

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91/92 (1928)
Heft: 5

Artikel: Zwei Wasserkraft-Projekte in den französischen Alpen
Autor: Sattler, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-42441>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.05.2025

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

Tabelle 10

(Verallgemeinerte Tabelle 1).

Einphasenbetrieb mit 15000 V. von 1150 Bahn-km mit 2950 Geleise-km, Energie aus bahneigenen Kraftwerken, Uebertragungsleitungen 132 kV und 66 kV von 800 km Länge, 3 Unterwerke 132/66 kV und 15 Unterwerke 66/15 kV. Mittlerer Verkehr pro Bahn-km: 7750000 tkm pro Jahr, einschliesslich Lokomotiv-Gewicht. Ausführung und Preise nach heutigen Verhältnissen.

Durch die Elektrifikation verursachte Erhöhung der Jahreskosten.
Gesamtanlagekapital zu Lasten der Bahnverwaltung, einschliesslich der elektrischen Triebfahrzeuge:

1. Verzinsung zu 5 1/2 %	23 650 000 Fr.
2. Rücklagen für Tilgung des gesamten Kapitals in 50 Jahren und für Erneuerung der der Abnützung unterworfenen Anlageteile	10 205 000 „
3. Personal und Unterhalt abzüglich der Einnahmen aus dem Verkauf von Ueberschuss-Energie	3 070 000 „
Mehrkosten	Total 36 925 000 Fr.

Durch die Elektrifikation erzielte Ersparnisse.

Anlagekapital der ohne die Elektrifikation erforderlichen Dampflokomotiven: 100 Mill. Fr.	
1. Verzinsung zu 5 1/2 %	5 500 000 Fr.
2. Rücklagen für Tilgung der 100 Mill. Fr. in 50 Jahren und für Erneuerung	3 763 000 „
3. Ersparnisse an Kohlen 450000 t bei einem Preis von 38 Fr./t franko Grenze	17 100 000 „
4. Ersparnisse an Zugs-, Fahr- und Depotpersonal: 2230 Mann zu durchschnittl. 5900 Fr. einschl. aller Leistungen der Verwaltung	13 095 000 „
5. Ersparnisse an Unterhaltskosten des Rollmaterials nach Berechnung der S. B. B.	4 566 000 „
6. Ersparnisse an Wasser, Schmiermaterial, Bahnunterhalt, an Kohlenwagen	1 201 000 „
Ersparnisse	Total 45 225 000 Fr.
Mehrkosten wie oben	36 925 000 Fr.
Minderkosten des elektrischen Betriebs	8 300 000 Fr.

geschätzt werden kann. Auf Grund der vorstehenden Ausführungen sind die für 1927 in Frage kommenden Ausgaben für Verzinsung, Tilgung und Erneuerung der elektrischen und der Dampflokomotiven in der Tabelle 8 gegenübergestellt.

In Tabelle 9 sind sämtliche Betriebskosten auf Grund der Tabellen 5 bis 8 zusammengestellt. Die Tabelle 1, die sich speziell auf schweizerische Verhältnisse mit Teuerung,

Tabelle 10 a.

(Vereinfachte Tabelle 10.)

Durch die Elektrifikation verursachte Erhöhung der Jahreskosten.

Verzinsung zu 5 1/2 %	23 650 000	
	— 5 500 000	
	18 150 000	18 150 000 Fr.
Rücklagen für Tilgung und Erneuerung	10 205 000	
	— 3 763 000	
	6 442 000	6 442 000 „
Personal und Unterhalt		3 070 000 „
Mehrkosten	Total	27 662 000 Fr.

Durch die Elektrifikation erzielte Ersparnisse:

Ersparnisse an Kohlen	17 100 000 Fr.
Ersparnisse an Zugs-, Fahr- und Depotpersonal	13 095 000 „
Ersparnisse an Unterhaltskosten des Rollmaterials	4 566 000 „
Ersparnisse an Wasser, Schmiermaterial, Bahnunterhalt, an Kohlenwagen	1 201 000 „
Ersparnisse	Total 35 962 000 Fr.
Mehrkosten wie oben	27 662 000 „
Minder-Jahreskosten des elektrischen Betriebs	8 300 000 Fr.

Bundessubvention und bestimmten Rücklagen für Erneuerung und Tilgung bezog, kann nun an Hand dieser Zahlen im Sinne einer Verallgemeinerung der betreffenden Posten umgerechnet werden, wie es in Tabelle 10 geschehen ist.

Die Tabelle 10 lässt sich auch in der einfacheren Form der Tabelle 10 a darstellen, in der nur die durch die in Frage kommende Elektrifikation verursachten Mehrausgaben von 430 — 100 = 330 Mill. Fr. gegenüber dem Dampfbetrieb in Erscheinung treten. Daraus ergibt sich, dass, bei *Kostengleichheit des elektrischen und des Dampfbetriebes*, das im Jahre 1927 in der Elektrifikation der S. B. B. angelegte, den heutigen Verhältnissen in Bezug auf Bauart und Baukosten angepasste Mehrkapital von 330 Mill. Fr. mit 18150000 + 8300000 = 26450000 Fr., d. h. mit 8 % verzinst werden kann. Dabei ist zu bemerken, dass die vorstehenden Ausführungen immer noch nur für die ihnen zu Grunde gelegten Verhältnisse gültig sind. Im folgenden soll gezeigt werden, wie sich die Verhältnisse bei andern Verkehrsmengen, bei andern Kohlenpreisen, sowie bei Bezug von bahnfremder Energie gestalten. (Schluss folgt.)

Zwei Wasserkraft-Projekte in den französischen Alpen.

In letzter Zeit geht Frankreich in vorbildlicher Weise planmässig und grosszügig an den weitem Ausbau seiner Wasserkräfte. Der Bedarf an elektrischer Energie nimmt

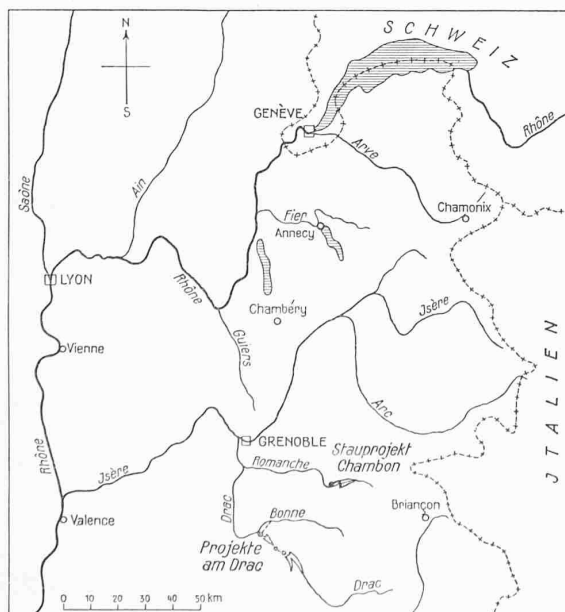


Abb. 1. Uebersichtsskizze. — Masstab 1 : 2500000.

in diesem Land jährlich stark zu und zahlreiche günstige Ausbaumöglichkeiten von Wasserkraften harren noch der Verwirklichung. Mit dem Ausbau einzelner Anlagen ist bereits begonnen worden. So darf wohl in den nächsten Jahren eine interessante Entwicklung des Wasserkraftbaues und ein Aufschwung der Elektrizitätswirtschaft in Frankreich erwartet werden.

Mit den folgenden kurzen Mitteilungen über zwei Projekte möchte ich die Leser der „S. B. Z.“ ganz allgemein auf diese Entwicklung hinweisen. Ich wähle hierzu einen kleinen Ausschnitt aus dem unweit der Schweiz gelegenen Alpengebiet südlich von Grenoble (Uebersichtsskizze, Abb. 1), dessen Regime ungefähr dem unserer Schweizeralpen entspricht. Die Vorarbeiten für diese beiden Projekte sind bereits soweit vorgeschritten, dass vor kurzem die Bauarbeiten in Angriff genommen werden konnten. Die Grösse und Eigenart der beiden Anlagen dürften auch für uns ein gewisses Interesse bieten.

Beim ersten Projekt, dem *Ausbau des Drac*, ist besonders erwähnenswert die obere Stufe Le Sautet. In einem ausserordentlich günstigen, schluchtartigen Talprofil wird hier eine 135 m hohe Bogenstaumauer errichtet. Der dadurch geschaffene nutzbare Stauraum von 100 Mill. m³, der auch zwei weitem anschliessenden Kraftwerkstufen zugute kommt, ist zugleich als Hochwasserschutz von allgemeiner Wichtigkeit. Für die drei projektierten Anlagen am Drac ist ein Ausbau von insgesamt 160000 PS vorgesehen.

Beim zweiten Projekt haben sich für die Errichtung der Staumauer *Chambon an der Romanche* die Besitzer von

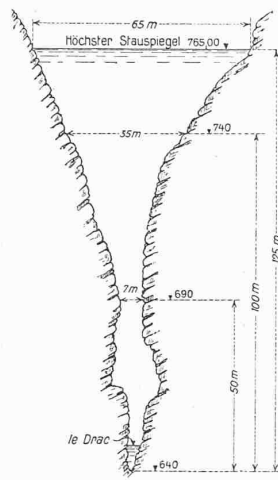


Abb. 3. Querprofil der Staustelle, Grundrisse und Querschnitte der Staumauer Le Sautet am Drac.

zehn Wasserkraftanlagen vereinigt, um am Oberlauf dieses Flusses ein Staubecken von 50 Mill. m³ zu schaffen. Dadurch wird es ihnen möglich, die Winterleistung, bzw. die konstante Jahresleistung ihrer bestehenden Anlagen erheblich zu vergrössern. Die hier vorgesehene rund 110 m hohe Gewichtsmauer entspricht bei einem Gesamtbetonvolumen von 250 000 m³ in ihrer Ausführungsart ungefähr der Staumauer Wäggital.

WASSERKRAFT-Projekte AM DRAC.

Nach eingehenden Studien hat die „Société Forces Motrices Bonne et Drac“ im Prinzip das im Längenprofil der Abb. 2 dargestellte Projekt gewählt¹⁾, wobei neben den technischen Gesichtspunkten hauptsächlich auch die heutigen energie-wirtschaftlichen und finanziellen Verhältnisse in Frankreich berücksichtigt werden mussten. Es wird nun zuerst der Ausbau der obren Stufe Le Sautet mit ihrem grossen Staubecken in Angriff genommen. Dieser obren Anlage folgt dann der Ausbau der beiden untern stufenweise, womit sowohl die Verwertung der Energie, wie auch eine allmähliche Kapitalbeschaffung erleichtert wird.

Der Drac besitzt an der Staustelle Sautet ein Einzugsgebiet von ungefähr 1000 km² in einer Höhenlage von

¹⁾ Von der Gesellschaft sind ausführlichere Veröffentlichungen während des Baues vorgesehen. Eine generelle Beschreibung brachte Ingenieur E. Dusaugy im „Génie civil“ vom 4. Juli 1925.

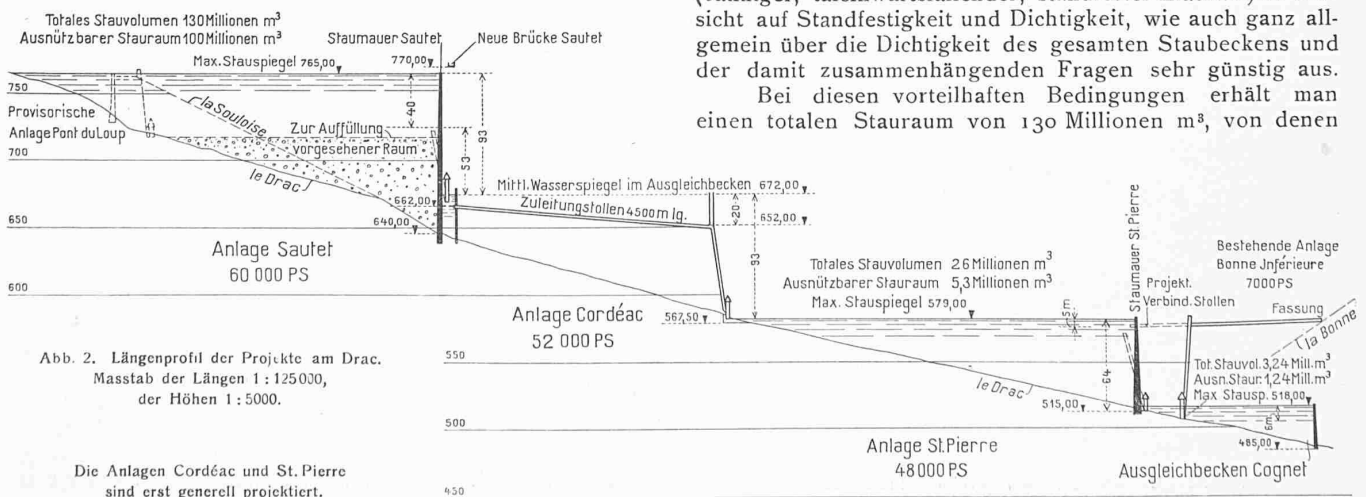


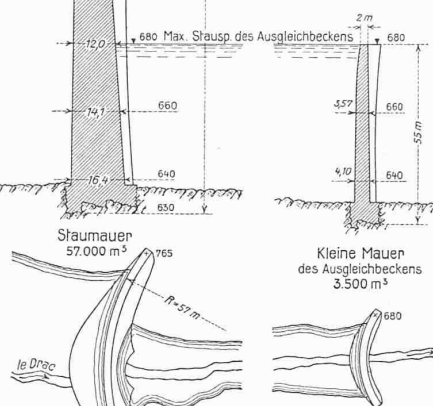
Abb. 2. Längenprofil der Projekte am Drac. Masstab der Längen 1:125 000, der Höhen 1:5 000.

Die Anlagen Cordéac und St. Pierre sind erst generell projektiert.

ZWEI WASSERKRAFT-Projekte IN DEN FRANZÖSISCHEN ALPEN.

STAUMAUERN LE SAUTET AM DRAC.

Masstab 1:2000.



Masstab 1:2000.

STAUMAUER CHAMBON AN DER ROMANCHE.

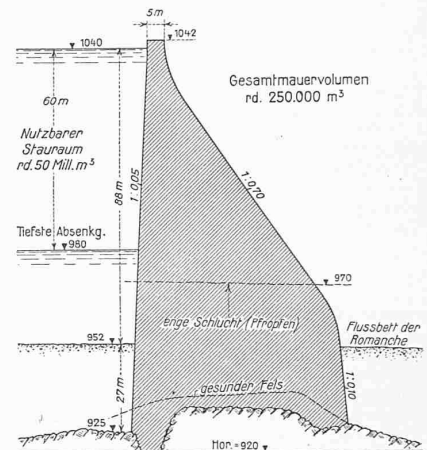


Abb. 5. Schemat. Schnitt der Staumauer Chambon.

650 bis 3600 m ü. M. Diese Grösse des Einzugsgebietes erlaubt, das Staubecken unter Umständen zweimal jährlich zu füllen. Mittlere jährliche Abflussmenge 27 m³/sek, kleinstes Niederwasser (im Februar) 8 m³/sek, normales Hochwasser 200 bis 250 m³/sek, ausserordentliches Hochwasser 800 m³/sek.

Das breite Tal, das der Drac in seinem Oberlauf durchfliesst, verengt sich bei der Staustelle zu einer schmalen, tiefen Schlucht, die zur Errichtung einer Staumauer ausserordentlich günstige Verhältnisse bietet (Abb. 3). Beträgt doch die Breite der Schlucht bei einer Höhe von 100 m über der Flusssohle nur 35 m und auf der vorgesehenen Kronenhöhe erst 65 m. Die Staumauer ist als 135 m hohe Bogenmauer projektiert. Eine unterhalb der grossen Mauer vorgesehene zweite, kleinere Staumauer von 55 m Höhe bildet ein kleines Ausgleichsbecken für das Unterwasser des Maschinenhauses und dient zugleich zur etwelchen Entlastung und besonders zur Verminderung der Temperaturschwankungen im untern Teil der grossen Bogenmauer. Das Betonvolumen der grossen Mauer beträgt 57 000 m³, das der kleinen 3 500 m³. Es sind Ueberfälle vorgesehen, die ermöglichen, selbst ausserordentliche Hochwasser von 800 bis 1000 m³/sek bei vollem Becken schadlos abzuführen. Eine Kommission von vier Geologen, in der auch Prof. Lugeon (Lausanne) mitwirkte, sprach sich sowohl über die geologische Beschaffenheit der Staustelle (oänkiger, taleinwärtsfallender, standfester Liaskalk) in Hinsicht auf Standfestigkeit und Dichtigkeit, wie auch ganz allgemein über die Dichtigkeit des gesamten Staubeckens und der damit zusammenhängenden Fragen sehr günstig aus.

Bei diesen vorteilhaften Bedingungen erhält man einen totalen Stauration von 130 Millionen m³, von denen

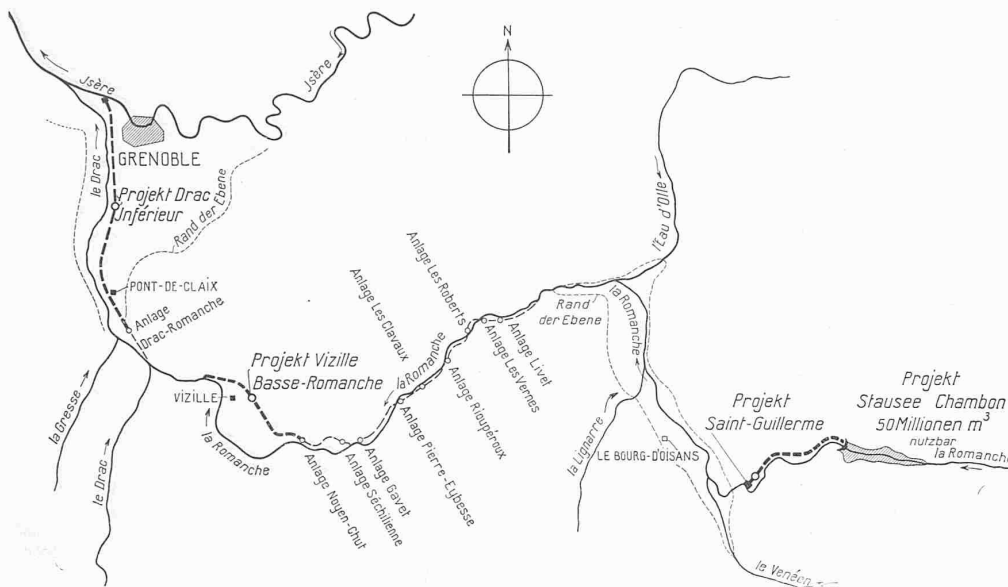


Abb. 4. Situationskizze für den Ausbau der Romanche. — Masstab 1:320 000.

der Raum der oberen 40 m Höhe mit einer Kapazität von 100 Millionen m^3 als ausnutzbar vorgesehen ist (Abb. 2). Mit Hilfe des grossen Ausgleichbeckens können für die Ebene von Grenoble gefährliche Hochwasser bis um 30% vermindert werden. Das Maschinenhaus der Anlage Sautet liegt zwischen der grossen und kleinen Staumauer. Die maximale Ausbauwassermenge für Spitzenleistungen beträgt 60 m^3 /sek, die installierte Turbinenleistung 60 000 PS. Die erzeugbare mittlere Jahresenergie ergibt ungefähr 96 Mill. kWh ab Generator.

Für die beiden folgenden Stufen, für die das endgültige Bauprojekt noch nicht vorliegt, sei auf das Längsprofil (Abb. 2) verwiesen, aus dem die weitere Anordnung des Projektes ersichtlich ist.

Zusammenfassend sollen noch folgende Angaben gemacht werden:

	Anlage Le Sautet	Cordéac	St-Pierre
Max. Ausbauwassermenge	60	60	70 m^3 /sek
Max. Bruttogefälle	93	93	64 m
Install. Maschinenleistung	60 000	52 000	48 000 PS

Nach dem Ausbau dieser drei Stufen soll der Zuleitungstollen der bestehenden Anlage „Bonne Inférieure“ mit dem Staubecken der Anlage St-Pierre verbunden werden. Unterhalb der Zentrale St-Pierre ist noch ein kleines Ausgleichbecken vorgesehen, das gestattet, die grosse Wasserreserve des Staubeckens Le Sautet in den drei erwähnten Anlagen in Form starker täglicher Spitzenleistungen auszunützen, ohne den natürlichen Abfluss des Drac im Unterwasser zu stark zu beeinflussen.

Die in den drei projektierten Kraftanlagen installierte Turbinenleistung beträgt insgesamt 160 000 PS und die mittlere Jahresenergie ergibt sich zu ungefähr 330 Mill. kWh ab Generator. Diese Energie wird auf einer ungefähr 50 km langen Fernleitung in die Gegend der Stadt Grenoble übertragen werden, wo sie zum grossen Teil von der Gesellschaft „Alais, Froges et Camargue“ in neu zu errichtenden, umfangreichen Fabrikanlagen zur Aluminium-Herstellung verwendet werden soll.

STAUPROJEKT CHAMBON AN DER ROMANCHE.

Das Gefälle der Romanche ist heute schon durch Wasserkraftanlagen in hohem Masse ausgenützt (Abb. 4). Sämtliche Besitzer dieser Anlagen, die zusammen über eine installierte Turbinenleistung von ungefähr 100 000 PS verfügen, haben sich nun in der „Société de Régularisation des Forces Motrices de la Vallée de la Romanche“ vereinigt, um am Oberlauf der Romanche zur Regulierung ihres Abflusses einen Stausee zu errichten. Auch der französische Staat hat sich in beträchtlichem Masse an der

Bildung dieser Gesellschaft beteiligt, die aber, was ausdrücklich betont werden soll, nur die Erstellung der Staumauer mit dem Staubecken bezweckt. Unabhängig von ihr wird von einem besonderen Interessenten der Ausbau der anschliessenden Gefällstufe in der Anlage St. Guillerme vorgesehen.

Die Staumauer ist als Gewichtsmauer mit dreieckigem Querschnitt projektiert (Abb. 5), im Grundriss mit einem Radius von etwa 160 m. Ihre Höhe über der Flussohle beträgt 88 m, Kronenlänge 300 m, Gesamt-Betonvolumen rd. 250 000 m^3 . Unterhalb Kote 970 verengt sich das Tal zu einer Schlucht, sodass der normale talseitige Maueranzug von 70%

auf 10% vermindert werden konnte. In 15 bis 20 m Tiefe unterhalb des Flussbettes ist gesunder Fels angetroffen worden. Die Betonmischung der Mauer nimmt von oben nach unten von 180 auf 250 kg Portland-Zement pro 1 m^3 Beton zu. In üblicher Weise sind Drainagen, Galerien, Dilatationsfugen, sowie Injektionen in der Fundamentsohle vorgesehen, wie auch ein Ueberfall für die grössten Hochwasser. Neben den Fassungs- und Abschlussorganen zur Regulierung des Abflusses für die unten liegenden Kraftwerke wird der bereits erstellte Umleitungstollen als Entleerungstollen ausgebaut.

Bei der Staustelle, die 950 m ü. M. liegt, besitzt die Romanche ein Einzugsgebiet von 254 km^2 . Vom totalen Stauraum von 54 Mill. m^3 werden rund 50 Mill. m^3 zur Regulierung nutzbar verwendet. Dadurch wird es ermöglicht, das kleinste Monatsmittel der Abflussmenge von 1,5 bis 2 m^3 /sek während den 5 bis 6 Monaten der Niederwasserzeit auf 6 bis 7 m^3 /sek zu erhöhen. Die heute bestehenden zehn Wasserkraftanlagen unterhalb der Staustelle Chambon (Abb. 4) besitzen Ausbauwassermengen von 12,5 bis 80 m^3 /sek und ein gesamtes Nettogefälle von 362 m. Unter den weiteren drei Projekten an der Romanche unterhalb Chambon stehen die von Saint-Guillerme und Vizille (Basse-Romanche) kurz vor ihrer Verwirklichung. Nach der Konzessionsvorlage soll sich nun der industrielle Vorteil der Abflussregulierung wie folgt geltend machen:

Die Erhöhung der konstanten Jahresleistung beträgt: für die zehn bestehenden Anlagen 9 200 kW
inbegriffen die drei projektierten Anlagen . . . 18 200 kW

Der Gewinn an jährlicher Energie beträgt: für die bestehenden Anlagen 30,5 Mill. kWh
inbegriffen die projektierten Anlagen . . . 65 Mill. kWh
Es sei darauf aufmerksam gemacht, dass es sich um den Gewinn von wertvoller Winterleistung und -Energie handelt.

Der Ausbau der an die Staumauer Chambon anschliessenden Gefällstufe Saint-Guillerme wird von der „Société des Forces Motrices de la Haute Romanche“ durchgeführt. Bei einer Ausbauwassermenge von 11 m^3 /sek und einem Bruttogefälle von 235 m ist eine installierte Maschinenleistung von rund 30 000 PS vorgesehen. Die Energie soll von den beiden Hauptinteressenten dieser Gesellschaft, „Fredet“ und „Alais, Froges et Camargue“ auf schon bestehenden und noch neu zu errichtenden Fernleitungen einestils nach den Fabriken „Fredet Brignoud“, andernteils zu den grossen Aluminiumfabriken der „Alais, Froges et Camargue“ in den Tälern des Arc und der Romanche übertragen werden.

Grenoble, im Oktober 1927.

W. Sattler, Ing.