

Le charriage naturel : les exemples de la Gérine et du Schwarzwasser

Autor(en): **Jaeggi, Martin**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 5-6

PDF erstellt am: **16.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940046>

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.

Le charriage naturel – les exemples de la Gérine et du Schwarzwasser

Martin Jaeggi

Résumé

La Gérine et le Schwarzwasser sont des cours d'eau relativement naturels. Leur régime du charriage a été établi. Les vallées creusées dans la molasse sont actuellement lentement remplies par les apports des bassins versants. Sur la Gérine on note deux, sur le Schwarzwasser trois zones de dépôts à intensité très différente. Alors qu'en amont se dépose environ la moitié de l'apport ce qui résulte en une intensité de dépôt assez notable, dans les autres zones les dépôts ne se font sentir qu'à long terme. C'est pourtant le processus naturel auquel la végétation alluviale s'est depuis longtemps adaptée.

Situation générale

La Gérine a sa source au Plasselbschlund au pied de la Berra. Elle suit un tracé qui touche les communes fribourgeoises de Plasselb, Giffers, Tentlingen et Marly pour se jeter dans la Sarine un peu en amont de Fribourg (voir figure 1). Le Schwarzwasser a son origine près du Selibühl dans la région du Gantrisch, suit un cours à travers les communes de Rüscheegg et Wahlern (Schwarzenburg) et rejoint la Singine un peu en aval d'Albigen. Puisque la Singine est elle-même un affluent de la Sarine, les deux cours d'eau font donc partie du même système fluvial. Celui-ci a la particularité que sur de longs tronçons les cours d'eau sont encaissés dans la molasse (figure 2). La Gérine et le Schwarzwasser se trouvent à l'intérieur de ces vallées dans un état relativement naturel (voir figures 3 et 4) et pour cette raison font partie de l'inventaire des zones alluviales d'importance nationale.

Les conflits d'intérêts

Des conflits d'intérêts existent sur les deux rivières. Des prélèvements de gravier ont été effectués localement pour

maintenir une section d'écoulement suffisante pour les débits de crues et aussi à des fins commerciales. Des érosions locales du lit ont fait apparaître la molasse sous-jacente ce qui constitue maintenant des obstacles à la migration des poissons (voir figure 5). Finalement, la mise sous protection des zones alluviales exige en principe l'absence de toute intervention sauf si des raisons de sécurité peuvent être évoquées. Ce n'est qu'une bonne connaissance du charriage qui permet de juger de l'opportunité d'interventions et de faire des propositions pour le règlement des conflits d'intérêts. L'auteur a donc été mandaté par les services responsables des Cantons de Fribourg et Berne d'une étude du charriage de la Gérine et du Schwarzwasser. L'étude de la Gérine s'est faite avec l'appui du bureau Ribl SA de Fribourg, tandis que le bureau Kissling et Zbinden AG, Berne, a participé à l'étude sur le Schwarzwasser.



Figure 2. Gorge du Schwarzwasser (Photo J. Cl. Bersier, Fribourg).

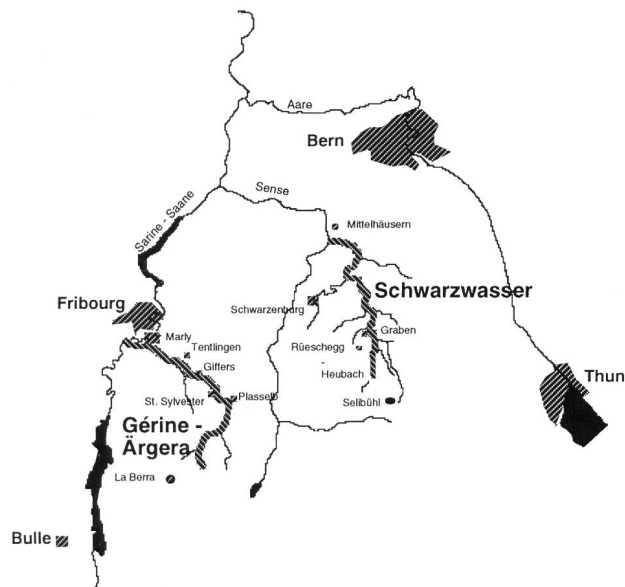


Figure 1. Etude du charriage de la Gérine et du Schwarzwasser – tronçons considérés.

La formation des vallées

Pendant et après le retrait des glaciers ces vallées ont été formées par des débits de fonte probablement plus importants que les débits actuels. Une érosion rétroactive a dû être le processus dominant. Après la première purge des débits accumulés par les glaciers, le lit était alternativement constitué par la molasse et un fond mobile. La résistance de seuils tels que celui qui apparaît en figure 5 était le paramètre qui dictait la vitesse d'érosion. Mais après une période relativement courte, ce processus rétroactif a atteint la région de Plasselb pour la Gérine et de Rüscheegg-Heubach pour le Schwarzwasser. Dans un premier temps, la molasse était en partie du moins découverte aussi dans ces zones.

Dans un deuxième temps les alluvions produits dans le haut des bassins versant étaient amenés vers ces vallées nouvellement formées dans la molasse. Une accumulation de gravier progressant du haut vers le bas s'en suivait. La couverture de gravier est maximale à l'amont et minimale près du front d'atterrissement. La figure 6 illustre ces deux évolutions. Comme l'illustre le seuil de la figure 5, l'érosion est toujours active, de même que l'apport d'alluvions vers la vallée. La limite entre érosion et accumulation, même si



Figure 3. Tronçon naturel de la Gérine près de Giffers (Photo J. Cl. Bersier, Fribourg).

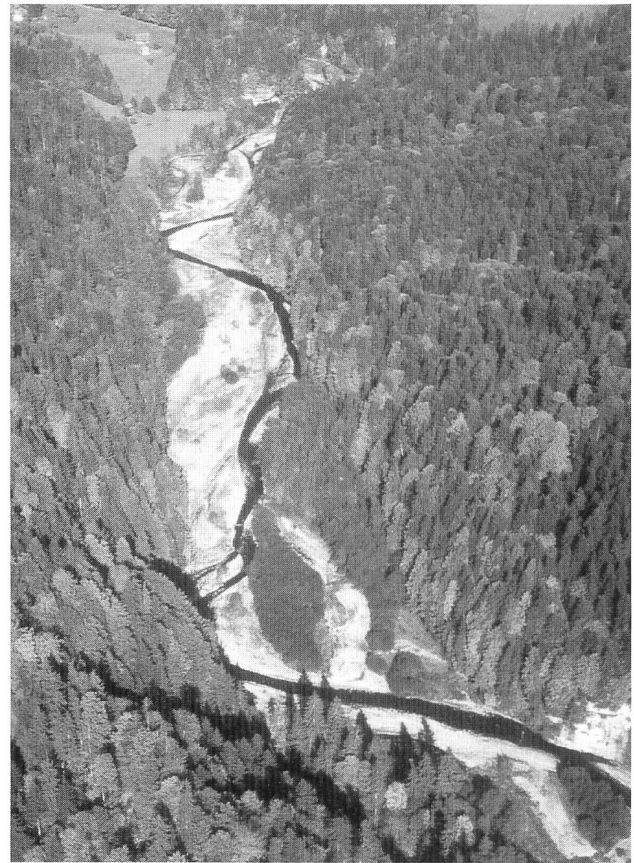


Figure 4. Tronçon naturel du Schwarzwasser, en aval de Rüscheegg –Wislisau (Photo J. Cl. Bersier, Fribourg).

elle bouge vers l'aval avec le temps, peut osciller et remonter vers l'amont pour un certain temps si un seuil de molasse se trouve abaissé par l'érosion locale. Celle-ci est principalement le résultat de l'action des galets charriés, comparable au moulins de glaciers.

Analyse du régime de transport de la Gérine

Par l'intermédiaire de calculs de la capacité de transport solide une image du régime du charriage de la Gérine a pu être produite (figures 7 et 8). D'abord, les masses charriées le long de la Gérine ont été calculées pour trois crues-type. La crue F correspond à une crue fréquente d'allure très pointue (durée de quelques heures et un débit de pointe de $50 \text{ m}^3/\text{s}$). La crue extrême E a la même allure, mais le débit de pointe est de $90 \text{ m}^3/\text{s}$. La crue L finalement est de plus longue durée (environ deux jours), le débit de pointe étant le même que pour la crue F. En un profil donné, la masse charriée a été déterminée par une procédure standard (voir Jaeggi, 1995), utilisant la formule de Smart et Jaeggi (1983) pour les intensités de transport. Un coefficient global, basé sur la méthode de Zarn (1995), a été utilisé pour tenir compte des surlargeurs dans les tronçons naturels. Finalement, l'approche a dû tenir compte d'un fort tri granulométrique de la Gérine. Les analyses des matériaux du fond de la Gérine ont en effet montré une forte diminution des diamètres représentatifs vers l'aval. Elle correspond à un coefficient élevé de $a_{gr} = 0,27$ selon la loi exponentielle de Sternberg. Ce sont donc ces diamètres fortement décroissants qui ont été introduits dans les calculs.

La figure 7 illustre les résultats obtenus pour les crues-type et démontre en particulier la variabilité du charriage en fonction de l'événement de crue choisi. Ensuite, les hydro-

grammes de crues relevés à la station limnimétrique de Marly ont été comparés à ceux des crues-type. En attribuant un coefficient à chaque crue, la masse charriée par chaque crue en chaque profil de la Gérine a été déduite, et par intégration la masse totale déterminée sur toute la période d'observation. En divisant par le nombre d'années,



Figure 5. Spectaculaire seuil de molasse en état d'érosion par les galets charriés (Alte Schwarzwasserbrücke).

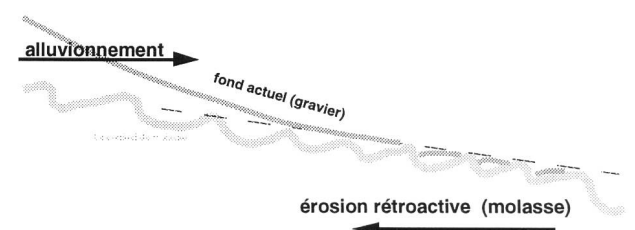


Figure 6. Formation des vallées du Schwarzwasser et de la Gérine par érosion rétroactive et accumulation progressive des alluvions charriés, du haut vers le bas.

les valeurs pour cette année moyenne fictive ont été obtenues. Ces résultats correspondent à la courbe de l'état actuel de la figure 8.

Cette analyse montre d'abord une incertitude quant à la masse des sédiments qui entrent le tronçon considéré au Plasselbschlund. Les paramètres hydrauliques et granulométriques sont en effet très variables sur cette partie du cours d'eau et cette valeur d'entrée ne peut donc être que grossièrement estimée. Mais on remarque que de toute façon une grande partie – environ la moitié – des matériaux entrant sont déposés dans la région de Plasselb. En fait, ces dernières années ces dépôts ont été évités par des prélèvements, dont l'ordre de grandeur correspond aux montants indiqués. Jusque vers Tentlingen le transport ne varie que peu. Ici, la situation naturelle est encore fortement perturbée par des prélèvements massifs antérieurs. Deux barrages stabilisent le lit contre une érosion, alors qu'il aurait tendance à se rehausser. Même ces dernières années des prélèvements ont encore été effectués, et par conséquent les dépôts auxquels il faudrait s'attendre d'après la figure 8 ne se sont pas encore produits.

Plus loin, sur le tronçon canalisé de Marly, le transport varie fortement avec la distance. Ceci est la conséquence du grand nombre de seuils d'une part qui forment un système d'endiguement capable de résister à de fortes variations des volumes charriés. D'autre part, par crainte d'un manque de capacité d'écoulement local des prélèvements occasionnels en amont du tronçon canalisé ont produit ces variations. Au total, ces prélèvements ont produit un déficit du charriage. Par conséquent, en aval du dernier seuil la Gérine s'écoule aujourd'hui sur 200 m sur un fond de molasse. Après, sur son dernier tronçon jusqu'à la confluence avec la Sarine, la Gérine comble ce déficit par érosion. L'apport dans la Sarine correspond donc pratique-

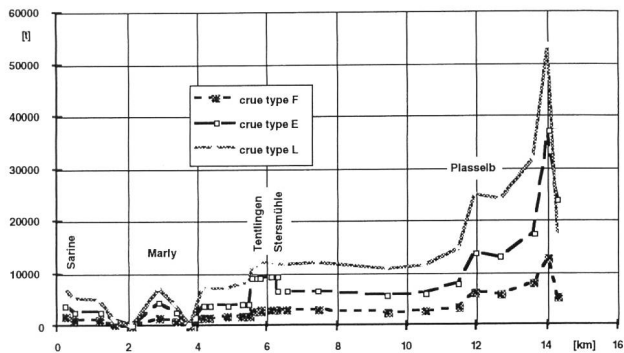


Figure 7. Charriage de la Gérine, masses transportées pendant les crues-type.

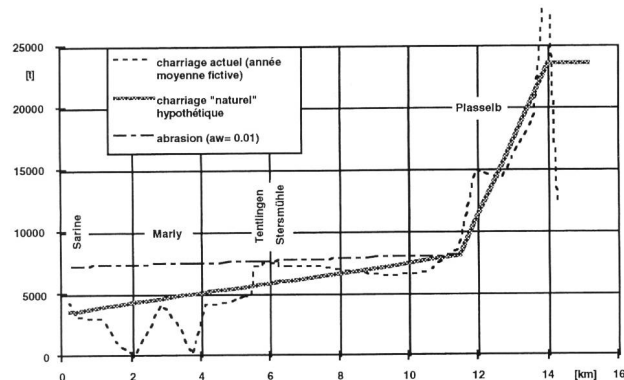


Figure 8. Charriage de la Gérine, masses transportées pendant une année moyenne fictive. Extrapolation à une situation naturelle sans prélèvements.



Figure 9. La Gérine près de Plasselb, cône de déjection.



Figure 10. La Gérine près de Giffers, vue de détail (Photo J.-Cl. Bersier, Fribourg).

ment au transport à Corbaroche, soit en amont du tronçon canalisé de Marly.

En faisant abstraction de ces interventions humaines, une courbe «naturelle» du charriage de la Gérine peut être extrapolée (figure 8). En admettant qu'une décroissance linéaire de la fonction du transport vers l'aval soit représentative, on peut distinguer deux zones de dépôt. L'abrasion dont l'effet est représenté à titre indicatif ne peut de loin expliquer ces variations du transport. Qu'une bonne partie



Figure 11. La Gêrine vue du pont de la route Giffers-Praroman.

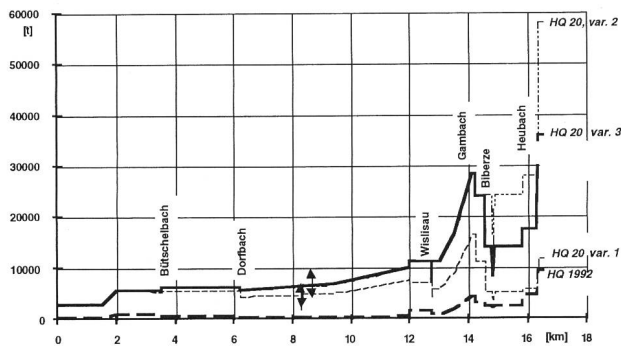


Figure 12. Charriage du Schwarzwasser, masses transportées calculées pour deux crues-type.



Figure 13. Schwarzwasser près de Nidegg, tronçon aval avec chenal unique et forêt alluviale relativement stable (Photo J. Cl. Bersier, Fribourg).

des matériaux entrant – et surtout les composantes grossières – soit déposée en un cône de déjection (voir figure 9), est assez logique en fin de compte. La deuxième zone de dépôt représente par rapport aux masses annuelles charriées actuelles une capacité de stockage énorme. Si les dépôts de 4300 t/a sont répartis uniformément, on arrive à

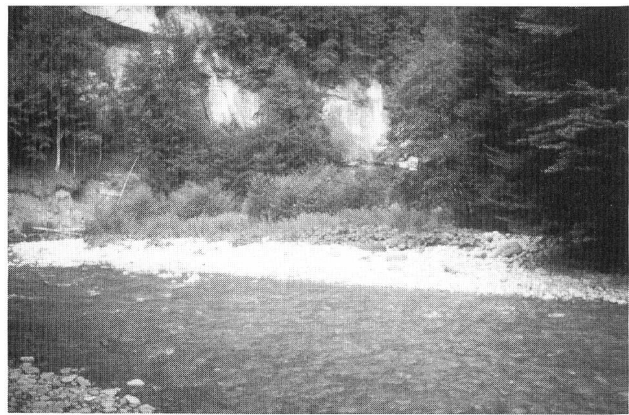


Figure 14. Tronçon de la figure 13, vue de détail.

un rehaussement moyen naturel de 9,7 mm par an. Extrapolé sur une période postglaciaire de 10 000 ans, ceci équivaut à un volume total de 21 mio m³ ou une couche épaisse d'une vingtaine de mètres à Plasselb; ceci en admettant le schéma de la figure 6, une vallée encaissée dans la molasse vide d'alluvions au début de la période et une forme triangulaire du dépôt.

Les figures 10 et 11 illustrent le tronçon naturel de la Gêrine où ses alluvions ont recouvert le lit original de molasse. Il est assez frappant de constater que la largeur active ne s'étend pas sur toute la vallée. Le lit en tresse occupe en fait environ 90 m sur 200 m de largeur moyenne pour la vallée.

Analyse du régime de transport du Schwarzwasser

De manière analogue, le régime du charriage a été établi pour le Schwarzwasser (figure 12). Il n'y a pas de station limnimétrique sur ce cours d'eau. Des hydrogrammes de crues approximatifs ont pourtant pu être établi à partir de valeurs enregistrées sur la Singine pour une crue vingtennale et un événement de l'an 1992. Il n'était pas évident comment il fallait répartir les débits sur les différents affluents. En figure 12 on constatera les variations des résultats obtenus pour trois variantes différentes. La variante 1 qui répartit les débits de manière uniforme sur les bassins versants partiels annule presque le transport en amont de la confluence avec la Biberze et peut donc être exclue. Il en va de même avec la variante 2 qui minimise l'apport de tous les affluents. La variante 3 considère de manière égale tous les affluents qui ont leur source dans la partie amont très raide du bassin versant, et ne considère qu'un faible apport des autres affluents. Cette variante semble donner les résultats les plus plausibles.

Les profils relevés dans la partie qui est illustrée par la figure 4 étant assez variables, les capacités de transport le sont aussi. Les courbes de la figure 12 sont donc quelque peu égalisées, alors que la variabilité est représentée par les doubles flèches.

Le tri granulométrique est beaucoup plus faible sur le Schwarzwasser est n'a donc pas été considéré pour les calculs.

Comme pour la Gêrine, les valeurs obtenues – surtout pour la partie aval – sont relativement faibles. L'apparence comme celle de la figure 4 fait penser à une intensité de transport beaucoup plus grande. Il est vrai que les crues de ces cours d'eau d'allure très pointue semble avoir l'habileté de faire bouger les galets fréquemment, le fait qu'elles soient en général de courte durée explique les masses totales relativement faibles.

L'allure des courbes de la figure 12 est assez comparable à celles obtenues pour la Gérine. La Biberze est non seulement importante au point de vue des débits, mais fournit aussi une bonne partie des alluvions. Deux zones de dépôt préférentielles analogues au cône de déjection de Plasselb peuvent donc être constatées soit à Heubach, soit en aval de Gambach. En aval de ces zones on retrouve des tronçons naturels présentant une légère tendance au dépôt. La deuxième zone s'étend jusqu'à la confluence avec le Dorfbach. Plus en aval, la tendance au dépôt diminue encore nettement. Le cours d'eau est presque en équilibre. Ce changement est dû à un changement assez abrupt de la morphologie fluviale. Alors qu'en amont le lit actif en tresse est aussi d'environ 100 m, cette largeur diminue soudainement à environ 25 m. La largeur active – qui est aussi appelée la largeur de régime – peut être calculée en utilisant les formules du début du transport solide. Elle diminue donc quand la pente diminue. C'est le cas pour cette partie du Schwarzwasser, alors que l'on ne trouve pas de diminution semblable sur la Gérine. De plus, à la diminution de pente correspond aussi une intensité diminuée du transport. Par conséquent, les bancs de graviers deviennent donc plus stables pour de plus longues périodes. Ceci permet à la végétation de mieux se développer. Ceci a pour effet de faire déposer d'avantage de matériaux en suspensions dans les forêts alluviales et de concentrer le courant principal en un chenal principal relativement étroit. Ces caractéristiques morphologiques sont illustrées par les figures 13 et 14. Sur ce tronçon la dynamique alluviale ne s'exprime que par des érosions secondaires par lesquelles la vallée est retravaillée, mais à un rythme beaucoup plus lent que dans les zones amont.

Concepts de gestions

Les problèmes de gestions de ces cours d'eau n'ont pu être que frôlés par cette article. Les figures 15 et 16 illustrent deux problèmes particuliers. Des concepts de gestions restent à définir. Les rehaussements à la confluence de la Gérine et de la Sarine pourraient être contrôlés depuis un endroit aval, situé en dehors de la zone alluviale. Pour la zone de dépôt de Rüscheegg (Gambach–Wislisau) on peut intervenir régulièrement en des endroits différents, ou alors abaisser le lit de manière systématique une fois tous les dix ou vingt ans. Il faudra se décider quelle procédure est mieux compatible avec les buts de protection de zones alluviales.

Les résultats présentés illustrent le régime naturel du charriage des cours d'eau. Leur rôle est de transporter les



Figure 15. Confluence de la Gérine avec la Sarine. Le rehaussement de lit de la Sarine, dû aux apports de la Gérine a des incidences sur le fonctionnement de l'usine des traitements d'eau potable du Grand-Fribourg (Photo J.Cl. Bersier, Fribourg).



Figure 16. Le Schwarzwasser en aval de Rüscheegg-Graben. Le cours d'eau n'occupe plus que la moitié de la vallée. Le rehaussement du lit va mettre en danger les zones agricoles et artisanales, ainsi que la route (Photo J.Cl. Bersier, Fribourg).

matériaux du haut des bassins versants vers l'aval. Cela ne se fait pas en régime d'équilibre comme il l'est assez souvent admis par erreur. C'est une tendance lente mais continue de déposer les matériaux le long de leur cours qui est le cas fréquent. La végétation alluviale s'accommode à ces conditions de changement permanent. Pendant une durée de vie des plantes la hauteur de dépôt moyen représente 0,4 à 1 m. C'est pourtant une ampleur qui peut poser des problèmes à une utilisation de terrain dans le voisinage immédiat du cours d'eau. Aux endroits où existe un conflit d'intérêts entre la protection de zones alluviales et les utilisations de terrains adjacents des interventions sont inévitables à long terme, mais qui doivent obéir un concept de gestion minimisant ces interventions.

Références

- Jaeggi, M. (1995): Flussbau, Vorlesungsskript, ETH Zürich.
 Smart, G. M., und Jaeggi, M. (1983): Sedimenttransport in steilen Gerinnen. Sediment Transport on Steep Slopes. Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, Nr. 64
 Zarn, Benno (1977): Einfluss der Flussbettbreite auf die Wechselwirkung zwischen Abfluss, Morphologie und Geschiebetransportkapazität, Dissertation ETH Zürich, Nr. 12034.

Adresse de l'auteur: PD Dr ing. dipl. rural EPFZ *Martin Jaeggi*, Jaeggi Hydraulique et Morphologie Fluviale, Zürichstrasse 108, CH-8123 Ebmatingen.