

Le comportement particulier du barrage de Zeuzier = Ausserordentliches Verhalten der Staumauer Zeuzier

Autor(en): **Biedermann, Rudolf**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **72 (1980)**

Heft 7-8

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941399>

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 comportement particulier du barrage de Zeuzier

Rudolf Biedermann

1. Introduction

Les trois articles présentés dans ce numéro décrivent les divers aspects des investigations qui ont été entreprises afin de déterminer les raisons du comportement inhabituel du barrage de Zeuzier décelé fin 1978 lors des mesures périodiques des pendules. Face à cet événement, à titre préventif et en regard de la sécurité de la population, l'abaissement total de la retenue avait dû être décidé. A ce jour, le niveau du lac est encore maintenu à une cote minimum. Ces articles donnent ainsi la possibilité à tous les milieux intéressés, techniques ou autres, de pouvoir prendre connaissance de la nature des déformations, des conditions locales et des conclusions d'investigations, d'une façon plus détaillée que ne le permettait la lecture de différents articles généraux parus jusqu'ici dans la presse. Pour l'élaboration de ces articles, nous voudrions aussi remercier les auteurs qui font tous partie du groupe d'experts chargés, respectivement par le propriétaire de l'ouvrage et par la Confédération, de définir les raisons et les conséquences de ces mouvements particuliers.

Bien qu'il apparaisse aujourd'hui vraisemblable, selon l'opinion des experts, que le phénomène de drainage engendré par la réalisation de la galerie de sondage du tunnel de Rawil (dont les travaux avaient débuté en 1976) a eu pour conséquence des répercussions sensibles sur le barrage, il faut être conscient qu'il n'est guère possible de formuler une preuve exacte. Pour y parvenir, cela aurait notamment supposé que les instruments de mesure, qui furent ultérieurement installés dans les fondations, fussent préalablement disponibles et régulièrement observés. Il manque donc des informations essentielles sur le comportement du sous-sol rocheux pendant le mouvement principal. Aussi, sur la base des mesures normales et des résultats donnés par les instruments supplémentaires, il ne restait que la possibilité de rechercher une hypothèse plausible et compatible avec toutes les observations faites d'une part, et l'ensemble des connaissances de la profession d'autre part, et de déterminer ainsi les raisons causales, raisons qu'il s'agit alors d'accepter aussi qu'il n'y a pas d'autre explication de valeur égale.

Dans ces conditions, il est alors significatif de pouvoir affirmer que le barrage de Zeuzier a eu un comportement normal, correspondant aux prévisions, aussi bien pendant la première mise en eau en 1957 que durant toutes ses années d'exploitation jusqu'en 1978. Cette constatation s'applique aussi à l'observation des déformations plastiques mises en évidence en 1964 par le Dr h.c. H. Gicot dans un rapport concernant le comportement du barrage [1]. De telles déformations s'observent dans tous les barrages lors de leur première mise en exploitation, car tant l'ouvrage que ses fondations doivent s'adapter aux nouvelles conditions de charges qui leur sont transmises.

Aussi, en guise d'introduction aux articles des experts, nous aimerions rappeler brièvement les faits marquants et les mesures prises, énumérer de façon générale les conditions pour une nouvelle mise en eau et enfin faire mention de certains enseignements.

2. Faits marquants et mesures prises

A la suite des mesures courantes d'observation de ce barrage de 156 m de hauteur, on remarqua en décembre 1978

des déformations non compatibles avec le comportement habituellement élastique de l'ouvrage. Par ailleurs, le déplacement au niveau du couronnement avait tendance à se diriger vers l'amont. Cette constatation amenait alors le propriétaire de l'ouvrage à mandater son expert, le Dr h. c. H. Gicot, également auteur du projet, à procéder à un examen approfondi. Lorsqu'il s'est avéré que le comportement anormal n'était ni causé par un échauffement exceptionnel du barrage dû à la température, ni le fait de défauts du système de mesures de contrôle, le lac fut abaissé jusqu'à sa cote minimum et le contrôle des mesures encore intensifié. Les déformations continuant à augmenter, l'Office fédéral de l'économie des eaux nomma en mars 1979 des experts, conformément au règlement concernant les barrages, et les chargea de déterminer les causes du phénomène. Ces experts sont le Dr G. Lombardi (Locarno) pour le barrage, le Dr T. R. Schneider (Uerikon) pour la géologie et W. Schneider (Coire) pour les mesures géodésiques. Enfin comme mesure de précaution, l'Office fédéral des routes décida au début d'avril d'arrêter provisoirement le percement de la galerie de sondage du tunnel de Rawil, un rapport entre ces travaux et les déformations observées au barrage n'étant pas exclu. Cette galerie, dont le tracé suit une direction sud-nord, se trouve à une distance de l'ordre de 1400 m à l'est du barrage et à environ 400 m sous ses fondations.

Afin de déterminer les causes des phénomènes extraordinaires observés et d'établir les bases nécessaires pour la remise en état du barrage, les dispositifs de mesure installés ont été considérablement étendus et la fréquence des mesures a été augmentée. En particulier, le réseau des mesures géodésiques a été rendu plus dense et environ 1750 m de forages ont été exécutés pour examiner le sous-bassement rocheux et y installer des appareils de mesures spéciaux; en outre, un réseau de sismographes a été mis en place. Lors d'une phase ultérieure, le béton du barrage a été testé et des essais d'injection ont été exécutés en vue de choisir le matériau le plus adéquat pour le traitement des fissures. Actuellement, un programme de reconnaissance pour contrôler le voile d'étanchéité et le contact béton-rocher est en cours de réalisation. Bien entendu, toutes les mesures sont répétées à intervalle régulier afin de pouvoir suivre l'évolution des déformations, qui, bien qu'elles se poursuivent, ont une nette tendance à s'atténuer.

Par rapport à l'état qui prévalait en 1976, les dernières mesures géodésiques ont mis en évidence un affaissement

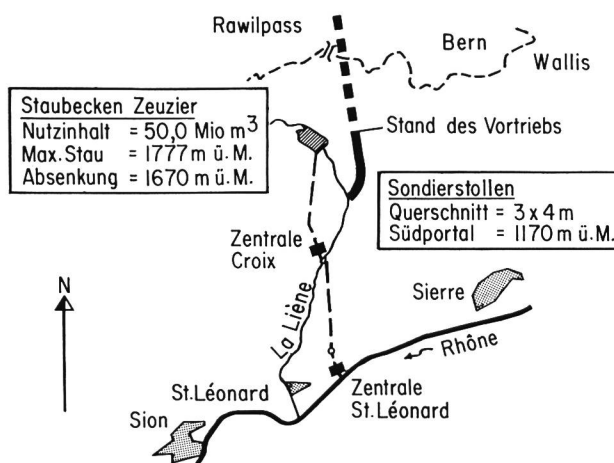


Figure 1. Situation 1:300 000 de l'aménagement de la Liègne et de la galerie de sondage du tunnel de Rawil.

d'environ 10 centimètres et un déplacement amont de 9 centimètres au niveau du couronnement, ainsi qu'un raccourcissement de la corde supérieur entre appuis de l'ordre de 5 cm. En raison de ces déformations importantes, des fissures dans le béton du barrage sont apparues notamment sur le parement aval le long des fondations et dans la partie supérieure centrale en ce qui concerne le côté amont.

3. Remise en eau

Au stade actuel des reconnaissances, la réparation du barrage et, par la suite, la remise en eau de la retenue paraissent possibles; en effet,

– à la suite des reconnaissances géologiques, aucun dégât préjudiciable, ni perte de résistance n'ont été décelés dans le sous-sol rocheux immédiat du barrage;

– jusqu'ici, les déformations du barrage n'ont pas dépassé le seuil critique.

Toutefois, avant d'entreprendre les travaux confortatifs du barrage, au niveau du contact béton-rocher et, si besoin est, du voile d'étanchéité, il faut que les mouvements, encore perceptibles aujourd'hui, tant du terrain que du barrage aient pratiquement cessés. Au vu de l'évolution des déformations, un état satisfaisant pourrait être atteint vers la fin de l'hiver 1980/1981. De plus, il faut être assuré que des déformations extraordinaires ne se manifesteront à nouveau après la remise en état de l'aménagement. En fait, le remplissage du bassin d'accumulation de Zeuzier ne pourra être envisagé que lorsqu'une décision concernant l'avenir du tunnel de Rawil sera prise. En effet, comme il paraît exister une relation entre le tassement du terrain et le percement de la galerie de sondage, le risque persiste que soit la poursuite des travaux de sondage, soit l'agrandissement de la galerie au profil final du tunnel puissent provoquer de nouveaux mouvements du terrain.

Par ailleurs, la remise en eau sera d'une importance particulière. Elle permettra de confirmer si les travaux de réfection du barrage auront pu être menés avec succès et si l'étanchéité de la cuvette n'a pas été compromise par les mouvements qui se sont produits en profondeur. Aussi, la mise au point d'un programme de remplissage devra être soigneusement élaboré.

4. Conclusions

Les événements extraordinaires qui se sont produits au barrage de Zeuzier ont très nettement montré que la surveillance permanente prescrite légalement pour tous les grands barrages permet de déceler à temps un danger éventuel; le propriétaire de l'ouvrage et les autorités compétentes peuvent ainsi prendre les dispositions nécessaires pour protéger la population. Cela implique que même des divergences de faibles importances par rapport au comportement normal soient prises en considération et ensuite rapidement vérifiées par un spécialiste familiarisé avec l'ouvrage.

Dans le cas d'événements de nature extraordinaire, il est prévu que l'Autorité de haute surveillance doit être prévenue. Comme cette dernière a la faculté de pouvoir engager des experts, il devient donc possible d'accélérer l'examen et, en même temps, d'établir une large base technique de travail. Ce mode de faire s'est révélé efficace dans le cas de Zeuzier, car, assez vite, les raisons des déformations ont pu être déterminées et les conditions pour une remise en état fixées. L'engagement total du propriétaire lors de ces investigations a d'ailleurs été d'une aide précieuse.

Enfin, le recours aux mesures géodésiques se revêla un moyen efficace. En effet, ce moyen permet non seulement

de vérifier les résultats des mesures des pendules, mais également d'obtenir des informations sur les déformations des environs immédiats du barrage, ce qui, dans le cas particulier, fut de première importance pour expliquer le mécanisme des déformations. Comme le réseau géodésique original s'était révélé trop limité, il a donc fallu l'étendre. On peut conclure que de tels réseaux devraient être définis de telle manière qu'ils peuvent être exploités lors d'événements extraordinaires. Cela n'implique toutefois pas qu'en temps d'exploitation normale, chaque campagne de mesures géodésiques soit exécutée dans sa totalité.

Littérature

[1] Comité national suisse des grands barrages, Comportement des grands barrages suisses, 1964 (pages 213–222).

Adresse de l'auteur: Dr Rudolf Biedermann, ing. civil EPFZ, Office fédéral de l'économie des eaux, case postale 2743, 3001 Berne.

Ausserordentliches Verhalten der Staumauer Zeuzier

Rudolf Biedermann

1. Einleitung

Nachfolgend wird in drei Aufsätzen über die Untersuchungen zur Abklärung des ausserordentlichen Verhaltens der Staumauer Zeuzier berichtet, das Ende 1978 anhand der regelmässig vorgenommenen Pendelmessungen festgestellt wurde und das dazu geführt hat, dass das Speicherbecken zur Sicherheit der Unterlieger abgesenkt wurde und seither auch abgesenkt blieb. Mit diesen Berichten soll insbesondere den technisch interessierten Fachkreisen, aber auch einer weiteren Öffentlichkeit die Möglichkeit eingeräumt werden, sich etwas detaillierter als allein anhand der verschiedenen Pressemeldungen mit dem Ereignis ganz allgemein, den lokalen Gegebenheiten, den bisher vorgenommenen Abklärungen und der darauf abgestützten Interpretation vertraut zu machen. Den Autoren, die alle dem Kreis der Experten angehören, die einerseits vom Werkeigentümer und andererseits vom Bund zur Abklärung der Ursache der aufgetretenen ausserordentlichen Verformung eingesetzt sind, sei hiermit für die Ausarbeitung ihrer Beiträge bestens gedankt.

Obschon heute nach Auffassung der Experten mit hoher Wahrscheinlichkeit angenommen werden muss, dass die Ursache der grösserräumigen Geländesetzung und der dadurch bedingten Verformung der Staumauer in der Drainagewirkung des Sondierstollens für den Rawiltunnel gesehen werden muss – mit dessen Vortrieb im Juli 1976 begonnen wurde –, gilt es zu beachten, dass eine eigentliche Beweisführung nicht möglich ist. Sie hätte vorausgesetzt, dass insbesondere die Messinstrumente, die nachträglich im Fundationsfelsen angebracht wurden, bereits vor dem Ereignis vorhanden gewesen und regelmässig beobachtet worden wären. Da dies nicht der Fall ist, fehlen heute wesentliche Informationen über das Verhalten des Felsuntergrundes während des hauptsächlichlichen Setzungsvorgangs. Es verbleibt somit keine andere Möglichkeit, als abgestützt auf die normalen Messungen und die Ergebnisse der nachträglich ausgeführten Untersuchungen eine plausible, das heisst mit allen Beobachtungen und einschlägigen Fachkenntnissen verträgliche Hypothese für die ursächlichen Gründe der Geländeabsenkung zu finden und

diese solange auch zu akzeptieren, als keine andere, jedoch mindestens gleichwertige Erklärung gefunden werden kann.

Gerade unter dieser Voraussetzung ist es von besonderer Bedeutung, festhalten zu können, dass die Staumauer Zeuzier sowohl beim Ersteinbau im Jahre 1957 wie auch während den darauf folgenden Betriebsjahren bis 1978 jederzeit ein absolut normales, das heisst den Erwartungen entsprechendes Verhalten gezeigt hat. Dies gilt auch für die anfänglich festgestellten und 1964 vom Projektverfasser, Dr. h. c. H. Gicot, in einem Bericht über das Verhalten der Staumauer Zeuzier [1] erwähnten plastischen Verformungen. Solche treten zu Beginn der Inbetriebnahme bei jeder Talsperre auf, weil sich der Untergrund und das Bauwerk selbst zuerst den neuen Belastungsverhältnissen anpassen müssen.

Zur Abrundung der Berichte der Experten werden nachfolgend ein kurzer Abriss über die Ereignisse und die getroffenen Massnahmen gegeben, einige Bemerkungen zur Wiederinstandstellung gemacht und schliesslich einige Erkenntnisse aufgeführt.

2. Ereignis und getroffene Massnahmen

Im Rahmen der laufenden Überwachung der 156 m hohen Bogenmauer Zeuzier wurden im Dezember 1978 plötzlich Verformungen festgestellt, die deutlich vom vorher elastischen Verhalten abwichen, und zwar im Sinne einer Bewegung der Mauerkrone gegen den See. Dieses ausserordentliche Verhalten veranlasste den Werkeigentümer, die Electricité de la Lienne SA, ihren Experten (und Projektverfasser), Dr. h. c. H. Gicot, mit einer Überprüfung zu beauftragen und, als feststand, dass weder ein anormales Temperaturverhalten noch Fehlanzeigen von Messinstrumenten vorlagen, den Speicher schneller als sonst üblich auf die Minimalkote abzusenken. Überdies wurden die Kontrollmessungen intensiviert. Da die Verformungen in der Folge weiter zunahm, setzte das Bundesamt für Wasserwirtschaft im März 1979, abgestützt auf die Talsperrenverordnung, auch seinerseits Experten zur Abklärung der Ursachen ein, und zwar für die Staumauer Dr. G. Lombardi (Locarno), für die Geologie Dr. T. Schneider (Uerikon) und für die geodätische Deformationsmessung das Ingenieurbüro W. Schneider AG (Chur). Schliesslich verfügte anfangs April das Bundesamt für Strassenbau als technische Sicherheitsmassnahme die vorläufige Einstellung der Arbeiten am Sondierstollen für den Rawiltunnel, weil ein Zusammenhang mit der festgestellten Staumauer-Verformung nicht zum Vorneherein auszuschliessen war. Dieser Stollen verläuft generell in süd-nördlicher Richtung, und zwar östlich der Talsperre in einem kürzesten Abstand von zirka 1400 m in der Horizontalen und rund 400 m unter der Foundation (Bild 1).

Zur Abklärung der ausserordentlichen Mauerverformung sowie zur Beschaffung der erforderlichen Unterlagen für eine Wiederinstandstellung mussten die vorhandenen Messeinrichtungen erheblich erweitert werden. So wurde auf Antrag der Bundesexperten insbesondere das Vermessungsnetz erweitert. Zur Untersuchung des Felsuntergrunds und zum Anbringen spezieller Messinstrumente wurden rund 1750 m Bohrlöcher gebohrt sowie ein seismisches Beobachtungsnetz eingerichtet. In einer weiteren Phase wurden sodann der Staumauerbeton auf seine Qualität hin überprüft und Materialversuche für die Füllung der aufgetretenen Mauerrisse durchgeführt. Derzeit ist ein Programm für die Untersuchung einerseits des Dichtungsschleiers und andererseits des Kontaktes Beton/Fels in Ausführung. Selbstredend werden alle Messungen in an-

gemessenen Zeitabständen wiederholt, um die immer noch anhaltende, jedoch bereits stark abgeschwächte Verformung verfolgen zu können.

Die jüngste geodätische Deformationsmessung vom Juni 1980 ergab gegenüber dem Zustand 1976 eine Setzung der Mauerkrone von ungefähr 10 cm, eine Verkürzung der Bogensehne zwischen den beiden Widerlagern von ungefähr 5 cm und eine Auswölbung des Scheitels gegen den See von etwa 9 cm. Bedingt durch diese beträchtliche Verformung stellten sich in der Mauer zunehmend Risse ein, und zwar luftseitig vor allem in den Randzonen, wasserseitig vorwiegend im oberen zentralen Bereich.

3. Wiederinstandstellung

Eine Reparatur der Staumauer Zeuzier und in der Folge ein Wiederaufbau scheinen aus heutiger Sicht grundsätzlich möglich, weil

- die geologischen Untersuchungen ergeben haben, dass sich der Felsuntergrund wohl verformt, soweit erkennbar aber keinen eigentlichen Schaden und somit keine Festigkeitseinbusse erlitten hat und
- die Verformung der Mauer bisher ein kritisches Mass nicht überschritten hat.

Bevor jedoch mit den notwendigen Reparaturarbeiten des Kontaktes Beton/Fels, des Mauerkörpers und nötigenfalls des Dichtungsschleiers begonnen werden kann, muss die Verformung des Geländes und der Staumauer praktisch zum Stillstand gekommen sein, was aufgrund des derzeit überblickbaren Verhaltens voraussichtlich bis Ende des Winters 1980/81 der Fall sein könnte. Darüber hinaus muss auch sichergestellt sein, dass nach der Wiederinstandstellung nicht erneut ausserordentliche Deformationen auftreten. Weil, wie bereits erwähnt, mit hoher Wahrscheinlichkeit der Vortrieb des Sondierstollens die Geländeabsenkung verursacht haben dürfte und sowohl die Fortsetzung des Vortriebs wie auch eine spätere Ausweitung des Stollens zum Vollprofil das Risiko erneuter Verformungen beinhaltet, heisst dies, dass bezüglich der Wiederinstandstellung der Stauhaltung Zeuzier erst befunden werden kann, wenn in der Frage Rawiltunnel Entscheidungen getroffen sind.

Eine besondere Bedeutung wird dem Wiederaufbau zukommen, weil sich erst dann zeigen wird, ob die Reparaturarbeiten erfolgreich ausgeführt werden konnten und die frühere Dichtigkeit des Beckens durch die Untergrundsverformung nicht allfällig übermässig beeinträchtigt wurde. Das Programm für den Wiederaufbau wird deshalb sehr sorgfältig geplant und vorbereitet werden müssen.

4. Erkenntnisse

Das ausserordentliche Ereignis bei der Staumauer Zeuzier hat mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass die für alle grösseren Talsperren gesetzlich vorgeschriebene ständige Überwachung ein zeitgerechtes Erkennen einer möglichen Gefährdung und darauf abgestützt ein sachgerechtes Handeln des Werkeigentümers und der zuständigen Behörden zum Schutz der unterliegenden Bevölkerung erlaubt. Es setzt dies allerdings voraus, dass bereits geringfügige Abweichungen gegenüber dem Normalverhalten ernst genommen und rasch überprüft werden, und zwar wenn immer möglich unter Beizug eines Fachmanns, der die Anlage gut kennt.

Da im Falle eines ausserordentlichen Ereignisses die Oberaufsichtsbehörde benachrichtigt werden muss und dieser ganz allgemein das Recht zusteht, Experten beizuziehen, ist die Möglichkeit gegeben, die Überprüfung zu beschleunigen und gleichzeitig auf eine fachlich breite Ba-

sis zu stellen. Dies hat sich im Fall Zeuzier sehr bewährt, gelang es doch in erstaunlich kurzer Zeit, Art und Ursache des Ereignisses zu erkennen und die wichtigsten Grundlagen für eine Wiederinstandstellung bereitzustellen. Dazu hat nicht unwesentlich das Anliegen des Werkeigentümers beigetragen, rasch die Voraussetzungen für eine Wiederinbetriebnahme der Anlage zu schaffen.

Als ausserordentlich wertvoll hat sich die geodätische Deformationsmessung erwiesen, weil mit ihrer Hilfe nicht nur die besonders wichtigen Lotmessungen überprüft, sondern vor allem auch Aussagen über die Verformung des Umgeländes erhalten werden konnten, die im vorliegenden Fall für das Auffinden und Erhärten der Verformungshypothese von besonderer Bedeutung waren. Da das ursprüngliche Vermessungsnetz eher bescheiden ausgelegt war, musste es im Zuge der Abklärungen erweitert werden. Hieraus kann gefolgert werden, dass die Vermessungsnetze im Hinblick auf ein immer mögliches ausserordentliches Ereignis grundsätzlich grosszügig konzipiert werden sollten. Dabei ist es während Zeiten normalen Betriebsverhaltens nicht erforderlich, immer vollständige Messungen vorzunehmen.

Literatur [1] Comité national suisse des grands barrages, Comportement des grands barrages suisses, 1964, Seiten 213 bis 222.

Adresse des Verfassers: Dr. Rudolf Biedermann, dipl. Bauing. ETHZ, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach 2743, 3001 Bern

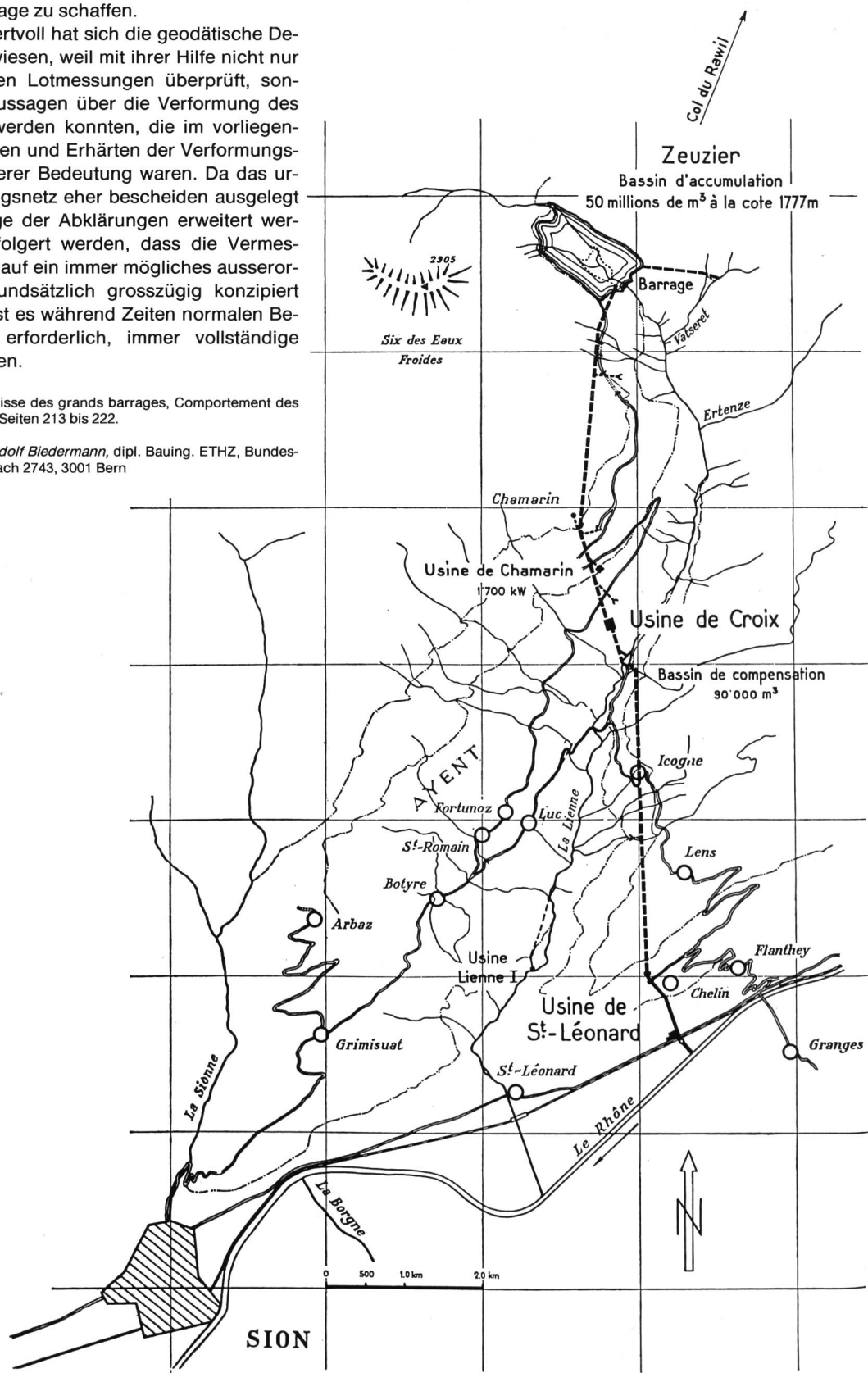


Figure 1. Situation générale de l'aménagement.