

# Aménagement hydroélectrique du Mont Cenis : le glissement du LAMET Auscultation et surveillance renforcée

Autor(en): **Cottin, Loic**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **99 (2007)**

Heft 3

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940135>

## **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.

# Aménagement hydroélectrique du Mont Cenis

## Le glissement du LAMET Auscultation et surveillance renforcée

■ Loïc Cottin

### 1. Introduction

Le plateau du Mont Cenis, en territoire italien avant la dernière guerre, a été rattaché au territoire français par le traité du 10 février 1947, permettant ainsi la réalisation, en collaboration entre EDF et son homologue italien, d'une grande retenue artificielle commune aux deux exploitants.

Le barrage principal, construit à partir des années 1963–1964, a été mis en eau progressivement entre 1967 et 1970. Pour une hauteur de 120 m et un volume de matériau de 14,7 hm<sup>3</sup>, la capacité de la retenue ainsi créée est de 320 hm<sup>3</sup>. La particularité de cet aménagement repose dans le fait que l'ouvrage de retenue est entièrement en territoire français mais que la retenue domine le territoire italien et notamment une vallée à forte densité de population, avec les villes de Suze et de Turin.

Dès les premières études de conception, des instabilités avaient été repérées sur le versant rive gauche de la retenue et une base de nivellement avait été implantée dont les premières mesures datent de 1964. Cette base de nivellement serpente sur le versant à une altitude voisine de 2150 m sur une longueur de 7,5 km. Ces mesures de nivellement effectuées au rythme de deux mesures par an ont confirmé l'existence de mouvements très lents mais réguliers qui ne dépassaient que rarement 1 à 2 cm/an même dans les zones les plus actives.

La zone du Lamet s'est rapidement distinguée par quelques événements printaniers en 1969, 1972 et 1974 avec des décrochements plus brusques dont certains atteignaient une amplitude de 10 cm. La fonte d'un important stock de neige en 1977 a provoqué une crise d'une ampleur particulière avec un affaissement d'environ 50 cm et l'apparition de grandes fractures d'arrachement en partie sommitale.

Cet événement de 1977 souleva de nombreuses questions au sein de la Commission Technique de Surveillance Franco-Italienne, notamment chez nos collègues italiens déjà échaudés par le grand

glissement du mont TOC dans la retenue du VAJON. De nombreuses études et reconnaissances ont été entreprises pour répondre à ces interrogations, qui ont abouti à la mise en œuvre d'un important dispositif d'auscultation et de consignes de surveillance prévoyant à partir de valeurs seuils, le déclenchement d'un Régime Spécial d'Observations RSO, puis la mise en place d'un état de surveillance renforcée.

### 2. Etude de la géologie locale

Les études géologiques préalables à la réalisation de l'aménagement, les données fournies par les travaux de galerie des adductions et les reconnaissances faites suite aux événements de 1977 permettent d'avoir une bonne connaissance géologique du massif et plus particulièrement de la zone en mouvement.

La montagne du Lamet est un massif constitué d'un empilement de plusieurs unités de schistes entre lesquelles sont intercalées des couches de roches triasiques. Ainsi, la partie supérieure du Lamet appartient à la série des schistes lustrés, la partie médiane à l'unité des schistes du col du Mont Cenis et la base appartient à l'unité II des calcschistes qui constituent la fondation d'une grande partie rive droite du barrage du Mont Cenis. La dissolution des gypses au sein des roches triasiques, très active lors de la fonte glaciaire, et la décompression des versants lors de ce retrait sont à l'origine d'une désorganisation prononcée du versant supérieur essentiellement par effondrement sur place. La présence visible de dolines autour de la cote 2400 m au dessus de la zone en mouvement atteste de cette présence de gypses.

Le bas du versant entaillé en partie basse par un ancien lit de la Cenise est tapissé de matériaux détritiques de diverses origines: des dépôts alluvionnaires, des dépôts torrentiels, des éboulis rocheux et des délaissés morainiques. La zone en mouvement du glissement du Lamet est constituée essentiellement des deux der-



Figure 1. Le barrage du Mont Cenis avec au second plan le Mont Lamet.

niers matériaux aux caractéristiques les plus médiocres.

### 3. La délimitation de la zone en mouvement

Les fissures sommitales bien visibles dans le paysage en 1977 donnaient une information sur les limites de la zone en mouvement mais seulement dans sa partie supérieure. Ce sont les mesures de nivellement sur plusieurs bases de mesure étagées dans le versant qui ont été d'une grande utilité pour la délimitation latérale et basse. Des mesures inclinométriques ont fourni les indications quant à la profondeur.

Trois bases de nivellement ont été implantées en complément de la base existante. Une base supérieure à 2360 m d'altitude atteste de l'absence de mouvement au dessus des fissures sommitales. La base existante équipée de points espacés entre eux de 200 m permet de fixer la largeur à plus de 700 m. Une base serpentant le long de la RN 6 atteste d'une largeur de 350 m vers la cote 2050. Enfin, la base inférieure a été implantée sur le toit d'une



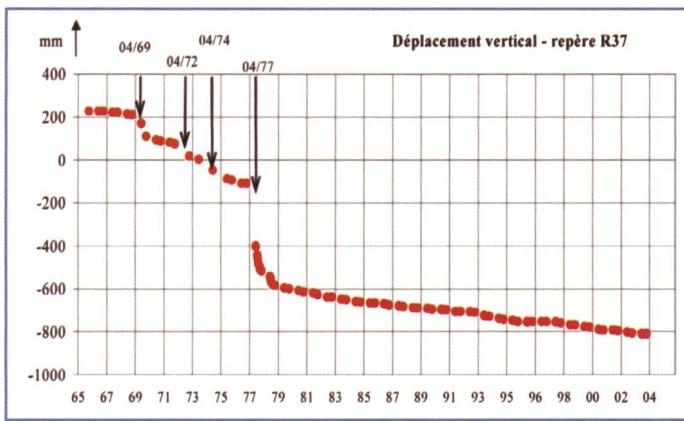


Figure 2. Mesures de nivellement: repère 47 sur la période 1966–2004.

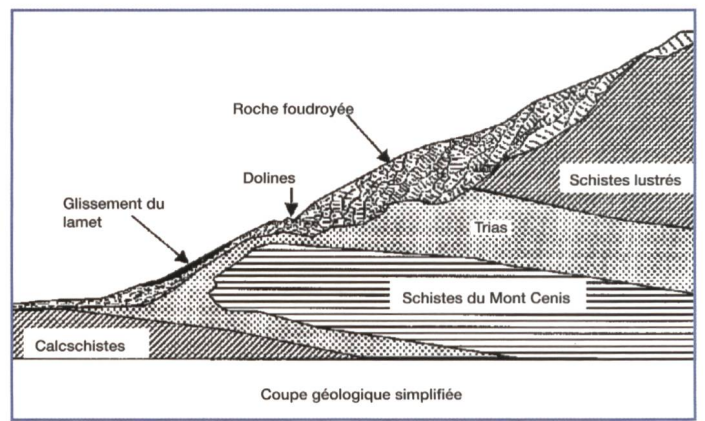


Figure 3. Coupe géologique du versant du Lamet.

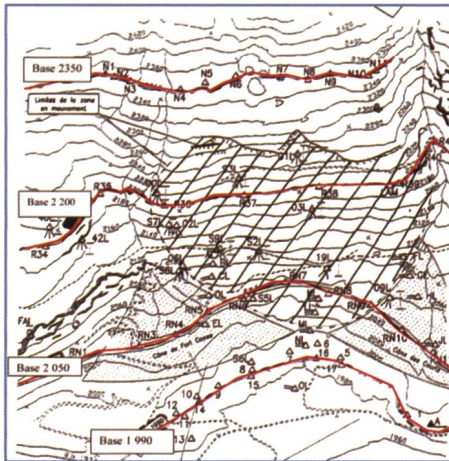


Figure 4. Bases de nivellement.



Figure 5. Protection des cibles de distancemétrie.

galerie enterrée; elle n'indique aucun mouvement important.

Quelques forages inclinométriques, réalisés rapidement après la crise de 1977 ont cisailés à 30 m de profondeur. D'autres forés en périphérie de la zone en mouvement ont permis de préciser les limites latérales.

Plusieurs profils géodésiques ont complété ces informations. Le volume global de la zone en mouvement est estimé à partir de l'ensemble de ces données à environ 5 millions de mètres cube.

La zone en mouvement est bordée sur ses flancs par les deux torrents: torrent de Fort Cassa et ruisseau des Courts; les cônes de déjection de ces deux torrents encadrent le pied du glissement et lui servent de butée de pied.

Immédiatement à l'aval du pied du glissement, se trouve une zone qui a été exploitée comme gîte de matériaux pour les recharges constitutives de la digue du Mont Cenis mais il ne semble pas que cette extraction ait joué un rôle significatif dans la cinématique du glissement.

#### 4. Les études de stabilité

Bien que cela ne soit pas le sujet de cet exposé, des calculs de stabilité ont été

faits par des bureaux d'études et des experts des deux pays, sur la base de caractéristiques de matériaux déterminés par sondages et puits de reconnaissance; ils ont montré le rôle déterminant joué par les écoulements dans le versant. Ils ont fait apparaître également que les plus mauvais coefficients de sécurité étaient obtenus pour des cercles de glissement de profondeur moyenne, proche de celle mise en évidence par les inclinomètres cisailés.

Cette observation a permis de repousser l'hypothèse d'un glissement de très grande ampleur pouvant déstabiliser l'ensemble de l'appui de la digue, que craignaient les autorités italiennes.

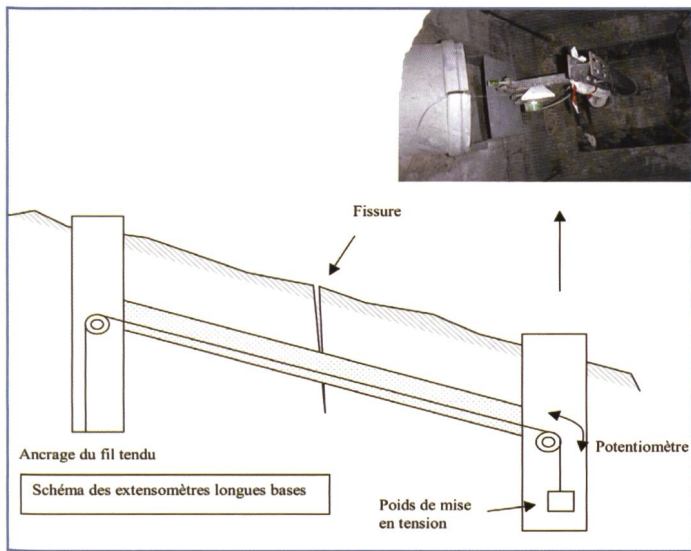
#### 5. Renforcement de l'auscultation

Un très important dispositif d'auscultation a été mis en place progressivement, dans un premier temps pour déterminer la cinématique du glissement, ses limites spatiales puis il a été complété par des observations des facteurs notamment piézométriques ayant un rôle dans le déclenchement des mouvements observés, enfin certains dispositifs permettent une télémessure des grandeurs caractéristiques et permettent d'anticiper avec des mesures conservatoi-

res comme un éventuel abaissement de la retenue.

Nous balayerons rapidement ces différents dispositifs de mesure:

- Des mesures de nivellement: quatre bases de nivellement encadrent la zone en mouvement; la précision des mesures est centimétrique. Sur les 61 repères de nivellement ainsi relevés, la périodicité des mesures est de:
  - deux fois par an sur la base à 2200 m d'altitude qui traverse la zone la plus active
  - une fois par an sur la base à 2360 m qui longe le versant au dessus de la zone d'arrachement
  - une fois par an sur la base à 2050 m qui recoupe la partie basse
  - une fois par an sur la base à 1990 m sur le toit d'un galerie en dessous de la zone en mouvement
- Un réseau de triangulation permettant des mesures de planimétrie et d'altimétrie sur des points disposés selon des profils globalement dans l'axe du mouvement. Ces mesures sont faites au rythme d'une mesure annuelle par des spécialistes qui obtiennent une précision de l'ordre de deux à trois centimètres.



**Figure 6. Schéma d'installation d'un extensomètre – suivi de l'ouverture de la fissure sommitale.**

- Trois repères surveillés par distancemétrie depuis un local de surveillance implanté sur l'autre rive à une distance de l'ordre de 1500 m. S'agissant d'un versant pentu exposé à un fort enneigement, les cibles de ce dispositif ont dû être protégées par des abris équipés de tube de protection permettant la réalisation des visées tout au long de l'année hors période de nébulosité.
- Des mesures inclinométriques: le premier inclinomètre mis en place en octobre 1970 a rapidement cisaillé, montrant que des mouvements existaient dans le versant bien avant l'épisode de 1977 et que la profondeur de la zone de cisaillement était d'environ 30 m. D'autres inclinomètres implantés sur le pourtour du glissement côté retenue garantissent l'absence d'extension latérale. Dans la partie basse du glissement, un forage inclinométrique qui indiquait des mouvements vers 15 m de profondeur a été équipé d'une canne inclinométrique télémétrée qui permet en temps réel de connaître la cinématique quelles que soient les conditions d'accès.
- Des mesures extensométriques à longue base implantés en partie supérieure selon trois profils en travers de la fissure sommitale. Il s'agit de fils tendus protégés à l'intérieur d'un tube enterré. L'extrémité supérieure du fil est ancrée au fond d'un puits, l'extrémité val est tendue par un poids après être passée sur une poulie équipée d'un potentiomètre. Longs de trente à cinquante mètres, ces appareils fonctionnent correctement.
- Huit piézomètres télémétrés rensei-

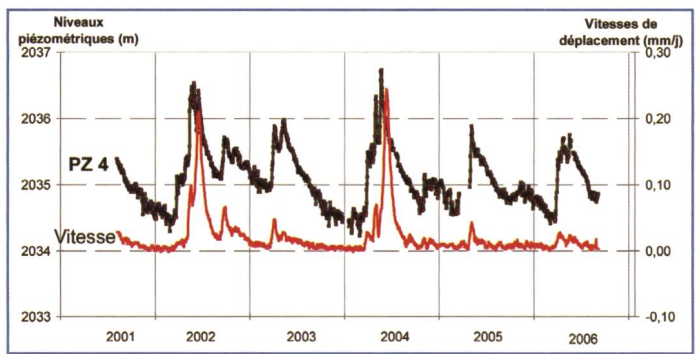
gnent de l'état de la nappe dans le versant et au pied de celui-ci. Les premiers forages piézométriques qui traversaient la zone de glissement et pénétraient en profondeur dans les éboulis inférieurs du versant n'indiquaient pour la plupart aucune trace de niveau d'eau. L'un d'entre eux indiquaient la présence d'une nappe très basse, légèrement supérieure à la cote de la retenue. Les autres demeuraient secs. Il a fallu comprendre le fonctionnement du glissement pour limiter la profondeur des piézomètres au dessus de la surface de cisaillement et observer l'existence d'un écoulement suspendu alimenté par les ruissellements supérieurs et la fonte nivale.

- Deux cibles GPS ont été ajoutées sur la partie supérieure du versant au dessus de la zone en glissement pour contrôler une extension éventuelle du phénomène.

## 6. Analyse du comportement

Les mesures de nivellement, les plus riches en enseignement car plus fréquentes et comportant le plus long historique montrent que la composante verticale du vecteur déplacement est sensiblement constante dans le temps avec, selon les points, une vitesse de tassement proche de 10 mm/an dans la partie supérieure de la zone en mouvement. La composante vers l'aval associée fournie par la planimétrie est de l'ordre de 15 à 20 mm/an. Plus bas, dans le versant, les vitesses verticales se réduisent à 5 à 7 mm/an avec une composante horizontale de 10 à 15 mm/an. Dans la partie basse du glissement, les tassements sont nuls.

Les extensomètres de la partie



**Figure 7. (et non pas fig 6 comme indiqué par erreur) Graphique de corrélation entre mesure de vitesse de déplacement et mesure de piézométrie.**

sommitale indiquent une ouverture des fissures de l'ordre de 5 mm/an mais variable en fonction de la situation piézométrique. L'importance et la rapidité de la fonte nivale sur la partie haute du glissement semblent être l'élément déclenchant. La canne inclinométrique confirme cette hypothèse avec des variations de pente de l'ordre de 4 mm/m observées certaines années en période de fonte nivale.

La mise en place d'un nouveau réseau piézométrique adapté a permis d'obtenir d'excellentes corrélations entre les variations piézométriques dans la partie basse du glissement et les vitesses de déplacement déduites des mesures faites sur la canne inclinométrique.

Le décalage observé entre la réaction du piézomètre et celle de l'inclinomètre qui enregistre directement le phénomène physique justifie l'établissement des consignes de surveillance.

Enfin, les deux balises GPS implantées dans la partie supérieure du versant attestent que le phénomène d'écroulement sur lui-même de la partie haute du versant du Lamet se poursuit régulièrement indépendamment des épisodes de fonte nivale, avec une vitesse de l'ordre de 10 à 15 mm/an en planimétrie. Mais ces déplacements sont totalement indépendants des mouvements observés sur le glissement inférieur.

## 7. Les consignes de surveillance

Une première consigne de surveillance couvre les périodes d'exploitation normale en dehors de toute période à risque. Les fréquences de mesure sont les suivantes:

- Une fois par an pour l'ensemble des mesures de planimétrie et de nivellement, à l'exception de la base de nivellement en partie haute qui est relevée deux fois par an.
- Une fois par semaine pour les mesures de distancemétrie sur cibles

- Deux fois par mois pour les mesures de piézométrie et les débits des sources
- Une fois par an pour les mesures d'inclinométrie et
- deux fois par mois pour la canne inclinométrique
- Une fois par mois pour les mesures extensométriques
- Une fois par an pour les deux cibles GPS au dessus du glissement
- Deux fois par mois pour les tournées de surveillance.

Un Régime Spécial d'Observation RSO est mis en œuvre lorsque le débit global DR3Ter dépasse 3500 l/mn pendant huit heures consécutives; ce débit mesuré en galerie au pied du barrage intègre des débits de fuite du barrage en rive gauche mais surtout l'ensemble des sources et résurgences observées sur l'appui rive gauche en pied du Lamet. Les fréquences sont alors augmentées:

- Une fois par jour pour la canne inclinométrique
- Une fois par jour pour les mesures de distance-métrie
- Une fois par semaine pour la piézométrie et les sources
- Une fois par semaine pour les tournées de surveillance

En cas de perte de la télémesure, le RSO est appliqué dès lors que les hauteurs de pluie cumulées dépassent de 30% les valeurs habituellement observées.

Enfin, en cas de dépassement de valeurs seuils sur un des trois critères

sélectionnés (un critère de niveau piézométrique, un seuil sur les mesures de distancemétrie et un seuil sur les mesures de nivellement), une consigne de surveillance renforcée est mise en place avec information des autorités et déclenchement du Plan Particulier d'Intervention si la tenue du barrage est susceptible d'être mise en cause.

Adresse de l'auteur

Loïc Cottin

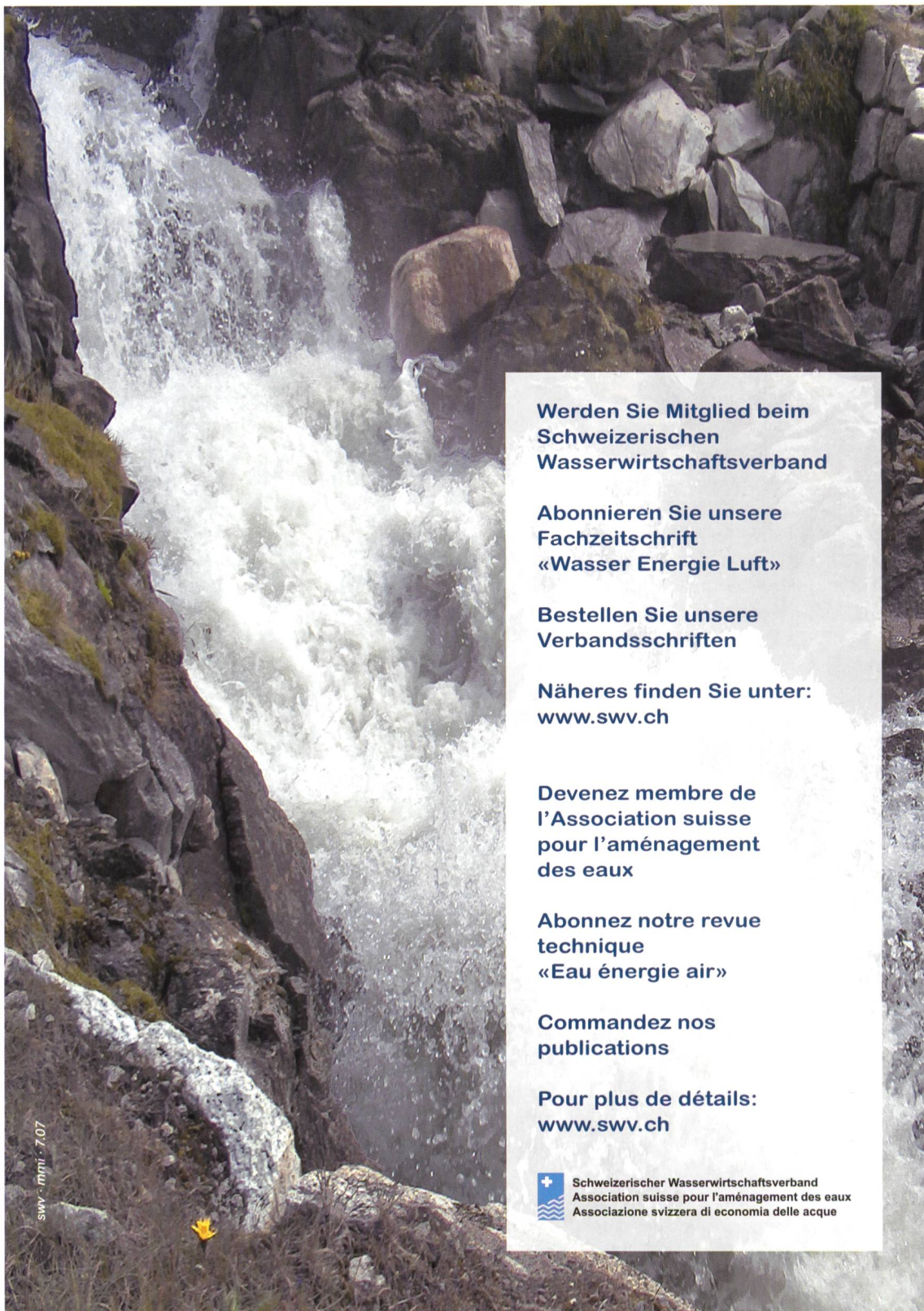
ICTPE, adjoint au chef du Bureau d'Etude Technique et de Contrôle des Grands Barrages

44 avenue marcelin Berthelot

38030 Grenoble cedex 02, France

04 76 69 34 71

loic.cottin@industrie.gouv.fr



**Werden Sie Mitglied beim Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband**

**Abonnieren Sie unsere Fachzeitschrift «Wasser Energie Luft»**

**Bestellen Sie unsere Verbandsschriften**

**Näheres finden Sie unter: [www.swv.ch](http://www.swv.ch)**

**Devenez membre de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux**

**Abonnez notre revue technique «Eau énergie air»**

**Commandez nos publications**

**Pour plus de détails: [www.swv.ch](http://www.swv.ch)**



Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
Association suisse pour l'aménagement des eaux  
Associazione svizzera di economia delle acque