eau amont, pour les débits moyens et faibles, à la cote de 426,00 au Rötibrücke de Soleure, ceci pour éviter un abaissement des niveaux d'étiage dans cette région.

Le tronçon Büren-Soleure, d'une longueur de 18,5 km, ne devait faire l'objet d'aucun dragage. Les responsables du projet technique de la 2^e CEJ, avaient estimé, sur la base de leurs investigations et calculs, que, étant donné le matériau du fond de l'Aar, le lit de la rivière se creuserait de lui-même, sous l'action érosive des forts débits post-corréction. En 10 ou 15 ans, le lit de l'Aar devait trouver un équilibre nouveau avec un fond abaissé de 3,0 à 4,0 m dans la partie supérieure et de 1,0 à 2,0 m depuis Altreu jusqu'à Soleure, ce qui représentait un volume de matériaux d'env. 4 millions de m³. Une fois que l'érosion se serait produite, les niveaux d'eau seraient abaissés de manière appréciable dans cette région, soit de -1,0 m pour un débit de 600 m³/s ou de -0,50 m pour un débit de 350 m³/s (voir la figure 3).

Cet abaissement des niveaux d'eau à Büren et dans les environs revêt de l'importance essentiellement pour le drainage des plaines avoisinantes. Là où le drainage se fait par gravité, la pente pour l'écoulement peut ne pas toujours

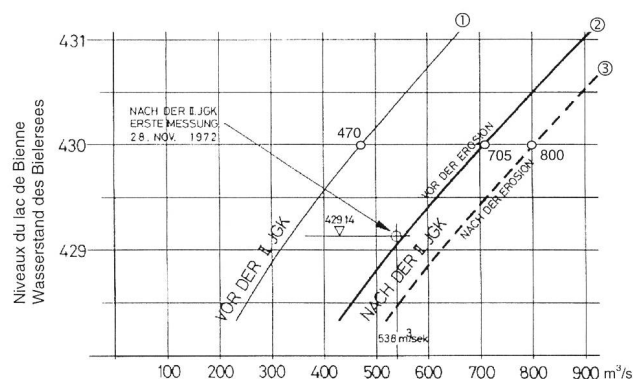


Figure 1. Débit à l'émissaire du lac de Bienne (barrage tout ouvert).

- ① Avant la 2^e CEJ
- ② Après les dragages et avant l'érosion
- ③ Après les dragages et après l'érosion

être suffisante pour évacuer les eaux, d'où un risque certain d'ensablement des drains. Là où les eaux de drainage sont évacuées par pompage, il faut pomper sur une plus grande hauteur, ce qui se traduit par des coûts de pompage plus élevés. Il y a d'autre part le problème des rives qui, quand les niveaux sont hauts, subissent davantage l'influence des vagues provoquées par les bateaux et le vent, ce qui conduit à un entretien plus soutenu et à des coûts accrus.

2. L'érosion 10 ans après les travaux

Une étude statistique des niveaux d'eau à Büren, faite par l'Office fédéral de l'économie des eaux en 1984 (c'est-à-dire 10 ans après les travaux) a permis d'établir une nouvelle relation Hauteur/Débit à Büren, relation qui était basée sur les observations des niveaux de 1983.

Cette étude a permis de constater que la relation Hauteur/Débit en question se situait pratiquement au même endroit que celle qui était prévue, au stade du projet, pour la période qui suivait immédiatement les dragages. On en a aussitôt déduit que l'érosion entre Büren et Soleure ne se développait pas comme l'avait prévue les auteurs du projet de la 2^e CEJ (voir la figure 3).

Sur la base de cette constatation, les cantons de Vaud, Fribourg, Neuchâtel, Berne et Soleure, associés dans la réalisation de la 2^e CEJ ont demandé au Laboratoire de recherches hydrauliques de l'ETH de Zurich (VAW) d'étudier ce problème; il convenait notamment:

1. de déterminer l'érosion qui se serait produite depuis 1973 (fin des travaux), jusqu'au moment de l'étude,
2. d'expliquer pourquoi l'érosion ne se faisait pas dans les proportions escomptées,
3. d'évaluer le temps nécessaire pour qu'elle se réalise dans sa totalité,
4. et de proposer, le cas échéant, des mesures aptes à accélérer le processus d'érosion.

3. Etude «Aare-Erosion» exécutée par le laboratoire VAW

Le laboratoire VAW avait à sa disposition un programme d'ordinateur appelé MORMO, capable de simuler l'évolution des fonds immergés, soumis à l'action des courants. Ce programme pouvait, après adaptation adéquate, simuler l'évolution du lit d'une rivière, surtout lorsque celui-ci était formé en majeure partie de sable et que la surface du lit présentait une morphologie caractérisée par des dunes.

Afin de pouvoir étalonner correctement le modèle, il a fallu rassembler diverses données topographiques et hydrologiques, propres au tronçon considéré, dont voici les plus intéressantes:

- Un relevé des profils en travers a été fait en 1983. Ils ont été comparés avec ceux qui avaient été relevés en 1973, juste après les travaux de la 2^e CEJ. On connaissait ainsi l'évolution du lit de l'Aar sur 10 ans.

On peut dire que l'érosion effective a été faible et qu'elle a été relativement régulière sur tout le tronçon. La quantité de matériaux érodés a été calculée et évaluée à env. 500 000 m³ (voir la figure 4).

- On a relevé également le relief du fond du lit et notamment les tronçons ayant une morphologie de dunes. En maints endroits, on a décelé la présence de telles dunes qui sont remarquables par leur régularité. La figure 5 représente la morphologie relevée par échosondeur dans la région de Selzach. On constate à cet endroit que la longueur d'onde des dunes est d'env. 20 m et que la hauteur varie entre 60 cm et 1,0 m.

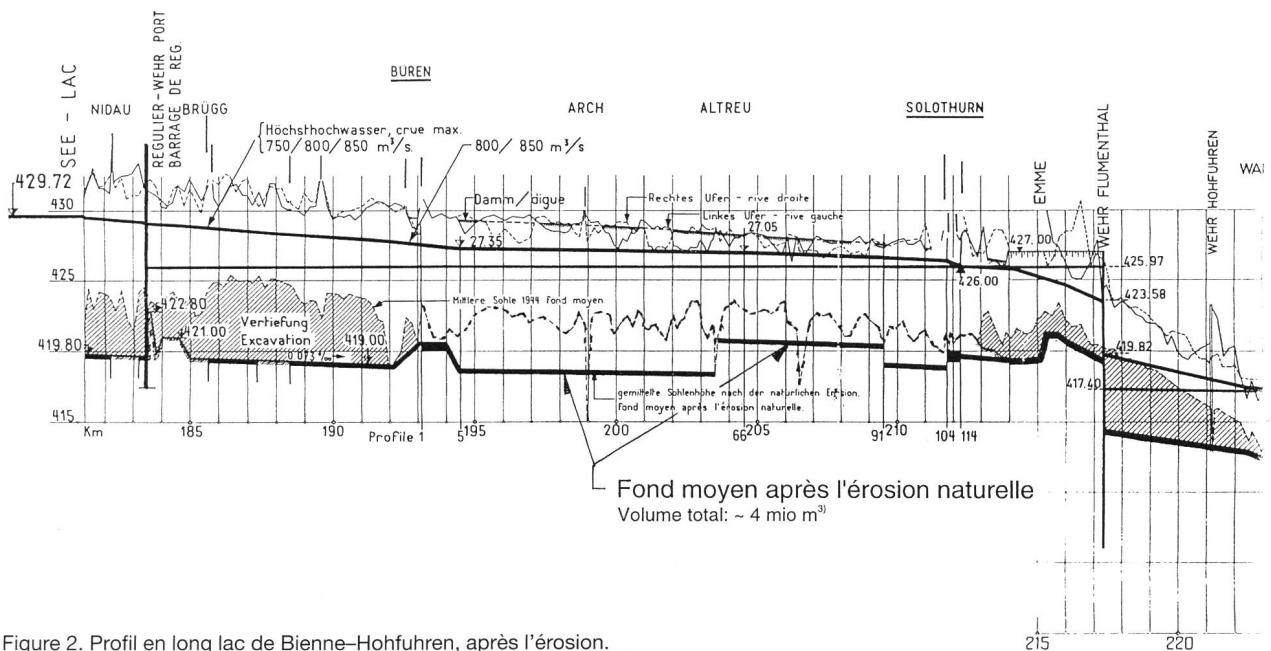


Figure 2. Profil en long lac de Bienne-Hohfuhren, après l'érosion.

- On a d'autre part relevé des échantillons du matériau formant le lit de l'Aar pour établir la courbe granulométrique-type (voir la figure 6). A cet égard, il convient de reconnaître que la granulométrie qui a été relevée sur la majorité des profils (le 90% des grains ayant un diamètre inférieur à 0,55 mm) rassemble peu à ce que l'on rencontre généralement dans le lit des cours d'eau de la région préalpine de la Suisse.
- L'analyse des sédiments des rivières secondaires.
- L'analyse du régime hydrologique post-corréction, basé sur le règlement des lacs de 1973, c'est-à-dire la distribution des débits durant la période 1973-1983.
- L'estimation du coefficient de rugosité (Strickler-k-Wert). L'étalonnage proprement dit du modèle (Modelleichung) s'est fait, dans un premier temps, sur la base des lignes d'eau et, dans une deuxième phase, sur la base du charriage effectif constaté entre 1973 et 1983 (voir la figure 7). Il convient de relever que ce deuxième étalonnage qui devait reproduire une érosion régulière de quelque 20 à 30 cm

sur le tronçon considéré et une abrasion totale d'env. 500000 m³, a nécessité l'introduction d'un coefficient de délavage (Schwemmstofffaktor) de 0,4. Ceci signifie que le 40% du matériau érodé part en suspension et qu'il ne participe plus au transport proprement dit des matériaux.

Une fois ces étalonnages réalisés, on a pu calculer le temps qui serait nécessaire pour atteindre la totalité de l'érosion prévue en faisant fonctionner le programme assez longtemps pour qu'il donne des résultats significatifs.

4. Résultats de l'étude et réponses aux questions posées

1. Comme l'a montré le calcul d'étalonnage, l'érosion réelle sur le tronçon Büren-Soleure a été d'env. 20 à 30 cm et a conduit à l'abrasion de quelque 500000 m³ de matériaux.
2. La faible érosion du lit, constatée entre 1973 et 1983, peut être expliquée par diverses considérations: Le matériau constituant le fond du lit présente une granulométrie ayant une importante proportion de matériaux fins, ce qui donne une certaine cohésion au lit lui-même, donc une certaine résistance à l'érosion. C'est la raison pour laquelle le lit de l'Aar sur le tronçon Büren-Soleure est remarquablement stable. Ce serait certainement moins le cas si le matériau était plus grossier. L'étude a montré que les débits inférieurs à 200 m³/s, soit le 41% des débits journaliers pour la période 1973-1983, n'avaient aucun effet sur le charriage. Les débits allant de 200 m³/s à 400 m³/s n'avaient qu'une influence modeste. On peut citer, à titre d'exemple, que la crue de 1977 (la plus forte pendant la période étudiée: un débit supérieur

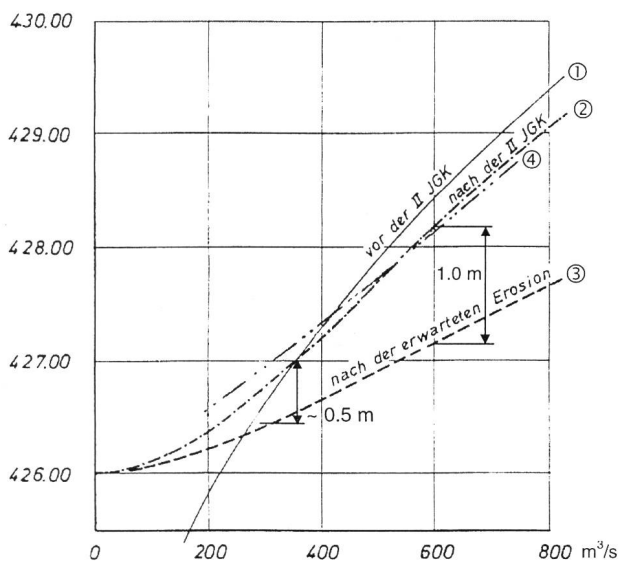


Figure 3. Débits à Büren.

- ① Avant la 2^e CE
- ② Après les dragages et avant l'érosion (selon le projet)
- ③ Après les dragages et après l'érosion (selon le projet)
- ④ Relation Hauteur/Débit, constatée en 1984 (sur la base des observations faites en 1983)

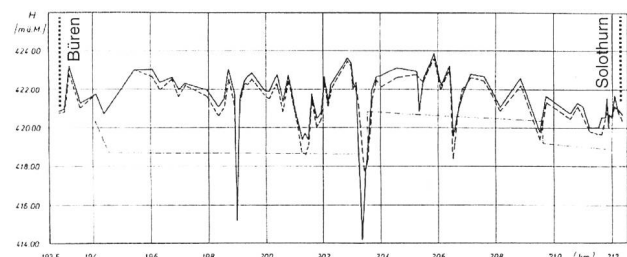


Figure 4. Profil en long du fond moyen de l'Aar.

- Fond moyen 1973
 - - - - - Fond moyen 1983
 - · - · - - Fond selon le projet
- Erosion totale entre 1973 et 1983: ~500000 m³

à 400 m³/s pendant 37 jours ou 888 h, un débit de pointe de 592 m³/s n'a eu qu'un effet très faible sur l'érosion, soit moins de 5 mm d'abrasion sur le fond en moyenne. Durant la période 1973–1983, il n'y a pas eu de débits importants et surtout pas assez longtemps, pour amorcer une érosion significative. Il faut relever aussi que, pour ne pas courir le risque d'inondation dans la région de Büren, on avait tendance, sitôt après la correction, à limiter les grands débits que la nouvelle capacité de l'émissaire permettait d'atteindre, en manipulant les vannes au barrage de Port.

Le lit de l'Aar entre Büren et Soleure présente une pente longitudinale pratiquement nulle et, d'autre part, la pente des lignes d'eau pour la plupart des débits est réduite en raison de l'exigence du maintien de la cote 426,00 à Soleure. Pour que l'érosion puisse réellement s'amorcer, il faudrait d'abord que la force d'entraînement critique soit atteinte et, en plus, il faudrait qu'elle s'exerce pendant longtemps.

3. Si l'on continue avec les conditions hydrauliques actuelles, c'est-à-dire le règlement actuel pour la régularisation des lacs et le maintien du niveau constant à Soleure, on a calculé que les volumes érodés en l'an 2013 (soit 40 ans après la fin des travaux), atteindront seulement 1,25 mio de m³. L'érosion prévue dans le projet équivalait à 4 mio de m³. S'il faut attendre 40 ans pour obtenir une érosion équivalant à 1,25 mio de m³, l'érosion totale nécessitera une période qui ira bien au-delà de 100 ans. Même si l'on peut dire qu'un enlèvement d'env. 3,0 mio de m³ pourrait suffire pour avoir les conditions hydrauliques nettement améliorées à Büren, il faudra attendre plus de 100 ans.

En ce qui concerne les niveaux, l'érosion présumée pour l'an 2013 fera baisser le niveau d'eau à Büren pour 600 m³/s d'env. 25 cm, voire de 35 cm si l'on calcule avec le coefficient de délavage. Les responsables de la 2^e CEJ avaient estimé que l'érosion totale abaisserait ce niveau de 1 m.

En résumé, avec la solution actuelle, on aurait après 40 ans au maximum le tiers de l'érosion escomptée.

4. Le VAW a également imaginé des scénarios visant à accélérer l'érosion. Il a, d'une part, envisagé l'hypothèse d'un abaissement du niveau de référence à Soleure, ce qui augmenterait la pente de la ligne d'eau et la force

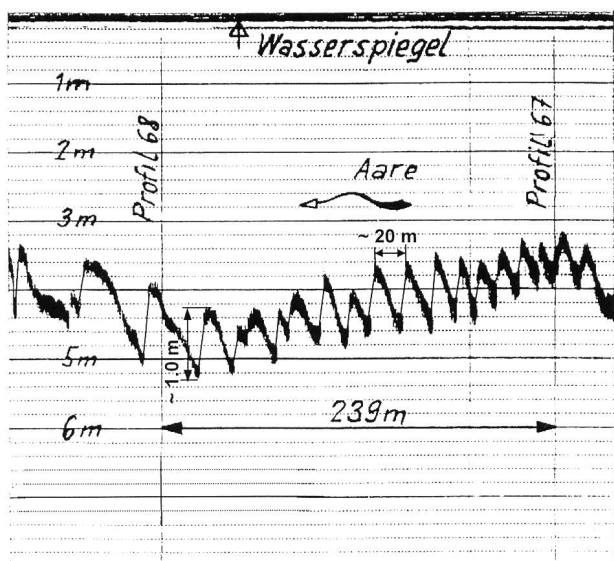


Figure 5. Fond du lit de l'Aar à Selzach, caractérisé par une morphologie de dunes.

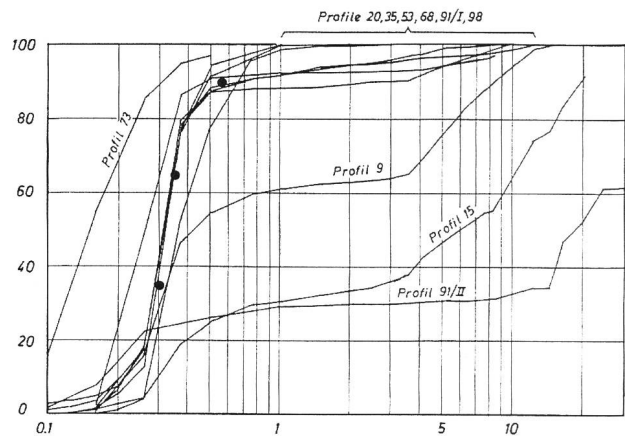


Figure 6. Granulométrie d'un certain nombre de profils.
● Granulométrie moyenne ($D_{35} = 0,3/D_{65} = 0,35/D_{90} = 0,55$)

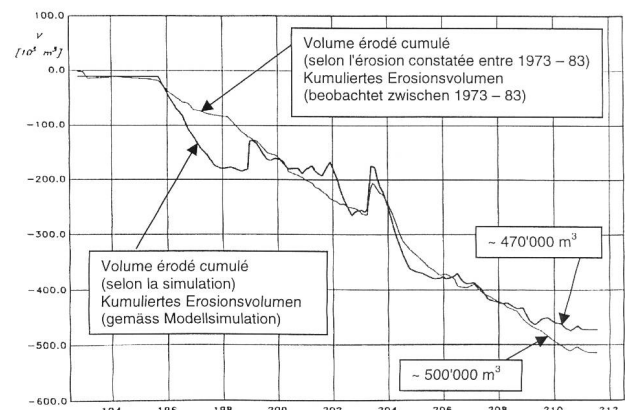


Figure 7. Etalonnage du modèle sur la base du charriage.

d'entraînement des particules solides. On a admis que pour tous les débits supérieurs à 200 m³/s, l'usine de Flumenthal ne produise plus d'électricité et que les vannes soient toutes ouvertes. Avec cette hypothèse, il faudrait faire durer ce régime pendant 56 ans pour avoir une érosion totale de 4 mio de m³.

Le même laboratoire a, d'autre part, admis l'hypothèse d'un éventuel changement de règlement de régularisation qui consisterait à stocker de l'eau dans les lacs et à l'écouler plus tard à grands débits. Pour obtenir une érosion d'env. 3,0 mio de m³, il faudrait écouler un débit de 700 m³/s pendant 1300 jours.

Les deux scénarios imaginés et calculés ne sont guère réalistes, car ils entraîneraient de graves inconvénients pour les riverains des lacs et ceux de l'Aar en aval du lac de Bienne.

La dernière solution qui reste c'est le dragage mécanique du lit entre Büren et Soleure comme cela s'est fait ailleurs dans le cadre des travaux de la 2^e CEJ. C'est la seule solution qui permettrait en peu de temps d'arriver à l'objectif visé; encore faut-il qu'il y ait la volonté et la nécessité impérieuse de vouloir atteindre cet objectif.

Bibliographie consultée

- Die Korrektur des Nidau-Büren-Kanals und der Aare bis zur Emmemündung (Prof. Dr Müller).
- Zusammenfassende Darstellung der beiden Juragewässerkorrekturen (Emil Ehrensam).
- Studie VAW «Aare-Erosion», Nr. 919; Zürich, Oktober 1987.

Adresse de l'auteur: Jean Python, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Ländtstrasse 20, Postfach, CH-2501 Biel.