

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 62 (1970)
Heft: 9

Artikel: Les bassins d'accumulation des alpes = Die Speicherseen der Alpen
Autor: Link, Harald
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921070>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 06.01.2026

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

Harald Link

1. Introduction

L'aménagement de bassins d'accumulation dans les Alpes est en relation étroite avec l'utilisation de la force hydraulique qui, dépassant le cadre artisanal, apparut et se développa dans une grande mesure lorsque, dès 1891, il fut devenu possible de transporter sur des distances relativement importantes grâce aux lignes à haute-tension, le courant électrique vers les régions de consommation. En comparaison de cela, seule l'irrigation dans les régions méridionales des Alpes revêtait une certaine importance. Après des réalisations isolées relativement anciennes, on note depuis le début de ce siècle, un développement constant qui s'accéléra à la suite des deux guerres mondiales, et qui a atteint son maximum au cours de la dernière décennie. Cet aspect ne se modifie que depuis quelques années. L'évolution des structures de la production d'énergie électrique du centre de l'Europe, caractérisée par l'importance que prennent les huiles minérales, le gaz naturel et, avant tout, l'énergie nucléaire ainsi que la construction de centrales thermiques de plus en plus puissantes comportant des groupes de machines dont la taille croît rapidement, modifie d'une façon déterminante la situation sur le plan de la concurrence, et influence, sur le plan économique, l'interdépendance des centrales de genre différent. Cette évolution coïncide, surtout dans les pays alpins, avec un niveau d'exploitation fort avancé du potentiel d'énergie hydraulique économiquement rentable. C'est pourquoi il peut être utile de faire un inventaire facilitant, tant une vue d'ensemble qu'une certaine perspective.

Les grands bassins d'accumulation et les barrages y ont, en plus de leur rôle dans l'économie sur le plan des sources d'énergie, une importance plus générale dans le domaine hydrologique par leur influence sur l'écoulement des eaux naturelles. Par leur dimension, ils modifient souvent l'aspect du paysage; de vastes milieux y sont intéressés, et ils deviennent de plus en plus un pôle d'attraction pour le tourisme en plein développement, et ce, d'autant plus que leur construction a beaucoup contribué à l'accessibilité de la haute-montagne. C'est pourquoi nous traiterons ici d'eux et de toute la zone alpine où ils se répartissent dans six pays, en une vue d'ensemble, non seulement au point de vue économique de l'énergie et de la technique, mais aussi au point de vue géographique et politique.

C'est dans cette optique, que, dans le domaine économique concernant les eaux et l'énergie, furent publiés autrefois des rapports sur les bassins d'accumulation des Alpes orientales (1951 numéro 6/7 de cette revue mensuelle) et sur ceux des Alpes occidentales (1952 numéro 1/2). Réunis en une édition spéciale augmentée et richement illustrée, ils furent en 1953 publiés pour la première fois dans la publication No 31 de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, sous le titre: «Les bassins d'accumulation des Alpes, inventaire et projets», vue d'ensemble correspondant à la situation à cette époque (publication épuisée depuis longtemps). Entre-temps le nombre des bassins d'accumulation construits jusqu'alors durant les 50 années précédentes, s'est accru d'une bonne moitié environ; leur capacité de retenue a même plus que doublé, apportant ainsi la preuve de l'extraordinaire développement qu'ils connurent durant cette période dans tous les pays alpins.

Le présent ouvrage recense tous les bassins d'accumulation en exploitation ou en construction fin 1969; ils figurent sur des tableaux synoptiques donnant toutes les caractéristiques importantes ainsi que l'exploitation statistique de ces données sous des angles divers. On y fait la distinction entre ceux qui existaient déjà jusqu'en 1954 inclus, et ceux qui s'y sont ajoutés depuis 1955, donc au cours des 15 années écoulées. Cet ouvrage se rattache ainsi, d'une part à la publication plus ancienne évoquée plus haut, si bien que — étant donné le manque de place — nous pouvons nous limiter pour l'essentiel à la description des réalisations plus récentes; il en résulte d'autre part une impression plus exacte concernant la forte activité au cours de cette dernière période, avec des comparaisons qui, à bien des points de vue, sont pleines d'enseignement. Par exemple, en ce qui concerne la situation des récents bassins d'accumulation au point de vue géographique, leur répartition par pays, les complexes en développement, ainsi qu'entre autres, leur importance, leur altitude, leur coût.

La publication de 1953 ne mentionnait dans ses tableaux et l'exploitation de ceux-ci, que les bassins situés à 500 m et plus au-dessus du niveau de la mer. Là où dans les Alpes du sud, en raison de l'altitude plus basse du pied des Alpes, il y en a encore situés plus bas, ils ne furent que cités. Tous les bassins d'accumulation situés dans l'aire alpine déterminée géographiquement et géologiquement y figurent maintenant. Pour certains des bassins d'accumulation mentionnés, en construction ou à l'étude à l'époque antérieure, leur achèvement a tant tardé que, pour la plupart, ils figurent parmi ceux de la période récente. C'est pourquoi ces derniers sont reportés de l'ancien inventaire dans ceux qui s'y ajoutèrent depuis 1955. En raison d'une part, des longs délais de réalisation de nombreuses constructions de grande envergure, et d'autre part souvent aussi de mises en retenue partielles, un découpage chronologique précis est presque impossible. Quelques réalisations figurant sur l'ancien inventaire, et dont la construction fut entreprise avant 1954 mais non achevée à cette date, figurent cependant sur l'inventaire récent à côté d'autres dont la construction est encore actuellement en cours, et qui, dans quelques cas isolés, durera jusqu'en 1973. Dans l'ensemble, il s'établit ainsi une certaine compensation. Enfin, après vérification des anciennes caractéristiques, il apparut utile d'apporter toute une série de rectifications relativement mineures: pour certains bassins d'accumulation on modifia postérieurement et même pendant la construction, les cotes de niveau maximum ou de niveau minimum. Dans d'autres cas, la capacité utile a quelque peu diminué du fait d'apports alluvionnaires, par exemple pour des réservoirs à grand bassin versant et alimentés par des cours d'eau riches en débit solide, tels les bassins d'accumulation de Sautet/Drac, de Castillon/Verdon; mais il se produit aussi des augmentations de capacité dues à la fonte de glaciers, par exemple le bassin de Sab-bione/région du Toce. Toutes les rectifications de ce genre apportées à l'inventaire de 1954, figurent au nouveau, d'autant plus qu'elles se compensent à peu près dans l'ensemble. De plus quelques constructions d'importance réduite qui n'y étaient pas mentionnées, y figurent. Au lieu des 100 bassins tant dans les Alpes occidentales qu'orientales

Harald Link

1. Einleitung

Die Anlage von Wasserspeichern in den Alpen steht in engstem Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung, die über den gewerblichen Rahmen hinaus in grossem und wachsendem Masse einsetzte, als es — seit 1891 — möglich geworden war, elektrischen Strom durch Hochspannungsleitungen über grössere Entfernungen den Verbrauchsgebieten zuzuführen. Daneben hatte nur die Landbewässerung im südlichen Alpenvorland eine gewisse Bedeutung. Nach vereinzelt älteren Anlagen ist seit dem Beginn dieses Jahrhunderts eine ständig wachsende Entwicklung zu verzeichnen, verstärkt nach den beiden Weltkriegen, die im letzten Jahrzehnt ihr Maximum erreicht hat. Erst seit wenigen Jahren ändert sich das Bild. Die Strukturwandlungen in der mitteleuropäischen Elektrizitätserzeugung, gekennzeichnet durch das Vordringen von Mineralöl, Erdgas und vor allem der Kernenergie, sowie den Bau immer grösserer thermischer Kraftwerke mit rasch wachsender Grösse der Maschinensätze, verändern einschneidend die Wettbewerbslage und beeinflussen die Verbundwirtschaft von Kraftwerken verschiedener Gattung. Diese Entwicklung trifft zusammen mit einem vor allem in den grossen Alpenstaaten schon weit fortgeschrittenen Ausbaustand des wirtschaftlich günstigen Wasserkraftpotentials. Daher kann eine Bestandesaufnahme nützlich sein, die sowohl Ueberschau wie eine gewisse Vorausschau erleichtert.

Die grossen Speicherseen und Talsperren haben dabei über ihre energiewirtschaftlichen Aufgaben hinaus eine allgemeinere wasserwirtschaftliche Bedeutung durch die Beeinflussung des Wasserabflusses. Durch ihre Grösse geben sie oft der Landschaft ein verändertes Gesicht; sie finden die Anteilnahme weiterer Kreise und werden zunehmend Ziele für den wachsenden Tourismus, zumal ihr Bau die Erschliessung des Hochgebirges vielfach gefördert hat. So sollen sie hier für sich für den ganzen Alpenraum, in dem sie sich auf sechs Staaten verteilen, in einem zusammenfassenden Ueberblick behandelt werden, auch nach geographisch-landschaftlichen Gesichtspunkten und nicht nur nach energiewirtschaftlichen und technischen.

In diesem Sinne waren früher in der «Wasser- und Energiewirtschaft» Aufsätze über die Speicherseen der Ostalpen (1951, Heft 6/7) und über die Speicherseen der Westalpen (1952, Heft 1/2) erschienen. Als erweiterter und reicher illustrierter Sonderdruck zusammengefasst wurde mit ihnen 1953 in der Verbandschrift Nr. 31 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes «Die Speicherseen der Alpen, Bestand und Planung» erstmalig ein solcher Gesamtüberblick nach dem damaligen Stande gegeben. (Dieser Bericht ist schon seit langem vergriffen). Inzwischen hat sich die Zahl der bis dahin in rd. 50 Jahren entstandenen Speicherseen um gut die Hälfte vermehrt, ihr nutzbarer Stauraum sich sogar mehr als verdoppelt, womit die ausserordentliche Entwicklung in allen Alpenländern für diesen Zeitabschnitt deutlich wird.

In unserem Bericht werden alle nach dem Stand von Ende 1969 in Betrieb oder Bau stehenden Speicherseen in Haupttabellen mit allen wesentlichen zahlenmässigen Angaben erfasst und diese Daten auch in verschiedener Hinsicht statistisch ausgewertet. Dabei wird abgegrenzt nach den bis einschliesslich 1954 vorhandenen und den seit 1955, also in den letzten 15 Jahren neu hinzugekommenen. Damit

wird einerseits der Anschluss an den erwähnten älteren Bericht gewonnen, so dass wir uns — aus Platzgründen geboten — in der Beschreibung im wesentlichen auf die jüngeren Anlagen beschränken können; andererseits ergibt sich ein deutlicher Eindruck der starken Aktivität in diesem letzten Zeitabschnitt mit in vieler Hinsicht aufschlussreichen Vergleichen, z. B. bezüglich Lage der neuen Speicherseen, geographisch, nach Staaten, im Weiterausbau bestehender Werkgruppen, sowie nach Grösse, Höhenlage, Bauaufwand u. a. m.

Im Bericht von 1953 waren in den Tabellen und deren Auswertung nur die in über 500 m Meereshöhe gelegenen Becken enthalten. Wo in den Südalpen wegen der tiefen Lage des Alpenfusses auch tiefergelegene vorhanden sind, waren sie lediglich erwähnt worden. Nunmehr werden systematisch alle Speicherseen einbezogen, die innerhalb des geographisch-geologisch bestimmten Alpengebiets liegen. Bei manchen der damals in Bau oder Vorbereitung angeführten Speicher hat sich später die Ausführung so verzögert, dass sie grösstenteils in den jüngeren Zeitabschnitt fällt. Diese werden daher aus dem alten Bestand in den Zuwachs seit 1955 übertragen. Wegen der langen Bauzeit vieler Grossanlagen, oft auch Teilstau, ist eine zeitlich scharfe Abgrenzung kaum möglich. Einigen Anlagen des alten Bestandes mit Bauzeit über 1954 hinaus stehen jedoch im jüngeren Zeitabschnitt solche gegenüber, deren Bau z. Zt. noch im Gange ist und in Einzelfällen bis 1973 dauert. Dadurch ergibt sich ein im ganzen etwa passender Ausgleich. Schliesslich hat die Ueberprüfung der alten Daten eine Reihe kleinerer Änderungen ergeben: bei manchen Speicherseen sind nachträglich Stauziel (noch während des Baues) oder Absenksziel verändert worden, in anderen Fällen hat der Nutzraum durch seither eingetretene Verlandung etwas abgenommen, z. B. bei Speichern mit grossem Einzugsgebiet in geschiebereichen Flüssen wie etwa bei den Stauseen Sautet/Drac, Castillon/Verdon, aber auch Stauraumzunahmen durch Abschmelzen angestauter Gletscher (z. B. Sabbione/Tocegebiet) kommen vor. Alle derartigen Berichtigungen beim Bestand von 1954 sind auch in diesem angerechnet worden, zumal sie sich in der Summe etwa aufheben. Schliesslich wurden auch einige früher fehlende Kleinanlagen ergänzend aufgenommen. Statt der 1953 angeführten je 100 Seen in den West- und Ostalpen sind es nunmehr 102 und 109 mit einer geringeren Nutzraumsumme als damals. Auch die verschiedenen statistischen Kennzahlen sind demzufolge modifiziert.

2. Allgemeiner Ueberblick

Die Unterteilung der Speicherseen in die der Ost- und Westalpen wird beibehalten und dabei als Grenze wie üblich die Linie Bodensee—Rheintal—Splügenpass—Comersee angenommen. Diese Linie teilt den rd. 1000 km langen Alpenbogen «von Nizza bis Wien» ziemlich genau in der Mitte, doch entfallen von rd. 186 000 km² Gesamtfläche (einschl. der provençalischen Voralpen) rd. 43 % auf die West- und 57 % auf die Ostalpen. Im Bereich der grössten Massenerhebung ist das Gebirge auch am schmalsten (130 km im Profil über den Montblanc). Im Westen und Osten werden 200 bis 220 km Breite erreicht. In den Westalpen ist Kalk und Urgestein

recensés en 1953, il y en a maintenant respectivement 102 et 109 avec une capacité totale inférieure à ce qu'elle était à l'époque. Aussi les différentes données chiffrées ont été modifiées en conséquence.

2. Aperçu général

La distinction entre les bassins d'accumulation des Alpes orientales et ceux des Alpes occidentales est maintenue, en se basant, comme il est d'usage sur la ligne Lac de Constance—Vallée du Rhin—Col de Splügen—Lac de Côme. Cette ligne coupe l'arc alpin, long d'environ 1 000 km, «de Nice à Vienne», assez exactement en son milieu. Cependant, des 186 000 km² de superficie totale — y compris les Préalpes de Provence — environ 43 % font partie des Alpes occidentales et 57 % des Alpes orientales. Dans la région du relief le plus important, le massif y est aussi le moins large (130 km pour la section passant par le Mont-Blanc). A l'ouest et à l'est, on atteint de 200 à 220 km. Dans les Alpes occidentales, le calcaire et la roche primitive sont imbriqués l'un dans l'autre et la configuration géologique y est fort complexe; dans les Alpes orientales, deux zones calcaires enserrent une large bande de roche cristalline. Le desserrement des Alpes orientales se révèle, outre par sa plus grande largeur et son altitude moindre, par l'apparition de larges vallées et bassins, et par les formations typiques de la déclivité orientale. Pour le développement de l'exploitation de l'énergie hydraulique, il fut toujours important que le pied des Alpes sur la bordure sud et incliné d'ouest en est, ne se trouve qu'à des altitudes de 300 à 100 m au-dessus du niveau de la mer, alors qu'au nord, il se trouve de 200 à 500 m plus haut.

Parmi les bassins d'accumulation alpins examinés ici, ne figurent pas les grands lacs régularisés situés en bordure des Alpes, tels que les lacs de Traun, de Zurich, d'Annecy, d'Iseo. Parmi les lacs de retenue, ceux de Forggensee sur le Lech en amont de Rosshaupten, et de Gruyère sur la Sarine au sud de Fribourg, sont situés à la limite. Leur moitié inférieure est déjà située dans la plaine du pourtour alpin, mais en raison de leur taille et de leur importance au point de vue hydrologique, ils comptent encore parmi les bassins d'accumulation des Alpes. Les lacs qui se trouvent dans la vallée du Rhin postérieur et dans celle du Liro, figurent parmi ceux des Alpes orientales, d'autant plus qu'ils sont principalement alimentés par le versant Est de la vallée.

Tous les bassins d'une contenance de retenue de 0,7 millions de m³ et plus, ont été recensés. Alors qu'on pouvait envisager la capacité limite d'un million de m³ et plus, cette limite inférieure fut choisie parce que dans le grand nombre des bassins d'écluse quotidienne, des bassins de compensation et aussi des lacs naturels situés en altitude, il s'est révélé une nette césure dès 0,4 millions de m³. Si, d'autre part, en raison de leur grand nombre actuel, on voulait se limiter aux lacs relativement importants et envisager une limite supérieure avec 2 millions de m³ minimum, 60 lacs n'y figureraient plus; il faut tenir compte du fait que des bassins intermédiaires et relativement petits, sont souvent un maillon important dans des chaînes de barrages échelonnés, et que certains groupes de lacs en altitude comportent des lacs, petits par leur capacité, mais qui jouent un rôle équivalent à celui de lacs plus importants, et que, les passer sous silence, donnerait un aperçu incomplet.

Sur la carte multicolore au 1:1 000 000 jointe figurent tous les bassins d'accumulation. Ceux des Alpes orientales et ceux des Alpes occidentales sont numérotés séparément, et figurent sous ces numéros dans les tableaux synopti-

ques. Le numérotage débute par le Nord, tourne à droite pour les Alpes orientales et se termine au Sud par le Lac de Côme; il commence de même pour les Alpes occidentales, mais tourne à gauche, suit l'arc formé par les Alpes et se termine par le Lac Majeur. De plus, dans les différentes aires fluviales, il part de la source vers l'aval. Les bassins du recensement de 1954, les bassins d'accumulation qui s'y ajoutèrent de 1955 à 1969 ainsi que l'extension de bassins de la période récente, y sont mentionnés.

2.1 BASSINS D'ACCUMULATION EN EXPLOITATION OU EN CONSTRUCTION

Le tableau 1 donne un aperçu d'ensemble sur tous les bassins d'accumulation exploités ou en construction jusqu'à fin 1969, répartis en Alpes occidentales et orientales et selon les pays concernés. De plus les périodes jusqu'à 1954 et de 1955 à 1969 sont différenciées¹. On y relève d'un côté la quote-part numériquement importante des Alpes occidentales avec 61 % environ du volume de retenue utile, et de l'autre, la forte augmentation durant les 15 dernières années au cours desquelles on créa 111 bassins nouveaux et on en agrandit 11 autres dont certains d'une façon considérable. De la nouvelle capacité de retenue, 4 570 millions de m³ proviennent des bassins récents et 958 millions de m³ de l'extension de bassins anciens.

C'est au cours des deux dernières décennies que se place la réalisation de plusieurs vastes ouvrages sur la base de traités internationaux, un témoignage remarquable de la collaboration internationale croissante et franche dans les domaines de l'hydrologie et de l'énergie entre tous les pays de l'aire alpine. Elle va des centrales hydro-électriques exportatrices qui, bien qu'étant situées sur le territoire d'un pays et étant la propriété de celui-ci, sont dimensionnées en fonction des besoins du partenaire étranger (Autriche et Allemagne), jusqu'aux cas intéressants où les eaux provenant d'un pays sont stockées dans un vaste bassin d'accumulation plus favorablement situé dans un pays voisin (Mont-Cenis: France-Italie; Emosson: France-Suisse), et jusqu'au cas encore, où le bassin d'accumulation principal se trouve dans un pays, et les chaînes de centrales hydro-électriques utilisatrices dans un autre (Valle di Lei et Livigno: Italie-Suisse).

La répartition des bassins d'accumulation par bassins de drainage des fleuves alpins est donnée dans le tableau 2.

Deux cents vingt bassins d'une retenue totale d'environ 69 % de la capacité totale de retenue, s'écoulent dans la Méditerranée par le Rhône, le Pô, ou directement. La plus grande partie, en ce qui concerne les bassins versants alpins des fleuves, se répartit en grandeurs à peu près égales pour le Rhin et le Rhône, avec en gros, une «hauteur d'accumulation» de 100 mm, viennent ensuite le Pô avec 75 mm, puis après les fleuves de la Vénétie, le Danube qui n'atteint que 20 % de la hauteur d'accumulation du Rhin et du Rhône.

Le tableau 3 donne un aperçu d'ensemble sur la répartition des bassins d'accumulation d'après leur importance.

Les grands bassins de 10 millions de m³ et plus de retenue, représentent avec seulement 141 lacs (44 %) et leurs 9 743 millions de m³ 94 % de la capacité totale de retenue; les très grands bassins, de 100 millions de m³ et plus représentent avec leurs 28 lacs (9 %) et leurs 5 622 millions

¹) Un certain nombre de rectifications mineures ont été apportées en dernière heure aux tableaux de caractéristiques, mais n'ont plus été prises en compte pour les calculs statistiques dont les résultats globaux n'auraient pratiquement pas été influencés. Le nombre total des bassins passe à 157 dans les Alpes occidentales (Suisse +1) et à 165 dans les Alpes orientales (Italie: —1).



(Photo Geiger, Flims-Waldhaus)

Fig. 2

Der Stausee Sufers (1401 m) der Hinterrhein-Kraftwerke fügt sich gut in das Landschaftsbild des Rheinwalds; rechts das Dorf Sufers, im Hintergrund links Guggernüll und Einshorn

Le bassin d'accumulation de Sufers (1401 m) des usines hydroélectriques du Rhin postérieur, bien incorporé dans le paysage du Rheinwald; à droite le village de Sufers, au fond à gauche les montagnes Guggernüll et Einshorn

ineinander verknetet und der geologische Aufbau sehr kompliziert, in den Ostalpen schliessen zwei Kalkzonen einen breiten Streifen kristalliner Gesteine ein. Die Auflockerung der Ostalpen äussert sich neben der grösseren Breite und geringeren Höhe des Gebirges auch in der Einschaltung breiter Täler und Becken und der Ausbildung einer eigenen östlichen Abdachung. Für die Entwicklung des Wasserkraftausbaues war stets von Bedeutung, dass der Alpenrand am Südfuss, von West nach Ost fallend, bloss etwa 300 bis 100 m über dem Meer liegt, im Norden dagegen 200 bis 500 m höher.

In die hier betrachteten alpinen Speicherseen sind die grossen regulierten Alpenrandseen, wie etwa Traunsee, Zürichsee, Lac d'Annecy, Lago d'Iseo u. a. m. nicht einbezogen. Bei den Speicherbecken nehmen der Forggensee im Lech oberhalb Rosshaupten und der Greizer See in der Saane südlich Fribourg eine Grenzstellung ein. Sie liegen mit etwa ihrer unteren Hälfte bereits im Alpenvorland, wurden jedoch wegen ihrer Grösse und wasserwirtschaftlichen Bedeutung noch zu den Alpenspeichern gerechnet. Seen, die im Hinterrheintal und im Lirotal liegen, sind den Ostalpen zugerechnet, zumal sie überwiegend aus der östlichen Talseite gespeist werden.

Als Speicherseen erfasst wurden alle Becken von 0,7 Mio m³ Nutzraum aufwärts. Gegenüber der sich anbietenden Inhaltsgrenze von 1,0 Mio m³ wurde diese niedrigere gewählt, weil sich in der grossen Zahl der kleinen Tagespeicher, Ausgleichbecken oder auch natürlicher Hochseen, die öfter noch als Fernspeicher herangezogen sind, eine deutliche Grenze bereits bei etwa 0,4 Mio m³ zeigt. Würde man andererseits, um sich bei der heute grossen Gesamtzahl auf die bedeutenderen Seen zu beschränken, eine höhere Grenze anstreben — bei z. B. 2,0 Mio m³ Mindestinhalt fallen 60 Seen heraus — so war zu bedenken, dass kleinere Zwischenbecken oft wichtige Verbindungsglieder in mehrstufigen Ausbausystemen sind, und dass manche Hochseengruppen durchaus gleichberechtigt mit grösseren auch inhaltlich kleine umfassen, deren Unterdrückung ein unvollständiges Bild ergäbe.

In der beigelegten mehrfarbigen Uebersichtskarte des gesamten Alpengebietes im Massstab 1:1 000 000 sind sämtliche Speicherseen eingetragen. Die Seen der Ostalpen und der Westalpen sind für sich fortlaufend numeriert und mit diesen Nummern in den Haupttabellen geführt. Die Numerierung läuft, im Norden beginnend, in den Ostalpen rechts herum und endet im Süden am Comersee, in den Westalpen

desgleichen links herum, den Alpenbogen umkreisend, mit dem Ende am Lago Maggiore. Dabei geht sie in den einzelnen Flussgebieten jeweils vom Quellgebiet talabwärts. Der Bestand bis 1954, die 1955/69 hinzugekommenen Seen und die Erweiterungen bestehender Speicher in der jüngeren Zeitspanne sind gekennzeichnet.

2.1 SPEICHERSEEN IN BETRIEB ODER BAU

Tabelle 1 gibt einen Gesamtüberblick über alle bis Ende 1969 in Betrieb oder Bau stehenden Speicherseen in der Unterteilung auf West- und Ostalpen und die sechs beteiligten Alpenstaaten. Ferner sind die Zeitabschnitte bis 1954 und 1955/69 unterschieden¹⁾. Man erkennt zahlenmässig einerseits den hohen Anteil der Westalpen mit rd. 61 % der Nutzräume, andererseits den hohen Zuwachs in den letzten 15 Jahren, in denen 111 Seen neu entstanden und weitere 11 bestehende z. T. erheblich vergrössert wurden. Vom neuen Gesamtstauraum liegen 4 570 Mio m³ in den jüngeren Seen und 958 Mio m³ in den Erweiterungen bestehender.

In die beiden letzten Jahrzehnte fällt auch das Zustandekommen mehrerer grosser Werke aufgrund internationaler Verträge als bemerkenswerte Zeugen wachsender aufgeschlossener zwischenstaatlicher Zusammenarbeit auf wasser- und energiewirtschaftlichem Gebiet in allen Ländern des Alpenraumes. Sie reicht von Exportkraftwerken, die, wiewohl im Land und Besitz eines Staates, in der Auslegung auf die Bedürfnisse des ausländischen Partners zugeschnitten sind (Oesterreich — Deutschland), bis zu den interessanten Fällen, wo Wasser aus einem Land in einem günstigen Grossspeicher des Nachbarlandes gespeichert wird (Montcenis: Frankreich-Italien, Emosson: Frankreich-Schweiz), und jenen, wo der Hauptspeicher im einen, die ausnutzenden Kraftwerkstufen im anderen Land liegen (Valle di Lei und Livigno: Italien—Schweiz).

Die Verteilung der Alpenspeicher auf die grossen Stromgebiete, die in den Alpen entspringen, enthält Tabelle 2.

Zum Mittelmeer, durch Rhone, Po oder unmittelbar, entwässern 220 Seen mit rd. 69 % des Gesamtstauraums. Der grösste Anteil, bezogen auf die alpinen Einzugsgebiete der Ströme, entfällt etwa gleichstark auf Rhein und Rhone mit

¹⁾ In den Haupttabellen sind einige kleinere Berichtigungen, die erst in jüngster Zeit bekannt wurden, berücksichtigt, jedoch nicht mehr in der statistischen Auswertung, deren Bild sich praktisch nicht ändert. Die Gesamtzahl der Speicherseen beträgt durch Veränderung bei den Kleinspeichern 157 in den Westalpen (Schweiz + 1) und 165 in den Ostalpen (Italien — 1).

Alpine Speicherseen in Betrieb oder Bau
(bis 1954 und Zuwachs 1955/69)

Tabelle 1

		WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN		in % 1954 1969	
		Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³		
SCHWEIZ	bis 1954	40	1471	8	111	48	1582	32,5	34,4
	1955/69	31+3E	1542	6	454	37+3E	1996		
FRANKREICH	bis 1954	29	710	—	—	29	710	14,6	27,2
	1955/69	18+1E	2116	—	—	18+1E	2116		
ITALIEN	bis 1954	33	326	67	1525	100	1851	38,0	25,1
	1955/69	5+1 E	200	29+3E	566	34+4E	766		
DEUTSCHLAND	bis 1954	—	—	4	261	4	261	5,4	3,7
	1955/69	—	—	2	121	2	121		
ÖSTERREICH	bis 1954	—	—	28	454	28	454	9,3	9,5
	1955/69	—	—	20+3E	529	20+3E	529		
JUGOSLAWIEN	1954—69	—	—	2	11	2	11	0,2	0,1
	bis 1954	102	2507	109	2362	211	4869	100 %	—
	1955/69	54+5E	3858	57+6E	1670	111+11 E	5528+		
insgesamt		156	6365	166	4032	322	10397	—	100 %
(Stand 1969/70)							E = Erweiterung bestehender Seen		

Bassins alpins d'accumulation en exploitation ou en construction
(jusqu'en 1954 et augmentation de 1955 à 1969)

Tableau 1

		ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL		pourcentage	
		Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	1954	1969
SUISSE	jusqu'en 1954	40	1471	8	111	48	1582	32,5	34,4
	1955—1969	31 + 3E	1542	6	454	37 + 3E	1996		
FRANCE	jusqu'en 1954	29	710	—	—	29	710	14,6	27,2
	1955—1969	18 + 1E	2116	—	—	18 + 1E	2116		
ITALIE	jusqu'en 1954	33	326	67	1525	100	1851	38,0	25,1
	1955—1969	5 + 1E	200	29 + 3E	566	34 + 4E	766		
ALLEMAGNE	jusqu'en 1954	—	—	4	261	4	261	5,4	3,7
	1955—1969	—	—	2	121	2	121		
AUTRICHE	jusqu'en 1954	—	—	28	454	28	454	9,3	9,5
	1955—1969	—	—	20 + 3E	529	20 + 3E	529		
YUGOSLAVIE	1954 et 1969	—	—	2	11	2	11	0,2	0,1
	jusqu'en 1954	102	2507	109	2362	211	4869	100 %	—
	1955—1969	54 + 5E	3858	57 + 6E	1670	111 + 11E	5528		
Total	Recensement 1969/70	156	6365	166	4032	322	10397	—	100 %

Mio = millions

E = Extension de lacs existants

Répartition des bassins d'accumulation alpins par aires fluviales

Tableau 2

Aires fluviales	ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL	
	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³
Danube jusque Vienne	—	—	38	1293	53	1362
Drau + Sava	—	—	15	69	—	—
Rhin	36	1374	13	472	49	1846
Rhône	53	3892	—	—	53	3892
vers Mer de Ligurie	11	96	—	—	11	96
Pô	56	1003	49	1134	105	2137
vers l'Adriatique	—	—	51	1064	51	1064
Totaux	156	6365	166	4032	322	10397

Nota: Les lacs sont affectés aux bassins fluviaux dans lesquelles leurs eaux s'écoulent.

Répartition des bassins d'accumulation selon l'importance des volumes utiles

Tableau 3

Catégories en Mio m ³	ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL	
	Lacs nombre	Volume utile Mio m ³	Lacs nombre	Volume utile Mio m ³	Lacs nombre	Volume utile Mio m ³
0,7 — 5	60	133	70	160	130	293
5 — 10	24	177	27	184	51	361
10 — 25	23	339	30	488	53	827
25 — 50	15	558	13	523	28	1081
50 — 100	18	1260	14	953	32	2213
100 — 200	10	1393	11	1518	21	2911
plus de 200	6	2505	1	206	7	2711
Totaux	156	6365	166	4032	322	10397

de m³, à eux seuls 54 %. Pour les bassins jusqu'à 200 millions de m³, leur répartition et leur volume total sont pour les Alpes occidentales et les Alpes orientales très comparables quant à leur différentes catégories et à leur nombre. Comme le fait ressortir le tableau 3, la grande avance des Alpes occidentales est due uniquement aux cinq bassins les plus grands, tous situés dans les Alpes occidentales. Ce sont ceux de Serre-Ponçon sur la Durance avec 1030 millions de m³, de la Grande-Dixence avec 400 millions de m³ — barrages qui occupent une place toute particulière en tant que plus grand barrage de rivière pour l'un, et plus grand bassin d'accumulation de haute montagne pour l'autre — puis ceux du Mont-Cenis (321 Mio m³), de Ste-Croix sur le Verdon (300 Mio m³) et de Tignes sur l'Isère (228 Mio m³), soit quatre réalisations françaises et une helvétique.

Pour une part considérable, on utilisa des lacs naturels comme bassins d'accumulation, soit uniquement par des abaissments de cote de retenue (23 dans les Alpes orien-

tales et 14 dans les Alpes occidentales), soit en plus par surélévation de niveau. Il y en a au total 66 dans les Alpes orientales et 64 dans les Alpes occidentales, ce qui représente pour chaque zone environ 40 % de l'ensemble des bassins d'accumulation. Ils renferment 32 % de la capacité de retenue utile des Alpes orientales et 16 % de celle des Alpes occidentales. La plupart figurent sur l'inventaire de 1954. Parmi les nouveaux bassins d'accumulation des années de 1955 à 1969, environ 20 % sont des lacs naturels. Cependant, sur les 11 surélévations de réservoirs existants réalisés à cette époque, 8 concernent des lacs naturels, la plupart avec une importante capacité de retenue.

Les renseignements concernant l'altitude des bassins d'accumulation des Alpes, sont donnés par le tableau 4. Les bassins d'accumulation y sont d'abord classés par tranches d'altitude. Les bassins de haute altitude présentent un intérêt tout particulier. Sont considérés comme tels, les bassins situés à 1500 m et plus. Dans l'inventaire de 1954,

Stromgebiet	WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
Donau bis Wien	—	—	38	1293	53	1362
Drau + Sava	—	—	15	69	—	—
Rhein	36	1374	13	472	49	1846
Rhone	53	3892	—	—	53	3892
z. Ligurischen Meer	11	96	—	—	11	96
Po	56	1003	49	1134	105	2137
z. Adriatischen Meer	—	—	51	1064	51	1064
zusammen	156	6365	166	4032	322	10397

Bemerkung: Die Seen sind den Stromgebieten zugerechnet, in die sie ihr Nutzwasser entsenden.

Verteilung der Speicher nach der Grösse der Nutzräume

Tabelle 3

Grössenklasse Mio m ³	WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
0,7 — 5	60	133	70	160	130	293
5 — 10	24	177	27	184	51	361
10 — 25	23	339	30	488	53	827
25 — 50	15	558	13	523	28	1081
50 — 100	18	1260	14	953	32	2213
100 — 200	10	1393	11	1518	21	2911
über 200	6	2505	1	206	7	2711
zusammen	156	6365	166	4032	322	10397

Höhenlage der Alpenseicher

Tabelle 4

Höhenstufe m ü. M.	WESTALPEN		OSTALPEN		GESAMTE ALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
a) bis 1954						
unter 500	7	69	12	301	19	370
500—1000	20	911	37	1021	57	1932
1000—1500	7	131	8	162	15	293
1500—2000	31	931	31	568	62	1499
2000—2500	35	445	20	293	55	738
über 2500	2	21	1	16	3	37
zusammen	102	2508	109	2361	211	4869
b) insgesamt						
unter 500	15	705	17	384	32	1089
500—1000	28	1982	52	1293	80	3275
1000—1500	10	225	19	361	29	586
1500—2000	55	2405	44	1456	99	3861
2000—2500	45	1024	31	512	76	1536
über 2500	3	24	3	26	6	50
zusammen	156	6365	166	4032	322	10397

rd. 100 mm «Speicherungshöhe», dann folgt der Po mit 75 mm und nach den venetianischen Flüssen an letzter Stelle die Donau, die nur 20 % der Speicherungshöhe des Rhein- und Rhonegebiets erreicht.

Einen Ueberblick über die Grössenverteilung der Speicherseen gibt Tabelle 3.

Die grossen Becken von 10 Mio m³ Nutzraum aufwärts stellen in nur 141 Seen (44 %) mit 9743 Mio m³ 94 % des Gesamtstauraums, die sehr grossen von 100 Mio m³ aufwärts in 28 Seen (9 %) mit 5622 Mio m³ allein 54 %. Bis 200 Mio m³ Einzelgrösse ist die Verteilung und die Inhaltssumme für West- und Ostalpen in den einzelnen Grössenklassen und deren Summe sehr ähnlich. Wie die Aufstellung zeigt, entsteht der grosse Vorsprung der Westalpen

ausschliesslich durch die fünf grössten Speicher des Alpenraums, die alle in den Westalpen liegen. Es sind dies der Durance-Stausee Serre Ponçon mit 1030 Mio m³, die Grande Dixence mit 400 Mio m³, die als grösste Flusstalsperre und grösster Hochgebirgsspeicher eine Sonderstellung einnehmen, sodann Montcenis (321 Mio m³), Ste Croix/Verdon (300 Mio m³), und Tignes/Isère (228 Mio m³), vier französische und eine schweizerische Anlage.

Für die Speicher sind zu einem ansehnlichen Anteil natürliche Seen ausgenutzt worden, teils nur durch Absenkung (23 Seen in den Ost-, 14 in den Westalpen), teils durch zusätzlichen Aufstau. Insgesamt sind es in den Ostalpen 66 Seen und 65 in den Westalpen, also je rd. 40 % aller Speicherseen. Auf sie entfallen 32 % des Nutzraums der Ostalpenspeicher und 16 % desjenigen der Westalpenbecken.

Altitude en m au-dessus du niveau de la mer	ALPES OCCIDENTALES		ALPES ORIENTALES		ALPES AU TOTAL	
	Bassins nombre	Retenue Mio m ³	Bassins nombre	Retenue Mio m ³	Bassins nombre	Retenue Mio m ³
a) en 1954						
moins de 500	7	69	12	301	19	370
500 à 1000	20	911	37	1021	57	1932
1000 à 1500	7	131	8	162	15	293
1500 à 2000	31	931	31	568	62	1499
2000 à 2500	35	445	20	293	55	736
plus de 2500	2	21	1	16	3	37
Total	102	2508	109	2361	211	4869
b) total actuel						
moins de 500	15	705	17	384	32	1089
500 à 1000	28	1982	52	1293	80	3275
1000 à 1500	10	225	19	361	29	586
1500 à 2000	55	2405	44	1456	99	3861
2000 à 2500	45	1024	31	512	76	1536
plus de 2500	3	24	3	26	6	50
Total	155	6365	166	4032	322	10397

Altitude moyenne des bassins d'accumulation alpins

Tableau 5

Aires	INVENTAIRE 1954		AUGMENTATION 1955—69		TOTAL	
	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m
Alpes orientales	109	1175	57 + 6 E	1547	166	1328
Alpes occidentales	102	1434	54 + 5 E	1342	156	1378
Alpes au total	211	1309	111 + 11 E	1404	322	1360

Altitude moyenne des bassins d'accumulation alpins

Tableau 6

Pays	INVENTAIRE 1954		AUGMENTATION 1955—69		TOTAL	Altitude en m	Capacité Mio m ³
	Lacs nombre	Altitude en m	Lacs nombre	Altitude en m			
Suisse	48	1389	37 + 3 E	1862	85	1653	3578
Autriche	28	1487	20 + 3 E	1776	48	1643	983
Italie	100	1270	34 + 4 E	1396	134	1303	2617
France	29	1324	18 + 1 E	922	47	1024	2626
Allemagne	4	788	2	764	6	783	382
Yougoslavie	2	306	—	—	2	306	11

il y en a 120, représentant 47 % de la capacité utile totale. Jusqu'en 1969, leur nombre est passé à 181 bassins représentant 52 % de la capacité totale de retenue. Il convient de noter que ces chiffres subissent la forte incidence du vaste bassin de Serre-Ponçon, figurant dans la catégorie des moins de 1000 m. Si l'on ne tient pas compte de ce dernier, la proportion de la capacité de retenue des bassins de haute altitude atteint alors 58 %, et il apparaît plus nettement que durant la dernière période, la proportion des bassins de haute altitude est restée, quant à leur nombre sensiblement identique, mais qu'elle a sensiblement augmenté quant à leur capacité utile. On peut donc constater une augmentation de l'altitude moyenne des bassins, ce qui ressort encore plus nettement de l'examen du tableau 5, établi en tenant compte des niveaux moyens pondérés. Cela vaut particulièrement pour les Alpes orientales, alors que pour les Alpes occidentales le bassin de retenue de la Durance abaisse sensiblement la moyenne. En conséquence, l'influence des soulèvements tectoniques plus importants des Alpes occidentales, encore sensible dans l'ancien inventaire, n'apparaît presque plus.

Dans le tableau 6, l'altitude moyenne des bassins d'accumulation se trouve en regard des six pays alpins. Elle indique nettement que, durant la période de 1955 à 1969, la

Suisse et l'Autriche ont particulièrement augmenté la capacité de leurs bassins de haute altitude, par contre l'Italie, peu. Pour les bassins français, l'altitude moyenne a même baissé. En ce qui concerne l'Autriche et la Suisse, l'altitude moyenne de leurs bassins est presque la même, cependant pour la Suisse, cela représente une capacité de retenue 3,6 fois plus élevée.

Avec l'aménagement de bassins d'accumulation, on crée, dans une large mesure, des plans d'eau nouveaux. Le tableau 7 donne des indications à ce sujet. Dès avant 1954, on en avait ainsi créé dans les Alpes 145 km² environ. Il faut remarquer que, dans ce calcul, seul entre en considération, pour les lacs naturels, l'accroissement de superficie résultant de la surélévation du niveau. La forte activité de construction des dernières 15 années a plus que doublé la superficie des plans d'eau créés artificiellement, et a porté celle-ci actuellement à environ 300 km².

Les 2/3 de ces nouveaux plans d'eau sont situés dans les Alpes occidentales. En comparaison avec les vastes lacs situés en bordure des Alpes, leurs superficie peut ne pas sembler considérable; elle correspond, par exemple, exactement à celle du Lac Majeur (212 km²) et à celle du Lac de Zurich (88 km²) réunis. Par leur situation en altitude et leur implantation dans des sites splendides de haute-montagne,

Die meisten gehören zum Bestand bis 1954. Unter den neuen Speichern der Jahre 1955/69 sind rd. 20 % Naturseen. Jedoch betreffen von den 11 Erhöhungen bestehender Seen in dieser Zeit allein acht natürliche Seebecken, die meisten mit beträchtlichem Stauraum.

Ueber die Höhenlage der Alpenseicher gibt Tabelle 4 Auskunft. Darin sind die Speicherseen zunächst nach Höhengruppen unterteilt. Von besonderem Interesse sind die Hochseen. Als solche seien die 1500 m ü. M. und darüber gelegenen bezeichnet. Im Bestand bis 1954 sind es 120 Seen mit 47 % des Gesamtnutzraums. Bis 1969 sind sie auf 182 Seen mit 52 % Anteil am Gesamttraum gewachsen. Allerdings wird dieses Bild stark durch den Grossee Serre Ponçon in der Gruppe <1000 m beeinflusst. Bleibt dieser unberücksichtigt, so erreicht der Stauraumanteil der Hochseen 58 % und es wird deutlicher, dass im letzten Zeitabschnitt bei den Hochseen ihr Anteil der Anzahl nach etwa gleich geblieben, im Nutzraum aber fühlbar gewachsen ist. Es ist also eine Zunahme der mittleren Höhenlage der Speicherseen zu verzeichnen, die in der folgenden Tabelle 5 unter Verwendung der Schwerebenen-Höhen der Stauräume noch deutlicher wird. Dies gilt besonders für die Ostalpen, während in den Westalpen der Durance-Stausee den Mittelwert fühlbar drückt. Infolgedessen kommt der im alten Bestand klar ersichtliche Einfluss der grösseren Massenerhebung der Westalpen kaum noch zum Ausdruck.

In Tabelle 6 ist die mittlere Höhenlage der Speicherseen für die sechs Alpenstaaten gegenübergestellt. Sie zeigt deutlich, dass im Zeitraum 1955/69 besonders die Schweiz und Oesterreich den Stauraum in Hochseen erheblich vergrössert haben, Italien nur wenig. Für die französischen Seen ist die mittlere Höhe sogar kleiner geworden. Bei der Schweiz und Oesterreich ist die mittlere Höhe ihrer Speicherseen fast gleich, doch betrifft sie in der Schweiz einen 3,6fach grösseren Nutzraum.

Durch die Anlage der Speicherseen werden in ansehnlichem Mass neue Wasserflächen geschaffen. Darüber gibt Tabelle 7 Auskunft. Bereits bis 1954 waren in den Alpen rd. 145 km² neue Seeflächen entstanden. Dabei ist bei der Benutzung natürlicher Seen nur der Flächenzuwachs gerechnet, der durch Aufstau entsteht. Die starke Bautätigkeit in den letzten 15 Jahren hat die künstlich geschaffenen Seeflächen reichlich verdoppelt auf nunmehr rd. 300 km².

Neue Seeflächen durch Alpenseicher

Seefläche in km²

Tabelle 7

	WESTALPEN	OSTALPEN	GESAMTE ALPEN
Stand 1954	75,6	69,1	144,7
Zuwachs 1955/69	105,6	48,7	154,3
Gesamtbestand	181,2	117,8	299,0

Neue Alpen-Seeflächen in den einzelnen Staaten

Tabelle 8

	STAND 1954 km ²	ZUWACHS 55/69 km ²	GESAMTBESTAND km ²
Frankreich	17,1	76,6	93,7
Schweiz	48,4	36,4*	84,8
Italien	49,2	21,1*	70,3
Deutschland	16,5	8,7	25,2
Oesterreich	11,6	11,5	23,1
Jugoslawien	1,9	—	1,9

* Valle di Lei und Livigno bei Italien eingerechnet

Von den neuen Seeflächen liegen zwei Drittel in den Westalpen. Die Gesamtgrösse mag bei einem Vergleich mit den grossen Alpenrandseen nicht sehr erheblich erscheinen; sie entspricht z. B. gerade der des Lago Maggiore (212 km²) und des Zürichsees (88 km²) zusammen. Für ihre Höhenlage und die Einbettung zum grössten Teil in prachtvollen Hochgebirgslandschaften sind Vergleiche mit bekannten Gebirgsseen anschaulicher. Der jetzige Stand bedeutet für die Ostalpen etwa 28mal die Fläche des Silsersees, 17mal des Achensees oder 14mal des Hallstättersees. Für die Westalpen etwa achtmal die Fläche des Walensees oder siebenmal die des Lac d'Annecy. In den Gebirgslagen wurde dabei zum allergrössten Teil nur unbesiedeltes Land mit unbedeutendem alp- oder forstwirtschaftlichem Nutzwert beansprucht. Die Kennzahlen «Seefläche bezogen auf den gewonnenen Speicherraum» betragen für den Bestand bis 1954 rd. 2,9 ha/Mio m³ in den Ostalpen und 3,0 ha/Mio m³ in den Westalpen. In den Ostalpen ist sie durch den höheren Anteil natürlicher Seen etwas ermässigt. Der jüngste Gesamtstand hat diese Zahlen kaum verändert, für die Ostalpen ist der Wert gleich geblieben, für die Westalpen leicht auf 2,85 ha/Mio m³ gesunken.

Mittlere Höhenlage der Speicherräume in den Alpen

Tabelle 5

Gebiet	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969		INSGESAMT	
	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.
Ostalpen	109	1175	57+ 6 E	1547	166	1328
Westalpen	102	1434	54+ 5 E	1342	156	1378
gesamte Alpen	211	1309	111+11 E	1404	322	1360

Mittlere Höhenlage der Speicherräume in den Alpen

Tabelle 6

Staat	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969		INSGESAMT		
	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Seen Anzahl	mittlere Höhe m ü. M.	Nutzraum Mio m ³
Schweiz	48	1389	37+3 E	1862	85	1653	3578
Oesterreich	28	1487	20+3 E	1776	48	1643	983
Italien	100	1270	34+4 E	1396	134	1303	2617
Frankreich	29	1324	18+1 E	922	47	1024	2826
Deutschland	4	788	2	764	6	783	382
Jugoslawien	2	306	—	—	2	306	11

Nouveaux plans d'eau dus à la création de bassins de retenue

Superficie en km ²		Tableau 7	
	ALPES OCCIDENTALES	ALPES ORIENTALES	ALPES AU TOTAL
jusqu'en 1954	75,6	69,1	144,7
Augmentation 1955—69	105,6	48,7	154,3
Superficie totale	181,2	117,8	299,0

Superficie nouvelle des bassins alpins dans les divers pays

Tableau 8			
Pays	Jusqu'en 1954 en km ²	Augmentation 1955—69 en km ²	Total en km ²
France	17,1	76,6	93,7
Suisse	48,4	36,4*	84,8
Italie	49,2	21,1*	70,3
Allemagne	16,5	8,7	25,2
Autriche	11,6	11,5	23,1
Yougoslavie	1,9	—	1,9

* Les bassins de Val di Lei et de Livigno sont comptés pour l'Italie

la comparaison avec de célèbres lacs de montagne sera plus frappante. En l'état actuel, cette superficie correspond pour les Alpes orientales, à environ 28 fois la superficie du Lac de Sils en Engadine, à 17 fois celle du Lac d'Achen ou à 14 fois celle du lac de Halstatt; pour les Alpes occidentales, à environ 8 fois la superficie du Lac de Walenstadt ou à 7 fois celle du lac d'Annecy. Ce faisant, on n'a utilisé dans les sites de montagne, pour la grande majorité des aménagements, que des étendues inhabitées et d'une valeur économique insignifiante au point de vue de l'élevage et de l'exploitation forestière. L'indice donnant la superficie rapportée au volume utile, s'établit pour l'inventaire de 1954, à environ 2,9 ha par million de m³ dans les Alpes orientales, et de 3,0 ha pour les Alpes occidentales. Cette moyenne est quelque peu réduite dans les Alpes orientales en raison de la plus forte proportion de lacs naturels. Pour le dernier inventaire, ces données ont été à peine modifiées: elle est restée inchangée pour les Alpes orientales et a légèrement baissé à 2,85 ha par million de m³ pour les Alpes occidentales.

Les barrages de grande hauteur, établis dans les vallées glaciaires en U, exigent le minimum de surface, avec des indices allant de 1,5 à 2 ha/million de m³. Pour des hauteurs de retenues plus modérées, ainsi que pour les barrages fluviaux, elle est le plus souvent de l'ordre de 2,5 à 4 ha par million de m³.

Le tableau 8 donne également la répartition des superficies des bassins d'accumulation, par pays. L'augmentation, de loin la plus forte, est à l'actif de la France, augmentation due à plusieurs grands barrages en rivière, en particulier au barrage de Serre-Ponçon déjà évoqué, et, dont la retenue totalise, à elle seule, 28,0 km² de superficie.

Le développement de la capacité de stockage des bassins d'accumulation alpins, donc de la productivité possible des centrales hydro-électriques aménagées en aval, sont mentionnées au tableau 9.

Les réserves énergétiques se sont accrues dans les années 1955 à 1969 non seulement par la mise en service de nouveaux bassins, avec leurs centrales en cascade, mais aussi, pour les bassins figurant sur l'état de 1954, par la construction de nouvelles centrales en aval. Ainsi que l'indiquent les chiffres, la productivité moyenne des bassins nouvellement créés, n'est que très faiblement supérieure à celle des anciens après achèvement complet de leur équipement. La valeur moyenne de la productivité pour l'ensemble des bassins est supérieure d'environ 17 % à celle relevée en 1954. Par suite de la mise en service des grands bassins déjà cités, situés en France, l'avance initiale des Alpes occidentales a diminué et sa productivité n'est plus que faiblement supérieure à la valeur atteinte par les Alpes orientales.

La capacité en énergie a été calculée non seulement pour les bassins échelonnés faisant directement partie d'un complexe, mais aussi pour toutes les centrales existant actuellement plus en aval. Elle comprend donc aussi les chutes des barrages au fil de l'eau, sur le Danube actuellement jusqu'à Ybbs-Persenbeug, sur le Rhin jusqu'à Strasbourg, sur le Rhône jusqu'à la Méditerranée, et si elle dépasse même parfois les chiffres à caractère «national», c'est afin de donner une vue d'ensemble plus complète.

Si l'on établit la relation entre la superficie des bassins d'accumulation et leur capacité en énergie, on obtient une

Potentiel énergétique des bassins d'accumulation alpins

Tableau 9

	ALPES OCCIDENTALES			ALPES ORIENTALES			ALPES AU TOTAL		
	Vu Mrd m ³ 10 ⁹ m ³	E TWh ¹	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³ 10 ⁹ m ³	E TWh	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³ 10 ⁹ m ³	E TWh	e kWh/m ³
Fin 1954	2,51	5,41	2,16	2,36	3,83	1,63	4,87	9,24	1,90
Augmentation due aux nouvelles centrales développées en aval 1955—1969	—	+ 0,56	2,38	—	+ 0,49	1,83	—	1,05	2,12
Nouveaux bassins 1955—1969	3,86	8,77	2,27	1,67	4,08	2,44	5,53	12,85	2,32
Totaux ou moyenne	6,37	14,74	2,32	4,03	8,40	2,08	10,40	23,14	2,23

Vu = Volume utile

TWh = 10⁹ kWh

Volume de la maçonnerie des barrages d'accumulation (en millions de m³)

Tableau 10

	ALPES OCCIDENTALES			ALPES ORIENTALES		
	Murs	Digues		Murs	Digues	
Jusqu'en 1954	13,83	0,79	(0,22)	7,68	5,83	(1,06)
s'y ajoutèrent de 1955 à 1969	18,21	51,82	(7,97)	9,22	17,39	(3,16)
TOTAUX	32,04	52,61	(8,19)	16,90	23,22	(4,22)
dont en béton			40,23			21,12

Den geringsten Flächenbedarf ergeben die hoch aufgestauten Seen in den glazialen Zungenbecken mit Kennwerten von 1,5 bis 2 ha/Mio m³; bei mässigen Stauhöhen sowie bei Flusstalsperren liegt er meist im Bereich von 2,5 bis 4 ha/Mio m³. Tabelle 8 bringt noch die Verteilung der Speichersee-Flächen auf die einzelnen Staaten. Den bei weitem stärksten Zuwachs hat Frankreich zu verzeichnen, erhöht durch mehrere grosse Flusstalsperren, insbesondere die erwähnte Durance-Talsperre Serre Ponçon mit allein 28,0 km² Seefläche.

Die Entwicklung des Energieinhaltes der alpinen Speicherseen, also des Arbeitsvermögens des gespeicherten Wassers in den unterhalb liegenden ausgebauten Kraftwerkstufen enthält Tabelle 9.

Der Energievorrat ist in den Jahren 1955/69 nicht nur durch das Hinzukommen neuer Speicher mit zugehörigen Kraftstufen gewachsen, sondern auch beim alten Bestand durch den Ausbau neuer Unterliegerwerke. Wie die Zahlen zeigen, ist der mittlere «Arbeitswert» für die neuentstandenen Speicherseen nur unwesentlich höher als bei den älteren nach dem jüngsten Stand des Kraftausbaues. Der Mittelwert für alle Speicher ist rd. 17 % höher als für den Stand von 1954. Der frühere Vorsprung der Westalpen ist durch das Hinzukommen der erwähnten grossen Talsperrenwerke in Frankreich gesenkt und nur noch wenig höher als der gestiegene Wert der Ostalpenspeicher.

Der Energieinhalt ist dabei nicht nur für die unmittelbar zugehörigen Speicherstufen gerechnet, sondern für alle unterhalb ausgebauten Kraftwerke nach dem gegenwärtigen Stand. Er umfasst also auch die Fallhöhen in den Flusskraftwerken in der Donau bis z. Zt. Ybbs-Persenbeug, im Rhein bis Strassburg, in der Rhone bis zum Mittelmeer und geht z. T. über die «nationalen» Werte hinaus, um ein einheitliches Gesamtbild zu geben.

Bezieht man den Energieinhalt auf die Seeflächen der Speicher, so gewinnt man einen Kennwert als «kWh-Ernte» von den überstauten Flächen. Unter Hinweis auf Tabelle 7 findet man so als Gesamtmittelwert 770 000 kWh/ha, für die Westalpen 815 000 kWh/ha und für die Ostalpen 715 000 kWh/ha, also keine wesentlichen Unterschiede, wiewohl diese bei den Einzelanlagen eine grössere Spanne umfassen.

Schliesslich sei noch ein Ueberblick über den mit der Schaffung der Speicherräume geleisteten Bauaufwand gegeben. Die wichtigsten Zahlen dazu enthält Tabelle 10.

Es handelt sich um sehr eindrucksvolle Bauleistungen. Die Kubatur der Staumauern hat sich in der Zeitspanne 1955/69 mehr als verdoppelt. Hinzu kommt als besonders bemerkenswert eine ausserordentliche Steigerung im Bau grosser Erd- und Steindämme. Wird deren Schüttmasse zum leichteren Vergleich über den Kostengleichwert angenähert in eine fiktive Betonmenge umgerechnet (Werte in Klammern), so ergibt sich für die Westalpen eine Erhöhung auf das rd. 2,9fache Volumen, für die Ostalpen auf das 2,4fache. Der mittlere Umrechnungsfaktor ist in den Ostalpen grösser, weil hier mehr Dämme mit umfangreicher Untergrunddichtung in tiefverschütteten Talböden vorkommen als in den Westalpen. Die Zunahme der Energieinhalte der neuen Speicherräume betrug dagegen nur das 2,33- bzw. 2,17fache. Man erkennt deutlich, dass trotz neuerzeitlicher massensparender Bauweisen ein erhöhter Massenaufwand erforderlich war. Er ist jedoch nicht zu verwechseln mit einem entsprechend höheren Kostenaufwand, denn bei den vorherrschenden Grossanlagen werden durch den stark mechanisierten Baubetrieb wesentlich wirtschaftlichere Einheitskosten erreicht als bei den früheren kleineren Sperren.

Wird zur Veranschaulichung die Cheopspyramide, als Wahrzeichen einer gewaltigen Massenleistung (2 595 000 m³) gewählt, so ist bis 1954 fast das 9fache ihrer Kubatur in den Alpentalsperren eingebaut worden, in rd. vier Jahrzehnten, denn bis zum ersten Weltkrieg sind bloss 3 % des zugehörigen Stauraums mit verschwindend geringem Bauaufwand geschaffen worden. Auf die Zeitspanne 1955/69 kommt allein die 15fache Masse der Cheopspyramide, d. h. durchschnittlich einmal pro Jahr, ein erstaunlicher Wert, der sogar im Jahrzehnt 1955/64 noch übertroffen wurde.

2.2 GEPLANTE SPEICHERSEEN

Nicht minder von Interesse sind auch die Planungen für weitere Speicherseen, deren Entstehen in absehbarer Zukunft noch erwartet werden kann. Nach dem Stand von 1953 waren in der Verbandschrift Nr. 31 genannt und kurz

Energieinhalt der Alpenspeicher

Tabelle 9

	WESTALPEN			OSTALPEN			GESAMTE ALPEN		
	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³
Bestand 1954	2,51	5,41	2,16	2,36	3,83	1,63	4,87	9,24	1,90
Zuwachs durch neue Unterlieger 1955/1969	—	+ 0,56	2,38	—	+ 0,49	1,83	—	1,05	2,12
neue Seen 1955/1969	3,86	8,77	2,27	1,67	4,08	2,44	5,53	12,85	2,32
zusammen	6,37	14,74	2,32	4,03	8,40	2,08	10,40	23,14	2,23

In = Nutzinhalt

TWh = 1 Mrd. kWh

Baumassen der Sperrbauwerke (Mio m³)

Tabelle 10

	WESTALPEN			OSTALPEN		
	Mauern	Dämme		Mauern	Dämme	
Bestand 1954	13,83	0,79	(0,22) ¹⁾	7,68	5,83	(1,06)
Zuwachs 1955/69	18,21	51,82	(7,97)	9,22	17,39	(3,16)
zusammen	32,04	52,61	(8,19)	16,90	23,22	(4,22)
in Beton			40,23			21,12

¹⁾ Gleichwert in Beton

valeur de la «récolte en kWh» rapportée aux surfaces submergées. En se référant au tableau 7, on trouve ainsi comme valeur moyenne générale 760 000 kWh par ha, soit 785 000 kWh/ha pour les Alpes occidentales et 715 000 kWh/ha pour les Alpes orientales, donc sans différence sensible, bien que la fourchette soit plus grande si l'on compare des complexes pris isolément.

Pour terminer, il nous faut encore donner un aperçu des volumes de maçonnerie mis en œuvre pour construire les barrages d'accumulation. Le tableau 10 donne les renseignements les plus importants à ce sujet.

Il s'agit là de performances très impressionnantes en matière de génie civil.

Le volume de maçonnerie des barrages a plus que doublé durant la période de 1955 à 1969. D'autre part, la construction de digues en terre et en enrochements a pris un essor considérable. Si l'on convertit le volume de remblais de ces digues en un volume fictif de béton de coût équivalent (valeurs indiquées entre parenthèses), il en résulte pour les Alpes occidentales une augmentation de volume d'environ 2,9 fois, et pour les Alpes orientales d'environ 2,4 fois. Le facteur de conversion moyen pour les digues est plus élevé à l'Est qu'à l'Ouest parce qu'on y rencontre davantage de digues implantées dans des vallées fortement alluvionnées et ayant nécessité de volumineux confortatifs pour leur fondation. Par contre, le coefficient d'augmentation du potentiel énergétique des nouveaux bassins n'atteint respectivement que 2,33 et 2,17. On se rend facilement compte que, malgré la mise en œuvre de procédés modernes de construction plus économiques, le volume total de matériaux utilisés a néanmoins augmenté. Mais il ne faut cependant pas confondre ce supplément de matériaux avec un supplément de coût, car, pour les grands aménagements on atteint, en raison de la forte mécanisation du chantier, des prix unitaires sensiblement plus économiques que pour les petits barrages d'autrefois.

Si, pour illustrer les choses, on prend la pyramide de Chéops comme symbole d'un ouvrage d'une masse imposante (2 595 000 m³), on constate que, jusqu'en 1954, on a utilisé presque 9 fois son volume en matériaux pour la construction de barrages alpins au cours d'une période d'environ quatre décennies, car jusqu'à la première guerre mondiale, on n'avait créé que 3 % du volume de retenue grâce à des ouvrages d'un coût pratiquement négligeable. Durant la période de 1955 à 1969, les ouvrages construits représentant, à eux seuls, 15 fois la masse de la pyramide de Chéops, c'est-à-dire en moyenne une fois son volume par année, moyenne qui fut même dépassée au cours de la décennie 1955 à 1964.

2.2 BASSINS D'ACCUMULATION PROJETES

L'intérêt que présentent les projets de construction d'autres bassins d'accumulation dont l'exécution peut être attendue dans un avenir prévisible, n'est pas moindre. L'inventaire de 1953, publié dans la publication No 31 de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, mentionnait et décrivait brièvement: pour les Alpes orientales, environ 90 bassins nouveaux et quelques extensions de bassins existants, avec une capacité de retenue utile d'environ 5,9 millions de m³, pour les Alpes occidentales, environ 50 bassins nouveaux et quelques extensions avec environ 4,9 millions de m³. Leur réalisation multiplierait la capacité de retenue totale, alors de 4,9 millions de m³ environ, par 3,2. Entre-

temps une partie de ces projets a été réalisée. De l'augmentation enregistrée au cours des années 1955-1969 conformément aux projets d'alors, 21 bassins et 3 extensions concernent les Alpes orientales. Conformément à la tendance générale d'utiliser au maximum les bassins d'accumulation rentables, on choisit, dans un certain nombre de cas, des capacités supérieures, tandis qu'on renonçait à aménager de petits bassins complémentaires. C'est ainsi que les 21 bassins nouveaux correspondent à 24 projets de l'époque antérieure. Dans les Alpes occidentales, on réalisa 20 bassins nouveaux sur les 25 projets connus à l'époque, ainsi que 2 extensions. Rétrospectivement, il est intéressant de constater que parmi les aménagements nouveaux de l'époque 1955-1969, il y en avait tout de même 29 dans les Alpes orientales et 30 dans les Alpes occidentales qui, à cette époque, n'étaient pas encore définis, voire même dans quelques cas totalement inconnus. Dans chaque région 13 aménagements concernent des ouvrages de modeste importance; il subsiste néanmoins 16, respectivement 17 aménagements de réservoirs d'accumulation de grande ou moyenne importance issus de projets récents, signe de l'effort constant des ingénieurs pour trouver, dans chaque cas, les solutions les meilleures dans le cadre de l'évolution du progrès technique et des impératifs et besoins économiques dans les domaines de l'hydrologie et de l'hydroélectricité. C'est pourquoi aussi, bon nombre d'autres projets de l'époque antérieure sont dépassés.

On constate donc que toute prévision est toujours entachée d'un certain degré d'incertitude. Celle-ci est, aujourd'hui encore, bien plus difficile à établir, compte tenu de la nouvelle évolution des moyens de production d'électricité, évoquée dans l'introduction. Il en résultera certainement à l'avenir une forte régression dans l'aménagement de bassins d'accumulation par rapport aux deux dernières décennies, mais, en aucun cas — comme on l'entend dire parfois actuellement — elle ne perdra toute son importance. Pour cela, même dans l'optique actuelle les gisements alpins encore inexploités sont encore trop considérables, et offrent, particulièrement dans les Alpes orientales, de précieuses réserves. Au cours de la génération précédente, on a construit, outre les centrales hydroélectriques de haute-chute, un nombre très important de centrales au fil de l'eau à l'intérieur du bassin alpin (l'Inn, l'Enns, la Mur, la Drau, l'Etsch ainsi que l'Aar, l'Isère, la Durance, la Dora Baltea) et sur les fleuves issus de ce bassin: le Rhin, le Danube, le Rhône. Les aménagements de cette nature touchent à leur fin. Mais selon toutes les prévisions, l'importance des bassins d'accumulation alpins, non seulement subsistera, mais croîtra, et dépassant le cadre des différents pays, ils connaîtront une importance et une valeur considérables dans l'économie européenne. Il s'agira à l'avenir bien moins d'assurer des réserves d'énergie d'hiver — puisqu'aussi bien l'Italie et même la Suisse ont passé du régime d'autarcie hydraulique au régime mixte hydraulique/thermique/nucléaire — que de disposer de puissantes centrales de pointe ou de réglage. A l'avenir on modernisera et développera les bassins d'accumulation existants, surtout ceux présentant de fortes chutes concentrées en un même site, de bonnes conditions géologiques pour forer des galeries et puits sous pression, ainsi que des cavernes, bassins dont il existe, particulièrement en Italie, des exemples remarquables, mais on créera aussi de nouveaux bassins d'accumulation de grande dimension. Outre ceux-ci, des bassins relativement petits garderont toute leur importance dans le cadre régional, en tant que compléments à des chaînes de centrales, et il convient de ne pas négliger l'apport en puissance économique dont ils feront bénéficier nombre de



(Werkphoto Vorarlberger Illwerke AG, Bregenz)

Fig. 3

Der aufgestaute Lünensee (1970 m) im Rhätikon

Le bassin aménagé du Lünensee (1970 m) dans le Rhétikon

beschrieben: für die Ostalpen etwa 90 neue Seen und einige Vergrößerungen bestehender mit einem Nutzstauraum von rd. 5,9 Mrd. m³, für die Westalpen etwa 50 neue Seen und einige Erweiterungen mit rd. 4,9 Mrd. m³. Ihre Ausführung würde eine Erhöhung des damaligen Bestandes von rd. 4,9 Mrd. m³ auf das 3,2fache ergeben. Inzwischen ist ein Teil dieser Pläne verwirklicht worden. Vom Zuwachs der Jahre 1955/69 entfallen auf den damaligen Planungsstand in den Ostalpen 21 Seen und 3 Erweiterungen. Entsprechend der allgemeinen Entwicklung, günstige Speichermöglichkeiten hoch auszunützen, sind in einer Reihe von Fällen die Nutzräume grösser gewählt worden, während auf kleinere Ergänzungsbecken verzichtet wurde. So betreffen die 21 neuen Seen 24 damalige Projekte. In den Westalpen sind 20 neue Seen aus dem damals bekannten Planungsstand verwirklicht worden, die 25 Projekte betreffen, sowie zwei Vergrößerungen. Rückschauend ist von Interesse festzustellen, dass von den übrigen Neuanlagen des Zeitraumes 1955/69 immerhin 29 in den Ost- und 30 in den Westalpen damals noch nicht feststanden, in Einzelfällen auch noch nicht bekannt waren. Davon entfallen je 13 auf Kleinanlagen. Doch bleiben 16 mittlere und grössere neue Speicherseen in den Ostalpen und desgleichen 17 in den Westalpen aus Neuplanungen, ein Zeichen für die ständigen Bemühungen der Ingenieure, im Zuge der Entwicklung des technischen Fortschritts und der wasser- und elektrizitätswirtschaftlichen Voraussetzungen und Bedürfnisse die jeweils günstigsten Lösungen zu finden. Dadurch sind auch manche andere der damaligen Projekte überholt.

Insofern haftet Prognosen stets eine gewisse Unsicherheit an. Heute sind sie noch viel schwieriger angesichts der Neuentwicklungen in der Elektrizitätsversorgung, die in der Einleitung erwähnt wurden. Sicherlich wird als Folge daraus der Ausbau neuer Speicherseen künftig viel geringer sein als in den beiden letzten Jahrzehnten, aber er wird keineswegs — wie man heute mitunter hören kann — bedeutungslos werden. Dazu ist der noch nicht gehobene Wasserkraftschatz der Alpen auch aus jüngster Sicht noch zu gross und bietet namentlich in den Ostalpen noch viele wertvolle Reserven. Im zurückliegenden Menschenalter sind neben den alpinen Hochdruckwerken in sehr erheblichem Mass die Laufwasserkraftwerke ausgebaut worden, innerhalb der Alpen (Inn, Enns, Mur, Drau, Etsch sowie Aare, Isère, Durance, Dora Baltea) und an den von ihnen ausgehenden Strömen Rhein, Donau, Rhone. Dieser Ausbau

geht zu Ende. Aber nach aller Voraussicht wird die Bedeutung der alpinen Speicherwerke nicht nur bleiben, sondern wachsen, und über den Rahmen der einzelnen Länder hinaus werden sie in der europäischen Verbundwirtschaft einen erheblichen Rang und Wert haben. Künftig wird es — nachdem die autarke Wasserkraftnutzung nach Italien nunmehr auch in der Schweiz in einen Verbund mit thermischen und Kernkraftwerken übergeht — weniger auf die Bereitstellung von Winterenergie an sich ankommen als auf solche in grossen Spitzen- und Regelkraftwerken. Künftig wird man sowohl an bestehenden Speichern, vor allem solchen mit konzentrierten Gefällen und guten geologischen Bedingungen für Druckstollen, Druckschächte und Kavernen, hohe Leistungen neu ausbauen, wofür es bereits — namentlich in Italien — bemerkenswerte Beispiele gibt, wie auch neue Grossspeicherwerke schaffen. Daneben werden auch kleinere Becken im regionalen Rahmen als Ergänzung bestehender Kraftwerkgruppen ihren Wert behalten, wobei ihre Stärkung der Wirtschaftskraft vieler Alpentalchaften vermehrt zu würdigen sein wird. Schliesslich werden neben der Wasserkraftnutzung auch andere wasserwirtschaftliche Aufgaben, wie Hochwasserschutz, Bewässerung, Trinkwasserbeschaffung mit der wachsenden Besiedlungsdichte an Bedeutung zunehmen und manche Stauseen in tieferen und Randlagen der Alpen entstehen lassen.

Eine Sichtung des jüngeren Planungsbestandes aus dieser Gesamtsicht gibt für die Ostalpen noch günstige Ausbaumöglichkeiten für etwa 50 neue Speicherseen und einzelne Erweiterungen bestehender mit rd. 4,0 Mrd. m³ Nutzraum. Drei Viertel davon liegen in Oesterreich und Jugoslawien, wo wegen des weit weniger fortgeschrittenen Ausbaues als in den anderen Alpenstaaten noch bedeutende Reserven vorhanden sind. Für die Westalpen kommt man auf 20 bis 25 neue Speicher mit rd. 900 bis 1200 Mio m³ Nutzraum, davon etwa die Hälfte in Frankreich.

Eine wachsende Rolle ist von der Pumpspeicherung in Zusammenarbeit mit Pumpstrom liefernden Grundlastwerken, namentlich Kernkraftwerken, ausserhalb der Alpen zu erwarten. Schon jetzt ist das leistungsstärkste Wasserkraftwerk des ganzen Alpenraumes das italienische Pumpspeicherwerk Lago Delio am Lago Maggiore mit rd. 1000 MW. Studien über den günstigen Ausbau solcher Werke werden vielerorts betrieben. So hat jüngst das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft 28 Projekte auf ihre Würdigkeit zum Ausbau als Pumpspeicherwerk untersucht.

3. Die Speicherseen der Ostalpen

Von den 165 Speicherseen der Ostalpen liegen 51 auf der Nordseite des Alpenhauptkammes und 114 auf der flächenmässig grösseren Südseite. Auch vom Zuwachs der Zeitspanne 1955/69 entfallen zwei Drittel auf die Südseite mit ihren grösseren Gefällen, doch weisen die jüngeren Becken der Nordseite rd. 60 % des neugewonnenen Stauraums auf. Von den neuen oder vergrösserten Stauseen der Südseite liegen neun in Oesterreich, 31 in Italien und einer in der Schweiz. Tabelle 11 gibt die Verteilung der Ostalpenspeicher auf Flussgebiete.

Die Höhenverteilung dieser Speicherseen wird in Tabelle 12 gezeigt.

Wegen der tiefen Lage des Alpenfusses auf der Südseite finden wir hier ein Siebtel aller Speicherbecken unterhalb 500 m Meereshöhe, grösstenteils in den Venetianer Alpen. Doch sind 47 % aller Ostalpenspeicher Hochseen über 1500 m ü. A. mit rd. der Hälfte des Gesamtstauraums.

Ähnlich wie bei den Naturseen ist die mittlere Höhenregion schwächer besetzt als die der Talseen und Hochseen.

Die durchschnittliche Höhenlage (Schwerebene) des Wasservorrats aller Speicherseen hat sich auf der Nordseite von 1286 m mit 1657 m für den Zuwachs auf 1496 m Meereshöhe gehoben, auf der Südseite entsprechend von 1123 m mit 1384 m für den hier kleineren Zuwachs auf 1200 m ü. A. Der Speicherraum der Nordseite liegt also i. M. rd. 300 m höher als der der südlichen Ostalpen, obwohl auf der Südseite ein Viertel aller Seen über 2000 m Höhenlage aufweist.

Durch den Aufstau sind in den Ostalpen nunmehr rd. 118 km² neue Wasserflächen entstanden. Seit 1954 sind sie auf der Nordseite von 27,7 km² auf 57,3 km² gewachsen, auf der Südseite von 41,4 km² auf 60,5 km². Auf der Nordseite ist der Zuwachs an Seefläche mit 29,6 km² grösser als mit 19,1 km² im Süden. Für 1 Mio m³ Stauraum waren auf der Nordseite rd. 3,3 ha erforderlich, auf der Südseite 2,7 ha.

vallées alpestres. Enfin, outre l'utilisation de l'énergie hydraulique, d'autres missions telles que la protection contre les inondations, l'irrigation, l'alimentation en eau potable prendront de l'importance avec l'accroissement de la densité de la population et donneront naissance à plus d'un bassin de retenue dans les zones de basse altitude et en bordure des Alpes.

L'examen de la situation actuelle de projets relevant de cet aspect plus général, relève pour les Alpes orientales des perspectives favorables pour la construction d'environ 50 nouveaux bassins d'accumulation et quelques extensions de bassins existants représentant environ 4,0 milliards de m³ de retenue utile. Les 3/4 de ceux-ci se situent en Autriche et en Yougoslavie où, en raison du retard dans les réalisations par rapport aux autres pays alpins, il existe encore d'importantes réserves. En ce qui concerne les Alpes occi-

dentales, on atteint le chiffre de 20 à 25 nouveaux bassins représentant de 900 à 1200 millions de m³ de retenue, dont environ la moitié se situe en France.

Un rôle d'importance croissante semble dévolu à l'accumulation d'énergie par pompage, l'énergie étant fournie par des centrales de base — notamment les centrales nucléaires — situées en dehors de la région des Alpes.

Actuellement déjà, la centrale hydraulique la plus puissante de toute la zone alpine, est l'usine italienne de pompage de Lago Delio sur le Lac majeur, avec une puissance de 1000 MW environ. On effectue partout des études sur la rentabilité de l'implantation de telles centrales. C'est ainsi que tout récemment le Service Fédéral des Eaux a examiné 28 projets, sous l'angle d'une transformation possible en aménagement d'accumulation par pompage en Suisse.

3. Les bassins d'accumulation des alpes orientales

Des 166 bassins d'accumulation des Alpes orientales, 51 sont situés au nord de la crête principale des Alpes, et 115 sur le versant sud des Alpes d'une superficie plus vaste. En ce qui concerne l'accroissement de capacité réalisé entre 1955 et 1969, les 2/3 concernent le versant sud avec ses hauteurs de chute plus fortes, mais les récents bassins du nord représentent cependant environ 60 % de l'augmentation de volume utile. En ce qui concerne les nouveaux bassins ou ceux qui furent agrandis, 9 se trouvent en Autriche, 32 en Italie et un seul en Suisse. Le tableau 11 donne la répartition des bassins d'accumulation des Alpes orientales par aires fluviales.

La répartition en altitude de ces bassins est présentée dans le tableau 12.

En raison de la Situation basse du pied des Alpes sur le versant sud nous y trouvons 1/7 de tous les bassins au-

dessous de 500 m d'altitude, et pour la plupart dans les Alpes de Vénétie. Pourtant 47 % de tous les bassins des Alpes orientales sont situés au-dessus de 1500 m d'altitude et contenant la moitié environ de la capacité totale de retenue. Comme pour les lacs naturels, la zone d'altitude moyenne est moins garnie que celle des lacs de vallée et de haute-montagne.

L'altitude moyenne pondérée (centre de gravité) des retenues de tous les bassins est passée, pour le versant nord, de 1286 m à 1495 m grâce à l'apport des bassins nouveaux situés à la cote moyenne de 1657 m; les cotes correspondantes pour le versant sud passent de 1123 m à 1200 m avec un apport moindre des bassins nouveaux, moins nombreux et situés ici à la cote moyenne de 1384 m. La capacité de retenue du versant nord se trouve donc en moyenne à une altitude supérieure de 300 m environ à celle des Alpes orientales du sud, et ce, bien que, sur ce versant sud, un quart de tous les bassins se trouve à plus de 2000 m. Du fait de ces retenues, il a été créé dans les Alpes orientales 118 km² environ de nouveaux plans d'eau. Depuis 1954, ils sont passés de 27,7 km² à 57,3 km² sur le versant nord, et de 41,4 km² à 60,5 km² sur le versant sud. Pour le versant nord, l'augmentation de surface, soit 29,6 km², est plus importante que celle du versant sud: 19,1 km². Pour un million de m³ de volume de retenue, il fallut sur le versant nord en moyenne 3,3 ha, sur le versant sud 2,7 ha. En ce qui concerne les augmentations des années 1955—1969, ces valeurs sont respectivement de 3,0 ha et 2,8 ha. L'évolution du stockage d'énergie dans les bassins d'accumulation, selon leur situation sur les versants nord ou sud ressort du tableau 13.

Comme le laissaient déjà entrevoir les chiffres donnés pour les lacs d'altitude moyenne, la productivité des bassins d'accumulation, qu'ils soient sur le versant nord ou sur le versant sud, a augmenté, mais davantage au nord qu'au sud, avec, par rapport à 1954, des coefficients respectifs de 1,47 et 1,21. La «récolte en kWh» des superficies submergées du fait des barrages s'élève désormais à 650 000 kWh/ha au nord et 775 000 kWh/ha au sud.

Après cet aperçu statistique, nous allons, par un circuit d'ouest en est, étudier de plus près les différents bassins d'accumulation, en particulier ceux qui furent réalisés au cours des 15 années écoulées. En ce qui concerne l'ensemble des bassins, le lecteur pourra se reporter aux tableaux synoptiques et à la carte.

Répartition des bassins d'accumulation des Alpes orientales par aires fluviales

Tableau 11

Aires fluviales	ETAT DE 1954		AUGMENTATION 1955—1969	
	Bassins nombre	Retenue Mio m ³	Bassins nombre	Retenue Mio m ³
VERSANT NORD				
Rhin	8	139	5 + 2 E	334
Iller, Lech, Isar	4	282	2	121
Inn et Salzach	16	307	10 + 1 E	540
Traun	3	29	—	—
Enns	1	10	1	2
Erlauf	1	2	—	—
	33	769	18 + 3 E	997
VERSANT SUD				
Adda en amont du				
Lac de Côme	16	316	5	197
Brembo et Serio	10	46	—	—
Oglio et Chiese	10	194	3	74
Mincio (avec Sarca)	4	231	1 + 1 E	75
Etsch / Adige	10	347	11 + 2 E	152
Brenta avec Cismon	4	88	2	17
Piave avec Cordevole	9	108	4	66
Meduna avec Livenza	4	157	2	44
Tagliamento	2	71	2	8
Soca / Isonzo	1	6	—	—
Save	1	5	—	—
Drau avec Mur	5	23	9	41
	76	1592	39 + 3 E	674

Verteilung der Ostalpen-Speicher auf Flussgebiete
Tabelle 11

Flussgebiet	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
NORDSEITE				
Rhein	8	139	5+2 E	334
Iller, Lech, Isar	4	282	2	121
Inn mit Salzach	16	307	10+1 E	540
Traun	3	29	—	—
Enns	1	10	1	2
Erlauf	1	2	—	—
	33	769	18+3 E	997
SÜDSEITE				
Adda oberh. L. di Como	16	316	5	197
Brembo u. Serio	10	46	—	—
Oglio mit Chiese	10	194	3	74
Mincio (m. Sarca)	4	231	1+1 E	75
Etsch / Adige	10	347	11+2 E	152
Brenta mit Cison	4	88	2	17
Piave mit Cordevole	9	108	4	66
Meduna mit Livenza	4	157	2	44
Tagliamento	2	71	2	8
Soca (Isonzo)	1	6	—	—
Sava	1	5	—	—
Drau mit Mur	5	23	9	41
	76	1592	39+3 E	674

Für den Zuwachs der Jahre 1955/69 betragen diese Werte rd. 3,0 bzw. 2,8 ha.

Die Entwicklung des Energieinhaltes der Speicherseen unter Gegenüberstellung der Nord- und Südseite ist aus Tabelle 13 ersichtlich.

Wie es schon die Zahlen der mittleren Höhenlage andeuten, haben die «Arbeitswerte» der nördlich wie südlich des Hauptkamms gelegenen Speicherräume zugenommen, im Norden stärker als im Süden, auf das 1,47- bzw. 1,21fache der Werte von 1954. Die «kWh-Ernte» von den überstauten Flächen beträgt nunmehr 650 000 kWh/ha im Norden und 775 000 kWh/ha im Süden.

Nach diesem statistischen Ueberblick wollen wir nun auf einem Rundgang von West nach Ost die einzelnen Seen, vornehmlich die in den letzten 15 Jahren entstandenen, näher kennen lernen. Bezüglich des Gesamtbestandes sei auf die grossen Haupttabellen und die Karte verwiesen.

3.1 SPEICHERSEEN IN DEN NÖRDLICHEN OSTALPEN

Im schweizerischen Rheingebiet bestehen als ältere Anlagen in den zur Albula entwässernden Tälern der Davoser See (4)²⁾, der kleine Heidsee (6) auf der Lenzersheide und im Oberhalbstein der grosse Julia-Stausee Mar morera (5) mit einem 70 m hohen Erddamm, der zur Zeit seiner Erbauung der bedeutendste im Alpenraum war. Jüngst ist noch der Nandöbach zugeleitet und die Leistung des Kraftwerks Tinizong erhöht worden.

Oberhalb Thusis ist der Hinterrhein in den Jahren 1957/62 in einer grossen Dreistufen-Kraftwerkgruppe ausgebaut worden. Mit 534 km² erfasstem Einzugsgebiet bei 1264 m Gesamtfallhöhe, 645 MW Leistung und 1325 GWh hochwertigem Dargebot, davon 57 % Winteranteil, gehört sie zu den

²⁾ Die in Doppelklammern aufgeführten Zahlen beziehen sich auf die Numerierung in der mehrfarbigen Uebersichtskarte der Alpen.

Höhenlage der Ostalpen-Speicherseen

Tabelle 12

Höhenstufe m ü. M.	NORDSEITE		SÜDSEITE		GESAMTE OSTALPEN	
	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³	Seen Anzahl	Nutzraum Mio m ³
a) bis 1954						
unter 500	1	1	11	300	12	301
500—1000	14	413	23	608	37	1021
1000—1500	2	2	6	160	8	162
1500—2000	11	188	20	380	31	568
2000—2500	4	161	16	132	20	293
über 2500	—	—	1	16	1	16
zusammen	32	765	77	1596	109	2361
b) insgesamt						
unter 500	1	1	16	383	17	384
500—1000	19	539	33	754	52	1293
1000—1500	7	83	12	278	19	361
1500—2000	17	937	27	519	44	1456
2000—2500	6	202	25	310	31	512
über 2500	—	—	3	26	3	26
zusammen	50	1762	116	2270	166	4032

Energieinhalt der Ostalpenspeicher

Tabelle 13

	NORDSEITE			SÜDSEITE		
	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd. m ³	E TWh	e kWh/m ³
Bestand 1954	0,76	1,09	1,44	1,60	2,74	1,71
Zuwachs durch neue Unterlieger 1955/1969	—	0,22	1,71	—	0,27	1,89
neue Seen 1955/1969	1,00	2,41	2,42	0,67	1,67	2,06
Total oder Mittel	1,76	3,72	2,11	2,27	4,68	2,06

Niveaux d'altitude en m	VERSANT NORD		VERSANT SUD		ALPES AU TOTAL	
	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³	Lacs nombre	Retenue Mio m ³
a) jusqu'en 1954						
moins de 500 m	1	1	11	300	12	301
500 à 1000	14	413	23	608	37	1021
1000 à 1500	2	2	6	160	8	162
1500 à 2000	11	188	20	380	31	568
2000 à 2500	4	161	16	132	20	293
plus de 2500	—	—	1	16	1	16
Total	32	765	77	1596	109	2361
b) au total						
moins de 500 m	1	1	16	383	17	384
500 à 1000	19	539	33	754	52	1293
1000 à 1500	7	83	12	278	19	361
1500 à 2000	17	937	27	519	44	1456
2000 à 2500	6	202	25	310	31	512
plus de 2500	—	—	3	26	3	26
Totaux	50	1762	116	2270	166	4032

	VERSANT NORD			VERSANT SUD		
	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³
Etat en 1954	0,76	1,09	1,44	1,60	2,74	1,71
Augmentation par nouvelles usines en aval 1955—69	—	0,22	1,71	—	0,27	1,89
Nouveaux bassins 1955—1969	1,00	2,41	2,42	0,67	1,67	2,06
Totaux ou moyenne	1,76	3,72	2,11	2,27	4,68	2,06

3.1 BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES ORIENTALES, VERSANT NORD

Dans le bassin suisse du Rhin, on trouve comme réalisations relativement anciennes, dans les vallées alimentant l'Albula, le Lac de Davos (4),² le petit Heidsee (6)

² Les chiffres publiés entre deux parenthèses se rapportent au nombre du bassin d'accumulation dans la carte multicolore

près de Lenzerheide, et dans l'Oberhalbstein, le grand bassin d'accumulation de Julia-Marmorera (5) avec son barrage en terre d'une hauteur de 70 m, qui, au moment de sa construction, était le plus important de toute l'aire alpine. Le torrent de Nandrò y a été dérivé récemment, et la production de la centrale de Tinizong en a été augmentée.

En amont de Thusis, le Rhin postérieur a été aménagé au cours des années 1957—1962 par la construction d'un



Fig. 4

Stausee Kops (1809 m) am Zeinisjoch; im Hintergrund die Silvretta-Gruppe

Le bassin d'accumulation de Kops (1809 m) au Col de Zeinis entre les bassins du Rhin et du Danube; à l'arrière-plan la Silvretta

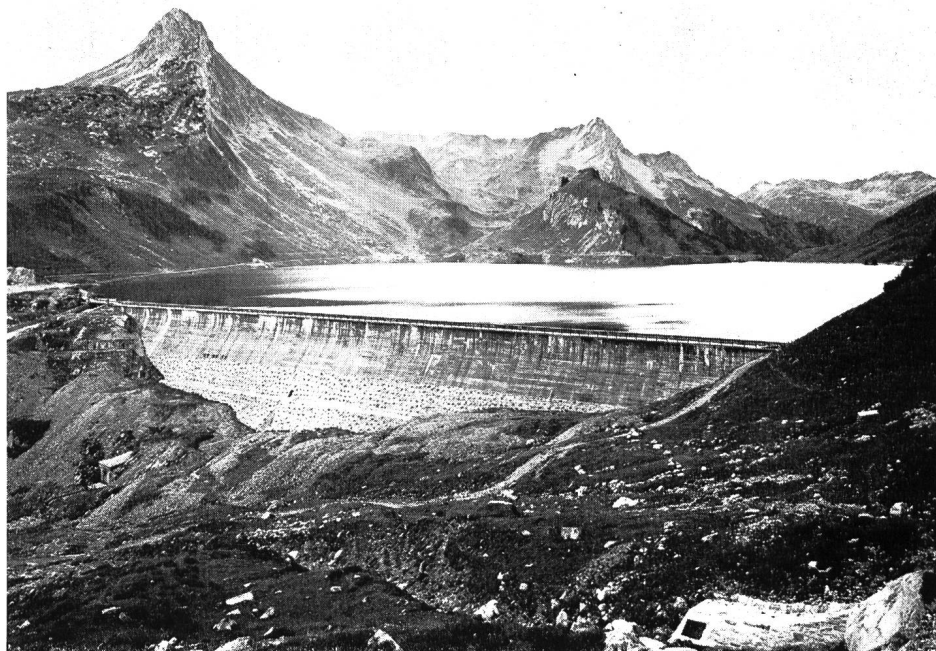
(Werkphoto Vorarlberger Illwerke AG/Bregenz)

Fig. 5

Spullersee (1825 m) gegen Westen, mit Südmauer vor der Erhöhung

Lac de Spullers (1825 m) vue vers l'ouest, avec le barrage sud avant son exhaussement

(Photo W. Wagner/Wien)



wichtigsten der Schweiz. Nach langjährigen Planungen und Verhandlungen konnte sie als internationales Werk mit 20 % italienischem Anteil als schönes Beispiel zwischenstaatlicher Zusammenarbeit verwirklicht werden. Der Hauptspeicher liegt ganz im einsamen, völlig unbesiedelten Hochtal der italienischen Valle di Lei (1). Nur ein schmaler einspringender Streifen für das Absperrbauwerk und die Strassenzufahrt auf der rechten Talseite sind durch Gebietsabtausch schweizerisches Hoheitsgebiet geworden. Der 8 km lange Stausee, 1931 m ü. M. mit 197 Mio m³ Nutzraum, erfasst 137 km² Einzugsgebiet, 46,5 km² natürliches des Reno di Lei, im übrigen aus Beileitungen des Madriser- und Averserrheins. Die Sommerzuflüsse reichen zur Füllung nicht aus, so dass das Kavernenkraftwerk Ferrera der Oberstufe zur Pumpspeicherung (zunächst 42 MW, jüngst erweitert um 37 MW) eingerichtet ist. Das Sperrbauwerk ist eine weitgespannte Bogenmauer, deren ausserordentliches Verhältnis von 143 m Höhe zu 710 m Kronenlänge durch eine elegante Formgebung mit Parabelbögen bewältigt wurde. Planung und Bauausführung sind das Werk italienischer Ingenieure und Baufirmen. Die 4,20 km² grosse Seefläche, die für dieses Gebiet zweifellos einen grossen landschaftlichen Gewinn bedeutet (Fig. 1), übertrifft noch knapp die des berühmten Lej da Segl (Silsersee) im Engadin.

Die Mittelstufe, das Kraftwerk Bärenburg, in der weitere 323 km² erfasst werden, besitzt im Rheinwald den Speichersee Sufer (2), 1401 m ü. M. Seine 58 m hohe Bogenmauer ist am Beginn der romantischen Schluchtstrecke des Hinterrheins bei Crestawald eingefügt. Der 2,5 km lange blaugrüne See mit nur mässiger Spiegelschwankung ist eingebettet zwischen grüne Matten, Wald und helle Kalkberge und bildet einen Schmuck seiner Landschaft, wie die Farbbeilage Fig. 2 bezeugt. Der Unterstufe Sils ist das Ausgleichbecken Bärenburg (3) vorgeschaltet, in enger Schlucht oberhalb des Dorfes Andeer gelegen.

Ebenfalls zum Rhein entwässern die abflussreichen Flüsse Vorarlbergs, wo an der Ill mit Alfenz- und Lutzbach seit langem der Wasserkraftausbau bedeutende Speicherwerke entstehen liess. Im Montafon bietet die Gruppe der Vorarlberger Illwerke, seit 40 Jahren in stetiger Entwicklung, wiederum ein Beispiel — wohl das älteste — fruchtbarer zwischenstaatlicher Zusammenarbeit, sofern man von den

Grenzkraftwerken am Hochrhein zwischen dem Bodensee und Basel absieht. Sie sind als Exportkraftwerke, wiewohl voll in österreichischem Besitz, in besonderem Masse auf die Bedürfnisse des westdeutschen Verbundnetzes als Spit-



Fig. 6 Wertach-Hochwasserspeicher Haslach (Grüntensee, max. 882 m) im bayerischen Allgäu; im Hintergrund Markt Wertach und Grünten (1738 m)

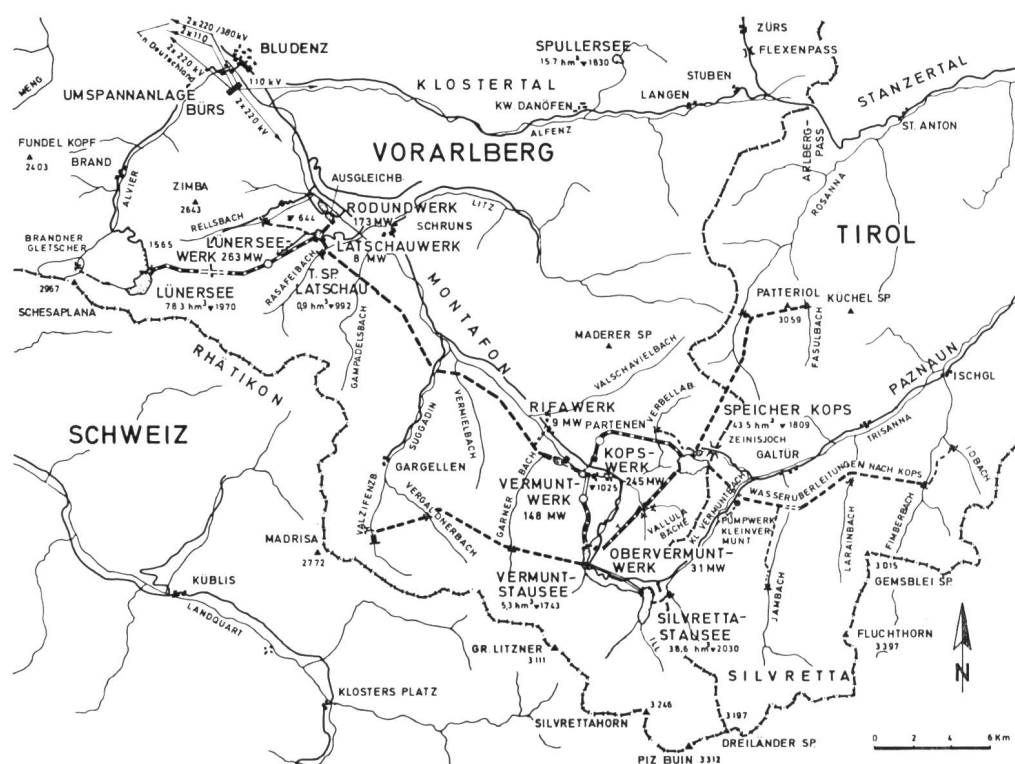
Fig. 6 Bassin de rétention des crues de Haslach sur la Wertach (lac du Grünten, max. 882 m) dans l'Allgäu bavarois; au fond le village de Markt Wertach et la montagne du Grünten (1738 m)

(Photo Sienz/Kempton)

complexe de trois usines en cascade grâce à un bassin versant de 534 km² et une hauteur de chute totale de 1264 m, ce complexe totalise une puissance de 645 MW et assure une production annuelle de 1325 GWh, dont 57 % en hiver, et figure ainsi parmi les plus importants de la Suisse. Après des études et des négociations qui durèrent de nombreuses années, cet ouvrage international put être réalisé avec 20 % d'apport italien; c'est là un bel exemple de la collaboration entre états. Le bassin d'accumulation principal est entièrement situé dans la haute vallée italienne, la Valle di Lei (1), déserte et absolument inhabitée. Seule une étroite langue de terrain nécessaire pour l'ouvrage même du barrage et la route d'accès sur le versant droit, sont devenues territoire helvétique, par voie d'échange de terrains. Le bassin d'accumulation long de 8 km, situé à 1931 m au-dessus du niveau de la mer, avec ses 197 millions de m³ de retenue, est alimenté par un bassin versant de 137 km² dont 46,5 km² du Reno di Lei, le reste dû à l'adduction des eaux du Madriserrhein et de l'Averserrhein. Les apports d'été ne suffisent pas à le remplir, si bien que la centrale souterraine supérieure de Ferrera est aménagée en station de pompage dont la puissance d'origine de 42 MW a été récemment portée à 79 MW. L'ouvrage de retenue est constitué d'un barrage-voûte dont le rapport hauteur/longueur de crête assez impressionnant (143/710 m), a été maîtrisé par une forme en arcs paraboliques d'une belle élégance. Le projet ainsi que la construction sont l'œuvre d'ingénieurs et de firmes italiens. La superficie de 4,20 km² de ce lac de retenue qui sans aucun doute est d'un grand avantage pour le site (voir fig. 1), dépasse de peu celle du célèbre Lej da Segl (Lac de Sils) en Engadine. L'usine intermédiaire de Bärenbourg qui recueille les précipitations d'un nouveau bassin versant de 323 km² comprend dans le Rheinwald le bassin d'accumulation de Sufers (2) à 1401 m d'altitude. Son barrage-voûte, haut de 58 m, est implanté à l'entrée de la partie romantique des gorges du Rhin postérieur, près de Crestawald. Le lac, d'un vert bleuté, d'une longueur

de 2,5 km, et sujet à de faibles marnages seulement, s'étend parmi la verdure des prés et forêts, contrastant avec la teinte claire des roches calcaires, forme un joyau pour le site, ainsi qu'en témoigne la photographie en couleur ci-jointe (fig. 2). En ce qui concerne l'usine inférieure de Sils, on a intercalé en amont le bassin de compensation de Bärenbourg, situé dans une gorge profonde en amont du village de Andeer.

Se jettent également dans le Rhin, les rivières à fort débit du Vorarlberg, où, en bordure de l'III, avec l'Alfenzbach et le Lutzbach, l'exploitation des ressources hydrauliques fit surgir, il y a longtemps déjà, d'importants bassins d'accumulation. Au Montafon, le groupe des centrales de l'III, en développement constant depuis 40 ans, offre à nouveau un exemple — le plus ancien sans doute — de la fructueuse collaboration entre pays, abstraction faite des usines mitoyennes sur le Rhin entre le Lac de Constance et Bâle. Bien que situées entièrement en territoire autrichien, elles sont, comme centrales exportatrices de grande puissance alimentées en partie par un stockage d'énergie de pompage et exploitées particulièrement en fonction des besoins du réseau interconnecté de l'Allemagne fédérale comme usine de pointe ou de réglage. Le plan no 1 en donne un aperçu global. L'ancien aménagement comprenait les bassins d'accumulation de Silvretta (7) et de Vermunt (8) ainsi que la galerie d'amenée, longue de 18,4 km, reliant l'usine de Partenen au réservoir d'écluse journalière de Latschau (10), et à la centrale de Rodund, «le chéneau du Rhätikon». Les lacs de Vermunt et de la Silvretta sont situés sur la route de haute-montagne de Silvretta qui, en tant que voie d'exploitation, fut récemment élargie à deux voies, reliant le Montafon à la vallée tyrolienne de Paznaun. De 1954 à 1958, on réalisa la Centrale du Lünensee avec ses 875 m de chute nette. Le lac naturel du Lünensee (11), qui, autrefois n'était que faiblement utilisé comme simple réserve d'eau, fut transformé en bassin d'accumulation de grande capacité avec 78,3 millions de m³ de volume



Plan Nr. 1

Lageplan der Vorarlberger Illwerke AG

Situation de l'aménagement hydroélectrique des Vorarlberger Illwerke AG



Fig. 7 Isarstausee am Sylvenstein (max. 764 m); Blick taleinwärts auf Deutsche Alpenstrasse und Ortschaft Neu-Fall

Fig. 7 Bassin d'accumulation du Sylvenstein sur l'Isar; vue vers le fond de la vallée, la Route allemande des Alpes et le village de Neu-Fall (Photo Weiss/Lenggries)

zen- und Regelwerke ausgerichtet, mit hohen Leistungen und z. T. mit starkem Pumpspeicheranteil. Plan 1 zeigt deren Lage in einer Uebersicht. Der ältere Ausbau umfasste die Speicherseen Silvretta (7) und Vermunt (8) und den von Partenen talausführenden 18,4 km langen Stollen zum Tagesspeicher Latschau (10) und Kraftwerk Rodund, die «Dachrinne des Rhätikons». Vermunt- und Silvretta-See liegen an der Silvretta-Hochalpenstrasse, die als Werkstrasse in neuzeitlichem zweispurigem Ausbau Montafon und Tiroler Paznauntal verbindet. 1954/58 entstand das Lünenseewerk mit 875 m Nutzfallhöhe. Der natürliche Lünensee (11), früher nur in geringem Mass durch Absenkung als Fernspeicher genutzt, wurde zum Grossspeicher mit 78,3 Mio m³ Nutzraum. Durch eine auf den beiderseits steil abfallenden Seebord aufgesetzte Mauer wurde der frühere höchste Seespiegel um 27 m gehoben (Stauziel 1970 m ü. M.), die See- fläche um 30 % vergrössert. Der natürliche See hat 110 m grösste Tiefe und entwässerte durch Schichtfugen und Klüfte des schmalen Seebordes aus Hauptdolomit, die erfolgreich gedichtet wurden. Das eigene Einzugsgebiet, 12 km² einschliesslich Beileitung vom Brandnerferner, reicht für die Füllung nur zum kleinsten Teil aus, 65 Mio m³ müssen von Latschau hochgepumpt werden. Diesen Wasserbedarf decken allein die Sommerzuflüsse der sieben in den Stollen Partenen-Latschau eingeleiteten Seitenbäche. Pumpstrom steht aus der eigenen Werkgruppe, im übrigen reichlich als Fremdstrom aus dem deutschen Netz, für zusätzlichen Wälz- betrieb zur Verfügung. Die Füllung ist i. a. Mitte August be- endet. Trotz einer gewissen «Technisierung» ist der Lünensee ein landschaftlicher Glanzpunkt geblieben, wie die

Farbbeilage Fig. 3 ausweist. Unterstützt durch eine Seil- bahn und die neuerbaute Douglasshütte des Alpenvereins übt er eine starke Anziehung auf den Touristenverkehr aus.

1962/67 ist als jüngster Grossspeicher der Stausee Kops (9) 1809 m ü. M. auf der gleichnamigen Alp nahe dem Zeinisjoch (Wasserscheide zwischen Rhein- und Do- nauegebiet) entstanden. Bereits 1950/53 waren auf seinen Horizont ausgedehnte Ueberleitungen aus dem Paznauntal, von vier Bächen, die aus der Silvretta zur Trisanna flies- sen, durchgeführt worden. Neuerdings sind weitere von der oberen Rosanna und Fasulbach aus der Schönverwall- Gruppe hinzugekommen, insgesamt aus 154 km² mit 33 km Stollenlänge. Von 672 Mio m³ Jahresbetriebswasser der Werk- gruppe stammen zur Zeit 209 Mio m³ aus dem Inn-Donau- gebiet. Davon speichert das Becken Kops 43,5 Mio m³. Seine glaziale Mulde wird durch eine mächtige Bogenmauer abge- riegelt, die links ein schweres künstliches Widerlager er- forderte. Erschlossen wird der schön gelegene See (Fig. 4) durch eine Verbindungsstrasse zur Silvretta-Hochalpen- strasse oberhalb Galtür. In einem flachen Seitenbecken unterhalb des Gasthauses Zeinis, in das die Ueberleitungen aus dem Rosannagebiet münden, wird durch eine kleine Vorsperre stets ein landschaftlich befriedigender Wasser- spiegel gehalten. Das zugehörige Kavernenkraftwerk Kops (878 m Fallhöhe) ist mit 252 MW wiederum ein hochausge- bautes Spitzenwerk. Zur Zeit verfügt die Werkgruppe Obere III—Lünensee über 767 MW Engpassleistung und 273 MW Aufnahmeleistung der Speicherpumpen, mithin eine Lei- stungsspanne von 1040 MW zur Frequenzregelung, sowie ein Dargebot von 1640 GWh. Wirtschaftliche Grundlage die-

utile. Le verrou rocheux en pente abrupte qui endigue ce lac a été surélevé par un barrage qui a permis de rehausser l'ancien niveau maximum de 27 m (niveau de retenue: 1970 m au-dessus du niveau de la mer), et sa superficie augmenta de 30 %. Le lac naturel d'une profondeur de 110 m maximum, débitait à travers les joints de clivage et les fissures existant dans le verrou naturel constitué essentiellement de dolomite; ces exutoires naturels ont été étanchés avec succès. Son propre bassin versant de 12 km², y compris l'adduction du Brandnerferner, n'assure qu'une faible partie du remplissage; il faut y refouler par pompage 65 millions de m³ provenant de Latschau. Ces besoins en eau sont couverts exclusivement par les apports d'été des sept affluents dérivés dans la galerie de Partenen à Latschau. L'énergie de pompage est prélevée en partie sur la production propre du groupe d'usines même, le complément étant fourni par des importations en provenance du réseau allemand, qui permettent par ailleurs, une revalorisation de l'énergie produite par des cycles de pompage pur. En général, le remplissage est terminé à la mi-août. Malgré ses aménagements techniques, le lac du Lünersee est resté un site merveilleux ainsi que la photographie en couleur fig. 3 en apporte la preuve. Son grand attrait pour le tourisme a été renforcé par la construction d'un téléphérique et du nouveau chalet Douglas du Club Alpin.

Le plus récent bassin d'accumulation de grande retenue est le lac de Kops (9), réalisé de 1962 à 1967 sur l'Alpe du même nom près du Zeinisjoch, sur la ligne de partage des eaux du Rhin et du Danube. Dès 1950 à 1953, on avait dérivé dans ce lac, grâce à un vaste réseau de galeries, le débit de quatre torrents qui se jetaient par la Silvretta dans la Trisanna, dans la vallée de Paznaun. D'autres dérivations, provenant de la Rosanna supérieure et du Fasulbach (groupe du Schönverwall), s'y ajoutèrent récemment recueillant par 33 km de galeries les apports d'un bassin de 154 km². Le volume annuel de 672 millions de m³ nécessaire à l'exploitation des centrales provient pour 209 millions de m³ du bassin du Danube. Le bassin d'accumulation de Kops en emmagasine 43,5 millions de m³. L'étroite gorge glaciaire qui le constitue, est verrouillée par un puissant barrage-voûte qui s'appuie sur la gauche sur une imposante culée artificielle. Ce lac, joliment situé (fig. 4) est accessible par une voie le reliant à la route de haute-montagne de Silvretta en amont de Galtür. Dans un bassin latéral de faible profondeur situé en aval du restaurant Zeinis, et dans lequel débouchent les galeries provenant de la Rosanna, on a créé un plan d'eau fixe s'intégrant assez bien au site, grâce à une petite digue de retenue. La centrale souterraine de Kops qui en fait partie (878 m de hauteur de chute) constitue avec ses 252 MW une usine de pointe d'une technique avancée. Actuellement, le groupe de centrales de l'III supérieur-Lünersee dispose de 767 MW de puissance de pointe qui ajoutée aux 273 MW de pompage donnent un volant de puissance de 1040 MW pour le réglage de la fréquence; sa productivité annuelle atteint 1640 GWh. Des contrats de longue durée pour la fourniture d'énergie conclus avec des Sociétés de Production et Distribution ouest-allemandes, ainsi que de substantielles avances sur consommation participant au financement de l'aménagement ont constitué les bases économiques de cette réalisation grandiose.

Dans la partie supérieure de la vallée du Klostertal, le lac du Spullersee (12), existant depuis 1925, mis en retenue par deux barrages-poids et utilisé comme réservoir pour les centrales de Danöfen et de Braz des Chemins de fer fédéraux autrichiens, a vu sa capacité de retenue augmenter de 2,6 millions de m³ grâce à un rehaussement de

4,6 m du niveau de retenue (fig. 5). Pour cela on a tout simplement surélevé le couronnement du barrage par un mur de béton de même épaisseur; le surcroît de pression hydrostatique est absorbé par des câbles d'acier prétendus et ancrés dans les fondations de l'ouvrage. Dans la vallée du Grand Walsertal, drainée par le Lutzbach, on a réalisé dans les gorges en aval de Garsella, le bassin d'accumulation de Raggal (13) étroit et long de 2,4 km, comme réservoir d'écluse hebdomadaire pour l'alimentation d'un groupement de deux centrales en cascade (28 MW, 110 GWh).

Au total on dispose désormais dans le bassin rhénan des Alpes orientales d'une capacité de retenue de 472 millions de m³, qui fournit un précieux appoint d'eau d'hiver pour la chaîne d'usines au fil de l'eau sur le Rhin lui-même, laquelle s'est considérablement développée au cours des 15 années écoulées: 19 m de hauteur de chute pour le Rhin dans l'aire alpine, 97 m en 11 biefs sur le Rhin supérieur entre le lac de Constance et Bâle, et 104 m pour les huit ouvrages français du Grand Canal d'Alsace jusqu'à Strasbourg.

Dans le bassin supérieur du Danube, il faut d'abord citer dans les Alpes allemandes, les bassins d'accumulation sur l'Iller, le Lech et l'Isar. Aux quelques lacs de retenue anciens — le petit Schrecksee (14) dans l'Allgäu, le grand Forggensee (17) sur le Lech avec ses 149 millions de m³ de volume utile, dont 15 sont réservés pour la protection contre les crues, et le Walchensee (20) avec sa centrale de Kochel encore importante de nos jours (114 MW) ainsi que les centrales d'Obernach et de Niedernach turbinant les adductions provenant de l'Isar et du Rissbach — se sont ajoutées deux nouvelles et belles réalisations. En raison de la faible hauteur de chute due à l'altitude élevée du pied des Alpes en cette région (de 600 à 800 m au-dessus du niveau de la mer), l'exploitation des ressources hydrauliques n'y joue qu'un rôle secondaire. Par contre, en cette région en bordure des Alpes soumise à de fortes précipitations atmosphériques, la protection contre les crues revêt une importance particulière. Dans les contreforts des Alpes de l'Allgäu, sur la Wertach supérieure à l'ouest de Nesselwang, se trouve le bassin d'accumulation du Grüntensee (15). En amont de la section de rivière profondément encaissée, près de Haslach, un élargissement de vallée drainant un bassin versant de 89 km² a été barrée par une digue en terre. Lorsqu'il est rempli, il retient 16 millions de m³; cependant, durant les mois où les crues sont à craindre, c'est-à-dire de mai jusqu'au début septembre, la capacité correspondant aux 7 m supérieurs, soit 11 millions de m³, est maintenue en creux de sécurité (fig. 6). En raison de sa situation pittoresque, le lac permanent est néanmoins devenu un pôle d'attraction pour les estivants de Nesselwang et de Markt Wertach. Dans la vallée de l'Isar fut créé en 1955—1958, dans un coude isolé de l'Isar, le bassin d'accumulation du Sylvenstein (19) qui tient son nom du lieu d'implantation du barrage, une étroite ouverture dans le solide roc de dolomite où cependant, en fond de vallée, la roche compacte est recouverte d'une couche d'alluvions de près de 100 m d'épaisseur. Au sujet de cette section de vallée, on a longtemps discuté de divers projets, parfois très ambitieux et vastes³; tenant compte des difficultés de fondations, des intérêts sylvicoles et du tracé des routes, on s'est finalement contenté d'une hauteur de retenue de 40 m, afin de répondre aux seules nécessités d'aménagement hydraulique les plus urgentes: c'est-à-dire, la protection contre les crues et l'amélioration importante du régime d'étiage. Parmi les 1155 km²

³ voir Bassins d'accumulation 1953 page 26



(Werkphoto Tiroler Wasserkraftwerke AG, Innsbruck)

Fig. 9

Staudamm und Stausee Gepatsch (1767 m) im Kaunertal; im Hintergrund die Weisseespitze (3532 m)

Barrage et bassin d'accumulation du Gepatsch (1767 m) dans la vallée de Kauns, vallée latérale de l'Inn au Tyrol; au fond Weisseespitze (3532 m)



Fig. 8 Grenzgebiet Schweiz/Italien mit Talsperre Punt dal Gall, rittlings auf der Grenze, und Stausee Livigno (1805 m) — grösstenteils in Italien gelegen — der Engadiner Kraftwerke; im Hintergrund links der Speichersee San Giacomo di Fraële (1949 m) der Azienda Elettrica Municipale di Milano, im Vordergrund Spöltal und Grenzzone des Schweizerischen Nationalparks am Ofenberg

Fig. 8 Région de frontière Suisse/Italie avec le barrage de Punt dal Gall et bassin d'accumulation de Livigno (1805 m) — situé en majeure partie en Italie — des usines hydroélectriques de l'Engadine; au fond à gauche le bassin d'accumulation de San Giacomo di Fraële (1949 m) des Entreprises électriques de la ville de Milan, au premier plan la vallée du Spöl et partie du Parc National Suisse dans la région du Col «Pass dal Fuorn» (Photo Swissair-Photo AG/Zürich)

ses grosszügigen Ausbaues sind langfristige Stromlieferungsverträge mit westdeutschen Energieversorgungsunternehmen und zur Baufinanzierung geleistete Stromvorauszahlungen.

Im oberen Klostertal wurde der seit 1925 bestehende, durch zwei Gewichtsmauern aufgestaute Spullersee (12) als Speicher der Kraftwerke Danöfen und Braz der Oesterreichischen Bundesbahnen durch eine Stauzielerhöhung von 4,6 m um 2,6 Mio m³ Nutzraum vergrössert (Fig. 5). Die Mauern sind dabei lediglich in Kronenbreite aufbetoniert worden; den erhöhten Wasserdruck nehmen vorgespannte Stahlkabel auf, die durch Bohrlöcher in der Mauer im Untergrund verankert sind. In dem vom Lutzbach durchflossenen Grossen Walsertal ist als Wochenspeicher eines Zweistufenausbaues (28 MW, 110 GWh) in der Schluchtstrecke unterhalb Garsella der 2,4 km lange schmale Speichersee Raggal (13) entstanden.

Insgesamt bestehen im Rheingebiet der Ostalpen nunmehr 472 Mio m³ Speicherraum und leisten einen entsprechenden Zuschuss an Winterwasser für die in den letzten

15 Jahren erheblich gewachsene Kette der Laufkraftwerke im Rhein selbst: 19 m Fallhöhe im Alpenrhein, 97 m in elf Stufen am Hochrhein zwischen dem Bodensee und Basel und 104 m in den acht französischen Werken des Grand Canal d'Alsace am Oberrhein bis Strassburg.

Im oberen Donaugebiet sind zunächst die Speicherseen in den deutschen Alpen an Iller, Lech und Isar zu nennen. Zu den wenigen älteren — dem kleinen Schrecksee (14) im Allgäu, dem Lechspeicher Forggensee (17) mit 149 Mio m³ Nutzraum, davon 15 Mio m³ für Hochwasserschutz, und dem Walchensee (20) mit dem auch heute noch bedeutenden Walchenseekraftwerk Kochel (114 MW) sowie den die Beileitungen von Isar und Rissbach nutzenden Werken Oberrach und Niederrach — sind zwei schöne Neuanlagen hinzugekommen. Bei nur geringen Fallhöhen, ungünstig beeinflusst durch die hohe Lage des Alpenfusses in diesem Gebiet (600 bis 800 m ü. M.), spielt die Wasserkraftnutzung nur eine untergeordnete Rolle. Dagegen hat der Hochwasserschutz im stark überregneten Alpenrandgebiet erhebliche Bedeutung. In den Vorbergen der All-

que compte son bassin versant, les débits issus des 217 km² de la Dürbach et du Walchen regagnent l'Inn après turbinage par la centrale de l'Achensee; l'exutoire des 708 km² de l'Isar supérieure et du Rissbach rejoint la Loisach en passant par le lac de Walchensee avec un débit allant jusqu'à 37 m³/s, tandis que le risque de crue subsiste à peine atténué dans la vallée de l'Isar. Le bassin du Sylvenstein offre une capacité utile de 105 millions de m³, dont 70 millions de m³ en été et 52 en hiver constituant les creux de réserve pour absorber les crues. L'étanchéité des fondations du barrage a été obtenue par l'injection de plusieurs écrans pour lesquels on a utilisé 40 000 m³ d'un mélange d'argile et de gel colloïdal résistant à l'érosion, un procédé moderne de construction que l'on retrouve dans d'autres grands barrages alpins. Le lac de retenue a environ 5 km de long et comporte deux baies longues chacune de 2 km environ au confluent des vallées de la Dürbach et du Walchen (fig. 7). Sur 9 km, la rive du bassin est parallèle à la route allemande des Alpes. Le tracé de celle-ci a été étudié en étroite liaison avec le projet du bassin d'accumulation; elle longe le lac de retenue, le franchit sur le pont en courbe de Fallerklamm, et, passant sur la crête du barrage, traverse la vallée romantique du Walchen. Dans cette région, elle forme une route de ceinture entre le lac de Tegernsee, le lac d'Achensee (18) au Tyrol et le bassin d'accumulation du Sylvenstein, et compte parmi les routes les plus impressionnantes de la Bavière.

La vallée longitudinale de l'Inn offre, surtout parmi ses

Fig. 10 Stausee Durlassboden (1405 m) gegen Gerlosplatte; im Hintergrund Kleefelder Kopf (2786 m) über dem Krimmler Tal

Fig. 10 Bassin d'accumulation du Durlassboden (1405 m), vue sur la Gerlosplatte; au fond le Kleefelder-Kopf (2786 m) dominant la vallée de Krimml

(Werkphoto Tauernkraftwerke AG/Salzburg)



vallées transversales méridionales issues de la crête principale des Alpes et de forte déclivité, une quantité de bonnes possibilités pour la création de bassins d'accumulation. Une longue période s'est écoulée à étudier de nombreux projets et à essayer de les réaliser; au cours de la dernière décennie cependant, on put réaliser trois aménagements importants en Engadine et au Tyrol. Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer dans l'aperçu général de l'introduction, ceci est dû, dans une large mesure, à une franche collaboration entre états.

L'historique de la grandiose réalisation des centrales de l'Engadine remonte à plus de 50 ans. Plusieurs circonstances la rendirent particulièrement difficile: le seul emplacement favorable pour le bassin d'accumulation se trouvait dans la vallée de Livigno, en territoire italien; il fallait toucher le moins possible au Parc National Helvétique, et il convenait de tenir compte des sources d'eau minérale de la région de Tarasp. Outre cela, il y avait à tenir compte des intérêts de l'Italie pour l'utilisation des eaux du Spöl, dont 247 km² de bassin versant sont en territoire italien et qu'on peut utiliser en majeure partie après déviation vers le sud par les fortes déclivités des vallées de l'etsch (l'Adige) et de l'Adda. Il n'est pas possible ici, même sous forme schématique, d'exposer le remarquable développement de ce projet aujourd'hui réalisé; que l'on veuille bien se reporter à la bibliographie indiquée. Cela exigea un énorme travail tant sur le plan technique et économique que sous l'angle du respect des impératifs de la protection de la nature, ainsi que dans des domaines politique et diplomatique, avant que la décision de construire puisse être prise en automne 1962.

Le plan no 2 donne le plan d'ensemble des régions concernées. Le premier aménagement achevé à l'heure actuelle concerne la chute de S-chanf-Pradella, d'une hauteur de 500 m sur l'Inn, alimenté par un bassin versant de 1116 km², comportant le bassin d'accumulation du Spöl du palier supérieur. A l'intersection de la galerie de l'Inn, longue de 33,4 km, avec la vallée du Spöl, se trouve intercalé le lac de retenue d'Ovaspin (25) jouant le rôle de bassin de compensation d'un volume de 6,5 millions de m³ grâce à une tranche utile de 30 m. Le lac étroit, d'une longueur de 3,6 km, situé dans une gorge sauvage inaccessible, se trouve avec sa moitié extérieure en bordure du Parc National, et à l'intérieur de celui-ci avec son autre moitié. De ce fait la route d'accès et les installations du chantier purent être édifiées en dehors du domaine protégé. Compte tenu du Parc National, on renonça à un droit ancien des communes intéressées à la concession, qui prévoyait d'aménager le lac de Praspöl, d'un volume utile de 28 millions de m³, avec un niveau de retenue supérieur de 38 m, mais dont la limite du remous aurait été repoussée presque jusqu'à la frontière du pays.

Le réservoir principal est le lac de retenue de Livigno (24), qui, grâce à la cote maximale fixée à 1805 m, retient un volume utile de 164 millions de m³. Bien qu'une cote de retenue supérieure de 3 m et donnant un accroissement de volume de 16 millions de m³ ait été primitivement décidée dans la convention conclue entre les Etats italien et helvétique, on se contenta de ce niveau plus faible en raison de l'altitude de la localité de Santa Maria di Livigno. Le bassin de retenue se trouve presque entièrement en territoire italien. Dans la partie inférieure du Val del Gallo, seule la rive droite est suisse. En conséquence le grand barrage-voûte de Punt dal Gall se trouve avec sa partie droite en Suisse, et sa partie gauche en Italie, en dehors du Parc National, mais non loin de sa limite. Le lac, relativement étroit, s'étend sur une longueur de 9,5 km dans la

Fig. 11

Stillupp-Speicher (1120 m) der
Zemmkraftwerke im Zillertal

Bassin d'accumulation de
Stillup (1120 m) alimentant les
usines hydroélectriques
de Zemm, au fond du Zillertal

(Werkphoto Tauernkraft-
werke AG/Salzburg)



gäuer Alpen liegt in der oberen Wertach westlich von Nesselwang der Speicher Grüntensee (15). Oberhalb der schluchtartigen Flussstrecke bei Haslach wird ein flaches Talbecken mit 89 km² Einzugsgebiet durch einen Erddamm abgeriegelt. Bei Vollstau fasst es 16 Mio m³, jedoch werden während der hochwassergefährlichen Monate Mai bis Anfang September die oberen 7 m entsprechend rd. 11 Mio m³ Schutzraum freigehalten (Fig. 6). Gleichwohl ist auch der malerisch gelegene Dauersee für die Sommerfrischen Nesselwang und Markt Wertach ein Anziehungspunkt geworden.

Im Isartal ist 1955/58 im einsamen Isarwinkel der Sylvenstein-Stausee (19) entstanden, benannt nach seiner Sperrstelle, einem engen Felsentor im festen Dolomit, in dem jedoch in der Talsohle der Fels fast 100 m von Lockermassen überdeckt ist. Für diese Talstrecke sind lange Zeit verschiedene, zum Teil sehr grosszügige und weitgehende Pläne diskutiert worden³); mit Rücksicht auf die schwierigen Gründungsbedingungen, auf Waldbestand und Strassenführung hat man sich mit 40 m Stauhöhe und Erfüllung der vordringlichsten wasserwirtschaftlichen Aufgaben begnügt. Diese bestehen im Hochwasserschutz und in einer wesentlichen Verbesserung des Niedrigwassers. Vom 1155 km² grossen Einzugsgebiet wird der Abfluss aus 217 km² Dürrach- und Walchengebiet über das Achenseekraftwerk zum Inn abgearbeitet, aus weiteren 708 km² der oberen Isar und des Rissbaches gehen bis 37 m³/s über den Walchensee zur Loisach, während die Hochwassergefahr nur wenig gemindert dem Isartal bleibt. Der Sylvensteinsee bietet einen Nutzraum von 105 Mio m³, davon sind 70 Mio m³ im Sommer, 52 Mio m³ im Winter als Hochwasserschutzraum vorgesehen. Die Untergrunddichtung des Absperrdammes wurde durch eine mehrreihige Einpressschürze bewirkt, in der 40 000 m³ erosionsbeständiges Ton-Gel-Gemisch verpresst worden sind, ein neuzeitliches Bauverfahren, das sich noch bei anderen grossen Staudämmen im Alpenraum findet. Der Stausee ist rd. 5 km lang, mit zwei je rd. 2 km langen Buchten in den Mündungen des Dürrach- und des Walchentales (Fig. 7). Die Seeufer begleitet auf 9 km die Deutsche Alpenstrasse. Ihre Trassierung ist im Zusammenhang mit dem Stauseeprojekt vorgenommen worden; sie verläuft längs des Stausees, diesen auf der im

Grundriss geschwungenen Fallerklamm-Brücke kreuzend, über den Staudamm durch das romantische Walchental. Sie stellt in diesem Bereich eine Ringverbindung zwischen Tegernsee, Achensee (18) in Tirol und Sylvenstein-Speichersee dar und zählt zu den eindrucksvollsten Strassen Bayerns.

Das Längstal des Inn bietet, vor allem in seinen südlichen vom Alpenhauptkamm ausgehenden gefällreichen Quertälern, eine Anzahl guter Möglichkeiten für grosse Speicherwerke. Eine lange Zeit ist über vielfältigen Planungen und Bemühungen um ihre Verwirklichung vergangen, doch konnten im letzten Jahrzehnt im Engadin und in Tirol drei bedeutende Anlagen ausgeführt werden. Wie in der einleitenden Uebersicht bereits vermerkt, ist dies weitgehend einer aufgeschlossenen zwischenstaatlichen Zusammenarbeit zu verdanken.

Die Geschichte eines grosszügigen Ausbaues der Engadiner Kraftwerke reicht mehr als 50 Jahre zurück. Sie war durch mehrere Umstände besonders erschwert: der einzige geeignete Grossspeicher lag im Livignotal auf italienischem Staatsgebiet, der schweizerische Nationalpark durfte nur so wenig wie eben möglich tangiert werden, und auf die Mineralquellen im Raum Tarasp war Rücksicht zu nehmen. Hinzu kamen italienische Interessen an der Nutzung des Spölwassers aus dessen 247 km² grossem italienischen Einzugsgebiet, umgeleitet über die hohen Gefälle im Etsch- und Addatal nach Süden. Die denkwürdige Entwicklung des heute ausgeführten Projekts auch nur in knappster Form zu skizzieren, ist hier nicht möglich; dazu sei auf das angegebene Schrifttum verwiesen. Eine gewaltige Arbeit, in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht, in den Belangen des Landschaftsschutzes, auf politischer und diplomatischer Ebene ist geleistet worden, ehe der Baubeschluss im Herbst 1962 gefasst werden konnte.

Die Uebersicht der beeinflussten Gebiete zeigt Plan 2. Der jetzige erste Ausbau betrifft die 500 m-Innstufe S-chanf-Pradella, die 1116 km² nutzbares Einzugsgebiet erfasst, und das Spöl-Speicherwerk als Oberstufe. An der Kreuzung des 33,4 km langen Innstollens mit dem Spöltal ist das Stau-becken Ova Spin (25) als Ausgleichspeicher mit 6,5 Mio m³ Nutzraum und 30 m Spiegelschwankung eingeschoben. Der schmale, 3,6 km lange See in der wilden unweg-

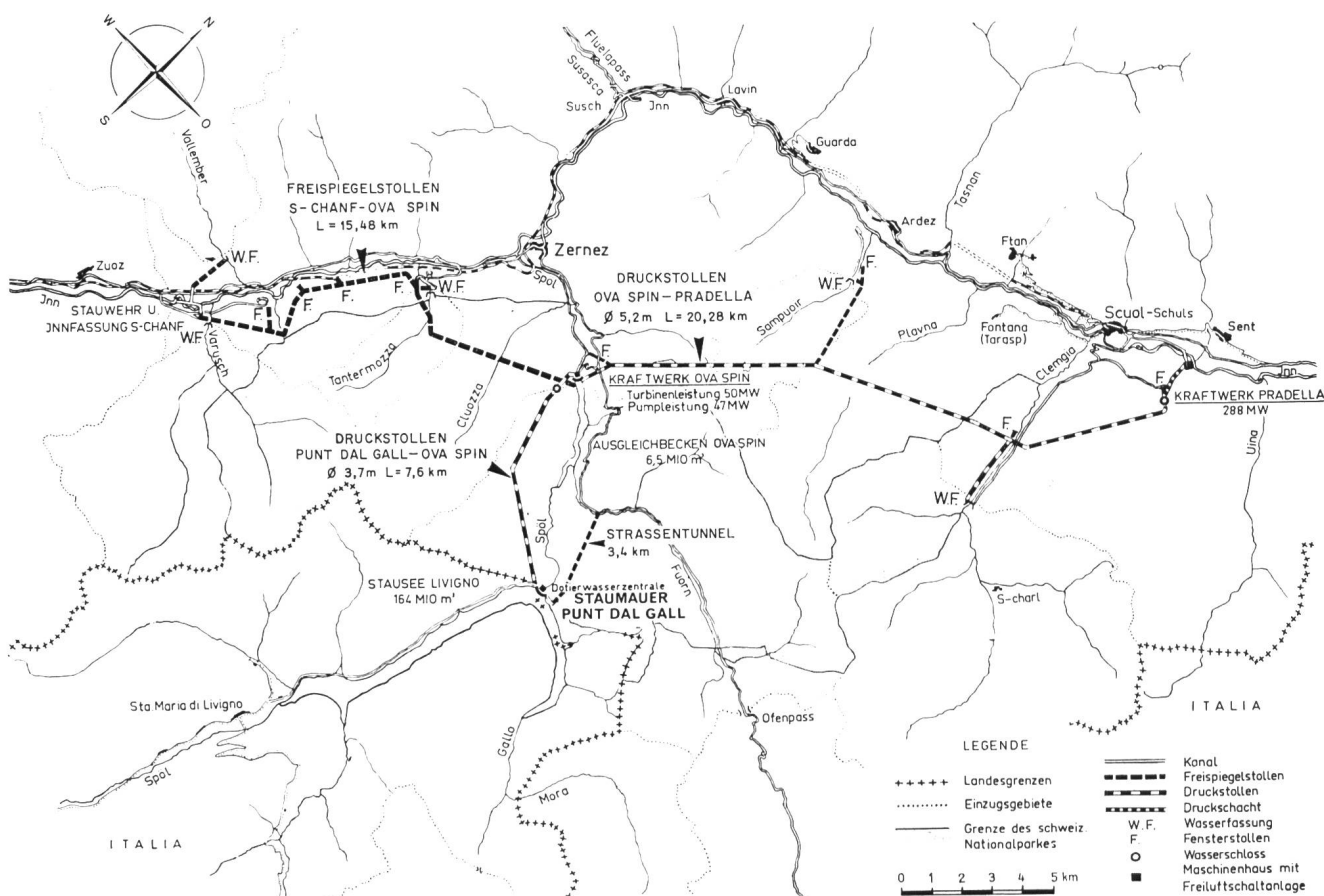
³ vergl. Speicherseen der Alpen 1953, S. 26

vallée de Livigno jusqu'alors déserte, inhabitée et bordée sur une grande distance de pins de montagne, et s'enfonce encore de 4,8 km dans la vallée du Gallo. Sa superficie de 4,8 km², dépasse celle du bassin de la Valle di Lei. Du côté suisse, le barrage et le lac sont accessibles par un tunnel routier de 3,4 km qui, partant de la route du Col d'Ofen passe sous le Parc National. Dans la vallée principale, une nouvelle route, construite sur la rive, longe le lac par sa gauche jusqu'à Santa Maria di Livigno, qui fut prolongée récemment avec une route à travers la Forcola di Livigno jusqu'à la route du Col de la Bernina.

En contrepartie de l'autorisation accordée pour l'aménagement du Spöl, l'Italie s'est réservé le droit contractuel de dériver un volume moyen annuel de 90 millions de m³, provenant des 105 km² du bassin versant du Spöl supérieur dans l'Adda. Au moyen d'un réseau de galeries d'une longueur totale de 24 km, comportant 8 captages de torrents à des altitudes échelonnées entre 2020 et 1965 m et qui collectent 92 % de l'écoulement naturel, ces eaux sont amenées dans le bassin supérieur d'accumulation de Fraële-S. Giacomo (146) dont la cote de retenue est à 1949 m, et de là, par une chute brute de 1550 m, exploitées dans les cinq centrales de la Régie Municipale de la Ville de Milan échelonnées sur l'Adda. Pour les centrales situées plus en aval sur l'Inn et le Danube, où en Allemagne et en Autriche on exploite tout de même 320 m de chute environ, le supplément de production provenant des 170 millions de m³ en apport d'hiver compense la perte due à cette dérivation. La photographie fig. 8 représente la contrée du Livigno avec le bassin d'accumulation de Livigno au premier plan et les bassins de retenue de Fraële à l'arrière-plan. Après ces ponctions, il ne reste au bassin d'accumulation du Spöl que 180 km² sur les 295 km² de son bassin versant

naturel. Son débit d'été ne suffit pas pour le remplir lors des années de mauvaise hydraulicité. C'est pourquoi la centrale d'Ova Spin, accolée au barrage-voûte et coiffée par les évacuateurs de crue, est équipée de deux groupes de turbines-pompes (50/47 MW). Le groupement d'usines totalise 338 MW et produit 960 GWh, dont 40 % en hiver.

C'est au Tyrol que furent construits de 1961 à 1966 la centrale de la Vallée de Kauns près de Prutz et son bassin d'accumulation de Gepatsch qui représentent actuellement la centrale la plus puissante et le lac de retenue de haute-montagne le plus grand d'Autriche. Tout comme les centrales sur l'Inn dans le Vorarlberg, c'est une centrale exportatrice qui put être réalisée grâce à un contrat de longue durée, portant sur la fourniture d'énergie et le financement des ouvrages, conclu avec des Sociétés ouest-allemandes, et qui, pour la plus grande part de sa capacité de production (392 MW, 610 GWh dont 58 % en hiver) est intégrée au réseau interconnecté de l'Allemagne fédérale comme centrale de réglage et de pointe. Le lac de retenue du Gepatsch (26), ainsi nommé d'après le glacier alimentant le Faggenbach et qui est, avec celui de Pasterze, le glacier le plus vaste des Alpes orientales, forme dans la cuvette de Mandarfen un lac de 6 km de long et de 138,3 millions de m³ de retenue à 1767 m d'altitude. Son bassin versant de 107 km² a été porté à 278 km² par trois adductions complémentaires provenant des vallées latérales du Kaunertal (six affluents drainant 43 km² et débouchant à l'aval du barrage), de la Pitze supérieure drainant 83 km² et du versant droit de l'Inn supérieur, drainant 41 km² par le Pfundserbach. L'ensemble de ce réseau comprend 10 captages et 34 km de galeries à écoulement libre et assure le remplissage de la retenue, même en année de faible hydraulicité. Comme le lieu d'implantation du barrage, bien que situé dans du



Plan No. 2

Lageplan der Engadiner Kraftwerke AG

Situation de l'aménagement des Usines hydroélectriques de l'Engadine SA



Fig. 12 Stauseen Mooserboden (2035 m) und Wasserfallboden (1672 m) im Kaprunertal

Fig. 12 Bassins d'accumulation du Mooserboden (2035 m) et du Wasserfallboden (1672 m) dans la vallée de Kaprun

(Werkphoto Tauernkraftwerke AG/Salzburg)

samen Schlucht liegt mit der äusseren Hälfte am Rande des Nationalparks, mit der inneren im Park. Die Zufahrtsstrasse und die Baustelleneinrichtungen konnten daher ausserhalb des Naturschutzgebietes angelegt werden. Mit Rücksicht auf den Park ist auf ein altes Recht der Konzessionsgemeinden verzichtet worden, mit 38 m höherer Staukote ein 28 Mio m³ fassendes Becken Praspöl auszubauen, dessen Stau viel weiter, bis fast an die Landesgrenze gereicht hätte.

Der Hauptspeicher ist der Stausee Livigno (24), nunmehr mit dem Stauziel 1805 m ü. A. und 164 Mio m³ Nutzraum. Obwohl ein 3 m höherer Stau mit 16 Mio m³ grösserem Speicherraum im italienisch-schweizerischen Staatsvertrag bereits festgelegt war, hat man sich mit Rücksicht auf die Ortschaft Sta. Maria di Livigno mit dem niedrigeren Ausbau beschieden. Der Stausee liegt fast ganz auf italienischem Territorium, nur in der unteren Val del Gallo ist das rechte Ufer schweizerisch. Die grosse Bogenstaumauer Punt dal Gall steht infolgedessen mit ihrem rechten Teil in der Schweiz, mit dem linken in Italien, ausserhalb des Nationalparks, aber unweit von dessen Rand. Der verhältnismässig schmale See erstreckt sich im bisher einsamen, unbesiedelten, weithin von Legföhren gesäumten Livignotal auf 9,5 km Länge, im Gallotal noch 4,8 km weit. Seine Fläche ist mit 4,8 km² noch grösser als die des Stausees Valle di Lei. Von der Schweiz aus sind Mauer und Stausee durch einen 3,4 km langen Strassentunnel erschlossen, der von der Ofenpass-Strasse aus den Nationalpark unterfährt. Im Haupttal begleitet den See linksseitig eine neue Uferstrasse nach Sta. Maria di Livigno, die kürzlich über die Forcola di Livigno zur Berninapass-Strasse weitergeführt wurde.

Als Gegenleistung für die Genehmigung zur Anlage des Spölwerks hat Italien das vertragliche Recht erhalten, aus 105 km² Einzugsgebiet des oberen Spöls i. M. 90 Mio m³/Jahr zur Adda abzuleiten. Mittels eines insgesamt 24 km langen Stollensystems mit 8 Bachfassungen in Höhen zwischen 2020 und 1965 m ü. A., die 92 % des natürlichen Abflusses einziehen, wird dieses Wasser dem obersten Fraële-Speicher S. Giacomo (146) mit Stauziel 1949 m zugeführt und von dort über 1550 m Bruttofallhöhe in den fünf Addastufen der Stadtwerke Mailand abgearbeitet. Für die Unterlieger an Inn und Donau, wo in Oesterreich und Deutschland immerhin rd. 320 m Fallhöhe ausgebaut sind, ist der Gewinn aus 170 Mio m³ Winterzuschuss grösser als der Verlust durch diese Ableitung. Fig. 8 zeigt uns das Livigno-Gebiet mit dem Speichersee Livigno im Vordergrund und den Fraële-Stauseen im Hintergrund. Dem Spöl-Stausee verbleiben nach diesen Ableitungen von 295 km² natürlichem Einzugsgebiet nur 180 km². Ihr Sommerabfluss reicht zur Füllung in wasserärmeren Jahren nicht aus. Die Zentrale Ova Spin, an die Bogenmauer angebaut und vom Hochwasserüberlauf überdeckt, ist daher mit zwei Pumpenturbinensätzen (50/47 MW) ausgerüstet. Die ganze Werkgruppe mit 338 MW erbringt 960 GWh, davon 40 % Winteranteil.

In Tirol ist 1961/66 durch das Kaunertalwerk bei Prutz mit dem Gepatschspeicher die zur Zeit leistungsstärkste Kraftwerkstufe und der grösste Hochgebirgsstausee Oesterreichs entstanden. Aehnlich wie die Vorarlberger Illwerke ist es Exportkraftwerk, das durch einen langfristigen Stromlieferungs- und Finanzierungsvertrag mit westdeutschen

Fig. 13

Speicher Weiss-See (2250 m) der Stubach-Kraftwerkgruppe der Oesterreichischen Bundesbahnen (ÖBB); Blick auf den Talchluss des Tauernmoostales mit Oedenwinkel-Kees

Bassin d'accumulation du Weiss-See (2250 m) du groupe des usines hydroélectriques de la Stubach des Chemins de fer fédéraux autrichiens (ÖBB); vue sur le fond de la vallée du Tauernmoos avec le glacier de l'Oedenwinkel-Kees

(Photo W. Wagner/Wien)



gneiss ocellé de bonne qualité, ne se prêtait pas à la construction d'un barrage-voûte, on construisit une imposante digue en enrochement d'une longueur de 600 m en crête, comprenant un noyau central d'étanchéité, et qui nécessita un volume de terrassement de 1 million de m³ et un volume de remblai de 7,1 millions de m³. Dans la roche, en-dessous du noyau d'étanchéité, on a aménagé une galerie d'injection. Avec ses 153 m de hauteur à partir de la base rocheuse, le barrage de Gepatsch est le plus haut des Alpes orientales et ne le cède que de peu au barrage de l'Alpe de Goeschenen en Suisse. Lors du remplissage du bassin de retenue, il s'est produit dans une zone d'éboulis de la rive gauche, des tassements relativement importants dont les causes et les tendances ont pu être déterminés par des observations et examens approfondis, et furent finalement maîtrisés. La photographie en couleur jointe (fig. 9), montre le lac de retenue vu vers sa grandiose arrière-vallée avec la Weissseespitze (3532 m) au fond. La photographie permet aussi de voir comment, d'une façon exemplaire, on a su dans ce site, cicatriser les plaies dues aux travaux de construction, et comment, grâce à de vastes travaux de réfection et à des plantations, on a pris soin d'intégrer harmonieusement l'ouvrage dans son site.

À la même époque, on construisit dans la région du Ziller, dans la vallée de Gerlos, le grand bassin d'accumulation du *Durlassboden* (29). Avec la centrale de Funsingau (25 MW), il constitue l'étage supérieur de la centrale de Gerlos à Zell sur le Ziller (60 MW). Ce réservoir saisonnier, bénéficiant d'une dénivellation de 600 m et d'un volume utile de 52,5 millions de m³ à une altitude de 1405 m, avait naguère suscité bien des projets. Son implantation fut rendue délicate par de vastes phénomènes d'apports alluvionnaires post-glaciaires, dans la vallée, et par des glissements de terrains sur les versants dans le site même du barrage. Ces phénomènes ont eu pour conséquence que, jusqu'à une profondeur de 145 m, l'Alpe actuelle est constituée par une alternance de couches peu compactes et d'alluvions lacustres. Le barrage est constitué par une digue en terre de 70 m de hauteur, et l'on se trouva devant le même problème qu'au barrage du Sylvenstein: assurer l'étanchéité des fondations par des procédés modernes d'injection. Le masque central d'étanchéité est prolongé en fondation par un voile parafouille injecté sur huit rangées dans la zone de transition et sur trois rangées en-

dessous. Il vient s'ancrer à une profondeur de 50 à 70 m dans une couche d'argile suffisamment compacte. Pour éliminer tout risque d'érosion par des venues d'eaux d'infiltration, le profil en travers du barrage est prolongé sur son parement aval par un tapis filtrant d'une largeur de 100 m, équipé d'une série de puits de décompression en travers de la vallée. À la base du masque d'étanchéité, on a aménagé une galerie de contrôle visitable en béton. Dans le masque parafouille on a injecté 55 000 m³ de mélange argile / ciment ou bentonite / boue dans les alluvions non compactes qui permettent au sol de conserver sa déformabilité et de s'adapter aux tassements dus à la masse du barrage. Environ à son tiers inférieur, le lac de retenue d'une longueur de 4,2 km (fig. 10) forme un coude presque à angle droit dans la vallée de Wildgerlos. La route du Col de Gerlos, récemment aménagée, a été déplacée en altitude sur le versant droit et offre de splendides points de vue sur le lac et sur les sommets dépassant 3 000 m en amont de la vallée (Reichenspitz 3 303 m). Le bassin versant naturel de la Wilde Gerlos d'une superficie de 44,5 km², a été portée à 75,3 km² par prélèvement de la Salzach supérieure et de la Nadernach dans le Pinzgau, assurant ainsi un apport annuel de 95 millions de m³.

Le groupe des centrales de Zemm, dans la vallée supérieure du Ziller, actuellement en voie d'achèvement, a par sa taille et son équipement en usines de pointe, lui aussi, le caractère d'un aménagement exportateur. Les usines de Rosshag et de Mayrhofen offrent, grâce à un bassin versant de haute-altitude riche en précipitations et d'une superficie de 277 km², la puissance très appréciable de 518 MW avec une productivité de 710 GWh, qui, en vertu d'un contrat, sont pour moitié mis à la disposition de la société wurtembergoise Energieversorgung Schwaben AG. La pièce maîtresse en est le bassin d'accumulation de *Schlegeis* (27) qui retient les eaux du Schlegeisbach et du Zamserbach à 1782 m d'altitude, formant un lac long de 4 km, d'une capacité de retenue de 127,4 millions de m³. Son bassin versant naturel de 60,7 km² est complété par les adductions du Zemmbach supérieur à l'est (33,2 km²), du Tuxbach supérieur à l'ouest (13,7 km²), et celles de torrents du versant gauche de la vallée (17,4 km²) collectés par des galeries en charge, et il est ainsi porté à un total de 125 km². Cette aire comprend les cinq glaciers les plus vastes des Alpes du Zillertal; leurs plus hauts sommets: le Pic Mösel 3478 m,

Energieversorgungsunternehmen realisiert werden konnte und mit dem Grösstteil seines Dargebots (392 MW, 610 GWh mit 58 % Winteranteil) als Regel- und Spitzenwerk im westdeutschen Verbundnetz eingesetzt wird. Der Stausee *Gepatsch* (26), benannt nach dem den Faggenbach speisenden Gepatschgletscher, dem neben der Pasterze grössten Ostalpengletscher, bildet im Mandarfenboden einen 6 km langen See von 138,3 Mio m³ Nutzraum in 1767 m Meereshöhe. Sein 107 km² grosses Einzugsgebiet ist durch drei Beileitungen auf 278 km² vergrössert worden, aus dem Kaunertal durch sechs unterhalb der Sperre mündende Seitenbäche (43 km²), aus dem östlich benachbarten oberen Pitzbach (87 km²) und dem Pfundserbach aus der rechten Talflanke des Oberinntals (41 km²) mit zusammen 10 Bachfassungen und 34 km Freispiegelstollen; es sichert die Füllung auch in wasserarmen Jahren. Da die Sperrstelle, obwohl in gutem Augengneis gelegen, für eine Gewölbemauer weniger geeignet war, ist hier ein mächtiger Steindamm von 600 m Kronenlänge mit zentralem Dichtungskern errichtet worden, für den 1,0 Mio m³ Aushub und 7,1 Mio m³ Schüttmasse erforderlich waren. Im Fels unter dem Kern verläuft ein Injektionsstollen. Mit 153 m Höhe über dem Fels ist der Gepatsch-Damm der höchste Staudamm der Ostalpen und steht dem höchsten des Alpenraums, dem Göschenalp-Damm in der Schweiz, nur wenig nach. Bei der Stauseefüllung sind in einem Hangschuttbereich des linken Ufers stärkere Setzungen aufgetreten, deren Ursachen und Bewegungstendenzen durch eingehende Beobachtungen und Untersuchungen geklärt und gefahrlos beherrscht werden konnten. Die Farbbeilage Fig. 9 zeigt den Stausee gegen seinen grossartigen Talschluss mit der Weisseespitze (3532 m) im Hintergrund. Die Aufnahme lässt auch erkennen, wie man hier in vorbildlicher Weise die Wunden der umgebenden Landschaft aus der Bauzeit geheilt und durch umfangreiche Wiederherstellungsarbeiten und Begrünungen für die harmonische Einpassung des Bauwerks in die Natur gesorgt hat.

In der gleichen Zeit ist im Zillergebiet im Gerlostal der grosse Stausee *Durlassboden* (29) ausgebaut worden. Er bildet mit dem Kraftwerk Funsingau (25 MW) nunmehr die Oberstufe zum Gerloskraftwerk Zell a. Z. (60 MW). Der für diese 600 m-Stufe seit langem erstrebte Jahresspeicher mit nunmehr 52,5 Mio m³ in 1405 m ü. A. hat vielseitige Planungen hinter sich. Seine Anlage war erschwert durch ausgedehnte postglaziale Talzuschub-Erscheinungen mit

Hangrutschungen im Sperrbereich. Sie haben verursacht, dass der heutige Almboden bis 145 m Tiefe durch Lockermassen und Seeabsätze wechselnder Zusammensetzung erfüllt ist. Das Sperrbauwerk ist ein 70 m hoher Erddamm, und es lag die schon beim Sylvensteinspeicher angetroffene Aufgabe vor, den Untergrund mit den Mitteln der neuzeitlichen Injektionstechnik sicher abzudichten. Der zentrale Dichtungskern ist durch einen Einpressschleier in den Untergrund verlängert, im Uebergangsbereich in acht Reihen, darunter in drei. Er bindet in 50—70 m Tiefe in eine ausreichend mächtige Schluffschicht ein. Zur sicheren Beherrschung einer möglichen Erosionsgefahr durch aufsteigendes Sickerwasser ist der Dammquerschnitt an der Luftseite durch eine 100 m breite Druckbank verlängert, an deren Beginn eine Reihe Spannungsbrunnen quer über die Talsohle angeordnet ist. In der Sohle der Kernbaugrube ist ein betonierter begehbare Kontrollgang eingelassen. In der Dichtungsschürze sind 55 000 m³ Ton-Zement-Bentonit-Schlämme in die Lockermassen verpresst worden, bei denen der Boden seine Verformbarkeit behält und Setzungen unter der Dammlast folgen kann. Der 4,2 km lange Stausee (Fig. 10) biegt etwa im unteren Drittel fast rechtwinklig nach Süden ins Wildgerlostal um. Die neuzeitlich ausgebaute Gerlos-Passstrasse ist hoch an den rechten Hang verlegt worden und bietet grossartige Ausblicke über den See auf die Dreitausender des Talschlusses (Reichenspitze 3303 m). Das natürliche Einzugsgebiet der Wilden Gerlos von 44,5 km² ist durch Ueberleitung der obersten Salzach und Naderbach aus dem Pinzgau auf 75,3 km² erweitert worden und bringt einen nutzbaren Jahreszufluss von 95 Mio m³.

Wiederum Exportkraftwerks-Charakter durch ihre Grösse und «spitze» Auslegung hat die im oberen Zillertal in fortgeschrittenem Bau stehende Gruppe der Zemmwerke. In den Stufen Rosshag und Mayrhofen werden aus 277 km² hochalpinem, abflussreichem Einzugsgebiet 518 MW mit 710 GWh hochwertigem Dargebot bereitgestellt, die zu 50 % der württembergischen Energieversorgung Schwaben AG vertraglich zur Verfügung stehen. Ihr Kernstück ist der Speicher *Schlegeis* (27), der Schlegeis- und Zamserbach 1782 m ü. A. zu einem 4 km langen See mit 127,4 Mio m³ Nutzraum aufstaut. Sein 60,7 km² grosses natürliches Einzugsgebiet wird durch Beileitungen vom oberen Zembach im Osten (33,2 km²), vom oberen Tuxbach im Westen (13,7 km²) und von Bächen der linken Talflanke in den



Fig. 14

Aufgestauter Amersee (2279 m) der Stubach-Kraftwerkgruppe der ÖBB

Le lac aménagé de l'Amersee (2279 m) du groupe des usines hydroélectriques des ÖBB sur la Stubach

(Photo W. Wagner/Wien)

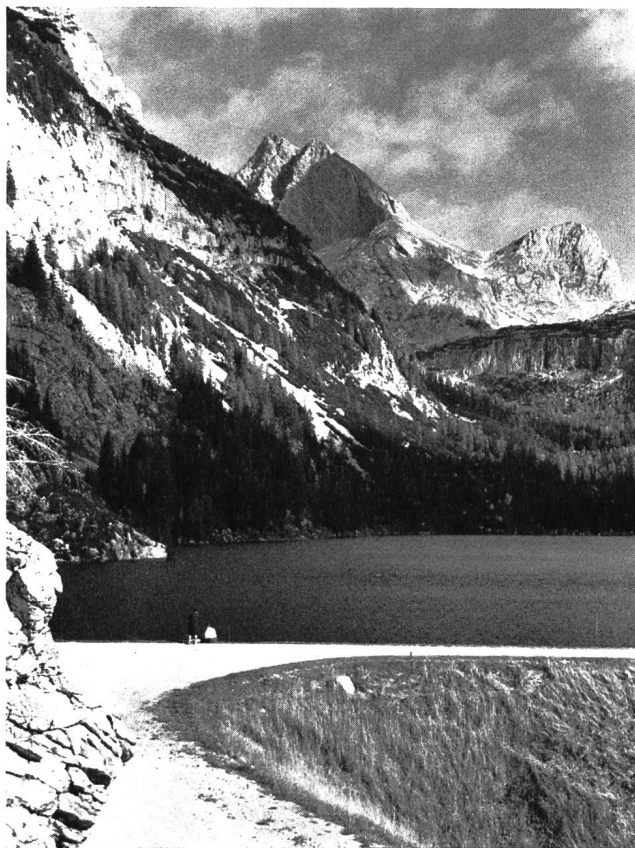


Fig. 15 Diessbach-Stausee (1415 m) im Steinernen Meer

Fig. 15 Bassin d'accumulation du Diessbach (1415 m) dans le massif rocheux Steinernes Meer

(Photo H. Sager/Salzburg)

le Hochfeiler 3510 m, l'Olperer 3476 m, l'encadrent. Ici le barrage est formé d'une imposante voûte en arcs d'ellipse, qui par ses proportions de 131 m de hauteur pour 722 m de longueur en crête, surpasse encore l'ouvrage de la Valle di Lei.

De l'usine supérieure de Rosshag part une galerie en charge, longue de 8,6 km, qui rejoint le bassin d'accumulation avancé de Stillup (28), dans la vallée du même nom. Il collecte les eaux du versant droit de la vallée de la Zemme et de quatre vallées transversales parmi lesquelles celles de Floiten et de Stillup remontent jusqu'à la crête principale. A l'emplacement du barrage, on trouve des conditions géologiques analogues à celles du Durlassboden; en fond de vallée, la roche est recouverte d'une épaisse couche d'alluvions. Un forage de 124 m de profondeur réalisé dans le Thalweg ne permit pas de l'atteindre. Un barrage de 28 m de hauteur crée, par un lac de 2,5 km de long, une capacité de retenue de 6,5 millions de m³ à 1120 m d'altitude. Ici, le noyau du barrage est constitué, selon un procédé développé en Allemagne, d'un masque de béton bitumineux. Dans les fondations, celui-ci est prolongé sur une profondeur de 22 à 52 m, par une paroi moulée. La photographie (fig. 11) donne une idée de ce lac situé au fond de l'étroite vallée de la Stillup. La centrale supérieure du Rosshag est en même temps station de pompage. En raison de la hauteur d'aspiration des pompes d'une puissance de 120 MW, elle est calée à environ 60 m en-dessous du niveau normal de retenue du bassin de la Stilluppe. Les importants chantiers de construction ont nécessité des travaux de grande envergure pour permettre l'accessibilité. La nouvelle route menant au Schlegeisgrund constitue même

un point de départ pour un nouveau franchissement des Alpes; il ne manque plus qu'un petit tronçon de route pour atteindre la croupe du Pfitscherjoch à 2248 m d'altitude, qu'on atteint déjà par une route carrossable sur le versant italien.

Dans la province de Salzbourg, dans les Hohe Tauern, après l'achèvement des grands bassins d'accumulation de la vallée de Kaprun avec ses grands lacs de retenue du Mooserboden (36) et du Wasserfallboden (37) que la photographie (fig. 12) représente entourés de leur ceinture de montagnes, il s'agissait avant tout d'aménager des bassins d'accumulation supplémentaires pour accroître la puissance des centrales du groupe de la Stubach des Chemins de fer fédéraux autrichiens. A la surélévation de l'ancien lac du Tauernmoos (35) succéda en 1950—1952 celle du Weissee (34) à 2250 m (fig. 13). Comme appoint pour le Weissee on réalisa alors les adductions de l'Amersee (32) surélevé dans la vallée supérieure de l'Amer (fig. 14), et celle du petit lac de Salzplatten (33) à 2229 m dans la vallée supérieure de l'Ödbach. Le plan d'eau du Weissee collecte ainsi les eaux d'un bassin versant de 10,1 km² bénéficiant de hauteurs de précipitations importantes. Une forte augmentation de la capacité de retenue du lac du Tauernmoos résultera de sa surélévation projetée depuis longtemps et mise en chantier en 1968. L'accès au site du barrage a nécessité la construction d'une route de chantier d'un tracé particulièrement difficile. Le relèvement du niveau de retenue de 20 m permet de gagner 34,3 millions de m³ de volume utile. La surface du lac atteindra alors 192 ha, dépassant celle du bassin voisin de Mooserboden. Le bassin versant est accru de 12,1 km² par des adductions amenant les eaux du Landeckbach du Tyrol oriental qui par le Tauernbach s'écoule dans l'Isel et la Drau. On atteint au total 50,1 km² pour l'alimentation du bassin et de la centrale supérieure d'Enzingerboden. Cette dernière a été rénovée et atteint maintenant la puissance de 79 MW. On érige un nouveau barrage en aval du barrage existant; c'est là un nouvel exemple, plus modeste, après ceux de la Grande-Dixence, de Cancano et du Mont-Cenis. Sur la rive droite, ce barrage doit surélever le seuil rocheux situé au-dessus de la paroi du Klausen et, de ce fait, il atteindra une longueur de 1100 m. Le groupe des bassins d'accumulation de la région de la Salzach, enrichi aujourd'hui par le réservoir de Margaritze contenant 250 millions de m³ est revalorisé par l'aménagement de Schwarzach (120 MW, 480 GWh) sur la Salzach, exploitant 142 m de chute entre Taxenbach et Schwarzach. Cette usine bénéficie de l'appoint du réservoir de pointe de Brandstatt (39), d'un volume de 1,5 millions de m³ aménagé à l'extrémité de la galerie d'amenée longue de 17 km. Ce bassin artificiel a été aménagé derrière une cime sur le versant droit de la vallée au prix de terrassements importants; sa profondeur est de 22 m et il est entièrement revêtu de béton bitumineux. Dans le secteur de la Saalach, on a créé dans la Steinerne Meer, à 1415 m, le lac de retenue du Diessbach (43). Il se trouve au fond de la belle vallée, difficilement accessible, de l'Alpe du Diessbach, du haut de laquelle le Diessbach se précipite d'une hauteur de 700 m dans une gorge sauvage. Son bassin versant de 13 km² alimente une usine de haute chute (12 MW, 25 GWh). Le site du barrage est constitué d'un calcaire résistant du type Dachstein. Une digue en enrochements revêtue sur son parement amont de béton bitumineux retient une masse de 4,8 millions de m³ d'eau. La photographie (fig. 15) le montre dans son cadre pittoresque.

Parmi les bassins d'accumulation relativement anciens du Salzkammergut (Région de la Traun), le plus grand, le

Druckstollen (17,4 km²) auf 125 km² erweitert. Darin liegen die fünf grössten Gletscher der Zillertaler Alpen, und deren höchste Gipfel — Mössler 3478 m, Hochfeiler 3510 m, Olpe-ner 3476 m — umrahmen es. Das Absperrbauwerk ist hier eine mächtige weitgespannte Bogenmauer, mit elliptischen Bögen gestaltet, die in ihrem Verhältnis von 131 m Höhe zu 722 m Kronenlänge die Valle di Lei-Mauer noch übertrifft.

Vom Krafthaus Rosshag der Oberstufe geht ein 8,6 km langer Druckstollen zum vorgeschobenen Stillup-Stausee (28) im gleichnamigen Tal. Er sammelt die Abflüsse der rechten Flanke des Zemmtales mit vier Quertälern, von denen Floiten- und Stilluptal an den Hauptkamm reichen. An der Sperrstelle liegen verwandte Untergrundverhältnisse wie am Durlassboden vor, der Fels ist im Talgrund auf grosse Tiefe verschüttet; in einer 124 m tiefen Bohrung in Talmitte wurde er nicht erreicht. Ein 28 m hoher Staudamm schafft einen Nutzraum von 6,5 Mio m³, 1120 m ü. M. mit 2,5 km Seelänge. Den Dammkern bildet hier nach einer in Deutschland entwickelten Bauweise eine Asphaltbetonwand. In den Untergrund ist sie auf 22 bis 52 m Tiefe als Schlitzwand aus Erdbeton verlängert. Fig. 11 vermittelt einen Eindruck des Sees im engen Stillupgrund. Das Oberstufenkraftwerk Rosshag ist zugleich Pumpspeicherwerk. Wegen des für die Pumpen (120 MW) erforderlichen Zulaufdrucks liegt es rd. 60 m tiefer als das Stauziel des Stillupbeckens. Die Grossbaustellen haben umfangreiche Erschliessungsarbeiten erfordert. Die neue Strasse zum Schlegeisgrund schafft sogar Vorleistungen für einen neuen Alpenübergang: zum Pfitscherjoch, 2248 m, zu dem auf der italienischen Seite eine Fahrstrasse hinaufführt, fehlt nur ein kurzes Stück.

Im Bundesland Salzburg in den Hohen Tauern galt nach der Vollendung der Grossspeicherwerke im Kapruner Tal mit den Stauseen Mooserboden (36) und Wasserfallboden (37), die Fig. 12 in ihrem Bergkranz zeigt, der weitere Bau von Speicherbecken vor allem der Leistungssteigerung der Stubachgruppe der Oesterreichischen Bundesbahnen. Hier war dem alten Tauernmoossee (35) 1950/52 der Aufstau des Weissees (34) 2250 m ü. A. gefolgt (Fig. 13). Als Beileitungen zum Weissee folgten sodann der Anschluss des aufgestauten Amersees (32) im

obersten Amertal (Fig. 14) und des kleinen Salzplattensees (33) 2299 m ü. A. am oberen Oedbach. Im Weissee-Horizont sind damit 10,1 km² Einzugsgebiet mit ausserordentlich grosser Abflusshöhe vereinigt. Als bedeutende Erweiterung des verfügbaren Speicherraums ist 1968 der seit langem geplante Aufstau des Tauernmoosspeichers begonnen und die Sperrstelle durch eine äusserst schwierig liegende Baustrasse erschlossen worden. Durch 20 m Spiegelhebung werden 34,3 Mio m³ neu gewonnen. Die Seefläche wächst auf 192 ha und übertrifft die des benachbarten Mooserboden-Stausees. Das Einzugsgebiet wird erweitert durch Ueberleitung aus 12,1 km² des Osttiroler Landeckbaches, der über den Tauernbach zur Isel und Drau entwässert. Insgesamt werden 50,1 km² für die Speisung des Sees und des Oberstufenkraftwerks Enzingerboden erreicht. Letzteres ist bereits erneuert und wesentlich auf 79 MW erweitert worden. Eine neue Stau-mauer wird unterhalb der bestehenden errichtet, ein weiteres, bescheideneres Beispiel nach Grande Dixence, Cancano, Montcenis. Sie muss am rechten Ufer die niedrige Felsschwelle des Beckens über der Klausenwand aufheben und wird dadurch 1100 m lang. Die Speichergruppe im Salzachgebiet, nunmehr einschliesslich Margaritze 250 Mio m³, erfährt eine Aufwertung durch die unterliegende Salzachstufe von Taxenbach bis Schwarzach mit 142 m Fallhöhe (120 MW, 480 GWh). Am Ende des 17 km langen Stollens besitzt diese das Spitzenbecken Brandstatt (39) von 1,5 Mio m³. Hinter einer Rückfallkuppe am rechten Talhang ist es als 22 m tiefer Kunstspeicher unter erheblicher Bodenbewegung angelegt und ganz mit Asphaltbeton ausgekleidet.

Im Gebiet der Saalach ist im Steinernen Meer, 1415 m ü. A. der Diessbach-Stausee (43) entstanden. Er liegt im schönen, schwer zugänglichen Boden der Diessbachalm, von der der Diessbach über 700 m tief in einer unwegsamen Schlucht herabstürzt. Sein 13 km² grosses Einzugsgebiet wird in einer kleinen Hochdruckstufe (12 MW, 25 GWh) genutzt. Die Sperrstelle liegt in festem Dachsteinkalk. Ein Steindamm mit einer Asphaltbetondichtung auf der Wasserseite staut den 4,8 Mio m³ fassenden See. Fig. 15 zeigt ihn in seiner reizvollen Umrahmung.



Fig. 16
Vorderer Gosausee (923 m) mit
Dachstein (2995 m) im Salzammer-
gut
Lac antérieur de Gosau (923 m)
avec l'imposant massif du Dach-
stein (2995 m) dans le Salzammer-
gut
(Photo Bährendt/Bad Ischl)



Fig. 17

Speicher Margaritze (2000 m) unter dem Pasterzengletscher; hinten rechts der Grossglockner (3798 m)

Bassin d'accumulation de la Margaritze (2000 m) au pied du glacier de la Pasterze; au fond, à droite le Grossglockner (3798 m)

(Werkphoto Tauernkraftwerke AG/ Salzburg)

G o s a u s e e a v a l (46) est représenté à nouveau dans le grandiose paysage du Dachstein (fig. 16).

Dans le bassin de l'Enns, en aval de sa section torrentueuse, ce cours d'eau est désormais entièrement équipé d'une chaîne d'usines au fil de l'eau, jusqu'au Danube, soit environ 300 m de chute pour 14 centrales, dont 8 furent réalisées au cours des 15 années écoulées. Il n'a pas été créé de nouveau lac de retenue; en effet, le projet d'aménagement d'un lac à buts multiples de Kastenreith (volume utile 410 millions de m³, superficie 13 km²) sur l'Enns elle-même, a avorté en raison des nombreuses répercussions qu'il aurait entraînées sur le plan de l'habitat et des communications routières et ferroviaires dans la zone inondée longue de 37 km. Seul le réservoir de pointe de la centrale d'Hieflau, le W a g (49) sur le haut-plateau, est digne d'être mentionné ici. Ce plateau situé sur la droite de l'Enns constitue un vestige de l'alluvionnement par la fonte du

glacier du Würm. Ce bassin artificiel, fondé sur des enrochements en partie conglomérés, est entièrement étanché par du béton bitumineux.

3.2 BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES ORIENTALES-SUD

Toujours en territoire autrichien, dans l'espace entre les Tauern et la chaîne des Alpes Carniques et des Karawanken, on trouve d'abord dans le bassin supérieur de la Mur, dans le Lungau salzbourgeois, près de la crête des Tauern, le lac naturel Rotgüldensee (51) avec ses 11 km² de bassin versant. Par un abaissement du niveau minimum de 3,4 m et une surélévation de 8,5 m du niveau de retenue, on gagna une capacité utile de 3,0 millions de m³, en accroissant la superficie de ce lac pittoresque de 60 %. Le barrage est remarquable sur le plan technique: il est formé d'une digue à talus en forte pente, comprenant un masque d'étanchéité oblique, fait de béton bitumineux à grosse granulométrie.

La figure 17 montre le bassin de compensation Margaritze (54), au pied du Pasterzenkees, sur le versant sud des Hautes Tauern. Ce bassin capte la Möll supérieure ainsi que l'adduction du Leiterbach (64 km² de bassin versant) et les dérive vers le groupement du Kaprun. Dans le massif du Goldberg, on vient de terminer l'aménagement de la chaîne d'usines de Fragant. La vallée de Fragant est caractérisée par une forte pente; elle comprend notamment plusieurs lacs d'érosion glaciaire en haute altitude qui constituent autant de réservoirs naturels. Le plus élevé et le plus grand de ces lacs est le lac d'O s c h e n i k (57) à 2333 m dominant le versant gauche de la vallée; cet ombilique glaciaire est le plus profond d'autriche (116 m). C'est pourquoi il est la pièce maîtresse du complexe. Grâce à la profondeur de sa prise d'eau, on peut actuellement utiliser 11,5 millions de m³ de réserve d'eau (fig. 18). On a prévue pour l'avenir un relèvement important du niveau de retenue. Comme il ne recueille durant l'été que 2,7 millions de m³ en provenance de son propre bassin versant de faible dimension, l'essentiel de sa capacité doit être fourni par pompage. Le second bassin d'accumulation important de ce complexe a été créé dans l'Alpe de W u r t e n (56) par la construction d'une digue de retenue. Outre l'écoulement de son propre bassin de 21,1 km² — à l'intérieur duquel se situe la réserve du F e l d s e e (55), lac naturel légèrement rehaussé — ce réservoir recueille, par une galerie d'adduc-

Fig. 18 Oscheniksee (2333 m) im Fragantertal auf der Südabdachung der Hohen Tauern

Fig. 18 Lac d'Oschenik (2333 m) dans la vallée de Fragant sur le versant sud du massif des Hohe Tauern

(Werkphoto Kärntner Elektrizitäts-AG/Klagenfurt)

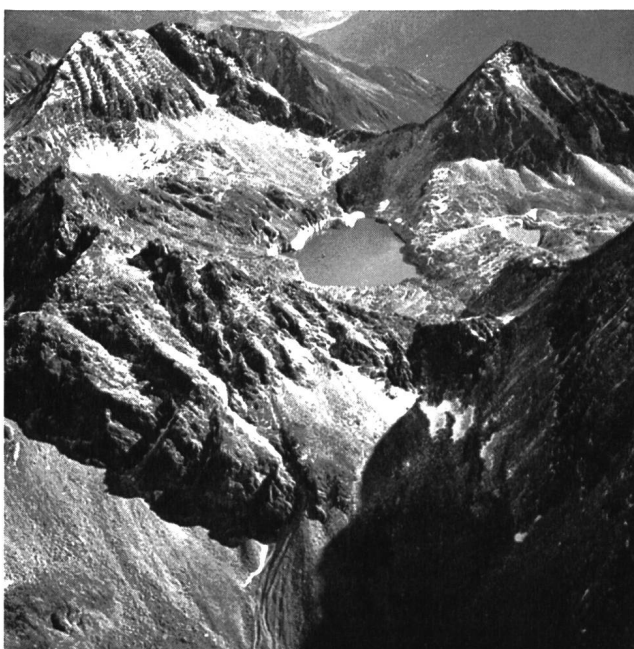


Fig. 19 Die vier Speicherseen in der Reisseckgruppe; hinten Hochalmsee (2379 m), rechts Radlsee (2399 m), im Vordergrund Kleiner (2379 m) und Grosser Mühldorfersee (2319 m)

Fig. 19 Les quatre bassins d'accumulation des usines hydroélectriques du Reisseck; au fond le lac de Hochalm (2379 m), à droite le lac de Radl (2399 m), au premier plan le Petit (2379 m) et le Grand lac de Mühldorf (2319 m)

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt)

Von den älteren Speicherseen im Salzkammergut (Traunggebiet) wird deren grösster, der *Vordere Gosausee* (46) in der grossartigen Landschaft des Dachsteins noch einmal im Bild vorgestellt (Fig. 16).

Im Ennsgebiet ist vom Gesäuse abwärts die Enns nunmehr in einer geschlossenen Kette von Flusstaustrufen bis zur Donau vollständig ausgebaut, rd. 300 m in 14 Werken, von denen acht in den letzten 15 Jahren angelegt wurden. Ein neuer Speicher ist nicht entstanden; das grosse und günstige Mehrzweckprojekt eines Stausees in der Enns selbst, Kastenreith mit 410 Mio m³ Nutzraum und 13 km² Oberfläche hat sich wegen zu starker Eingriffe in die bestehenden Verhältnisse seiner 37 km langen Flussstrecke (Besiedlung, Bahn, Strasse) nicht durchsetzen lassen. Nur das Spitzenbecken des Kraftwerks Hieflau, auf der Hochfläche der *W a g* (49), ist hier zu nennen. Diese Hochfläche rechts der Enns stellt einen Rest der Talauffüllung des abschmelzenden Würmgletschers dar. Das Kunstbecken auf teilweise konglomeriertem Schotteruntergrund ist ganz mit einer Asphaltbetondichtung ausgekleidet.

3.2 SPEICHERSEEN IN DEN SÜDLICHEN OSTALPEN

Weiterhin auf österreichischem Staatsgebiet, im Raum zwischen Tauern und der Kette der Karnischen Alpen und Karawanken, finden wir zunächst im obersten Murgebiet, im Salzburger Lungau, nahe dem Tauernkamm den natürlichen *Rotgüldensee* (51) mit 11 km² Einzugsgebiet. Durch 3,4 m Absenkung und 8,5 m Aufstau wurde ein Speicherraum von 3,0 Mio m³ gewonnen und die Fläche des schöngeliegenden Sees dabei um 60 % vergrössert. Das kleine Sperrbauwerk ist technisch bemerkenswert als steil geböschter Steindamm mit schrägem Dichtungskern aus Asphaltgrobbleton.

Aus der Südabdachung der Hohen Tauern zeigt Fig. 17 den Ausgleichspeicher *Margaritze* (54) unter dem Pasterzen-Kees, in dem die obere Möll und der beigeleitete Leiterbach (zusammen 64 km²) gefasst und zum Mooserboden übergeleitet werden. In der Goldberggruppe ist in den letzten Jahren die Kraftwerkgruppe *Fragant* ausgebaut worden. Das Fraganter Tal zeichnet sich durch hohes Gefälle aus, vor allem birgt es mehrere hochgelegene Karseen als Naturspeicher. Der höchstgelegene und grösste ist der *Oschentniksee* (57) auf 2333 m ü. A. über der linken Talflanke, mit 116 m Tiefe der tiefste Karsee Oesterreichs. Er bildet daher das Kernstück der Werkgruppe. Durch einen tiefliegenden Seeanstich können zur Zeit 11,5 Mio m³ Wasservorrat genützt werden (Fig. 18). Ein späterer beträchtlicher Aufstau ist geplant. Bei nur 2,7 Mio m³ Sommerzufluss aus seinem natürlichen kleinen Einzugsgebiet muss der Hauptteil der Füllung zugepumpt werden. Der zweite wichtige Speicher dieses Systems wurde auf der *Wurtenalm* (56) durch einen Staudamm geschaffen. Er erfasst 21,1 km² eigenes Einzugsgebiet, in dem der leicht aufgestaute *Feldsee* (55) als Fernspeicher dient, und durch einen Ueberleitungsstollen weitere 26,1 km² des westlich angrenzenden *Zirknitzbaches*. Durch Ausdehnung der

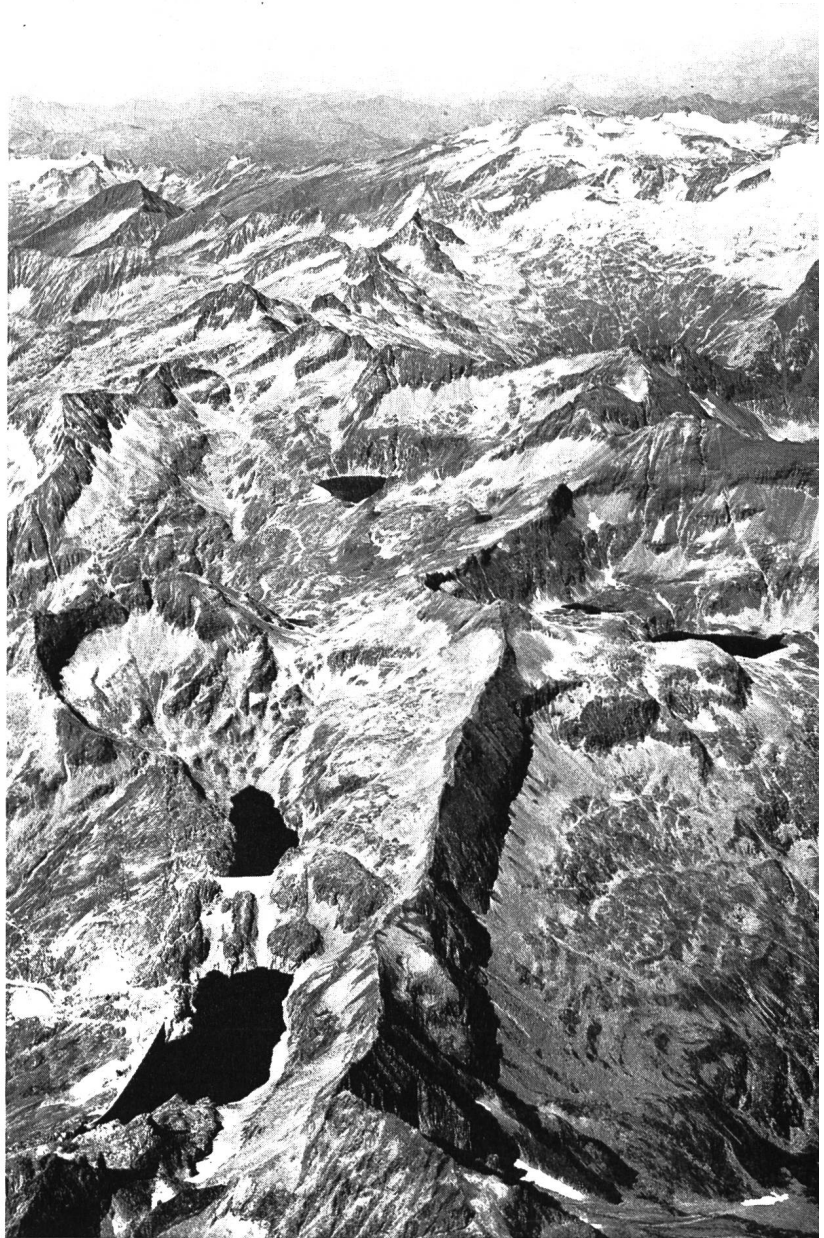


Fig. 20 Grosser Mühldorfersee (2319 m) der Reisseckgruppe

Fig. 20 Grand Lac de Mühldorf (2319 m) des usines hydroélectriques du Reisseck

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt)



tion de l'ouest, les apports de 26,1 km² appartenant au bassin voisin du ruisseau Zirknitz. En développant les collecteurs d'adduction, tant vers l'ouest que vers l'est, on doit au stade final réunir dans ce lac les précipitations d'un bassin versant de 111,3 km², drainé par les affluents de la Möll issus de la crête principale des Alpes, sur la distance de 32 km² séparant la route du Grossglockner du Tunnel des Tauern.

Dans la centrale de Innerfragant, on exploite les eaux provenant de trois retenues: les barrages d'Oschenik, de Wurten et de Haselstein, ce dernier collectant les précipitations des 21,5 km² du bassin de Fragant. Surmontant des différences de niveau respectivement de 638 et de 863 m, on refoule par pompage les apports d'été dans le lac d'Oschenik. Si l'on y comprend la centrale d'Ausserfragant, située à la sortie de la vallée, ce groupement d'usines exploitant les eaux du lac d'Oschenik sur une hauteur de chute cumulée de 1625 m, constitue un producteur de pointe caractérisé avec une puissance installée de 215 MW et une productivité de 240 GWh.

En descendant la Möll, on trouve dans le groupe du Reisseck l'aménagement de production hivernale de Reisseck-Kreuzeck. Ce massif culminant à 2962 m est caractérisé par son relief extraordinaire au-dessus de la vallée de la Möll (centrale de Kolbnitz, 606 m). En altitude, en plein gneiss central on a aménagé quatre lacs situés dans des dépressions en un système de bassins d'accumulation tant par abaissement que par surélévation du niveau de retenue; il s'agit du lac de Radl (59) s'écoulant naturellement dans la Lieser, ainsi que des Lacs de Hochalm (58), du Petit lac et du Grand lac de Mühldorf (60 et 61). La photographie (fig. 19) en donne une vue aérienne.

Leur altitude, les valeurs d'abaissement et de relèvement des cotes de retenue sont les suivantes:

Noms		Lac de Radl	Lac de Hochalm	Petit lac de Mühldorf	Grand lac de Mühldorf
Niveau de retenue en m	s. m.	2399	2379	2379	2319
Surélévation	en m	+11	+19	+33	+35
Abaissement	en m	—34	—30	—11	—29

Ils contiennent ensemble un volume utile de 17,2 millions de m³ dont seuls 11,8 millions de m³ proviennent de l'écoulement d'été de son bassin versant naturel de 7,6 km². Le reliquant est fourni par pompage à partir de la centrale au fil de l'eau à la cote 1289 (station de pompage d'Attelberg, 20 MW, 26 GWh). Le lac de Radl est le bassin d'accumulation le plus élevé d'Autriche. Le lac de Hochalm et le Petit lac de Mühldorf sont communicants et constituent le bassin d'accumulation supérieur offrant la plus haute chute du monde (1773 m) directement exploitée. Les lacs de Mühldorf sont nichés dans un sillon tectonique remodelé par le travail des glaciers. En ce qui concerne le Grand lac de Mühldorf, son flanc droit orienté vers la vallée de la Möll, a été profondément raboté par les glaces, si bien qu'il fallut y construire un mur de surélévation relativement long (433 m), et parfaitement adapté au tracé de ce seuil (fig. 20). La maçonnerie des barrages présente un intérêt technique par une grande cavité intérieure limitant les sous-pressions, ainsi que par les plaques de revêtement préfabriquées, en béton particulièrement résistant pour la construction des parements extérieurs, et que l'on utilisa comme coffrage perdu.

Dans la vallée même de la Drau, la chaîne des grands barrages étagés sur la rivière et débutant en aval de Villach et du confluent de la Gail, est remarquable par ses rete-



Fig. 21 Freibach-Stausee (729 m) in den Karawanken

Fig. 21 Bassin d'accumulation de Freibach (729 m) dans la chaîne des Karawanken

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt)

nues de 20 à 23 m de hauteur qui ont créé de grands plans d'eau et une grande capacité de retenue permettant l'exploitation en écluse d'usines au fil de l'eau: Rosegg (en construction), Freistritz, Edling, Schwabegg et Lavamünd.

Au sud-est de Klagenfurt, en amont du barrage d'Edling se jette le Freibach venant des Karawanken, à l'ouest du Hochobir. Au fond d'une gorge, il traverse les hautes terrasses du Rosental situées entre 300 et 400 m au-dessus du niveau de la Drau; en amont de ces gorges, le bassin du Freibach (65) verrouille un bassin versant de 45 km² (fig. 21) et alimente la centrale du même nom d'une puissance de 17 MW assurant une production de 40 GWh.

La région des Alpes de Slovénie en Yougoslavie ne possède jusqu'à présent que deux bassins d'accumulation, ceux de Moste (66) dans la vallée de la Sava, et de Podselo (67) dans la vallée de la Soča (Isonzo). Depuis 1953 et malgré nombre de projets d'un grand intérêt aucune réalisation nouvelle de bassins d'accumulation n'est venue s'y ajouter. A cette époque l'aménagement des équipements hydrauliques se concentrait sur la Drau où, entre Lavamünd et Maribor (Marbourg) dans la partie du cours topographiquement favorable à la construction de hauts barrages de retenue, on terminait la série de ceux-ci. Elle comprend les biefs de Dravograd, de Vuzenica, de Vuhred, d'Ožbald, de Fala, de Mariborski Otok, et, le plus récent, celui de Zlatolicje comportant un canal de dérivation près du Ptuj (Pettau) totalisant 119 m de chute et une productivité de 2100 GWh. Ils bénéficient des lâchures d'hiver des bassins d'accumulation autrichiens (actuellement 48 millions de m³), en compensation des prélèvements du bassin de la Drau, évoqués plus haut, au bénéfice des vallées de Kaprun et de la Stubaich.

Dans les Alpes vénétiennes orientales, un nouvel aménagement a été créé sur le Tagliamento, à l'aval de l'usine d'Ampezzo, alimentée par le grand lac de Sauris (68) sur le Lumiei. Cet aménagement capte également les débits du principal affluent rive gauche, le Degano, par un réseau de

Beileitungen nach Westen und Osten sollen im Endausbau die Abflüsse zur Möll von 32 km Alpenhauptkamm — zwischen Grossglocknerstrasse und Tauern Tunnel — aus 111,3 km² hier zusammengefasst werden. Im Krafthaus Innerfragant werden die Wasser aus drei Horizonten verarbeitet: Oschenik-, Wurten- und Haselsteinstufe, welche letztere 21,5 km² des Fragentbaches erfasst. Ueber beide Differenzhöhen von 638 bzw. 863 m wird Sommerwasser in den Oscheniksee hochgepumpt. Zusammen mit dem Kraftwerk Ausserfragant am Talausgang bietet die Gruppe zur Zeit 215 MW mit rd. 240 GWh als ausgeprägtes Spitzenwerk, wobei der Oscheniksee eine Abarbeitungshöhe von 1625 m erreicht.

Möllabwärts befindet sich in der Reisseckgruppe das Winterspeicherwerk Reisseck-Kreuzeck. Dieser in 2962 m kulminierende Gebirgsstock ist durch eine aussergewöhnlich grosse Reliefenergie über dem Mölltal (Kraftwerk Kolbnitz 606 m ü. A.) ausgezeichnet. In der Hochregion im Zentralgneis gelegen, sind vier Karseen durch Absenkung und Aufstau zu einem Speichersystem ausgestaltet worden: der natürlich zur Lieser entwässernde Radlsee (59) sowie Hochalm- (58), Kleiner und Grosser Mühldorfer See (60/61). Fig. 19 zeigt sie in einer Luftaufnahme. Höhenlage, Aufstau- und Absenkungsmasse sind die folgenden:

Name		Radlsee	Hochalmsee	Kleiner Mühldorfer See	Grosser Mühldorfer See
Stauziel m ü. A.		2399	2379	2379	2319
Aufstau m		+11	+19	+33	+35
Absenkung m		—34	—30	—11	—29

Zusammen liefern sie einen Nutzraum von 17,2 Mio m³, dem aus 7,6 km² natürlichem Einzugsgebiet nur 11,8 Mio m³ Sommerwasser zufließen. Der Fehlbetrag wird durch Pumpspeicherung aus dem Horizont 1289 m der Laufwerkstufe (Pumpwerk Hattelberg, 20 MW, 26 GWh) zugeführt. Der Radlsee ist der höchst gelegene Speichersee Oesterreichs. Hochalm- und Kleiner Mühldorfer See, kommunizierend verbunden, bilden den oberen Speicherhorizont, der die höchste, bisher in einer Stufe ausgenutzte Fallhöhe der Welt von

1773 m erbringt. Die Mühldorfer Seen sind in eine tektonisch angelegte und glazial überformte Furche gebettet. Beim Grossen Mühldorfer See ist deren rechte, gegen das Mölltal zeigende Flanke vom Eis niedergeböhelt, so dass hier eine für die Grössenverhältnisse sehr lange Aufhöhungsmauer (433 m) nötig war, die sich dem Verlauf dieser Schwelle bestmöglich anpassen musste (Fig. 20). Die Stau-mauern sind technisch interessant durch einen grossen, den Sohlenwasserdruck ermässigen inneren Hohlraum und aus besonders hochwertigem Beton vorgefertigte Verkleidungsplatten der Aussenwände als verlorene Schalung.

Im Drautal selbst ist die unterhalb Villach und der Gailmündung beginnende Kette grosser Flusstau-stufen bemerkenswert, mit Stauhöhen von 20 bis 23 m, die grosse Stauflächen und Stauräume für den Schwell- und Durchlaufspeicherbetrieb geschaffen haben: Rosegg (im Bau), Feistritz, Edling, Schwabegg und Lavamünd.

Südöstlich von Klagenfurt, oberhalb der Staustufe Edling mündet der aus den Karawanken westlich des Hochobir kommende Freibach. Er quert die etwa 300 bis 400 m über dem Drauspiegel liegenden Hochterrassen des Rosentales in einer Schluchtstrecke; oberhalb davon sperrt der Stausee Freibach (65) ein Einzugsgebiet von 45 km² (Fig. 21) und speist das gleichnamige Kraftwerk von 17 MW und 40 GWh Dargebot.

Das slowenische Alpengebiet in Jugoslawien besitzt bisher nur zwei Speicherseen, Moste (66) im Sava- und Podselo (67) im Soča (Isonzo) -Tal. Seit 1953 ist trotz vieler interessanter Planungen keine neue Speicheranlage hinzugekommen. Der Wasserkraftausbau konzentrierte sich in dieser Zeit auf die Drau, wo in der topographisch für hohe Staukraftwerke sehr günstigen Flussstrecke zwischen Lavamünd und Maribor (Marburg) die Kette geschlossen wurde. Sie umfasst die Stufen Dravograd, Vuzenica, Vuhred, Ožbald, Fala, Mariborski Otok und als jüngste das grosse Kanalkraftwerk Zlatolicje bei Ptuj (Pettau), mit zusammen 119 m Fallhöhe und 2100 GWh Dargebot. Ihnen kommt der Winterzuschuss der österreichischen Speicher zugute, zur Zeit 48 Mio m³ als Ausgleich für die oben erwähnten Ableitungen aus dem Draugebiet ins Kapruner- und Stubach-Tal.



Fig. 22

Stausee Ca' Selva (495 m) im obern Medunagebiet, südlich des Tagliamento-Oberlaufs

Bassin d'accumulation Ca' Selva (495 m) dans la région du Haut Meduna, au sud du fleuve Tagliamento supérieur

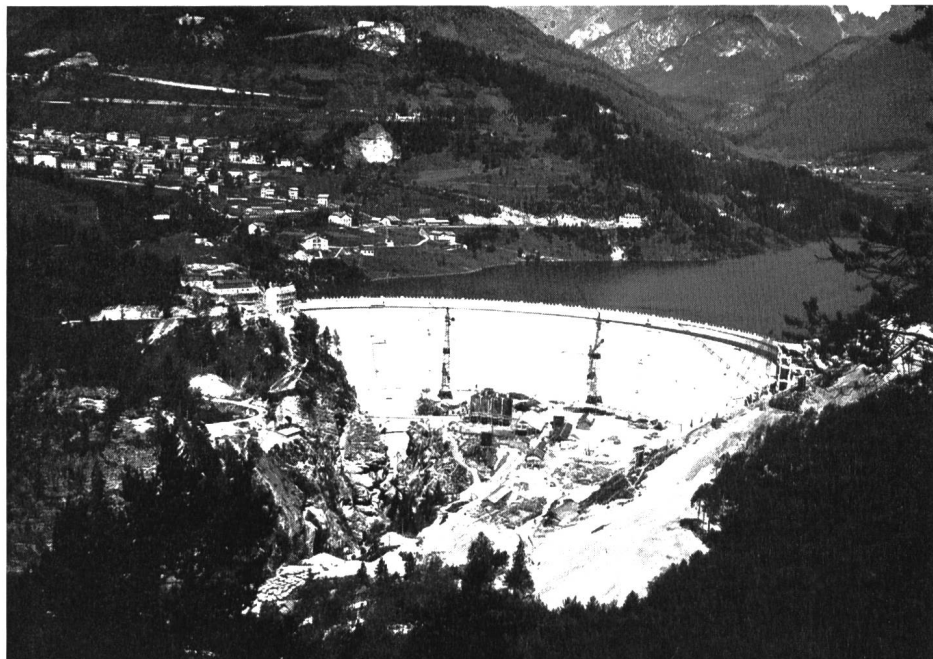
(Photo Pozzar/Trieste)

Fig. 23

Piave-Stausee Pieve di Cadore (684 m), der Hauptspeicher der Kraftwerkgruppe Piave-Boite-Maè-Vaiont

Bassin d'accumulation Pieve di Cadore (684 m) sur le fleuve Piave, servant de bassin principal du groupe des usines hydroélectriques Piave-Boite-Maè-Vaiont

(Photo ENEL/Compartimento di Venezia)



galeries d'adduction long de 40 km environ. Au croisement du collecteur principal avec la vallée de l'Ambiesta, est intercalé, comme réservoir journalier et hebdomadaire, le Lago di Verzegnis (69) ainsi nommé d'après la montagne voisine. En raison des risques de séismes, le mur de son barrage-coupole présente une résistance accrue par l'emploi d'une armature renforcée. La puissante usine souterraine de Somplago (275 MW), débite dans un lac naturel, le Lago di Cavazzo (70), utilisé comme bassin de compensation subissant des variations de niveau de 4 m.

Au sud du Tagliamento supérieur, dans le bassin du Meduna et dans un site montagneux jusqu'alors quasi inaccessible, on a construit deux grands bassins d'accumulation nouveaux venant compléter le lac de retenue de Ponte Racli ou Lago di Tramonti (74) long de 4 km, recueillant les apports d'un bassin versant de 220 km² et alimentant trois centrales en cascade jusqu'à Istrago sur la Cosa. Sur l'Alto Meduna même, en amont de Frassaneit, se trouve le bassin de Ca'Zul (72), et sur l'affluent droit de Silisia, 100 m plus bas, le bassin d'accumulation principal de Ca'Selva (73) avec une capacité de retenue de 36 million de m³ (fig. 22). Une nouvelle route de 4 km, essentiellement en tunnel, relie ces deux barrages. Fermés par de hauts barrages-voûte, les lacs de retenue ont 3,0 et 4,5 km de longueur. Chacun d'eux stocke les écoulements d'un bassin versant de 40 km². Les eaux du bassin d'accumulation supérieur, turbinées par la centrale de Valina rejoignent le bassin de Ca'Selva; ce dernier alimente la centrale de Chievolis (11 MW) située dans une baie sur la rive droite du lac de Meduna.

Dans la région de la Piave, on a continué à équiper jusqu'en 1962 le complexe de bassins et de centrales créé depuis la fin de la Seconde guerre mondiale. On y amène les eaux de la Piave supérieure et de la Boite recueillies dans le grand lac de retenue de Pieve di Cadore (80) — représenté par la fig. 23 avec son grand barrage poids-voûte connu — par une galerie en charge de 25 km de long alimentant le réservoir de pointe du Val Gallina (85) et la grande centrale souterraine de Soverzene (220 MW).

Au confluent avec la vallée profondément encaissée du Vaiont (84), on avait, à l'origine, projeté un bassin d'ac-

cumulation d'un niveau de retenue adapté à celui du lac précité, et d'une capacité de 60 millions de m³. Des études plus poussées ont abouti à utiliser la topographie favorable de l'étroite gorge du Vaiont pour y situer ce bassin, comportant maintenant 44 m de hauteur de retenue supplémentaire et un volume utile total de 150 millions de m³, grâce à un barrage-voûte de 262 m le plus haut du monde. Le remplissage de ce grand lac de retenue, d'un niveau plus haut que prévu initialement, entraîna d'autres mesures qui influencèrent les récents aménagements de bassins d'accumulation complémentaires. Dans la vallée de Maè, située sur le versant droit, on réalisa le bassin de retenue de Pontesei (83) plus petit que prévu, et dans la vallée de Boite, le bassin de prise d'eau de Vodo (81). Une galerie relie ce dernier au bassin de Maè dont la photographie fig. 24 illustre le site enchanteur. Un ensemble de galeries dans lequel sont insérées les centrales de Gardona et de Colomber, et franchissant en siphon la vallée de la Piave, relie le bassin de Maè avec le réservoir d'accumulation du Vaiont, si bien que ce dernier, long de 6,5 km, collecte, outre l'écoulement de son propre bassin versant de 62 km², également une fraction des eaux des vallées de Boite et de Maè.

Le lac de retenue ainsi que le barrage sur le Vaiont ont connu une tragique renommée mondiale par la catastrophe la plus grave qui se soit jamais produite dans un bassin d'accumulation alpin: peu après le début du remplissage en automne 1960, on avait déjà remarqué, au tiers antérieur du lac de retenue, de lents glissements d'une importante masse rocheuse au flanc du Monte Toc sur le versant gauche des gorges abruptes creusées par l'érosion. Comme il n'était pas question d'en arrêter le mouvement on pouvait admettre que la coulée terminerait sa trajectoire en se bloquant contre le versant opposé de la vallée, au prix du déplacement d'importantes masses d'eau. C'est pourquoi on maintint le niveau du lac de retenue à environ 20 m au-dessous du niveau maximum, ce qui correspondait à un creux de sécurité de 40 à 50 millions de m³, et l'on continua à surveiller de près les glissements des roches. Dans la nuit du 9 au 10 octobre 1963, il se produisit ce que personne n'avait cru possible; la masse en mouvement dont la progression s'était accélérée en l'espace de quelques heures,

In den östlichen Venetianer Alpen ist im Tagliamento-Gebiet, vom Unterwasser des vom grossen Lumiei-Stausee Sauris (68) gespeisten Kraftwerks Ampezzo ausgehend, eine grosse Unterstufe mit Einbeziehung des linksseitigen Hauptzubringers Degano ausgebaut worden, mit rd. 40 km langem Stollensystem. An der Kreuzung des Hauptstollens in der rechten Talflanke mit dem Ambiesta-Tal ist als grosser Tages- und Wochenspeicher der nach dem nahegelegenen Berg benannte Lago di Verzegnis (69) eingeschoben. Seiner Kuppelstaumauer wurde mit Rücksicht auf die Möglichkeit von Erdbeben durch starke Bewehrung erhöhte Sicherheit verliehen. Das leistungsstarke Kraftwerk Somplago (275 MW) in Kaverne am natürlichen Lago di Cavazzo (70) benutzt diesen mit 4 m Spiegelschwankung als Ausgleichbecken.

Südlich vom oberen Tagliamento sind im Meduna-Gebiet in bisher fast unerschlossenem Bergland als Ergänzung des bestehenden 4 km langen Stausees Ponte Racli oder Lago di Tramonti (74), mit 220 km² Einzugsgebiet und drei unterliegenden Kraftwerken bis Istrago an der Cosa, zwei neue grosse Speicherseen entstanden. Im Alto Meduna selbst oberhalb Frassaneit liegt das Becken Ca' Zui (72), im rechten Zubringer Silisia 100 m tiefer der Hauptspeicher Ca' Selva (73) mit 36 Mio m³ Stauraum (Fig. 22). Eine neue 4 km lange tunnelreiche Strasse verbindet beide Sperrstellen. Durch hohe Gewölbemauern aufgestaut sind die Seen 3,0 und 4,5 km lang. Jeder sperrt ein Einzugsgebiet von 40 km². Vom Oberspeicher wird das Wasser durch das Kraftwerk Valina zum Ca' Selva-Becken abgearbeitet; dieses speist das Kraftwerk Chievolis (11 MW) an einer rechtsufrigen Bucht des Meduna-Sees.

Im Piave-Gebiet ist bis 1962 das seit dem Ende des 2. Weltkriegs entstandene Speicher- und Kraftwerkssystem weiter ausgebaut worden. In ihm werden die Wasser des oberen Piave und Boite aus dem grossen Stausee Pieve di Cadore (80), den Fig. 23 mit seiner weitgespannten Bogenstaumauer zeigt, durch einen 25 km langen Druckstollen dem Spitzenbecken Val Gallina (85) und dem grossen Kavernenkraftwerk Soverzene (220 MW) zugeführt. An der Kreuzung mit dem tief eingeschnittenen Vaiont-tal (84) war ursprünglich ein Speicher mit einem dem Spiegel der genannten Becken angepassten Stauziel und 60 Mio m³ Inhalt geplant. Weitere Studien führten dazu, die Gunst der engen Vaiontschlucht als Sperrstelle ausnutzend, ihn 44 m höher mit 150 Mio m³ Nutzraum und der mit 262 m höchsten Bogenstaumauer der Welt auszubauen. Die Füllung dieses über dem oben genannten Horizont liegenden grossen Stauraumes bedingte weitere Massnahmen, welche die jüngeren Ergänzungsspeicher beeinflusst haben. Im rechtsseitigen Maè-Tal entstand der Stausee Pontesei (83), kleiner als ursprünglich gedacht, und im Boitetal der Wasserfassungsspeicher Vodo (81). Von letzterem führt ein Stollen zum Maè-Becken, dessen reizvolle Landschaft Fig. 24 zeigt. Dieses ist durch einen Stollenzug, in dem die Kraftwerke Gardona und Colomber eingeschaltet sind, das Piavetal als Düker querend mit dem Vaiont-Speicher verbunden, so dass dessen 6,5 km langer Stausee ausser vom eigenen 62 km² grossen Einzugsgebiet noch mit Boite- und Maè-Wasser gespeist wird.

Vaiont-Stausee und Staumauer haben durch die schwerste Katastrophe, die je den alpinen Talsperrenbau betroffen hat, weltweit eine tragische Berühmtheit erlangt. Bald nach Staubeginn im Herbst 1960 hatten sich bereits in der linken Flanke der steilen Erosionsschlucht im vorderen Drittel des Stauraums langsame Gleitbewegungen einer ausgedehnten Felsmasse am Monte Toc bemerkbar gemacht. Man musste, da ein Abfangen unmöglich war, damit rechnen, dass die

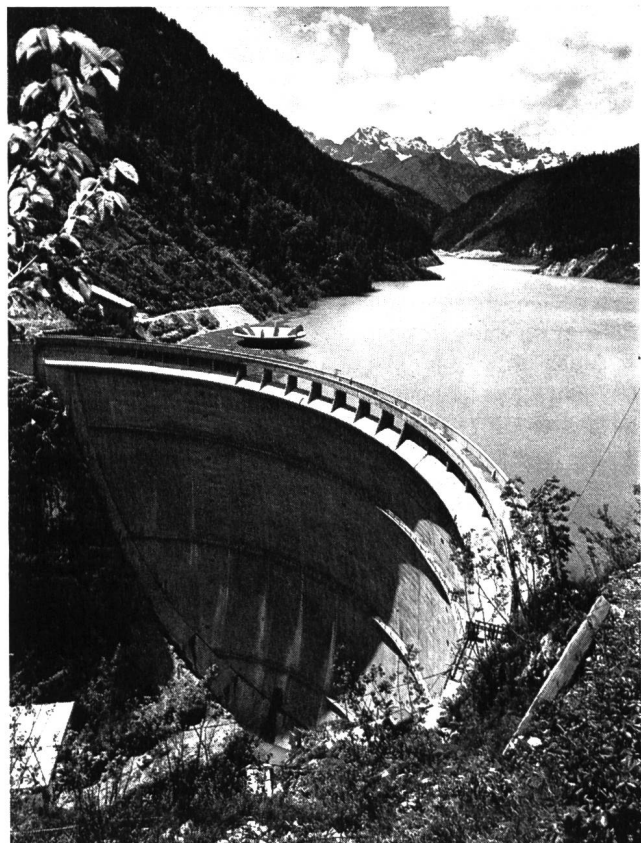
Gleitmasse erst an der gegenüberliegenden Talwand sich abstützen und zum Stillstand kommen würde, unter Verdrängung einer erheblichen Wassermasse. Der Seespiegel wurde daher rd. 20 m unter Vollstau gehalten, was einem Schutzraum von 40 bis 50 Mio m³ entsprach, und die Felsbewegungen genau beobachtet. In der Nacht vom 9./10. Oktober 1963 trat ein, was niemand für möglich gehalten hatte: die Gleitmasse, deren Bewegung sich innerhalb weniger Stunden verstärkt hatte, verlor plötzlich ihren Halt und auf einer tiefliegenden Bruchfläche glitten mehr als 300 Mio m³ Fels in 2 km breiter Front mit hoher Geschwindigkeit in den See, eine gewaltige Flutwelle aufwerfend, die am Gegenhang 200 m hoch aufbrandete, ins obere Tal lief, dessen Ufer verwüstend, und eine ca. 70 m hohe Woge über die Mauerkrone warf. Etwa 25 Mio m³ Wasser rasten turmhoch aus der engen Vaiontschlucht ins Piavetal hinaus, mehrere Dörfer zu grossen Teilen unter sich begrabend, namentlich die nächstgelegene Ortschaft Longarone. Ueber 2000 Todesopfer waren zu beklagen.

Die Staumauer selbst hat standgehalten, ein eindrücklicher Beweis, welche Sicherheitsreserven eine gutfundierte Gewölbesperre auch bei extremer Ueberlastung bietet. Die bei den grossen Stauhöhen vieler Speicherseen gebotene Pflicht, auch die Stauseeufer eingehend auf ihre Standsicherheit zu untersuchen, war in nachdrücklichster Weise unterstrichen worden. Seither sind wohl alle möglicherweise zu Bedenken Anlass gebenden Uferbereiche der Alpenspeicher streng überprüft worden. Die junge Wissenschaft der Felsmechanik hat Gefahren und Bedingungen des «progressiven Bruchs» im Fels, auch unter dem Einfluss wechselnden Kluftwassers, eingehend erforscht. Vertiefte Erkenntnisse, verfeinerte Untersuchungsmethoden und die moder-

Fig. 24 Stausee Pontesei (800 m) im Maè-Tal Valle di Zoldo

Fig. 24 Bassin d'accumulation de Pontesei (800 m) dans la vallée de Maè Valle di Zoldo

(Photo ENEL/Compartimento di Venezia)



perdit soudain toute assise, et, le long d'une ligne de rupture située en profondeur, plus de 300 millions de m³ de roches furent précipités à grande vitesse dans le lac, sur un front de 2 km, provoquant un gigantesque raz-de-marée qui se réfléchit jusqu'à une hauteur de 200 m sur le versant opposé, remonta le cours supérieur de la vallée en détruisant tout sur son passage, et projeta une lame d'environ 70 m de haut par-dessus la crête du barrage. Environ 25 millions de m³ s'échappèrent ainsi à une vitesse folle des gorges du Vaiont et se répandirent dans la vallée de la Piave, ensevelissant en grande partie plusieurs villages, en particulier le village voisin de Longarone. On déplora plus de 2000 victimes.

Le barrage lui-même tint bon; c'était une démonstration éclatante de la marge de sécurité qu'offre un barrage-voûte bien ancré, même en cas de surcharge extrême. L'obligation formelle de sonder à fond la stabilité des rives des nombreux bassins d'accumulation de haute retenue, a été ainsi mise en évidence d'une façon éclatante. Bien entendu, après cette catastrophe toutes les rives en bordure des bassins d'accumulation alpins, qui pouvaient sembler douteux de quelque façon que ce soit, ont été strictement contrôlés. La toute nouvelle science de la mécanique des roches a exploré à fond les dangers et les conditions de «rupture progressive» du roc, également sous l'influence des variations de débits des eaux d'infiltration. Des connaissances approfondies, des méthodes d'auscultation plus poussées, ainsi que les moyens modernes mis en œuvre dans les ouvrages fondés sur la roche, offrent aujourd'hui toutes les garanties pour affronter de tels dangers dans les meilleures conditions.

Le glissement de rochers du Monte Toc a subdivisé le bassin d'accumulation du Vaiont en deux parties: un petit lac attenant au barrage et un grand dans la partie amont. On a construit une galerie de décharge pour évacuer les apports naturels vers la vallée voisine de Cellina. Ce n'est qu'après une longue période d'observation et de travaux d'adaptation que l'on pourra se prononcer sur l'utilisation possible du volume de retenue résiduel de ce bassin. En attendant, il figure dans notre statistique pour une capacité de 20 millions de m³.

Depuis 40 ans, en aval de Soverzene, une grande fraction du débit de la Piave est dérivée par le sillon tracé pendant la période glaciaire par le glacier de la Piave, dans la retenue du *Lago S. Croce* (76), situé dans la région de Tessa-Meschio, dans laquelle elle est exploitée par plusieurs centrales en cascade sous une hauteur de chute totale de 280 m. Au cours des années écoulées, on a modernisé les anciennes centrales de Fadalto, de Nove, de S. Floriano et de Castelletto; la première, située entre le *Lago di S. Croce* et le *Lago Morto* (77), constitue avec ses 210 MW de puissance et son équipement en pompes d'accumulation prévu une usine de pointe très moderne.

Dans la région du Cordevole, principal affluent rive droite de la Piave inférieure, la vallée du *Mis* a été dotée d'un lac de retenue (88) fort bien situé. Le bassin du Cordevole, alimentant l'usine de Sospirolo (40 MW) reçoit les eaux restituées par le groupement d'usines de Cencenighe, Agordo et Stanga, qui turbine les apports du bassin d'accumulation de *Fedaia* (110) sur la Marmolada (fig. 25), du lac d'*Alleghe* (86), ainsi que du lac de *Cavia* (87) dans le Biois supérieur à proximité du col de San Pellegrino. Sur la Piave on rencontre ensuite le nouveau bief de Quero, avant que les eaux soient dirigées vers les canaux d'irrigation de la région de Brentella-Nervesa dans la plaine du pourtour alpin.

Dans la vallée du Cismon, affluent de la Brenta, le com-

plexe des bassins d'accumulation de *Corlo* (94) et de *Senàiga* (93) sur le cours inférieur, a été complété, sur le cours supérieur, par les bassins d'accumulation du *Val Noana* (91) dans la vallée en rive gauche de même nom, et du *Val Schenèr* (92) dans la vallée principale, tous deux mis en retenue par de hauts barrages-voûte. Le premier alimente la centrale souterraine de *S. Silvestro* (55 MW), le second utilise également l'eau amenée par une galerie d'adduction depuis le bassin de *Forse Buso* (111) dans le *Travignolo*.

Dans la région de l'Adige et de l'Isarco au Tyrol méridional, six bassins d'accumulation existaient dès avant 1954. Le plus vaste d'entre eux, le *Lago di Resia* (95) réunissant les deux lacs naturels de *Reschensee* et de *Mittersee*, a vu depuis sa capacité utile portée à 121 millions de m³ par une surélévation du niveau de la retenue de 2 m. Dans le *Val di Senàles* même, en amont de *La Madonna* (*Unsere Frau*), le bassin d'accumulation de *Vernago / Vernagt* (97), situé à l'altitude de 1690 m, est passé de 15,7 millions de m³ lors de son aménagement partiel, à 43,2 millions de m³. Il est alimenté par les eaux issues de la crête principale de l'*Oetzal*, du *Weisskogel* jusqu'à la *Hochwilde*, ainsi que de la crête du *Saldura*. La fig. 26 (en couleurs) montre ce lac dans son cadre grandiose de hautes montagnes. Comme pour le *Lac de Resia*, on a érigé ici sur un dépôt alluvionnaire de 200 m d'épaisseur environ, une digue en terre comportant un noyau d'étanchéité intérieur, dont le masque en béton n'est ancré dans les fondations que sur une faible profondeur, mais qui est complété par des injections. Au temps de leur construction, ces deux digues représentaient une solution d'avantgarde d'une technique constructive, qui a été depuis lors maintes fois mise en œuvre dans les aménagements alpins, même pour des hauteurs de retenue importantes. L'ancienne centrale de *Schnalstal* est aujourd'hui supplantée par la nouvelle usine de *Naturno*, qui grâce à une hauteur de chute doublée (1150 m), délivre une puissance de 116 MW et une productibilité de 285 GWh, son bassin versant totalisant maintenant 150 km², mais elle est maintenue en service pour l'exploitation des écoulements du bassin versant non capté par la nouvelle usine.

Le *Val d'Ultimo*, dont le confluent se trouve en aval de *Meran*, a été au cours de la dernière décennie, complètement aménagé au point de vue de l'énergie hydraulique, par un groupement de quatre biefs principaux et un bief latéral, comportant 2200 m de chute globale et cinq bassins d'accumulation. Le lac naturel du *Lago Verde / Grünsee* (98), a été endigué par un barrage en enrochements de 87 m de hauteur, ce qui porte sa cote de retenue à l'altitude de 2529 m. Il ne peut être rempli qu'en faisant appel à un appoint de pompage et appartient à l'un des trois lacs les plus élevés des Alpes orientales (fig. 27). Il est suivi dans la vallée principale du torrent de *Valsura*, par le petit bassin intermédiaire de *Fontana Bianca / Weissbrunnsee* (99), et, à la cote 1141 m, par le bassin principal de *Zoccolo / Zocklersee* (100) avec ses 33,1 millions de m³ de volume utile. Comme pour les lacs de *Resia* et de *Vernago*, on a construit une digue en terre haute de 66 m sur un dépôt d'une profondeur atteignant 160 m, dans la zone de la rive gauche contiguë au cône d'alluvions. Une paroi de pieux forés s'ancre à une profondeur comprise entre 45 et 59 m dans la fondation; le talus amont de la digue est revêtu de béton bitumineux. Des puits de décompression installés au pied du parement aval servent à prévenir les effets des eaux d'infiltrations souterraines. Dans la vallée du *Jan-Bach*, affluent rive gauche du lac de retenue *Zoccolo*, on a aménagé au niveau de la



(Photo Azienda Elettrica Consorziale di Bolzano e Merano, Bolzano)

Fig. 26

Stausee Vernagt/Vernago (1690 m) im Südtiroler Etschgebiet

Bassin d'accumulation de Vernago/Vernagt (1690 m) dans la région de l'Adige au Tyrol du Sud



Fig. 25 Fedaia-Stausee (2053 m) unter der Marmolada (3342 m) in den Dolomiten; westliche Pfeilerstaumauer gegen das Avisio-Tal

Fig. 25 Bassin d'accumulation de Fedaia (2053 m) au pied de la Marmolata (3342 m) dans les Dolomites; barrage à contreforts vers la vallée de l'Avisio à l'ouest du bassin
(Photo ENEL/Compartimento di Venezia)

nen Mittel des Felsbaues geben heute alle Voraussetzungen, derartigen Gefahren sicher zu begegnen.

Der Felsrutsch am Monte Toc hat den Vaiont-Stausee in zwei Becken unterteilt, ein kleines an der Mauer und ein grosses im hinteren Bereich. Zur Abführung des natürlich zufließenden Wassers wurde ein Entlastungsstollen ins östliche Nachbartal der Cellina getrieben. Der Grad, in dem der verbliebene Speicherraum weiter genutzt werden kann, hängt von langfristigen Beobachtungen und Anpassungsmassnahmen ab. In unserer Statistik ist er einstweilen mit 20 Mio m³ eingesetzt.

Unterhalb Soverzo wird seit 40 Jahren ein Grossteil des Piaveabflusses, der Furche des eiszeitlichen Piavegletschers folgend, zum aufgestauten Lago di S. Croce (76) ins Tesa-Meschio-Gebiet abgeleitet und dort noch in mehreren Kraftwerkstufen über 280 m ausgenutzt. In den letzten Jahren wurden hier die alten Werke Fadalto, Nove, S. Floriano und Castelletto erneuert, das erstere, zwischen Lago di S. Croce und Lago Morto (77), mit 210 MW und vorgesehener Pumpspeicherergänzung als modernes Spitzenwerk.

Im Gebiet des Cordevole, dem rechten Hauptzubringer des unteren Piave, hat das Mis-Tal einen schön gelegenen grossen Stausee (88) erhalten. Vom Unterwasser der Kraftwerkstufen Cencenighe, Agordo und Stanga, die den Zuschuss aus den Speicherseen Fedaia (110) an der Marmolada (Fig. 25), Lago d'Alleghe (86) und dem hochgelegenen Lago di Cavia (87) im oberen Biois,

nahe beim San Pellegrino-Pass, nützen, ist der Cordevole eingeleitet und die neue Speicherstufe speist das Kraftwerk Sospirolo (40 MW). Im Piave folgt die neue Stufe Quero, ehe das Wasser an die Bewässerungskanäle im Bereich Brentella-Nervesa im Alpenvorland übergeht.

Im Tal des zur Brenta entwässernden Cison sind zu den bestehenden Speicherseen im Unterlauf Corlo (94) und Senaiga (93) im Oberlauf die Stauseen Val Noana (91) im gleichnamigen linken Seitental und Val Schenèr (92) im Haupttal hinzugekommen, beide von hohen Gewölbemauern aufgestaut. Ersterer speist das Kavernenkraftwerk S. Silvestro (55 MW), letzterer nutzt auch aus dem Vanoital das Ueberleitungswasser des Speichers Forte Buso (111) im Travignolo.

Im Südtiroler Etsch- und Eisack-Gebiet waren schon vor 1954 sechs Speicherseen entstanden. Der grösste von ihnen, der den natürlichen Reschen- und Mittersee vereinigende Lago di Resia (95) ist inzwischen durch Hebung seines Stauziels um 2 m auf 121 Mio m³ Nutzraum vergrössert worden. Auch der im inneren Schnalstal oberhalb Unser Frau 1690 m ü. A. gelegene Speicher Vernagt-Vernago (97) ist von seinem Teilausbau von 15,7 Mio m³ nunmehr auf 43,2 Mio m³ erhöht worden. Er wird von den Abflüssen des Oetztaler Hauptkamms, von Weisskugel bis Hochwilde, und des Salurnkamms gespeist. Das Farnebild Fig. 26 zeigt den See in seiner grossartigen Gebirgsumrahmung. Wie am Reschensee ist hier auf einer etwa 200 m mächtigen Talverschüttung ein Erddamm mit



◀ Fig. 27 Aufgestauter Grünsee/Lago Verde (2529 m) im obersten Ultental (Südtirol)

Fig. 27 Le lac surélevé Lago Verde/Grünsee (2529 m) dans le Val d'Ultimo supérieur (Tirol du Sud)

(Photo S. Dino/Milano)



Fig. 28 Stausee Nöfes/Neves (1856 m) im Lappachtal/Südtirol. Blick auf den Zillertaler Hauptkamm mit Gross Mösel (3478 m)

Fig. 28 Bassin d'accumulation Neves/Nöfes (1856 m) dans la vallée de Lappago/Val Selva dei Molini au Tirol du Sud; vue sur la chaîne principale des montagnes du Zillertal avec le Grand Mösel (3478 m) (Photo Ferruzzi/Venezia)



◀ Fig. 30 Stausee Pian Palù (1800 m) im Noce-Gebiet

Fig. 30 Bassin d'accumulation de Pian Palù (1800 m) dans la région du fleuve Noce

(Photo G. Chiolini/Pavia)

cheminée d'équilibre de la retenue de S. Valpurga (collectant 70 km² de bassin versant), l'usine de pompage de Pramun (42 MW). Le réservoir supérieur de cette usine est le Quaira della Miniera / Achtzgersee (101) situé à 2250 m d'altitude, dans une cuvette glaciaire partiellement comblée, au pied de l'Orecchia (3256 m). L'ensemble des centrales du Val d'Ultimo, jusqu'à Lana, dispose ainsi d'un bassin versant de 243 km² et fournit une puissance de 250 MW et une production de 570 GWh dont 215 GWh en hiver.

Dans le Val Pusteria, région de l'Isarco, on a aménagé deux nouveaux bassins d'accumulation: dans la vallée même de la Rienza, en aval du Val d'Anterselva, le lac d'accumulation Valdaora-Olang (103) avec la centrale souterraine de Brunico (27 MW). Le Val di Türes qui le rejoint près de Brunico comprend dans le vallon de Lappago (vallée supérieure de Selva dei Molini), sur le versant sud de la crête principale du Zillertal, à 1856 m d'altitude, le bassin d'accumulation de Neves / Nöfes (104). Il est endigué par un barrage-coupe de 90 m de hauteur implanté dans un étranglement de la vallée (fig. 28). A 10 km à vol d'oiseau, au-delà de la crête principale, se situe le grand lac de Schlegeis. L'usine de Lappago fait partie de l'aménagement de Neves, mais les deux réservoirs contribuent à la production de la chaîne des centrales au fil de l'eau de Bressanone jusqu'à Cardano (en gros 400 m de hauteur de chute) par un sérieux appoint d'hiver.

Près du défilé de Salorno, nous trouvons dans les flancs de porphyre de la vallée de l'Adige, la grande centrale souterraine d'Egna (195 MW) qui, sous 550 m de chute, turbine les eaux de l'Avisio. Le bassin d'accumulation de Stramentizzo (112) qui l'alimente avec ses 10 millions de m³ de capacité utile, se situe dans un élargissement de vallée, intéressant au point de vue morphologique. Le thalweg primitif est barré par une moraine de la période glaciaire, et l'Avisio emprunte ici une gorge épigénétique creusée dans le porphyre. Cette gorge de Forra dei Camini est verrouillée par un barrage-voûte de 62 m de hauteur; sur la rive gauche, la barre de moraine, soumise à la poussée de la retenue, a été consolidée et étanchée sur son parement amont ainsi que dans ses fondations par des injections (fig. 29).

Dans le Val di Sole où il existe depuis 1934 le bassin d'accumulation le plus haut des Alpes orientales, le lac du Careser (107) à 2600 m d'altitude, et, depuis 1950, le grand bassin d'accumulation de S. Giustina (109) sur le Noce avec ses 172 millions de m³ de volume utile, on a achevé sur le Noce di Val del Monte, le lac de retenue de Pian Palù (108). Son ouvrage de retenue repose sur une masse d'éboulis barrant l'exutoire du lac en partie comblé par des alluvions. A l'origine on avait prévu ici un barrage en enrochements édifié en trois étages. Mais on l'a réalisé finalement avec un procédé nouveau de cons-

Fig. 29

Avisio-Stausee Stramentizzo (789 m) im Val di Fiemme;
Bogenstaumauer in der
epigenetischen Schlucht

Bassin d'accumulation de
Stramentizzo (789 m) sur
l'Avisio dans le Val di Fiemme/
Dolomites; barrage-voûte dans
la gorge épigénétique

(Photo Ferruzzi/Venezia)



innerem Dichtungskern errichtet, der als Betonwand nur auf begrenzte Tiefe in den Untergrund reicht und durch Einpressungen ergänzt ist. Diese beiden Dämme waren bei ihrer Erbauung fortschrittliche Lösungen einer Bauaufgabe, die seither bei alpinen Staubecken öfter und bis zu grössten Stauhöhen gemeistert wurde. Das alte Schnalstalkraftwerk Naturns wurde durch eine Neuanlage mit der doppelten Fallhöhe, 1150 m bei 116 MW Leistung und 285 GWh aus 150 km² erfasstem Einzugsgebiet ersetzt, bleibt aber für das Restgebiet in Betrieb.

Das unterhalb von Meran mündende Ultental ist im letzten Jahrzehnt durch eine Gruppe von vier Hauptstufen und einer Seitenstufe mit fünf Speichern kraftwirtschaftlich vollständig über 2200 m Fallhöhe ausgebaut worden. Der natürliche Grünsee — Lago Verde (98) durch einen

87 m hohen Steindamm auf 2529 m ü. A. aufgestaut, mit teilweiser Pumpspeicherfüllung, gehört zu den drei höchstgelegenen der Ostalpen (Fig. 27). Ihm folgt im Haupttal des Valschauer Bachs der kleinere Zwischenspeicher Weissbrunn — Fontana-Bianca (99) und auf 1141 m ü. A. der Hauptspeicher Zocklersee — Zoccolo (100) mit 33,1 Mio m³ Nutzraum. Ähnlich wie am Reschen- und Vernagtsee ist auch hier auf bis zu 160 m tiefer Talverschüttung — in der Tiefe Moräne, seitlich Schwemmkegel — ein 66 m hoher Erddamm errichtet. In den Untergrund greift 45 bis 55 m tief eine Betonbohrpfahlwand; der Damm selbst besitzt eine Böschungsdichtung aus Asphaltbeton. Der Beherrschung unterirdischer Durchsickerungen dienen Entspannungsbrunnen am luftseitigen Dammfuss. In den 3,5 km langen Zocklersee mündet von links der Jan-Bach. In

Fig. 31

Lago di Molveno (833 m) im
Trentino; Blick auf die
Brentagruppe

Lac de Molveno (833 m) au
Trentino; vue sur le groupe
de la Brenta

(Photo Pedrotti/Trento)



truction que la fig. 30 permet de distinguer: la juxtaposition d'énormes cubes de béton coulés sur place mais non joints de façon à autoriser un tassement sans risque de contrainte. Le parement amont, de forte pente, est rendu étanche par un revêtement en tôle d'acier. L'étanchéité des fondations a été obtenue par un éperon de béton, large de 3 m, progressant jusqu'à 68 m de profondeur sous le radier de la vallée (en rive gauche, cette profondeur atteint même 92 m).

Près de Rovereto débouchent les vallées du Leno qui recueillent les précipitations du Massif du Pasubio, théâtre d'âpres combats lors de la Première guerre mondiale. Durant la dernière décennie, les «Usines municipales de Vérone» ont aménagé quelques bassins d'accumulation mineurs ainsi qu'une chaîne d'usines. Sur le cours inférieur du Leno di Vallarsa se situe, à 280 m d'altitude seulement, le bassin du Toldo (115) ou du Colombano alimentant l'usine du même nom. L'adduction du Leno di Terragnolo porte la surface du bassin versant à 84 km²; les eaux du cours supérieur de cette rivière ajoutées à la dérivation provenant du Rio Carrello sont turbinées dans cette même centrale sous 470 m de chute. Le cours supérieur de ce torrent est équipé du réservoir de Speccheri (114) à 805 m d'altitude, et contenant un volume utile de 9,5 millions de m³, il est mis en retenue par un barrage-voûte de 156 m de hauteur, implanté dans une gorge étroite. La centrale de Mezzocorona qu'il alimente se trouve dans la vallée de l'Adige près d'Ala.

Au total la région de l'Adige dispose à présent d'une capacité de retenue de 497 millions de m³ répartis en 20 bassins, non compris les dérivations vers les bassins de retenue de Fedaia et de Forte Buso situés dans les Dolomites et exploités respectivement sur le Cordevole et le Cison. Ils procurent également un important apport d'hiver à la chaîne des grandes centrales au fil de l'eau sur l'Adige inférieur: Ala, Bussolengo, Chievo, Tombetta et Zevio, la plus récente, utilisant au total 105 m de chute nette.

Le lac naturel du Lago di Molveno (118) situé à l'est du groupe de la Brenta, est aménagé depuis 1953 comme bassin d'accumulation de grande capacité de la centrale de Sta Massenza, la plus puissante des anciennes usines souterraines d'Italie; le lac d'une profondeur de

125 m (fig. 31), doit son existence à un formidable éboulement de montagne; sans aucun écoulement de surface, le bilan hydrologique de son bassin de 65 km², s'équilibrait par les seuls phénomènes d'évaporation et d'infiltration. Grâce à un double voile d'étanchéité injecté dans les éboulis, on put obtenir une étanchéité satisfaisante; le reliquat des eaux d'infiltration est refoulé dans le lac par pompage. En raison de la profondeur de sa prise d'eau (116 m), ce lac offrait, à l'époque, une capacité de retenue de 178 millions de m³ pour la régularisation des affluents de la Sarca, drainant un bassin versant de 545 km², et dont les eaux sont amenées par une galerie de 48 km de long. Depuis 1963, la construction d'une digue en enrochements de 16 m de haut et l'exécution des travaux confortatifs ont permis de surélever le niveau de retenue de 8 m et d'augmenter son volume utile de 28 millions de m³. Simultanément, la centrale de Sta Massenza (582 m de hauteur de chute maximale, 355 MW) a été équipée de deux pompes d'accumulation. En outre, la centrale de Torbole (110 MW, 302 GWh) utilisant le Lago di Cavedine (120) comme réservoir journalier, a été aménagée comme dernier palier de restitution au lac de Garde

Sur la côte ouest du lac de Garde, où il existait déjà l'usine alimentée par le lac naturel du Lago di Ledro (121) et complétée en 1947 par une pompe d'accumulation, on a construit plus tard l'usine spécifique de pompage du Toscolano qui utilise également le lac de Garde comme réservoir inférieur. Le bassin d'accumulation de Valvestino (122) aux rives échanquées de nombreuses baies, retient 47,5 millions de m³ à 438 m au-dessus du niveau du lac de Garde, et alimente la centrale souterraine de Villa Gargnano (135 MW). Longtemps inexploitée, la région du Chiese supérieur qui collecte les eaux du versant sud-est du massif de l'Adamello, a été équipée au cours des années 1954 à 1957 d'un groupement de trois usines de lac en cascade. Dans la vallée supérieure, appelée Val Daone, un impressionnant barrage à contreforts évidés retient les 60 millions de m³ du réservoir de la Malga Bissina (123) situé dans une cuvette glaciaire fortement alluvionnée et qui, grâce aux adductions des torrents des deux rives, collecte les écoulements d'un bassin versant de 75 km². La

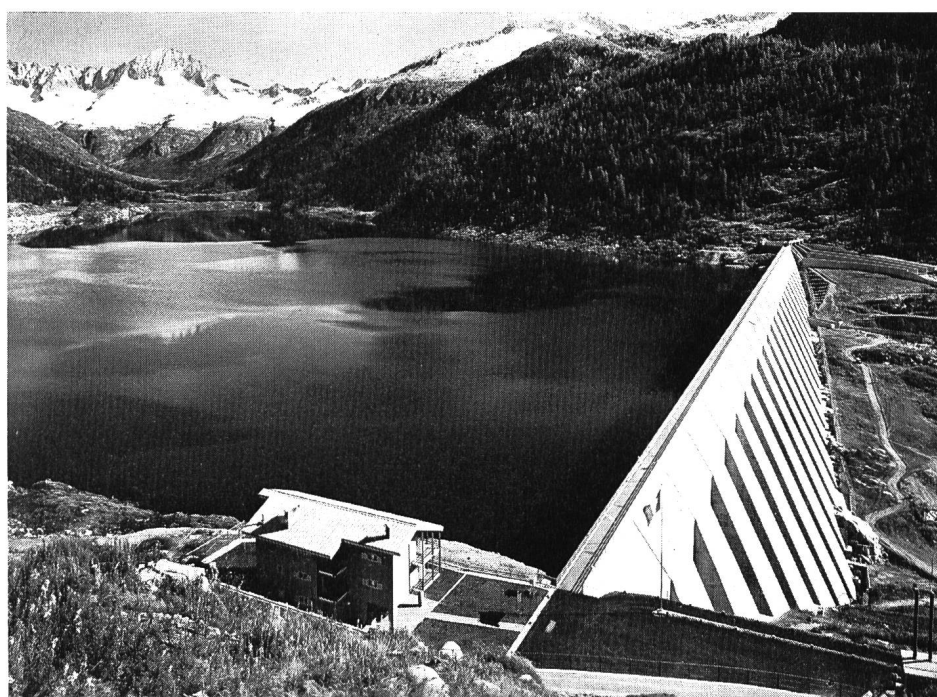


Fig. 32

Stausee Malga Bissina (1788 m) im oberen Chiese (Adamello-Gruppe) mit M. Carè Alto (3462 m)

Bassin d'accumulation de Malga Bissina (1788 m) dans le fleuve Chiese supérieur (Massif de l'Adamello); vue sur le M. Carè Alto (3462 m)

(Photo G. Chiolini/Pavia)

seinem Tal ist im Wasserschlosshorizont der 70 km² erfassenden Stufe II, St. Walburg, das Pumpspeicherwerk Kuppelwieseralm-Pracomune (42 MW) ausgebaut worden, mit dem in einer verlandeten glazialen Wanne auf 2250 m ü. A. unter dem Hasenohr (3256 m) gelegenen Oberspeicher Achtgersee — Quaira della Miniera (101). Insgesamt erbringen die Ultental-Werke bis Lana aus 243 km² Einzugsgebiet bei 250 MW Leistung 570 GWh, davon 215 GWh im Winter.

Im Eisack-Gebiet sind im Pustertal zwei schöne Speicherseen neu entstanden. Im Rienztal selbst oberhalb des Antholzer Tales der Stausee Olang — Valdaora (103) mit dem Kavernenkraftwerk Brunico (27 MW). Das bei Brunec mündende Tauferer-Tal birgt im Lappachtal (oberes Mühlwaldertal), am Südabfall des Zillertaler Hauptkamms auf 1856 m ü. A. hochalpin gelegen den Speichersee Nöfes — Neves (104). An einer Talwieselung staut ihn eine 90 m hohe Kuppelmauer (Fig. 28). Jenseits des Hauptkamms, in kaum 10 km Luftlinienentfernung, liegt ihm der grosse Schlegeissee gegenüber. Dem Becken Neves zugeordnet ist das Kraftwerk Lappago. Beide Speicher bringen zudem der Laufwerkette von Brixen bis Kardaun (rd. 400 m Fallhöhe) erwünschten Winterzuschuss.

Nahe der Salurner Klausen finden wir in den Porphyrrwänden des Etschtales das grosse Kavernenkraftwerk Egna (195 MW), in dem unter 550 m Fallhöhe das Wasser des Avisio abgearbeitet wird. Der zugehörige Speichersee Stramentizzo (112), 10 Mio m³, in der Val di Fiemme liegt in einer morphologisch interessanten Talweitung. Der ursprüngliche Talweg ist durch eine Moräne der Würmeiszeit abgedämmt und der Avisio fliesst hier in einer epigenetischen Schlucht im Porphyrr. Diese Forra dei Camini sperrt eine 62 m hohe Bogenmauer; der angestaute Fuss der Moräne im linken Ufer ist durch eine Böschungsbefestigung und Untergrundeinpressungen gesichert und gedichtet (Fig. 29).

Im Nonstal, wo seit 1934 der höchste Ostalpenspeicher Careser (107) 2600 ü. A., seit 1950 der grosse Noce-Stausee S. Giustina (109), 172 Mio m³, in Betrieb stehen, wurde im Noce di Val del Monte der Stausee Pian Palù (108) vollendet. Sein Stauwerk ruht auf Hangschuttmassen, die einen verlandeten Seeboden sperren. Hier war ursprünglich ein Steindamm geplant, der in drei Stadien hochgeführt werden sollte. Man hat es dann in einer neuartigen Bauweise hergestellt, die Fig. 30 erkennen lässt: aus an Ort betonierten Riesenquadern mit offenen Fugen, die sich zwanglos setzen können. Die steile Wasserseite ist mit einem Stahlblechmantel versehen. Zur Untergrunddichtung greift ein 3 m breiter bergmännisch hergestellter Betonsporn bis 68 m unter die Talsohle, der unter dem linken Hang sogar 92 m Tiefe erreicht.

Bei Rovereto münden die Täler des Leno, die das im Ersten Weltkrieg hart umkämpfte Pasubio-Massiv entwässern. Hier sind im letzten Jahrzehnt einige kleinere Speicher und Kraftstufen durch die Stadtwerke Verona ausgebaut worden. Im unteren Leno di Vallarsa liegt nur 280 m ü. M. das Becken Toldo (115) oder Colombano mit dem gleichnamigen Kraftwerk. Beigeleitet ist der Leno di Terragnolo (zus. 84 km²), dessen oberes Gebiet mit Ueberleitung des Rio Cavallo im gleichen Kraftwerk als 470 m-Stufe genutzt wird. Der Oberlauf des ersten Wildbachs birgt den Speicher Speccheri (114), 805 m ü. A. mit 9,5 Mio m³ Nutzraum, den eine 157 m hohe Bogenmauer in enger Schlucht aufstaut. Das zugehörige Kraftwerk Mezzocorona liegt im Etschtal bei Ala.

Insgesamt besitzt das Etschgebiet nunmehr 497 Mio m³ Speicherraum in 20 Becken, ohne die durch Ueberleitung im

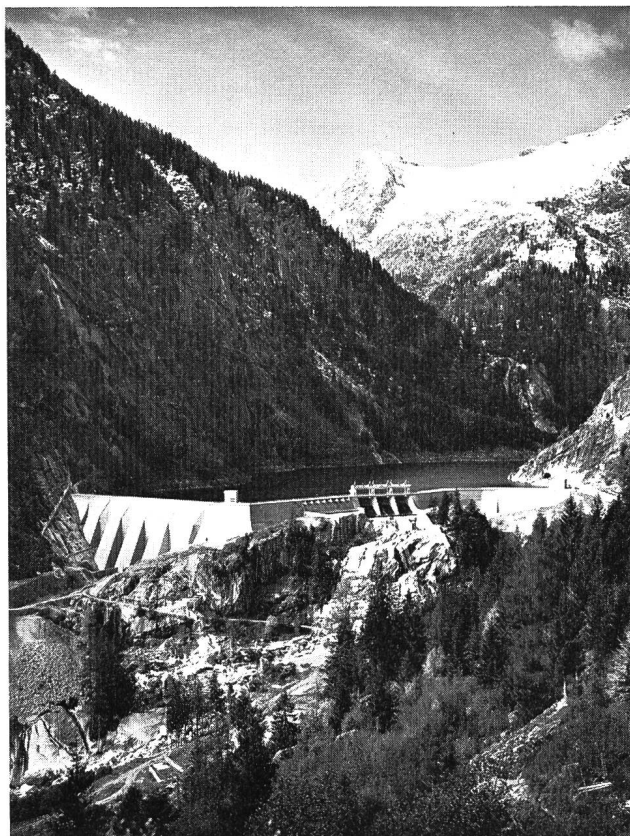


Fig. 33 Stausee Malga Boazzo (1225 m) im obren Chiesetal mit seiner eine Talstufe krönenden Pfeilerstaumauer

Fig. 33 Bassin d'accumulation de Malga Boazzo (1225 m) dans la vallée du Chiese supérieur avec le barrage à contreforts

(Photo G. Chiolini/Pavia)

Cordevole bzw. Cismon ausgenützten Dolomitenstauseen Fedaia und Forte Buso. Sie bringen auch der Kette der grossen Laufwerke an der unteren Etsch: Ala, Bussolengo, Chievo, Tombetta, Sorio und als jüngstes Zevio, mit rd. 105 m Nutzfallhöhe einen ansehnlichen Winterzuschuss.

Der natürliche Lago di Molveno (118) im Osten der Brentagruppe ist seit 1953 als Grossspeicher des Kraftwerks Sta. Massenza, der grössten der älteren Kavernenzentralen Italiens, ausgebaut. Der 125 m tiefe See (Fig. 31) verdankt seine Entstehung einem gewaltigen Bergsturz; ohne oberirdischen Abfluss regelte sich sein Wasserhaushalt aus 65 km² Einzugsgebiet durch Verdunstung und Versickerung. Durch einen doppelreihigen Einpress-Schleier in der Bergsturzmasse konnte eine befriedigende Dichtigkeit erzielt werden; verbleibendes Sickerwasser wird zurückgepumpt. 116 m unter seinem natürlichen Spiegel angezapft, bot er zunächst einen Nutzraum von 178 Mio m³ zur Regelung der Sarcazuflüsse aus 545 km², die durch einen 48 km langen Stollen zugeleitet sind. Nunmehr ist seit 1963 durch einen 16 m hohen Steindamm, verbunden mit weiteren Dichtungsmassnahmen, das Stauziel um 8 m gehoben, der Inhalt um 28 Mio m³ vergrössert worden. Zugleich wurde das Kraftwerk Sta. Massenza (582 m max. Fallhöhe, 355 MW) durch zwei Speicherpumpen ergänzt. Ferner ist als leistungsfähige neue Unterstufe zum Gardasee das Kraftwerk Torbole (110 MW, 302 GWh) ausgebaut worden, das den Lago di Cavédine (120) als Tagesspeicher nutzt.

Auf der Westseite des Gardasees ist dem alten Ponalewerk mit dem natürlichen Lago di Ledro (121), das 1947 durch einen Pumpensatz ergänzt wurde, im Toscolano ein ausgesprochenes Pumpspeicherwerk ebenfalls mit dem

photographie fig. 32 représente ce panorama de haute-montagne avec les glaciers de l'Adamello et le sommet principal, le M. Carè Alto (3462 m). Sur un palier situé 560 m plus bas, à la jonction des vallées du Val Danerba et du Val di Leno, une petite cuvette glacière a été aménagée en bassin d'accumulation sous le nom de Malga Boazzo (124). Comme le montre la photographie fig. 33 un barrage à contreforts en surélève le seuil rocheux, épousant son tracé irrégulier. Les fondations des deux barrages reposent sur une roche de bonne qualité de tonalite. Les usines du lac de Malga Boazzo (souterraine), de Cimego (y compris une petite centrale sur l'Adanà), ainsi que le palier inférieur de Storo restituant dans le Lago d'Idro, ont une puissance installée globale de 328 MW et une productibilité de 590 GWh, dont 41 % en hiver. Le lac naturel du Lago d'Idro (126) d'une superficie de 14 km² à 368 m d'altitude, est utilisé depuis longtemps, par approfondissement de sa prise d'eau, comme bassin d'accumulation de 76 millions de m³ pour la centrale de Vobarno qui fonctionne sous 100 m de chute.

Dans les vallées du Massif de l'Adamello qui débitent vers le nord et l'ouest dans l'Oglio (Val Camonica), un assez grand nombre de lacs naturels a pu être aménagé en bassins d'accumulation à la fois par abaissement de prises d'eau et surélévation de niveaux de retenue, à la faveur de conditions topographiques favorables, et ce, dès le début de la création d'aménagements hydroélectriques dans les Alpes. Au nord, on trouve le groupement des bassins de l'Avio avec les lacs Pantano d'Avio (127), Lago Benedetto (129) et Lago d'Avio (130) ainsi que le Lago d'Aviolo (131) récupéré après dégravement comme réservoir saisonnier. Il s'y ajoute encore le petit Lago Venerocolo (128) réalisé entre 1957 et 1959 à 2538 m d'altitude, et qui occupe la deuxième place, par ordre d'altitude dans les Alpes orientales. Il est relié à la galerie en charge joignant le palier supérieur à l'usine souterraine de Benedetto (13 MW). Le grand bassin d'accumulation de Pantano d'Avio et son imposant barrage à contreforts, sont représentés par la figure 34. Dans le groupement

des bassins ouest, en plus des bassins d'accumulation interconnectés de Lago Baitone (132), Lago Dosazzo (133), Lago Salarno (134) et Lago d'Arno (135), représentant au total 73,2 millions de m³ de volume utile, les anciens barrages de Salarno et d'Arno construits en matériaux de carrière ont été, tout comme le barrage de l'Avio doublés d'une paroi de béton pourvue d'un système de drainage sur leurs parements amont. Le bassin de prise d'eau du Lago d'Arno alimentait jusqu'alors les paliers d'Isola et de Cedegolo (47 MW chacune). A présent, un aménagement unique de 1420 m de hauteur de chute, court-circuitant la centrale supérieure, est en cours de réalisation. La centrale sera équipée en deux étapes d'une puissance de 500 MW en turbine et de 212 MW en pompe, ce qui est un exemple remarquable du progrès développé de nos jours dans le domaine des réservoirs d'accumulation d'énergie. Le site de cette usine se prête particulièrement bien à la modulation de l'énergie nucléaire de la centrale de Mezzanone (783 MW), actuellement en construction près de la retenue de l'usine au fil de l'eau Isola Serafini, sur le Po, à 100 km plus au sud.

Dans la région du Serio et du Brembo dans les Alpes de Bergame, aucun aménagement nouveau n'est venu s'ajouter aux nombreux petits bassins d'accumulation déjà existants, dont sept uniquement sur le Brembo di Branzi (22,4 millions de m³).

La vallée longitudinale de l'Adda en amont du lac de Côme (Valtellina/Veltlin), comportant de forts déclivités dans son cours supérieur ainsi que dans ses vallées latérales, représente depuis longtemps un centre riche en bassins d'accumulation importants. Les grands lacs de retenue de la vallée supérieure de Fraële, San Giacomo (146) et Cancano di Fraële (147) offrant des volumes utiles respectifs de 64 et de 123 millions de m³, sont alimentés par un vaste réseau de galeries d'adduction et ont déjà été évoqués à propos de l'ouvrage international du Spöl (fig. 8). La surélévation de 36 m du barrage de Cancano permettant une mise en retenue supplémentaire de 117 mil-

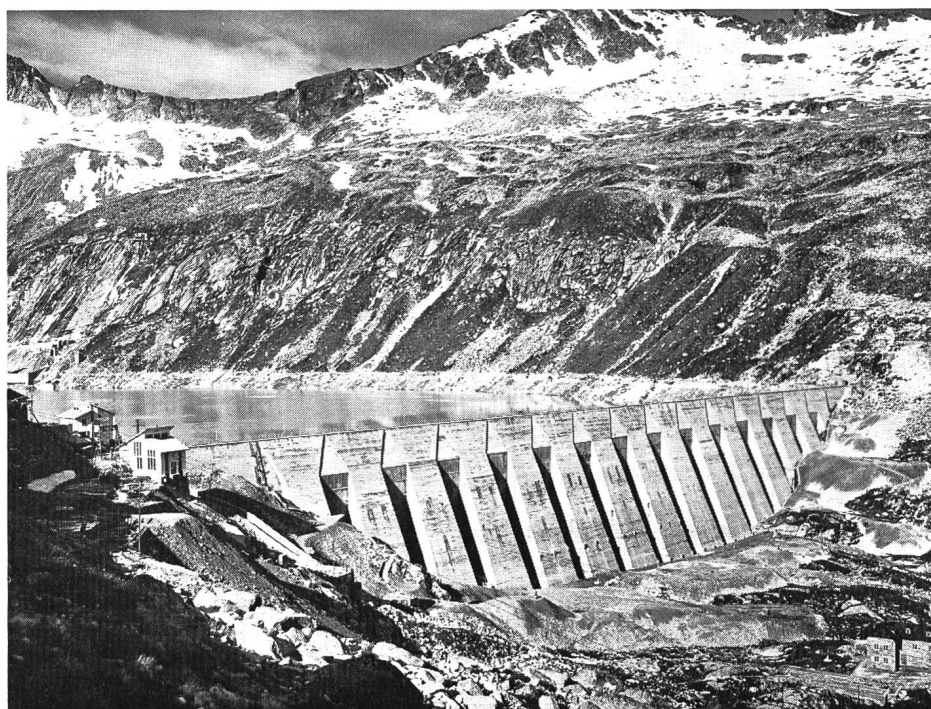


Fig. 34

Stausee Pantano d'Avio (2378 m), der oberste grosse Speicher im Ogliogebiet/Adamellogruppe

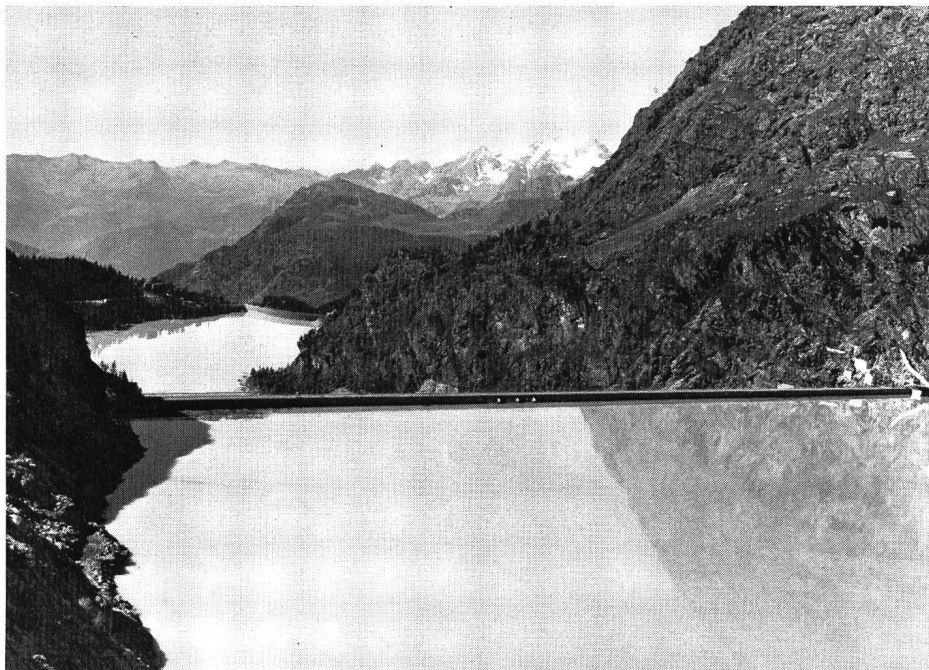
Bassin d'accumulation de Pantano d'Avio (2378 m), le plus élevé des grands bassins dans la région de l'Oglio/Massif de l'Adamello (Photo G. Chiolini/Pavia)

Fig. 35

Die untereinander liegenden Stauseen Alpe Gera (2125 m) und Campo Moro (1967 m) im Torrente Cormor/Val Malenco; im Hintergrund M. Disgrazia (3678 m)

Les bassins d'accumulation de l'Alpe Gera (2125 m) et de Campo Moro (1967 m) étagés sur le T. Cormor dans le Val Malenco; à l'arrière plan le M. Disgrazia (3678 m)

(Photo Nani/Sondrio)



Gardasee als Unterwasser gefolgt. Zum buchtenreichen Speicher Valvestino (122) mit 47,5 Mio m³, 438 m über dem Gardasee, gehört das Kavernen-Kraftwerk Villa Garignano (135 MW)

Das lange ungenutzte obere Chiesegebiet, das die Südostseite der Adamellogruppe entwässert, hat in den Jahren 1954/57 eine dreistufige Speicherwerkgruppe erhalten. Im Val Daone benannten Hochtal staut im verlandeten glazialen Becken der Malga Bissina (123) eine eindrucksvolle Pfeilerstauwand (tipo Marcello) den 60 Mio m³ grossen See, der mit beiderseitigen Bacheinleitungen 75 km² erfasst. Fig. 32 zeigt das hochalpine Panorama mit den Gletschern des Adamello und dem Hauptgipfel M. Carè Alto (3462 m). Auf einer 560 m tieferen Talstufe, wo Val Danerba und Val di Leno einmünden, ist eine kleinere glaziale Wanne zum Speichersee Malga Boazzo (124) gestaltet. Wie Fig. 33 erkennen lässt, erhöht eine Pfeilermauer in geknicktem Verlauf die unregelmässige Felsschwelle. Der Baugrund beider Mauern ist guter Tonalit-Fels. Die Speicherkraftwerke Malga Boazzo (Kaverne) und Cimego, eine kleine Seitenstufe aus dem bei Cimego mündenden Adanà-Tal und die Unterstufe Storo vor dem Lago d'Ildro liefern ein Dargebot von 328 MW und 590 GWh, davon 41 % im Winter. Der 14 km² grosse Natursee Lago d'Ildro (126), 368 m ü. A., bildet seit langem durch Absenkung einen 76 Mio m³-Speicher für das Kraftwerk Vobarno mit 100 m Fallhöhe.

In den Tälern der Adamellogruppe, die nach Norden und Westen zum Oglio (Val Camonica) entwässern, ist dank günstiger topographischer Voraussetzungen seit Beginn des alpinen Wasserkraftausbaues eine grössere Zahl von Naturseen durch Absenkung und Aufstau zu Speicherbecken ausgestaltet worden. Im Norden liegt die Avio-Gruppe, mit den Seen Pantano d'Avio (127), Lago Benedetto (129) und Lago d'Avio (130), sowie dem durch Ausspülung gewonnenen, als Fernspeicher genutzten Lago d'Avio (131). Ihr ist 1957/59 noch der kleine Lago Venerocolo (128) 2538 m ü. A. als zweithöchster Ostalpenspeichersee zugefügt worden. Er ist an den Druckstollen der Oberstufe zum Kavernenkraftwerk Benedetto (13 MW) angeschlossen. Den grossen Pantano d'Avio-Stausee mit seiner eindrucksvollen Pfeilerstauwand zeigt Fig. 34. In der Westgruppe, mit den untereinander verbundenen

Speicherseen Lago Baitone (132), Lago Dosazzo (133), Lago Salarno (134) und Lago d'Arno (135) von zusammen 73,2 Mio m³ Nutzraum sind 1958/60 und 1965/66 die ältesten Bruchsteinmauern Salarno und Arno, wie vorher schon die Avio-Mauer durch eine vorgelegte, verankerte und dränierte Betonwand gedichtet und instandgesetzt worden. Der Entnahmespeicher Lago d'Arno speiste bisher die Kraftstufen Isola und Cedegolo (je 47 MW). Nunmehr ist als Ersatz der Oberstufe und Erweiterungsbau ein neuer einstufiger Kraftabstieg über 1420 m Fallhöhe im Werden. Das Kraftwerk erhält in zwei Schritten 500 MW Turbinen- und 212 MW Pumpenleistung, ein markantes Beispiel für die jüngere Entwicklung im Ausbau von Speicherwasserkräften. Es kann günstig mit dem jüngsten und grössten italienischen Kernkraftwerk Mezzanone (783 MW) zusammenarbeiten, das 110 km südlich am Po an der Stauhaltung des Laufwerks Isola Serafini errichtet wird.

Im Gebiet des Serio und Brembo in den Bergamasker Alpen sind zu den dort bestehenden zahlreichen kleineren Speichern, allein sieben im Brembo di Branzi (22,4 Mio m³), keine jüngeren Ergänzungen zu verzeichnen.

Das Längstal der Adda oberhalb des Comersees (Valtellina-Veltlin) mit seinen grossen Gefällen im Oberlauf und in den Seitentälern ist seit langem ein Zentrum bedeutender Speicherwerke. Die grossen Stauseen im Fraële-Hochtal, San Giacomo (146) und Cancano di Fraële (147) mit 64 und 123 Mio m³ Nutzraum und ausgedehnten Beileitungen sind im Zusammenhang mit dem internationalen Spölwerk (vergl. Fig. 8) schon erwähnt worden. Die in der Anlage der Staumauer Cancano vorgesehene Erhöhung um 36 m mit 117 Mio m³ zusätzlichem Stauraum, um das übergeleitete Spölwasser in das Winterhalbjahr zu verlagern, ist noch nicht verwirklicht worden. Zunächst wurde nach der Speicherstufe Premadio (690 m, 375 MW) die Mittelstufe Grosio (600 m, 430 MW) mit dem Zwischenspeicher Valgrosina (148) ausgebaut. Sein Sperrbauwerk, in einem Talquerschnitt mit stark von Hangschutt und Moränenmassen überdeckten Flanken eingefügt, ist eine Pfeilermauer mit bergmännisch hergestellten seitlichen Schlitzwänden.

Im Speichersystem der Mailänder Stahlwerke Falck in den südlichen Quertälern ist der grosse Stausee Frera

lions de m³, capable de stocker les apports du Spöl pour la période d'hiver, est encore à l'état de projet. Par contre, après l'aménagement de Premadio (690 m, 375 MW), on a poursuivi l'équipement de ce site par l'aménagement de Grosio (600 m, 430 MW), comprenant le bassin intermédiaire de Valgrosina (148). L'ouvrage de retenue de son bassin d'alimentation est implanté au travers d'une vallée aux versants recouverts d'une épaisse couche d'éboulis et de moraines. Il est formé d'un barrage à contreforts comportant des écrans latéraux taillés dans les talus à coups de mine.

Parmi le complexe des bassins d'accumulation des aciéries Falck de Milan, dans les vallées latérales méridionales, on a achevé le grand réservoir de Frera (151) à 1484 m d'altitude, contenant 50 millions de m³ de volume utile. Il est mis en retenue par un barrage du type «poids-voûte» haut de 138 m, et collecte, dans la vallée du Belviso, les écoulements d'un bassin versant de 47 km², agrandi par des adductions complémentaires.

Dans le Puschlav suisse on trouve la centrale la plus ancienne de cette vallée, celle de Campocologno (36 MW) qui a été modernisée récemment. Il en résultera, pour le Berninasee (Lago Bianco) (149) au Col de la Bernina, ainsi que pour le lac naturel de Poschiavo (150) d'une superficie de 2 km², une légère revalorisation de la capacité en énergie. Au cours de la dernière décennie, un groupement de trois usines de lacs en cascade a été aménagé dans la vallée de Malenco dans la partie italienne des Alpes de la Bernina, drainée par le Mallero et son affluent principal, le Lanterna. Dans cette région au potentiel énergétique très élevé, on exploite ici l'écoulement d'un bassin versant de 230 km² sous une hauteur de chute maximale de 1830 m. Deux grands bassins d'accumulation aménagés sur le Cormor, cours supérieur du Torrente Lanterna, en constituent la pièce maîtresse. Dans des cuvettes glaciaires, on trouve successivement les bassins d'accumulation de l'Alpe Gera (156) (niveau de retenue 2125 m, volume utile 65 millions de m³), et du Campo Moro (157) avec 1967 m et 10,6 millions de m³. Le lac de haute-montagne d'une superficie de 115 ha se situe dans un splendide panorama dominé par le massif de la Bernina. Il est alimenté par un bassin versant de 63 km², comprenant 60 % de glaciers, ainsi que 26,5 km² en provenance du torrent de Scerscen sur la rive droite. Il est mis en retenue par l'ouvrage le plus imposant des Alpes italiennes, un barrage poids de 175 m de hauteur et de 530 m de longueur de crête, construit sur de la roche serpentine. Il a nécessité la mise en œuvre d'un volume de béton de 1 716 000 m³, soit sensiblement le double des grands barrage-voûte, tel que celui de la Valle di Lei ou de Schlegeis. C'est pourquoi on a recherché, tant pour les études que pour l'exécution des travaux, des solutions permettant d'en réduire le coût et de raccourcir les délais d'exécution. Le béton de masse du barrage n'est que faiblement dosé; l'étanchéité et la résistance aux agents atmosphériques du parement amont sont assurées par un revêtement en tôle d'acier anti-corrosion d'une surface de 42 700 m². La distance qui le sépare du bassin de Campo Moro n'est que de 1700 m. Ce dernier possède un barrage en deux parties car le seuil rocheux barrant la cuvette glaciaire présente une bosse. Ce phénomène se retrouve souvent dans le cas de bassins d'accumulation alpins du même type, par exemple la Margaritze et le Mooserboden dans le massif du Glockner-Kaprun, le lac de retenue de Monte Spluga dans la vallée supérieure du Liro, et, d'une façon caractéristique, dans le massif de la Grimsel ainsi qu'au Plan d'Aval (région de l'Arc). Le vallon principal gauche est verrouillé par un barrage poids-voûte, haut de 96 m;

celui de droite, moins encaissé, par une digue en enrochements. La photographie fig. 35 montre les deux lacs dominés par l'imposant Monte Disgrazia (3678 m) sur la crête ouest de ce bassin. La différence de niveau entre les deux bassins est exploitée par l'usine souterraine de Campo Moro (35 MW), qui comprend également une pompe d'accumulation. Le palier principal de Lanzada fournit une puissance de 211 MW sous 1000 m de chute et vient d'être complété par deux groupes de pompage (110 MW). Corrélativement, le bassin de compensation a été agrandi.

L'affluent le plus occidental de «l'Adda prelacuale», à l'amont du lac de Côme, c'est-à-dire, la Mera (Maira), provenant du Bergell suisse, a été équipé dans le massif granitique escarpé du Zocca-Ferro du seul bassin d'accumulation de haute altitude dans ce groupe de vallées: le lac d'Albigna (162) de 69 millions de m³ de volume utile à 2163 m d'altitude (fig. 36). Son bassin versant de 20,5 km² à forte prédominance glaciaire est un des plus productifs de toutes les Alpes, avec un écoulement atteignant le double de celui enregistré dans le versant nord du massif de la Bernina. Son volume utile a augmenté de 2 millions de m³ au cours de la dernière décennie, par suite de la fonte de la portion du glacier d'Albigna immergée dans la retenue. Le précipice abrupt que forme un seuil raboté par les glaciers, est couronné d'un barrage poids de 115 m de haut et d'une longueur de crête inhabituelle de 810 m. Le site du barrage ne fut accessible, durant le chantier, que par téléphérique et reste, aujourd'hui encore inaccessible aux véhicules. Ce lac constitue le réservoir saisonnier des deux centrales de haute chute de Löbbia et de Castasegna qui fonctionnent sous 1478 m de chute jusqu'à la frontière du pays, avec une puissance de 138 MW et une productibilité de 410 GWh, dont 62 % en hiver. La centrale de Löbbia, pourvue d'un réservoir journalier, utilise, au fil de l'eau, le débit de l'Orlegna (altitude 1987 m, 21,8 km² de bassin versant), issue du glacier Forno. Elle est équipée d'une pompe d'accumulation de 7 MW pour le refoulement sous une hauteur d'élévation réduite des eaux de l'Orlegna (18 millions de m³ en moyenne) et d'une deuxième pompe de 28 MW, calculée pour la hauteur d'élévation totale, et utilisée tant pour le remplissage du réservoir saisonnier pendant les années déficitaires, que pour l'accroissement de l'énergie d'accumulation journalière. Le bassin d'accumulation d'Albigna apporte en outre un précieux concours à la protection contre les crues, car il subsiste un creux de 2,5 millions de m³, entre le niveau de retenue et la cote d'arase du barrage. A partir de Chiavenna, les eaux issues de ce réservoir sont également exploitées dans une chaîne de centrales italiennes totalisant 400 m de hauteur de chute. Un petit réservoir de 1,7 millions de m³, devant servir uniquement à l'écrêtement des crues, est en cours d'aménagement sur l'Orlegna; c'est le bassin de Orden à 1788 m d'altitude. Il collecte les eaux d'un bassin de 36,1 km² et il est mis en retenue par un barrage-voûte de 40 m de hauteur. L'équipement de la vallée du Liro, parcourue par la route venant du Col de Splügen, qui comprend les réservoirs d'accumulation déjà mentionnés de monte Spluga (164) ainsi que du Lago Truzzo (166) dans la branche droite de la vallée, ne s'est accru, au cours des années écoulées, que d'une usine au fil de l'eau dans la branche latérale gauche du Madesimo. Non loin de là, le Col de l'Angeloga (2391 m) nous conduit à la Valle di Lei, bouclant ainsi notre circuit.

A la fin de cette étude, le tableau B donne des renseignements complémentaires sur les propriétaires de tous les bassins d'accumulation des Alpes orientales et des centrales hydroélectriques correspondantes.

Fig. 36

Stausee Albigna (2163 m) im Bergell; Blick auf Cima di Cantone und Cima di Castello (3378 m)

Bassin d'accumulation de l'Albigna (2163 m) dans le Val Bregaglia aux Grisons; à gauche Cima di Cantone et Cima di Castello (3378 m)

(Photo Militärflugdienst)



(151) 1484 m ü. A. mit 50 Mio m³ Nutzraum vollendet worden. Im Belvisotal, mit 47 km² durch Beileitungen vergrößertem Einzugsgebiet, staut ihn eine 138 m hohe Bogen-gewichtsmauer.

Eine grosse Dreistufen-Speicherwerkgruppe hat im letzten Jahrzehnt das Val Malenco, im italienischen Teil der Bernina-Alpen, erhalten, das vom Mallero und dessen Hauptzubringer Lanterna durchflossen wird. Hier wird in einem Bereich stärkster Reliefenergie der Ostalpen ein Gebiet von 230 km² über max. 1830 m Fallhöhe genutzt. Das Kernstück bilden zwei Grossspeicher im Cormor, dem Oberlauf des Torrente Lanterna. In glazialen Wannen liegen untereinander die Speicher Alpe Gera (156) Stauziel 2125 m ü. A., Nutzinhalt 65 Mio m³, und Campo Moro (157), mit Stauziel 1967 m und 10,6 Mio m³. Den 115 ha grossen Hochgebirgssee, mit dem prachtvollen Panorama der Berninagruppe im Talschluss, speisen die Abflüsse eines 63 km² grossen, zu fast 60 % vergletscherten Einzugsgebiets, davon 26,5 km² Beileitung des rechtsufrigen Scerscenbaches. Ihn staut die mächtigste Staumauer der italienischen Alpen, eine 175 m hohe und 530 m lange Gewichtsmauer, auf Serpentinfels. Die erforderliche Betonkubatur von 1 716 000 m³ erreicht etwa das Doppelte so bedeutender Bogenmauern wie Valle di Lei oder Schlegeis. Man hat deshalb in Entwurf und Ausführung bemerkenswerte kosten- und bauzeit-sparende Lösungen getroffen. Die Mauer ist mit relativ niedrigem Zementgehalt im Mauerkern betoniert worden; Wasserdichtheit und Wetterbeständigkeit der Wasserseite sichert eine Verkleidung mit korrosionsbeständigem Stahlblech von 42 700 m² Fläche. Die Entfernung bis zur Sperrstelle des Campo-Moro-Beckens beträgt nur rd. 1700 m. Dieses hat zwei Absperrbauwerke, da die glaziale Wanne abschliessende Felsschwelle einen Buckel aufweist. Diese Erscheinung findet sich öfter bei solchen alpinen Speicherbecken, z. B. Margaritze und Mooserboden in der Grup-

pe Glockner-Kaprun, am Stausee Montespluga im oberen Lirotal, ferner in den Westalpen ausgeprägt an der Grimsel, sowie am Plan d'Aval (Arc-Gebiet). Die linke Hauptfurche schliesst eine 96 m hohe Bogengewichtsmauer, die flachere rechte ein Steindamm. Fig. 35 zeigt den Blick über die Seentreppe talaus mit dem eindrucksvollen M. Disgrazia, 3678 m, im Westkamm des Gebiets. Den Höhenunterschied beider Seen nützt das mit einem Pumpspeichersatz ausgerüstete Kavernenkraftwerk Campo Moro (35 MW). Auch die Hauptstufe Lanzada mit rd. 1000 m Fallhöhe, 211 MW, wurde letztlich durch zwei Pumpen (110 MW) und Vergrößerung des Ausgleichbeckens zum Pumpspeicherwerk erweitert.

Der westlichste Zubringer der «Adda prelacuale» vor dem Comersee, die aus dem schweizerischen Bergell kommende Mera (Maira) hat in der schroffen Granitwelt der grossartigen Zocca-Ferro-Gruppe den einzigen Hochgebirgsspeicher dieser Talschaft, den Stausee Albigna (162) 2163 m ü. A. mit 69 Mio m³ Nutzraum erhalten (Fig. 36). Sein stark vergletschertes 20,5 km² grosses Einzugsgebiet ist eines der abflussreichsten der ganzen Alpen mit nahezu der doppelten Spende wie auf der Nordseite der Berninagruppe. Durch Abschmelzen der in den Stausee tauchenden Zunge des Albignagletschers hat der Nutzraum im letzten Jahrzehnt um 2 Mio m³ zugenommen. Den steilen Absturz einer gletscherpolierten Schwelle krönt eine 115 m hohe Gewichtsstaumauer mit der ungewöhnlichen Länge von 810 m. Die Sperrstelle ist seinerzeit nur durch eine Schwerseilbahn für den Baubetrieb erschlossen worden und ist auch heute noch nicht durch eine Fahrstrasse aus dem Tal erreichbar. Das Becken ist der Jahresspeicher der beiden Hochdruckstufen Löbbia und Castasegna über fast 1500 m Fallhöhe bis zur Landesgrenze, mit 138 MW und 410 GWh Dargebot, davon 62 % im Winter. Das Werk Löbbia mit einem Tagesspeicherbecken (1418 m ü. M.) nutzt auch als Laufstufe die vom Fornogletscher abfliessende Orlegna (1987 m ü. M.,

3.3 BASSINS D'ACCUMULATION PROJETES DANS LES ALPES ORIENTALES

Après avoir déjà dans l'aperçu général, paragraphe 2.2, esquissé la situation probable existante ou prévisible des bassins d'accumulation à équiper dans l'avenir, nous donnons ci-dessous quelques indications sur les plus importants ou les plus prometteurs. Il est probable que des modifications seront apportées, mêmes aux projets récents, en fonction des besoins énergétiques et hydrauliques du moment, si bien que nous pouvons nous limiter aux renseignements les plus importants.

Pour le développement du groupement des usines de l'III supérieure-Lünersee, un lac de retenue dans la vallée du Kleinvermunt à 1811 m d'altitude offrirait une précieuse capacité d'accumulation de 62 millions de m³ pour les écoulements d'été excédentaires à l'altitude de Kops et de Vermunt, ainsi que les conditions préalables pour la construction d'une nouvelle usine de pointe, en aval de Partenen. Préalablement, on prévoit l'extension de l'usine de pompage de Rodund par un deuxième bassin supérieur, Latschau II, et une puissance de pompage supplémentaire de 250 MW.

Dans les Alpes allemandes, comme nous l'avons déjà évoqué, la protection contre les crues, revêt une importance particulière face aux aménagements hydroélectriques. C'est pourquoi les projets actuels concernent essentiellement des aménagements à buts multiples. En premier, il convient de nommer le bassin d'accumulation de Rottach d'une capacité de 22,5 millions de m³ utilisables à la fois pour la production d'énergie et pour l'écrêtement des crues. Par un barrage de 40 m de hauteur, il verrouillerait à 850 m d'altitude un bassin versant de 30 km² riche en précipitations. En complément du bassin d'accumulation du Sylvenstein on envisage d'aménager sur l'Isar, en amont du confluent avec le Rissbach, le bassin d'accumulation de l'Ochsensitz, long de 6,5 km avec une capacité utile de 60 à 70 millions de m³, ce qui exigera un barrage de 57 m de haut, ainsi que des travaux d'étanchéité à grande profondeur. Depuis peu, ce projet est concurrencé par un autre aménagement à buts multiples: l'extension du Lac de Kochel situé sur le cours de la Loisach; ce lac naturel d'une superficie de 5,9 km² à 599 m d'altitude sert de bassin de compensation à la centrale du Walchensee. Il est le vestige de l'époque post-glaciaire qui couvrait encore au moyen âge une superficie de 15 km², et dont l'ancien fond, le marais du Kochel, s'étend sur 11 km en aval. Une surélévation de niveau du Kochelsee n'est pas à envisager pour des raisons tant culturelles que démographiques. Par contre le marais de Kochel pourrait être partiellement submergé par l'édification d'une petite digue près de Penzberg; il conviendrait de le draguer par érosion hydraulique et de remblayer ses rives pour le rendre insubmersible aux crues. Ainsi pourrait-on créer un lac de 25 km² qui, parmi les lacs de Bavière, passerait de la neuvième à la quatrième place. Grâce à sa capacité de 50 à 60 millions de m³, il aurait grande importance dans la protection contre les crues, car il collecte les écoulements de son propre bassin versant de 807 km² ainsi que ceux du bassin Walchensee (74 km²) soit 31 % des apports de l'Isar à Munich et contrôle ainsi le débit du principal affluent de l'Isar. Il pourrait, en outre, fonctionner comme bassin de compensation pour l'usine du Walchensee et réunir toutes les conditions requises pour l'extension de cette usine par l'adjonction d'une usine de pompage environ huit fois plus puissante, bénéficiant d'un réservoir hebdomadaire de grande valeur. Dans

le domaine du tourisme et de la villégiature, il offre la chance unique de créer 24 km environ de nouvelles rives non encore urbanisées et permettant la création d'un centre de repos et de détente à proximité immédiate de la zone urbaine de Munich en pleine expansion.

Dans la région de l'Inn, on peut citer le réservoir de Chamuera dans l'Engadine, comme bassin supérieur de la centrale de l'Inn-Spöhl. Dans la vallée de même nom en rive droite, il retiendrait 50 millions de m³ à 2090 m d'altitude.

Le Tyrol présente encore de nombreux sites susceptibles d'être équipés de réservoirs saisonniers qui s'inscriraient parfaitement dans une interconnexion de plus en plus vaste. Le lac du Riffelsee pourrait, en tant que réservoir supérieur de la centrale du Kaunertal, contenir un volume de 30 millions de m³ à 2280 m d'altitude pour l'exploitation d'une puissante usine d'accumulation par pompage (300 MW environ). Le projet d'équipement de la région de l'Ötz, récemment révisé, prévoit même un agrandissement des lacs de retenue de Zwieselstein et de Huben les portant respectivement à 200 et 110 millions de m³. Avec le bassin d'accumulation du Fischbach à 2215 m d'altitude et ses 47 millions de m³ de volume, ils constituent l'épine dorsale d'une chaîne de centrales totalisant une puissance de 1450 MW. Par ailleurs, on a repris un projet ancien d'aménagement de bassin d'accumulation au Tyrol: celui des lacs de haute-montagne de la vallée de Finstertal, situés au-delà de Silz dans la vallée de l'Inn, présentant plus de 1650 m de dénivellation pour une distance de 8 km à vol d'oiseau seulement. Un petit bassin intermédiaire près de Kühtai doit recueillir, par un réseau d'adductions secondaires, les eaux des bassins de la Melach et de l'Hairlachbach; ces eaux seraient ensuite refoulées par une usine de pompage 400 m plus haut dans le réservoir du Finstertal, surélevé jusqu'à la cote d'altitude 2315 m et pouvant contenir 50 à 70 millions de m³. Le groupement Sellrain-Silz devrait fournir une puissance de 420 à 520 MW et une énergie de 500 GWh par utilisation des seuls apports naturels.

L'équipement de la vallée du Ziller avec une connexion au bassin d'accumulation de tête de Stillup est projeté dans le cadre du développement des centrales de la Zemme. Le bassin d'accumulation du Zillergündl avec son bassin versant de 61 km² retient à 1850 m d'altitude 86 millions de m³, et, sous une chute de 700 m, alimente l'usine d'accumulation par pompage de Häusling qui recueille de son côté les apports d'un bassin de 75 km².

Dans les Hohe Tauern du nord, on a remis à l'ordre du jour le projet d'aménagement d'un groupement d'usines en deux paliers, comportant également des pompes d'accumulation, avec le lac de Kratzenberg (vallée du Hollerbach) comme réservoir d'accumulation. Dans la vallée de Gastein, on est sur le point d'ouvrir le chantier d'aménagement du lac du Bockhart (14,2 millions de m³) avec les centrales de Nassfeld et de Böckstein (750 m de chute, 41 MW, 110 GWh); une digue en enrochements doit surélever le niveau des eaux de 30 m et le porter à 1872 m d'altitude. Ce projet n'a mûri qu'après de longues études liées à l'exploitation des sources thermales de Gastein.

Les projets d'aménagements de bassins d'accumulation plus modestes dans la région de l'Enns près de Schladming: le lac de Riesach (25 millions de m³, 1385 m d'altitude), et, sur le Triebenbach, le lac de Hohen-tauern près du col (40 millions de m³), ont gagné en importance après l'achèvement de la chaîne des centrales sur l'Enns, exploitant une hauteur de chute nette de 300 m. Dans la région inférieure de l'Enns, sur la Steyr, on projette

21,8 km²). Es verfügt über Speicherpumpen, eine (7 MW) zum Hochfördern von i. M. 18 Mio m³ Orlegnawasser über die Differenzhöhe und eine von 28 MW über die Gesamthöhe zur Unterstützung der Beckenfüllung in abflussarmen Jahren und für zusätzlichen Wälzbetrieb. Das Zuschusswasser des Albignaspachers kommt ab Chiavenna noch rd. 400 m ausgebaute Fallhöhe in italienischen Stufen zutage. Daneben leistet er einen wertvollen Beitrag zum Hochwasserschutz. Ueber dem Stauziel stehen noch 2,5 Mio m³ Auffangraum bis zur Mauerkrone zur Verfügung. In der Orlegna wird z. Zt. das reine Hochwasser-Rückhaltebecken Orden für 1,7 Mio m³ (1788 m ü. M., 36,1 km²) mit einer 40 m hohen Bogenstaumauer ausgebaut.

Zum Ausbauzustand des Lirotales, in dem die Strasse vom Splügenpass herunterzieht, mit dem schon erwähnten Speicher Monte Spluga (164) sowie Lago Truzzo (166) in der rechten Talflanke ist in den letzten Jahren lediglich ein kleineres Laufwerk im linken Seitental des Madesimo hinzugekommen. Unweit von hier leitet der Passo di Angeloga (2391 m) zur Valle di Lei hinüber und damit ist unser Rundgang geschlossen.

Am Ende dieser Betrachtung gibt Tafel I noch Auskunft über die Eigentümer aller Ostalpen-Speicherseen und die zugehörigen Kraftwerke.

3.3 GEPLANTE SPEICHERSEEN IN DEN OSTALPEN

Nachdem bereits im Uebersichts-Abschnitt 2.2 die für künftige auszubauende Speicher gegebene bzw. sich abzeichnende Situation skizziert wurde, mögen hier einige Angaben über die wichtigeren oder aussichtsreichsten folgen. Änderungen auch jüngerer Projekte in jeweiliger Anpassung an die energie- und wasserwirtschaftlichen Bedürfnisse sind wahrscheinlich, so dass wir uns auf die wesentlichsten Hinweise beschränken können.

Für den Weiterausbau der Vorarlberger Kraftwerkgruppe Obere Ill-Lünersee bietet ein Stausee im Kleinvermunttal auf 1811 m ü. M. eine wertvolle Speichermöglichkeit von 62 Mio m³ für die reichen Ueberschüsse an Sommerwasser im Horizont Kops und Vermunt und die Voraussetzung für ein weiteres grosses Spitzenwerk in der Stufe nach Partenen. Vorangehen wird ihm eine Erweiterung der Pumpspeicherstufe Rodund um 250 MW mit einem neuen Oberbecken Latschau II.

Im deutschen Alpengebiet hat wie bereits erwähnt neben der Wasserkraftnutzung der Hochwasserschutz besondere Bedeutung. Die aktuellen Pläne gelten daher solchen Mehrzweckanlagen. Vorrangig soll im Allgäu der Speicher Rottach für 22,5 Mio m³ Nutz- und Schutzraum entstehen. Auf 850 m ü. M. wird er mit einem 40 m hohen Staudamm ein sehr niederschlagsreiches Einzugsgebiet von 30 km² sperren. Als Ergänzung des Sylvensteinspeichers ist in der Isar oberhalb der Rissbachmündung ein 6,5 km langer Stausee Ochsenitz für 60 bis 70 Mio m³ Nutz- und Schutzraum geplant, der einen 57 m hohen Staudamm mit tiefreichender Untergrunddichtung erfordert. Dieser Plan hat in jüngster Zeit Konkurrenz durch das interessante Mehrzweckprojekteiner Erweiterung des Kochelsees erhalten. Der von der Loisach durchflossene natürliche Kochelsee von 5,9 km² Oberfläche, 599 m ü. M., dient als Ausgleichbecken des Walchenkraftwerks. Er ist der Rest eines einst 60 km² grossen postglazialen Sees, der noch im Mittelalter mindestens 15 km² bedeckte und dessen alter Seeboden, das Kocheler Moos, sich 11 km talwärts erstreckt. Ein Aufstau über den Kochelseespiegel ist wegen Besiede-

lung und Landeskultur nicht zulässig. Durch einen niedrigen Damm nahe Penzberg kann jedoch das Kocheler Moos teilweise überstaut werden: grösstenteils ist es durch einen ausgedehnten Spülbetrieb zu vertiefen, seine Randzonen sind dabei hochwasserfrei aufzulanden. Derart kann ein 25 km² grosser See entstehen, der unter den grossen bayrischen Seen von der neunten an die vierte Stelle rücken würde. Dieser See hat bedeutenden Wert als Hochwasserschutzraum von 50 bis 60 Mio m³, da er mit 807 km² natürlichem Einzugsgebiet zuzüglich 74 km² Walchenseegebiet 31 % des Isareinzugsgebiets in München erfasst und den Hauptzufluss der Isar unter Kontrolle bringt. Er liefert ferner einen so grossen Ausgleichsraum für die 200 m-Stufe des Walchensee-Grossspeichers, dass er damit die Voraussetzung für eine Erweiterung des Walchenseewerks durch Angliederung eines Pumpspeicherwerkes etwa achtfacher Leistung bei besonders wertvoller Wochenspeichermöglichkeit bietet. Und für Volkserholung und Fremdenverkehr bringt er die einmalige Chance, verkehrsgünstig zum rapide wachsenden Grossraum München in schönster Lage rd. 24 km neue unverbaute Seeufer zu schaffen, die zum Zentrum eines erweiterten Erholungsgebietes gestaltet werden können.

Für das Inngebiet ist im Engadin der Stausee Chamauera als Oberstufe des Inn-Spöl-Werks zu nennen. Im gleichnamigen rechten Seitental würde er 2090 m ü. M. 50 Mio m³ stauen. Tirol bietet noch zahlreiche günstige Möglichkeiten für Speicherwerke, die sich den Erfordernissen einer grossräumigen Verbundwirtschaft gut anpassen lassen. Als Oberstufe zum Kaunertalwerk kann der aufgestaute Riffelsee einen 30 Mio m³-Speicher, 2280 m ü. M. für ein leistungsstarkes Pumpspeicherwerk (etwa 300 MW) liefern. Der Ausbauplan für das Oetzgebiet sieht nach jüngster Uebearbeitung sogar eine Vergrösserung der Stauseen Zwieselstein und Huben auf 200 und 110 Mio m³ vor. Zusammen mit dem Speicher Fischbach für 47 Mio m³, 2215 m ü. A., bilden sie das Rückgrat einer Werkgruppe von insgesamt 1450 MW. Dazu ist eines der ältesten Tiroler Speicherprojekte, die zweistufige Abarbeitung der hochgelegenen Finstertalerseen nach Silz im Inntal über 1650 m bei nur 8 km Horizontaldistanz wieder aufgegriffen worden. Einem kleinen Zwischenbecken bei Kühtai werden durch wesentlich ausgedehnte Beileitungen Wasser aus dem Melach- und oberen Hairlachbachgebiet zugeführt und über eine 400 m-Pumpenturbinen-Oberstufe im 50 bis 70 Mio m³ grossen, stark aufgestauten Speicher Finstertal, 2315 m ü. M. gesammelt. Die Gruppe Sellrain-Silz soll bei 420 bis 520 MW Leistung 500 GWh aus dem natürlichen Zufluss erbringen. Als Erweiterung der Zemmwerke ist der Ausbau des Zillergrundes mit Einleitung in den Kopfspeicher Stillup geplant. Der Speicher Zillergründl, mit 61 km² Einzugsgebiet auf 1850 m ü. M., staut 86 Mio m³ und speist unter 700 m Fallhöhe das Pumpspeicher-Kraftwerk Häusling, das weitere 75 km² erfasst.

In den nördlichen Hohen Tauern ist weiterhin ein ebenfalls mit Pumpspeicherung vorgesehenes Zweistufenwerk mit dem aufgestauten Kratzenbergsee im innersten Hollersbachtal für etwa 48 Mio m³ aktuell. Im Gasteiner Tal steht der Aufstau des Bockhartsees zu einem 14,2 Mio m³-Becken mit den Kraftwerken Nassfeld und Bockstein (750 m Fallhöhe, 41 MW, 110 GWh) vor dem Baubeginn. Durch einen Steindamm soll der Seespiegel um 30 m auf 1872 m ü. M. gehoben werden. Das Projekt hat mit Rücksicht auf die Gasteiner Thermalquellen langwierige Abklärungen erfordert.

Im Ennsgebiet haben die Pläne für die kleineren Speicherwerke bei Schladming mit dem Riesachsee

la construction d'une puissante usine d'accumulation par pompage, proche à la fois des centres de consommation et du lieu d'implantation de la première centrale nucléaire autrichienne, d'une puissance de 600 MW, actuellement en chantier près de Zwentendorf, dans le Tullnerfeld, à 120 km à l'est, et qui viendrait compléter judicieusement l'énergie au fil de l'eau sur l'Enns, ainsi que celle des centrales thermiques. L'aménagement doit débiter par le bassin d'accumulation de *Klaus* sur la Steyr avec 15 millions de m³ de retenue. Puis suivra le grand réservoir de *Mölln*, situé 160 m plus haut sur la Krumme Steyr d'une capacité de 475 millions de m³ contenue dans une tranche utile de 50 m. Il sera rempli en grande partie avec des apports de pompage, par l'intermédiaire du bassin de *Breitenau* (4 millions de m³) permettant de transférer 540 millions de m³ de la Steyr dans l'Enns. L'ouvrage principal en sera l'usine d'accumulation par pompage de *Wendbach* située au niveau du bief de *Ternberg* sur l'Enns et fonctionnera sous une chute de 160 m.

Le projet du plus grand lac d'accumulation pour le réseau d'interconnexion autrichien, celui du réservoir saisonnier de l'*Innere Maltatal-Kolbnitz* en Carinthie, n'attend plus que le feu vert pour la mise en chantier. Il comprend la partie la plus orientale des *Hohe Tauern* près d'*Ankogel*, la *Hochalmspitze*, la *Hafnerspitze*, le *Grosse Reisseck* et bénéficie de conditions tant géologiques que morphologiques favorables. Le réservoir principal du *Samerboden*, collectant les apports d'un bassin versant de 51 km² à 1883 m d'altitude, doit atteindre une capacité utile de 160 millions de m³ grâce à un barrage-voûte de 180 m de hauteur nécessitant la mise en œuvre de 1,4 millions de m³ de béton (photographie fig. 37). Il est précédé à l'amont du réservoir de *Wastlbaueralm* d'un volume de 4,4 millions de m³ à 1704 m d'altitude, utilisé comme bassin de prise d'eau et collectant lui-même les apports d'un bassin de 81 km². La centrale supérieure (60 MW) est équipée de turbines-pompes. Sur le parcours de la galerie en charge longue de 20,3 km, se trouve le bassin de compensation de *Gösskar* avec ses 1,4 millions de m³ de retenue, susceptible de fonctionner comme réservoir inférieur d'une centrale de pompage alimentée par la retenue du lac du *Dönsnersee* avec ses 19 millions de m³ à 2310 m d'altitude. Cette galerie, déjà creusée en grande partie, est utilisée temporairement pour dériver les apports de la rivière vers la centrale au fil de l'eau de *Reisseck*. L'usine principale de *Kolbnitz* fonctionnera sous 1100 m de hauteur de chute, et doit fournir une puissance de 360 MW, avec l'appoint des apports de pompage provenant de la *Möll*. L'aménagement routier nécessaire pour ces chantiers présente un autre intérêt: la route d'accès à la crête du barrage du *Samerboden* peut facilement être poursuivie au-delà de l'*Arlscharte* (2258 m) dans la vallée de *Grossarl* sur le versant nord des *Tauern*, et créer ainsi un nouveau point de franchissement des Alpes bénéfique pour les vallées intéressées.

Le groupement d'usines du *Fragant* doit-être complété par son rattachement à une série de réservoirs d'accumulation. Les usines de la *Wurten*, de leur côté, pourront bénéficier de l'aménagement du lac de *Grossee* au fond de la vallée du *Zirknitz*, avec une capacité de 8,9 millions de m³ résultant d'une surélévation de 25 m et d'un creux supplémentaire de 54 m. Viendraient s'y ajouter le réservoir du *Hochwurten*, au pied du *Wurtenkees* (5,8 millions de m³) ainsi que par l'adduction du *Fleissbach*, le bassin du *Zirmsee*, qui, surélevé et creusé de 10 m, retiendrait 2,5 millions de m³ à 2505 m d'altitude. Il est possible de surélever de 60 m en deux étapes éventuellement le niveau

du lac d'*Oschenik* par une digue en enrochements, ce qui apporterait 22 millions de m³ de retenue supplémentaire. Dans son ensemble, ce programme est caractérisé par sa bonne faculté d'adaptation à l'évolution des besoins de la Carinthie.

Les bonnes conditions d'implantation de bassins dans la région de l'*Isel*, au Tyrol oriental, étaient représentées autrefois par les bassins d'accumulation d'*Innergsschlöss* et de *Tauern* sur le *Tauernbach* de *Matrei*, et par celui de *Dorfertal* sur le *Kalserbach*, avec de 100 à 120 millions de m³ de retenue pour chacun d'eux. Depuis l'achèvement du tunnel routier de *Felbertauern*, on a renoncé à la réalisation d'un bassin dans la vallée des *Tauern*, au profit d'un projet de grande envergure: l'aménagement du bassin d'accumulation de *Dorfertal* à 1793 m d'altitude et contenant 235 millions de m³. Par un réseau de galeries d'une longueur accumulée de 32 km, il recueille l'écoulement du versant méridional des massifs du *Venediger* et du *Glockner*, et celui du versant nord du *Schober*. Un barrage-voûte de 215 m de haut serait implanté dans un site particulièrement favorable à sa construction; le lac de retenue d'une longueur de 5 km, représente une superficie de 260 ha environ. Ses eaux sont restituées en deux paliers, et à travers un bassin intermédiaire situé près de *Gruben* (1,8 millions de m³, 1430 m d'altitude) au niveau de *Matrei* (944 m) en assurant une production annuelle de 840 GWh avec une puissance installée de 600 MW.

Fig. 37 Projekt des geplanten Winterspeicherwerkes Inneres Maltatal-Kolbnitz mit Hauptspeicher Samerboden (1883 m)

Fig. 37 Projet du bassin d'accumulation d'hiver dans la vallée supérieure de la Malta jusqu'à Kolbnitz avec le bassin principal du Samerboden (1883 m)

(Werkphoto Oesterreichische Draukraftwerke AG/Klagenfurt)

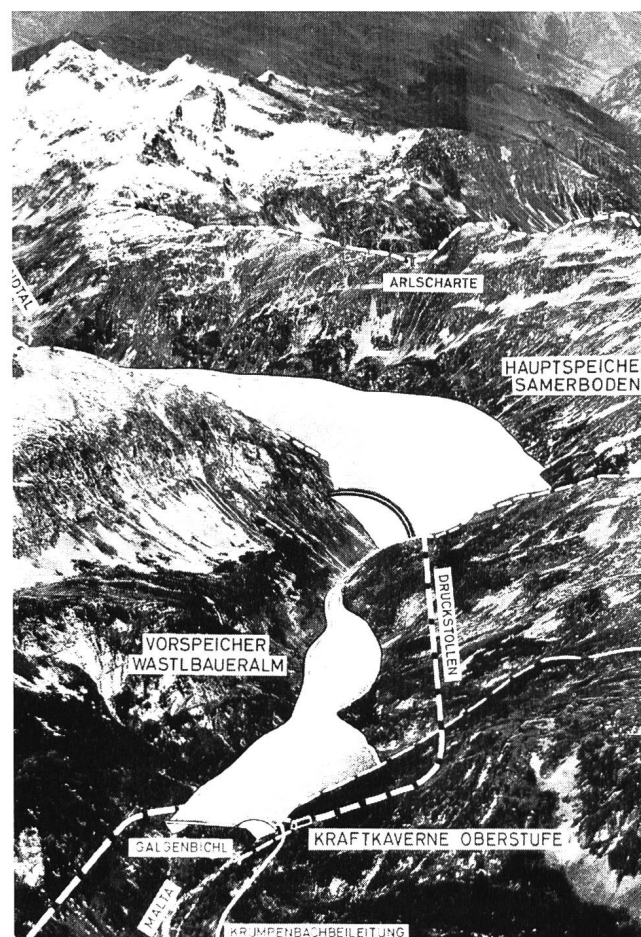




Fig. 38

Projekt des geplanten Speichers Bovec (420 m) im Trenta-Tal (Soca-Gebiet) für das jugoslawische Kraftwerk Trnovo

Projet du bassin d'accumulation de Bovec (420 m) dans le Val Trenta (fleuve Soca) pour l'aménagement yougoslave de Trnovo

(Werkphoto Elektroprojekt/Ljubljana)

(25 Mio m³, 1385 m ü. M.) und am Triebenbach mit dem 40 Mio m³-Passstausee H o h e n t a u e r n nach Vollendung der Ennskette mit 300 m Nutzfallhöhe an Wert gewonnen. An der unteren Enns kann im Steyrgebiet ein grosses Pumpspeicherwerk, in günstiger Lage zu den Verbrauchsschwerpunkten wie auch zum Standort des ersten österreichischen Kernkraftwerks (600 MW), das 120 km östlich bei Zwentendorf im Tullnerfeld entsteht, sowohl die Laufenergie der Enns wie thermischer Kraftwerke bedarfsgerecht ergänzen. Der Ausbau soll mit dem 15 Mio m³-Speicher K l a u s im Steyrfluss beginnen. Später folgt der 160 m höher gelegene Grossspeicher M o l l n in der Krummen Steyr mit 475 Mio m³ bei 50 m Spiegelschwankung. Er ist weitgehend durch Pumpspeicherung über ein Zwischenbecken B r e i t e n a u von 4 Mio m³ zu füllen, wobei 540 Mio m³ von der Steyr zur Enns übergeleitet werden. Die Hauptstufe ist das Pumpspeicherwerk Wendbach an der Ennsstufe Ternberg mit 160 m Fallhöhe.

Als grösstes Speicherwerk für den innerösterreichischen Verbund ist in Kärnten das Winterspeicherwerk I n n e r e s M a l t a t a l - K o l b n i t z baureif vorbereitet. Es umfasst den östlichsten Teil der Hohen Tauern um Ankogel, Hochalmspitze, Hafnerspitze und Grosses Reisseck mit günstigen geologischen und morphologischen Verhältnissen. Der Hauptspeicher S a m e r b o d e n 1883 m ü. M. mit 51 km² natürlichem Einzugsgebiet soll 160 Mio m³ Nutzraum erhalten und wird durch eine 180 m hohe Gewölbemauer mit 1,4 Mio m³ Betonbedarf aufgestaut (Fig. 37). Ihm ist der Vorseicher W a s t l b a u e r a l m mit 4,4 Mio m³ Nutzraum, 1704 m ü. M. als Hauptwasserfassungshorizont für weitere 81 km² vorgeschaltet. Das Oberstufenkraftwerk (60 MW) ist Pumpspeicherwerk mit Pumpenturbinen. Im Zug des 20,3 km langen Druckstollens liegt das Ausgleichbecken G ö s s k a r, 1,4 Mio m³, dem als Seitenstufe ein Pumpspeicherwerk mit dem aufgestauten D ö s n e r s e e, 2310 m ü. M., 19 Mio m³ günstig angegliedert werden kann. Dieser Stollen ist grösstenteils mit Teilprofil für die zwischenzeitliche Ueberleitung von Wasser zur Laufstufe des Reisseckwerks als Vorleistung bereits ausgeführt. Die Hauptstufe Kolbnitz mit 1100 m Fallhöhe ist für 360 MW ausgelegt, mit zusätzlicher Pumpspeicherung aus der Möll. Die Verkehrserschlies-

sungen für diesen Ausbau haben allgemeinere Bedeutung. Die Strasse zur Mauerkrone Samerboden kann leicht über die Arlscharte (2258 m) ins Grossartal auf die Tauernnordseite weitergeführt und ein neuer Alpenübergang mit hohem Wert für die beteiligten Täler geschaffen werden.

In der Fragner Werkgruppe soll dem Ausbau der Kraftstufen die sehr günstig gewordene Angliederung mehrerer Speicherbecken folgen. Als Fernspeicher zur Wurtenstufe bieten sich der G r o s s e e im Talschluss der kleinen Zirknitz, 2400 m ü. M., 8,9 Mio m³ durch 26 m Aufstau und 54 m Absenkung, ein kommunizierendes Becken H o c h w u r t e n unter dem Wurtenkees mit 5,8 Mio m³, und mit der Ueberleitung des Fleissbaches der Z i r m s e e 2505 m, 2,5 Mio m³ mit je 10 m Aufstau und Absenkung. Der O s c h e n i k s e e kann durch einen Steindamm, u. U. in zwei Schritten, um 60 m aufgestaut werden und bringt dann 22 Mio m³ zusätzlichen Nutzraum. Das Gesamtprogramm zeichnet sich durch gute Anpassungsfähigkeit an die Bedarfsentwicklung im Kärntner Raum aus.

Die guten Möglichkeiten im Osttiroler Iselgebiet gingen früher von den Speichern Innerschlöss und Tauerntal im Matreier Tauernbach sowie Dorfertal im Kalserbach mit je 100 bis 120 Mio m³ Nutzraum aus. Nach dem Ausbau der Durchgangsstrasse durch den Felbertauerntunnel hat man unter Verzicht auf das Tauerntal-Becken einen Grossausbau des Speichers D o r f e r t a l, 1793 m, 235 Mio m³, studiert. Durch Stollenzüge von 32 km Länge erfasst er die Abflüsse von der Südseite der Venediger- und Glocknergruppe und der Nordseite der Schobergruppe. Seine hervorragend günstige Sperrstelle ist durch eine 215 m hohe Gewölbemauer zu schliessen; der 5 km lange See weist eine Fläche von rd. 260 ha auf. Die zweistufige Abarbeitung nach Matrei (944 m) mit einem Zwischenbecken bei G r u b e n (1,8 Mio m³, 1430 m ü. M.) würde eine Jahresarbeit von 840 GWh bei 600 MW Leistung ergeben.

Als Speicherpläne im jugoslawischen Alpengebiet waren 1953 14 Becken mit zusammen 1350 Mio m³ Nutzraum an Drau (sechs), Sava (vier) und Soča (vier) dargestellt worden. Ausserdem war ein Speicher Planina in der oberen Ljubljana für 200 Mio m³ erwähnt, der jedoch schon zum dinarischen Karst rechnet. Seitdem konnte, wie er-

Dans la région des Alpes yougoslaves on avait projeté, dès 1953, l'aménagement de 14 bassins d'un volume utile total de 1350 millions de m³ sur la Drau (6), la Save (4) et la Soča (4). On faisait également état du bassin de Platinina sur le cours supérieur de la Ljubljanka, avec 200 millions de m³, mais ce dernier se situe plutôt dans la région du Karst dinarique. Comme nous l'avons déjà mentionné, aucun de ces projets n'a encore été réalisé. On a néanmoins poursuivi depuis cette époque les études et les travaux préliminaires, car en raison de la forte irrégularité des écoulements et de l'importance des crues, la régularisation des débits par l'aménagement de bassins de retenue, demeure un problème capital. Actuellement, les projets dont l'étude se poursuit sérieusement, sont au moins au nombre de 12, comprenant des anciens projets modifiés, ainsi que des projets nouveaux, parmi lesquels quelques bassins d'accumulation par pompage, totalisant un volume utile de 1850 millions de m³ environ.

Dans la région de la Drave, sur la branche gauche du Posruck et principalement sur le versant sud du massif plus important du Pohorje (Massif du Bachergebirge), on compte sept bassins dont trois petits, celui de Sosnar na Pohorju étant un bassin d'accumulation par pompage pour assurer la production de pointe avec 2,5 millions de m³, 360 m de hauteur de chute et 250 MW. Parmi les bassins d'accumulation saisonnière, dont trois d'accumulation par pompage, nous ne citerons ici que les plus vastes: Remsnik na Kozjaku (400 millions de m³, 660 m d'altitude, 320 m de hauteur de chute), et Vuhred na Pohorju (450 millions de m³, 620 m d'altitude, 260 m de hauteur de chute), comportant tous deux d'imposants barrages en terre.

Dans la région de la Save, on projette l'aménagement d'une chaîne de sept centrales au fil de l'eau, équipées de groupes bulbe. Ces usines s'échelonnent entre Litija (Littai) et Krško (Gurkfeld) et totalisent 70 m de hauteur de chute avec une productivité de 910 GWh. Il leur est adjoint la centrale de pompage de Pozarje (430 m de hauteur de chute, 200 MW) alimentée par un bassin d'accumulation hebdomadaire de 3,5 millions de m³ à 670 m d'altitude, situé dans le Massif de Sv. Miklauž (Nikolaï). Pour respecter les exigences de la protection de la nature, on a renoncé à aménager le lac de la Wochein près du Triglav (2863 m).

Ce sont des considérations du même ordre qui ont également fortement influencé les projets de la région de la Soča, car la vallée de Trenta (cours supérieur de la Soča) est une des plus belles de la Slovénie. Se substituant aux projets plus anciens, il existe un projet dont les études sont pratiquement achevées: celui de la centrale d'accumulation de Trnovo (134 MW, 475 GWh) qui au lieu de trois

bassins n'en comporte plus qu'un grand, celui de Bovec de 292 millions de m³ à 420 m d'altitude, mis en retenue par un barrage en enrochement de 80 m de hauteur. Comme l'illustre la photographie fig. 38, ce lac de retenue situé dans une large vallée au pied de la haute-montagne pourrait parfaitement constituer un élément moteur pour le développement du tourisme, mais sa réalisation se heurte encore à de fortes oppositions. Les études du projet bien connu du grand lac de retenue de Trebuša sur l'Ildrijca (286 millions de m³) pouvant alimenter, en variante, une grosse centrale exportatrice, sont actuellement mises en sommeil. Cependant le palier au fil de l'eau de Solkan, situé plus en aval sur la Soča, où il exploitera une chute de 20 m, doit être prochainement mis en chantier.

Le silence s'est fait, au cours des dernières années, sur les nouveaux projets de bassins d'accumulation dans les Alpes orientales italiennes. On a même ajourné la réalisation de quelques réservoirs dont la construction était décidée et faisaient déjà l'objet de travaux préliminaires, tels que ceux de Caprile (Cordevole), de Cornisello dans la région supérieure de la Sarca, ou de Predarossa dans la vallée de Masino (Région de l'Adda). Le principal motif de ce coup d'arrêt réside dans les faits que l'équipement du potentiel hydraulique est déjà très poussé et aussi que les aménagements les plus récents ont coûté fort cher (cf, par exemple, l'Alpe Gera, le Lago Verde, la Quaira della Miniera/Achtzger). D'autre part, 58 % de tous les bassins d'accumulation des Alpes orientales sont italiens, et ils représentent 52 % de la capacité totale de retenue. Par contre nous retrouvons dans cette région les exemples, déjà évoqués, de modernisation d'installations existantes en usines de pointe, partiellement complétées par des pompes d'accumulation (par exemple du lac de S. Croce/Fadalto, et celui d'Arno/S. Fiorano). Il n'y a donc que peu de projets nouveaux dignes d'être mentionnés. Les Usines Municipales de Verona et Rovereto projettent d'aménager, comme bassin supérieur du groupement d'usines du Leno, le lac de Campi, d'une capacité de 1,5 millions de m³, sur le Leno di Terragnolo, à 820 m d'altitude. Les Usines Municipales de Milan ont encore la possibilité d'augmenter la capacité du lac de retenue de Cancano, comme prévu, à 117 millions de m³. Le bassin d'accumulation de Pugnaito, dans la vallée du Roasco, que les projets initiaux prévoyaient plus grand, est destiné maintenant à être utilisé comme réservoir supérieur (1480 m d'altitude, 2 millions de m³) d'une usine de pompage. Il subsiste malgré tout dans les Alpes méridionales un certain nombre de sites susceptibles d'être aménagés en réservoirs d'accumulation, dont la destination première serait la protection contre les crues.

Erratum, remarqué pendant l'impression:

A la page 256, la troisième ligne d'en haut est à corriger comme suit:
valeur moyenne générale 770 000 kWh par ha, soit 815 000
(Le texte allemand pouvait encore être corrigé).

wähnt, noch keines dieser Projekte verwirklicht werden. Studien und Vorarbeiten sind jedoch laufend weitergeführt worden, da bei schroffen Abflussschwankungen und starken Hochwassern ein Abflussausgleich durch Staubecken sehr wichtig ist. Zur Zeit umfassen die ernsthaft verfolgten Projekte immer noch mindestens zwölf teils veränderte, teils neue Stausee-Pläne, darunter mehrere Pumpspeicher, mit sogar rund 1850 Mio m³ Nutzraum.

Im Gebiet der Drava, im linksseitigen Posruck und hauptsächlich im grösseren Pohorje (Bachergebirge) auf der Südseite, handelt es sich um sieben Becken, darunter drei kleine, eines als Pumpspeicher für Tagesspitzen, *Sosnar na Pohorju*, 2,5 Mio m³, 360 m Fallhöhe, 250 MW. Von den Langzeitspeichern, unter ihnen drei mit Pumpspeicherung, seien hier nur die grössten genannt: *Remsnik na Kozjaku*, 400 Mio m³, 660 m ü. M., 320 m Fallhöhe, und *Vuhred na Pohorju*, 450 Mio m³, 620 m ü. M., 260 m Fallhöhe, beide mit mächtigen Staudämmen.

Im Sava-Gebiet steht der Ausbau einer Kette von sieben Laufwerken zwischen Litija (Littai) und Krško (Gurkfeld) mit 70 m Fallhöhe, 150 MW und 910 GWh als Rohrturbinenkraftwerke bevor. Ihnen ist das Pumpspeicherwerk *Pozarje*, 430 m Fallhöhe, 200 MW, zugeordnet, mit einem Wochenspeicherbecken von 3,5 Mio m³, 670 m ü. M. im Sv. Miklauž (Nikolai)-Gebirge. Auf die früher geplante Ausnutzung des Wocheiner Sees am Triglav ist aus Naturschutzrücksichten verzichtet worden.

Rücksichten auf den Landschaftsschutz in den Julischen Alpen haben auch die Planungen im Soča-Gebiet stark beeinflusst, da das Trenta-Tal (obere Soča) zu den schönsten Tälern Sloweniens gehört. Es besteht ein baureifes Projekt — als Ersatz der früheren Pläne — für ein Speicherwerk *Trnovo* (134 MW, 475 GWh), das anstelle von drei Becken nur ein grosses, *Bovec*, 292 Mio m³, 420 m ü. M. mit einem 80 m hohen Steindamm vorsieht. Wie Fig. 38 erken-

nen lässt, würde sich der Stausee im breiten Tal vor dem Hochgebirge mit einer Förderung des Tourismus wohl vereinen lassen, begegnet jedoch Widerstand. Das bekannte Projekt des grossen Stausees *Trebuša* in der Idrijca, 286 Mio m³, zeitweise als Exportkraftwerk verfolgt, ruht zur Zeit, doch steht eine unterliegende Soča-Flussstufe *Solkan* mit 20 m Fallhöhe vor dem Ausbau.

Im italienischen Ostalpen-Gebiet ist es in den letzten Jahren um aktuelle Speicherpläne still geworden. Sogar einzelne zum Bau beschlossene, in Vorbereitung stehende sind aufgeschoben worden, wie *Caprile* (Cordevole), *Cornisello* im oberen Sarca-Gebiet oder *Predarossa* im Masinotal (Adda-Gebiet). Dies ist verständlich angesichts des sehr weit fortgeschrittenen Ausbaues des Wasserkraftpotentials und des öfters recht hohen Bauaufwandes, den jüngere italienische Speicherseen erfordert haben (vergl. z. B. Alpe Gera, Grünsee-Lago Verde, Achtzger-Quaira della Miniera). Entfallen doch in den Ostalpen 58 % aller Speicher, mit 52 % des Gesamtnutzraumes auf italienische Seen. Dagegen finden wir hier bereits die schon erwähnten Fälle des Neuausbaues hoher Leistungen, z. T. mit Pumpspeicherung, an dafür günstigen bestehenden Speicherstufen (Lago di S. Croce/Fadalto, Lago d'Arno/S. Fiorano). So können hier nur wenige Pläne genannt werden. Die Stadtwerke Verona und Rovereto planen als Oberstufe ihrer Leno-Gruppe das 1,5 Mio m³-Becken *Campi* im Leno di Terragnolo 820 m ü. M. Die Stadtwerke Mailand verfügen noch über die günstige Möglichkeit, den Stausee *Cancano* wie vorbereitet (117 Mio m³) zu erhöhen. Der früher grösser geplante Speicher *Pugnaltio* im Roasco-Tal ist als Pumpspeicher-Oberbecken ca. 1480 m ü. M. mit 2 Mio m³ vorgesehen. Doch bleiben in den Südalpen für die Zukunft noch manche Speichermöglichkeiten mit dem Vorrang des Hochwasserschutzes.

BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES ORIENTALES

Tableau A

No	Name	Flussgebiet	Stauziel	Nutzraum	Energieinhalt	Seefläche	Spiegel-	Sperbauwerk /	Länge	Masse	Bauzeit
1)	Nom	Bassin fluvial	m ü. M.	Volume utile	Energie	Surface	schwankung	Typ	Longueur	Volum	Durée de
2)			retenue		accumulée	du bassin	de niveau	Hauteur		1000 m³	construction
			m.s.m.	Mio m³	Mio kWh	ha	m	m	m		
a) SCHWEIZ — SUISSE											
Speicherseen in den nördlichen Ostalpen											
Bassins d'accumulation du versant nord											
1	Valle di Lei (Italien/Suisse)	Reno di Lei/Hinterrhein/Rhein	1931	197,0	622,7	420	101	V	143	834	1957/61
2	Sufers	Hinterrhein	1401	18,3	41,2	90	29	V	58	22	1959/62
3	Bärenburg	Hinterrhein	1080	1,0	1,3	7	20	P	64	55	1959/61
4	Däversensee (n)	Landoart/Rhein	1568	11,0	19,4	57	28	—	—	—	1920/25
5	Marmorera	Julia/Albula	1680	60,0	165,5	138	61	T	70	2700	1949/55
6	Heidsee (n)	Heidsbach/Albula/Rhein	1484	0,8	1,3	41	3	Bp	—	—	1917/19
21	Silsensee (n)	En (Inn)/Donau	1797,5	2,2	3,8	415	0,5	Bp	—	—	1947
22	Silvaplannersee (n)	En (Inn)	1791,6	2,2	3,8	320	0,7	Bp	—	—	1947
23	St. Moritzersee (n)	En (Inn)	1768,4	0,9	1,5	80	1,2	Bp	—	—	1932
24	Livigno (Italien/Suisse)	Spöl/En	1805	164,0	330,6	477	105	V	130	776	1964/69
25	Ova Spin	Spöl/En	1630	6,5	11,0	36	30	V	73	25	1966/69
b) DEUTSCHLAND — ALLEMAGNE											
14	Schrecksee (n)	Osterrach/Iller/Donau	1811	1,0	1,0	8	15	T	8	2	1949/50
15	Grüntensee (Haslach)	Wertach/Lech	882	16,0	1,5	250	12	T	21	170	1959/61
17	Forgensee (Rosshaupten)	Lech/Donau	782	149,0	80,4	1580	17	T	41	280	1950/53
19	Sylvenstein	Isar/Donau	764	105,0	22,7	621	28	T	46	210	1956/59
20	Walchensee (n)	Jachen/Isar	802	110,0	101,8	1650	7	Bp	—	—	1927/23
44	Reichenhall	Saalach/Saatzach/Inn	486	1,0	0,3	44	3	P	32	77	1911/13
c) ÖSTERREICH — AUTRICHE											
7	Silvretta	III/Rhein	2030	38,6	128,2	134	44	P	80	572	1939/48
8	Hauptsporre	Bieler Damm	1743	5,3	14,5	35	24	P	25	733	393
	Vermunt			43,5	126,2	101	89	V	50	488	1929/31
9	Kops	Zeinsbach/III	1809	992	1,1	7	17	Ra	—	—	1962/67
10	Latschau	Verballach/III	1943	(9,0)	(7,0)	117	9	—	—	~250	1941/43
11	Lünsee (n)	Alverbach/III	1970	78,3	258,8	153	73	P	28	380	1929
12	Spullersee (n)	Spreubach/Alfenz/III	1825	(13,1)	(36,5)	54	35	P	26	280	1956/58
E	Sudmauer	Zemmbach/Ziller/Inn	1830	15,7	43,6	98	40	P	28	186	24
	Nordmauer			2,0	1,7	16	20	P	48	105	1962/65
13	Raggal	Lutzbach/III	715	22,0	20,4	430	5	—	—	—	1964/67
16	Plansee u. Heiterwangersee	Archbach/Lech	977	71,4	80,4	716	11	Bp	—	—	1925
18	Achensee (n)	Walchen/Isar (Nutz. - utilis. Inn)	929	136,3	371,0	261	102	E	153	600	1926/29
26	Gepatsch	Faggenbach/Inn	1767	127,4	385,5	219	102	V	131	722	1961/71
27	Schlegels	Zemmbach/Ziller/Inn	1782	6,5	9,5	57	14	T	28	480	1966/68
28	Stillup	Stillupbach/Zemmbach/Ziller	1120	52,5	103,2	189	45	T	70	470	1963/67
29	Durlasboden	Gerlos/Ziller	1405	0,8	1,4	8	14	V	37	69	1943/45
30	Gmünd	Gerlos/Ziller	1190	1,6	1,7	47	4	—	—	—	1923
31	Hintersteirersee (n)	Weissbach/Inn	682	5,5	15,5	20	32	P	30	162	20
32	Amersee (n)	Amerbach/Saatzach/Inn	2279	1,1	3,1	5	37	P	16	88	1955/58
33	Salzplattensee (n)	Oedbach/Stubach/Saatzach	2299	16,0	45,0	46	53	P	37	235	59
34	Weisse (n)	Weissbach/Tauernmoosbach/Stubach	2250	(21,0)	(51,2)	145	21	P	28	190	29
35	Tauernmoossee (n)	Salzach	2003	55,3	155,7	192	38	P	55	1100	1969/74
E	Mooserboden	Kapruner Ache/Saatzach	2036	85,4	286,2	167	75	P	104	462	1951/55
36	Mooserpere	Kapruner Ache/Saatzach	2036	82,8	203,6	153	82	V	112	357	1952/55
37	Drossensperre	Wasserfallboden	1672	0,7	0,8	23	4	P	6	40	1912
38	Wasserfallboden	Nassfelder Ache/Gasteiner Ache/1843	1843	1,5	0,8	9	23	Ra	—	~600	1957/58
39	Bockhartsee (n)	Salzach	738	7,5	3,2	95	14	—	—	—	1932
40	Brandstatt (Schwarzach)	Almbach/Saatzach	683	2,5	1,5	38	10	P	36	86	1920/24
41	Hintersee (n)	Almbach	688	7,5	2,7	103	11	P	28	66	11
42	Strubklamm	Almbach	555	4,8	9,0	30	25	E	36	204	1909/13
43	Wiestal	Diessbach/Saalach/Saatzach	1415	3,2	1,5	48	7	Bp	—	—	1962/64
44	Diessbach	Traun/Donau	923	24,7	18,0	65	62	T	21	73	26
45	Schwarzensee (n)	Traun	711	0,9	0,5	61	1,5	Bp	—	—	1910/13
46	Vord. Gosausee (n)	Traun	923	10,6	9,2	80	26	V	53	120	1908
47	Offensee (n)	Salza	651	1,6	1,0	15	12	Ra	15	1700	1947/49
48	Salza (Grimming)	Enns	771	1,8	0,9	23	14	P	35	600	1962/63
49	Wag (Hiefau)	Erlauf/Donau	555	3,0	3,0	37	12	E	18	112	1956/57
50	Erlaufklause	Mur/Drau	779	5,4	4,1	50	23	P	33	262	1929/31
a) ÖSTERREICH — AUTRICHE											
51	Rotguldensee (n)	Mur/Drau	1711	3,0	3,0	37	12	E	18	112	1956/57
52	Pack	PACKERBACH/TEIGITSCH/KAINACH/MUR	868	5,4	4,1	50	23	P	33	262	1929/31
53	Hierzmann	Teigitsch/Kalnach	708	7,2	5,2	49	33	V	58	172	1948/50
54	Margarlitz	Möll/Drau	2000	3,2	9,9	21	20	V	93	164	35
55	Möllschlucht	(Nutz. — utilis. Kapruner Ache)	2212	1,1	2,9	10	19	E	15	100	23
56	Feldsee (n)	Wurtenbach/Fragantbach/Möll	1695	2,7	7,2	21	20	T	39	200	1989/70
57	Wurten	Wurtenbach/Fragantbach	2333	11,5	47,3	22	88	—	—	—	1967/69
58	Oscheniksee (n)	Fragantbach/Möll	2333	4,1	18,4	13	49	P	25	358	34
59	Hochalmsee (n)	Reckenbach/Möll	2379	2,5	11,6	13	45	E	17	212	1957/58
60	Radsee (n)	Radbach/Lieser/Drau	2399	2,8	12,4	11	34	Pe	41	159	1956/58
61	Kl. Mühlhofersee (n)	Mühlhoferbach/Möll	2379	7,7	33,4	21	64	Pe	47	433	1954/57
62	Gr. Mühlhofersee (n)	Mühlhoferbach/Möll	2319	4,3	3,3	660	0,7	Bp	—	—	1952
63	Weissensee (n)	Weissenbach/Drau	900	1,2	0,9	16	13	V	30	75	8
64	Wiederschwing	Weissenbach/Drau	675	5,0	3,3	38	19	P	14	36	1951/53
65	Forstsee (n)	Wörthersee/Gurk/Drau	606	5,3	5,5	42	24	T	41	150	1925 u. 1936/37
65	Freibach	Freibach/Drau	729	5,0	5,5	42	24	T	41	150	1957/60

1 Nummer in der Übersichtskarte; E = Erweiterung

2 Numéro dans la carte synoptique; E = extension

(n) = gestauter oder abgenektur Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre

(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = exhaussement du barrage

Tableau A (suite)

Table A (Forts.)

No 1)	Name Nom 2)	Flussgebiet Bassin fluvial	Stauziel m ü. M. Cote de retenue m.s.m.	Nutzraum Volume utile Mio m³	Energieinhalt Energie accumulée Mio kWh	Seefläche Surface du bassin ha	Spiegel- schwankung Variation de niveau m	Sperrbauwerk / Typ Type 3)	Höhe Hauteur m	Länge Longueur m	Masse Volume 1000 m³	Bauzeit Durée de construction
b) JUGOSLAWIEN — YUGOSLAVIE												
66	Moste	Sava Dolinka	523	4,6	0,9	67	9	P	45	55	27	1946/52
67	Podselo (Sta. Lucia)	Soca (Isonzo)	153	6,3	0,9	120	10	V	58	38	24	1937/39
c) ITALIEN — ITALIE												
68	Sauris (Lumiei)	Lumiei/Tagliamento	980	70,0	113,0	164	75	C	136	138	104	1946/48
69	Lago di Verzegnis (Ambiesta)	Ambiesta/Tagliamento	497	3,6	2,3	26	29	C	59	141	29	1951/56
70	Lago di Cavazzo (n)	Tagliamento	184	4,8	—	130	4	—	—	—	—	1956
71	Tul	Cosa/Tagliamento	271	0,8	0,2	11	10	V	40	33	2	1953/54
72	Ca Zul	Meduna/Livenza	596	9,4	8,3	35	36	V	72	160	65	1964/65
73	Ca Selva	Silisia/Meduna	485	36,0	24,8	115	50	PV	99	245	350	1962/65
74	Lago di Tramonti	Meduna	313	22,0	6,9	160	23	V	75	71	18	1948/51
75	Barcis	Cellina/Livenza	402	20,4	10,0	110	29	C	50	73	8	1951/53
76	Lago di S. Croce (n)	Tesà/Meschio	386	111,5	73,6	780	24	T	11	1975	350	1927/29
77	Lago Morto (n)	Meschio/Livenza	275	3,0	1,1	75	5	—	—	—	—	1929
78	Comelico	Ansel/Plave	830	1,2	1,8	13	22	V	66	113	32	1930/31
79	S. Caterina	Plave	830	6,7	10,0	90	22	P	58	185	93	1930/31
80	Pieve di Cadore	Boite/Plave	684	64,3	78,0	230	58	PV	112	410	377	1947/50
81	Vodo	Boite/Plave	855	1,2	1,9	11	17	C	42	77	10	1959/60
82	Vallè	Boite/Plave	707	4,2	5,3	25	33	V	61	38	5	1949/50
83	Pontesei	Maè/Plave	800	5,8	8,4	38	45	C	93	145	63	1955/57
84	Valont	Valont/Plave	722	~20	~25,0	270	~100	V	262	190	352	1956/60
85	Gallina	Val Gallina/Plave	677	6,2	7,5	20	68	C	92	228	99	1949/51
86	Lago d'Alleghe (n)	Cordevole/Plave	568	3,2	5,0	8	8	Bp	—	—	—	1937/39
87	Lago di Cavia (n)	Biois/Cordevole	2099	2,3	8,9	18	20	P	24	414	18	1947/49
88	Mis	Mis/Cordevole	427	39,0	16,8	133	45	V	91	157	55	1980/62
89	La Stua	Corame/Plave	690	3,5	3,1	14	37	P	58	27	20	1932/54
90	Costa Brunella (n)	Grigno/Brenta	2021	5,1	13,8	14	61	P	21	111	9	1939/42
91	Vai Noana	Noana/Cismon/Brenta	1015	9,0	15,2	24	60	V	125	143	164	1956/58
92	Vai Schener	Cismon	560	8,0	6,0	38	35	V	73	74	18	1961/62
93	Senaiga	T. Senaiga/Cismon	402	6,5	3,0	30	30	C	68	121	25	1953/54
94	Corio	Cismon/Brenta	268	45,0	8,6	245	31	C	71	89	26	1952/53
95	Reschensee-Lago Resia (n)	Etsch (Adige)	1497	(110,0)	(273,0)	650	31	T	32	447	600	1942/51
E	Erh.		1499	121,0	300,0	660	33	+	—	—	+	1955
96	Zurfritt-Gioveretto	Pimabach/Etsch (Adige)	1850	19,6	65,0	70	55	F	82	375	310	1954/56
97	Vernagt-Vernago	Schnalserbach/Etsch (Adige)	1666	(15,7)	(19,3)	93	24	T	(40)	(333)	(750)	1949/56
E	Erh.		1690	43,2	133,0	126	46	—	65	490	2200	1962/66
98	Grünsee-L. Verde (n)	Grünseebach/Falschauer- bach/Etsch (Adige)	2529	7,1	36,2	25	43	E	87	426	805	1964/66
99	Weissbrunnsee-Fontana Bianca	Falschauerbach	1872	1,3	4,7	15	10	T	22	347	115	1958/60
100	Zocklensee-Zoccolo	Falschauerbach	1141	33,1	55,4	144	46	T	66	516	1400	1961/65
101	Achtgersee-Quira della Miniera	Jan-Bach/Falschauerbach	2250	12,4	65,0	33	49	P	85	464	610	1965/68
102	Mitterbadsee-Alborelo	Falschauerbach/Etsch (Adige)	810	3,0	3,6	17	30	P	52	110	84	1952/54
103	Olang-Valdaora	Rienz/Eisack/Etsch (Adige)	1055	4,8	7,4	45	15	V	47	140	15	1956/58
104	Nöges-Neves	Rienz	1856	15,0	47,7	77	60	C	92	275	95	1962/64
105	Mühlbach-Rio Pusteria	Rienz/Eisack	723	1,7	1,8	28	12	P	27	30	19	1940/41
106	Franzensleiste-Fortezza	Eisack/Etsch (Adige)	723	1,7	1,8	18	20	V	63	57	17	1940/41
107	Careser	Noce/Adige	2600	16,1	55,8	47	48	P	62	444	198	1928/34
108	Pian Palù	Noce di Val del Monte/ Noce/Adige	1800	15,8	39,4	58	48	P	53	180	100	1954/59
109	S. Giustina	Noce/Adige	530	172,0	132,0	350	85	V	152	124	112	1946/50
110	Fedaia West Ost	Avisio/Adige (Nutz.-utils., Cordevole/Plave)	2053	16,0	60,3	70	40	F	55	342	164	1953/56
111	Forte Buso	Travignolo/Avisio (Nutz. — -utils., Cismon/Brenta)	1458	32,0	82,0	63	78	PV	110	321	260	1950/52
112	Stramentizzo	Avisio/Adige	789	10,0	14,2	67	25	C	62	99	25	1953/55
113	Lago delle Piazze (n)	Pinè/Adige	1026	6,1	8,4	37	23	E	15	230	25	1925/28
114	Speccheri	Leno di Vallarsa/Adige	805	9,5	14,2	28	60	V	157	192	117	1956/57
115	S. Colombano (Tolido)	Leno di Vallarsa	280	2,2	0,6	19	20	V	68	83	16	1965/66
117	Pra da Stua	Aviana/Adige	1042	1,5	2,4	10	30	PV	43	188	31	1950/51
118	Lago di Molveno (n)	Lambin/Sarca/Mincio/Po	825	(178,2)	(355,0)	(335)	109	—	—	—	—	1952/53
E			833	204,5	332,0	347	117	E	16	177	33	1962/63
119	Ponte Pia	Sarca/Mincio	462	1,5	1,3	22	8	V	54	70	8	1953/55
120	Lago di Cavedine (n)	Sarca/Mincio	242	4,7	1,9	98	5	—	—	—	—	1960
121	Lago di Ledro (n)	Ponale/L. di Garda	655	45,0	53,8	217	23	—	—	—	—	1928
122	Valvestino	Toscolano/L. di Garda	503	47,5	42,0	101	65	C	124	288	240	1960/62
123	Malga Bissina	Chiese/Oglio/Po	1788	60,0	209,5	138	67	F	84	553	443	1954/57
124	Malga Boazzo	Chiese	1225	11,8	27,0	62	29	F	57	440	79	1954/56
125	Lago della Vacca (n)	Caflaro/Chiese	2359	2,5	5,0	16	25	P	20	87	6	1925/28
126	Lago d'Ildro (n)	Chiese	368	76,0	16,0	1410	6	Bp	—	—	—	1930
127	Pantano d'Avio	Avio/Oglio	2378	12,5	52,5	42	41	F	65	400	200	1952/56
128	Lago Venerocolo (n)	Avio/Oglio	2538,4	2,5	10,8	20	24	F	30	348	42	1957/59
129	Lago Benedetto (n)	Avio/Oglio	1930	7,7	25,0	37	38	P	38	322	40	1937/40
130	Lago d'Avio (n)	Avio/Oglio	1909	21,3	69,5	43	60	P	39	300	80	1922/29
131	Lago d'Avio (n)	Avio/Oglio	1920	1,0	1,6	14	10	†)	—	—	—	1947
132	Lago Baitone (n)	Remulo/Oglio	2281	16,3	66,1	38	65	P	37	228	46	1927/30
133	Lago Dosazzo (n)	Poggia/Oglio	2084	1,6	6,0	11	34	†)	—	—	—	1942
134	Lago Salarno (n)	Poggia/Oglio	2070	17,3	65,4	39	68	P	41	272	83	1919/28
135	Lago d'Arno (n)	Serio/Oglio	1817	38,0	130,8	95	52	P	40	159	30	1910/17
136	Pian Barbellino	Serio/Adde/Po	1869	18,6	36,6	58	50	P	73	256	160	1927/31
137	Lago Nero (n)	Val Goglio/Serio	2023	3,3	8,3	13	35	P	43	146	35	1924/29
138	Lago Diavolo (n)	Brembo/Adda	2142	2,5	6,1	13	35	P	25	56	5	1931
139	Fregabolia	Brembo di Branzi	1957	4,7	11,2	17	50	P	63	193	87	1930/32
140	Sardagnana	Brembo di Branzi	1738	2,3	5,5	11	30	P	38	170	30	1941/47
141	Colombo	Borleggia/Brembo	2057	2,5	7,2	16	25	P	32	140	19	1929
142	Laghi Gemelli (n)	Borleggia/Brembo	1953	7,0	19,6	37	31	P	37	198	49	1930/33
143	Lago Marcio (n)	Borleggia/Brembo	1841	0,9	2,1	6	22	P	18	58	5	1923
144	Piano delle Casere (n)	Borleggia/Brembo di Branzi	1816	2,5	6,0	12	32	P	43	115	10	1941/47

1 Nummer in der Übersichtskarte; E = Erweiterung

Numéro dans la carte synoptique; E = extension

2 (n) = gestauter oder abgesenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre

(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = exhaussement du barrage

3 P Gewichtstaumauer / Barrage-poids

Pe Gewichtstaumauer mit Sparräumen / Barrage-poids évidé

PV Gewichtstaumauer / Barrage-poids évidé

C Bogenstaumauer / Barrage-couple

F Pfeilstaumauer / Barrage à contreforts

VM

T

E

Bp

Ra

Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples

Erddamm / Barrage en terre

Kleindamm / Barrage en enrochements

Kleines Wehr / Petit barrage

Kunstbecken / Réservoir artificiel

4 Kein Sperrbauwerk; natürliche Seeluvion zur Stauraumgewinnung ausgespült

Sans barrage; alluvions dans le lac naturel éliminées pour gagner du volume utile

No 1)	Name Nom 2)	Flussgebiet Bassin fluvial	Stauziel m ü. M. Cote de retenue m.s.m.	Nutzraum Volume utile Mio m³	Energieinhalt Energie accumulée Mio kWh	Seefläche Surface du bassin ha	Spiegel- schwankung Variation de niveau m	Sperrbauwerk / Barrage Typ Type 3)	Höhe Hauteur m	Länge Longueur m	Masse Volume 1000 m³	Bauzeit Durée de
145	Alto Mora	Brembo	1800	0,8	1,6	7	20	P	43	205	34	1951/53
146	S. Giacomo	Adda	1949	64,0	217,0	200	66	F	87	970	666	1940/50
147	Cancano di Fraële	Adda	1856	(24,5)	—	(105)	45	P	57	300	170	1928/30
	Cancano II (E.)	Adda	1900	123,0	403,5	155	85	PV	134	381	522	1953/56
148	Valgrosina	T. Roasco/Adda/Po	1210	1,3	2,3	8	25	F	52	286	144	1958/60
151	Belviso (Frera)	Belviso/Aprica/Adda	1484	50,0	126,0	90	100	PV	138	315	399	1955/59
152	Lago Venina	Venina/Adda	1824	11,2	34,6	40	42	VM	50	180	90	1923/26
153	Scalis	Caronno/Venina	1495	9,0	21,9	33	50	F	57	401	200	1935/38
154	Lago Publino (n)	Livrio/Adda	2134	5,0	18,4	27	34	V	42	205	34	1950/52
155	Lago Pirola (n)	Mallero/Adda	2250	1,9	2,9	10	30	P	13	60	3	1919
156	Alpe Gera	Cormor/Mallero/Adda	2125	65,0	263,0	115	87	P	175	530	1716	1961/64
157	Campo Moro	Cormor/Mallero	1966	10,6	39,5	39	35	P	97	180	205	1956/58
								E	34	150	120	
158	Campo	Tartano/Adda	955	1,3	1,4	8	45	P	57	70	32	1927/29
159	Lago dell'Inferno (n)	Bitto/Adda	2085	4,0	15,6	22	38	F	41	150	39	1941/44
160	Lago di Trona (n)	Bitto/Adda	1805	5,3	17,6	19	49	F	54	182	84	1939/42
161	Lago Pescegallo (n)	Bitto/Adda	1860	1,1	3,8	7	23	P	17	230	25	1948/49
163	Villa di Chiavenna	Mera/Adda	626	1,1	1,0	12	16	F	44	120	22	1947/49
164	Spluga: Cardinello	Liro/Mera/Adda	1901	32,1	112,4	130	45	P	74	245	123	1928/32,
	Stuetta							P	36	220	70	1942/45
165	Isolato	Liro/Mera/Adda	1248	1,7	3,4	17	17	C	39	82	7	1953
166	Lago Truzzo (n)	Drogo/Liro	2085	21,3	79,2	70	86	P	35	230	62	1925/27, 1942/46
d) SCHWEIZ — SUISSE												
149	Bernina See-Lago Bianco (n)	Poschiavino/Adda	2234	18,0	67,2	170	27	P	16	280	7	1926/27,
	Nord							P	27	150	13	1941/45
	Süd							—	—	—	—	1904/06
150	Lago di Poschiavo (n)	Poschiavino/Adda	962	14,8	20,0	198	8	—	—	—	—	1956/59/
162	Albigna	Albigna/Maira (Mera)/Adda	2163	69,0	297,0	103	97	Pe	115	810	940	

1 Nummer in der Uebersichtskarte; E = Erweiterung

Numéro dans la carte synoptique; E = extension

2 (n) = gestauter oder abgesenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre

(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = rehaussement du barrage

3 P Gewichtstaumauer / Barrage-poids

Pe Gewichtstaumauer mit Sparräumen / Barrage-poids évidé

PV Bogengewichtstaumauer / Barrage poids-voûte

V Bogenstaumauer / Barrage-voûte

C Kuppelstaumauer / Barrage-coupole

F Pfeilerstaumauer / Barrage à contreforts

VM

T

E Steindamm / Barrage en enrochements

Bp Kleines Wehr / Petit barrage

Ra Kunstbecken / Réservoir artificiel

Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples

T Erddamm / Barrage en terre

SPEICHERSEEN UND UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE IN DEN OSTALPEN

BASSINS D'ACCUMULATION ET USINES EN AVAL DANS LES ALPES ORIENTALES

Tableau B

Tabelle B

No.	SPEICHERSEE	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS
1)	BASSIN D'ACCUMULATION	USINES EN AVAL	PROPRIÉTAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
1	Valle di Lei	Innerferrera*, Bärenburg, Sils	} Kraftwerke Hinterrhein AG, Thusis
2	Sufers	Bärenburg, Sils	
3	Bärenburg	Sils	
4	Davosersee	Klosters, Küblis+Landquart I-III	AG Bündner Kraftwerke, Klosters
5	Marmorera	Tinzen, Tiefenkaasel, Sils (Albulawerk)	} Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Zürich
6	Heidsee	Solis	
21	Silsersee	} St. Moritz (Islas)+Pradella	} Elektrizitätswerk der Gemeinde St. Moritz
22	Silvaplannersee		
23	St. Moritzersee		
24	Livigno	Ova Spin, Pradella	} Engadiner Kraftwerke AG (EKW), Zernez
25	Ova Spin	Pradella	
14	Schrecksee	Auele	
15	Grüntensee (Haslach)	Haslach	Elektrizitätswerk Hindelang GmbH, Hindelang
17	Forggensee (Rosshaupten)	Rosshaupten+Lechkette	Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München
19	Sylvenstein	Sylvenstein*+Bad Tölz	Bayerische Wasserkraftwerke AG (BAWAG), München
20	Walchensee	Kochel	Oberste Baubehörde, München
44	Saalachsee	Reichenhall+Rott	Bayernwerk AG, München
7	Silvretta	Obervermont, Partenen, Latschau, Rodund	Deutsche Bundesbahn, Dir. München
8	Vermunt	Partenen, Latschau, Rodund	} Vorarlberger Illwerke AG (VIW), Bregenz
9	Kops	Kopswerk*, Latschau, Rodund	
10	Latschau	Rodund	
11	Lünersee	Lünerseewerk, Rodund	} Österreichische Bundesbahnen/ÖBB Generaldirektion Wien
12	Spullersee	Danöfen, Braz*+Alfenzwerk	
13	Raggal	Lutzkraftwerk — Oberstufe*, Unterstufe	
16	Plansee+ Heiterwangersee	Reutte, Kniepasswerk, Weissshaus	Vorarlberger Kraftwerke AG (VKW), Bregenz
18	Achensee	Jenbach	Elektrizitätswerk der Gemeinde Reutte
26	Gepatsch	Kaunertalwerk Prutz/Imst*	Tiroler Wasserkraftwerke AG (TIWAG), Innsbruck
27	Schlegeis	Rosshag, Mayrhofen	} Tauernkraftwerke AG (TKW), Salzburg
28	Stillup	Mayrhofen	
29	Durlassboden	Funsingau, Gerloswerk Zell a. Z.	
30	Gmünd	Gerloswerk Zell a. Z.	} Tauernkraftwerke AG, Salzburg
31	Hintersteinersee	Kaiserwerk Kufstein+Weissachwerk	
32	Amersee	} Enzingerboden, Schneiderau, Uttendorf (ÖBB) Schwarzach (TKW)	Perlmooser Zement AG, Wien
33	Salzplattensee		
34	Weisse		
35	Tauernmoossee	} Limberg, Kaprun, Schwarzach	} Österreichische Bundesbahnen, Wien
36	Mooserboden		
37	Wasserfallboden		
38	Bockhartsee	Nassfeld	Tauernkraftwerke AG, Salzburg
39	Brandstatt	Schwarzach	Salzburger AG für Elektrizitätswirtschaft (SAFE), Salzburg
40	Hintersee	} Faistenau, Hallein	Tauernkraftwerke AG, Salzburg
41	Strubklamm		
42	Wiestal		Wiestalwerk Hallein
43	Diessbach	Diessbach	Salzburger AG für Elektrizitätswirtschaft, Salzburg
45	Schwarzensee	St. Wolfgang	} Oberösterreichische Kraftwerke AG (OKA), Linz
46	Vorderer Gosausee	Gosauwerk III+V (Steeg)	
47	Offensee	Offensee I+II	
48	Salza (Grimming)	St. Martin+Hieflau	Steirische Wasserkraft- u. Elektrizitäts-AG (STEWEAG), Graz
49	Wag	Hieflau	} Niederösterreichische Elektrizitätswerke AG (NEWAG), Wien
50	Erlaufklause	Wienerbruck, Erlaufboden	
51	Rotgüldensee	Rotgüldenwerk, Murfall, Ramingstein	SAFE, Salzburg
52	Pack	Pack, St. Martin, Arnstein, Teigitschmühle	} Steirische Wasserkraft- u. Elektrizitäts-AG (STEWEAG), Graz
53	Hierzmann	St. Martin, Arnstein, Teigitschmühle	
54	Margaritze	Mölpumpwerk, Limberg, Kaprun, Schwarzach	
55	Feldsee	} Innerfragant (Wurtenstufe), Ausserfragant	Tauernkraftwerke AG, Salzburg
56	Wurten		
57	Oscheniksee		Innerfragant (Oschenikstufe), Ausserfragant
58—61	Reisseckseen	Kolbnitz	Österreichische Draukraftwerke AG (ODK), Klagenfurt

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée

No.	SPEICHERSEE 1) BASSIN D'ACCUMULATION	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE USINES EN AVAL	EIGENTUMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS PROPRIETAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
62	Weissensee	} Kamering	} Kärntner Elektrizitäts-AG, Klagenfurt
63	Wiederschwing		
64	Forstsee		
65	Freibach		
66	Moste		
67	Podselo	Forstseewerk Velden	} Sava-Kraftwerke, Ljubljana Soca-Kraftwerke, Ljubljana
68	Sauris	Freibachwerk	
69	Lago di Verzegnis	Moste+Medvode (Tacen)	} Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), Compartimento di Venezia
70	Lago di Cavazzo	Doblar*, Plave	
71	Tul	Ampezzo*, Somplago*	} Soc. Elettrica del Tul
72	Ca'Zul	Somplago*	
73	Ca'Selva	—	} SNIA Viscosa S.A. Milano, Stabilimento di Torviscosa
74	Lago di Tramonti	Tul	
75	Barcis	Valida, Chievolis, Meduno, Colle, Istrago Chievolis . . . Istrago	} ENEL, Compartimento di Venezia
76	Lago di S. Croce	Meduno, Colle, Istrago	
77	Lago Morto	Barcis°, Malnisio, Giaia, Partidor, S. Foca, Villa Rinaldi	
78	Comelico	Fadalto*, Nove, S. Floriano*, Castelletto resp. Caneva, Livenza	
79	S. Caterina	Nove . . . Livenza	
80	Pieve di Cadore	Pelos, Soverzene*, Fadalto* . . . Livenza	} ENEL, Comp. di Venezia
81	Vodo	Soverzene* . . . Livenza	
82	Valle	Pontesei*, Gardona*, Colomber*, Soverzene* . . . Livenza	
83	Pontesei	Soverzene* . . . Livenza	
84	Vaiont	Pontesei*, Gardona*, Colomber*, Soverzene* . . . Livenza	
85	Gallina	Colomber*, Soverzene* . . . Livenza	
86	Lago d'Alleghe	Soverzene* . . . Livenza	
87	Lago di Cavia	Cencenighe*, Agordo*, Stanga*, Sospirolo, Quero	
88	Mis	Falcade, Cencenighe* . . . Quero	
89	La Stua	Sospirolo, Quero	
90	Costa Brunella	Caorame, Quero	} Soc. Idroelettrica Cismon
91	Val Noana	Costa Brunella, Grigno*	
92	Val Schener	S. Silvestro*, Pedesalto, Moline, Arsie*, Cavilla*	
93	Senaiga	Moline, Arsie*, Cavilla*	
94	Corlo	Arsie*, Cavilla*	
95	Reschensee — Lago di Resia	Cavilla*	} ENEL, Comp. di Venezia
96	Zufritt — Gioveretto	Glurns — Glorenza*, Kastelbell — Castelbello*	
97	Vernagt — Vernago	Laas — Lasa, Kastelbell — Castelbello* Naturis — Naturno, Töll — Tel	} Montecatini-Edison S.A., Milano
98	Grünsee — Lago Verde	Weissbrunn — Fontana Bianca, St. Walburg — Sta. Valpurga St. Pankraz — S. Pancrazio, Lana*	
99	Weissbrunnsee — Fontana Bianca	St. Walburg . . . Lana*	} ENEL, Comp. di Venezia
100	Zocklersee — Zoccolo	St. Pankraz, Lana*	
101	Achtzgersee — Quaira della Miniera	Kuppelwieser Alm — Pracomune*, St. Pankraz — S. Pancrazio, Lana*	
102	Mitterbadsee — Alborelo	Lana*	
103	Olang — Valdaora	Bruneck — Brunico*+Brixen* . . . Kardaun (No 105/106)	} Montecatini-Edison S.A., Milano
104	Nöfes — Neves	Lappach — Lappago, Mühlen — Molini di Tures+Brixen* . . . Kardaun	
105	Mühlbach — Rio Pusteria	Brixen — Bressanone*	} Ferrovie dello Stato (F. S.), Roma
106	Franzensfeste— Fortezza	+Waidbruck — Ponte all'Isarco*, Kardaun — Cardano	
107	Careser	Malgamare, Cogolo, Taio*, Mezzocorona	} ENEL, Comp. di Venezia
108	Pian Palù	Cogolo, Taio*, Mezzocorona	
109	S. Giustina	Taio*, Mezzocorona	
110	Fedaia	Malga Ciapela*, Saviner, Cencenighe*, Agordo*, Stanga*, Sospirolo, Quero	
111	Forte Buso	Caoria, Pedesalto, Moline+Arsie*, Cavilla* (ENEL)	} Serbatoi Montani per Irrigazione ed Elettricità (SMIRREL), Venezia
112	Stramentizzo	Egna*	
113	Lago delle Piazze	Pozzolago	} ENEL, Comp. di Venezia

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée

Tableau B (suite)

Tabelle B (Forts.)

No.	SPEICHERSEE	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE	EIGENTUMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS
1)	BASSIN D'ACCUMULATION	USINES EN AVAL	PROPRIETAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
114	Speccheri	Masocorona (Ala)	} Azienda Generale Municipalizzata di Rovereto e Verona ENEL, Comp. di Venezia
115	S. Colombano (Toldo)	S. Colombano	
117	Pra da Stua	Aviana	
118	Lago di Molveno	S. Massenza I*, Torbole	} ENEL, Comp. di Milano
119	Ponte Pia	S. Massenza II*, Torbole	
120	Lago di Cavedine	Torbole	
121	Lago di Ledro	Impianto del Ponale Riva	} ENEL, Comp. di Milano
122	Valvestino	Villa Gargnano*	
123	Malga Bissina	Boazzo*, Cimego, Storo, Vobarno	
124	Malga Boazzo	Cimego, Storo, Vobarno	} Società Elettrica ed Elettrochimica del Caffaro, Milano ENEL, Comp. di Milano
125	Lago della Vacca	Caffaro+Vobarno	
126	Lago d'Idro	Vobarno	} ENEL, Comp. di Milano
127	Pantano d'Avio	} Benedetto*, Temù, Sonico, Cedegolo II*, Cividate°	
128	Venerocolo		
129	Lago Benedetto	} Temù, Sonico, Cedegolo II*, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
130	Lago d'Avio		
131	Lago d'Aviolo	Sonico, Cedegolo II*, Cividate°	
132	Lago Baitone	} Stazione di pompaggio Baitone*, Salarno*, Campellio, Isola, Cedegolo I, Cividate°	} ENEL, Comp. di Milano
133	Lago Dosazzo		
134	Lago Salarno	} Campellio, Isola, Cedegolo I, Cividate°	
135	Lago d'Arno		
136	Pian Barbellino	Isola, Cedegolo I, S. Fiorano*, Cividate°	
137	Lago Nero	Gavazzo, Dossi	} ENEL, Comp. di Milano
138	Lago Diavolo	Aviasco, Gromo	
139	Fregaborgia	} Carona, Bordogna, Lenna	} ENEL, Comp. di Milano
140	Sardegna		
141	Colombo	} Sardegna, Carona, Bordogna, Lenna	
142	Laghi Gemelli		
143	Lago Marcio		
144	Piano delle Casere	Carona, Bordogna, Lenna	} Società Italcementi
145	Alto Mora	Averara	
146	S. Giacomo di Fraële	S. Giacomo, Premadio*, Grosio*, Lovero, Stazzona (AEM)+Boffetto (Falck)	} Azienda Elettrica Municipale di Milano
147	Cancano	Premadio* . . . Boffetto	
148	Valgrosina	Grosio* . . . Boffetto	
151	Belviso	Ganda* (Belviso Sup.), Belviso Inf.*+Boffetto	} Acciaierie e Ferriere Lombarde Falck, Milano
152	Lago Venina	Zappello*, Vedello, Venina	
153	Scais	Vedello, Venina	
154	Lago Publino	Publino*, Zappello*	} ENEL, Comp. di Milano
155	Lago Pirola	Mallero I u. II (vecchio); Sondrio* (nuovo)	
156	Alpe Gera	Campo Moro*, Lanzada, Sondrio*	
157	Campo Moro	Lanzada, Sondrio*	} ENEL, Comp. di Milano
158	Campo (Tartano)	Talamona	
159	Lago dell'Inferno	Trona, Gerola°, Pedesina, Regoledo*	
160	Lago di Trona	} Gerola°, Pedesina, Regoledo*	} ENEL, Comp. di Milano
161	Pescegallo		
163	Villa di Chiavenna	Mera I* . . . Mera III	} ENEL, Comp. di Milano
164	Spluga	Isolato*, Prestone, Mese, Mera III (Gordona)	
165	Isolato	Prestone, Mese, Mera III	
166	Lago di Truzzo	S. Bernardo, Mese, Mera III	} Kraftwerke Brusio AG, Poschiavo (Forze Motrici di Brusio S.A.) Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Zürich
149	Bernina-See	Palù, Cavaglia, Robbia, Campolongo I+II	
150	Lago di Poschiavo	Campocologno I+II (+Boffetto)	
162	Albigna	Löbbia, Castasegna*+Mera I* . . . Mera III	

¹⁾ No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée

4. Les bassins d'accumulation des Alpes occidentales

Parmi les bassins d'accumulation des Alpes occidentales, on peut distinguer ceux situés au nord, à l'ouest et au sud de la crête principale des Alpes. Ceux du versant nord collectent l'écoulement naturel jusqu'au lac de Genève; la région ouest englobe également les fleuves côtiers des Préalpes de Provence, et le versant sud, la partie concave de l'arc alpin avec le bassin versant du Pô. Parmi les 157 bassins d'accumulation des Alpes occidentales, il s'en trouve 57 dans la région nord — 56 en Suisse, un en France — 45 dans la région ouest, tous en France, et 55 dans le bassin du Pô, — un français, 38 italiens, 16 suisses. Dans ces nombres, sont comptés également d'anciens lacs naturels aménagés, soit 21 dans la région nord, 18 dans la région ouest et 26 dans la région sud. La région nord a enregistré, dans les dernières quinze années, le plus grand accroissement du nombre de lacs, la région ouest, par contre la plus forte augmentation de volume utile. 74 % de l'ensemble des aménagements réalisés entre 1955 et 1969 intéressent le bassin du Rhône. Le tableau 14 donne la répartition des réservoirs d'accumulation par bassins fluviaux.

Le tableau 15 donne la répartition des bassins par niveau d'altitude.

Les deux tiers d'entre eux sont des lacs de haute-montagne à 1500 m et plus d'altitude; ils représentent 57 % de la capacité totale de retenue, soit une proportion sensiblement plus importante que dans les Alpes orientales, en raison de l'incidence du relief plus élevé. L'altitude moyenne pondérée de l'ensemble des réservoirs d'accumulation est passée de 1342 m à 1648, grâce à l'appoint des nouveaux réservoirs dont l'altitude moyenne se situe à 1964 m. Pour la région ouest par contre, l'altitude moyenne qui était de 1298 m en 1954 s'est trouvée réduite à 906 m, en raison de l'incidence de plusieurs barrages en rivière de basse altitude (moyenne 760 m). Pour le sud des Alpes, on passe de 1870 m à 1762 m, la moyenne d'altitude des bassins récents se situant à 1690 m. Comme auparavant, ce sont donc les réservoirs du bassin du Pô qui présentent l'altitude moyenne la plus élevée, tant en conservant leur quote-part du

Répartition des bassins d'accumulation des Alpes occidentales par bassins versants
Tableau 14

Aires fluviales ¹	ETAT en 1954		AUGMENTATION 1955—1969	
	Lacs nombre en mio m ³	Retenue nombre en mio m ³	Lacs nombre en mio m ³	Retenue nombre en mio m ³
ALPES DU NORD				
Rhin alpin avec la Thur	1	1	6	291
Limmat	6	293	2	96
Reuss	4	66	4	85
Aar supérieure	9	347	1	2
Sarine (Saane)	2	191	1	3
Rhône jusqu'au lac de Genève	11	413	8	310
			3 E	490
	33	1311	22	1277
ALPES DE L'OUEST				
Guiers	1	11	—	—
Isère / Arc	10	339	6	228
			1 E	270 ²
Drac et Romanche	6	156	3	214
Durance et Verdon	2	119	6	1341
Fleuves côtiers	8	53	3	43
	27	678	18	2096
ALPES DU SUD				
Stura di Demonte	—	—	1	12
Varaita jusqu'à Stura di Lanzo	5	57	1 E	20
Orco	5	85	1	5
Dora Baltea avec Sesia	5	34	3	176
Toce	17	177	—	—
Ticino supérieur avec Maggia	10	166	9+1 E	271
	42	519	14	484
Total général:	102	2508	54	3857

¹ Les bassins d'accumulation sont inclus dans les bassins fluviaux où ils restituent leurs eaux.

² part correspondant au Mont-Cenis

volume utile total, soit 20 % environ. Les superficies des nouvelles retenues représentent actuellement environ 181 km². Le tableau 16 en donne la répartition par région.

L'accroissement est particulièrement sensible dans la région ouest. Pour 1 million de m³ de volume utile, il fallait

Niveau d'altitude de bassins d'accumulation des Alpes occidentales

Tableau 15

Niveau d'altitude en m	NORD DES ALPES		OUEST DES ALPES		SUD DES ALPES		TOTAL	
	Lacs nombre	Volume Mio m ³	Lacs nombre	Volume Mio m ³	Lacs nombre	Volume Mio m ³	Lacs nombre	Volume Mio m ³
a) jusqu'en 1954 :								
en-dessous de 500	1	7	3	55	3	7	7	69
500 à 1000	11	682	7	224	2	5	20	911
1000 à 1500	2	3	2	51	3	77	7	131
1500 à 2000	11	414	4	284	16	233	31	931
2000 à 2500	9	230	11	63	15	152	35	445
au-dessus de 2500	—	—	—	—	2	21	2	21
Totaux partiels:	34	1336	27	677	41	495	102	2508
b) au total actuellement :								
en-dessous de 500	1	7	10	605	4	93	15	705
500 à 1000	12	684	11	1269	5	29	28	1982
1000 à 1500	5	97	2	51	3	77	10	225
1500 à 2000	24	1108	8	495	23	802	55	2405
2000 à 2500	15	732	13	81	17	211	45	1024
au-dessus de 2500	—	—	1	3	2	21	3	24
Totaux:	57	2628	45	2504	54	1233	156	6365

4. Die Speicherseen der Westalpen

Die Speicherseen der Westalpen lassen sich in die nördlich, westlich und südlich des Alpenhauptkammes gelegenen einteilen. Dabei umfasst die Nordseite die Abflüsse bis zum Genfersee, die Westseite auch die Küstenflüsse in den provençalischen Voralpen und die Südseite den inneren Alpenbogen im Einzugsgebiet des Po. Von den 157 Westalpen-Speichern liegen 57 auf der Nordseite (56 schweizerische, ein französischer), 45 auf der Westseite, alle in Frankreich, und 55 im Pogegebiet, davon ein französisches, 38 italienische und 16 schweizerische Becken. Ursprünglich Naturseen unter ihnen sind 21 auf der Nordseite, 18 im Westen und 26 im Süden. Beim Zuwachs der letzten 15 Jahre hat die Nordseite die grösste Zahl neuer Seen (23), die Westseite jedoch die stärkste Vermehrung des Stauraums zu verzeichnen. Die Verteilung der Speicherseen auf Flussgebiete ist aus Tabelle 14 ersichtlich. Vom Zuwachs 1955/69 entfallen 74 % allein auf das Rhonegebiet.

Die Höhenverteilung dieser Speicherseen wird in Tabelle 15 gezeigt.

Zwei Drittel von ihnen sind Hochseen in über 1500 m Meereshöhe mit 57 % des Gesamttraums, ein fühlbar höherer Anteil als in den Ostalpen als Auswirkung der grösseren Massenerhebung. Die durchschnittliche Höhenlage (Schwerpunkt) des Wasservorrats aller Speicherseen hat sich auf der Nordseite von 1342 m mit 1964 m für den Zuwachs auf 1648 m beträchtlich gehoben. Auf der Westseite hat sich dagegen die 1954 bestehende mittlere Höhenlage als Auswirkung mehrerer grosser Flusstalsperren von 1298 m mit 760 m für den grossen Inhaltszuwachs auf nur 906 m ermässigt. Für die Südseite ergeben sich aus 1870 m für den alten Bestand mit 1690 m für den Zuwachs nunmehr 1762 m. Die grösste Höhenlage weisen also wie früher, bei einem fast unveränderten Nutzraumanteil von rd. 20 %, die Seen im Po-Gebiet auf.

Die durch den Aufstau entstandenen neuen Wasserflächen in den Westalpen betragen jetzt rd. 181 km². Ihre Verteilung auf die drei Teilgebiete gibt Tabelle 16.

Besonders gross ist der Zuwachs auf der Westseite. Für 1 Mio m³ Nutzraum waren im Norden und Süden je rd. 2,3 ha erforderlich, auf der Westseite dagegen 3,5 ha. Für den Zuwachs der Jahre 1955/69 sind es im Norden und Süden

Verteilung der Westalpen-Speicher auf Flussgebiete
Tabelle 14

Flussgebiet ¹	BESTAND 1954		ZUWACHS 1955/1969	
	Seen	Nutzraum	Seen	Nutzraum
	Anzahl	Mio m ³	Anzahl	Mio m ³
NORDSEITE				
Alpenrhein mit Thur	1	1	6	291
Limmat	6	293	2	96
Reuss	4	66	4	85
Obere Aare	9	347	1	2
Saane (Sarine)	2	191	1	3
Rhone bis Genfersee	11	413	8	310
			3 E	490
	33	1311	22	1277
WESTSEITE				
Guiers	1	11	—	—
Isère mit Arc	10	339	6	228
			1 E	270 ²
Drac mit Romanche	6	156	3	214
Durance mit Verdon	2	119	6	1341
Küstenflüsse	8	53	3	43
	27	678	18	2096
SÜDSEITE				
Stura di Demonte	—	—	1	12
Varaita bis Stura di Lanzo	5	57	1 E	20
Orco	5	85	1	5
Dora Baltea und Sesia	5	34	3	176
Toce	17	177	—	—
Oberer Ticino mit Maggia	10	166	9+1 E	271
	42	519	14	484
zusammen	102	2508	54	3857

¹ Die Speicher sind hier den Flussgebieten zugerechnet, in die sie ihr Nutzwasser abgeben.

² Anteil Montcenis

Höhenlage der Westalpen-Speicherseen

Tabelle 15

Höhenstufe m ü. M.	NORDSEITE		WESTSEITE		SÜDSEITE		ZUSAMMEN	
	Seen	Nutzraum	Seen	Nutzraum	Seen	Nutzraum	Seen	Nutzraum
	Anzahl	Mio m ³	Anzahl	Mio m ³	Anzahl	Mio m ³	Anzahl	Mio m ³
a) bis 1954								
unter 500	1	7	3	55	3	7	7	69
500—1000	11	682	7	224	2	5	20	911
1000—1500	2	3	2	51	3	77	7	131
1500—2000	11	414	4	284	16	233	31	931
2000—2500	9	230	11	63	15	152	35	445
über 2500	—	—	—	—	2	21	2	21
zusammen	34	1336	27	677	41	495	102	2508
b) insgesamt								
unter 500	1	7	10	605	4	93	15	705
500—1000	12	684	11	1269	5	29	28	1982
1000—1500	5	97	2	51	3	77	10	225
1500—2000	24	1108	8	495	23	802	55	2405
2000—2500	15	732	13	81	17	211	45	1024
über 2500	—	—	1	3	2	21	3	24
zusammen	57	2628	45	2504	54	1233	156	6365

Superficies des retenues dans les Alpes occidentales

Tableau 16

Superficies en km²

Régions	SITUATION en 1954	AUGMENTATION 1955—1969	TOTAL
Nord	43,9	20,8	64,7
Ouest	15,8	72,6	88,4
Sud	15,9	12,2	28,1
Total			
Alpes occidentales:	75,6	105,6	181,2

compter, au nord et au sud des Alpes, une superficie de retenue de 2,3 ha, contre 3,5 ha à l'ouest des Alpes. En ce qui concerne les aménagements réalisés au cours des années 1955-1969, les caractéristiques correspondantes sont de 1,6 ha/Mio m³ au nord et au sud — valeurs relativement faibles en raison des grandes hauteurs de retenue —, contre 4,0 ha/Mio m³ dans la région ouest, essentiellement à cause de la forte proportion de barrages en rivière.

L'évolution du stockage d'énergie dans les bassins d'accumulation d'après leur répartition par région, ressort du tableau 17.

Potentiel énergétique des bassins d'accumulation des Alpes orientales

Tableau 17

	REGION NORD			REGION OUEST			REGION SUD		
	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³	Vu Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³
Etat en 1954	1,34	2,86	2,14	0,68	1,20	1,77	0,49	1,52	3,09
Apports nouveaux avalants	—	0,23	2,31	—	0,26	2,15	—	0,04	3,18
nouveaux bassins 1955—1969	1,29	3,91	3,03	1,83	2,08	1,14	0,74	2,11	2,86
Totaux ou moyenne	2,63	7,00	2,66	2,51	3,54	1,41	1,23	3,67	2,98

Tandis que pour l'ensemble des Alpes occidentales, le coefficient de production avec une valeur de 2,32 kWh/m³ est insensiblement monté, des différences appréciables apparaissent d'une région à l'autre. Le coefficient de la région nord bénéficie d'une augmentation substantielle de 38 %, la région sud accuse par contre une légère diminution due à l'influence du bassin d'accumulation de grande capacité de Vogorno dans le Canton du Tessin. La région ouest enregistre une diminution plus notable encore du fait des barrages en rivière déjà cités. Le «rendement à l'hectare des terres submergées», atteint 1,17 GWh/ha au nord des Alpes, contre 0,40 GWh/ha à l'ouest et 1,28 GWh/ha au sud. Les valeurs des régions nord et sud sont environ 1,7 fois supérieures à celles des Alpes orientales, tandis que celles des Alpes de l'ouest se situent encore bien au-dessous de ces dernières.

Après cet aperçu statistique, nous étudierons chaque réservoir de plus près, grâce à un périple qui commence au nord par le Rhin et contourne ensuite l'arc alpin en commençant par la gauche. On pourra se reporter utilement au répertoire général ainsi qu'à la carte géographique joints à cet article.

4.1 BASSINS D'ACCUMULATION AU NORD DE LA CRETE PRINCIPALE

Dans la région des Grisons, la vallée du Rhin antérieur constitue l'accès Est à la grande transversale est/ouest de la Suisse; elle est marquée tant par ses habitats, parmi les plus anciens de Suisse, que par le transit transalpin favorisé par les cols de l'Oberalp et du Lucomagno, ce dernier étant, après Maloja (1815 m) le point de franchissement le moins élevé de la crête principale des Alpes.

Ses importantes ressources hydrauliques sont restées longtemps inexploitées, ce qui a permis de réaliser, pendant la période 1958—1967 un programme d'équipement de grand style suivant un plan d'ensemble cohérent. Dans le Tavetsch et l'Oberland des Grisons, les usines de Sedrun et Tavanasa exploitent les écoulements d'un bassin versant de 320 km² sous une hauteur de chute de 1110 m, répartie en deux paliers, et offrent ainsi au réseau une productibilité de 761

millions de kWh — dont 60 % en hiver — avec une puissance installée de 330 MW. Le résultat remarquable est dû à la présence de trois grands réservoirs implantés dans les vallées latérales côté sud et contenant au total 152 millions de m³.

Tous trois n'ont submergé qu'une maigre pâture, parsemée de cailloux. Le bassin dont l'altitude est la plus élevée est le lac de Curnera (1), dans une vallée isolée qui lui a donné son nom et dont il égaie l'aspect sévère. Le lac, d'une longueur de 2,5 km, reçoit en rive gauche l'affluent Rein de Meighels et comporte au droit d'un rétrécissement escarpé de la vallée, un barrage-voûte de 152 m de hauteur. Dans la vallée du Rein de Nalps, on trouve le lac de Nalps (2), qui fut aménagé le premier de 1958 à 1962 comme bassin de prise d'eau. La photo fig. 39 montre ce lac, long de 2 km, dans son cadre de hautes montagnes, dont certains sommets dépassent 3000 m. La branche symétrique de ce même lac, située dans une vallée glaciaire en U est mise en retenue par un barrage-voûte à arcs paraboliques, moins haut, mais plus large que le premier. En communication avec ce lac, et à la même altitude de 1908 m, on trouve dans la vallée supérieure du Rein de Medel, en contrebas du col du Lucomagno, le réservoir Santa-Maria (3) d'un volume utile de 70 millions de m³. Les deux bassins de Curnera et de Nalps, ainsi que la fraction externe du lac de Santa-Maria se situent entièrement dans la roche cristalline du St-Gotthard, la partie interne se trouve déjà dans la zone sédimentaire sud faite de dolomite du Trias et de schiste des Grisons. Le niveau de retenue de ce lac, long de 3 km et couvrant une superficie de 180 ha ne se situe qu'à 9 m au-dessous du col. La nouvelle route du Lukmanier, comportant plusieurs ouvrages de soutènement, le longe en rive droite. Au niveau du col on a érigé une grande statue de la Vierge ainsi qu'une chapelle, de style dépouillé, en souvenir de l'ancienne chapelle des Hospices, submergée par le lac.

Le deuxième groupement d'usines équipant le bassin du Rhin antérieur (230 MW, 533 GWh), exploite les écoulements d'un bassin de 201 km², (vallées supérieures de Vals et de Safien) pour les restituer dans le Domleschg sous une hauteur de chute de 1242 m. Le réservoir saisonnier de cet aménagement est le lac de Zervreila (4) sur le Rhin de

Neue Speicherseeflächen in den Westalpen

Seefläche in km²

Tabelle 16

Region	STAND 1954	ZUWACHS 1955/69	ZUSAMMEN
Nordseite	43,9	20,8	64,7
Westseite	15,8	72,6	88,4
Südseite	15,9	12,2	28,1
Westalpen	75,6	105,6	181,2

je rd. 1,6 ha/Mio m³, besonders niedrige Werte durch meist hohen Aufstau, auf der Westseite jedoch 4,0 ha wegen des erwähnten hohen Anteils der Flusstalsperren.

Die Entwicklung des Energieinhalts der Speicherseen unter Gegenüberstellung der drei Teilgebiete ist aus Tabelle 17 ersichtlich.

Energieinhalt der Westalpenspeicher

Tabelle 17

	NORDSEITE			WESTSEITE			SÜDSEITE		
	In Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³	In Mrd m ³	E TWh	e kWh/m ³
Bestand	1,34	2,86	2,14	0,68	1,20	1,77	0,49	1,52	3,09
Zuwachs durch neue Unterlieger 1955/69	—	0,23	2,31	—	0,26	2,15	—	0,04	3,18
neue Seen 1955/1969	1,29	3,91	3,03	1,83	2,08	1,14	0,74	2,11	2,86
Total oder Mittel	2,63	7,00	2,66	2,51	3,54	1,41	1,23	3,67	2,98

Während für die ganzen Westalpen der mittlere Arbeitswert für den 2,7fach höheren Energieinhalt mit 2,32 nur geringfügig gestiegen ist, zeigen die drei Teilgebiete erhebliche Unterschiede. Für die Nordseite ist ein kräftiger Anstieg von 38 % zu verzeichnen, für die Südseite eine leichte Abnahme, verursacht durch den Grossspeicher Vogorno im Kanton Tessin, und im Westen eine stärkere Abnahme als Auswirkung der erwähnten Flusstalsperren. Die «kWh-Ernte» von den überstauten Flächen beträgt 1,17 GWh/ha für die Nordseite, 0,40 GWh/ha für die West- und 1,28 GWh/ha für die Südseite. Die Werte für die Nord- und Südseite sind etwa 1,7fach besser als die entsprechenden Werte in den Ostalpen, während der für die Westseite noch weit unter den letzteren bleibt.

Nach diesem statistischen Ueberblick wenden wir uns wieder den Seen im einzelnen zu, um sie auf einem Rundgang näher kennen zu lernen, der im Norden am Rhein beginnt und den Alpenbogen linksherum umkreist. Auf die Haupttabellen und die Karte sei verwiesen.

4.1 SPEICHERSEEN NÖRDLICH DES HAUPTKAMMS

Im Passland Grischun-Graubünden ist das Vorderrheintal der östliche Aufstieg in der grossen Alpen-Ost-West-Transversale der Schweiz und ältestes Siedlungs- und Durchgangsland über Oberalp- und Lukmanierpass, letzterer nächst Maloja (1815 m) der niedrigste Uebergang im Hauptkamm der Schweizer Alpen. Seine bedeutenden Wasserkräfte aber waren lange Zeit kaum genutzt, so dass in den Jahren 1958/67 ein grosszügiger Ausbau nach einheitlichem Plan verwirklicht werden konnte. Im Tavetsch und im mittleren Bündner Oberland stehen heute im Zweistufenwerk Sedrun-Tavanasa (1110 m Fallhöhe) aus 320 km² Einzugsgebiet 330 MW und 761 Mio kWh Dargebot mit 60 % Winteranteil zur Verfügung. Dieses günstige Verhältnis bewirken drei grosse Speicherseen in den südlichen Seitentälern mit insgesamt 152 Mio m³ Nutzraum. Bei allen wurde nur magerer, schuttübersäter Weideboden beansprucht. Der höchstgelegene ist der Stausee Curnera (1) im gleichnamigen einsamen Hochtal, dessen strenge Landschaft er bereichert.

Fig. 39

Stausee Nalps (1808 m) der Vorderrhein-Kraftwerke im Val Nalps im Tavetsch mit seiner 3000 m überschreitenden Bergumrahmung, links Piz Gannaretsch (3039 m)

Bassin d'accumulation de Nalps (1808 m) des usines hydro-électriques du Rhin antérieur dans le Val Nalps au Tavetsch avec sa couronne de sommets dépassant 3000 m, à gauche le P. Gannaretsch (3039 m)

(Flugphoto Comet/Zürich)



Vals supérieur à 1862 m d'altitude (capacité utile 100 millions de m³). L'origine de sa retenue remonte jusqu'au confluent des deux vallées, dominées par l'imposant Zervreiler Horn (cf. fig. 40). Au pied du barrage-voûte, haut de 150 m, se situe un bassin de compensation, point de départ d'une galerie d'adduction, longue de 14,2 km, vers les vallées de la Rabiusa et du Rhin postérieur (Domleschg), où elle alimente les deux usines de Safienplatz et de Rothenbrunnen. Grâce à des prises secondaires aménagées sur les affluents du versant droit de la vallée, la surface du bassin versant a été portée de 64 à 93 km². L'usine de pompage refoule en moyenne 30 millions de m³ d'écoulement estival dans le réservoir d'accumulation.

L'aménagement du groupement d'usines en deux paliers du Sarganserland est encore en préparation. Ce groupement doit utiliser les ressources d'un bassin versant de 160 km² comprenant la vallée supérieure de Weisstannen ainsi que la vallée de la Tamina pour les restituer 825 m plus bas dans le Rhin. L'incidence de l'évolution du marché de l'énergie sur le choix de type de centrale s'est fait sentir ici où à l'usine de lac classique, on a substitué une usine de pointe, combinée avec une usine de pompage, exigeant moins de volume de retenue et offrant davantage de puissance de pointe qui vient s'ajouter à la puissance fournie par la centrale nucléaire de Beznau. La pièce maîtresse de cet aménagement est le réservoir du Gigerwald (6) dans la vallée de Calfeisen, à 1335 m d'altitude, avec 33,4 millions de m³ de volume utile. La retenue, longue de 2,8 km collecte les apports d'un bassin versant de 57 km², auxquels s'ajoutent les apports d'un bassin de 95 km² dans la région de la Linth, amenés par des galeries d'adduction depuis la Seez supérieure. Cet ouvrage principal est complété par un bassin de compensation — utilisé en même temps comme réservoir inférieur de l'usine de pompage — de 2,5 millions de m³ à 865 m d'altitude: le lac de Mapragg (7). Une galerie en charge relie ce bassin à l'usine souterraine de Sarelli, dans la vallée du Rhin. Il est à noter que d'importantes quantités d'eau sont prélevées dans le bassin intermédiaire pour la dotation des gorges romantiques de la Tamina, en amont de Bad Ragaz. La puissance des deux usines atteint 262+84 MW et sa productibilité 535 GWh d'énergie de pointe, la consommation pour pompage atteignant 335 GWh.

Le puissant groupement d'usines Linth-Limmern a été aménagé sur le versant nord des Alpes de Glaris, à forte pluviométrie. Le réservoir du Limmernboden (11), collectant les apports d'un bassin versant de 17,4 km², se situe dans une profonde gorge rocheuse creusée dans le calcaire jurassique se prêtant particulièrement bien à la construction d'un barrage. Après plusieurs années de reconnaissances géologiques, l'aménagement de ce réservoir d'accumulation de 90 millions de m³ à 1857 m d'altitude a encore posé bien des problèmes par son envergure et ses multiples adductions secondaires, par le volume des travaux d'étanchéité, notamment sur le versant droit de la vallée, par les difficultés d'accès au site du chantier et enfin par l'exécution des travaux eux-mêmes.

La figure 41 donne une idée de ce site de haute montagne sauvage et hostile. L'accès au chantier du barrage-voûte, haut de 145 m, n'a été possible que par des téléphériques partant de Tierfehd, situé 1000 m plus bas, et aboutissant à une station creusée dans les flancs rocheux du Kalktrittli. Une galerie d'accès, longue de 2,9 km relie cette station au chantier de barrage; d'importantes installations de chantier: magasins, ateliers, station de compression, transformateurs, l'ensemble de la station de préparation d'agréats et même un dortoir de 400 lits sont situés

dans des cavernes ou appuyés au rocher, ce qui représente une performance unique par son envergure dans les chantiers alpins! L'étanchement des fondations a exigé 16 000 tonnes de ciment, injectées en partant de deux galeries de 400 m creusées dans le flanc droit de la vallée. Le lac naturel Muttsee (10), d'une profondeur de 68 m est un bassin de formation glaciaire situé 590 m plus haut du côté droit de la vallée; son débit disparaissait autrefois, peu après la sortie du lac, dans la grotte du Muten, d'origine karstique et venait alimenter les puissantes sources du Brunnenguetti, dans la région de Tierfehd. Ce lac a été aménagé uniquement par approfondissement de la prise d'eau de 29 m, en bassin d'accumulation de 6 millions de m³, capable d'absorber la totalité des apports d'été. Il alimente une petite usine souterraine restituant dans la retenue du lac de Limmern à l'emplacement de la galerie d'accès citée ci-dessus. L'usine principale de Tierfehd, dotée d'une puissance de pointe de 260 MW, est alimentée d'une part par le lac de Limmern et d'autre part, sous une hauteur de chute de 480 m par l'adduction de Hintersand, dont les eaux peuvent être refoulées par pompage dans le bassin d'accumulation principal. La puissance globale du groupement d'usines, avec le palier inférieur de Linthal, atteint 340 MW et sa productibilité 360 GWh d'énergie de pointe, déduction faite de 67 GWh d'énergie de pompage.

La région de la Linth dispose ainsi d'un volume d'accumulation totale de 389 millions de m³, y compris le volume des bassins plus anciens du Klöntal (13) et du Innerthal (14), alimentant l'usine de Wäggital, ainsi que du lac de Sihl (15), alimentant l'usine d'Etzel. La capacité de stockage de cette région, exprimée en hauteur d'accumulation, atteint la valeur remarquable de 200 mm, égale à celle du bassin de la Sarine et dépassée seulement par le bassin du Rhône dans le Valais.

Dans le canton d'Uri, la Reuss supérieure a été équipée en 1955/60, après plusieurs années de travaux de reconnaissance, de l'usine de Göschenen, alimentée par le lac de Göscheneralp (17). Son bassin versant de 42,3 km² a été portée à 88,4 km² par les adductions secondaires des vallées de la Voralper Reuss au nord et de l'Urseren (Furcareuss). Ces bassins comportent 30 % de glaciers. Le lac de Göscheneralp, long de 2,4 km, s'intègre dans un paysage pittoresque au pied du Dammaskopf (3633 m) — cf. fig. 42 en couleurs —, il est mis en retenue par la digue la plus haute de Suisse, implantée dans une section de vallée relativement large, à un endroit où un seuil rocheux vient barrer l'auge glaciaire fortement alluvionnée. Le versant droit de cette vallée granitique est recouvert, à son pied, d'une couche d'éboulis de 65 m d'épaisseur. Le masque d'étanchéité interne du barrage est ancré dans la roche et composé d'alluvions de Göscheneralp, additionnées de 230 000 tonnes d'argile opalin. Les parements extérieurs sont constitués d'enrochement de gros calibre. La hauteur du barrage atteint 147 m dans sa partie centrale et même 155 m par rapport au pied du parement aval. Son couronnement, large de 11 m, arasé à 5 m au-dessus du niveau de retenue, est protégé par une calotte en blocs de granit de 4 m d'épaisseur. Pour garantir la teneur en eau optimale dans le noyau d'étanchéité, on a été amené, compte tenu de la fréquence des précipitations, à couvrir le chantier dans la zone de ce noyau. L'ensemble des usines de Göschenen (160 MW, 700 m de hauteur de chute) et de Wassen/Amsteg sur la Reuss produit 420 millions de kWh — dont 225 en hiver —. L'usine au fil de l'eau de Andermatt/Göschenen installée dans la même caverne produit de son côté 105 GWh.

Le lac de Glattalp (18), dans le canton de Schwyz, se situe dans une cuvette naturelle d'un massif karstique; il ne



(Photo Elektro-Watt, Ingenieurunternehmung AG, Zürich)

Fig. 42

Stausee Göschenalp (1792 m) im Göschenertal/Gotthardmassiv; Blick gegen Damastockgruppe (3630 m)
 Bassin d'accumulation de Göschenalp (1792 m) dans la vallée de Göschenen/Massif du St. Gotthard;
 au fond la chaîne du Damastock (3630 m)

Den 2,5 km langen See, in den von links der Rein de Meighels mündet, staut in enger steiler Sperrstelle eine 152 m hohe Bogenmauer. Im Rein de Nalps liegt der Stausee Nalps (2), der Entnahmespeicher der Gruppe und deshalb als erster 1958/62 ausgeführt. Seinen 2 km langen See in 3000 m Höhe überschreitender Bergumrahmung zeigt Fig. 39. Im symmetrischen Trogtal staut ihn ebenfalls eine eindrucksvolle, weniger hohe, aber breitere, mit Parabelbögen gestaltete Gewölbemauer. Kommunizierend mit dem gleichen Stauziel 1908 m ü. M. folgt im breiten oberen Tal des Rein de Medel unter dem Lukmanierpass als grösster der Stausee Sta. Maria (3) mit 70 Mio m³. Die beiden Stauseen Curnera und Nalps liegen ganz, das Staubecken Sta. Maria liegt noch mit seinem äusseren Teil im Kristallin des Gotthardmassivs, der innere erstreckt sich bereits in dessen südlichen Sedimentmantel von Rauhwacke und Bündnerschiefer. Das Stauziel des 180 ha bedeckenden 3 km langen Sees liegt nur 9 m unter der Passhöhe. Am rechten Ufer begleitet ihn die z. T. mit Schutzbauten versehene neue Lukmanierstrasse. Auf der Passhöhe erheben sich eine hohe Marienfigur aus Granit und eine schlichte moderne Kapelle, zur Erinnerung an die alte im See versunkene Hospizkapelle.

Die zweite grosse Werkgruppe im Vorderrheingebiet nützt die Abflüsse des oberen Valser- und des Safien-Tales aus 201 km² bis ins Domleschg über 1242 m Fallhöhe (230 MW, 533 GWh). Ihr Jahresspeicher ist der Stausee Zervreila (4) im oberen Valserrhein, 1862 m ü. M. mit 100 Mio m³ Nutzraum. Seine Stauwurzel reicht in zwei sich hier vereinigende Täler hinein, überragt vom markanten Zervreiler Horn (Fig. 40). Am Fuss der 150 m hohen Bogenmauer liegt ein Ausgleichbecken, von dem der 14,2 km lange Ueberleitungsstollen ins Rabiusatal und weiter ins Domleschg (Hinterrhein) ausgeht und die beiden Hauptstufen Safien-Platz und Rothenbrunnen speist. Bacheinleitungen aus der rechten Talflanke ergänzen das 64 km² grosse natürliche Einzugsgebiet des Sees auf 93 km². Vom Seekraftwerk mit Speicherpumpen sind im Mittel 30 Mio m³ Sommerwasser hochzufördern.

Noch im Vorbereitungsstadium steht die Zweistufen-Gruppe der Kraftwerke Sarganserland. Sie nützt die Ab-

flüsse eines Einzugsgebietes von rd. 160 km² im oberen Weisstannental und im Taminatal über 825 m Fallhöhe bis zum Rhein. In Auswirkung der Wandlungen in der Energiewirtschaft bietet sie das Beispiel der Umdisposition vom normalen Speicherwerk zum kombinierten Speicher- und Pumpspeicher-Spitzenkraftwerk mit verkleinertem Jahrespeicher und erhöhter Maschinenleistung, bestimmt zur Zusammenarbeit mit dem Atomkraftwerk Beznau. Kernstück ist das Staubecken Gigerwald (6) im Calfeisental, 1335 m ü. M., für 33,4 Mio m³ Nutzraum. Der 2,8 km lange See erfasst 57 km² natürliches Einzugsgebiet; von der oberen See werden die Abflüsse von 45 km² aus dem Linthgebiet übergeleitet. Der Hauptstufe ist das Ausgleich- und Pumpspeicher-Unterbecken Mapragg (7), 2,5 Mio m³, 865 m ü. M. zugeordnet. Von hier führt ein Druckstollen zum Kavernenkraftwerk Sarelli im Rheintal. Aus dem Zwischeneinzugsgebiet werden jedoch erhebliche Dotierwassermengen an die romantische Taminaschlucht oberhalb Bad Ragaz abgegeben. Die Leistung beider Werke beträgt 262 + 84 MW, das Dargebot 535 GWh hochwertige Spitzenenergie bei 335 GWh Pumpstromaufwand.

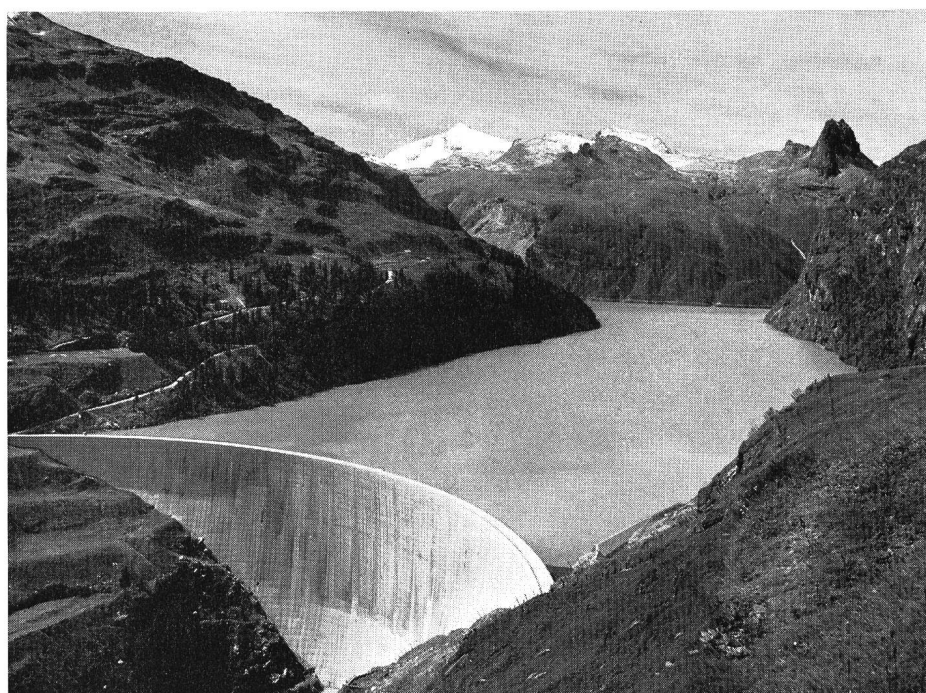
Auf der Nordseite der niederschlagreichen Glarner Alpen ist die bedeutende Werkgruppe Linth-Limmern entstanden. Im Jurakalk liegt zwischen steilen Felswänden der Limmernboden (11), ein geräumiges Becken von 17,4 km² natürlichem Einzugsgebiet mit günstiger Sperrstelle in enger Schlucht. Sein Ausbau zum Hauptspeicher für 90 Mio m³, 1857 m ü. M., nach jahrelangen geologischen Untersuchungen, hat vielfältige Aufgaben gestellt: im Gesamtausbau mit weitgreifenden Beileitungen in mehreren Horizonten, bei umfangreichen Abdichtungsmassnahmen, besonders in der rechten Talflanke, sowie in der Erschliessung des unwegsamen Baugebiets und der Baudurchführung. Fig. 41 vermittelt einen Eindruck dieser ungewöhnlich wilden und schroffen Gebirgslandschaft. Vom 1000 m tiefer gelegenen Talboden Tierfehd ist die Baustelle der 145 m hohen Bogenmauer nur durch Seilbahnen erschlossen worden. Von den in Kavernen untergebrachten Bergstationen am Kalktrittli geht ein 2,9 km langer Zufahrtsstollen zur Sperrstelle, in deren Steilwänden wesentliche Teile der Bau-einrichtungen, Magazine, Werkstätten, Kompressoren und

Fig. 40

Stausee Zervreila (1862 m) im Valsertal; im Hintergrund Zervreilerhorn, Furketlihorn und das vergletscherte Rheinwaldhorn (3402 m)

Bassin d'accumulation de Zervreila (1862 m) dans la vallée de Vals; au fond, les sommets des Zervreiler Horn, Furketli Horn et Rheinwaldhorn (3402 m) à gauche

(Photo H. Rostetter/Ilanz)



possède pas d'exutoire naturel en surface pour les écoulements d'un bassin versant de 7,2 km², mais ceux-ci se perdaient par infiltration dans des grottes souterraines à une cote variant, suivant la saison, de 1830 à 1855 m d'altitude. Après les travaux d'étanchéité réalisés en 1965/67, la cote de retenue a pu être surélevée de 6 m et le volume porté à 7 millions de m³. Mais comme il subsiste encore d'importantes pertes par infiltration, on a renoncé à doter la nouvelle usine de Sahli (270 m de chute) d'une réserve saisonnière importante. Dans le but de limiter la perte, le niveau d'exploitation du lac est maintenu à une cote dépassant le moins possible la valeur minimale prescrite annuellement pour la saison d'été, à partir du 15 juillet.

Dans le Melchtal supérieure, on a aménagé en 1955/58 l'usine de lac de Hugschwendialp (15 MW, 830 m de hauteur de chute) alimentée par une réserve saisonnière de 7,5 millions de m³ répartie entre les lacs Melchsee (22) et Tannensee (21). Le Melchsee est étanche à l'état naturel, mais il existait à peu de distance en aval un entonnoir d'infiltration, le «Stäubiloch», dans lequel s'engouffrait la totalité du débit que l'on retrouvait au fond de la vallée après un parcours souterrain dans un réseau de crevasses. La construction d'une digue en terre a permis de surélever de 6 m le niveau de retenue qui, par ailleurs, peut aussi être abaissé de 7 m en-dessous de l'ancien niveau naturel. Le petit lac du Tannensee, dont le radier est constitué de schistes d'Oxford étanches, a exigé un barrage nettement plus imposant. Les deux digues sont fondées en partie sur le rocher, en partie sur la moraine suffisamment compacte. Le bassin versant naturel a été agrandi de 7,6 à 12,1 km² par l'adduction du Henglibach, affluent naturel de l'Aar à travers le Gental.

Le complexe de bassins d'accumulation bien connu de l'Aar supérieure (25 à 30) — Oberhasli — comprenant les grands lacs d'Oberaar (fig. 43), de Grimsel, de Gelmer et du Rätherichsboden, ainsi que les réservoirs plus modestes Trübtensee, Totensee (39) et Mattenalp, totalise, depuis l'achèvement du réservoir de l'Oberaar en 1954, un volume utile de 208 millions de m³. Les deux premiers lacs nommés ci-dessus, ont vu leur volume utile augmenter de 4,2 millions de m³ par le seul effet du recul des glaciers de l'Oberaar et de l'Unteraar.

Cet ensemble a été complété, au cours de la décennie écoulée, par l'équipement des vallées de Gadmen (accès au col de Susten) et Gental, dans lesquelles ont été aménagés trois paliers: Fuhren, Hopflauen et Innertkirchen II, fournissant 82 MW et 355 GWh. Le palier supérieur est alimenté par le lac naturel de l'Engstlensee (31) à 1850 m d'altitude. Les exigences de la protection des sites n'ont pas permis d'en surélever le niveau, l'utilisation de la tranche utile n'a donc pour effet qu'un abaissement de niveau pendant la période d'hiver.

Dans le bassin supérieur de la Sarine, canton de Berne, on a aménagé le petit réservoir du Sanetsch (34) à 2034 m d'altitude. Il collecte les écoulements (19,8 millions de m³) d'un bassin versant de 10,8 km² pour les besoins de la centrale d'Innergsteig (837 m de chute). Le bassin a été rendu accessible par une route partant du versant valaisan.

La proximité de la profonde vallée du Rhône a favorisé l'aménagement du Lac d'Arnon (35) sur le cours supérieur du Tscherszbach, avec restitution vers la Grande Eau dans le Valais. Le premier aménagement de ce lac, né d'un glissement de terrain, remonte à la première guerre mondiale et comportait déjà une galerie d'adduction. En 1955/57 on a augmenté la tranche utile par un endiguement en terre de 9 m de hauteur. Le bassin se situe dans du flysch compact, mais à l'emplacement du barrage la roche primitive est recouverte de 50 m d'éboulis dont l'étanchement exigea la mise en œuvre d'injections de bentonite. Le bassin versant naturel de 7,1 km² a été porté à 11,2 km² par l'adduction de l'Isenau (versant du Rhône) débouchant dans la galerie principale. Le palier supérieur de Diablerets (5 MW, 336 m de chute) a été réalisé récemment.

On retrouve un exemple imposant de dérivation de rivière (La Sarine vers le Rhône) dans l'aménagement de l'usine d'accumulation par pompage du Hongrin-Léman (36). Au confluent du Hongrin et du Petit-Hongrin un barrage double crée un lac de retenue de 52 millions de m³. Deux élégants barrages-coupoles prennent appui sur l'arête rocheuse, la «Colline de la Jointe», séparant les deux vallées et surélevée de 20 m par une culée artificielle commune aux deux barrages. Les fondations des barrages s'appuient en majeure partie sur du calcaire jurassique et crayeux, tandis que le bassin lui-même se trouve dans une zone de



Fig. 41

Stausee Limmernboden (1857 m) in den Glarneralpen, umrahmt von steilen Felsflanken; in Bildmitte das Kistenstöckli am Kistenpass (2638 m)

Bassin d'accumulation du Limmernboden (1857 m) dans les Alpes glaronaises, entouré de parois rocheuses à pic

(Photo Swissair-Photo AG/Zürich)

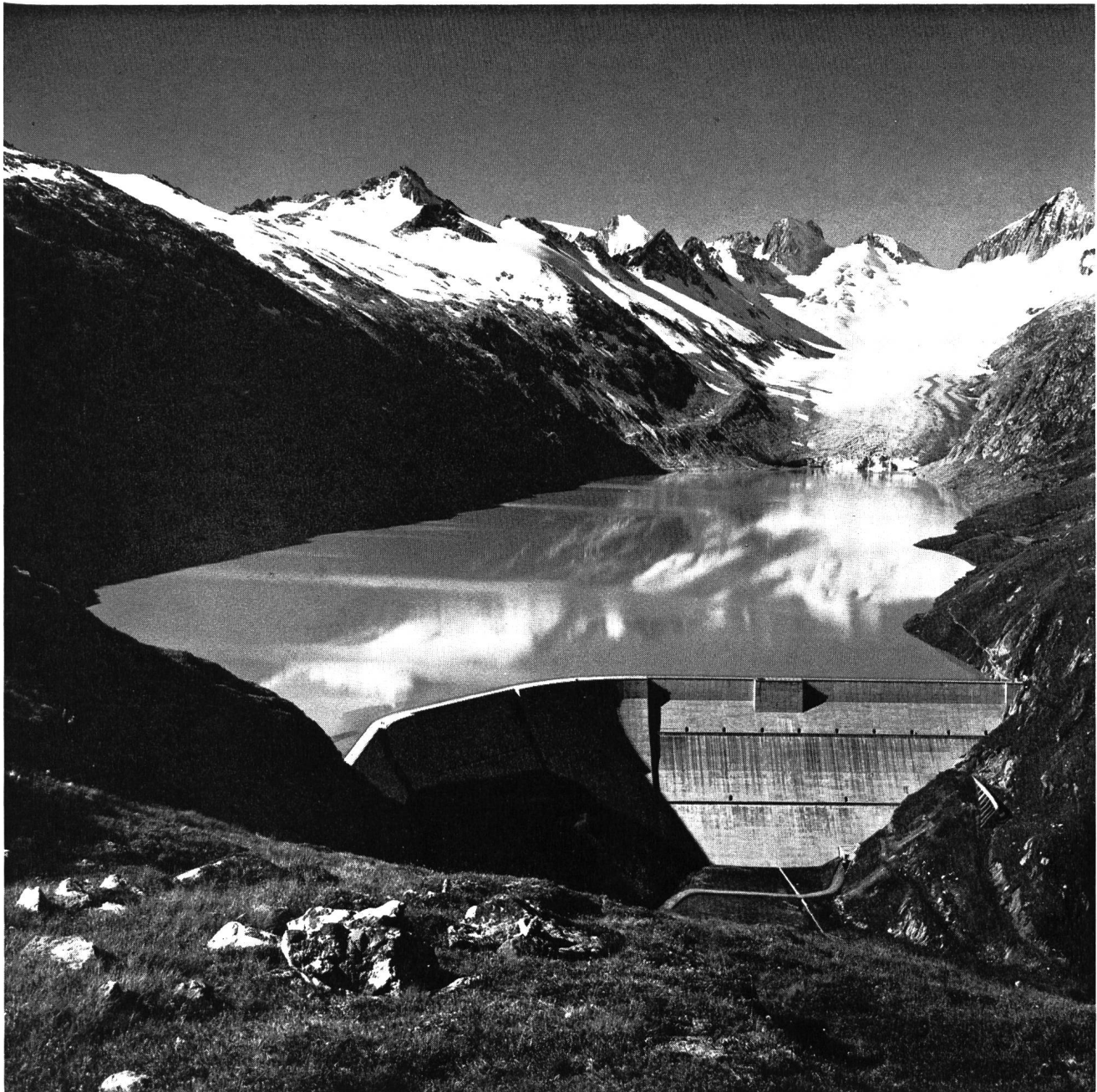


Fig. 43 Stausee Oberaar (2303 m) im Oberhasli mit Oberaarhorn (3638 m) über dem Oberaargletscher

Fig. 43 Bassin d'accumulation de l'Oberaar (2303 m) des usines hydroélectriques de l'Oberhasli, avec l'Oberaarhorn (3638 m) dominant le glacier de même nom
(Werkphoto Kraftwerke Oberhasli AG/Innertkirchen)

Trafos, sogar die gesamte Aufbereitungsanlage für die Betonzuschläge und ein grosses Unterkunftshaus mit 400 Schlafplätzen in Felskavernen oder in Felsanschnitten angelegt werden mussten, in diesem Umfang einmalig in den Alpen. Die Untergrunddichtungen, hauptsächlich von zwei je etwa 400 m langen Stollen in der rechten Flanke aus, haben Einpressungen von 16 000 t Zement erfordert. 590 m höher auf der rechten Talseite liegt der natürliche, 68 m tiefe Muttssee (10), eine glazial überformte Doline. Früher verschwand sein Abfluss kurz nach dem Seeaustritt im sog. Mutenloch, einer grossen Karsthöhle, und speiste die starken Brunnengüetliquellen im Talboden von Tierfehd. Der See ist lediglich durch Absenkung um 29 m zu einem Speicher von 6 Mio m³ für seinen gesamten Sommerzufluss ausgestaltet und wird in einem kleinen Kraftwerk auf Stauzielhöhe des Limmernsees genutzt, dessen Kaverne am Ende des erwähnten Zufahrtstunnels liegt. Die Hauptstufe Tier-

fehd, mit 260 MW besonders leistungsstark ausgelegt, nutzt zwei Stufen, ausser Limmern den Beileitungshorizont Hintersand mit 480 m Fallhöhe, aus dem über die Differenzhöhe zu speicherndes Wasser hochgepumpt wird. Zusammen mit der Unterstufe Linthal stellt die Werkgruppe 340 MW mit 360 GWh hochwertigem Dargebot, nach Abzug von 67 GWh Pumpstrom, zur Verfügung.

Zusammen mit den älteren grossen Speichern Klöntalersee (13), Innerthal (14) des Wäggitalwerks und Sihlsee (15) des Etzelwerks besitzt das Linth-Gebiet innerhalb der Alpen nunmehr 389 Mio m³ Nutzstauraum; es weist mit rd. 200 mm eine besonders grosse Speicherungshöhe auf, ebensoviel wie die Saane, und wird darin nur vom Walliser Rhonegebiet übertroffen.

Im Kanton Uri wurde nach mehrjährigen Voruntersuchungen 1955/60 die obere Reuss mit dem SBB-Kraftwerk Göschenen ausgebaut. Im Tal der Göschenerreuss liegt

flysch suffisamment étanche. Sur le plan technique, le barrage présente diverses particularités: pour s'adapter au mieux à la forme asymétrique de la vallée, les divers arcs de la voûte sont formés de deux demies ellipses différentes. La base des ouvrages est munie de joints d'étanchéité partant du parement amont et aboutissant à une galerie de visite située au tiers de l'épaisseur de la voûte. Les deux barrages sont en outre pourvus d'ouvrages de décharge de grande performance. Le lac de retenue d'une superficie de 1,6 km² comporte deux branches en «Y» dont la longueur cumulée depuis l'origine du remous atteint 5,3 km. Un réseau étendu d'adduction, d'une longueur totale de 21,2 km, double la surface du bassin versant naturel de 45,6 km², qui permet d'exploiter un volume d'apports de 102 millions de m³. Avec seulement 7,9 km de galerie en charge vers la cheminée d'équilibre dominant le lac de Genève, on exploite une chute de 844 m dans l'usine souterraine de Veytaux, située à proximité immédiate du château de Chillon. Equipée de quatre groupes de pompage de 60 MW, elle est destinée à compléter les centrales thermiques de base, notamment celle de Chavalon (300 MW) fonctionnant au fuel et implantée près de Vouvry à 450 m au-dessus de la vallée du Rhône, pour améliorer les conditions d'évacuation des fumées. La production due aux apports naturels atteint 203 GWh (170 en hiver), à laquelle il convient d'ajouter 535 GWh d'énergie due aux cycles de pompage-turbinage.

Sur le cours inférieur de la Sarine, nous citerons les bassins d'accumulation plus anciens de Montsalvens (37) sur la Jogne, et le grand Lac de la Gruyère (38) long de 11 km et qui empiète en partie sur la région des plaines. En aval de Fribourg, il faut mentionner le nouveau bassin d'accumulation de Schiffenen avec ses 35 millions de m³ de volume utile et mis en retenue par un barrage-voûte implanté sur du grès molasse.

En 1954, le Valais tenait déjà un rang honorable avec dix bassins d'accumulation d'un volume total de 409 millions de m³. Ces chiffres ont presque triplé depuis, si bien qu'il occupe maintenant le premier rang parmi toutes les grandes vallées alpestres, grâce à ses 18 bassins d'accumulation de haute montagne totalisant un volume utile de 1169 millions de m³. Avec le bassin d'accumulation de Gries (40) à 2387 m d'altitude, le Haut-Valais possède le lac artificiel le plus haut de Suisse après ceux, non endigués, du Muttsee (2446 m) et de Sfundaun, (2390 m) qui sont en réalité des lacs naturels exploités par simple abaissement du niveau de retenue. Dans la vallée supérieure de l'Aegina, il retient les eaux de fonte du glacier de Gries issu du Blinnenhorn (3374 m). Un barrage-poids légèrement arqué de 60 m de haut verrouille la cuvette glaciaire dans laquelle se trouvait un petit lac naturel. Son bassin versant naturel de 10,5 km² fournit annuellement un apport de 22,8 millions de m³. En l'espace de quelques années, le volume utile est passé de 15 à 17 millions de m³ en raison du recul du glacier, phénomène comparable à celui du lac de retenue de Sabbione-Hohsand situé dans la région voisine du Toce. La photographie en couleur fig. 44 représente le lac dans son cadre des hautes Alpes. Aux termes d'une convention spéciale, la moitié environ du débit de l'Aegina est dérivée vers le bassin de la Maggia où elle est exploitée par un groupement d'usines en cascade jusqu'au Lac Majeur. Dans le canton du Valais, se situe le palier supérieur de cette chaîne: l'usine souterraine d'Altstafel (10 MW) à 1970 m d'altitude; ensuite, les eaux, enrichies par l'apport des 8,1 km² du bassin versant du Längtalbach, sont amenées, par une galerie de 4,5 km de long passant sous le Nufenenstock, dans la Vallée supérieure de Bedretto, où elles sont reprises par les collecteurs des centrales de la Maggia, vers

le bassin de Robiei. A une telle altitude, l'ouverture des chantiers a été conditionnée par la construction préalable de voies d'accès, dont la création dans les vallées de l'Aegina et de Bedretto a influencé favorablement les autorités fédérale et cantonales dans leur décision d'établir une communication à deux voies par le col de Nufenen (2440 m).

Sur le versant nord de la vallée du Rhône, le glacier d'Aletsch, le plus grand des Alpes, donne naissance à la Massa qui présente un débit considérable. C'est ici que de 1964 à 1967 on a réalisé une centrale de haute-chute avec le bassin d'accumulation relativement petit de Gebidem (41). Il comporte un bassin versant de 197 km² composé aux 3/4 de glaciers. Une vallée en V, symétrique, situé dans un gneiss de bonne qualité, est verrouillée par un barrage-voûte fortement arqué de 122 m de hauteur, dont les culées ont nécessité la consolidation de rochers par des ancrages précontraints. En raison de l'importance des débits solides, on a prévu des chasses de dégravement périodiques; c'est pourquoi le barrage comporte à sa base trois vannes de vidange de fond. La centrale souterraine de Bitsch (100 MW, 397 GWh) fonctionne sous une chute brute de 744 m.

Dans la vallée supérieure de Saas, on a aménagé en 1960/1967 la grande plaine d'éboulis de Mattmark (42) en un vaste bassin d'accumulation, qui tient le 4^o rang parmi les lacs des Alpes du Valais. Depuis des siècles il était connu comme une menace permanente pour la vallée, car à chaque progression du glacier de l'Allalin, ses masses venaient bloquer la vallée en créant une retenue, dont les eaux rompaient inmanquablement la digue de moraines et provoquaient alors de sérieuses dévastations dans la vallée. Par ses moraines latérales, le glacier d'Allalin a fortement contribué à un important alluvionnement de la vallée principale. Comme le seuil rocheux que présentent si fréquemment les cuvettes glaciaires fait défaut ici, l'aménagement d'un bassin d'accumulation était autrefois fortement gêné par cette particularité. Ce n'est qu'avec le perfectionnement des techniques de construction des barrages en terre ou en enrochements, ainsi que des procédés d'étanchement des sols alluvionnaires — tels que nous l'avons déjà vu pour plusieurs barrages des Alpes orientales — qu'une solution économique a été rendue possible. C'est aujourd'hui l'une des plus imposantes digues des Alpes; haute de 120 m, longue de 770 m, constituée de 10,4 millions de m³ de remblais, elle donne naissance au bassin d'accumulation de Mattmark d'un volume de 100 millions de m³. Elle s'élève dans une vallée envahie sur une épaisseur de près de 100 m d'une couche composée alternativement d'alluvions et de moraines que l'on dut étancher par un large voile d'étanchéité obtenu par injection. Le lac, long de 3,3 km, est niché au cœur d'un grandiose panorama de haute-montagne dont la photographie fig. 45 donne une idée. Le bassin versant naturel de 37,1 km² est porté à 88,2 km² par des adductions provenant des deux versants de la vallée, si bien que le remplissage est assuré sans appoint de pompage, même dans les années de faible hydraulicité. La masse du barrage est constituée d'éboulis récupérés sur le site même du barrage; celui-ci comporte un large noyau d'étanchéité incliné et une masse de soutènement constituée du matériau grossier des moraines. La moraine latérale droite de l'Allalin put être en partie incorporée au barrage. Pour la constitution du voile d'étanchéité de 21 500 m² injecté dans la masse alluviale des fondations, on a consommé 214 000 m³ de coulis. Une large galerie de contrôle et de drainage à parois épaisses, parcourt la base du barrage et permet de surveiller les infiltrations et tassements, et de procéder éventuellement à des injections complémentaires. Durant la construction, le mauvais génie du Glacier d'Allalin s'est à nouveau mani-



(Werkphoto Maggia-Kraftwerke AG, Locarno)

Fig. 44

Stausee Gries (2386 m) im Aeginental/Wallis, mit Griesgletscher und Blinnenhorn (3374 m)

Bassin d'accumulation de Gries (2386 m) dans le Val de l'Aegina/Valais, avec le glacier de Gries et le sommet du Blinnenhorn (3374 m) au fond



Fig. 45 Stausee Mattmark (2197 m) im inneren Saastal, mit dem Allalingletscher im Vordergrund rechts; im Hintergrund rechts Monte Rosa-Ostwand mit Dufourspitze (4634 m), höchste Erhebung der Schweiz

Fig. 45 Bassin d'accumulation de Mattmark (2197 m) dans la vallée supérieure de la Viège de Saas, avec le Glacier d'Allalin au premier plan à droite et la paroi est du Mont Rose avec Pointe Dufour (4634 m) au fond à droite (Werkphoto Elektro-Watt/Zürich)

der grosse Stausee G ö s c h e n e r a l p (17). Sein natürliches Einzugsgebiet von 42,3 km² wurde durch Ueberleitungen aus dem Voralpental im Norden und dem hinteren Urserental (Furkareuss) auf 88,4 km² vergrössert. 30 % davon sind vergletschert. Der 2,4 km lange Hochgebirgssee in prachtvoller Lage unter dem Dammastock (3633 m) (siehe die Farbbeilage Fig. 42) wird durch den höchsten Staudamm der Schweiz aufgestaut. An der verhältnismässig breiten Sperrstelle im Granit, an der eine Felsschwelle den verlandeten Gletschertrog abschliesst, war der Fels am rechten Hangfuss bis 65 m von Schuttmassen überdeckt. Der Steindamm ist in seinem inneren Dichtungskern, der an den Fels anschliesst, aus den Alluvionen der Göscheneralp unter Zusatz von 230 000 t Opalinuston und in den Aussenzonen aus grobem Hangschutt aufgebaut. In Dammitte über dem Fels ist der Damm 147 m hoch, über dem luftseitigen Fuss sogar 155 m. Seine 11 m breite Krone liegt 5 m über dem Stauziel und ist mit einer 4 m dicken Schutzkappe aus schwersten Granitblöcken versehen. Um für den Dichtungskörper den günstigsten Einbauwassergehalt zu sichern, hat man in dem niederschlagreichen Gebiet die Kernzone beim Bau überdacht. Im Kraftwerk Göschenen (160 MW, rd. 700 m Fallhöhe) und den anschliessenden Reussstufen Wassen und Amsteg werden 420 GWh neu erzeugt, davon 225 GWh im Winter, in einer in der gleichen Krafthauskaverne untergebrachten Laufstufe Andermatt-Göschenen weitere 105 GWh.

Im Kanton Schwyz liegt im obersten Muota-Gebiet der G l a t t a l p s e e (18), eingebettet in einer natürlichen Mulde in verkarstem Gebirge. Ein natürlicher Oberflächenabfluss aus seinem 7,2 km² grossen Einzugsgebiet besteht

nicht; er entwässerte bisher durch unterirdische Klüfte mit einer jahreszeitlichen Schwankung zwischen den Koten 1855 und 1830 m ü. M. Nach Abdichtungsarbeiten wurde 1965/67 ein 6 m höherer Spiegel erreicht, entsprechend einem Inhalt von rd. 7 Mio m³. Da jedoch noch beträchtliche Sickerverluste verblieben, hat man auf eine grössere Jahresspeicherung in der neuen 720 m-Stufe Sahli verzichtet. Um die Verluste zu reduzieren, lässt man den See möglichst wenig über den Spiegel 1849,5 m steigen, der als Mindeststau jeweils am 15. Juli vorgeschrieben ist.

Im oberen Melchtal ist 1955/58 die kleine Speicherstufe Hugschwendialp mit 830 m Fallhöhe (15 MW) ausgebaut worden, die den natürlichen Melchsee (22) und den höher gelegenen T a n n e n s e e (21) als Jahresspeicher mit zusammen 7,5 Mio m³ ausnützt. Der Melchsee selbst ist im natürlichen Zustand dicht, doch liegt etwas unterhalb im Quintnerkalk der Versickerungstrichter «Stäubiloch», in den früher der gesamte Seeabfluss hineinstürzte und in einem unterirdischen Klüftesystem zu Tale floss. Durch einen kleinen Erddamm wird der See um 6 m über den natürlichen Spiegel aufgestaut sowie um 7 m unter diesen abgesenkt. Der kleine Tannensee, dessen Untergrund aus dichtem Oxfordschiefer besteht, erforderte einen wesentlich grösseren Staudamm. Beide Dämme ruhen teils auf Fels, teils auf dichter Grundmoräne. Das natürliche Einzugsgebiet ist durch Beileitungen von 7,6 auf 12,1 km² vergrössert, davon 2,3 km² vom Henglibach, der natürlich ins Gentäl zur Aare entwässert.

Die bekannte Speichergruppe im obersten Aaregebiet, dem Oberhasli (25—30), mit den vier grossen Stau-



Fig. 46

Stausee Moiry (2249 m) im Val de Moiry/Val d'Anniviers

Bassin d'accumulation de Moiry (2249 m) dans le Val de Moiry/Val d'Anniviers

(Photo E. Brügger/Zürich)

festé: défiant tous les pronostics basés sur de nombreuses observations, une énorme avalanche de glace se détacha le 30 août 1965, écrasant le chantier au pied du barrage et faisant 88 victimes. L'exploitation en deux paliers dans les centrales de Zermeggern et de Stalden, dont le palier inférieur fonctionne sous 1029 m de hauteur de chute, et collecte encore les apports de 74 km² supplémentaires, offre une puissance de 235 MW et une productibilité de 567 MWh dont 60 % pendant le semestre d'hiver.

Dans la vallée voisine de la Viège de Zermatt, il n'existe que le petit lac de Z'Mutt (43) sur le Z'Muttbach, du côté gauche de la vallée au pied du Cervin (Matterhorn). Ce lac sert de bassin d'accumulation et de compensation pour la centrale de pompage du même nom et est incorporé au réseau des adductions provenant de la chaîne de montagnes entourant Zermatt et dérivées vers la Grande Dixence. L'usine a pour rôle principal de refouler le débit avec 450 m de surélévation au niveau du collecteur principal, dans le secteur Ferpècle-Arolla, les eaux du grand glacier du Gorner; des mesures ont constaté une épaisseur de 550 m de glace!

Le Val d'Anniviers drainé par la Navisence, à été doté d'un important groupement d'usines d'accumulation en trois paliers exploitant un bassin de 245 km², y compris l'adduction de la vallée supérieure de Tourtemagne. Ce bassin est alimenté par les glaciers issus de montagnes dépassant 4000 m d'altitude, le Bieshorn, le Weisshorn, le Zinalrothorn, l'Obergabelhorn et la Dent Blanche, sans toutefois que leur origine remonte jusqu'à la crête. Le bassin d'accumulation saisonnier se trouve dans le Val Moiry, où du pied du glacier du même nom, une vaste cuvette fortement alluvionnée, est barrée par le verrou rocheux caractéristique de Chateaupré. Le lac de retenue de Moiry (46), long de 2,5 km, d'un volume de 77 millions de m³, et qui parmi les grands bassins n'est, à 2249 m, surpassé en altitude que par Gries et la Grande Dixence (fig. 46), collecte l'écoulement d'un bassin versant de 76,6 km², dont 35,5 km² — y compris les 6,2 km² que représente l'adduction de la Lona — appartiennent à la vallée de la Gouggra, 36,6 km² à la Tourtemagne supérieure et enfin 4,5 km² au versant droit de la Navisence. Les eaux de la vallée voisine sont accumulées dans le bassin de

compensation de Tourtemagne (44) à 2177 m d'altitude. Les deux bassins sont reliés par des conduites forcées à l'usine supérieure de Motec dans la vallée de la Navisence à 2,5 km en aval de Zinal, où un petit bassin de compensation collecte les apports de 107,6 km² supplémentaires appartenant à la vallée principale. Tous ces bassins sont composés en grande partie de glaciers, celui de Tourtemagne supérieur en comprend même 56 %. Les eaux du bassin de Tourtemagne rejoignent le bassin de Moiry, par une conduite en siphon, avec pompage d'appoint selon les niveaux relatifs; on peut en outre, grâce à une pompe plus puissante, refouler de l'eau depuis le bassin de Motec. Le barrage de Chateaupré est fondé sur du schiste de Casanna, roche gneissoïde de bonne qualité. Ce barrage-voûte de section parabolique, haut de 148 m, présente une longueur de crête de 610 m, car la voûte elle-même longue de 400 m environ, est prolongée sur sa droite par un barrage-poids de faible hauteur. L'accessibilité au chantier nécessita la réalisation préalable d'un important programme routier, totalisant 38 km de longueur dont 8,5 km de création nouvelle. C'est ce réseau routier qui permit d'acheminer jusqu'au barrage, depuis la vallée du Rhône, le ciment nécessaire aux 815 000 m³ de béton de masse. Le petit bassin de Tourtemagne est situé dans une cuvette glaciaire dont le verrou morainique a été profondément creusé par le torrent. Celui-ci a été fermé par un barrage en voûte mince en béton précontraint. L'ensemble des usines, dont le palier inférieur de Chippis de construction plus ancienne a été agrandi, produit avec ses 165 MW, 570 GWh dont 61 % en hiver.

En descendant la vallée du Rhône, on trouve ensuite, sur le versant droit, un groupement de deux usines de pointe en série dans le bassin de la Lienne qui se jette dans le Rhône, en amont de Sion. Cette rivière prend sa source au sud du col de Rawil et court dans une vallée encaissée et sauvage. Dans l'Alpe de Zeuzier, elle offrait la possibilité de créer un vaste bassin d'accumulation en amont d'un verrou rocheux de calcaire jurassique compact (Malm) dans lequel la Lienne avait creusé une gorge profonde de 150 m. C'est là qu'un barrage en voûte mince donne naissance au lac de Zeuzier (47) avec ses 50

seen Oberaar (Fig. 43), Grimsel und Gelmersee sowie Rätherichsboden, denen die kleineren Trübtensee, Totensee (39), Mattenalp zugeordnet sind, hat nach der Vollendung des Oberaarbeckens 1954 mit 208 Mio m³ zunächst ihren Endausbau erreicht. Die erstgenannten beiden Seen haben in den letzten 15 Jahren durch den Rückzug der in den Stau tauchenden Zungen der Oberaar- und Unteraargletscher 4,2 Mio m³ an Nutzraum gewonnen. Als Ergänzung sind im letzten Jahrzehnt noch das Gadmental, in dem die Strasse zum Sustenpass verläuft, und das Gentäl in drei Stufen mit den Kraftwerken Führen, Hopflauen und Innertkirchen II (82 MW, 355 GWh) ausgebaut worden. Zur Oberstufe gehört der natürliche Engstlensee (31) 1850 m ü.M., im oberen Gentäl. Aus Rücksicht auf den Naturschutz wird er nicht aufgestaut, sondern nur im Winter abgesenkt.

Im obersten Saane-Gebiet, im Kanton Bern, ist auf 2034 m ü. M. der kleine Stausee Sanetsch (34) entstanden. Das Einzugsgebiet des Sanetschbaches ist hier 10,8 km² gross und liefert einen Abfluss von 19,8 Mio m³ für das Kraftwerk Innersteig mit 837 m Fallhöhe. Das Speicherbecken ist durch eine Strasse von der Walliser Seite her erschlossen worden.

Die Nähe zum tiefgelegenen Rhonetal hat beim Arnensee (35) im oberen Tschertzisbach die Ausnutzung zur Grande Eau im Wallis bewirkt. Sie bestand schon seit dem ersten Weltkrieg durch Absenkung mittels Ueberleitungstollen. 1955/57 ist der See, der durch einen Bergrutsch entstanden ist, durch einen Erddamm um 9 m aufgestaut worden. Das Seebecken liegt in dichtem Flysch, doch ist der gewachsene Fels an der Sperrstelle etwa 50 m überlagert, und die Bergrutschmasse erforderte Dichtungseinsprengungen mit Bentonit. Das 7,1 km² grosse natürliche Einzugsgebiet konnte durch Einleitung der Isenau auf der Rhoneseite in den Stollen auf 11,2 km² vergrössert werden. Nunmehr ist auch die 336 m-Oberstufe Diablerets (5 MW) ausgebaut worden.

Eine Ueberleitung von Wasser aus der Saane zur Rhone in bedeutenderem Mass liegt auch bei dem neuen Spitzen- und Pumpspeicherwerk Hongrin-Léman (36) vor. Am Zusammenfluss von Hongrin und Petit Hongrin wird durch eine Doppelsperre ein Stausee von 52 Mio m³, 1255 m ü. M. gebildet. Zwei schlanke Kuppelmauern stützen sich

auf den die Täler trennenden Felsbuckel «Colline de la Jointe», den ein gemeinsames künstliches Widerlager noch etwa 20 m überragt. Den Untergrund der Sperrstelle bilden überwiegend Kalke der Jura- und Kreideformation, während das Becken in einer Flyschzone guter Wasserdichtheit liegt. Die Talsperre ist noch in verschiedener Hinsicht technisch bemerkenswert: beide Mauern sind, in möglichst günstiger Anpassung an die unsymmetrische Talform, in den Bögen nach verschiedenen Halbellipsen geformt; im unteren Teil besitzen sie gedichtete Basisfugen, die von der Wasserseite etwa auf ein Drittel Mauerbreite bis zu einem Kontrollgang reichen; ausserdem sind sehr leistungsfähige Entlastungsanlagen angeordnet. Der 1,6 km² bedeckende See mit zwei Seitenbuchten ist zwischen den beiden Stauwurzeln 5,3 km lang. Ausgedehnte Beileitungen zu beiden Tälern mit insgesamt 21,2 km Stollenlänge verdoppeln das natürliche Einzugsgebiet von 45,6 km², so dass ein nutzbarer Zufluss von 102 Mio m³ erreicht wird. Mit nur 7,9 km Druckstollen zum Wasserschloss über dem Genfersee werden 844 m Fallhöhe erschlossen. Das grosse Kavernenkraftwerk Veytaux liegt in nächster Nähe der Wasserburg Château de Chillon. Ausgerüstet mit vier Pumpspeichersätzen je 60 MW ist es zur Zusammenarbeit mit thermischen Grundlastwerken bestimmt, zunächst dem 300 MW-Oelkraftwerk Chavalon, dieses bemerkenswert durch seine Lage — zwecks Verbesserung der Rauchabfuhr — 450 m hoch über dem Rhonetal bei Vouvry. Das Dargebot aus natürlichem Zufluss von 203 GWh (170 im Winter) erhöht sich um 535 GWh aus Wälzbetrieb.

An der unteren Saane bestehen die bekannten älteren Stauseen Montsalvens (37) im Jaunbach und der 11 km lange grosse Lac de la Gruyère (38), der schon in das Alpenvorland hinausreicht. Unterhalb Freiburg ist der neue Stausee Schiffenen zu erwähnen, mit 35 Mio m³ Nutzraum und einer weitgespannten Bogenmauer auf Molassesandstein.

Das Wallis hat schon bis 1954 mit zehn Stauseen und 409 Mio m³ Nutzraum einen beachtlichen Rang erreicht. Seitdem ist hier nahezu eine Verdreifachung zu verzeichnen, so dass es nunmehr unter allen grossen Alpentälern mit 18 Hochseen und 1169 Mio m³ Beckenraum an vorderer Stelle steht. Das Oberwallis hat mit dem Staubecken Gries (40) 2387 m ü. M. den höchstgelegenen, durch ein Sperrbauwerk geschaffenen Speichersee der Schweiz erhalten (nach

Fig. 47

Stausee Zeuzier (1777 m) im oberen Lienne-Tal; rechts Rawil-Pass mit Uebergang ins Simmental

Bassin d'accumulation de Zeuzier (1777 m) au fond de la vallée de la Lienne; à droite le Col du Rawil, passage au Simmental

(Photo Perrochet/Lausanne)





Fig. 48 Staumauer Grande Dixence mit Stausee (2364 m) im Val des Dix; im Hintergrund Mont Blanc de Cheilon (3870 m)

Fig. 48 Barrage de la Grande Dixence et bassin d'accumulation du Lac des Dix (2364 m) dans le Val des Dix; au fond le Mt. Blanc de Cheilon (3870 m)
(Photo G. Métrailler-Borlat/Sion)

millions de m³ de volume utile à 1777 m d'altitude. Dans le prolongement du verrou rocheux, il y avait du côté droit de la vallée, une gorge épigénétique plus petite, envahie par des éboulis, qu'il a fallu barrer par une digue en terre dont le noyau de béton est clavé sur la roche. Large de 600 à 700 m, ce lac de retenue n'a que 1,5 km environ de long et est encaissé dans un impressionnant fond de vallée (fig. 47). Avec l'appoint d'une adduction en rive gauche captant les eaux de l'Ertenze, il collecte les apports d'un bassin versant de 36,8 km², le palier inférieur collecte de son côté 57,5 km² supplémentaires. La centrale souterraine de Croix (854 m de hauteur de chute) et la centrale inférieure de St-Léonard (417 m de hauteur de chute) délivrent une puissance de 83 MW et une production de 180 GWh dont 157 GWh en hiver. A l'instar de ce qui fut réalisé dans maintes vallées valaisannes bénéficiant, grâce à leur faible altitude, d'un climat chaud et sec, cette vallée comprend un vaste réseau de canaux et de rigoles d'irrigation — les «Bisses» — qui remonte à plusieurs siècles et dont le tracé montre souvent la hardiesse des bâtisseurs. Les besoins de l'irrigation ont priorité sur ceux des réserves hydroélectriques; c'est ainsi que dans la vallée de la Lienne, ils atteignent environ 20 % des apports annuels! C'est pourquoi le palier supérieur de l'aménagement comporte une petite centrale auxiliaire assurant avec une chute réduite l'alimentation en eau des Bisses d'Ayent.

Le bassin le plus important du Valais est celui de la Grande Dixence, de son vrai nom, le Lac des Dix (48), dans la partie supérieure du même nom du Val d'Héremence. C'est le premier exemple et en même temps le plus important, où le gisement potentiel d'un vaste réservoir d'accumulation a été exploité au maximum par surélévation de niveau d'une retenue plus ancienne alimentée par un réseau étendu d'adductions secondaires. Aujourd'hui, ce barrage, le plus imposant des Alpes, et avec ses 285 m de hauteur aussi le plus haut barrage-poids du monde, contient dans la région des glaciers 400 millions de m³ d'eau à 2364 m d'altitude. Tandis que l'ancien bassin d'accumulation de la Dixence était, avec ses 50 millions de m³ à la mesure des dimensions du bassin versant de sa vallée propre (49 km²), le supplément du volume utile actuel fait appel au Val d'Hérens, voisin côté est, et à la grande vallée de Zermatt ceinturée de monts et de glaciers célèbres. Les deux bassins réunis (102+245 km², dont la moitié de glaciers) fournissent 381 millions de m³. Les vallées prestataires bénéficient de débits réservés confortables; c'est ainsi que près de Zermatt, la Viège a un débit minimum de 12 m³/s durant les mois d'été. Le collecteur principal a son origine à 2496 m d'altitude dans le massif de Mischabel et s'étend sur 52 km de long comprenant deux passages en siphon sous le lit de glaciers. Elle est alimentée en eau par 27 captages de torrents, qui ap-

den nur durch Absenkung genutzten Naturseen *Muttsee* 2446 m ü. M. und *Lago Sfunda* 2390 m ü. M. im obersten Bavonatal). Es staut im oberen Aegintal den Abfluss des vom Blinnenhorn (3374 m) ausgehenden Griesgletschers. Eine 60 m hohe, leicht gekrümmte Gewichtsmauer schliesst das Zungenbecken ab, in dem sich ein kleiner Natursee befand. Das Einzugsgebiet von 10,5 km² liefert 22,8 Mio m³ Jahreszufluss. Der Nutzraum ist in wenigen Jahren durch den Rückgang des Gletschers von 15 auf 17 Mio m³ gewachsen, ein ähnlicher Vorgang wie beim Stausee Sabbione-Hohsand im nahegelegenen obersten Toce-Gebiet. Das Farbbild Fig. 44 zeigt den See in seiner hochalpinen Gebirgsumrahmung. Etwa die Hälfte des Abflusses der Aegina wird nach entsprechenden Vereinbarungen dem Maggia-Gebiet zur Nutzung über die dort vollausgebauten Fallhöhen bis zum Lago Maggiore zugeführt. Die oberste Stufe im Kanton Wallis bildet das Kavernenkraftwerk Altstafel (10 MW) auf 1970 m ü. M., von dort fliesst das Wasser, um das des Längtalbaches aus 8,1 km² vermehrt, durch den 4,5 km langen Ueberleitungsstollen unter dem Nufenenstock ins obere Bedrettal und durch das weitere Zuleitungssystem der Maggiawerke zum Becken Robiei. Die Kraftwerksbauten in dieser Höhe haben umfangreiche Erschliessungen erfordert. Die Entstehung neuer Strassen im Aeginen- und Bedrettal erleichterte zudem den Beschluss der eidgenössischen und kantonalen Behörden zum Ausbau einer zweisepurigen Verbindung über den Nufenenpass (2440 m).

Auf der Nordseite des Rhonetales entsendet der Aletschgletscher, der grösste der Alpen, die abflussreiche Massa. Hier ist 1964/67 ein Hochdruckwerk mit dem kleineren Speicher *Gebidem* (41) ausgebaut worden. Er erfasst ein Gebiet von 197 km², das zu Dreiviertel vergletschert ist. Ein symmetrisches V-Tal in gesundem Gneis wird durch eine 122 m hohe stark gekrümmte Bogenmauer abgeschlossen, deren obere Widerlager Felssicherungen mittels Vorspannankern erfordert haben. Wegen der starken Geschiebezufuhr sind periodische Spülungen nötig und die Mauer ist dafür mit drei grossen Grundablassöffnungen ausgestattet. Das Kavernenkraftwerk Bitsch (100 MW, 397 GWh) hat 744 m Bruttofallhöhe.

Im inneren Saastal ist 1960/67 der grosse Geröllboden der *Mattmark* (42) in den viertgrössten Stausee der Walliser Alpen umgewandelt worden. Seit Jahrhunderten war er bekannt und gefürchtet als Bedrohung der Talschaft, wenn bei Gletschervorstössen die Eismassen des Allalngletschers aus der linken Talflanke das Tal blockierten und im Mattmarkboden sich ein See aufstaute, dessen Wasser bei den einst unvermeidlichen Durchbrüchen schwere Verwüstungen anrichteten. Der Allalngletscher mit seinen Seitenmoränen hat erheblich zur tiefen Auflandung des Haupttales beigetragen. Da hier die sonst so häufige Felsschwelle der Zungenbecken fehlt, widerstetzten sich früher die natürlichen Verhältnisse dem Ausbau zum Speichersee. Erst die jüngste Entwicklung im Bau von Erd- und Felsdämmen und insbesondere in der Dichtung von Alluvialböden, wie wir sie bereits bei mehreren Dämmen in den Ostalpen angetroffen haben, hat hier eine wirtschaftliche Lösung ermöglicht. Heute staut einer der mächtigsten Dämme der Alpen, 120 m hoch, 770 m lang mit 10,4 Mio m³ Schüttmasse, 2197 m ü. M. den 100 Mio m³ fassenden Mattmarksee auf. Er ruht auf der fast 100 m mächtigen Talverschüttung aus Alluvionen und Moränen wechselnden Aufbaues, die durch eine breite Injektionsschürze gedichtet werden mussten. Der 3,3 km lange See ist in ein grossartiges Hochgebirgs Panorama gebettet, von dem Fig. 45 einen Eindruck gibt. Das natürliche Einzugsgebiet von 37,1 km² wird durch Beileitungen aus beiden

Talflanken auf 88,2 km² vergrössert, so dass die Füllung auch in abflussarmen Jahren ohne Zupumpen gesichert ist. Der Staudamm ist ganz aus im Sperrengebiet gewonnenen Schüttstoffen aufgebaut, mit einem schräg angeordneten breiten Dichtungskörper und einem Stützkörper aus grobem Moränengut. Die rechte Allalinseitenmoräne konnte teilweise einbezogen werden. In die 21 500 m² grosse Dichtungsschürze im Lockergestein unter dem Damm sind 214 000 m³ Injektionsgut verpresst worden. Ein geräumiger starkwandiger Kontroll- und Dränagestollen verläuft im Dammlager und gestattet die Ueberwachung von Durchsickerungen und Setzungsbewegungen wie auch gegebenenfalls Nachdichtungen. Während des Baues hat der Dämon des Allalngletschers noch einmal zugeschlagen. Allen Erkundungen und Beobachtungen zum Trotz löste sich am 30. August 1965 eine gewaltige Eislawine, verschüttete das Arbeitsfeld am Dammfuss und forderte dabei 88 Menschenleben. Der zweistufige Kraftausbau mit den Werken *Zermeiggen* und *Stalden*, der in der unteren Hauptstufe mit 1029 m Fallhöhe weitere 74 km² erfasst, erbringt 235 MW und 567 GWh, davon 60 % im Winterhalbjahr.

Im benachbarten Tal der Matter Vispe gibt es lediglich im *Z'mutt* auf der linken Talseite unter dem Matterhorn das kleine Becken *Z'mutt* (43) als Sammel- und Ausgleichbecken für das gleichnamige Pumpwerk im Zuge der Ueberleitungen aus dem Zermatter Bergkranz zur Grande Dixence. Dieses fördert vornehmlich den Abfluss des tieferabreichenden grossen Gornergletschers, bei dem 550 m Eismächtigkeit gemessen wurde, rd. 450 m hoch auf die Höhe des Hauptzubringers im *Ferpècle-Arolla*-Abschnitt.

Das von der Navisence durchflossene *Val d'Anniviers* (Eifischthal) ist durch ein bedeutendes dreistufiges Speicherwerk unter Einbeziehung des oberen *Turtmanntales* mit insgesamt 245 km² ausgebaut. Das Gebiet wird von den Gletschern gespeist, die von den Viertausendern *Bieshorn*, *Weisshorn*, *Zinalrothorn*, *Obergabelhorn* und *Dent Blanche* ausgehen, ohne an den Hauptkamm heranzureichen. Der *Jahresspeicher* liegt im *Val Moiry*, wo unter dem gleichnamigen Gletscher ein weites verlandetes Becken durch den ausgeprägten Felsriegel von *Chateaupré* abgeschlossen ist. Der 2,5 km lange Stausee *Moiry* (46) mit 77 Mio m³ Nutzraum und der unter den grossen Becken nur vom Stausee *Gries* und von der Grande Dixence überflossenen Höhenlage von 2249 m ü. M. (Fig. 46) wird aus einem Gesamtgebiet von 76,6 km² gespeist. Davon entfallen 35,5 km², einschl. 6,2 km² Beileitung von der *Lona*, auf das *Gougratal*, 36,6 km² auf die obere *Turtmänna* und 4,5 km² auf die rechte Talseite der Navisence. Das Wasser aus dem *Nachbartal* wird im Ausgleichbecken *Turtmann* (44) 2177 m ü. M. gesammelt. Von beiden Becken führen Kraftabstiege zum Oberstufenkraftwerk *Motec* im *Navisencetal* 2,5 km talaus von *Zinal*, wo ein kleines Ausgleichbecken weitere 107,6 km² des Haupttales erfasst. Alle Gebiete sind stark vergletschert, das der oberen *Turtmänna* sogar zu 56 %. Das Wasser aus dem *Turtmannbecken* fliesst über die Kraftabstiege als *Düker* dem *Moirysee* zu, je nach Wasserstand mit *Pumphilfe*; ausserdem kann noch durch eine stärkere *Pumpe* Wasser aus dem Becken *Motec* hochgefordert werden. Die Sperrstelle *Chateaupré* liegt im *Casannaschiefer*, einem guten *Paragneis*. Die 148 m hohe mit *Parabelbögen* gestaltete *Gewölbemauer* hat die bedeutende *Kronenlänge* von 610 m, da der eigentliche *Bogen* von rd. 400 m rechtsseitig durch einen radial anschliessenden niedrigen *Gewichtsfügel* verlängert ist. Zur Erschliessung war ein umfangreiches *Strassenbauprogramm* erforderlich. Ueber 38 km teils ausgebaute, teils neuangelegte (8,5 km) *Strasse* ist der *Zement* für 815 000 m³ *Mauerbeton* vom *Rhonetal*



Fig. 49

Stausee Mauvoisin (1960 m) im Val de Bagnes

Bassin d'accumulation de Mauvoisin (1960 m) dans le Val de Bagnes

(Photo Elektro-Watt/Zürich)

portent 158 millions de m^3 par simple gravité, et par quatre usines de pompage dont deux dans la vallée de Z'Mutt, près de Zermatt, et une dans chacune des vallées de Ferpècle et d'Arolla qui refoulent sous 480 m de hauteur d'élévation, 223 millions de m^3 d'eau provenant de huit autres captages situés à des cotes moins élevées. Lors des hautes eaux, le collecteur principal débite $80 m^3/s$ — soit 83 % du débit moyen de la Limmat à Zurich — qui se déversent en cascade dans la retenue de la Grande Dixence. Le lac de retenue, long de 5,2 km, avec le Mont Blanc de Cheilon (3870 m) en fond de vallée (fig. 48) a une superficie de 400 ha. Son coefficient surface/volume, s'établit à 1,0 ha par million de m^3 , qui, en raison de son énorme profondeur, est le plus réduit de tous les réservoirs alpins. La construction du barrage a duré de 1951 à 1961 dont 8 années de bétonnage. En 1957, après achèvement de la première tranche des travaux, l'ancien barrage a été submergé pour la première fois avec une mise en retenue partielle de 50 millions de m^3 . Le réseau des adductions fut achevé en 1965. Les deux centrales souterraines de Fionnay dans le Val de Bagnes, et de Nendaz dans la vallée du Rhône, équipées respectivement d'une puissance de 321 et de 367 MW (chacune comportant six groupes), produisent ensemble sous 1886 m de hauteur de chute brute, 1560 GWh dont 1400 en hiver. L'ancienne centrale de Chandoline (126 MW, 350 GWh), qui exploite également les eaux refoulées par pompage dans le bassin de St-Barthélemy (49) dans le Val de Cleuson voisin côté ouest, est maintenue en exploitation.

A Fionnay se situe également l'usine de lac alimentée par le Lac de Mauvoisin (51), — le deuxième par ordre de grandeur des lacs valaisans — long de 5 km et contenant 180 millions de m^3 ; il est mis en retenue sur le cours supérieur de la Drance, par le barrage-voûte le plus haut de Suisse (fig. 49). Son bassin versant agrandi à $167 km^2$ (dont 46 % de glaciers) par des adductions secondaires, longe sur 20 km la crête principale, ce qui n'était pas le cas pour les bassins du Val des Dix et du Val de Cleuson. Un peu en amont du barrage se trouve l'endroit où autrefois, à plusieurs reprises, particulièrement en 1595 et 1818, la rupture du tristement célèbre glacier de Giétro, provoqua

l'obstruction de la rivière par des masses de glace, créant une importante retenue artificielle, qui, se libérant brutalement, entraîna de terribles dévastations dans toute la vallée et jusque dans celle du Rhône. Compte tenu de l'époque de sa construction (1951 à 1957), Mauvoisin ainsi que la première tranche de la Grande Dixence figurent statistiquement parmi les bassins d'avant 1955. Les centrales de Fionnay et de Riddes (85 et 225 MW) alimentées par le bassin de Mauvoisin, fournissent une production annuelle de 760 GWh. La proximité géographique des deux centrales de Fionnay, a permis d'interconnecter leurs bassins de compensation, donc de réalimenter exceptionnellement le palier inférieur de l'une des usines par le bassin de l'autre.

Le Val d'Entremont menant au Col du Grand Saint-Bernard et drainé par la Drance de même nom, a été équipé à 1810 m d'altitude, du bassin d'accumulation Les Toules (52) d'un volume de 20 millions de m^3 . Une barre rocheuse dans un schiste de Casanna y verrouille une vaste cuvette. Le bassin versant naturel de $41 km^2$ a été porté à $78,2 km^2$ par des adductions captées dans le versant droit de la vallée, notamment celle du Valsorey. Il cotoie sur 17 km la crête principale, dominée par le Grand Combin (4314 m). Son ouvrage de retenue est un barrage-coupe, le premier de Suisse. Il a été construit en deux étapes: avec une arase provisoire à 25 m de hauteur en 1958, puis en 1961/63 à l'arase définitive à 85 m de hauteur, après que la route d'accès au col, longeant le thalweg, ait été transférée à flanc de coteau selon un tracé et un profil hors neige adapté au nouveau tunnel routier du St-Bernard. Elle offre de merveilleux points de vue sur l'imposant barrage et sur le lac de 2 km de long qui agrémente la haute-vallée. Les eaux du bassin sont exploitées par la nouvelle centrale de Pallazuit (32 MW) et par trois centrales inférieures plus anciennes sous une dénivellation totale de 1180 m jusqu'au niveau de Martigny.

Un aménagement comparable à celui de la Grande Dixence, réalisé en commun par la France et la Suisse, est actuellement en chantier à Emosson, dans la vallée de la Barberine. Cette vallée était déjà équipée du bassin d'accumulation de Barberine (54) ainsi que du bassin com-

angefahren worden. Das kleine Turtmannbecken nutzt eine glaziale Mulde, in deren Riegel der Bach eine enge Schlucht eingeschnitten hat. Diese ist durch eine dünne Bogenmauer aus vorgespanntem Beton geschlossen worden. Die ganze Werkgruppe, deren bestehende Unterstufe Chippis erweitert wurde, liefert mit 165 MW ein Dargebot von 570 GWh, davon 61 % im Winter.

Rhoneabwärts folgt auf der rechten Talseite ein Zweistufenspeicherwerk im Gebiet der oberhalb Sitten mündenden Lienne. Diese entspringt südlich vom Rawil-Pass und durchfliesst ein tiefes und wildes Tal. In der Alpe de Zeuzier bot sie ein geräumiges Speicherbecken, abgeschlossen durch einen Felsriegel in kompaktem Jura-(Malm)Kalk, in den die Lienne eine 150 m tiefe enge Schlucht geschnitten hat. Hier staut eine schlanke Bogenmauer den Stausee Zeuzier (47) 1777 m ü. M. mit 50 Mio m³ Nutzraum. Auf der rechten Talseite war in Verlängerung des Felsriegels eine kleinere, von Geröll erfüllte epigenetische Schlucht durch einen Erddamm mit auf den Fels reichendem Betonkern zu verschliessen. Der See ist bei 600–700 m Breite nur rd. 1,5 km lang, umgeben von einem eindrucksvollen Talschluss (Fig. 47). Mit einer linksufrigen Beileitung von der Ertenze erfasst er 36,8 km², die Unterstufe nochmals 57,5 km². Das Kavernenkraftwerk Croix (854 m Fallhöhe) und das Talkraftwerk St. Léonard (417 m) erbringen mit 83 MW ein Dargebot von 180 GWh, davon allein 157 im Winterhalbjahr. Als Beispiel für viele Walliser Täler mit ihrem in den tieferen Regionen warmen und trockenen Klima sei hier die Speisung der seit Jahrhunderten betriebenen, ausgedehnten und oft kühn geführten Bewässerungskanäle und -gerinne — der «Bisses» — erwähnt. Dieser Bedarf ist vor dem für die Speicherung und Wasserkraftnutzung verfügbaren Wasser zu berücksichtigen; im Liennetal erreicht er z. B. etwa 20 % des gesamten Jahresabflusses. Aus der Oberstufe ist dafür ein kleines Nebenkraftwerk für eine Teilhöhe zur Speisung der Bisses d'Ayent abgezweigt.

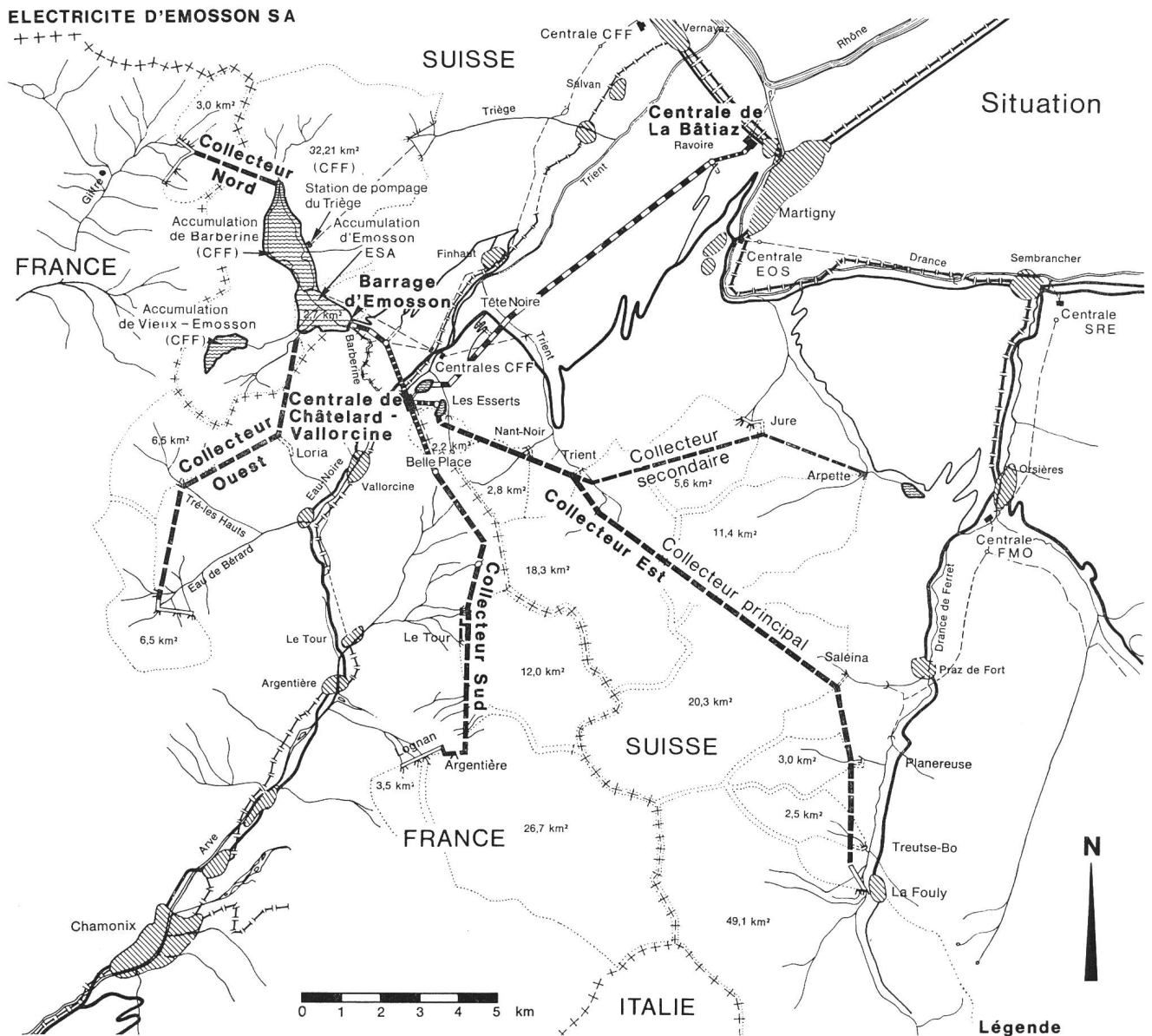
Der bedeutendste Walliser Speichersee ist der als Grande Dixence bekannte Lac des Dix (48) im gleichnamigen hinteren Talabschnitt des Val d'Hérémence. Er ist das erste und zugleich grösste Beispiel, wo eine günstige grosse Speichermöglichkeit unter Ueberstauung einer älteren kleineren Anlage durch ausgedehnte Beileitungen ad maximum ausgebaut wurde. Heute staut die mächtigste Sperrmauer der Alpen, mit 285 m zugleich die höchste Gewichtsmauer der Welt, 2364 m ü. M. 400 Mio m³ Wasser der Gletscherregion. Während das alte Dixence-Staubecken mit 50 Mio m³ dem Zufluss des Einzugsgebietes im eigenen Tal von 49 km² angemessen war, wird das zusätzliche Speicherwasser aus dem östlich benachbarten Val d'Hérens und dem grossen Zermatter Tal mit seinem Kranz berühmter Berge und Gletscher zugeführt. Aus 102 + 245 km², zur Hälfte vergletschert, werden 381 Mio m³ übergeleitet. Den Stammtälern sind reichliche Mindestabflüsse belassen; so führt die Vispe bei Zermatt in den Sommermonaten mindestens 12 m³/s. Der Hauptzubringer beginnt in der Mischabelgruppe auf 2496 m ü. M. und erstreckt sich, mit zwei grossen Düken unter Gletscherbetten, über rd. 52 km Länge. Er wird von 27 Bachfassungen gespeist, die im freien Gefälle 158 Mio m³ bringen, und von vier Pumpwerken, zwei im Zermatter Z'Mutt-Tal, je eins im Ferpècle- und Arolla-Tal, die aus nochmals acht Fassungen in tieferen Horizonten i. M. 223 Mio m³ bis 480 m hoch fördern. Bei Vollwasser ergiessen sich aus der Stollenmündung an der Stauwurzel 80 m³/s — etwa 83 % des Jahresmittels der Limmat in Zürich entsprechend — als mächtiger Wassersturz bis zum jeweiligen Spiegel in den Dixence-See. Der 5,2 km lange See, mit dem Mont Blanc de Cheilon, 3870 m, im Talschluss (Fig. 48), bedeckt 400 ha.

Sein Einheitswert F/I ist wegen der ausserordentlichen Stauhöhe mit 1,0 ha/Mio m³ der kleinste aller alpinen Speicher. Der Bau der Staumauer hat die Jahre 1951/61, mit acht Betonierjahren beansprucht. 1957 wurde nach dem ersten Bauabschnitt (+ 50 Mio m³) die alte Mauer erstmals überstaut. Das System der Ueberleitungen war 1965 vollendet. Die beiden Kavernenkraftwerke Fionnay im Bagnes- und Nendaz im Rhone-Tal mit 321 und 367 MW Maschinenleistung (je sechs Einheiten) erbringen seitdem zusammen über 1886 m Bruttofallhöhe 1560 GWh, davon 1400 GWh im Winter. Das alte Dixence-Kraftwerk Chandoline, das auch die übergepumpten Wasser des Stausees St. Barthélemy (49) im westlich benachbarten Val de Cleuson verarbeitet (126 MW 350 GWh), bleibt weiter in Betrieb.

Fionnay ist zugleich Standort des Oberstufenkraftwerks des bisher zweitgrössten Walliser Hochsees, des 5 km langen Lac de Mauvoisin (51) mit 180 Mio m³, den in der oberen Drance de Bagnes die höchste Bogenmauer der Schweiz aufstaut (Fig. 49). Sein durch Beileitungen auf 167 km² vergrössertes, zu 46 % vergletschertes Einzugsgebiet grenzt, im Gegensatz zu Val des Dix und Val de Cleuson, auf 20 km Länge an den Hauptkamm. Wenig oberhalb der Staumauer liegt die Stelle, wo früher mehrfach, besonders 1595 und 1818, Abbrüche des berühmten Gletschers den Fluss weit hinauf stauten und zu fürchterlichen Verheerungen durch das ganze Tal bis zur Rhone Anlass gaben. Mit der Bauzeit 1951/57 ist Mauvoisin, wie auch die 1. Etappe der Grande Dixence statistisch zum Bestand vor 1955 gerechnet. Die Mauvoisin-Werke Fionnay und Riddes (85 + 225 MW) liefern 760 GWh. Die Nachbarschaft der beiden Kraftwerke in Fionnay hat es ermöglicht, zwischen ihren Ausgleichbecken eine Verbindung anzuordnen, durch die im Ausnahmefall Wasser aus dem Dix- oder Mauvoisin-Becken der jeweils anderen Unterstufen-Zentrale zugewiesen werden kann.

Das zum Grossen St. Bernhard-Pass hinaufleitende Val d'Entremont, durchflossen von der gleichnamigen Drance hat 1810 m ü. M. den 20 Mio m³-Stausee Les Toules (52) erhalten. Ein Felsriegel im Casanna-Schiefer begrenzt hier eine weite Mulde. Das Einzugsgebiet von 41 km² ist durch Beileitungen aus der rechten Talseite, vor allem des Valsorey, auf 78,2 km² gebracht. Auf 17 km Länge grenzt es an den Hauptkamm, flankiert vom Grand Combin 4314 m. Das Sperrbauwerk ist eine weitgespannte Kuppelmauer, die erste der Schweiz. Sie ist in zwei Bauabschnitten ausgeführt worden, zunächst 1958 auf 25 m Höhe, 1961/63 im Vollausbau auf weitere 60 m, nachdem die Passstrasse aus dem Talboden entsprechend hoch an den Hang verlegt war, in einem dem neuen Strassentunnel angepassten grosszügigen und wintersicheren Ausbau. Sie bietet reizvolle Ausblicke auf das eindrucksvolle Bauwerk und den das Hochtal belebenden 2 km langen Stausee. Den Speicher nutzen das neue Kraftwerk Pallazuit (32 MW) und drei bestehende Unterliegerwerke bis Martigny über 1180 m.

Eine Wiederholung des Beispiels der Grande Dixence, diesmal als internationales Werk in schweizerisch-französischer Partnerschaft bedeutet die noch im Bau befindliche Anlage Emosson im Barberinetal. Hier bestehen bereits der alte Stausee Barberine (54) und im Seitental der 317 m höher gelegene Ergänzungsspeicher Vieux Emosson (53) der Schweizerischen Bundesbahnen. Unterhalb von beiden bietet ein weites, bis 80 m tief verlandetes glaziales Becken, die Plaine de Marais, abgeschlossen durch einen hohen Felsriegel mit enger Sperrstelle in bestem Hornfels, eine ideale Möglichkeit für einen geräumigen Speicher, zu dessen Füllung jedoch ausgedehnte Beileitungen, z. T. mit Pumphilfe erforderlich sind. Die Einbeziehung der Abflüsse



Plan No. 3
Situation de l'aménagement hydroélectrique de l'Electricité d'Emosson SA
Lageplan der Kraftwerkgruppe der Electricité d'Emosson SA

plémentaire de Vieux E mosson (53), situé 317 m plus haut dans une vallée latérale et appartenant aux Chemins de Fer Fédéraux suisses. En aval de ces deux bassins se situe la plaine de Marais, vaste cuvette glaciaire recouverte d'alluvions sur une épaisseur allant jusqu'à 80 m. Cette cuvette est barrée par un imposant verrou de roche cornéenne de bonne qualité comportant un resserrement étroit se prêtant bien à la construction d'un barrage, donc à l'aménagement d'un énorme réservoir d'accumulation, d'un volume tel qu'il ne peut être rempli qu'avec l'appoint d'une réserve étendue d'adductions secondaires, en partie par pompage. Le captage des écoulements des bassins français voisins de l'Eau Noire, du Giffre et de l'Arve permet de projeter un aménagement géant dont le plan no.3 donne une vue d'ensemble. Le nouveau bassin d'accumulation d'Emosson (54), à 1930 m d'altitude contient 225 millions de m³ de volume utile, et submerge l'ancien bassin de la Barberine (39 millions de m³) sous 42 m d'eau. Quatre collecteurs principaux collectent les apports d'une superficie totale de 173 km²; trois de ces collecteurs proviennent de bassins français, d'une altitude supérieure à celle

de la retenue, la quatrième provenant de la Drance de Ferret, du Durand et du Trient en Suisse, à une altitude inférieure de 400 m à celle de la retenue. La superficie globale du bassin versant est ainsi portée à 208 km². Des rectifications de frontière ont été opérées pour que le bassin et le barrage d'Emosson soient entièrement situés en territoire helvétique, et la centrale supérieure de Châtelard-Vallorcine, entièrement en territoire français. Le lac de retenue, long de 4,3 km et formant un plan d'eau de 3,3 km², est accessible par une nouvelle route longue de 11,7 km, partant de la Route de la Forclaz, et conduisant à la crête du

aus den französischen Nachbargebieten von Eau Noire, Giffre und Arve führte hier zu einem günstigen Grossausbau, von dem Plan 3 eine Uebersicht gibt. Der neue Stausee E m o s s o n (54) 1930 m ü. M. bringt 225 Mio m³ Nutzraum, wobei das alte Barberinebecken (39 Mio m³) 42 m überstaut wird. Vier Zubringerstollen, drei oberhalb des Stauziels aus den französischen Einzugsgebieten und ein rd. 400 m tieferliegender aus den schweizerischen Bächen Drance de Ferret, Durand und Trient erfassen 173 km² neues Einzugsgebiet mit 34 % Vergletscherung und bringen das Gesamtgebiet auf rd. 208 km². Durch Grenzregulierungen wird erreicht, dass Staubecken und Sperrstelle Emosson ganz auf schweizerisches, das Oberstufenkraftwerk Châtelard-Valloirine auf französisches Staatsgebiet zu liegen kommen. Der 4,3 km lange Stausee mit 3,3 km² Spiegelfläche wird durch eine neue 11,7 km lange Strasse von der Route de la Forclaz über Finhaut zur Krone der 180 m hohen Bogenmauer erschlossen. Der Zweistufenausbau über 1468 m erbringt 634 GWh mit 339 MW. Im Kraftwerk Châtelard-Valloirine sind zwei Horizonte zusammengefasst, von Emosson und vom grossen Hauptsammler Ost. Aus dessen Ausgleichbecken Les Esserts werden vom zugeführten Wasser i. M. 91 Mio m³ über 414 m Differenzhöhe hochgepumpt. Die bestehenden SBB-Kraftwerke, denen 55,6 Mio m³ Stauraumanteil zustehen, werden vom Wasserschloss des neuen Kraftabstiegs aus angeschlossen.

4.2 SPEICHERSEEN WESTLICH DES HAUPTKAMMS

Im Nordteil der französischen Alpen ist die Isère ein Wasserkraft- und Stausee-Gebiet ersten Ranges. In ihrem am Alpenrand rd. 11 000 km² grossen Einzugsgebiet waren bis 1954 bereits 16 Speicherseen entstanden. Nunmehr sind es 25 mit 937 Mio m³ Nutzraum. Wird noch der aus dem Isère-

Gebiet gespeiste Anteil des Montcenis-Beckens (270 Mio m³) hinzugerechnet, so hat es die für seine Grösse bedeutende Speicherungshöhe von 110 mm erreicht.

In der oberen Isère war der Stausee Tignes, jetzt Lac du Chevril (60) benannt, bei seiner Inbetriebnahme der grösste Alpenspeicher. Fig. 50 zeigt den 2,8 km² grossen See, den die Strasse nach Val d'Isère und zum Col d'Iséran begleitet. Sein einschliesslich mehrerer Beileitungen 249 km² grosses Einzugsgebiet ist noch durch die Ueberleitung aus 87 km² vom oberen Arc vergrössert worden, in der das Kraftwerk Val d'Isère mit Einbeziehung der Isère-Zuflüsse Calabourdane und Charvet eine 200 m-Stufe ausnützt. In der rechten Talflanke des Sees ist der im gleichnamigen Hängetal 648 m höher gelegene natürliche Lac de la Sassièr (59), Einzugsgebiet 10,7 km², durch 22 m Aufstau und 12 m Absenkung zu einem 9,7 Mio m³-Speicher ausgebaut worden. Das Sperrbauwerk ist ein leicht gekrümmter Steindamm mit Betondichtungsdecke, der teils auf Fels, teils Moräne gegründet ist. Man erreicht den hochalpin gelegenen See (Fig. 51) über eine 9 km lange, neu ausgebaute Strasse. Die fünf Kraftwerke der oberen Isère bis Malgovert mit zusammen 477 MW liefern nunmehr 990 GWh.

Im Beaufortin-Massiv auf der rechten Seite des mittleren Isère-Gebiets liegt im Talschluss des Dorinet der seit Beginn des Jahrhunderts genutzte, in drei Etappen ausgebaute natürliche Lac de la Girotte (61). Südlich davon ist seit 1955 das bedeutende Speicherwerk Roselend — La Bathie mit ausgedehntem Beileitungssystem (23 Fassungen) entstanden. In drei benachbarten Stauseen mit zus. 210 Mio m³ werden die Wasser aus 272 km² zusammengeführt. Das Hauptbecken Roselend (62), 1557 m ü. M., fasst 183 Mio m³. Wo sich die Wildbäche Roselend und Treicol zum Doron de Beaufort vereinigen, liegt eine im weichen Lias-



Fig. 50

Stausee Tignes/Lac du Chevril (1790 m) mit Blick talauswärts gegen die Talsperre

Le bassin d'accumulation de Tignes/Lac du Chevril (1790 m), vue vers l'aval et le barrage

(Photo Ehrmann/EDF)

barrage-voûte de 180 m de haut, en passant par Finhaut. L'exploitation en deux paliers sous une chute de 1468 m produit 634 GWh avec une puissance de 339 MW. La centrale de Châtelard-Vallorcine est alimentée à la fois par le bassin d'Emosson et par le collecteur principal Est. A partir du bassin de compensation de cette usine (les Esserts), on refoule en moyenne 91 millions de m³ d'apports dans le réservoir supérieur sous une hauteur d'élévation de 414 m. Les anciennes usines des Chemins de fer suisses dont la quote-part du volume utile est de 55,6 millions de m³, sont alimentées à partir de la cheminée d'équilibre de la nouvelle conduite forcée.

4.2 BASSINS D'ACCUMULATION A L'OUEST DE LA CRETE PRINCIPALE

Dans la partie nord des Alpes françaises, le bassin de l'Isère constitue une région de premier ordre quant aux ressources en énergie hydraulique et en possibilités d'accumulation. Son bassin versant, couvrant environ 11 000 km² en bordure des Alpes, avait déjà été équipé de 16 bassins d'accumulation jusqu'en 1954. Actuellement on en compte 25 représentant 937 millions de m³ de volume utile. Si l'on y ajoute la quote-part du bassin de l'Isère — soit 270 millions de m³ —, dans le volume du lac du Mont-Cenis, sa capacité de stockage atteint la hauteur de 110 mm, valeur remarquable eu égard à sa dimension.

Sur l'Isère supérieure, le lac de retenue de Tignes, appelé maintenant Lac du Chevril (60), était au moment de sa mise en service, le plus grand des bassins d'accumulation alpins. La photo fig. 50 représente ce lac d'une superficie de 2,8 km², bordé par la route menant à Val d'Isère et au Col de l'Iseran. Son bassin versant de 249 km², y compris les superficies collectées par plusieurs adductions secondaires, a été augmentée de 87 km² par la dérivation de l'Arc supérieur sur laquelle la centrale de Val d'Isère, utilisant les eaux des affluents Calabourdane et Charvet, exploite une chute de 200 m. Sur le versant droit de la vallée du lac, on trouve 648 m plus haut, dans une vallée de même nom, le lac naturel de La Sassièr

(59) alimenté par un bassin de 10,7 km² qui, grâce à une surélévation de 22 m et une excavation de 12 m, a été aménagé en un bassin d'accumulation de 9,7 millions de m³. Constitué par une digue en enrochements légèrement arquée et étanchée par un revêtement de béton, le barrage repose en partie sur la roche, en partie sur la moraine. Ce lac alpin de haute altitude (photo fig. 51) est accessible par une route de 9 km nouvellement aménagée. D'une puissance totale de 477 MW, les cinq centrales installées sur l'Isère supérieure jusqu'à Malgovert, produisent 990 GWh.

Dans le Massif de Beaufortin, sur la rive droite du cours moyen de l'Isère, on trouve au fond de la vallée du Dorinet, le lac naturel de la Girotte (61) exploité depuis le début de ce siècle et aménagé en trois étapes. Au sud de celui-ci, on a créé depuis 1955 l'aménagement de Roselend-La Bathie comportant un vaste réseau d'adductions (23 captages). Trois bassins rapprochés recueillent les eaux de 272 km² et retiennent 210 millions de m³. Le bassin d'accumulation principal de Roselend (62) retient 183 millions de m³ à 1557 m d'altitude. Au confluent des torrents de Roselend et de Treicol (Doron de Beaufort), on trouve dans un massif de Lias tendre une vaste dépression travaillée par l'érosion dont le bassin versant de 45 km² est barré par un verrou de roche cristalline. Sur celui-ci repose un imposant barrage d'un type composite inhabituel: un barrage-voûte implanté dans la gorge est prolongé des deux côtés par des barrages à contreforts dont celui de droite coiffe la longue crête en pente douce qui rejoint le Col de Méraillat. La photo fig. 52 et la photo en couleur fig. 53 en donnent une vue d'ensemble. Le lac d'une longueur de 4,5 km a une superficie de 3,2 km². Le collecteur d'amenée principal, long de 30 km, débute au torrent du Mercuel; à sa jonction avec les adductions du lac de retenue de Tignes, il draine les apports d'un bassin versant de 142 km² et aboutit à la centrale des Saulces (18 MW, 100 m de chute). Le lac de la Gittaz (63) comportant un bassin versant de 20,2 km² est situé dans la vallée voisine côté nord; il est mis en retenue par un barrage implanté dans un étranglement en plein schiste cristallin. Son niveau de retenue avait



Fig. 51

Lac de la Sassièr (2460 m)
Blick vom Abschlussdamm gegen
die Aiguille de la Gr. Sassièr

Lac de la Sassièr (2460 m)
et Aiguille de la Gr. Sassièr

(Photo Ehrmann/EDF)

Gebirge erodierte geräumige Mulde, deren 45 km² grosses natürliches Einzugsgebiet ein kristalliner Riegel abschliesst. Dieser trägt ein eindrucksvolles, konstruktiv aussergewöhnliches Sperrbauwerk: im Schluchtteil ein mächtiges Gewölbe, an das beiderseits Pfeilermauern anschliessen, deren rechte den langen sanft ansteigenden Grat zum Col de Mérallet aufhöht. Fig. 52 und die Farbbeilage Fig. 53 vermitteln ein Gesamtbild. Der 4,5 km lange See hat 3,2 km² Spiegelfläche. Der Hauptzubringerstollen von 30 km Länge beginnt am Torrent du Mercuel, anschliessend an die Beileitungen zum Stausee Tignes, und erfasst 142 km² Einzugsgebiet. An seinem Ende liegt die 100 m-Stufe Les Saulces (18 MW). Das Becken La Gittaz (63) im nördlichen Nachbartal mit 20,2 km² Einzugsgebiet und enger Sperrstelle in kristallinem Schiefer war ursprünglich mit 33 m höherem Stau geplant. Mit Rücksicht auf den klüftigen Fels, der eine schwere Bogengewichtsmauer erforderte, hat man sich mit einem kleineren Ausbau begnügt. Im Zuge des südwestlich verlaufenden Druckstollens ist im Torrent de Poncellamont der Stausee St. Guérin (64) eingefügt. Hier mündet die südliche Zuleitung von der Ormente (29 km²). Eine Bergstrasse über den Col du Pré (1703 m) verbindet ihn mit dem Roselend-See. Das repräsentative Kavernenkraftwerk La Bathie in der Tarentaise nutzt 1208 m Fallhöhe und ist mit 500 MW und rund 1 Mrd. kWh Dargebot eines der grössten Spitzenwerke Frankreichs.

Das grosse Gebiet des Arc, des obersten Hauptzubringers der Isère, besass bis 1954 nur zwei Speicherseen mit 44 Mio m³, jedoch im Haupttal, der Maurienne, seit alters dem Sitz zahlreicher Werke der Elektrometallurgie und -chemie, eine Kette von Laufwerken mit zusammen 600 m Fallhöhe, sowie zahlreiche Hochdruckstufen in den Seitentälern. Eine grossräumige Speichermöglichkeit fehlt diesem Tal; ein älterer Plan eines Stausees im oberen Arc bei Bessans war belastet mit Gründungsschwierigkeiten und der Ueberstauung von Siedlungen. Eine grosszügige Lösung hat im letzten Jahrzehnt der Grossausbau des Montcenis-Beckens durch französisch-italienische Zusammenarbeit gebracht. Jenseits des Montcenis-Passes gelegen und zur Dora Riparia entwässernd, gehörte es früher zu Italien, und der natürliche Lago di Moncenisio (106) war seit 1920 durch Aufstau zu einem 31 Mio m³-Speicher ausgebaut und in drei Stufen über rund 1400 m Fallhöhe genutzt. Die Staatsgrenze umzog früher die Wasserscheiden des Seegebietes an drei Seiten. Der Friedensvertrag von 1946 hat die Grenze vom Kamm nach Osten in die kürzeste Verbindung gelegt, wodurch See und Oberstufe an Frankreich kamen. Italien behielt jedoch die Wasserrechte sowie Dargebot und Betriebsführung des Kraft- und Pumpwerks Gran Scala. Nunmehr wird der See durch einen mächtigen Erd- und Felsdamm von 1400 m Kronenlänge und 14,4 Mio m³ Schüttmasse unterhalb der alten kleinen Sperren um 53 m höher gestaut und ein Gesamtnutzraum von 320,7 Mio m³ erreicht, der durch sehr ausgedehnte Beileitungen aus dem Arc- und Cenischia-Gebiet gefüllt wird. Nach dem Massstab der Zuflüsse aus dem Po- und dem Rhonegebiet ist der italienische Anteil 51,1 Mio m³, der französische 269,6 Mio m³, und nach dem gleichen Schlüssel erfolgt die Abarbeitung nach beiden Gebieten in je einem neuen Grosskraftwerk. Der Lageplan Nr. 4 gibt eine Uebersicht des Gesamtwerkes. Das vom Arc angeschlossene Einzugsgebiet beträgt 267,5 km², das weniger abflussreiche der Cenischia 51,4 km² natürlich und 47,4 km² Beileitungen, z. T. mit Pumphilfe. Im Arc-Gebiet haben allein die Hauptstollen 39 km Länge. Bemerkenswert sind die Vorkehrungen, sowohl von der bestehenden Kleinspeicher-Stufe Aussois Ueberschusswasser durch eine neue Dükerleitung zuzuführen, wie auch aus der er-



Fig. 52 Stausee Roselend (1557 m) mit der Talsperre aussergewöhnlicher Bauart; im Hintergrund das dominierende Mont Blanc-Massiv (4810 m)

Fig. 52 Le bassin d'accumulation de Roselend (1557 m) avec son barrage d'une construction non habituelle; au fond le massif du Mont Blanc (4810 m)
(Photo aérienne A. Perceval/Paris)

wähnten Ueberleitung vom oberen Arc nach Tignes in abflussarmen Jahren Wasser abzuzweigen, um derart eine optimale Betriebswasserwirtschaft zu erreichen. Das neue Kraftwerk Villarodin erhält 364 MW und liefert i. M. 600 GWh hochwertige Spitzenenergie, das entsprechende italienische Kavernenkraftwerk Venalzio mit 1356 m Fallhöhe desgleichen 240 MW und 227 GWh. Der vergrösserte Montcenis-See (Fig. 54) ist 5 km lang und seine Seefläche mit 6,7 km² die grösste aller alpinen Speicherseen in dieser Höhenlage. Die verlegte Passstrasse begleitet ihn; das alte Hospiz wurde durch einen Neubau ersetzt.

Ein erheblicher Nutzen des Montcenisspeichers ist der Ausgleich der Abflüsse im mittleren und unteren Arc. Von den alten Stufen werden acht durch vier neue, wesentlich höher ausgelegte mit 750 m Bruttofallhöhe ersetzt. Als Ausgleichbecken für Villarodin und das Bissorte-Kraftwerk La Praz (90 MW) ist im Arc der 1,2 Mio m³-Stausee Pont des Chèvres (68) angelegt worden. Die Stufe Aussois hat oberhalb ihres bestehenden Speichers Plan d'Aval (66) in einer 130 m höher gelegenen Gletscherwanne den Stausee Plan d'A mont (65) erhalten. Fig. 55 zeigt diese interessante Gruppe am Rande des 1963 neugeschaffenen 570 km² grossen französischen Vanoise-Nationalparks.

été fixé dans le projet initial à une cote supérieure de 33 m à celle finalement choisie, mais grâce à la consistance de la roche fortement fissurée exigeant un barrage poids-voûte massif on s'est finalement contenté d'un aménagement plus modeste. Sur le parcours sud-ouest de la galerie en charge, on a intercalé le lac de retenue de St-Guérin (64) situé sur le Torrent de Poncellamont. C'est là que débouche l'adduction sud de l'Ormente (29 km²). Une route de montagne passant par le Col du Pré (1703 m) le relie au lac de Rose-land. Exploitant 1208 m de chute, l'usine souterraine de La Bathie, dans la Tarentaise, fournit une puissance de 500 MW et une productibilité de 1 milliard de kWh et compte parmi les plus puissantes usines de lac françaises.

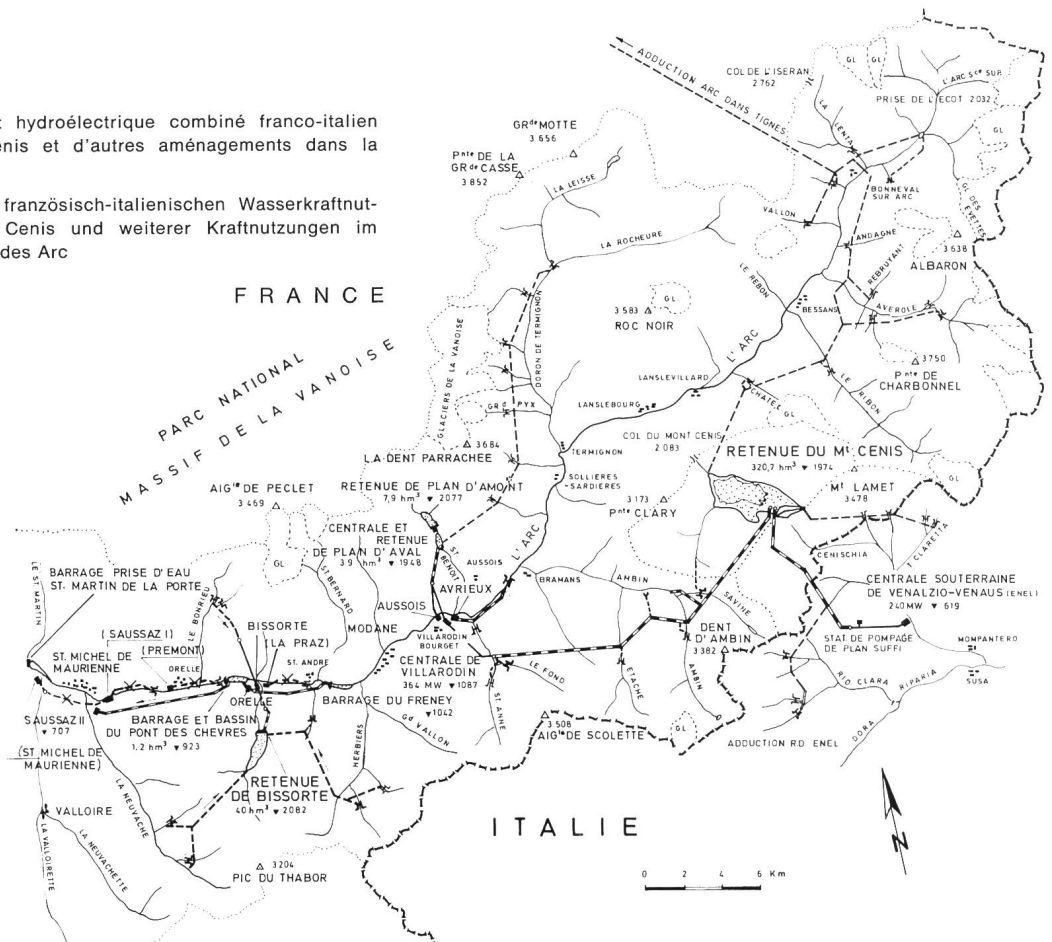
La vaste région de l'Arc, principal affluent de l'Isère supérieure, ne possédait jusqu'en 1954 que deux bassins d'accumulation totalisant 44 millions de m³ de volume utile. Dans la vallée principale de la Maurienne, qui depuis longtemps abritait de nombreuses usines d'électrometallurgie et d'électrochimie, on trouvait toutefois une chaîne de centrales au fil de l'eau exploitant au total 600 m de chute ainsi que des centrales de haute-chute dans les vallées latérales. Cette vallée encaissée n'offre pas de site favorable à l'implantation d'un lac de retenue; un projet relativement ancien d'aménagement d'un bassin d'accumulation près de Bessans, sur l'Arc supérieur, a échoué pour des questions de fondation du barrage et de submersion d'agglomérations. Au cours de la dernière décennie, une solution grandiose à ce problème a été apportée par l'aménagement du bassin d'accumulation du Mont-Cenis, œuvre de la collaboration franco-italienne. Situé au-delà du Col du Mont-Cenis et se déversant dans la Dora Riparia, il appartenait autrefois à l'Italie; dès 1920 le lac naturel de Moncenisio (106) avait été aménagé par surélévation du niveau en un bassin d'accumulation de 31 millions de m³ et ses eaux

étaient exploitées sous 1400 m de chute en trois paliers. La frontière franco-italienne suivait autrefois la ligne de partage des eaux sur trois côtés du bassin versant. Le traité de paix de 1946 a déplacé la frontière de la crête vers l'Est en raccourcissant son tracé, ce qui eu pour effet de faire passer le lac et le palier supérieur des usines en territoire français. Cependant l'Italie conserva ses droits d'eaux ainsi que l'exploitation et la production de l'usine de pompage de Gran Scala. Aujourd'hui le lac est mis en retenue par un imposant barrage en terre et en enrochements, d'une longueur de crête de 1400 m et constitué de 14,4 millions de m³ de remblais. Implanté en aval de l'ancien barrage, il relève le niveau des eaux de 53 m et permet le stockage d'un volume utile de 320,7 millions de m³, dont le remplissage est assuré par un vaste réseau de galeries d'amenée provenant des bassins de l'Arc et de la Cenise. Les quotes-parts respectives de chaque pays sont proportionnelles aux apports des bassins du Pô et du Rhône, soit 51,1 millions de m³ pour la part italienne et 269,6 millions de m³ pour la part française. Cette même clé s'applique à l'exploitation du volume d'eau dans chacune des nouvelles usines de grande puissance. Le plan 4 montre une vue d'ensemble général de cet aménagement. Les apports proviennent d'une part du bassin versant de l'Arc (267,5 km²) et d'autre part, de celui de la Cenischia (51,4 km²) complété par 47,4 km² d'adductions secondaires, dont certaines sont refoulées par pompage. Dans le bassin de l'Arc, les collecteurs principaux ont à eux seuls 39 km de longueur. Les dispositions prévues pour garantir une exploitation optimale des eaux sont remarquables; c'est ainsi que, par une nouvelle conduite forcée, on récupère par siphonage les déversés de l'aménagement existant d'Aussois, et que par la dérivation de l'Arc supérieur vers Tignes on peut soutirer de l'eau durant les années de faible hydraulicité. La nouvelle

Plan No. 4

Situation de l'aménagement hydroélectrique combiné franco-italien de la retenue du Mont Cenis et d'autres aménagements dans la région de l'Arc

Lageplan der kombinierten französisch-italienischen Wasserkraftnutzung des Speichers Mont Cenis und weiterer Kraftnutzungen im französischen Einzugsgebiet des Arc



Der alte Bissorte-Stausee (67) ist noch durch Beileitungen von der Nevache bereichert worden; seine 1150 m-Stufe erbringt nunmehr 255 GWh.

Isère-abwärts im Grésivaudan finden sich aus dem alten Bestand die Karseengruppe der Sept Laux (69–72) im obersten Bréda-Tal und der kleine Lac du Crozet (73) in der Belledonne-Kette. Neue Grossanlagen hat das bei Grenoble mündende Drac-Tal erhalten. Der Drac entwässert die Massive des Pelvoux, Champsaur und Dévoluy. In seinem Mittel- und Unterlauf durchfließt er auf 45 km Länge tiefe Schluchten in einem grossenteils epigenetischen Tal in Kalken und Mergelkalken der Liasformation. Streckenweise sind die steilen Schluchtwände 350–450 m hoch. Dem seit 1935 bestehenden grossen Stausee Le Sautet (74) mit seiner eindrucksvollen Schlucht-Sperre und den Kraftwerken Sautet und Cordéac folgt vor der Mündung des Bonne-Tales der Stausee St. Pierre (75). Von 29 Mio m³ Gesamtstauraum sind 11 Mio m³ nutzbar. Den 6 km langen See staut in einer Talenge eine nur 130 m breite Bogenmauer mit grossen, durch Schützen verschlossenen Ueberläufen für ein Katastrophenhochwasser von 1800 m³/s. Die Bonne ist aus einer Fassung bei Pont Haut durch den verlängerten Stollen eines nunmehr aufgegebenen älteren Kraftwerks beigeleitet. Das neue Kraftwerk Cognet mit 2,3 km Druckstollen erreicht 90 m Fallhöhe (100 MW, 231 GWh).

Die anschliessende wilde Schluchtenstrecke nimmt auf 17 km Länge der grösste der Drac-Stauseen ein, die Anlage Monteynard (76) mit 276 Mio m³ Gesamtstauraum, davon 185 Mio m³ bei 40 m Spiegelschwankung nutzbar. Das Einzugsgebiet ist hier 2050 km² gross mit 1840 Mio m³ Jahresabfluss. An der Sperrstelle sind die hohen Steilwände von zahlreichen etwa hangparallelen Störungen durchzogen. Man hat sie mit klangvollen mythologischen und geschichtlichen Frauennamen benannt — Bérénice, Béatrix, Aglaé, Joséphine u. a. — und in der Tat haben sie Geologen und Ingenieuren nicht wenig Sorgen bereitet! Nach umfangreichen Erkundungsarbeiten, u. a. sechs Stollen, ist als Sperrbauwerk eine Bogengewichtsmauer ausgeführt worden, welche die Talflanken stützt, gegen Blockstürze kaum empfindlich ist, und es ermöglichte, die sehr grosse Hochwasserent-

lastung ($HQ_{1000} = 2500 \text{ m}^3/\text{s}$) als Skisprungüberläufe anzuordnen und das Spitzenkraftwerk (300 m³/s in vier Maschinen, 320 MW, 466 GWh) im Mauerinnern unterzubringen. Umfangreiche Dichtungs- und Vergütungsarbeiten durch Einpressungen im Fels waren nötig; die Störung «Julie la Rousse», die bis 1 m dick von rotem, nicht injizierbarem Lehm erfüllt war, ist durch einen Betonrost in fünf Schächten und vier Horizontalstollen verdübelt worden. Fig. 56 zeigt dieses landschaftlich und technisch eindrucksvolle Werk.

Als Ausgleichbecken folgt im untersten Teil der Drac-Schlucht der Stausee Notre Dame de Commiers (77). Bei noch 5,2 km Länge weist er 34 Mio m³ Gesamteinhalt und 17,9 Mio m³ Nutzraum auf. Sein Sperrbauwerk ist wieder ein Beispiel von Staudämmen auf mächtigen Alluvialschichten, hier bei bis 55 m überdeckter felsiger Talsohle (Fig. 57). Der 41 m hohe Damm mit schrägem Kern wird ergänzt durch eine 7200 m² grosse Einpressschürze in zwei bis fünf Reihen. Am rechten Hanganschluss ist die Hochwasserentlastung in Skisprungform für max. 3000 m³/s angeordnet. Der Stausee speist die aufeinanderfolgenden Kraftstufen St. Georges de Commiers und Champ II vor der Romanchemündung (82 bzw. 88 m³/s, mit zus. 75 MW und 328 GWh). Die Schluchtstrecke des Drac begleitet rechtsufrig oberhalb der Steilwände die Corniche du Drac mit vielen landschaftlich reizvollen Ausblicken.

Im Romanche-Gebiet ist der ältere Bestand von fünf Speicherseen mit 60 Mio m³ unverändert geblieben. In Fig. 58 wird der grösste, Le Chambon (79), erneut vorgestellt. An seinem rechten Ufer verläuft die Strasse zum Col du Lautaret und Col du Galibier (2556 m, Uebergang zur Maurienne) mit ihrem berühmten Panorama der stark vergletscherten Meije (3983 m).

Nahe Briançon fliesst von links die Cerveyrette der jungen Durance zu. In ihr finden wir den kleinen Stausee Pont Baldy (84) mit einer 50 m hohen Bogenmauer als Wochenspeicher einer 120 m-Stufe. Im Mittellauf der Durance, zwischen Embrun — mit der schönsten alten Kirche des Dauphiné — und der Einmündung der Ubaye erstreckt sich der neue Lac de Serre Ponçon (85) 780 m ü. M. auf

Fig. 54

Der grosse Stausee Mont Cenis (1974 m), der z. T. in Frankreich, z. T. in Italien genutzt wird

La grande retenue du Mont Cenis (1974 m), exploitée partiellement en France et en Italie

(Photo Gloagnes/EDF)





Fig. 55 Blick talauswärts auf die Stauseen Plan d'Amont (2077 m) und Plan d'Aval am Rande des Vanoise Nationalparks

Fig. 55 Vue vers les deux retenues en cascades Plan d'Amont (2077 m) et Plan d'Aval (1948 m), en bordure du Parc National de la Vanoise (Photo Ehrmann EDF)

Fig. 56 Stausee Monteynard (490 m) in der engen Drac-Schlucht

Fig. 56 Le bassin d'accumulation de Monteynard (490 m) dans la gorge étroite du Drac (Photo Brigaud/EDF)



centrale de Villarodin est dotée d'une puissance de 364 MW et produit annuellement environ 600 GWh d'énergie de pointe; la centrale souterraine italienne fournit de son côté 240 MW et 227 GWh sous une hauteur de chute de 1356 m. Le nouveau lac du Mont-Cenis (photo fig. 54) a une longueur de 5 km et une superficie de 6,7 km², la plus vaste de tous les bassins d'accumulation alpins à cette altitude. Il est dominé par la nouvelle route du col du Mont-Cenis; l'ancien hospice submergé a été remplacé par une construction neuve.

L'aménagement du Mont-Cenis a eu pour conséquence heureuse la régularisation des débits de l'Arc moyen et de l'Arc inférieur. Les aménagements anciens, en huit paliers, sont remplacés aujourd'hui par quatre paliers seulement exploitant une hauteur de chute brute de 750 m. Comme bassin de compensation pour les centrales de Villarodin et de La Praz sur la Bissorte (90 MW), on a aménagé sur l'Arc le lac du Pont des Chèvres (68) d'un volume de 1,2 millions de m³. L'usine d'Aussois a été dotée, en amont de son bassin d'accumulation existant, le Plan d'Aval (66), du lac de retenue du Plan d'Amont (65) situé 130 m plus haut dans une cuvette glaciaire. La photo fig. 55 représente cet intéressant ensemble situé en bordure du Parc national de la Vanoise créé en 1963 et couvrant une superficie de 570 km². L'ancien lac de retenue de Bissorte (67) a été équipé d'adductions supplémentaires provenant de la Neuvache, ce qui a permis de porter la production de son usine (1150 m de chute) à 255 GWh.

En descendant l'Isère, nous trouvons dans le Grésivaudan, le groupe des anciens lacs d'origine glaciaire, ceux des Sept Laux (69—72) dans la vallée supérieure du Bréda, et le petit lac du Crozet (73) dans la chaîne de Belledonne. La vallée du Drac dont le confluent se situe près de Grenoble, a été dotée de réalisations importantes. Cette rivière collecte les eaux des massifs du Pelvoux, du Champsaur et du Dévoluy, et parcourt sur une longueur de 45 km des gorges profondes, taillées dans une vallée épigénétique constituée en grande partie de calcaire et de calcaire marneux de formation liassique. Par endroits, les falaises ont une hauteur allant de 350 à 450 m. Le grand lac du Sautet (74) réalisé en 1935 comporte un impressionnant barrage en travers d'une gorge profonde et alimente les centrales du Sautet et de Cordéac; il est suivi à l'amont du confluent de la Bonne, du Lac de St-Pierre (75) d'un volume total de 29 millions de m³, dont 11 millions de m³ de volume utile. Ce lac, long de 6 km, est mis en retenue par un barrage-voûte de 130 m de large implanté dans un étranglement de la vallée, et muni de déversoirs équipés de vannes et calculés pour un débit de crue de 1800 m³/s. Grâce à un captage situé près de Pont-Haut, le débit de la Bonne est dérivé dans le lac par le prolongement de la galerie d'une ancienne usine désaffectée. La nouvelle centrale de St-Pierre-Cognet (100 MW, 231 GWh), alimentée par une galerie en charge de 2,3 km, exploite une hauteur de chute de 90 m.

Immédiatement en aval se situe l'aménagement de Monteynard (76), le plus important du Drac, dont la retenue s'étire sur 17 km de gorges sauvages. Son volume total atteint 246 millions de m³, dont 185 millions de m³ occupent la tranche utile de 40 m. Le bassin versant a une superficie de 2050 km² et délivre un écoulement annuel de 1840 millions de m³. Sur le site de barrage, les falaises sont truffées de nombreuses failles de direction à peu près parallèle aux versants qu'on a baptisées de noms féminins évocateurs tirés de la mythologie ou de l'histoire — entre autres: Bérénice, Béatrice, Aglaé, Joséphine — et, à dire vrai, elles ont causé pas mal de soucis aux géologues et

20 km Länge mit 28 km² Fläche und 1270 Mio m³ Gesamtstauraum als grösster Speichersee der Alpen (Fig. 59). Er hat die Verlegung von zwei kleinen Ortschaften, Savines und Ubaye, sowie Eisenbahn und Strassen erfordert. Sein Einzugsgebiet ist 3600 km² gross mit einem mittleren Zufluss von 88 m³/s. Schon seit dem Katastrophenhochwasser von 1856 hat man hier eine Talsperre studiert, doch erst ein Jahrhundert später waren die technischen Mittel für die wirtschaftliche Bewältigung dieser grossen Aufgabe gereift. An der Sperrstelle, einem gewundenen Defilé in schwarzem Mergel, liegt der Fels in einer Erosionsrinne bis 130 m unter dem Flussbett. Das Sperrbauwerk ist ein 125 m hoher Erddamm mit 14,0 Mio m³ Schüttmasse, zu dem alle Schüttstoffe in günstiger Zusammensetzung in der Nähe vorhanden waren. Für die Untergrunddichtung ist erstmalig in den Alpen die schon mehrfach erwähnte Injektionstechnik in Alluvialboden in grossem Masse angewendet worden (vergl. Sylvenstein, Durlassboden, Mattmark, Notre Dame de Commiers). Die Einpressschürze umfasst auf 35 m Breite 12 Reihen Bohrlöcher. Die grossen Entlastungs- und Entnahmeanlagen sind alle als Stollen im linken Hang angeordnet. Die Grundablässe leisten 1200 m³/s, der Ueberlauf 2000 m³/s. Das grosse Kavernenkraftwerk ist als Spitzenwerk für 300 m³/s und 320 MW ausgelegt und liefert 700 GWh. Unterhalb des Dammes liegt als Ausgleichbecken der 2 km lange Stausee Espinasses (86).

Die Durance-Talsperre ist eine Mehrzweckanlage grossen Stils: neben der Wasserkraftnutzung dient sie dem Hochwasserschutz und der Landbewässerung in der Provence. Für die Sicherung des Speisewassers der zahlreichen Kanäle, die von der unteren Durance ausgehen, sind 200 Mio m³ ausgewiesen. Der starke Ausgleich der Wasserführung war die Voraussetzung für den grosszügigen Ausbau der Durance durch grosse Kanalkraftwerke bis zum Mittelmeer über 657 m Fallhöhe. Unter Einbeziehung älterer Werke ist dieser Ausbau im letzten Jahrzehnt nahezu vollendet worden. Er umfasst sieben Hauptstufen oberhalb der Verdonmündung, unterhalb dieser (Wehr Cadarache 256 m ü. M.) weitere fünf mit 220 bis 270 m³/s Ausbaudurchfluss und 5,2 Mrd. kWh Gesamtdargebot. Die letzten beiden, in denen das Durancewater über 30 km und 117 m Höhenunterschied zum Etang de Berre abgeleitet wird, folgen einem Lauf des Flusses aus geologischer Vorzeit. Das grösste Werk der Kette (116 m Fallhöhe, 756 GWh) liegt oberhalb des malerischen, von einer Zitadelle gekrönten alten Städtchens Sisteron an einer Engstelle der Durance, dem Tor zwischen Dauphiné und Provence. Unterhalb der Kanalbrücke, die vor der Asse-Mündung den von Oraison kommenden Werkkanal auf das rechte Duranceufer überführt, mündet von rechts die Largue. Nahe Forqualquier liegt in deren gleichnamigem Nebenflüsschen der kleine Stausee La Laye (87). Mit 2,4 Mio m³ dient er Bewässerungsaufgaben.

Der Verdon, der grösste Nebenfluss der unteren Durance, besitzt in seinem Oberlauf die ältesten, gleich nach dem Zweiten Weltkrieg ausgebauten Speicherseen dieses Gebiets. Der grosse Stausee Castillon (88) und der unterhalb als Ausgleichbecken anschliessende kleinere Chaudanne (89), in gefaltete Juraschichten eingebettet, sind geologisch und technisch bemerkenswerte Anlagen. Das Luftbild Fig. 60 zeigt sie in ihrer Landschaft. Neue Werke entstanden am unteren Verdon. Die grosse Talweitung von Ste. Croix und Les Salles, zwischen dem berühmten Grand Canyon des Verdon, der hohen Schule der Wildwasserfahrer, und dessen unterer Schluchtstrecke nimmt der noch im Bau stehende Stausee Ste-Croix (90) ein, auf 13 km Länge mit 21,8 km² Oberfläche, 477 m ü.M., als an Fläche

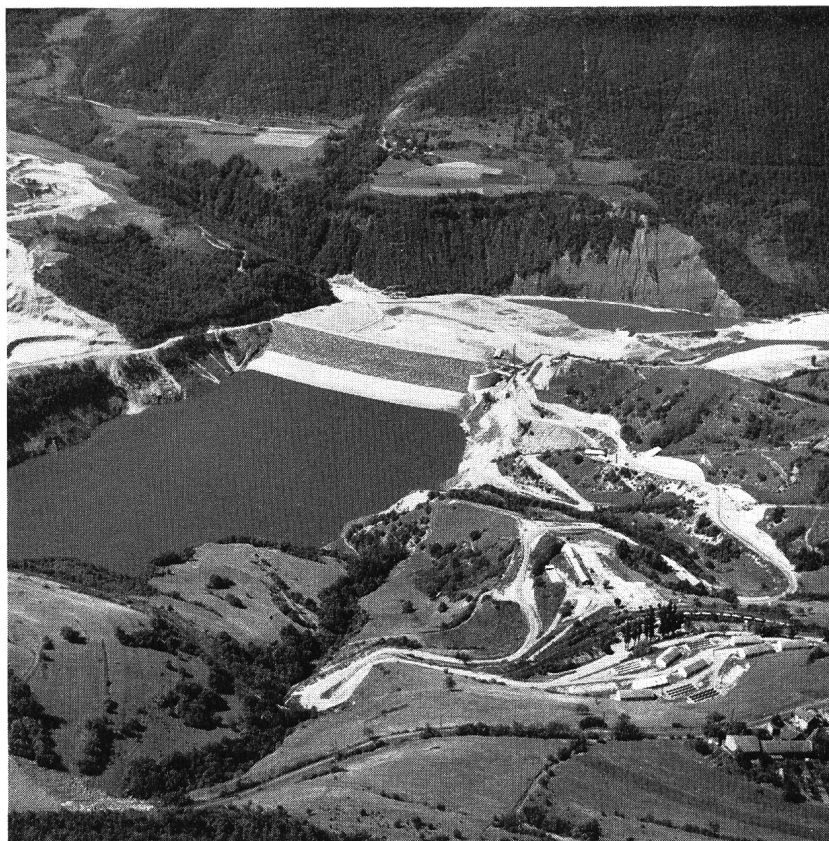


Fig. 57 Stausee Notre Dame de Commiers (363 m) in der unteren Drac-Schlucht

Fig. 57 Le bassin d'accumulation de Notre Dame de Commiers (363 m) dans la partie inférieure de la gorge du Drac
(Photo Brigaud/EDF)

Fig. 58 Stausee Le Chambon (1040 m) im Romanche-Gebiet/Dauphiné
Fig. 58 Le bassin d'accumulation du Chambon (1040 m) dans la région de la Romanche/Dauphiné

(Photo aérienne A. Perceval/Paris)



aux ingénieurs! Après de nombreuses reconnaissances géologiques, ayant nécessité le forage de six galeries d'exploration, l'ouvrage de retenue choisi fut un barrage poids-voûte qui était les flancs de la vallée et qui est peu sensible aux chutes de rochers. Cet ouvrage est pourvu d'un évacuateur de crue en saut de ski, calculé pour une crue millénaire de 2500 m³/s et abrite dans sa maçonnerie l'usine de pointe (320 MW, 466 GWh) équipée pour un débit de 300 m³/s réparti sur quatre groupes. De volumineux travaux d'étanchéité et de consolidation par injections se révélèrent nécessaires; la faille «Julie la Rousse» gorgée d'une argile rouge d'une épaisseur atteignant jusqu'à 1 m, où toute injection était impossible, fut traitée par un quadrillage de béton constitué de cinq puits verticaux reliés par quatre galeries horizontales. La photo fig. 56 représente cet ouvrage remarquable tant sur le plan technique que sur le plan esthétique.

A l'aval de cet aménagement se situe, dans la partie inférieure des gorges du Drac, le bassin de compensation de Notre-Dame de Commiers (77). D'une longueur de 5,2 km et d'une capacité totale de 34 millions de m³, il offre un volume utile de 17,9 millions de m³. Son ouvrage de retenue constitue un nouvel exemple de barrage implanté sur d'épaisses couches d'alluvions qui atteignent ici une épaisseur de 55 m au-dessus du seuil rocheux (fig. 57). D'une hauteur de 41 m, le barrage comporte un noyau d'étanchéité incliné complété par un rideau d'injection de 7200 m² sur deux à cinq rangs. Près du clavage rive droite de la digue, on a aménagé un déversoir de crue en saut de ski capable d'un débit de 3000 m³/s. Ce lac alimente successivement les centrales de St-Georges de Commiers et de Champ-s/Drac II, échelonnées à l'amont du confluent de la Romanche (débit équipé respectivement 82 et 88 m³/s, puissance totale 75 MW, productibilité 328 GWh). Sur leur rive droite, les gorges du Drac sont dominées par une route en corniche qui offre de splendides points de vue.

Dans le bassin de la Romanche, on ne note aucun aménagement nouveau depuis la création de cinq réservoirs plus anciens totalisant 60 millions de m³. La photo fig. 58 représente le plus grand de ceux-ci, le Chambon (79). Sur sa rive droite se trouve la route menant aux Cols du Lautaret et du Galibier (2556 m) donnant accès à la Maurienne, avec son célèbre panorama sur la Meije (3983 m) largement couverte de glaciers.

La Cerveyrette, qui se jette dans la Durance à la hauteur de Briançon, a été équipée d'un petit bassin d'accumulation, le lac du Pont-Baldy (84). Il est mis en retenue par un barrage-voûte de 50 m de haut et sert de réservoir hebdomadaire à une usine de moyenne chute (120 m). Sur le cours moyen de la Durance, entre Embrun — qui possède la plus belle église ancienne du Dauphiné — et le confluent de l'Ubaye, s'étend le nouveau Lac de Serre-Ponçon (85) à 780 m d'altitude, qui par sa longueur de 20 km, sa superficie de 28 km² et son volume total de 1270 millions de m³, est le plus grand des bassins d'accumulation des Alpes (photo fig. 59). Cet aménagement a nécessité la reconstruction de deux localités, Savines et Ubaye, ainsi que le déplacement d'une voie ferrée et de routes. Son bassin versant s'étend sur 3600 km² et délivre un débit moyen de 88 m³/s. Déjà lors des crues catastrophiques de 1856, on avait envisagé la construction d'un barrage, mais il a fallu plus d'un siècle pour que l'on dispose de moyens techniques appropriés à l'envergure d'un tel ouvrage. A l'endroit du barrage, implanté dans un défilé tortueux constitué de marnes noires, on trouve la roche à une profondeur de 130 m en-dessous du lit de la rivière. Le barrage lui-même est formé d'une digue en terre haute de 125 m, constituée de 14

millions de m³ de remblais extraits sur place. Pour la réalisation de l'étanchéité des fondations, on a mis en œuvre, pour la première fois dans les Alpes à une telle échelle, la technique d'injections en alluvions déjà citée (cf. Sylvenstein, Durlassboden, Mattmark, Notre-Dame de Commiers). Le rideau d'injections s'étend sur une largeur de 35 m et comprend 12 rangées de forages. Les vidanges de fond et la prise d'eau ont été aménagés en galerie dans le flanc gauche de la vallée. Les évacuateurs de fond peuvent débiter 1200 m³/s, ceux de surface 2000 m³/s. L'usine souterraine, absorbe un débit de 300 m³/s pour une puissance installée de 320 MW et assure une production annuelle de 700 GWh. Au pied du barrage se situe le bassin de compensation de Espinasses (86).

Cet aménagement sur la Durance est un exemple typique d'ouvrage à buts multiples puisqu'en dehors de la production d'énergie, il assure la protection contre les crues ainsi que l'irrigation de la Provence, pour laquelle on a réservé une fraction de volume de 200 millions de m³. La régularisation du débit fort capricieux de la Durance conditionnait la rentabilité des aménagements au fil de l'eau, situés à l'aval et exploitant au total 657 m de chute brute jusqu'à la Méditerranée. Ces aménagements ont été pratiquement terminés au cours de la dernière décennie et comprennent sept usines à l'amont de l'embouchure du Verdon et cinq autres à l'aval de cet affluent, toutes équipées pour un débit compris entre 220 à 270 m³/s. La productibilité totale de la chaîne d'usines atteint 5,2 milliards de kWh. Il est intéressant de noter que les deux dernières usines se situent sur un cours artificiel long de 30 km, offrant une dénivellation de 117 m jusqu'à l'Etang de Berre, et qui était emprunté par la rivière elle-même à une époque antérieure à notre ère géologique. La plus puissante unité (116 m de chute, 756 GWh) se situe à l'amont de la pittoresque ville de Sisteron, dominée par une vieille citadelle, dans un rétrécissement de vallée constituant la porte entre le Dauphiné et la Provence. En aval de l'aqueduc par lequel le canal usinier d'Oraison traverse la Durance se situe en rive droite le confluent de la Lagne. Près de Forqualquier se situe le bassin de La Lagne (87), aménagé sur l'affluent de la Lagne de même nom, et contenant 2,4 millions de m³ pour les seuls besoins de l'irrigation.

Les réservoirs les plus anciens de cette région, aménagés juste après la deuxième guerre mondiale, équipent le cours supérieur du principal affluent de la Basse Durance: le Verdon. Le grand lac de Castillon (88), ainsi que le bassin de compensation plus petit de Chaudanne (89), niché au fond d'un plissement jurassique, présentent un intérêt particulier sur les plans géologique et technique. La photo aérienne fig. 60 donne une vue d'ensemble de ces deux lacs. Le vaste élargissement de vallée de Ste-Croix-Les-Salles, situé entre le grand Canyon du Verdon, haut lieu de l'école des canoëistes, et les Basses Gorges du Verdon a été retenu comme site du réservoir de Ste-Croix (90) actuellement en cours d'aménagement. La longueur de ce lac atteint 13 km et sa superficie 21,8 km² — ce qui correspond au deuxième rang des bassins alpins. La cote de retenue a été fixée à 477 m. Son barrage est implanté entre deux falaises presque verticales à l'entrée des Basses Gorges du Verdon. Grâce à la surélévation de niveau de 80 m, le volume total de ce réservoir atteint 767 millions de m³, mais la tranche utile de 16 m n'en contient que 300 millions, dont 225 millions sont réservés à l'irrigation en période sèche. Entre la cote nominale de retenue (477) et le couronnement du barrage (483), on a réservé un creux de 100 millions de m³ pour l'écrêtement des crues. Le bassin ver-



(Photo Brigand/EDF)

Fig. 53

Stausee Roselend (1557 m) im französischen Alpengebiet
Le lac d'accumulation de Roselend (1557 m) dans la région française des Alpes

zweitgrösster Stausee der Alpen. Sein Sperrbauwerk liegt am Beginn der unteren Verdon Schlucht in einer Engstelle mit fast senkrechten Wänden. Vom Gesamtinhalt von 767 Mio m³ sind bei rund 80 m Aufstau auf 16 m Schwankungsraum 300 Mio m³ nutzbar, von denen 225 Mio m³ — in Ausnahmefällen noch zusätzliche 100 Mio m³ — als Vorrat für sommerliche Mangelzeit der Bewässerung gewidmet sind. Darüber liegen noch 100 Mio m³ beherrschbarer Hochwasserschutzraum (Mauerkrone 483 m ü. M.). Das Einzugsgebiet beträgt 1591 km² mit 31,7 m³/s mittlerem Zufluss. Das Kavernenkraftwerk Ste Croix und die folgende neue Stufe Quinson (vergl. Abschnitt 4.4) mit zusammen 121 MW erbringen 260 GWh. Die Talsperre erhält — wie bereits früher der Speicher Tignes — keine Hochwasserüberläufe im Stauziel, sondern nur zwei grosse Grundablässe, die zusammen mit den Turbinen das 1000jährige Hochwasser abzuführen vermögen. Sie sind in dem 34 m hohen schweren Fundamentsockel der weitere 60 m hohen schlanken Bogenmauer untergebracht. Das ganze Sperrbauwerk erfordert nur 50 000 m³ Beton, jedoch 18 000 m² Dichtungsschleier. Seit 1924 wurde diese Talsperre geologisch studiert; ihre Probleme im Karstgebiet sind hauptsächlich solche der Dichtigkeit des Stauraums und der Talflanken der Sperrstelle. Rechtsufrig befindet sich ein kleineres verkarstetes Gebiet von Jura-Kalk, dessen Verbindung mit zahlreichen unterhalb der Sperre gelegenen Grotten zu prüfen war. Linksufrig liegt im Stauraum nahe der Mauer die grosse Karstquelle Fontaine l'Evêque, in der Wasser aus dem Artuby auf 30 km Entfernung (400 km² Einzugsgebiet, Schüttung 5,7 m³/s) zutage treten. Ihr System von Karstschläuchen kommt an der Mündung unter 80 m Stau.

Bereits im Betrieb steht seit 1967 der Verdon-Stausee Gréoux (91). Rund 17 km oberhalb der Mündung staut ihn ein 54 m hoher Erddamm auf 13 km Länge. Der See hat einen Gesamtinhalt von 80 Mio m³, doch wird nur eine Schwanke von 1,5 m kraftwirtschaftlich genutzt; in erster Linie bezweckt der Stau die Hebung des Wasserspiegels zur Speisung des neuen Canal de Provence, der als Ergänzung des Canal du Verdon der Speisung der ausgedehnten Bewässerungssysteme südlich der unteren Durance dient und bei Aix in das seit 1952 bestehende grosse Staubecken Bimont (92) im Infernet mündet. In der Anfangsstrecke des Canal de Provence zweigt die Zuleitung zum Kraftwerk Vinon (28 MW, 130 GWh) an der Verdonmündung ab. Fig. 61 lässt die grosse Bereicherung erkennen, die der stets gefüllte, 3,3 km² grosse See seinem in Mergelkalke der Kreideformation eingeschnittenen gewundenen Tal verleiht.

In den Provençalischen Voralpen finden sich ausser dem erwähnten Speicher Bimont noch 55 km östlich das alte Becken Carcès (94) im Caramy, einem Nebenlauf des Argens, ebenfalls für Bewässerungsaufgaben, und östlich von Toulon, am Südfuss des Massif des Maures, die neue kleine Trinkwassersperre Trapan (93), die ein Erddamm mit wasserseitiger Asphaltbetondecke aufstaut.

Westlich von Cannes ist in den letzten Jahren ein grösserer Mehrzweckspeicher, der Stausee St. Cassien (95) im Biançon, einem Zufluss der Siagne, entstanden. Von 60 Mio m³ Gesamtstauraum sind auf 11,3 m Schwankungshöhe 39 Mio m³ nutzbar, die sich mit 20 Mio m³ auf Bewässerung, 9 Mio m³ auf Wasserkraft und 10 Mio m³ Hochwasserschutzraum verteilen. Das Bewässerungswasser wird zum Teil in das südwestlich angrenzende Gebiet des Reyran abgegeben. Die Siagne speist bereits zwei grosse Bewässerungskanäle: für die Rosenstadt Grasse mit ihren 25 000 ha Blumenfeldern (Parfümindustrie) und Cannes, sowie die Region von Fréjus. Das Einzugsgebiet des Biançon von 131 km² bringt nur 30 Mio m³ Zufluss, dazu werden von

der wesentlich abflussreicheren oberen Siagne 170 Mio m³ aus 223 km² übergeleitet. Das sich in zwei Täler verzweigende Staubecken liegt im Karbon, die schluchtartige Sperrstelle, die ein 66 m hoher Erddamm schliesst, im Gneis. Ein flacher Sattel am rechten Ufer war durch einen bis 15 m hohen Nebendamm aufzuheben. Das zugehörige kleine Kavernenkraftwerk (20 MW) liefert unter 120 m Fallhöhe 44 GWh.

In den Meeralpen hat das grosse Gebiet des Var, mit den Nebenflüssen Tinée — der die höchste Passstrasse der Alpen über den Col de la Bonette (2802 m) zum oberen Ubaye-Tal folgt — und Vésubie, in der obersten Gordolasque, einem Zufluss der letzteren, den ersten Speichersee erhalten. Der kleine Lac Long (96) 2,6 Mio m³, 2561 m ü. M. ist zugleich das höchste Speicherbecken der französischen Alpen. Der natürliche Karsee unter der Cime du Gélas (3143 m) ist mässig aufgestaut durch kleine Sperren in zwei Talfurchen. Er dient als Fernspeicher der neuen 600 m-Stufe Belvédère (12 MW, 38 GWh). Im oberen Roya-Gebiet sind aus dem alten Bestand die Karseegruppen im Vallon Casterino (97—100) und Vallon Inferno (101) zu erwähnen. Erstere mit ihren vier Seen von zusam-

Fig. 59 Lac de Serre Ponçon (780 m) an der Durance, mit 1270 Mio m³ der grösste Speichersee der Alpen

Fig. 59 Lac de Serre Ponçon (780 m) sur la Durance; avec son volume de 1270 millions de m³ le plus grand bassin d'accumulation des Alpes (Photo Brigaud/EDF)



sant couvrir une superficie de 1591 km² et délivrer un débit moyen de 31,7 m³/s. Les usines de Ste-Croix et de Quinson, (aménagement prévu à l'aval) auront une puissance totale de 121 MW et une productibilité de 260 GWh. Le barrage ne comporte pas de déversoir de crue au niveau de la retenue, mais deux vidanges de fond, qui permettent, déduction faite du débit des turbines, d'absorber la crue millénaire. Ces ouvrages de vidange sont logés dans le massif de fondation haut de 34 m, au-dessus duquel s'érige la voûte mince, haute de 60 m. Le cube de béton de l'ouvrage n'atteint que 50 000 m³, mais il est complété par un voile d'étanchéité de 18 000 m². Les études géologiques du barrage ont été entreprises dès 1924 et se heurtaient principalement, dans ce massif karstique, à des problèmes d'étanchéité du bassin et des appuis du barrage. En rive droite de la retenue on trouve un massif de calcaire karstique du Jurassique supérieur, dont il importait de rechercher et d'éliminer les liaisons éventuelles avec le réseau de grottes situé en aval. En rive gauche, à faible distance en amont du barrage, débouche la source karstique Fontaine l'Evêque qui, par un réseau de crevasses long de 30 km, draine les eaux de l'Artuby (400 km², 5,7 m³/s). La résurgence étant submergée par la retenue de Ste-Croix, ce réseau est mis en charge de 80 m.

Le bassin de Gréoux (91) sur le Verdon est en service depuis 1967; situé à 17 km à l'amont de l'embouchure, il est mis en retenue sur une longueur de 13 km par une digue en terre haute de 54 m. Le volume total du lac atteint 80 millions de m³, mais le marnage pour les besoins de la production d'énergie n'intéresse qu'une tranche de 1,5 m. La vocation première de cet ouvrage est de relever le niveau du plan d'eau pour permettre l'alimentation du nouveau canal de Provence, qui, avec le concours du canal du Verdon, alimente le vaste réseau d'irrigation de la Basse Durance et se jette près d'Aix dans la retenue de Bimont (92) aménagée en 1952 sur l'Infernet. Le canal d'amenée de l'usine de Vinon (28 MW, 130 GWh), située près du confluent du Verdon, est alimenté par le cours supérieur du Canal de Provence. L'illustration fig. 61 met en évidence l'enrichissement qu'apporte ce bassin à sa vallée tourmentée creusée dans la marne crayeuse.

Outre le bassin de Bimont, on trouve dans les Préalpes provençales, à 55 km plus à l'est, l'ancien bassin de Carcès (94) aménagé sur le Caramy, affluent de l'Argens, pour les besoins de l'irrigation. A l'est de Toulon, au pied du massif des Maures, se situe le petit réservoir d'eau potable de Trapan (93), dont la digue est étanchée avec du béton bitumineux.

Récemment, on a aménagé, à l'ouest de Cannes, le lac de St-Cassien (95), un grand réservoir à buts multiples sur le Biançon, affluent de la Siagne. Il contient 60 millions de m³, dont 39 millions dans la tranche utile de 11,30 mètres, destinés pour 20 millions de m³ à l'irrigation, 9 millions à l'énergie électrique et 10 millions à l'écêtement des crues. Une fraction de l'eau d'irrigation est dérivée vers le bassin du Reyran, contigu côté sud-ouest. La Siagne, de son côté, alimente déjà deux canaux d'irrigation: l'un pour la ville de Grasse et ses 25 000 ha de fleurs destinées à l'industrie du parfum, ainsi que la ville de Cannes, l'autre pour la région de Fréjus. Le bassin versant propre du Biançon (131 km²) ne fournit que 30 millions de m³, c'est pourquoi on a foré une galerie amenant 170 millions de m³ du bassin, mieux arrosé, de la Siagne supérieure, drainant 223 km². Le bassin de retenue, bifurquant sur deux vallées, se situe dans un massif carbonifère, alors que l'ouvrage de retenue, une digue en terre de 66 m de hauteur, est implantée dans une gorge constituée de gneiss. Sur la rive droite, une légère

dépression en ensellement a dû être surélevée par une digue auxiliaire haute de 15 m. La petite usine souterraine alimentée par ce bassin (20 MW, 44 GWh) exploite une chute de 120 m.

Dans les Alpes Maritimes, le premier réservoir d'accumulation équipant la vaste région du Var et de ses affluents Tinée — dont la vallée est reliée à celle de l'Ubaye par le Col le plus élevé des Alpes, celui de la Bonette (2802 m) — et Vesubie, a été aménagé sur le cours supérieur de la Gordolasque, affluent de la Vesubie. Le petit Lac Long (96) d'un volume de 2,6 millions de m³ est à l'altitude 2561 m, le bassin d'accumulation le plus haut des Alpes françaises. Sa cuvette, creusée par l'érosion glaciaire au pied de la Cime du Gélas (3143 m) est légèrement surélevée par deux petits barrages fermant chacun une branche de vallée. Ses eaux sont exploitées dans l'usine de Belvédère, située plus en aval. Dans le bassin supérieur de la Roya nous citerons le groupement de lacs d'érosion glaciaire du vallon Casterino (97 à 100) et du vallon Inferno (101), déjà recensés en 1953; le premier de ces groupements comprend 4 bassins d'un volume total de 6,4 millions de m³ à une altitude comprise entre 2221 et 2435 m ce qui représente l'ensemble de lacs le plus élevé des Alpes françaises (altitude moyenne supérieure de 190 m à celle des Sept Laux).

Avant de quitter le territoire français pour nous consacrer aux lacs suisses et italiens du bassin du Pô, nous voudrions souligner une particularité commune à un grand nombre de lacs de l'ouest des Alpes: le fort pourcentage de «volume mort» dans les retenues en rivière. C'est ainsi que les dix grands bassins sur le Drac, la Durance, le Verdon et le Biançon totalisant un volume utile de 1802 millions de m³, comportent encore un volume mort de 930 millions de m³ en-dessous de leur cote de retenue minimale. Le volume utile n'atteint donc que 66 % du volume total alors que le pourcentage correspondant des réservoirs d'altitude se situe entre 96 et 99 %! On peut voir dans ce chiffre, établi par de tels bassins à faible altitude, le résultat d'un compromis entre les exigences de la production d'énergie — qui demande une hauteur de chute suffisante pour être rentable — et celles de la régularisation des débits — qui demande un creux utile aussi grand que possible. La part croissante du thermique dans la production d'énergie a, par ailleurs, influencé également le choix des caractéristiques de ces ouvrages. Les faibles hauteurs de marnage, alliées aux importantes superficies de plan d'eau, contribuent certainement à l'embellissement des sites et expliquent aussi les fortes valeurs du coefficient donnant la superficie par m³ utile calculé, pour les bassins français (cf. tableau no 16).

Certaines particularités nous paraissent également dignes d'être mentionnées: ce sont les creux préventifs pour l'absorption des crues que l'on trouve dans trois importants réservoirs dépourvus de déversoirs de surface, mais équipés de puissantes vidanges de fond. Tignes et Roselend permettent ainsi de stocker, avec 1,5 m de surélévation de niveau, 4,2 respectivement 4,8 millions de m³ d'apport de crue. Le réservoir de Ste-Croix présente, quant à lui, un creux atteignant 100 millions de m³. Ces valeurs n'ont pas été prises en compte dans nos statistiques mais méritent d'être soulignées, pour comparaison avec les aménagements homologues des Alpes de l'Est.

4.3 BASSINS D'ACCUMULATION AU SUD DE LA CRETE PRINCIPALE

Dans la partie italienne des Alpes maritimes, les vallées du Gesso qui se jette près de Cuneo dans la Stura di Demonte,

Fig. 60 Die Stauseen Castillon (880 m) und Chaudanne (790 m) im oberen Verdon

Fig. 60 Les bassins d'accumulation de Castillon (880 m) et Chaudanne (790 m) sur le Verdon supérieur

(Photo aérienne A. Perceval/Paris)

men 6,4 Mio m³ zwischen 2435 und 2221 m ü.M. ist die höchstgelegene Speicherseen-Gruppe in den französischen Alpen, im Mittel 190 m höher als die Sept Laux.

Ehe wir das französische Staatsgebiet verlassen, um uns den italienischen und schweizerischen Seen im Po-Gebiet zuzuwenden, verdient eine Besonderheit vieler Seen der Westseite einen Hinweis. Es sind die grossen Toträume der Flusstalsperren. Die zehn grossen Stauseen in Drac, Durance, Verdon und Biançon mit 1802 Mio m³ Nutzraum haben zusammen rund 930 Mio m³ Totraum unter dem Absenkziel, nur rund 66 % Nutzraumanteil am Gesamteinhalt, während dieser bei den Hochseen meist 96 bis 99 % beträgt. Er entsteht bei diesen Becken in geringer Meereshöhe aus einem optimalen Kompromiss zwischen den Erfordernissen einer genügenden Mindestfallhöhe der Talsperrenkraftwerke und des Speicherraums für den Abflussausgleich, wobei auch der stärkere kalorische Anteil der französischen Verbundwirtschaft mitwirkt. Die geringeren Spiegelschwankungen und grossen Mindestseeflächen kommen dem Landschaftsbild zugute. Hier liegt auch eine Ursache für die verhältnismässig grossen Einheitswerte Seefläche zu Nutzraum, die sich in der statistischen Auswertung (vergl. Tab. 16) für die französischen Seen ergeben hatten. Eine andere Besonderheit sind die beherrschbaren Hochwasserschutzräume bei drei grossen Stauseen, die keinen Ueberlauf im Stauziel, jedoch besonders leistungsfähige Grundablässe haben. Tignes und Roselend bieten dadurch bei 1,5 m Ueberstau 4,2 und 4,8 Mio m³ Schutzraum, Ste-Croix sogar 100 Mio m³. Diese Werte sind in die Statistik nicht einbezogen, verdienen jedoch Beachtung im Vergleich mit verschiedenen Hochwasserschutzräumen in den Ostalpen.

4.3 SPEICHERSEEN SÜDLICH DES HAUPTKAMMS

Im italienischen Teil der Meeralpen waren die Täler des Gesso, der bei Cuneo in die Stura di Demonte mündet, lange Zeit ungenutzt. 1862/65 haben sie im Gesso di Entracque den Stausee Piastra (103) 956 m ü. M. mit 12,3 Mio m³ erhalten. Unterhalb des Zusammenflusses von Gesso della Rovina und Gesso di Barra sperrt der 1,8 km lange See ein Einzugsgebiet von 88,3 km², das durch Beileitungen vom Gesso di Valetta im Westen (106,7 km²) und den Wildbächen Bousset und Laus (50,5 km²) im Osten auf 245,5 km² mit 276 Mio m³ Zufluss erweitert wurde. Das Sperrbauwerk ist eine 95 m hohe Gewichtstaumauer mit leicht bergwärts geknickten Flügeln. Die Anlage ist als Unterstufe eines Grossausbaues des Gesso-Gebietes geplant. Ausserdem dient sie einer Verbesserung der Landbewässerung im Unterlauf. Das zugehörige Kraftwerk Andonno (65 MW) liefert zunächst 151 GWh unter 268 m Fallhöhe.

In den Cottischen Alpen besitzen die Täler der Varaita, der obersten Dora Riparia und der Stura di Lanzo unver-



Fig. 61 Stausee Gréoux (359 m) im unteren Verdon

Fig. 61 Bassin d'accumulation de Gréoux (359) sur le Verdon inférieur

(Photo aérienne A. Perceval/Paris)

restèrent longtemps inexploitées. De 1962 à 1965, le Gesso di Entracque a été équipé du lac de retenue de *Piastra* (103) d'un volume de 12,3 millions de m³ à 956 m d'altitude. En aval du confluent du Gesso della Rovina et du Gesso di Barra, le lac de retenue, long de 1,8 km, collecte les eaux du bassin versant propre de 88,3 km², qui, par les adductions du Gesso di Valetta à l'ouest (106,7 km²) et des torrents de Bousset et de Laus (50,5 km²) à l'est, est porté à 245,5 km² délivrant au total 276 millions de m³. L'ouvrage est constitué par un barrage-poids de 95 m de hauteur dont les deux ailes sont légèrement infléchies vers l'amont. Cet aménagement a été conçu comme réservoir inférieur d'un équipement plus vaste du bassin du Gesso. Il contribue en outre à l'irrigation des terres situées en aval. Avec ses 268 m de hauteur de chute, la centrale d'Andonno (65 MW) qui lui est rattachée, fournit actuellement 151 GWh.

Dans les Alpes Cottiennes, les vallées de la Varaita, du cours supérieur de la Dora Riparia et de la Stura di Lanzo sont équipées de quatre bassins d'accumulation représentant 25,4 millions de m³, déjà cités au précédent recensement. Le plus grand, celui de *Castello* (104) se trouve au sud de l'imposante pyramide du Monte Viso (3841 m), où le Pô prend sa source. Il s'y ajoute les 5,1 millions de m³, représentant la part italienne de l'aménagement du *Mont-Cenis* (106) ou *Moncenisio*, déjà cité dans la description du bassin de l'Arc. Le *Lago della Rossa* (107) à 2716 m d'altitude, dont le remplissage s'effectue en partie par pompage, reste le lac de retenue le plus haut de toutes les Alpes. En amont et en aval de Turin, il faut mentionner sur le cours même du Pô, les biefs de Moncalieri, de S. Mauro et, le plus important, celui de Cimena avec 23 m de hauteur de chute.

Dans la partie Est des Alpes Graies, l'Electricité de Turin a achevé en l'espace de 40 ans, l'équipement de la vallée moyenne de l'Orco, comprenant six bassins d'accumulation totalisant 87,2 millions de m³ et six centrales exploitant une hauteur de chute totale de 1974 m (268 MW, 706 GWh). La crête nord est dominée par le Gran Paradiso (4061 m). Cinq de ces réservoirs ont déjà été recensés en 1953, à savoir les lacs naturels surélevés *Lago Agnel* (109) et *Lago Serrù* (110), dont la centrale supérieure de Villa (34 MW) a été récemment agrandie, le bassin principal d'accumulation de *Ceresole Reale* (111) sur l'Orco, et, latéralement sur l'affluent gauche, le *Piantonetto*, les bassins d'accumulation de *Piantelessio* (112) et de *Valsoera* (113), tous situés dans un massif de gneiss. Par son altitude de 2412 m, ce dernier est le plus élevé du groupe. La chute de 495 m qui sépare les deux bassins a été récemment équipée de l'usine d'accumulation par pompage de *Telessio* d'une puissance de 34 MW. La photo fig. 62 représente le lac de *Piantelessio* dans son site grandiose de haute-montagne. Pour compléter ce groupe, on a aménagé, à 1900 m d'altitude, le bassin d'accumulation du *Lago Eugio* (114), d'un volume de 5,0 millions de m³, collectant l'écoulement d'un bassin de 9,9 km². Il est mis en retenue, sur le torrent du même nom, par un imposant barrage à contreforts (photo fig. 63).

Au coeur des hautes-Alpes, la Dora Baltea draine dans la vallée d'Aoste, les eaux d'un bassin de 3350 km². En 1954, elle ne comptait que cinq bassins d'accumulation relativement petits d'une capacité de 34,4 millions de m³, tous aménagés avant la Seconde guerre mondiale. Depuis lors, elle a été équipée de deux importants lacs de retenue, les plus grands des Alpes occidentales italiennes, dans les vallées latérales de Val Grisenza et de Valpelline. Dans la première, on a achevé en 1957 l'aménagement du bassin d'accumulation de *Beauregard* (116) situé à 1770 m

d'altitude et contenant 70 millions de m³ (Fig. 64). Il collecte les apports d'un bassin versant de 93,6 km² dont une faible partie provient du captage de trois torrents dérivés dans la galerie en charge rive gauche. Le fond de la vallée est dominé par l'Aiguille de la Grande Sassièr, 3747 m. Par un chemin carrossable longeant sur la droite le lac long de 4 km, on atteint une petite église, et en passant par le refuge Bezzi du Club Alpin Italien, on accède, par le col du Rocher Blanc (2832 m) à la vallée de l'Isère en aval du lac de retenue de Tignes. Le lourd barrage-voûte, d'une hauteur de 132 m, implanté sur du mica-schiste a posé des problèmes de fondations et de définition de forme, en raison de la qualité hétérogène du rocher. En rive gauche, la déformabilité de la roche partiellement désagrégée et mylonitisée, est dix fois plus forte qu'en rive droite, si bien que l'épaisseur de la voûte en culée rive gauche a été plus fortement dimensionnée, afin de réduire la poussée sur la roche. Il y avait en outre au pied de ce versant, une grande cavité comblée par des moraines, et qu'il a fallu purger à coups de mine, puis remplir de béton. La centrale d'Avise (145 MW, 285 GWh) exploite les eaux de ce bassin sous une chute de 1044 m. Immédiatement après, sur la Dora Baltea, une chaîne de huit usines de moyenne chute s'échelonne sur 370 m de dénivellation jusqu'en aval du Lis. Les plus récentes de celles-ci, les usines souterraines de Sarre et de Quart (50 + 40 MW), se trouvent en tête de cette chaîne.

Près de la cité romaine d'Aoste, se situe le confluent du Buthier, dont la vallée latérale de l'Artanavaz est longée par la route d'accès au col du Grand St-Bernard. Dans la vallée principale, on découvre dans un grandiose fond de vallée dominé par la Dent d'Hérens (4179 m) et les Jumeaux (3872 m) aux cimes resplendissantes, le réservoir le plus récent, celui de *Place Moulin* (117) retenant 105 millions de m³ à 1968 m d'altitude (fig. 65). Son bassin versant naturel est de 74 km²; des adductions secondaires provenant des deux versants voisins le portent à 137 km² dont 19,7 % de glaciers. Le plus puissant barrage poids-voûte d'Italie, d'un volume de béton de 1 510 000 m³ et de 155 m de hauteur donne naissance à un lac de 3,3 km de long sur la rive droite duquel un chemin carrossable conduit à l'alpage Parayer au pied de la montée vers le Rifugio Aosta. Ce barrage massif ancré dans du schiste cristallin, est pourvu, selon une technique italienne, d'un joint périphérique à la liaison avec le massif de fondation (*pulvino*). On note également que ce barrage, ayant une largeur de base de 42 m, présente un joint longitudinal en-dessous de la cote 1890. Les vannes de vidange ont une capacité de 300 m³/s à niveau maximal; le déversoir de trop-plein peut évacuer de son côté 470 m³/s. Les ouvrages de décharge et de prise d'eau ont toutes été aménagées dans le versant droit. Ce bassin alimente les usines de Valpelline et de Signayes sur le Buthier (1363 m de hauteur de chute, 162 MW, 500 GWh, dont 370 GWh en hiver), et en aval de Sarre, la chaîne d'usines exploitant 266 m de chute sur la Dora Baltea. Le lac de Place Moulin se trouve si proche du Lac des Dix et du Lac de Mauvoisin situés sur le versant nord de la crête principale, que nous trouvons ici dans un cercle de 25 km de diamètre, les trois lacs de haute altitude les plus importants des deux versants des Alpes occidentales, avec 685 millions de m³ sur 490 km², soit, de loin, la plus forte concentration d'énergie de toutes les Alpes.

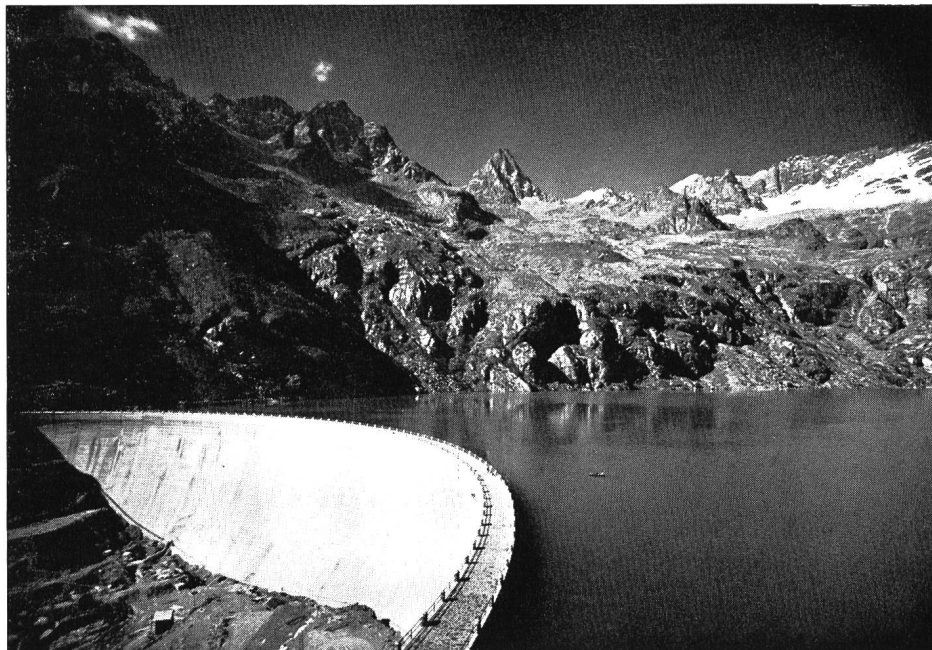
La vallée moyenne de la Valtournanche (Valtornenza) est équipé des réservoirs de haute altitude de *Gouillet* (118) et de *Cignana* (119). La photo fig. 66 représente le premier, situé à 2526 m d'altitude et offrant un point de vue sur la paroi sud du Cervin. Dans le Val de Gressoney, issu de la Crête du Lis dans le Mont-Rose, on trouve en altitude

Fig. 62

Stausee Pian Telessio (1918 m)
in den Grajischen Alpen, mit Torre
del Gran S. Pietro (3692 m)

Bassin d'accumulation de Pian
Telessio (1918 m) dans les Alpes
Grées; au fond Torre del Gran
S. Pietro (3692 m)

(Photo ENEL/Compartimento di
Torino)



ändert vier Stauseen mit 25,4 Mio m³. Der grösste, Castello (104), liegt südlich der beherrschenden Pyramide des Monte Viso (3841 m), an der der Po entspringt. Hinzu kommt der beim Arc-Gebiet behandelte Grossausbau des Moncenisio-Speichers (106) mit weiteren nunmehr 51,1 Mio m³ italienischem Anteil. Der Lago della Rossa (107), 2716 m ü. M., teils durch Pumpspeicherung zu füllen, ist weiterhin der höchstgelegene Speichersee der ganzen Alpen. Oberhalb und unterhalb von Turin sind im Po selbst die Flusstauern Moncalieri, S. Mauro und als grösste Cimenta mit 23 m Fallhöhe zu erwähnen.

Im östlichen Teil der Grajischen Alpen haben die Stadtwerke Turin innerhalb 40 Jahren das innere Orco-Tal zu einem System von nunmehr sechs Speichern mit 87,2 Mio m³ und sechs Kraftwerken über 1974 m Fallhöhe ausgebaut (268 MW, 706 GWh). Den Nordkamm krönt der Gran Paradiso (4061 m). Zum alten Bestand gehören die aufgestauten Naturseen Lago Agnel (109) und Lago Serrù (110), deren Oberstufenkraftwerk Villa (34 MW) noch erweitert wurde, der Hauptspeicher Ceresole Reale (111) im Orco sowie in der Seitenstufe des linksufrigen Piantonetto die Speicherseen Piantellessio (112) und Valsoera (113), alle im Gneisgebirge. Letzterer ist mit 2412 m ü. M. der höchstgelegene der Gruppe. Die 495 m-Stufe zwischen beiden wurde jüngst durch das Pumpspeicherwerk Telessio von 34 MW ausgebaut. Fig. 62 zeigt den Piantellessio-See in seiner grossartigen Hochgebirgsumrahmung. Als Ergänzung dieser Gruppe ist der Stausee Lago Eugio (144) 1900 m ü. M., 5,0 Mio m³, 9,9 km² Einzugsgebiet, im von Osten ins Wasserschloss der Stufe Rosone beigeleiteten gleichnamigen Wildbach, mit einer wuchtigen Pfeilermauer hinzugekommen (Fig. 63).

Im Herzen der Hochalpen entwässert die Dora Baltea aus der Valle d'Aosta ein Gebiet von 3350 km². 1954 besass es lediglich fünf kleinere Speicherseen mit 34,4 Mio m³, alle bis zum 2. Weltkrieg errichtet. Seitdem hat es mit zwei bedeutenden Stauseen in den inneren Seitentälern Val Grisenza und Valpelline die grössten der italienischen Westalpen erhalten. Im ersteren ist 1957 der Stausee Beauregard (116) 1770 m ü. M. mit 70 Mio m³ vollendet worden. Er erfasst ein Einzugsgebiet von 93,6 km², zum kleinen Teil mittels drei Bacheinleitungen in den linksufrigen Druckstollen. Den Talschluss krönt die Aiguille de la

Grande Sassiére 3747 m. Auf einem Fahrweg rechts des 4 km langen Sees (Fig. 64) gelangt man zu einem Kirchlein, und über die CAI-Hütte Bezzi führt ein Uebergang über den Col du Rocher Blanc (2832 m) ins Isère-Tal unterhalb des Stausees Tignes. Die 132 m hohe schwere Bogenstaumauer steht auf Glimmerschiefer und hat wegen stark unterschiedlicher Felsgüte Probleme bei der Formgebung und Gründung gebracht. Links ist die Verformbarkeit des zum Teil gestörten und mylonitisierten Gesteins zehnmal grösser als am rechten Hang, so dass die Gewölbedicke am linken Kämpfer zur Ermässigung der Felspressung wesentlich stärker bemessen wurde als rechts. Zudem war an diesem Hangfuss eine von Moräne erfüllte grosse Höhlung unter bergmännischen Massnahmen auszuräumen und durch Beton zu füllen. Den Speicher nutzt die 1044 m-Stufe Avise (145 MW, 285 GWh). In der Dora-Baltea folgt an diese anschliessend eine Kette von acht grossen Mitteldruckstufen über 370 m bis unterhalb des Lys-Tales. Die jüngsten sind Sarre und Quart am Kopf der Kette, beide mit grossen Kavernenzentralen (50 und 40 MW).

Bei der Römerstadt Aosta mündet der Buthier, durch dessen rechtes Seitental des Artanavaz die Strasse vom Grossen St. Bernhard-Pass herabzieht. Im Haupttal findet sich unter einem grossartigen Talschluss, mit Dent d'Hérens (4179 m) und Les Jumeaux (3872 m) über leuchtenden Firnen, der jüngste Stausee Place Moulin (117) 1968 m ü. M. mit 105 Mio m³ Nutzraum (Fig. 65). Sein natürliches Einzugsgebiet ist 74 km² gross; beiderseitige Beileitungen aus dem äusseren Tal bringen es auf 137 km² mit 19,7 % Gletscheranteil. Die mächtigste Bogengewichtsmauer Italiens mit 155 m Höhe und 1 510 000 m³ Kubatur staut den 3,3 km langen See, an dessen rechtem Ufer ein Fahrweg zur Alm Prarayer am Aufstieg zum Rifugio Aosta führt. Auch diese schwere Mauer, in kristalline Schiefer eingefügt, ist nach der italienischen Technik mit einer Umfangsfuge über einem Fundamentsockel (pulpino) ausgestattet; eine Besonderheit ist bei 42 m grösster Sohlenbreite eine Längsfuge in Mauermitte unterhalb der Kote 1890 m. Die Auslässe gestatten 300 m³/s unter Vollstau abzuführen, der Ueberlauf leistet sogar 470 m³/s. Entlastungen und Entnahme liegen alle im rechten Hang. Der Speicher speist die Stufen Valpelline und Signayes im Buthier (1363 m Fallhöhe, 162 MW, 500 GWh, davon 370 GWh im Winter) und unterhalb Sarre

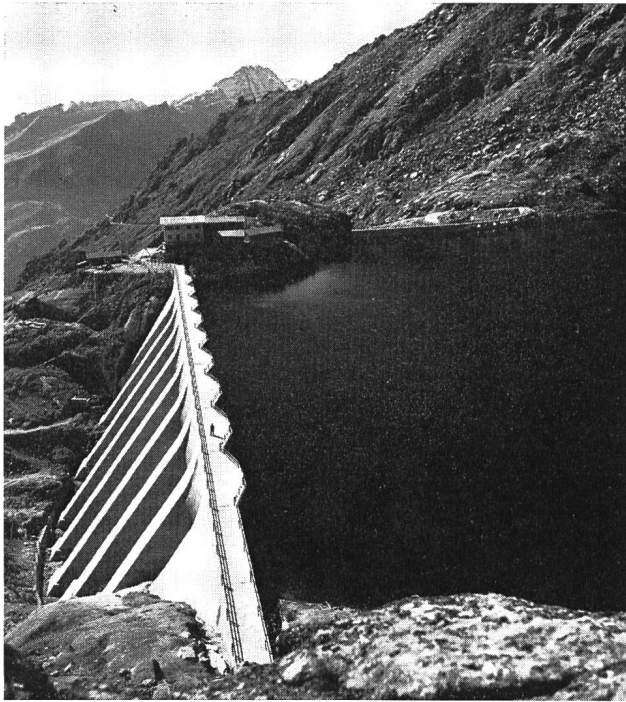


Fig. 63 Stausee Eugio (1900 m) im Orco-Gebiet

Fig. 63 Bassin d'accumulation de l'Eugio (1900 m) dans la région de l'Orco

(Photo Moncalvo/Torino)

le Lago Gabiet (120) et le Lago Vargno (121), plus modeste. Au cours de la dernière décennie, on a aménagé sur le Lis les usines de Sendren et de Zuino exploitant une hauteur de chute de 690 m (33 MW, 148 GWh), et augmenté la puissance de l'aménagement inférieur du Pont St-Martin (500 m de chute). Le lac de Sesslera (122), réservoir hebdomadaire d'une centrale de l'industrie textile, a été aménagé en 1960 sur la Sesia, affluent à fort débit se jetant dans le Pô à l'Est du précédent. Son ouvrage de retenue est un barrage à voûte mince.

Nous arrivons ensuite dans la région du Tessin, à forte densité de réservoirs d'accumulation. Entre les Alpes du Valais et celles du Tessin — du Mont-Rose, par le Col du Simplon, jusqu'au Col de Gries —, les vallées latérales droites du Toce remontent jusqu'à la crête principale des Alpes sur une longueur de 94 km. Les sites de cette région fortement découpée, très humide et riche en dénivellations, étaient déjà largement équipés à la fin de la Seconde guerre mondiale. Les seize bassins d'accumulation réalisés jusqu'alors, ont été complétés en 1949-1953 par le réservoir de Sabbione (123), le plus vaste et le plus haut (2460 m) dont la retenue a été portée à 42 millions de m³ par la résorption du glacier de Hohnsand submergé par la retenue. Depuis lors, ce groupement est resté tel quel avec une capacité de stockage de 176 millions de m³. Ses lacs se répartissent entre la vallée moyenne de Val Formazza (sept lacs pour 99 millions de m³), les vallées du Devero et de la Cairasca (trois lacs pour 42 millions de m³), et l'ensemble en trois paliers du Val di Antrona, comprenant cinq lacs pour 32 millions de m³.⁴⁾ Immédiatement à l'ouest, on retrouve le lac de Mattmark, déjà cité. Neuf de ces lacs sont d'anciens lacs naturels surélevés. On note également plusieurs exemples de barrages construits selon la technique spécifiquement italienne de digues en moellons ran-

gés. Le plus ancien étant le Codelago (130) le plus élevé, celui d'Alpe Cavalli (138). Avec ses 28 centrales hydroélectriques d'une puissance de 590 MW, la région du Toce produit environ 1,7 milliard de kWh.

A l'est du Lac Majeur, à 3 km au sud de la frontière suisse, on exploite depuis 1911 le lac naturel, le Lago Delio (140), surélevé de 8 m, comme réservoir de 4 millions de m³ pour une usine de haute chute. Sa situation à 735 m au-dessus du Lac Majeur pour une distance à vol d'oiseau de 1600 m seulement, dans un massif géologiquement favorable de roche cristalline, présentait des conditions particulièrement avantageuses pour l'aménagement d'une puissante usine de pompage utilisant le Lac Majeur comme bassin inférieur. Alors qu'en 1964 encore, on pensait réaliser le projet d'une usine de 920 MW en conservant tel quel le Lago Delio, l'ENEL a décidé en 1965 de construire une centrale de 1040 MW de puissance installée (970 MW de puissance moyenne) avec un bassin supérieur de 10 millions de m³ permettant de stocker 17 GWh. Il permet à la centrale souterraine de Roncovalgrande (huit groupes de 130/90 MW) un fonctionnement continu en turbine de 17 heures environ, ce qui présente un intérêt particulier pour l'exploitation en cycle hebdomadaire, la réserve de secours en cas d'incident sur le réseau, et offre d'une manière générale une grande souplesse de fonctionnement. Compte tenu de quelques adductions existantes, le bassin versant de ce réservoir n'atteint que 4,8 km² débitant annuellement 5 millions de m³. Si l'on compare ce chiffre avec le volume du cycle annuel de 570 millions de m³, on constate qu'il s'agit d'une usine d'accumulation de pompage pur, actuellement la plus puissante des Alpes, et, après celle de Vianden⁵, la seconde d'Europe. Un abaissement de 22 m au-dessous du niveau naturel du Lago Delio a permis de gagner un volume de 3,3 millions de m³, la surélévation d'une même quantité représente, de son côté, un gain de volume de 6,7 millions de m³. Les anciens petits barrages des extrémités nord et sud ont été remplacés par des barrages-poids implantés sur du gneiss de bonne qualité.

Les bassins d'accumulation de Sambuco (146) et de Palagnedra (147) constituent la première étape de l'équipement de la Valle Maggia dans le Tessin suisse, réalisée de 1950 à 1956. Le bassin de Palagnedra, situé sur la Melezza, rivière à fort débit et aux crues fréquentes, a perdu de sa capacité de retenue par suite d'importants engravements, au point que des dragages s'avèrent nécessaires. La deuxième étape, réalisée au cours des années 1963/70 intéressa la vallée supérieure de la Bavona, dans laquelle on créa un intéressant groupement de cinq bassins en haute-altitude. La pièce maîtresse en est le couple, interconnecté par une galerie de 7,1 km, des bassins du Lago Naret (145) dans la partie supérieure du Val Sambuco, et de Cavagnoli (142), contenant ensemble 59 millions de m³ à l'altitude commune de 2310 m. La galerie de jonction reçoit en outre l'eau du lac naturel surélevé de Sfunda u situé à 2390 m d'altitude et contenant 4 millions de m³. Sa cuvette située au pied du Col de Cristallina et barrée par un haut verrou rocheux, écoulait jusqu'alors son débit par un réseau de crevasses que l'on colmata par un voile d'étanchéité injecté sous pression à partir d'une galerie d'injection forcée sous le verrou rocheux. Pour assurer son remplissage on y dévie le débit de la Valleggia à partir de la vallée de Bedretto supérieure. Bien que cette tranche d'altitude couvre trois vallées, son bassin versant n'atteint que 14,1 km², avec un écoulement annuel de 31 millions de

⁴⁾ Pour des détails complémentaires, se reporter à la publication de 1953 «Bassins d'Accumulation des Alpes», pages 55 à 57 avec trois photos.

⁵⁾ Après achèvement de l'équipement du dernier groupe, portant la puissance de cette installation à 1100/745 MW, avec un bassin supérieur contenant 4,4 GWh seulement.

über 266 m die Dora Baltea-Kette. Das Place Moulin-Bekken liegt so eng benachbart zum Lac des Dix und Lac du Mauvoisin auf der Nordseite des Hauptkamms, dass wir hier in einem Kreis von 25 km Durchmesser die drei bedeutendsten Hochspeicher der Westalpen-Nord- und -Südseite finden, mit 685 Mio m³ auf 490 km² Fläche die weitaus stärkste Energiekonzentration der ganzen Alpen.

Das innere Valtornenza (Valtournanche) birgt die hochalpin gelegenen Stauseen Goillet (118) und Cignana (119). Den ersteren, 2526 m ü. M., zeigt Fig. 66 mit dem Blick auf die Südwand des Matterhorns. In dem vom Liskamm am Monte Rosa ausgehenden Val di Gressoney finden sich der hochgelegene Lago Gabiet (120) und der kleinere Lago Vargno (121). Im letzten Jahrzehnt sind hier noch die Lis-Stufen Sendren und Zuino über 690 m Fallhöhe (33 MW, 148 GWh) ausgebaut und die 500-m-Unterstufe Pont St. Martin erweitert worden. Der östlich folgende Po-Zufluss, die abflussreiche Sesia, hat 1960 den kleinen Stausee Sessera (122) mit einer schlanken Bogenmauer erhalten. Er dient als Wochenspeicher eines Kraftwerks der Textilindustrie.

Wir kommen nun in das mit zahlreichen Speicherseen besetzte Tessin-Gebiet. Zwischen Walliser und Tessiner Alpen, vom Monte Rosa über den Simplon- bis zum Griespass, grenzen die rechten Seitentäler des Toce auf 94 km Länge an den Alpen-Hauptkamm. Das reich gegliederte, abfluss- und gefällreiche Gebiet war bereits bis zum Ende des 2. Weltkriegs kraftwirtschaftlich sehr weitgehend ausgebaut. Die bis dahin entstandenen 16 Speicherseen wurden 1949/53 durch den grössten und höchstgelegenen Stausee Sabbione (123) 2460 m ü. M. ergänzt, dessen Nutzraum durch Schwund des angestauten Hohnsandgletschers auf 42 Mio m³ gewachsen ist. Seitdem ist die Gruppe mit nunmehr 176 Mio m³ Gesamtnutzraum unverändert geblieben. Ihre Seen verteilen sich auf das innere Val Formazza (sieben Seen mit 99 Mio m³), Devero- und Cairasca-Tal (drei Seen mit 42 Mio m³) und die vielgestaltige, dreistufige Gruppe (fünf Seen mit 32 Mio m³) im Val di Antrona.⁴⁾ Westlich benachbart liegt der Mattmarksee. In neun Fällen sind Naturseen aufgestaut worden. Hier finden sich auch viele Beispiele der in Italien entwickelten Bauweise der Steinsatzdämme, der älteste am Codelago (130), der höchste auf der Alpe Cavalli (138). Aus 28 Kraftwerken mit 590 MW erbringt das Toce-Gebiet rd. 1,7 Mrd. kWh.

Auf der Ostseite des Lago Maggiore, 3 km südlich der Schweizer Grenze wurde der um 8 m aufgestaute natürliche Lago Delio (140) schon seit 1911 als 4 Mio m³-Speichersee einer kleinen Hochdruckstufe genutzt. Seine Lage 735 m über dem Langensee bei nur 1600 m Horizontalentfernung und guten geologischen Verhältnissen im kristallinen Gebirge boten besonders günstige Voraussetzungen für ein grosses Pumpspeicherwerk mit dem Langensee als Unterbecken. Nachdem noch 1964 eine Anlage unter Beibehaltung des bestehenden Lago Delio mit 920 MW geplant war, hat sich die ENEL 1965 entschlossen, für einen Ausbau von 1040 MW installierter und 970 MW mittlerer Werkleistung ein Oberbecken von 10 Mio m³ Nutzraum mit 17 GWh Energieinhalt zu schaffen. Es verleiht dem Werk Roncovalgrande (Kaverne mit acht Maschinensätzen je 130/90 MW) eine Benutzungsdauer bei einmaliger Abarbeitung von rund 17 Stunden und damit einen besonderen Wert durch Wochenspeicherung, erhöhte Störungsreserve und grosse Anpassungsfähigkeit an alle Möglichkeiten. Das Einzugsgebiet

des Sees, bereits durch kleine bestehende Beileitungen erweitert, hat nur 4,8 km² mit 5 Mio m³ Zufluss. Bei etwa 570 Mio m³ gepumptem Jahresbetriebswasser handelt es sich praktisch um ein reines Pumpspeicherwerk, z. Zt. das grösste des Alpenraums und nächst Vianden⁵⁾ das zweitgrösste Europas. Vom Nutzraum des erhöhten Lago Delio werden

⁵⁾ nach der im Bau stehenden Leistungserhöhung 1100/745 MW bei 4,4 GWh Arbeitsvermögen des Oberbeckens



Fig. 64 Stausee Beauregard (1770 m) im Tal der Dora di Valgrisenza
Fig. 64 Bassin d'accumulation de Beauregard (1770 m) dans le Valgrisanche

(Photo ENEL/Compartimento di Torino)

Fig. 65 Stausee Place Moulin (1968 m) im Buthier, Valpelline

Fig. 65 Bassin d'accumulation de Place Moulin (1968 m) sur le Buthier, Valpelline

(Photo ENEL/Compartimento di Torino)



⁴⁾ nähere Beschreibung s. Speicherseen 1953, S. 55/57 mit drei Abbildungen

m³ si bien qu'une bonne moitié de volume de retenue doit être refoulée par pompage à partir de la cote 1940 m. C'est à cette altitude que se situent deux bassins communicants relativement petits, Robiei (143) et Zöt (144), d'une capacité totale de 7,7 millions de m³, faisant fonction de bassins de compensation jumelés. En aval du bassin de Robiei, comme nous l'avons indiqué plus haut, on collecte le débit de la vallée supérieure de l'Aegina (Bassin d'accumulation de Gries) ainsi que celui de captages dans la vallée supérieure de Bedretto, ce qui permet de recueillir les apports d'un nouveau bassin de 55,7 km². Au Lac Naret, nettement le plus étendu, deux ouvrages relativement longs — le plus grand étant un barrage-voûte de 80 m de haut — barrant les deux branches d'une vallée, séparées par un éperon rocheux, c'est là un nouvel exemple de structure glaciaire de ce type. Par contre, le bassin de Cavagnoli possède un défilé encaissé creusé dans un paragneiss de bonne qualité, dans lequel est ancré un barrage en voûte mince de 105 m de haut (photo fig. 67). Dans le fond de la vallée, il existait jusqu'à une profondeur atteignant 50 m, un chenal creusé par l'érosion mais comblé par des alluvions. Pour ne pas retarder la progression des travaux, on le consolida par une voûte, puis, pendant le bétonnage de la base du barrage, on l'excava pour l'obturer par un tampon bétonné. Le bassin de l'Alpe de Robiei est mis en retenue par un barrage-poids de 356 m de long, fondé sur du schiste lustré et comportant des évidements aux joints entre plots;

c'est là un procédé de construction suisse dont les applications les plus marquantes sont les barrages de Rättschboden, d'Oberaar et d'Albigna.

L'aménagement supérieur de Robiei, exploitant une hauteur de chute de 370 m, n'a pas seulement été conçu comme simple usine de lac à réservoir saisonnier, mais aussi comme usine de transfert d'énergie par pompage, puisque cette centrale est équipée de cinq turbines-pompes totalisant 170 MW, réalisation que l'on rencontre pour la première fois en Suisse, à cette échelle. La dimension des deux réservoirs, associée à la faible longueur de la conduite forcée (1,5 km) présentaient en effet des conditions idéales pour un tel aménagement. Avec une hauteur de chute de 890 m, l'usine principale de Bavona a une puissance installée de 140 MW. Le canal de fuite de cette usine débouche dans un collecteur alimentant, à Peccia, les usines de Cavergho et de Verbano appartenant à la première tranche d'équipement de la Maggia. La productibilité totale est augmentée de 330 GWh, d'énergie d'hiver, alors que la production d'été est revalorisée par le jeu du transfert d'heures creuses à heures pleines. La hauteur de chute, comptée entre le niveau de retenue du réservoir supérieur et celui du Lac Majeur, atteint 2317 m; c'est là la plus haute dénivellation de Suisse entièrement équipée d'une chaîne d'usines de lac où chaque m³ d'eau produit 4,5 kWh. Les modes d'accès aux chantiers de haute-altitude méritent d'être signalés: le point de départ Bavona, situé à 1050 m d'altitude

Fig. 66 Lago Goillet (2526 m) oberhalb Cervinia/Valtornenza, dominiert von der Matterhorn-Südwand (4478 m)

Fig. 66 Bassin d'accumulation de Goillet (2526 m) au-dessus de Cervinia/Valtournanche, dominé par la paroi sud du Cervin (4478 m)

(Photo ENEL/Compartimento di Torino)

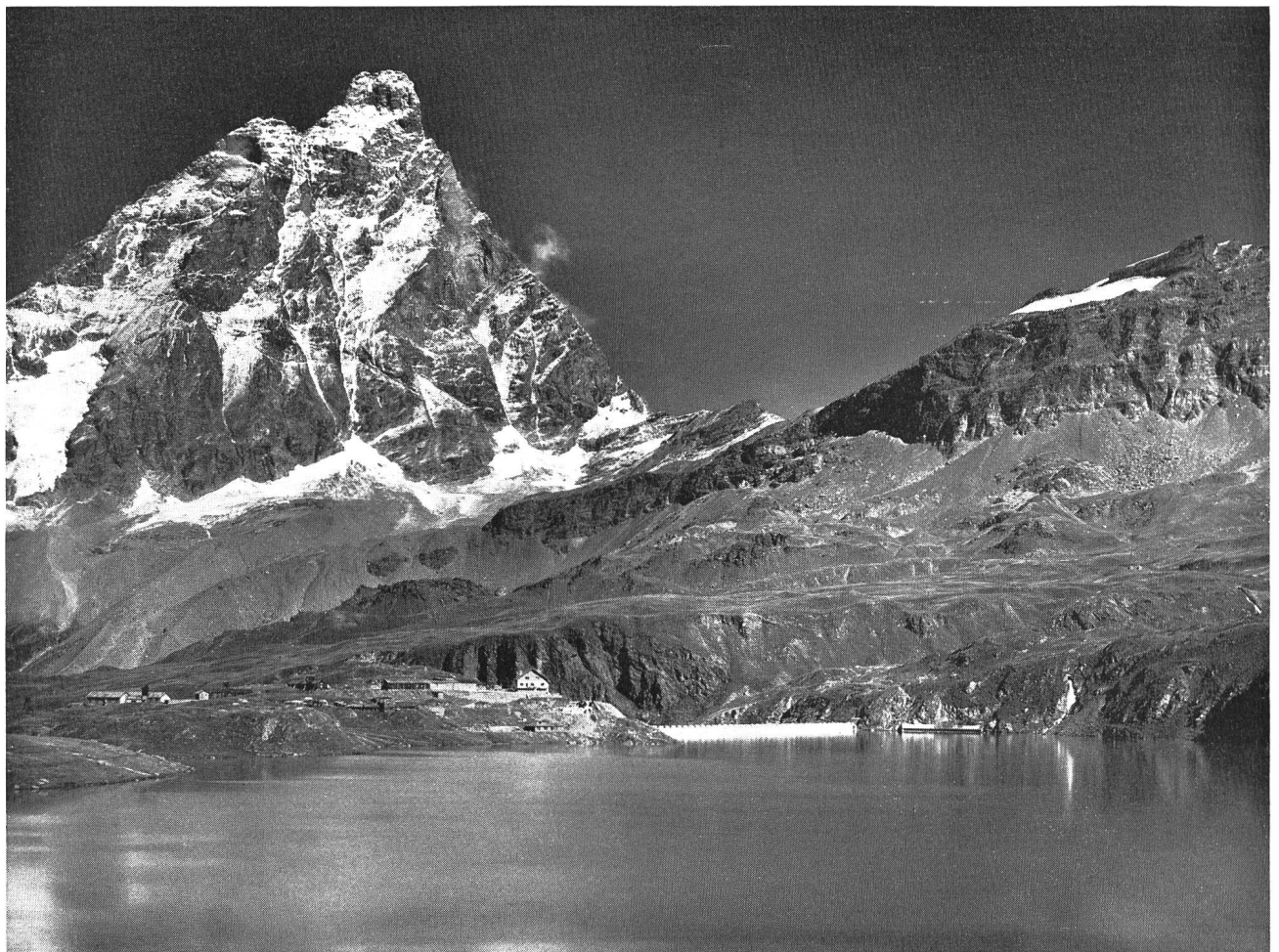


Fig. 67

Stausee Cavagnoli (2310 m)
im obersten Val Bavona; im Hinter-
grund der Cavagnoligletscher
mit Marchhorn (2962 m)

La retenue de Cavagnoli (2310 m)
dans la vallée supérieure de
Bavona; au fond le glacier des
Cavagnoli et le P. del Termine
(2962 m)

(Photo Officine Idroelettriche
della Maggia SA/Locarno)



3,3 Mio m³ durch Absenkung um 22 m unter den natürlichen Spiegel und 6,7 Mio m³ durch ebensoviel Aufstau gewonnen. Die alten kleineren Sperrmauern am Nord- und Süden- de sind durch neue Gewichtsmauern auf gutem Gneis ersetzt.

Im schweizerischen Tessin-Gebiet hat die Valle Maggia im ersten Ausbau 1950/56 die Speicherseen S a m - b u c o (146) und P a l a g n e d r a (147) erhalten. Letzterer in der sehr abfluss- und hochwasserreichen Melezza hat durch starke Geschiebeablagerungen an Nutzraum einge- b ü s s t, so dass bereits Baggerungen notwendig wurden. Der Weiterausbau in den Jahren 1963/70 erstreckte sich auf das obere Bavonatal, in dem eine interessante Gruppe von fünf Hochseen entstanden ist. Das Kernstück sind die durch einen 7,1 km langen Stollen kommunizierend verbundenen Becken L a g o N a r e t (145) in dem oberen Val Sambuco und C a v a g n o l i (142) mit dem gemeinsamen Stauziel 2310 m ü. M. und 59 Mio m³ Nutzraum. In den Verbindungs- stollen eingeleitet ist der Anstich des aufgestauten natürli- chen L a g o S f u n d a u, 2390 m ü. M., mit weiteren 4 Mio m³. Seine Wanne unter dem Cristallina-Pass hinter ei- nem hohen Felsriegel entwässerte bisher bei 2364 m mittlere- rem Seespiegel durch Klüfte, die von einem Injektionsstol- len unter dem Felsriegel durch einen Einpressschleier abge- dichtet wurden. Zur Füllung ist aus dem obersten Bedretto- tal die Valleggia übergeleitet. Dieser obere Horizont, obwohl er drei Tälern angehört, umfasst nur 14,1 km² mit 31 Mio m³ Jahreszufluss, so dass gut die Hälfte des Speicherwassers aus einem unteren Horizont auf 1940 m ü. M. hochgepumpt werden muss. Hier sind zwei kleinere Becken kommunizie- rend verbunden, R o b i e i (143) und Z ö t (144) mit zu- sammen 7,7 Mio m³ Nutzraum als Zwilling-Ausgleichbe- ken. Nach Robiei wird, wie früher erwähnt, der Abfluss aus dem oberen Aeginental (Speicher Gries) sowie aus Fassun- gen im oberen Bedretto- tal übergeleitet, so dass hier weitere 55,7 km² zusammengefasst sind. Am Lago Naret, dem an Fläche weitaus grössten See der Gruppe, schliessen zwei verhältnismässig lange Mauern, die grössere als 80 m hohe Bogensperre, zwei Talfur- chen beiderseits eines kräftigen Felsbuckels ab, ein neuerliches Beispiel solcher glazialen Formen (vgl. Campo Moro). Das Becken Cavagnoli besitzt

dagegen eine schluchtartige Sperrstelle in gutem Paragneis, in die sich eine 105 m hohe schlanke Bogenmauer fügt (Fig. 67). In der Talsohle fand sich eine noch 50 m tiefer reichen- de mit Alluvionen gefüllte Erosionsrinne. Um den Baufort- schritt nicht aufzuhalten, ist sie überwölbt und dann zu- gleich mit dem Mauerbau ausgeräumt und durch einen Fundamentpfropfen geschlossen worden. Das Becken in der breiten Alp Robiei wird auf Bündnerschiefer durch eine 356 m lange Gewichtsmauer mit Hohlräumen an den Block- fugen aufgestaut, eine Schweizer Bauweise, deren bedeu- tendste Vertreter die Mauern Rätherichsboden, Oberaar und Albigna sind.

Das Oberstufenkraftwerk Robiei mit 370 m Fallhöhe ist über die Bedürfnisse der Speicherfüllung hinaus als grosses Pumpspeicherwerk mit 170 MW in fünf Pumpenturbiniensätzen ausgebaut, in diesem Mass erstmals in der Schweiz. Dafür boten die grossen Becken im Ober- und Unterwasser und nur 1,5 km Länge der Triebwasserleitung günstige Voraus- setzungen. Die Hauptstufe Bavona mit 890 m Fallhöhe hat 140 MW Leistung. Aus ihr geht das Wasser durch den Bei- leitungsstollen nach Peccia in die Stufen Caveragno und Verbano des 1. Maggiaausbaues über. Das Gesamtdargebot wird um 330 GWh ausschliesslich hochwertiger Winterenergie vermehrt bei gleichzeitiger Steigerung der Qualität des Sommerstromes. Die Fallhöhe zwischen dem Stauziel der Oberstufe und dem Langensee beträgt 2312 m, es handelt sich hier um das höchste, durch eine vollständige Kette von Speicherwerken mit hoher Leistung ausgebaute Nutzungs- gefälle der Schweiz, in dem 1 m³ Wasser 4,5 kWh liefert. Bemerkenswert ist die Erschliessung der hochgelegenen Baustellen. Der Ausgangsort Bavona 1050 m ü. M. ist winter- sicher auch durch einen Zufahrtstunnel ab Peccia erreich- bar, von dort wurde die Höhenregion bis Robiei nur durch zwei permanente Seilbahnen von 1,5 und 20 t Tragkraft be- dient, der oberste Bereich Cavagnoli sowohl durch eine Strasse wie eine 10 t-Seilbahn ab Robiei.

Schliesslich ist auf die ausserordentliche Konzentration von Speicherseen in diesem Gebiet der Alpen hinzuweisen. Ein Kreis von 25 km Durchmesser umfasst 14 Seen, neben den sechs der oberen Maggia noch sieben im oberen Toce-

est accessible en toutes saisons à partir de Peccia par un tunnel routier; à partir de là on accède aux chantiers supérieurs de Robiei uniquement par deux téléphériques définitifs d'une force respective de 1,5 t et 20 t; le site le plus élevé, celui de Cavagnoli, est accessible par la route, mais également par un téléphérique de 10 t à partir de Robiei.

Il convient également de mentionner l'extraordinaire concentration des bassins d'accumulation dans cette région des Alpes. Un cercle de 25 km de diamètre engloberait quatorze lacs; en plus des six de la Maggia supérieure, les sept de la région du Toce supérieur, plus le bassin de Gries, soit en tout 250 millions de m³. On trouve ensuite, par ordre d'importance pour une même surface, le groupement de la région de l'Adamello dans les Alpes orientales avec onze lacs et 188 millions de m³, puis le groupe de l'Aar comprenant Göschenalp et Lucendro avec neuf lacs et 308 millions de m³.

Situé entre la vallée de la Maggia et la vallée inférieure du Tessin (Riviera), le Val Verzasca est caractérisé par un fort débit et un régime très irrégulier. Non loin de son confluent, il a été équipé d'un important bassin d'accumulation et de régularisation, celui de Vogorno (148) à 470 m d'altitude, d'une capacité de retenue utile de 86 millions de m³ pour un bassin versant de 233 km² (photo fig. 68). Sa capacité totale est de 105 millions de m³, et, par abaissement exceptionnel de 20 m en-dessous de sa cote de retenue minimale, il est possible d'y prélever 8 millions de m³ supplémentaires. Une gorge profonde située dans un massif de gneiss de bonne qualité, parfaitement symétrique sur le plan morphologique et géologique, représentait le site idéal pour un barrage en voûte mince, à arcs elliptiques d'épaisseur constante, qui, avec 220 m de hauteur, est le second de

Suisse, après celui de Mauvoisin. A proximité de chaque culée de rive, on a aménagé un déversoir de crue en six pertuis, dont les coursiers sont profilés en sauts de ski échelonnés, capables d'évacuer un débit de crue de 1000 m³/s dans l'axe de la vallée. Un peu en aval du barrage on trouve la centrale souterraine (105 MW, 234 GWh), au niveau du Lac Majeur, dans lequel elle débite par une galerie de restitution longue de 1,8 km seulement. La centrale n'est accessible que par un puits d'ascenseur de 200 m de profondeur. Le bâtiment d'accès, regroupant les cellules des transformateurs, les locaux annexes et la salle de commande en encorbellement, constitue par son site et son architecture harmonieuse un ensemble remarquable. Sur sa rive gauche le lac est bordé sur près de 6 km par une nouvelle route d'accès à la vallée.

Dans les vallées latérales de la Leventina (Tessin), cinq bassins d'accumulation énumérés au recensement de 1953, subsistent sans modification; ce sont des lacs naturels aménagés d'un volume utile total de 68,5 millions de m³: le Lago Sella (149), les Lago Cadagno et Ritom (150/151) à gauche, ainsi que ceux de Tremorgio (152) et de Chironico (153) à droite. Il faut y ajouter le Lago di Lucendro (16), 25 millions de m³, situé sur le versant nord du Gotthard, et dont les eaux sont dérivées vers Airolo. Les débits de l'Unteralpsee supérieure et de la vallée du Cadlimo (Medelserrhein) sont, de leur côté, dérivés vers le lac de Ritom si bien que les apports d'environ 47 km² appartenant au bassin du Rhin sont affectés aux aménagements du versant sud des Alpes bénéficiant de dénivellations plus importantes. La centrale vétuste de Biaschina, sur le Tessin, a été remplacée en 1967 par un nouvel aménagement exploitant une hauteur de chute supérieure de 25 m, équipé d'une puissance triple, et comprenant un bassin de 0,4 millions de m³ dans le Val d'Ambra. Celui-ci collecte les apports d'un bassin agrandi de 80 km² par des adductions secondaires débouchant dans la galerie rive droite. Le gain de puissance atteint 60 GWh, celui de la productibilité 140 GWh. La centrale elle-même présente une architecture originale à base d'arcs de parabole.

L'équipement du Val Blenio, drainé par le Brenno, a été longtemps freiné par les débats portant sur l'opportunité d'une dérivation de la Greina et sur le problème corrélatif d'un soutirage dans le bassin du Rhin au profit du versant sud.⁶⁾ Ce projet a été finalement réalisé entre 1956 et 1963, mais avec les seuls apports de son bassin versant propre de 275 km². La pièce maîtresse en est le grand lac de retenue de Luzzzone (154) à 1591 m d'altitude, d'une capacité de 87 millions de m³ et qui s'étend sur 3 km dans la vallée du même nom (photo fig. 69). Un réseau étendu d'adductions, s'étendant jusqu'au Brenno à l'ouest, et au glacier de Bresciana dans le massif d'Adula (Rheinwaldhorn 3402 m) au sud, porte la superficie de son bassin versant de 36,5 km² à 107 km², si bien que le remplissage est assuré par les écoulements naturels, même en année sèche. Les deux collecteurs principaux débouchent à la cote 1697 m. La hauteur de chute jusqu'au niveau de retenue, est exploitée par la centrale de Luzzzone. L'imposant barrage voûte d'une hauteur de 208 m constitué de 1,3 millions de m³ de béton, est fondé sur des schistes lustrés. Sur le versant gauche, la qualité médiocre de la roche a nécessité le renforcement de la culée. La crête du barrage est accessible sur le versant droit, par une nouvelle route partant de Campo. En aval rive gauche de l'usine de lac d'Oli-

Fig. 68 Stausee Vogorno (470 m) im Verzascatal

Fig. 68 La retenue de Vogorno (470 m) dans la Vallée de Verzasca
(Photo V. Vicari/Lugano)



⁶⁾ cf. Bassins d'Accumulation des Alpes, Edition 1953, pages 58/59.

Fig. 69

Stausee Luzzone (1591 m) im oberen Bleniotal; rechts, im Grenzkamm gegen den Valserrhein, Piz Terri (3151 m)

Bassin d'accumulation de Luzzone (1591 m) dans la vallée supérieure de Blenio; sur la crête vers le Rhin de Vals le P. Terri (3151 m)

(Photo OFIMA/Locarno)



Gebiet und das Becken Gries mit zusammen 250 Mio m³. Die nächststärksten Gruppen auf gleicher Fläche sind das Adamello-Gebiet in den Ostalpen mit 11 Seen (188 Mio m³) und die Aaregruppe mit Göscheneralp und Lucendro, 9 Seen mit 308 Mio m³.

Das zwischen dem Maggia- und unteren Tessintal (Riviera) gelegene Val Verzasca weist hohen Abfluss und ein sehr unregelmässiges Regime auf. Nahe ihrer Mündung ist die Verzasca nun durch einen bedeutenden Speichersee reguliert, V o g o r n o (148) 470 m ü. M. mit 86 Mio m³ Nutzraum bei 233 km² Einzugsgebiet (Fig. 68). Der Gesamtstauraum ist 105 Mio m³, und bei 20 m tieferer Absenkung können ausnahmsweise weitere 8 Mio m³ Zuschuss gegeben werden. Eine tiefe Schlucht in gutem Gneisgebirge, morphologisch wie geologisch symmetrisch, bot günstige Voraussetzungen für die 220 m hohe schlanke Bogenmauer Contra mit elliptischen Bögen konstanter Dicke, nächst Mauvoisin die zweithöchste Bogenstaumauer der Schweiz. An beiden Hanganschlüssen sind sechsfeldrige Hochwasserüberläufe angeordnet, die gestaffelt sprungschanzenförmig enden und 1000 m³/s Hochwasser in die Schluchtmittle hinauswerfen können. Wenig unterhalb der Mauer liegt das Talsperrenkraftwerk (105 MW, 234 GWh) als Kaverne tief im Fels auf der Höhe des Langensees, zu dem ein nur 1,8 km langer Unterwasserstollen hinausführt. Es ist lediglich durch einen 200 m tiefen Aufzugsschacht zugänglich. Das oberirdische Eingangsbauwerk mit den Trafoplatzen, Nebenräumen und kanzelartig vorgebauter Warte ist durch seine Lage und wirkungsvolle Architektur ein bemerkenswerter Teil des Gesamtwerks. Entlang des fast 6 km langen Sees führt linksufrig eine neue Strasse taleinwärts.

In den Seitentälern der Leventina (Tessin) finden sich aus dem alten Bestand unverändert fünf Speicherseen mit 68,5 Mio m³ Nutzraum, die ausgebauten Naturseen Lago Sella (149), Cadagno und Ritom (150/151) links, sowie Tremorgio (152) und Chironico (153) rechts. Zu ihnen ist noch der nach Airolo abgearbeitete Lago di Lucendro (16) auf der Nordseite des Gott-hards mit 25 Mio m³ zu rechnen. Auch die Abflüsse der oberen Unteralpreuss und des Cadlimotales (Medelserrhein) sind zum Ritomsee übergeleitet, so dass insgesamt rund 47 km² Einzugsgebiet des Rheins den grösseren Fallhöhen der Alpensüdseite zugewiesen sind. Die alte Tessinstufe Biaschina ist 1967 durch einen Neubau mit 25 m grösserer

Fallhöhe, 80 km² grösserem Einzugsgebiet durch Einleitung von Seitenbächen in den rechtsufrigen Stollen, verdreifachter Leistung, dem Spitzenbecken Val d'Ambra (0,4 Mio m³) und einem originellen Krafthaus mit Parabelbögen ersetzt worden (Zuwachs 60 MW, 140 GWh).

Der Ausbau des vom Brenno durchflossenen Val Blenio war lange Zeit durch die Diskussionen um die Einbeziehung der Greina und die damit verbundenen Probleme einer Wasserableitung aus dem Rheingebiet nach Süden verzögert worden.⁴⁾ 1956/63 ist er unter Beschränkung auf das eigene Einzugsgebiet aus 275 km² verwirklicht worden. Sein Kernstück ist der grosse Stausee L u z z o n e (154) 1591 m ü. M. mit 87 Mio m³, der sich auf 3 km Länge im gleichnamigen Tal erstreckt (Fig. 69). Ausgedehnte Beileitungen, bis zum Lukmanierbrenno im Westen und Brescianagletscher im Adulamassiv (Rheinwaldhorn, 3402 m) im Süden, bringen sein 36,5 km² grosses Einzugsgebiet auf 107 km², so dass auch in trockenen Jahren eine Füllung aus natürlichen Zuflüssen gesichert ist. Beide Zubringer münden auf 1697 m ü. M.; die Fallhöhe bis zum jeweiligen Beckenspiegel nutzt das Kraftwerk Luzzone. Die 208 m hohe mächtige Bogenmauer mit 1,3 Mio m³ Betonmasse steht auf Bündnerschiefer. Am linken Hang haben ungünstige Felsverhältnisse einen verstärkten Mauerflügel erfordert. Eine neue Zufahrtstrasse ab Campo erreicht die Mauerkrone auf der rechten Talseite. Unterhalb der Speicherstufe Olivone mit 573 m Fallhöhe führt in der linken Talflanke ein 14,9 km langer Freilaufstollen zum Ausgleichbecken M a l v a g l i a (155), von diesem ein 10,5 km langer Druckstollen zum Hauptkraftwerk Biasca mit 711 m Fallhöhe am Tessin. Der 4,1 Mio m³ fassende 2 km lange Stausee im Orino besitzt eine elegante 92 m hohe Bogenmauer im Gneis. Die drei Blenio-kraftwerke mit 391 MW erbringen 932 GWh, wovon 48 % im Winter.

Im Misoxer Tal, das durch den neuen Strassentunnel unter dem S. Bernardino-Pass eine verstärkte Verkehrsbedeutung erhalten hat, greift der Kanton Graubünden weit nach Süden. Der Wasserkraftausbau seines oberen Gebietes bis Soazza hat nur den kleinen Speicher I s o l a (156) 1604 m ü. M. gebracht. Der 2,8 km lange Moësa-Stausee (Fig. 70), liegt mit seiner Sperrstelle rund 4 km unterhalb des Dorfes

⁴⁾ vergl. Speicherseen 1953, S. 58/59

vone exploitant une hauteur de chute de 573 m, une galerie à écoulement libre longue de 14,9 km, conduit au bassin de compensation de *Malvaglia* (155) lequel alimente par une galerie en charge de 10,5 km la centrale principale de Biasca sur le Tessin (711 m de hauteur de chute). Le lac de Malvaglia sur l'Orino est long de 2 km et contient 4,1 millions de m³; il est mis en retenue par un barrage-voûte ancré sur le gneiss. Les trois centrales du Val Blenio produisent avec une puissance installée de 391 MW, 932 GWh dont 48 % en hiver.

Par l'intermédiaire de la vallée de Misox qui, grâce au nouveau tunnel routier percé sous le col du St-Bernhardin, connaît une recrudescence de trafic routier, le Canton des Grisons pousse une pointe vers le sud. Seul le petit bassin d'accumulation d'*Isola* (156) à 1604 m d'altitude, équipe la région supérieure jusqu'à Soazza. Ce lac de retenue sur la Moësa (photo fig. 70), long de 2,8 km se situe à environ 4 km en aval du village de San Bernardino, entièrement dans le massif cristallin de l'Adula. La centrale de Isola (410 m de hauteur de chute) qui en dépend est également alimentée par une adduction complémentaire provenant de la vallée voisine de la Calancasca et fournissant 60 millions de m³. Partant du petit bassin de compensation de Corina, une galerie en charge aboutit à l'usine souterraine de Soazza (708 m de hauteur de chute). Ce groupement d'usines totalise une puissance de 104 MW et produit 476 GWh, dont un quart seulement durant le semestre d'hiver.

C'est ici que nous terminons notre périple. Le tableau D donne encore des renseignements sur les centrales situées en aval ainsi que sur les propriétaires des bassins d'accumulation des Alpes occidentales.

4.4 BASSINS D'ACCUMULATION PROJETES DANS LES ALPES OCCIDENTALES

Au début de cet article (§ 1 et 2.2) nous avons déjà tracé les grandes lignes de l'équipement futur de bassins d'accumulation en fonction du développement du marché de l'énergie; dans cette optique, nous donnons quelques indications sur les principaux gisements ayant quelque chance d'être équipés dans les Alpes occidentales, en précisant que même les projets les plus récents sont encore susceptibles d'être retouchés (accroissement du volume utile, de la puissance installée, extension en usine de pompage). Nous évoquerons également le problème — particulièrement aigu en Suisse — de la disponibilité de réserve de puissance pour l'interconnexion, qui gagne de l'importance avec l'accroissement de la taille des grosses unités nucléaires: les puissantes usines de lac demeurent, jusqu'à ce jour, la meilleure solution à ce problème! Pour cette prospection, nous allons, comme précédemment, partir du nord, à la limite entre les Alpes de l'Est et de l'Ouest.

Dans le bassin du Rhin, il existe au moins huit sites favorables à l'aménagement de réservoirs d'énergie. Nous citerons en premier lieu ceux bénéficiant potentiellement d'une importante chaîne d'usines avalantes. Le site le plus haut du Rhin antérieur, celui de la *Greina*, présente un intérêt particulier, car il était déjà fortement discuté vers 1950: il concerne un large haut-plateau de pente faible situé au pied du col séparant les vallées de Somvix et de Blenio et barré côté nord par un verrou de gneiss granitique se prêtant bien à l'implantation d'un barrage donc à l'aménagement d'un très important réservoir. Le projet initial prévoyait une retenue de 106 millions de m³ à 2280 m

d'altitude; le volume a été ramené aujourd'hui à 63 millions de m³, en considérant les possibilités de collecte — à cette altitude — d'adductions secondaires, provenant notamment du Medelserrhein. L'exploitation des eaux est prévue, sous 983 m de chute, dans une usine restituant dans le réservoir de *Runcabez* (0,43 millions de m³) alimentant lui-même l'usine de Tavanasa (482 m de chute). Le versant sud des Alpes distant de 4 km seulement, offre une excellente possibilité de transfert par pompage à partir du bassin de Luzzzone, dont les adductions en altitude présentent encore des excédents d'été. On pourrait concevoir ici à l'avenir un aménagement de grande envergure, réalisable en plusieurs étapes et comparable à celui du Mont-Cenis, avec une exploitation répartie sur les deux versants.

Le réservoir de *Panix* prévu dans une vallée latérale en rive gauche, doit contenir 15 millions de m³ à 1465 m d'altitude et alimenter une usine exploitant une chute de 770 m aboutissant à Ilanz. Ce bassin pourrait collecter les apports d'une importante région grâce à des adductions bilatérales. L'usine correspondante doit être construite en même temps que le maillon manquant sur le Rhin antérieur à l'aval de Tavanasa, dans l'optique d'une revalorisation d'énergie par pompage. L'*Alpe de Lampertsch*, dans la vallée supérieure du Valserrhein (Vallée de Lenta), se prêterait fort bien à l'aménagement d'un réservoir de 30 millions de m³ à 2050 m d'altitude. Ce site avait tout d'abord été retenu comme palier supérieur de l'aménagement de Zervreila; un projet ultérieur le désigne comme bassin supérieur pour l'équipement de la vallée de Lugnez, dans laquelle il est encore possible d'aménager le lac de *Silgin* retenant 35 millions de m³ à 1210 m d'altitude. Le bassin de Lampertsch n'est distant, lui aussi, que de 5 km du lac de Luzzzone, ce qui offrirait une nouvelle possibilité — moins intéressante toutefois que celle de la Greina — d'implantation d'une usine de transfert d'énergie par pompage.

L'*Alpe Curciosa*, sur le ruisseau d'Areua, affluent du Rhin postérieur près de Nufenen, représente un site favorable pour un bassin d'accumulation: une étude déjà ancienne prévoit à cet endroit, à 2164 m d'altitude, un réservoir de 23 millions de m³ utilisable comme bassin supérieur de l'usine de Pian S. Giacomo bénéficiant de 965 m de chute jusqu'au bassin de compensation de Corina à l'aval duquel on trouve l'usine de Soazza (708 m). Avec l'appoint d'une adduction provenant du Val Balniscio, son remplissage peut être assuré par les seuls écoulements naturels. La dérivation de l'eau du bassin rhénan vers le Sud des Alpes qu'entraînerait cet aménagement pourrait être compensée, volume pour volume, par un soutirage dans la vallée de la Moësa vers le ruisseau d'Areua, en dessous du barrage de Curciosa.

Malgré son équipement déjà très poussé, le Valais offre encore quelques sites de moyenne importance susceptibles d'être aménagés. La cuvette de *Gletsch*, où, au 19^{ème} siècle encore, se terminait le glacier du Rhône, se prête à l'aménagement d'un réservoir de 46 millions de m³ à 1830 m d'altitude, qui est inscrit au plan d'équipement du Valais Supérieur. Il viendrait également renforcer l'usine de Bitsch, qui, jusqu'à présent n'est alimentée que par la Massa. Dans une vallée latérale gauche du Haut-Valais on projette la création du lac de *Kumme*, d'un volume de 25 millions de m³ à 2120 m d'altitude. Des travaux préparatoires sont actuellement en cours, et l'on peut entrevoir une réalisation prochaine de ce programme. Le projet d'aménagement d'un bassin plus modeste dans la vallée de la Lonza (Lötschentäl), celui de *Ferden* (1,7 million de m³, cote 1311 m) a atteint le même degré de maturité.

Fig. 70

Stausee Isola (1604 m) unterhalb
des Höhenkurorts San Bernardino
im Misox

Bassin d'accumulation de Isola
(1604 m) près de la station
climatique de San Bernardino/
Mesocco

(Photo Elektro-Watt/Zürich)



San Bernardino, ganz im Kristallin der Adula-Decke. Dem zugehörigen Kraftwerk Isola (410 m Fallhöhe) werden in einer zweiten Stufe rund 60 Mio m³ Wasser aus dem Nachbarthal der Calancasca zugeleitet. Vom kleinen Ausgleichbecken Corina geht der Druckstollen zum Kavernenkraftwerk Soazza mit 708 m Fallhöhe. Die Gruppe mit 104 MW erbringt 476 GWh, davon allerdings nur ein Viertel im Winterhalbjahr.

Damit ist der Rundgang geschlossen. Tabelle D unterrichtet noch über die Unterliegerkraftwerke und die Eigentümer der Westalpenspeicher.

4.4 GEPLANTE SPEICHERSEEN IN DEN WESTALPEN

Unter Hinweis auf die in den Abschnitten 1 und 2.2 bereits skizzierte, für den Ausbau künftiger Speicher sich entwickelnde Situation folgen auch für die Westalpen einige Angaben über die wichtigsten noch aussichtsreichen Möglichkeiten. Auch jüngere Projekte werden künftig noch manche Abwandlungen erfahren (Stauraumgrösse, Leistungserhöhung, Erweiterung zum gemischten Pumpspeicherwerk). Erwähnt sei hier noch das — besonders für die Schweiz wichtige — Problem der Bereitstellung von Reserveleistung in der Verbundwirtschaft, das mit dem Wachsen der Einzelleistung grosser Kernkraftwerksblöcke an Bedeutung gewinnt; für diese bleiben hochausgelegte Grossspeicherwerke unübertroffen. Wir beginnen einen Rundgang wie vorher wieder im Norden an der Grenze zwischen Ost- und Westalpen.

Im Rheingebiet finden sich noch mindestens acht gute Speichermöglichkeiten. Genannt seien hier in erster Linie die durch das Bestehen hoher ausgebauter Unterliegerstufen begünstigten. Die oberste im Vorderrheingebiet ist gleich eine besonders interessante, die in den vierziger Jahren viel diskutierte *Greina*. Dieses unter dem Pass zwischen Somvix- und Blenio-Tal gelegene, breite, schwach geneigte

Hochtal, dessen nördlicher Riegel aus Granitgneis eine günstige Sperrstelle bietet, kann ein sehr grosses Becken aufnehmen. Früher war es mit Stauziel 2280 m ü. M. für 106 Mio m³ geplant, zuletzt mit 63 Mio m³ bei Beschränkung auf die in dieser Höhe erreichbaren Beileitungen, vornehmlich vom Medelserrhein, und Abarbeitung über eine 983 m-Stufe zum grossen Spitzenbecken *Runcachez* (0,43 Mio m³) der Stufe Tavanasa mit ihren weiteren 482 m. Die Südseite bietet bei nur 4 km Entfernung eine gute Pumpspeichermöglichkeit vom Stausee Luzzzone, in dessen hochliegendem Beileitungshorizont noch Sommerwasserüberschuss besteht. Künftig kann ein Grossausbau mit Nutzung nach beiden Seiten, vergleichbar der Montcenis-Lösung, unter Umständen in Etappen, reizvoll werden.

Im linksseitigen Panixer Tal bietet der Stausee *Panix*, 1465 m ü. M., bisher für 15 Mio m³ projektiert, eine 770-m-Stufe bis Ilanz. In ihm kann durch beiderseitige Beileitungen ein grösseres Gebiet erfasst werden. Sein Krafthaus ist gemeinsam mit der noch fehlenden Vorderrheinstufe ab Tavanasa vorgesehen, und künftig wird man an eine Aufwertung durch Pumpspeicherung über die Differenzhöhe denken. Im obersten Valser Rhein (Lenta-Tal) ist die *Lampertsch alp* für ein grösseres Staubecken von etwa 30 Mio m³, 2050 m ü. M., gut geeignet. Ursprünglich als Oberstufe zum Speicher Zervreila ausersehen, hat man es später als obersten Speicher eines Ausbaues des Lugnezer Tales geplant, in dem noch der Stausee *Silgin*, 1210 m ü. M. 35 Mio m³ möglich ist. Auch dieses Becken liegt nur 5 km vom Speicher Luzzzone entfernt, mit einer, der Greina allerdings an Güte nachstehenden Pumpspeichermöglichkeit.

Im Hinterrheingebiet mündet bei Nufenen der Areuabach, in dessen oberem Tal die *Alp Curciosa* einen guten Speicherraum, ganz im Kristallin, bietet. Geplant ist hier seit langem ein Staubecken 2164 m ü. M. für 28 Mio m³ als Oberstufe für das Misoxer Tal mit 965 m Fallhöhe in einem Kraftwerk Pian S. Giacomo am Ausgleichbecken Corina, dem die bestehende Stufe Soazza (708 m) folgt. Mit einer Beileitung

Dans les Alpes françaises, les années à venir verront la réalisation de deux petits réservoirs s'inscrivant dans le cadre de l'équipement de l'Arc inférieur. Le premier, celui de *Longefan* (1,5 million de m³, altitude 527 m) près de *St-Jean-de-Maurienne* s'insère comme bassin de compensation entre l'usine souterraine de l'Echaillon et la prise d'eau de l'important aménagement Arc-Isère (collectant les eaux d'un bassin de 1638 km²) qui — à l'instar de son homologue Isère-Arc — court-circuite la grande boucle de l'Arc par une galerie de 18 km forée sous le Massif de Belle-donne. A l'intersection avec la vallée du Breda, on prévoit d'implanter le réservoir de pointe de *Flumet* (3,5 millions de m³, altitude 498 m). L'usine souterraine Le Cheylas, avec une puissance installée de 480 MW, produira 803 GWh sur 257 m de hauteur de chute.

L'aménagement de l'imposant Lac de *Champagny* (204 millions de m³, altitude 1580 m, hauteur de retenue 150 m), avec son groupement de deux usines sur le Doron de Bozel a été reporté à une date ultérieure, la priorité ayant été donnée à un projet d'équipement de l'Eau d'Olle, dans la moyenne Romanche. En amont du défilé boisé de Maupas la vallée s'élargit en une vaste cuvette, la plaine de *Grand'Maison*, qui doit être submergée par un réservoir de 204 millions de m³, à 1700 m d'altitude et couvrant une superficie de 3,0 km². Son barrage fondé sur la roche cristalline, aura une hauteur de 200 m. Son remplissage est assuré par simple gravité, grâce à un réseau étendu d'adductions provenant des cours supérieurs de la Romanche, de l'Arc et de la Bréda. Le site est d'ores et déjà accessible par les routes conduisant aux cols du Glandon et de la Croix de Fer (2068 m), connu pour ses majestueux points de vue. L'usine de pointe Le Verney (970 m de chute) sera construite à l'extrémité aval du dernier faux-plat de la vallée d'Eau d'Olle. A la suite de cet ouvrage, se situe la chaîne d'usines du couloir industriel de la Romanche exploitant au total 430 m de chute; en tête de cette chaîne se situe la plus ancienne centrale souterraine des Alpes, celle de Bâton (1045 m de chute), mise en service en 1925.

Sur le Verdon, déjà équipé de quatre grands réservoirs, on projette deux nouveaux aménagements: à 12 km en aval du barrage de Ste-Croix, un barrage-voûte haut de 49 m créera en 1974, à 404 m d'altitude, une retenue de 19,5 millions de m³, celle de *Quinson*, dans les Basses Gorges du Verdon. Avec une hauteur de tranche utile de 5 m seulement, il fera fonction de bassin de compensation d'un volume utile de 8 millions de m³. L'usine de Ste-Croix, de son côté, sera équipée d'un groupe complémentaire turbine-pompe de 54 MW et 87 m³/s. En amont du Grand Canyon, entre Pont de Soleil et Castellane, sur la Route Napoléon, se trouve le site du futur bassin de *Chasteuil*, mis en retenue par le barrage de Talloire, d'une contenance utile de 60 millions de m³, et collectant les apports d'un bassin de 840 km². L'équipement hydroélectrique doit être particulièrement poussé: une galerie en charge de 15 km, court-circuitant le parcours encaissé et sinueux de la rivière, long de 30 km, jusqu'à l'origine du remous de la retenue de Ste-Croix, alimentera sous 233 m de dénivellation, l'usine de pointe et de pompage de Moustiers, équipée d'une puissance de 800 à 1000 MW. Un bassin auxiliaire de 20 millions de m³, celui de *La Tour*, aménagé dans la vallée de Vallongue située au nord-est, sera rempli par pompage sur environ 200 m de hauteur de refoulement supplé-

mentaire, et permettra aux turbines de Moustiers d'exploiter une chute de 415 m. Cette réalisation permettra de laisser subsister un débit suffisant dans le Grand Canyon, grâce notamment aux apports de l'Artuby.

Le grand lac d'*Allos*, situé sur le versant gauche du Verdon supérieur, a été retenu comme point de départ d'une dérivation vers la vallée de la Tinée. Il est le plus grand du groupe de lacs, situé en contrebas de la crête formant frontière avec l'Italie, et intégré dans un projet d'équipement de cette région prévoyant l'alimentation de l'usine de Pont Haut exploitant 1000 m de chute par les deux versants de la vallée. Le volume utile de ce lac à l'altitude 2270 m atteindra 42 millions de m³, essentiellement par abaissement de son niveau. Le volume des lacs de *Vens supérieur* et de *Vens moyen*, situés respectivement à l'altitude 2341 et 2315 m, doit atteindre 1,2 et 3,8 millions de m³. Plus au sud, le lac de *Rabouans*, à 2505 m d'altitude, contiendra 8,9 millions de m³. Tous ces lacs, situés dans un massif cristallin seront surélevés par de petits barrages ou des digues en enrochements. Il faut noter que le bassin Tinée-Var est déjà équipé pour l'exploitation d'une chute totale de 680 m. La vallée de l'Esteron, affluent rive droite du Var inférieur a été choisie comme site du réservoir de *Pont de la Cerise*, à 300 m d'altitude, peu rentable pour la production d'énergie, mais intéressant pour garantir l'alimentation de Nice en eau potable. La Provence offre d'ailleurs encore certaines possibilités d'aménagement de réservoirs, destinés principalement à l'irrigation ou au stockage d'eau potable; parmi eux nous citerons le bassin du *Vallon Doi* de 2,5 millions de m³, dans le massif calcaire au Nord de Marseille. On projette également dans cette région, d'agrandir le réservoir existant de *Bimont* pour accroître son volume utile de 20 millions de m³.

Dans la chaîne des Alpes italiennes le projet le plus important vise l'équipement du Gesso supérieur en amont du bassin existant de *Piastra*. Le lac naturel de la *Rovina*, sur le Gesso de *Rovina*, serait aménagé en réservoir de 1,2 million de m³, à 1500 m d'altitude, collectant les apports d'un bassin versant de plus de 100 km² grâce à un réseau d'adductions s'étendant vers l'Est et l'Ouest. On prévoit en outre, à la cote 2000 m la création du réservoir de *Chiotas* (30 millions de m³), bassin supérieur d'une puissante installation d'accumulation par pompage. Chacun des deux bassins serait relié par une galerie en charge à une usine restituant dans la retenue de *Piastra*. L'usine est équipée de quatre groupes turbo-pompes de 140 MW exploitant le bassin supérieur de *Chiotas* et d'un groupe de 100 MW pour le bassin de *Rovina*, les pompes n'ayant à vaincre que la différence de niveau entre ces deux lacs. Les travaux préparatoires de cet ouvrage sont actuellement en cours.

L'ancien projet d'aménagement du bassin de *Moïola*, sur la *Stura di Demonte* reste actuel pour résoudre un problème d'irrigation et de protection contre les crues; il consiste à rétablir un ancien lac de l'époque post-glaciaire, comblé par les moraines. Il retiendrait à 703 m d'altitude un volume utile de 40 millions de m³ provenant d'un bassin versant de 570 km². Son ouvrage de retenue serait une digue en terre haute de 40 m et fondée sur une couche alluviale étanche; le volume important des débits solides représenterait toutefois une lourde sujétion pour ce réservoir.

aus Val Balniscio kann er aus natürlichem Zufluss gefüllt werden. Der mit der Nutzung des Areuabaches nach Süden verbundene Wasserentzug aus dem Rheingebiet lässt sich durch Zuleitung einer gleich grossen Wassermenge aus dem Moësa-Gebiet in den Areuabach unterhalb der Staumauer Curciosa ersetzen.

Im Wallis finden sich trotz dessen weitfortgeschrittenen Ausbaustandes noch mehrere Speichermöglichkeiten mittlerer Grösse. Der Talboden Gletsch, wo noch im 19. Jahrhundert die Zunge des Rhonegletschers endete, kann 1830 m ü. M. ein 46 Mio m³-Becken aufnehmen. Es ist Bestandteil des Ausbauplanes Oberwallis und des Vollausbaues des bisher nur die Massa nutzenden Kraftwerks Bitsch. In einem linken Seitental des Oberwallis wird der Stausee Kummé, 2120 m ü. M. mit 25 Mio m³ geplant. Vorarbeiten sind im Gange, und es besteht die Absicht einer baldigen Verwirklichung. Das gleiche gilt für ein kleineres Projekt im Lötschental, den 1,7 Mio m³-Lonzaspeicher Ferden, 1311 m ü. M.

In den französischen Alpen werden in den nächsten Jahren beim Neuausbau des unteren Arc zwei kleinere Staubecken entstehen. Das 1,5 Mio m³-Becken Longefan, 527 m ü. M. bei St-Jean de Maurienne liegt als Ausgleichbecken zwischen dem Kavernenkraftwerk l'Echaillon und dem Einlauf der grossen Unterstufe Arc-Isère (1638 km²), die — vergleichbar der Stufe Isère-Arc — mit einem 18 km langen fensterlosen Stollen unter der Belledonne-Kette den grossen Arc-Bogen abschneidet. An der Kreuzung mit dem Bréda-Tal ist das Spitzenbecken Flumet, 498 m ü. M., 3,5 Mio m³, eingeschoben. Das Kavernenkraftwerk Le Cheylas mit 480 MW wird unter 257 m Fallhöhe 803 GWh erbringen.

Von den Grossspeicherplänen ist der eines zweistufigen Ausbaues des Doron de Bozel mit dem Stausee Champagny (1580 m ü. M., 204 Mio m³, 150 m Stauhöhe) für später zurückgestellt. Den Vorrang hat ein grosses und günstigeres Speicherwerk im Tal der Eau d'Olle im mittleren Romanche-Gebiet. Oberhalb des bewaldeten Défilé de Mau-pas öffnet sich der weite Talboden der Plaine de Grand'Maison. Sie soll ein Staubecken aufnehmen, das auf 1700 m ü. M. 204 Mio m³ Nutzraum mit 3,0 km² Seefläche aufweist und durch eine 200 m hohe Sperrmauer im Kristallin abgeschlossen wird. Sehr ausgedehnte Beileitungen aus den oberen Seitentälern von Romanche, Arc und Bréda erlauben die Füllung in freiem Gefälle. Das Gebiet ist bereits erschlossen durch die Passstrassen über den Col du Glandon und Col de la Croix de Fer (2068 m), letzterer mit berühmter Aussicht. Das Spitzen-Kraftwerk Le Verney kommt ans Ende der untersten Flachstrecke des Eau d'Olle-Tales. Seinen 970 m Fallhöhe folgen in der Romanche die ausgebauten 430 m ihres «Couloir industriel». Bemerkenswert ist an dessen Beginn die kleine Seitenstufe Bâton (1045 m) mit der ältesten, bereits 1925 in Betrieb gekommenen Kraftwerk-kaverne der Alpen.

Der Verdon soll zu seinen bereits bestehenden vier grossen Stauseen zwei weitere erhalten. 12 km unterhalb der Sperrmauer Ste-Croix wird bereits bis 1974 eine 49 m hohe Bogenmauer in der unteren Schluchtstrecke den langen schmalen Stausee Quinson schaffen, der 404 m ü. M. mit 19,5 Mio m³ Gesamtinhalt bei 5 m Spiegelschwankung ein Ausgleichbecken von 8,0 Mio m³ Nutzraum bildet. Das Kraftwerk Ste-Croix wird dann zusätzlich einen Pumpenturbinsatz (87 m³/s, 54 MW) erhalten. Oberhalb des Grand Canyon zwischen Pont de Soleils und Castellane an der

Route Napoléon ist 710 m ü. M. der Stausee Chasteuil mit etwa 60 Mio m³ Nutzraum bei 840 km² Einzugsgebiet und einer Wasserkraftnutzung grossen Stils geplant. Ein 15 km langer Druckstollen soll den gewundenen, über 30 km langen Verdon-Lauf bis zur Stauwurzel des Lac de Ste-Croix abschneiden. Das Kraftwerk Moustiers mit 233 m Fallhöhe wird ein grosses Spitzen- und Pumpspeicherwerk mit 800 bis 1000 MW Leistung werden. Im nordöstlich nur 2 km entfernt gelegenen Valonge-Tal ist 415 m über dem Stauziel Ste-Croix der Oberspeicher La Tour von 20 Mio m³ Nutzraum vorgesehen, der durch Pumpen über die Differenzhöhe zu füllen ist. Die Lösung ermöglicht es, dem Grand Canyon, der noch vom Artuby gespeist wird, eine gute Wasserführung zu belassen.

Der grosse Lac d'Allos in der linken Talflanke des obersten Verdontales ist ausersehen zur Ueberleitung ins Tinée-Tal. Zusammen mit der Seengruppe unter dem Grenzkamm gegen Italien bildet er den Hauptspeicher eines Ausbaues dieser Hochregion mit dem Kraftwerk Pont Haut mit rund 1000 m Fallhöhe von beiden Talseiten. Der abflusslose See im Kalkgebirge, 2270 m ü. M. bietet 42 Mio m³ Nutzraum hauptsächlich durch Absenkung. Die Seen Vens Supérieur und Vens Moyen, 2341 m bzw. 2315 m ü. M. sollen 1,2 und 3,8 Mio m³ Nutzraum erhalten, der südlich davon gelegene grössere Lac de Rabuons 8,9 Mio m³, 2505 m ü. M. Diese Naturseen im Kristallin werden durch kleine Mauern oder Steindämme aufgehöhht. In Tinée-Var sind bereits 680 m Fallhöhe ausgebaut. Der untere Var empfängt von rechts den Esteron. In diesem wird für die Wasserversorgung von Nizza ein grösserer Stausee Pont de la Cerise, rund 300 m ü. M. geplant. In der Provence ist das eine oder andere Staubecken für Bewässerungs- und Wasserversorgungsaufgaben zu erwarten, so ein 2,5 Mio m³-Speicher im Vallon Dol im Kalkgebirge nördlich von Marseille. Ausserdem ist eine schon früher vorgesehene Vergrösserung des Nutzraumes im Stausee Bimont um etwa 20 Mio m³ bei 14 m Spiegelhebung geplant. Er soll durch ein neues Pumpwerk aus dem in Höhe des jetzigen Betriebstauziels mündenden Zuleitungstollen vom Canal du Verdon gefüllt werden.

Im italienischen Alpenbogen ist das wichtigste Projekt das des Ausbaues des oberen Gesso, oberhalb des bestehenden Stausees Piastra. Im Gesso della Rovina wird der natürliche Lago della Rovina rund 1500 m ü. M. einen kleineren Speicher (1,2 Mio m³) bilden, der durch Beileitungen von Osten und Westen reichlich 100 km² Einzugsgebiet erfasst. Auf rund 2000 m ü. M. wird der Hauptspeicher Chiotas für 30 Mio m³ geschaffen und als Oberbecken eines grossen Pumpspeicherwerks dienen. Von jedem der beiden Speicher führen Druckstollen zum gemeinsamen Kraftwerk am Stausee Piastra. Es ist für 4x140 MW-Pumpspeichersätze für die Oberstufe und 100 MW für die Mittelstufe Rovina-Piastra geplant, wobei über die Differenzhöhe gepumpt wird. Die Vorarbeiten für dieses grosse Vorhaben sind bereits im Gange.

Hauptsächlich für Bewässerungsaufgaben und Hochwasserschutz behält der ältere Plan des Stausees Moiola in der Stura di Demonte Bedeutung. Dabei ist ein postglazialer verlandeter Moränenstausee wiederherzustellen. Er würde auf 703 m ü. M. ein Einzugsgebiet von 570 km² beherrschen und mit einem rund 40 m hohen Erddamm auf dichten Seeabsätzen 40 Mio m³ Nutzraum schaffen. Ein Problem stellt die starke Geschiebezufuhr aus dem grossen natürlichen Zuflussgebiet.

Tabelle C

SPEICHERSEEN DER WESTALPEN

BASSINS D'ACCUMULATION DES ALPES OCCIDENTALES

No	Name	Flussgebiet	Stauziel	Nutzraum	Energieinhalt	Seefläche	Spiegel-	Sperrbauwerk /	Länge	Masse	Bauzeit
1)	Nom	Basin fluvial	m ü. M	Volume utile	Energie accumulée	Surface du bassin	Variation de niveau	Type	Longueur	Volume	Durée de construction
2)			Cote de retenue			ha	m	3)	m	1000 m³	
			m.s.m.	Mio m³	Mio kWh						

Speicherseen nördlich des Hauptkamms

Bassins d'accumulation au nord de la crête principale

a) SCHWEIZ — SUISSE

1	Curnera	Aua de Curnera/Vorderrhein/ Rhein	1956	40,8	113,6	80	108	V	132	340	562	1952/67
2	Nalps	Rein de Nalps/Vorderrhein	1908	44,5	120,2	93	88	V	128	480	595	1956/62
3	Sia, Maria	Froda/Modelserrhein/ Vorderrhein	1908	67,0	181,0	180	80	V	130	540	776	1964/67
4	Zervrella	Valserrhein/Glenner/Vorderrhein	1862	100,0	286,0	161	127	V	151	504	626	1954/57
6	Gigerwald	Tamina/Rhein	1335	33,4	71,2	71	85	V	147	440	495	1972/77
7	Maprugg	Tamina/Rhein	865	2,5	3,0	26	13	P	72	140	90	1971/76
5	Gübenweiher	Stitter/Thur/Rhein	683	0,9	0,6	17	10	2 P	24	105	10	1887/1900
8	Parmot Nord	Schmelzbach/Seez/Limmat/ Aare/Rhein	1030	0,7	1,1	11	13	P	30	126	9	1947/48
	Ost							P	10	143		
9	Ob. Murgsee (n)	Murgbach/Walensee (Linth/Limmat)	1828	1,2	2,6	18	7	2 P+T	5	90	1	1925
10	Mutsee (n)	Limmerbach/Linth/Limmat	2446	6,0	23,8	40	29	—	—	—	—	1961/62
11	Limmerboden	Limmerbach	1857	90,0	259,0	134	107	V	145	375	550	1959/63
12	Garichte	Niederbach/Sernf/Linth	1623	3,0	7,7	16	24	P	42	229	56	1929/31
									+ 254			
13	Klöntalersee (n)	Löntsch/Linth	851	49,1	54,7	327	24	T	22	217	146	1905/08
14	Immerthal	Wägitaler Aa/Zürichsee (Limmat)	900	147,2	191,0	415	50	P	110	156	236	1921/25
15	Shi/Limmat In den Schlägen Hühnermat	Shi/Limmat	889	91,8	128,2	1095	13	P	30	127	22	1932/37
								F	15	165	64	
								T	73	270	154	1942/47
13	Lago di Lucendro (n)	Gothardreuss/Reuss (Nutz. — utilis. Ticino)	2134	25,0	88,3	54	82	E	155	540	9350	1956/60
17	Göscheneralp	Göschenerreuss/Reuss/ Aare/Rhein	1792	75,0	221,0	132	92	—	—	—	—	1966/69
18	Glattalpsee (n)	Muota/Reuss	1849	2,3	7,0	24	16	—	—	—	—	
19	Lauerzersee (n)	Steineraa/Seeweren/Muota/ Reuss	448	6,8	2,4	310	2,2	Bp	—	—	—	
20	Bannalp	Seklibach/Engelberger Aa/ Vierwaldstättersee (Reuss)	1586	1,5	4,1	15	16	T	36	182	139	1935/37
21	Tannensee (n)	Gr. Melchaa/Sarner Aa/ Vierwaldstättersee	1975	3,8	10,9	33	19	T	23	650	355	1955/58
22	Melchsee (n)	Gr. Melchaa	1683	3,7	10,7	55	13	T	8	290	50	1955/57
23	Lungensee (n)	Aa/Sarner Aa	689	50,0	39,5	201	36	—	—	—	—	1921/1926
24	Aegerisee (n)	Lorze/Reuss	724	7,9	6,6	724	1,1	Bp	—	—	—	1857
25	Oberaar	Aare/Rhein	2303	60,5	243,2	147	71	Pe	100	526	453	1850/54
26	Trubensee (n)	Aare	2365	1,0	4,1	10	18	9	48	1	1	1949/50
27	Grimselsee (n) Spitaliamm	Aare	1909	101,7	312,2	262	88	PV	114	258	338	1928/32
	Seutleregg							P	42	352	70	
28	Rätherichboden	Aare	1767	27,0	77,2	67	63	Pe	94	456	279	1948/50
29	Geimersee (n)	Geimerbach/Aare	1849	13,0	33,9	63	30	P	35	370	81	1927/29
30	Mattenalp	Urbachwasser/Aare	1875	2,0	5,8	18	13	P	25	98	11	1848/50
31	Engstlensee (n)	Genilwasser/Gadmerwasser/ Aare	1650	2,0	6,2	45	5	—	—	—	—	1961
32	Brienzersee (n)	Aare	565	69,0	39,3	2918	2,4	Bp	—	—	—	1856
33	Thunersee (n)	Aare	558	74,0	42,2	4780	1,6	Bp	—	—	—	1726. 1788
34	Sänetisch	Sänetisch/Saane/Aare	2034	2,7	7,8	29	14	Pe	42	210	42	1960/65
35	Arnensee (Lac d'Arnon)	Tscherzisbach/Saane-Sarine (Nutz. — utilis. Grande Eau/ Rhône)	1534	(6,5)	(10,0)	35	26	—	—	—	—	1917/18
			1543	10,3	24,8	45	9	T	17	140	40	1955/57
36	Hongrin	Hongrin/Sarine (Nutz. — utilis. Lac Lémán/Rhône)	1255	52,1	124,0	160	75	2 C	125	595	345	1965/70
37	Montsalvens	Jogne/Sarine	800	11,0	11,9	70	23	V	55	110	26	1918/21
38	Lac de la Gruyère (Rossens)	Sarine/Aare	677	180,0	151,4	560	35	V	83	320	255	1944/47
39	Totensee	Rhône (Nutz. — utilis. Aare)	2160	2,5	7,7	18	28	P	69	74	4	1949/50
40	Gries	Griesbach/Aegina/Rhône (Nutz. — utilis. Maggia)	2387	17,0	78,1	50	46,5	P	60	400	250	1963/65
41	Gebidem	Massa/Rhône	1437	8,5	19,2	21	70	V	122	327	228	1964/67
42	Matmark	Saaser Vispa/Rhône	2197	100,0	386,0	176	87	T	120	770	10400	1958/67
43	Z'Mutt	Z'Mutbach/Matter. Vispa	1970	0,9	—	38	45	V	77	140	28	1961/64
44	Turtmann	Turtmannbach/Rhône	2177	0,8	3,2	10	12	V	32	110	3	1957/58
45	Ilisee (n)	Ill- u. Meretschbach/Rhône	2380	6,3	27,8	21	52	P	22	288	21	1922/26 E 1942
46	Moiry	Gougra/Navizence/Rhône	2249	77,0	315,0	129	99	V	148	610	815	1954/58
47	Zeuzier	Lienne/Rhône	1777	50,0	166,7	85	107	V	156	256	300	1954/57
48	Dixence	Dixence/Borgne/Rhône	2240	(50,0)	(203,0)	130	60	F	87	459	421	1929/35
43	Grande Dixence, 1. Phase		2262	(+50,0)	(+207,5)	+70	92	P	178	450	(800)	1951/56
	St. Barthélémy (Clesuson)		2264	400,0	1812,0	400	194	P	285	695	5957	1955/61
49	Lac de Fully (n)	Printze/Rhône	2186	20,0	73,0	50	74	Pe	87	420	400	1947/50
50	Lac de Fully (n)	Dance de Fully/Rhône	2139	4,7	17,5	27	16	P	14	110	5	1912/14
51	Mauvoisin	Dance de Bagnes/Rhône	1961	180,0	680,0	208	161	V	237	520	2030	1951/57
52	Les Toules	Dance d'Entremont/ Drance de Bagnes/ Rhône	1810	20,0	61,6	61	62,5	C	86	454	235	1960/63
53	Vieux Emosson	Nant de Drance/Barberine/ Trient/Rhône	2205	13,5	48,0	54	36	PV	65	170	70	1952/55
54	Barberine	Barberine	1689	(39,0)	(125,0)	132	50	P	79	284	230	1921/25
	Emosson	Barberine+adductions (voir plan no 3, p. 320)	1830	225,0	802,5	227	145	V	180	555	1100	1967/72
55	Salanfe	Salanfe/Rhône	1925	40,0	145,0	200	39	P	52	616	230	1948/52
56	Lac de Tanay (n)	Lac de Tanay/Rhône	1416	2,5	5,8	17	22	—	—	—	—	1901/02
	b) FRANKREICH — FRANCE											
57	Le Joly (Bioge)	Drance de Morzine/Lac Lémán/Rhône	646	1,0	0,7	16	10	V	20	138	13	1948/49

Speicherseen westlich des Hauptkamms

Bassins d'accumulation à l'ouest de la crête principale

FRANKREICH — FRANCE

53	Lac d'Aiguebelette (n)	Le Thiers/Guiers/Rhône	375	10,9	4,5	552	2	P	5	45	1	1911
59	Lac de la Sassièrre (n)	Torr, de la Sassièrre/Isère	2460	9,7	39,5	45	34	E	30	315	153	1957/69
60	Lac du Chevril (Tignes)	Isère/Rhône	1790	227,8	645,0	280	135	V	180	430	650	1948/53
61	Lac de la Grotte (n)	Dorinel/Doron de Beaufort/ Arl'y/Isère	1753	50,0	153,0	80	108	VM	50	500	115	1942/49

1 Nummer in der Uebersichtskarte; E = Erweiterung

Número dans la carte synoptique; E = extension

2 (n) = gestauter oder abgesenkter Natursee; Ern. = Erhöhung der Sperre

(n) = Lac naturel/aménagé; Ern. = rehaussement du barrage

3 P Gewichststaumauer / Barrage-poids

Pe Gewichststaumauer mit Spärkrämen / Barrage-poids évidé

PV Bogenstaumauer / Barrage poldis-voûte

C Kuppelstaumauer / Barrage-voûte

F Pfeilerstaumauer / Barrage à contreforts

VM Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples

T Erdstaumauer / Barrage en terre

E Steindamm / Barrage en enrochements

Bp Kleines Wehr / Petit barrage

Ra Kunstbecken / Réservoir artificiel

Tabelle C (Fortsetzung)

Tableau C (suite)

No 1)	Name Nom 2)	Flussgebiet Bassin fluvial	Stauziel m ü. M. Cote de retenue m.s.m.	Nutzraum Volume utile Mio m³	Energieinhalt Energie accumulée Mio kWh	Seefläche Surface du bassin ha	Spiegel- schwankung Variation de niveau m	Sperrbauwerk / Barrage		Masse Volume 1000 m³	Bauzeit Durée de construction
								Type 3)	Hauteur m		
62	Roselend	Doron de Beaufort/Arly/Isère	1557	183,0	520,0	320	105	V + F	150	920	1956/61
63	La Gittaz	Torr. de la Gittaz/Doron de Beaufort	1562	13,6	39,2	39	52	PV	64	110	1962/68
64	St. Guérin	Torr. de Poncellamont/Isère	1557	13,0	37,4	45	48	V	70	60	1959/61
65	Plan d'Amont	Torr. de St. Benoît/Arc/Isère	2077	7,9	26,8	39	38	F	49	116	1955/57
66	Plan d'Aval	Torr. de St. Benoît/Isère	1948	3,9	12,3	22	30	P + V	48	80	1947/50
67	Bissorte (n)	Bissorte/Arc/Isère	2082	40,0	140,0	117	55	P	63	300	1931/36
68	Pont des Chèvres	Arc/Isère	923	1,2	1,1	16	6	P	15	5	1967/69
69—72	Sept Laux (Lac Cotepeu, de la Moite, Carré, du Cos) (n)	Bréda/Isère	2129 2182	13,7	49,3	65	30	P	—	50	1912/18 1939/42
73	Lac du Crozet (n)	Combe de Lancey/Isère	1988	2,3	6,0	12	25	P	18	5	vor 1900
74	Le Sautet	Drac/Isère	765	95,2	131,4	350	40	PV	126	100	1931/35
75	St. Pierre-Cognet	Drac (+ Bonne)	580	11,1	11,3	125	11	V	76	42	1955/57
76	Monteynard	Drac	490	185,0	153,5	657	40	PV	150	450	1959/62
77	Notre Dame de Commiers	Drac	363	17,9	10,3	164	12	T	41	1215	1961/64
78	Le Chambon	Romanche/Drac	1040	49,5	82,7	140	60	P	136	300	1930/34
79	Lac de Bramant (n)	Eau d'Olle/Romanche	2448	2,0	5,5	14	25	P	25	25	1918
80	Lac Mort (n)	} Emissaire des Lacs de Laffrey/Romanche	936	4,2	6,8	27	22,5	T	10	786	1931/32
81	Lac de Petitichet (n)		923	2,0	2,9	86	2,9	P	2	38	1907
82	Lac de Laffrey (n)		909	2,4	3,5	127	2,2	Bp	—	—	1907
83	Bouvante	Lyonne/Bourne/Isère	574	1,3	1,0	22	10	P	30	35	1924/25
84	Pont Baldy	Cerveyrete/Durance	1853	1,1	2,0	18	10	V	50	70	1966/67
85	Serre Ponçon	Durance/Rhône	780	1030,0	1160,0	2600	55	T	125	600	1955/60
86	Espinasses	Durance	657	3,1	2,9	122	3	Bp	—	—	1958/60
87	La Laye	La Laye/Largue/Durance	455	2,4	1,2	24	18	P	28	180	1963/65
88	Castillon	Verdon/Durance	880	113,0	134,5	490	50	V	100	200	1942/48
89	Chaudanne	Verdon	790	6,0	6,2	45	20	V	75	95	1949/51
90	Ste. Croix	Verdon	477	300,0	160,0	2180	16	V	94	138	1970/73
91	Gréoux	Verdon	482	+ 100,0	—	2340	(Hochwasserschutzraum — réserve d'écêtement des crues)				
92	Blumont	Infernet/Arc	359	4,8	3,2	329	1,5	T	54	220	1964/67
93	Trapan	Trapan/Gapeau	336	18,0	—	100	48	V	88	190	1950/52
94	Carcès	Caramy/L'Argens	169 So 167 Wi	1,2 8,0 So 6,0 Wi	—	13	15	T	24	182	1965/67
95	St. Cassien	Biançon/Siagne	147	39,0	7,0	370	9	T	66	1000	1963/66
96	Lac Long (n)	Gordolasque/Vesubie/Var	2561	2,6	8,3	25	17	P	16	4	1967/69
97	Lac de l'Agnel (n)	Casterino/Bionia/Roya	2435	1,8	4,5	25	11	P	7	126	1914/18
98	Lac du Bat (n)	Casterino/Roya	2340	2,1	5,3	30	11	P	10	32	1914/18
99	Lac Noir (n)	Casterino	2276	0,9	2,3	17	10	P	10	60	1914/18
100	Lac Vert (n)	Casterino	2221	1,6	4,0	17	15	P	9	42	1914/18
101	Lac Long (n)	Inferno/Bionia	2111	1,2	3,2	13	14	P	14	225	1914/18
102	Les Mesces	Bionia	1369	1,3	3,0	9	25	P	65	154	1913/17

a) FRANKREICH — FRANCE

106	Lac du Mont-Cenis (n)	Cenise (Cenischia)/ Dora Riparia/Po	1921	(31,6)	(91,1)	266	17	2 P T	28	106+141 200	33	1920/22
E		France: Italie:	1974	269,6 51,1	806,0 166,0	668	82	T/E	7 120	1400	14	1963/69

b) ITALIEN — ITALIE

103	Piastra	Gesso di Entracque/ Gesso Stura di Demonte/ Tanaro/Po	956	12,1	6,6	47	46	P	88	423	380	1963/65
104	Castello	Varaita di Chianale/Varaita/Po	1586	12,3	25,2	44	46	P	74	247	220	1936/42
105	Rochemolles	Rochemolles/Dora di Bardo- necchia/Dora Riparia/Po	1969	3,4	7,6	18	35	P	68	260	153	1928/31
107	Lago della Rossa (n)	Gurie/Stura di Viù/ Stura di Lanzo/Po	2716	8,6	33,8	53	20	P	26	270	29	1927/32
108	Malciaussia	Sola/Stura di Viù	1805	1,1	2,3	12	20	V	27	109	7	1932/33
109	Lago d'Agnel (n)	Agnel/Orco	2295	2,0	7,1	20	17	P	17	150	11	1936/38
110	Lago Serrù (n)	Orco/Po	2275	13,7	48,5	56	38	P	45	344	116	1947/51
111	Ceresole Reale	Orco	1573	35,4	71,6	165	38	P	54	300	188	1927/30
112	Pian Telesio	Piantonetto/Orco	1918	23,2	72,7	53	68	PV	80	515	375	1952/55
113	Valsoera (n)	Balma/Piantonetto/Orco	2412	8,0	34,9	33	40	PV	44	224	37	1952/53
114	Eugio (n)	Eugio/Orco	1900	4,9	15,2	19	41	F	55	217	76	1958/59
116	Beauregard	Dora di Valgrisenza/ Dora Baltea/Po	1770	70,0	204,4	153	85	V	132	394	430	1953/57
117	Place Moulin	Buthier/Dora Baltea	1968	105,0	346,5	180	120	PV	155	78	1510	1961/65
118	Lago Goillet (n)	Marmore/Dora Baltea	2526	11,8	50,0	46	33	P	46	368	142	1936/43
119	Cignana (n)	La Plana/Marmore	2170	16,1	57,1	71	39	P	58	402	153	1926/28
120	Lago Gabiet (n)	Lys/Dora Baltea	2374	4,4	16,1	27	36	P	43	212	78	1918/22
121	Lago Vargno (n)	Pacolulla/Lys	1684	1,0	2,4	9	18	E	24	122	39	1918/20
115	Gole di Gurcia	Chiusella/Dora Baltea	428	1,1	0,4	18	16	V	50	79	4	1922/25
122	Sessera	Sessera/Sesia/Po	800	1,5	~1,5	14	15	V	43	89	10	1958/60
123	Sabbione	Sabbione/Toce/ Lago Maggiore (Ticino/Po)	2460	42,0	185,6	128	48	F	64	279	135	1949/53
124	Morasco	Gries/Toce	1816	17,6	52,3	65	41	P	59	565	259	1936/40
125	Val Toggia	Roni/Toce	2191	15,4	57,6	80	33	P	46	199	110	1929/32
126	Lago Kastel (n)	Roni/Toce	2224	9,4	35,0	55	24	E	17	268	32	1924/28
127	Lago Obersee (n)	Vannino/Toce	2328	1,2	4,6	20	8	E	12	130	9	1921/23
128	Lago Vannino (n)	Vannino/Toce	2177	9,8	36,5	49	39	E	39	120	90	1917/21
129	Lago Busin (n)	Vannino/Toce	2385	3,5	13,0	32	14	P	21	230	18	1921/23
130	Codelago	Arbola/Devero/Toce	1667	16,1	51,0	100	23	E	33	116	53	1908/12
131	Agaro	Agaro/Devero	1997	19,3	51,9	65	43	P	57	243	150	1936/40
132	Lago d'Avino (n)	Ciampere/Cairasca/Diveria/Toce	2247	6,4	7,2	36	25	E	27	275	29	1911/13
133	Larecchio	Tonnello/Isorno/Toce	1836	2,7	3,7	13	25	P	33	164	38	1936/38
134	Camposecco	Banella/Troncone/Ovesca/Toce	2335	5,4	21,0	39	19	P	28	348	45	1925/30
135	Lago Cingino (n)	Sangoria/Troncone	2262	4,5	16,8	15	54	P	45	152	51	1925/30
136	Alpe Campliccioli	Troncone	1360	8,8	18,5	32	49	P	72	278	240	1924/28

1 Nummer in der Uebersichtskarte; E = Erweiterung

Numéro dans la carte synoptique; E = extension

2 (n) = gestauter oder abgesenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre

(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = rehaussement du barrage

3 P Gewichtsstauwehr / Barrage-poids

Pe Gewichtsstauwehr mit Sperräumen / Barrage-poids évidé

PV Bogengewichtsstauwehr / Barrage poids-voûte

V Bogenstauwehr / Barrage-voûte

C Kuppelstauwehr / Barrage-coupole

F Pfeilerstauwehr / Barrage à contreforts

VM

T

E Erddamm / Barrage en terre

Bp Steindamm / Barrage en enrochements

Ra Kleines Wehr / Petit barrage

Kunstbecken / Réservoir artificiel

Pfeilergewölbestauwehr / Barrage à voûtes multiples

Tabelle C (Fortsetzung)

Tableau C (suite)		Tabelle C (Fortsetzung)									
No	Name	Flussgebiet	Stauziel	Nutzraum	Energieinhalt	Seefläche	Spiegel-	Sperrbauwerk / Barrage		Masse	Bauzeit
1)	Nom	Bassin fluvial	m ü. M	Volumen utile	Energie	Surface	schwankung	Type	Hauteur	Volumen	Durée de
2)			Cote de		accumulée	du bassin	de niveau	Type			construction
			retenue	Mio m³	Mio kWh	ha	m	3)	m	1000 m³	
			m.s.m.								
137	Lago d'Antrona (n)	Ovesca	1085	5,5	8,7	30	26	—	—	—	1924/26
138	Alpe Cavalli	Loranco/Ovesca	1500	8,3	19,8	46	22	E	41	120	1922/26
139	Ceppl Morelli	Anza/Toce	781	0,7	0,3	7	10	V	46	11	1928/29
140	Lago Delio (n)	Rio Casmera/Lago Maggiore	930	(4,0)	(5,7)	28	12	2 P	18	10	1909/11
E			945	10,0	17,6	36	45	2 P	28	61	1967/70
141	Creva	Tresa/Lago Maggiore	232	1,1	0,2	13	12	P	33	11	1927/29
c) SCHWEIZ — SUISSE											
142	Cavagnoli	Bavona/Maggia/Lago Maggiore	2310	27,9	126,1	46	86	V	105	221	1964/68
—	Lago Sfunda	Bavona/Maggia	2390	4,0	18,3	14	49	—	—	—	1967/69
143	Robiei	Bavona/Maggia	1940	6,5	24,2	24	40	Pe	68	182	1964/67
144	Zöt	Riale del Basodino/Bavona	1940	1,2	4,5	13	15	V	37	17	1964/67
145	Lago di Naret (n) I	Maggia	2310	31,1	140,6	73	83	V	80	305	1964/68
	II							P	45	70	
146	Sambuco	Maggia	1461	63,0	163,0	112	91	PV	130	775	1952/56
147	Palagnedra	Meleza/Maggia	486	4,0	2,7	26	30	PV	72	65	1950/53
148	Vogorno	Verzasca/Lago Maggiore	470	86,4	55,0	170	80	V	220	658	1961/65
149	Lago Sella (n)	Riale Sella/Ticino/Po	2256	9,0	31,8	45	29	P	36	75	1942/47
150	Lago Cadagno (n)	Lago dello Stabbio/L. Ritom/Foss/Ticino	1921	2,0	6,5	11	20	Bp	—	—	1947
151	Lago Ritom (n)	Murinascia Grande/Foss/Ticino	1853	47,0	152,3	149	48	P	27	38	1916/20
											E 1952/53
152	Lago di Tremorgio (n)	Lagasca/Ticino	1830	9,0	28,3	36	31	—	—	—	1918
153	Lago di Chironico (n)	Fim (Ticinetto)/ Ticino	1770	1,5	1,6	14	11	E	12	3	1907
154	Luzzone	Val Luzzzone/Brenno/Ticino	1591	87,0	249,0	125	155	V	208	1330	1958/63
155	Malvaglia	Orino/Brenno/Ticino	990	4,1	7,3	19	46	V	92	162	1956/59
156	Isola	Moesa/Ticino	1604	6,0	15,5	40	29	PV	45	71	1959/60
1	Nummer in der Uebersichtskarte; E = Erweiterung			3	P	Gewichtstaumauer / Barrage-poids			VM		Pfeilergewölbestaumauer / Barrage à voûtes multiples
	Numéro dans la carte synoptique; E = extension				Pe	Gewichtstaumauer mit Sparräumen / Barrage-poids évidé			T		Erddamm / Barrage en terre
2	(n) = gestauter oder abgesenkter Natursee; Erh. = Erhöhung der Sperre				PV	Bogengewichtstaumauer / Barrage poids-voûte			E		Steindamm / Barrage en enrochements
	(n) = Lac naturel aménagé; Erh. = rehaussement du barrage				V	Bogenstaumauer / Barrage-voûte			Bp		Kleines Wehr / Petit barrage
					C	Kuppelstaumauer / Barrage-coupoles			Ra		Kunstbecken / Réservoir artificiel
					F	Pfeilerstaumauer / Barrage à contreforts					

SPEICHERSEEN UND UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE IN DEN WESTALPEN

BASSINS D'ACCUMULATION ET USINES EN AVAL DANS LES ALPES OCCIDENTALES

Tableau D

Tabelle D

No. '1)	SPEICHERSEE BASSIN D'ACCUMULATION	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE USINES EN AVAL	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS PROPRIÉTAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
1	Curnera	} Sedrun*, Tavanasa	Kraftwerke Vorderrhein AG, Disentis/Mustèr
2	Nalps		
3	Sta. Maria		
4	Zervreila	Seekraftwerk, Safien Platz, Rothenbrunnen	Kraftwerke Zervreila AG, Vals
6	Gigerwald	Mapragg*, Sarelli*	} Kraftwerke Sarganserland AG, Baden
7	Mapragg	Sarelli*	
5	Gübsenweiher	Kubelwerk St. Gallen	
8	Parmort	Plons-Mels	} Elektrizitätswerk d. politischen Gemeinde Mels
9	ob. Murgsee	Merlen, Plätz, Gödis	
10	Muttsee	Limmern*, Tierfehd*, Linthal	
11	Limmernboden	Tierfehd*, Linthal	} Kraftwerke Linth-Limmern AG, Linthal
12	Garichte	Schwanden	
13	Klöntalersee	Löntschwerk Netstal	
14	Innerthal	Rempfen, Siebnen	} AG Kraftwerk Wäggitel, Siebnen
15	Sihlsee	Etzelwerk Lidwil	
16	Lago di Lucendro	Airolo, Piottino+Piotta, Nuova Biaschina	
17	Göscheneralp	Göschenen*, Wassen+Amsteg	} Kraftwerke Göschenen AG, Göschenen
18	Glattalpsee	Sahli, Bisistal, Hinterthal, Wernisberg	
19	Lauerzersee	Ingenbohl	
20	Bannalp	Oberriickenbach, Wolfenschiessen+Dallenwil	} Kantonales Elektrizitätswerk Nidwalden, Stans
21	Tannensee	Melchseewerk Hugschwendialp+Kaiserstuhl,	
22	Melchsee	Unteräa, Alpnach	
23	Lungernsee	Unteräa+Alpnach	} Centralschweizerische Kraftwerke AG, Luzern
24	Aegerisee	Unterägeri, Neuägeri	
25	Oberaar	Oberaar* (Grimsel), Handeck I,	
26	Trübensee	Innertkirchen I*	} Kraftwerke Oberhasli AG (KWO), Innertkirchen
27	Totensee	Handeck I, Innertkirchen I*	
28	Grimselsee	Handeck II*, Innertkirchen I*	
29	Gelmersee	Führen*, Hopflauen*, Innertkirchen II	} Industrielle Betriebe, Interlaken
30	Rätherichsboden	Interlaken	
31	Mattenalp	Thun	
32	Engstlensee	Innergsteig+Montbovon, Hauterive, Oelberg,	} Kraftwerk Sanetsch AG, Gsteig
33	Brienzersee	Schiffenen	
34	Thunersee	Diablerets, Pont de la Tine, Les Farettes	
35	Sanetsch	Veytaux*	} Société des Forces Motrices de la Grande Eau, Aigle
36	Arnensee—Lac d'Arnon		
37	Hongrin	Broc, Hauterive, Oelberg, Schiffenen	
38	Montsalvens	Hauterive, Oelberg, Schiffenen	} Entreprises Electriques Fribourgeoises, Fribourg
39	Greizersee —		
40	Lac de la Gruyère	Altstafel*, Bavona*, Cavigno*, Verbano*	
41	Gries	Bitsch*+Chippis, Lavey*	} Kraftwerk Aegina AG, Ulrichen
42	Gebidem	Zermeiggen, Stalden*	
43	Mattmark	Station de pompage Z'Mutt*	
44	Z'Mutt	Oberems, Turtmann	} Grande Dixence S.A., Sion
45	Illsee		
46	Turtmann	Motec, Vissoie, Chippis	
47	Moiry	Croix*, St. Léonard	} Electricité de la Lienne S.A., Sion
48	Zeuzier	Stations de pompage Z'Mutt*, Stafel,	
49	Grande Dixence	Ferpècle*, Arolla;	
50	Cleuson	Fionnay*, Nendaz* resp. Chandoline	} S.A. L'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS), Lausanne
51	Lac de Fully	Station de pompage St. Barthélemy;	
52	Mauvoisin	Chandoline	
53	Les Toules	Fully	} S.A. L'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne
54	Vieux Emosson	Fionnay*, Riddes	
55	Emosson	Pallazuit+Orsières, Sembrancher,	
56	Salanfe	Martigny-Bourg	} Forces Motrices de Mauvoisin S.A., Sion
57	Lac de Tanay	Châtelard, Vernayaz	
58		Châtelard-Vallorcine, La Bâtiaz (ESA) resp.	
59		Châtelard, Vernayaz (CFF)	} Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), Berne
60		Miéville*	
61		Vouvry	
62			} Electricité d'Emosson S.A./ESA, Martigny
63			
64			
65			} Salanfe S.A., Vernayaz
66			
67			
68			} Société des Forces Motrices de la Grande Eau, Aigle
69			
70			

'1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeeidet
semi-caverne resp. enterrée

Tableau D (suite)

Tabelle D (Forts.)

No.	SPEICHERSEE 1) BASSIN D'ACCUMULATION	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE USINES EN AVAL	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS PROPRIÉTAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
57	Le Jotty	Bioge	Electricité de France (EDF), Paris
58	Lac d'Aiguebelette	La Bridoire	
59	Lac de la Sassièrè	Le Saut*, Le Chevril, Brévières, Malgovert+ Pomblière, Moutiers, Randens*	
60	Lac du Chevril (Tignes)	Brévières . . . Randens*	
61	Lac de la Girotte	Belleville, Hauteluce II, Beaufort, Villard, Queige, Roengens, Venthon	
62	Roselend	La Bathie*	Electricité de France (EDF), Paris
63	La Gittaz		
64	St. Guérin		
65	Plan d'Amont		
		Plan d'Aval, Aussois+paliers sur l'Arc: La Praz, Prémont, La Saussaz, St. Michel de Maurienne, St. Félix, Montricher, St. Jean de Maurienne, Pontamafrey, La Christine (anciennes) resp. Orelle*, La Saussaz II*, L'Echaillon*, Le Cheylas* (nouveaux)	
66	Plan d'Aval	Aussois+La Praz . . . La Christine resp. Orelle . . . Le Cheylas*	Electricité de France (EDF), Paris
67	Bissorte	Bissorte (La Praz)+Prémont . . . La Christine resp. Saussaz II* . . . Le Cheylas*	
68	Pont des Chèvres	Prémont . . . La Christine Saussaz II* . . . Le Cheylas*	
69—72	Sept Laux	Fond de France+paliers sur le Bréda: Prémoinet, Riondet, Pinsot, Bout du Monde, Le Parc, Bréda, Pontcharra	
73	Lac du Crozet	Pré du Fourneau, Lancey	
74	Le Sautet	Le Sautet°, Cordéac, Cognet°, Monteynard, St. Georges de Commiers, Champ sur Drac II, Pont de Claix (Drac-Romanche), Rondeau (Drac inférieur)	Electricité de France (EDF), Paris
75	St. Pierre-Cognet	Cognet° . . . Rondeau	
76	Monteynard	Monteynard . . . Rondeau	
77	Notre Dame de Commiers	St. Georges de Commiers . . . Rondeau	
78	Le Chambon	Chambon, St. Guillerme+Livet, Les Vernes, Les Roberts, Rioupéroux, Les Clavaux, Pierre- Eybesse Noyer-Chut, Péage de Vizille+paliers sur le Drac: Pont de Claix, Rondeau	
79	Lac de Bramant	Le Rivier, Le Verney, Fonderie d'Allement, Livet (Romanche) . . . Rondeau (v. No. 78)	Régie Municipale d'Electricité de Briançon
80	Lac Mort	Lac Mort+Pont de Claix, Rondeau	
81/82	Lacs de Laffrey	Jouchy-Loula+Pont de Claix, Rondeau	
83	Bouvante	Bouvante	
84	Pont Baldy	Pont Baldy*, L'Argentière+Durance à partir de Serre Ponçon (v. No. 85)	
85	Serre Ponçon	Serre Ponçon*, Curbans*, Ventavon, Le Poët (en projet Sisteron, Aubignosc), Oraison*, La Brillanne, Le Lague, Manosque, Ste. Tulle I/II, Beaumont, Jouques, St. Estève-Janson, Mallemort, Salon, St. Chamas	Electricité de France (EDF), Paris
86	Espinasses	Curbans . . . St. Chamas	
87	La Laye	Jouques . . . St. Chamas	
88	Castillon	Castillon, Chaudanne, Ste. Croix, Quinson, Vinson (en projet Cadarache)+Jouques . . . St. Chamas	
89	Chaudanne	Chaudanne . . . St. Chamas	
90	Ste. Croix	Ste. Croix . . . St. Chamas	Société du Canal de Provence Société des Eaux, Toulon
91	Gréoux	Vinson . . . St. Chamas	
92	Bimont	— (Irrigation — Bewässerung)	
93	Trapan	— (Alimentation en eau — Wasserversorgung)	
94	Carcès	— (Irrigation — Bewässerung)	
95	St. Cassien	St. Cassien*, Tanneron	Electricité de France (EDF), Paris
96	Lac Long (Gordolasque)	Belvédère, St. Martin vesubie, Roquebillière, St. Jean la Rivière	
97—100	Lacs de Casterino	Les Mesces, St. Dalmas, Paganin, Fontan, Breil (EDF)	
101	Lac Long (Inferno)	Airola, Bevera (ENEL)	
102	Les Mesces	St. Dalmas . . . Bevera	
106	Mont Cenis	France: Villarodin+Orelle* . . . Cheylas* Italia: Stazione di pompaggio Pian Suffi, Venalzio*, Mompantero	EDF, Paris ENEL, Comp. di Torino

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique* Kaverne
caverne° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée

Tableau D (suite)

Tabelle D (Forts.)

No.	SPEICHERSEE	UNTERLIEGENDE KRAFTWERKE	EIGENTÜMER BZW. NUTZUNGS- BERECHTIGTER DES SPEICHERS PROPRIETAIRE RESP. CONCESSIONNAIRE DU BASSIN D'ACCUMULATION
1)	BASSIN D'ACCUMULATION	USINES EN AVAL	
103	Piastra	Andonno	} Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL), Compartimento di Torino
104	Castello	Casteldelfino, Sampeyre, Brossasco	
105	Rochemolles	Bardonecchia, Conlegno (F. S.)+Chiomonte, Susa (AEM Torino)	
107	Lago della Rossa	Dietro la Torre, Crot, Lemie, Fucine	} ENEL, Comp. di Torino
108	Malciaussia	Crot, Lemie, Fucine	
109	Lago d'Agnel	Villa, Rosone I, Bardonetto, Pont	
110	Lago Serrù		} Azienda Elettrica Municipale di Torino (AEM Torino), Torino
111	Ceresole Reale	Rosone I, Bardonetto, Pont	
113	Valsoera	Telessio*, Rosone II, Bardonetto, Pont	
112	Pian Telessio	} Rosone II, Bardonetto, Pont	}
114	Eugio		
116	Beauregard		
117	Place Moulin	Valpelline, Signayes*+Quart* . . . Quincinetto	} ENEL, Comp. di Torino
118	Lago Goillet	Perrères, Maen, Covalou, Chaillon+Montjovet* . . . Quincinetto	
119	Cignana	Maen, Covalou . . . Quincinetto	
120	Lago del Gabiet	Gressoney, Sendren, Zuino, Pont St. Martin+ Bard . . . Quincinetto	} Lanificio Zegna
121	Lago Vargno	Sendren . . . Quincinetto	
115	Gole di Gurzia	Ponte Preti	
122	Sessera	Varallo	} ENEL, Comp. di Milano
123	Sabbione	Morasco*, Motta, Fondovalle, Feltrinelli, Crego, Crevola I, Gasparoni, Villadossola II	
124	Morasco	} Motta (trois conduites — drei Aeste) . . . Villadossola II	
125	Val Toggia		
126	Lago Castel		
127	Obersee		}
129	Lago Busin	Devero, Goglio, Conti+Crevola I, Gasparoni, Villadossola II	
128	Lago Vannino	Goglio . . . Villadossola II	
130	Codelago	Varzo, Crevola II*+Gasparoni, Villadossola II	} ENEL, Comp. di Milano
131	Agaro	Cipata, Ceretti, Pontetto, Montecreteste+ Gasparoni, Villadossola II	
132	Lago d'Avino		
133	Larecchio		} Campliccioli, Pirelli, Colombo
134	Camposecco		
135	Lago Cingino		
136	Campliccioli	} Pirelli (trois conduites — drei Aeste), Colombo	} Maggia Kraftwerke AG (MKW), Locarno; Officine Idroelettriche della Maggia S.A., Locarno
137	Lago d'Antrona		
138	Alpe Cavalli		
139	Ceppi Morelli	Ceppi Morelli, Piedimulera, Pestarena	} Verzasca S.A., Lugano
140	Lago Delio	Roncovalgrande*	
141	Creva	Creva	
142	Cavagnoli	} Robiei*, Bavona*, Caveragno*, Verbano*	} Officine Idroelettriche della Maggia S.A., Locarno
145	Lago Sfundau		
143	Lago di Naret		
144	Robiei	Bavona*, Caveragno*, Verbano*	} Verzasca S.A., Lugano
146	Sambuco	Peccia*, Caveragno*, Verbano*	
147	Palagnedra	Verbano*	
148	Vogorno	Contra*	} Aar e Ticino S.A., Olten/Bodio
149	Lago Sella	Airolo, Piottino+Piotta, Nuova Biaschina	
150	Lago Cadagno	Ritom+Piottino, Nuova Biaschina	
151	Lago Ritom		} Schweizerische Bundesbahnen (SBB), Bern
152	Lago di Tremorgio	Rodi, Nuova Biaschina+Piottino	
153	Lago di Chironico	Ticinetto+Nuova Biaschina	
154	Luzzzone	Olivone*, Biasca*	} Azienda Elettrica Ticinese/AET, Bellinzona Società Elettrica Sopracenerina S.A., Locarno Officine Idroelettriche di Blenio S.A., Olivone
155	Malvaglia	Biasca*	
156	Isola	Isola*. Soazza*	

1) No. in der Übersichtskarte
No dans la carte synoptique

* Kaverne
caverne

° Halbkaverne bzw. eingeerdet
semi-caverne resp. enterrée

5. Conclusions

L'aperçu d'ensemble que nous venons de donner dans les chapitres précédents met en relief quelle fut — et quelle sera encore à l'avenir, dans une mesure moindre, il est vrai — l'envergure, encore insoupçonnable il y a quelques décennies, des répercussions sur les vallées alpines de l'équipement de ressources hydroélectriques des Alpes. Ces équipements apportent en contrepartie une contribution non négligeable à l'économie des pays alpins, dont les régions fortement industrialisées en bordure des Alpes ne disposent pratiquement d'aucune autre source d'énergie. Le potentiel hydroélectrique ainsi créé — et susceptible de se développer encore — représente actuellement une énergie annuelle voisine de 80 milliards de kWh, donc un capital précieux et à l'abri des crises en plein coeur de l'Europe Centrale dont le «Carburant» est sans cesse renouvelé gratuitement par la nature, sans pollution de l'air ni des rivières.

Le remodelage des paysages de haute montagne lié à ces réalisations a fatalement terni leur beauté originelle, et l'assèchement de cours d'eau bouillonnant naguère de tourbillons chargés d'énergie représente sans doute un lourd tribut que l'ami de la nature regrettera toujours. Mais si on a également enregistré des résultats positifs dans le domaine des sites, c'est précisément grâce à la création des grands lacs d'accumulation. Ainsi qu'en témoignent nos photographies, ces lacs s'inscrivent le plus souvent harmonieusement dans leur cadre montagneux et complètent heureusement le panorama traditionnel fait de forêts, de rochers et de glace par leurs vastes plans d'eau éclatants de lumière. L'intégration au paysage s'accroît d'ailleurs au fur et à mesure de la cicatrisation des plaies de chantier et de la reconstitution d'une patine naturelle, qu'il est d'ailleurs possible de favoriser d'une manière sensible par des dispositions appropriées étudiées par les projeteurs et acceptées par les bâtisseurs. Les obligations de nature culturelle, attachées à la construction au coeur des plus belles régions de notre continent surpeuplé, sont devenues plus sévères avec l'expansion des aménagements hydroélectriques et sont effectivement ressenties comme telles dans les Alpes. Il est à remarquer que parmi les aménagements que nous venons de décrire, beaucoup des plus récents respectent dans une large mesure les contraintes imposées par la protection des sites. Bien plus que dans le passé, les constructeurs se sont attachés à rétablir l'environnement des ouvrages de retenue, défiguré par les travaux, en débarrassant les lieux des reliquats d'installations de chantier, en aménageant les terrains et en les repeuplant de plantations, lesquelles ont pu être accélérées par la mise en oeuvre des procédés modernes d'engazonnement sans terre. Nous ne pouvons qu'applaudir à l'idée que la majorité des visiteurs reconnaîtra là l'empreinte du maître d'oeuvre, plutôt que dans une architecture savante des centrales elles-mêmes.

Le nombre toujours croissant de grands aménagements comportant des lacs d'accumulation, alimentés par des réseaux d'adduction étendus, souvent même avec un appoint de pompage en provenance de bassins d'un niveau inférieur, a eu pour conséquence heureuse de faire bénéficier ces lacs, dès le début de la saison touristique d'été, d'un taux de remplissage tel que les inesthétiques zones de rives dénudées s'amenuisent fortement, par rapport à l'étendue de plans d'eau, et s'estompent ainsi presque totalement, en particulier si l'altitude du lac est supérieure à celle de la limite des zones

boisées. Il convient de signaler également que dans chaque pays alpin, on a renoncé à équiper maint site, pourtant favorable à l'implantation d'un réservoir d'accumulation, dans certaines vallées ou massifs de montagne jugés particulièrement dignes d'être maintenus dans leur intégrité naturelle. Nous citerons, entre autres, les profondes concessions aux exigences des sites ayant marqué l'aménagement des forces motrices de l'Engadine, en Suisse, celles de la vallée de Krimml, en Autriche, ou de la Wochein en Yougoslavie, enfin celles de la région du Gran Paradiso en Italie ou du Parc National de la Vanoise en Savoie (Lac de la Glière). Quant aux barrages eux-mêmes, dont chaque type est représenté dans les Alpes par les ouvrages les plus importants d'Europe, ils constituent une source d'attraction supplémentaire pour le tourisme, en tant qu'impressionnants témoins de notre civilisation technique. La forme de leur architecture symbolise la domestication de forces gigantesques et illustre combien les hydrauliciens aspirent à se faire une alliée de la nature pour la conservation de leurs ouvrages, en approfondissant les recherches et en multipliant les observations pour explorer aussi bien les risques que les secours qu'ils peuvent en attendre: C'est là l'attachement à la nature dans le meilleur sens du terme.

Nous évoquerons, pour terminer, un autre aspect de ces aménagements qui pénètrent jusque dans les régions les plus reculées de la montagne, à savoir les nouvelles perspectives économiques et l'amélioration des moyens d'existence qu'ils apportent à une population montagnarde habituée à lutter, plus âprement qu'ailleurs, pour son existence. Ces aménagements contribuent ainsi à enrayer efficacement l'exode de cette population, grâce notamment à la création de routes, de voies ferrées, de téléphériques, de lignes de transport d'énergie, de logements qui sont autant de biens d'équipement durables, légués par les chantiers de montagne essentiellement tributaires de problèmes d'accessibilité et de transport. Il faut également porter au crédit de ces aménagements les travaux de consolidation des rives entrepris sur les cours d'eau et les torrents pour la protection des ouvrages, ainsi qu'une réduction notable des charges d'entretien résultant de la rétention des débits de crues dévastateurs et de la diminution concomitante des coulées de boue et de pierres. Par ailleurs, le produit des redevances de concession, des droits d'eau, des impôts communaux, de même que la fourniture d'énergie gratuite ou à tarif préférentiel ainsi que la création d'emplois nouveaux — sans bouleversement des structures démographiques tel que le produirait l'industrialisation — et les économies de subventions contribuent à renforcer le potentiel économique, lequel se conjuguant avec l'accroissement général du revenu national favorise le développement de l'agriculture, de l'élevage du repeuplement forestier etc., sans compter l'industrie du tourisme déjà évoquée. Les effets bénéfiques de telles activités animant les zones faiblement peuplées sont partout mis en évidence dans les vallées intéressées et il paraît évident que l'équipement hydroélectrique réalisé au cours des décennies écoulées a apporté des avantages sur le plan social qui, autrement, auraient été à la charge des pouvoirs publics. Il convenait de souligner cet aspect positif, qui montre jusqu'à quel point les aménagements encore à venir peuvent être appelés «à buts multiples».

L'auteur se fait enfin un devoir de remercier cordialement tous ceux qui, mettant toute la documentation néces-

5. Schlussbetrachtungen

Der im vorstehenden gegebene Gesamtüberblick beleuchtet eindrücklich, wie der Ausbau der Alpenwasserkraft mit seinen Speichern in noch vor wenigen Jahrzehnten ungeahntem Ausmass in die Alpentäler eingegriffen hat und — wiewohl in wesentlich geringerem Umfang — auch künftig noch eingreift. Hat dieser Ausbau doch eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für die Staaten des Alpenraumes, da die industriereichen Gebiete rings um die Alpen gar nicht oder nur in bescheidenem Umfang über andere Energiequellen aus eigenen Bodenschätzen verfügen. Der damit geschaffene und noch entwicklungsfähige Wasserkraftschatz in der Grösse von derzeit rund 80 Mrd. kWh Jahresdargebot stellt somit ein wertvolles, krisenfestes Gut im Herzen Mitteleuropas dar, dessen Betriebsstoff die Natur stets von neuem schenkt, ohne Verschmutzung der Luft oder der Vorfluter.

Die damit verbundenen Eingriffe in die Hochgebirgslandschaft haben unvermeidlich deren Ursprünglichkeit tangiert, wobei der Wasserentzug in Talstrecken, die früher den prachtvollen Anblick energiegeladener schäumender Wildbäche boten, zweifellos eine vom Naturfreund bedauerte Einbusse bedeutet. Wenn aber auf der landschaftlichen Seite positive Ergebnisse zu verzeichnen sind, dann gerade in der Schaffung der zahlreichen grossen Stauseen. Wie unsere Bilder zeigen, fügen sie sich in den meisten Fällen gut in die umgebende Bergwelt und ergänzen den natürlichen Reichtum wechselnder Eindrücke zwischen Baum, Fels und Eis durch ihre weiten leuchtenden Wasserflächen. Mit dem Hineinwachsen in die Landschaft, dem Vernarben der durch den Bau entstandenen Wunden und dem Ansetzen natürlicher Patina nimmt die Einordnung zu. Durch verständnisvolle Massnahmen bei Planung und Bau kann sie fühlbar unterstützt werden. Die kulturelle Verpflichtung, die mit dem Bauen in den schönsten Teilen unseres überbevölkerten Kontinents verbunden ist, ist mit der Ausdehnung des Wasserkraftausbaues auf immer neue Gebiete allenthalben gewachsen und wird in allen Alpenländern als solche empfunden. So lässt sich für den jüngeren Zeitabschnitt unserer Ueberschau feststellen, dass vielerorts dem Landschaftsschutz die gebührende Rücksicht gewidmet wurde. Mehr als früher hat man für die Wiederherrichtung der durch den Bau in Mitleidenschaft gezogenen Umgebung der Sperrbauwerke durch Beseitigung der Reste von Baustelleneinrichtungen, Geländeangleichungen und Anpflanzungen gesorgt. Die neuzeitlichen Mittel der humuslosen Begrünung bieten dazu wertvolle Hilfen. Es ist nur gut, wenn die Mehrzahl der Besucher dies stärker als Visitenkarte der jeweiligen Bauherrschaft wertet als etwa architektonische Heraushebung der Kraftwerke.

Die Zunahme der Grossbauten mit Seen, die durch ausgedehnte Beileitungen, oft unter Zupumpen aus tieferen Horizonten, gefüllt werden, hat die erfreuliche Nebenwirkung, dass die Seen so frühzeitig einen guten Füllungsgrad erreichen, dass zur sommerlichen Reisezeit die unschönen nackten Uferstreifen stark zurücktreten. Hängt doch deren Eindruck sehr von der Grösse der vorhandenen Wasserfläche ab, und oberhalb der Baumgrenze spielen sie ohnehin eine geringere Rolle. In allen Alpenländern hat man zudem in besonders der unberührten Erhaltung würdigen Tälern und Berggruppen auf die Nutzung und den Ausbau manch günstiger Speichermöglichkeiten verzichtet. Erinnert sei hier an die weitgehenden landschaftlichen Zugeständnisse beim Ausbau der Engadiner Kraftwerke in der Schweiz, an das Krimmler Tal in Oesterreich, die Wo-

chein in Jugoslawien, das Giebiet des Gran Paradiso-Nationalparks in Italien und des Vanoise-Nationalparks (Lac de la Glière) in Savoyen. Was die grossen Sperrbauwerke betrifft, deren bedeutendste europäische Vertreter aller Typen heute in den Alpen stehen, so üben sie als eindrucksvolle Zeugen unseres technischen Zeitalters eine zusätzliche Anziehung auf die sommerlichen Besucherscharen aus. In ihrer Formgebung drücken sie die Bändigung riesiger Kräfte aus und das Bestreben der Wasserbauingenieure, die Natur als Bundesgenossen für den Bestand der Werke zu gewinnen, ihre Gefahren wie ihre Hilfen immer besser zu erforschen und zu beachten, Naturverbundenheit im besten Sinne.

Einer anderen Seite der Errichtung solch gewaltiger Werke in einsamen, entlegenen Gebirgsgegenden soll abschliessend noch gedacht werden, nämlich der zusätzlichen wirtschaftlichen Möglichkeiten und der Erweiterung der Existenzgrundlage, welche die um ihren Lebensunterhalt härter als anderwärts ringende Bergbevölkerung durch sie gewinnt, womit der Höhenflucht wirksam begegnet wird. Das Bauen im Gebirge ist weitgehend ein Transportproblem und die Erschliessung der Baustellen durch Strassen, Bahnen, Aufzüge, Versorgungsleitungen und Unterkünfte, sowie die Verbesserung des Verkehrs sind ein bleibender Gewinn. Ebenso Verbauungsmassnahmen an Flussläufen und Wildbächen zum Schutze der Anlagen und verminderte Instandhaltungslasten durch Verminderung von Murgängen und Rückhalt schädlicher Hochwässer. Konzessionsgebühren, Wasserzinsen, den Gemeinden zufließende Steuern, Lieferung von Gratis- und Vorzugsenergie, die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze — ohne Eingriffe in die soziale Struktur wie bei der Industrialisierung — Ersparnisse an Wohlfahrtsaufwand stärken die Leistungskraft, und im Verein mit der Hebung des allgemeinen Volkseinkommens können die Land- und Alpwirtschaft ausgedehnt und intensiviert, Aufforstungen durchgeführt werden u. a. m. Stets gefördert wird, wie bereits erwähnt, der Fremdenverkehr. Die segensreichen Wirkungen einer solchen weitgreifenden Belebung der dünnbevölkerten Gebirgsregionen sind heute in den betreffenden Talschaften allenthalben feststellbar. Der Wasserkraftausbau der letzten Jahrzehnte hat dabei volkswirtschaftliche Leistungen vollbracht, die andernfalls die öffentliche Hand in erheblichem Masse belastet hätten. Dies ist zu würdigen, wenn künftig noch neue Werke verwirklicht werden sollen, die mehr als bisher als Mehrzweckanlagen gesehen werden müssen.

Zum Schluss bleibt dem Verfasser die angenehme Pflicht, allen jenen aufrichtig zu danken, die durch Auskünfte und die Beistellung von Abbildungen zum Gelingen der Aufgabe beigetragen haben, ein vollständiges Bild des jüngsten Standes des Speicherbaues im Alpenraum mit authentischen Daten zu geben. Dieser Dank gilt insbesondere dem Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband und seinem Direktor, dipl. Ing. G. A. Töndury, der dem Thema besonderes Interesse und weitgehende Unterstützung entgegenbrachte, und dem Schweizerischen Nationalkomitee für Grosse Talsperren, in Frankreich der Electricité de France in Paris, Marseille und Mulhouse, die auch die Uebersetzung ins Französische betreute, in Italien dem Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) mit seinen Compartimenti Torino, Milano, Venezia und den verschiedenen Stadtwerken, den österreichischen Landes- und Sondergesellschaften und den Oesterreichischen Bundesbahnen, schliesslich der Elektroprojekt Ljubljana und der Obersten Baubehörde im Bayerischen Ministerium des Innern.

saire à sa disposition, ont permis de mener ce travail à bonne fin et de présenter ainsi un panorama complet des bassins alpins, authentique dans ses caractéristiques. Ces remerciements s'adressent tout d'abord à l'Association Suisse pour l'Aménagement des Eaux et à son directeur, Monsieur Töndury, Ingénieur passionné par le sujet et dont le concours nous a été précieux, puis au Comité National Suisse des Grands Barrages, à Electricité de France à Paris, Marseille et Mulhouse, qui a également

assuré la traduction française, en Italie à l'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL) et ses subdivisions de Turin, Milan et Venise, ainsi qu'à diverses sociétés d'usines municipales, en Autriche aux diverses Sociétés nationales et régionales ainsi qu'à la Société de Chemins de Fer, en Yougoslavie à la Société des Projets Hydroélectriques de Ljubljana et à la Direction des Travaux au Ministère de l'Intérieur de Bavière.

6. BIBLIOGRAPHIE

(Succession par ordre géographique, c.à.d. suivant les descriptions dans le texte)

6.1 Bücher (Sammelwerke, Statistiken)

6.1 Livres (compilations, statistiques)

- Commission Internationale des Grands Barrages: Registre Mondial des Barrages — World Register of Dams, Vol I Europe. Paris 1963 (avec compléments 1967 et 1970)
- Deutsches Nationales Komitee der Internationalen Kommission für Grosse Talsperren und Deutscher Verband für Wasserwirtschaft: Talsperren, Wasserkraft- und Pumpspeicherwerke in der Bundesrepublik Deutschland. Verlag W. Ernst und Sohn, Berlin/München 1967
- Frohnholzer, J.: Systematik der Wasserkräfte der Bundesrepublik Deutschland, Stand 1962. Selbstverlag d. Bayerische Wasserkraftwerke AG, München 1963
- Osterreichische Staubeckenkommission und Osterreichischer Wasserwirtschaftsverband: Statistik 1961 (bearbeitet v. H. Grengg). Schriftenreihe «Die Talsperren Osterreichs» H. 12, Springer-Verlag Wien 1962 (mit Lit.-Angaben)
- Austrian National Committee of the ICOLD and Osterreichischer Wasserwirtschaftsverband: Large Dams in Austria. Wien 1964
- Kraftwerke Europas, Bd. 2 Osterreich. Verlag A. F. Koska, Berlin-Wien 1969
- ANIDEL: Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani. Vol. II, III, IV, VI, VII, Milano 1951—53
- Ente Nazionale per l'Energia Elettrica (ENEL): Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici; alcune realizzazioni dell'ultimo ventennio. Roma 1970
- Ministero dei Lavori Pubblici: Grandi Dighe Italiane, Roma 1961
- Società Edison: Le Groupe Edison, Milano 1959
- Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband: Wasserkraftnutzung und Energiewirtschaft der Schweiz. Verbandschr. Nr. 33, Zürich 1956, Ergänzung 1963
- Comité National Suisse des Grands Barrages: Comportement des Grands Barrages Suisses. — Behaviour of Large Swiss Dams. Selbstverlag d. CNSGB, Bern 1964 (mit reichhaltigen Schrifttumsangaben)
- Swiss National Committee on Large Dams: Concrete and Earth Dams in Switzerland To-day. Zürich 1967 (zum IX. Internationalen Talsperren-Kongress Istanbul 1967)
- Ministère de l'Industrie, Direction du Gaz et de l'Electricité: Centrales hydrauliques, réservoirs et centrales thermiques en France; Statistique au 1er jan. 1964, Paris 1965
- Link, H.: Die Speicherseen der Alpen. SWV-Verbandschr. Nr. 31, Zürich 1953
- Association suisse pour l'aménagement des eaux: Forces hydrauliques et économie énergétique de la Suisse. Publication no. 34, Zurich 1957, complément 1963
- Flemming, H. W.: Energie für die Welt, Grosse Talsperren in fünf Kontinenten. Ehrenwirth-Verlag, München 1967
- Tauernkraftwerke AG: Die Oberstufe Glockner-Kaprun. Festschrift im Eigenverlag, Salzburg 1955
- Biller, J. H. und K. Stolte: Die Seen der Schweiz. Verlag F. Bruckmann, München 1967
- Gygli F. et G. Bolomey: Grande Dixence. Editions Marguerratt, Lausanne 1961 (Bildband 199 S.)

6. SCHRIFTTUM

(Anordnung geographisch, d. h. in Reihenfolge der Beschreibungen im Text)

Stiny, J.: Die baugeologischen Verhältnisse der österreichischen Talsperren. Schriftenreihe des ÖWWV «Die Talsperren Österreichs» H. 5, Wien 1955

Gignoux M. et R. Barbier: Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques. Masson et Cie, éditeurs, Paris 1955

Hartig, E.: Internationale Wasserwirtschaft und internationales Recht. Schriftenreihe des ÖWWV H. 28/29, Wien 1955

6.2 Zeitschriftenaufsätze

6.2 Articles parus dans des périodiques

Verwendete Abkürzungen — Abréviations employées

WEW	Wasser- und Energiewirtschaft/Cours d'eau et énergie, Baden
SBZ	Schweizerische Bauzeitung, Zürich
ÖWW	Osterreichische Wasserwirtschaft, Wien
ÖZE	Osterreichische Zeitschrift für Elektrizitätswirtschaft, Wien
EE	l'Energia Elettrica, Milano
CIGB	Congrès International des Grands Barrages
ICOLD	International Congress on Large Dams

Deutschland — Allemagne

Frohnholzer, J.: Der Speicher Rosshaupten als Hauptglied für den Rahmenplan des Lechs. Die Wasserwirtsch. 43 (1953), H. 7 u. 8, S. 167/177, 199/205

Kraus, J.: Der Hochwasserspeicher am Sylvenstein. Bautechnik 35 (1958), H. 6 u. 8

Lorenz, W.: Der Staudamm am Sylvenstein mit Dichtungsschürze. Bautechnik 35 (1958), H. 6

Altlinger, L.: Sylvensteinspeicher mit Deutscher Alpenstrasse, Deutsche Bauzeitschr. 1960, H. 3

Lorenz, W.: Messungen und Beobachtungen am Sylvenstein-Staudamm. Die Wasserwirtsch. 56 (1966), H. 2

— Der Hochwasserspeicher im oberen Wertachtal bei Haslach. Wasser und Boden 1960, H. 7/8, S. 216/17

Osterreich — Autriche

Link, H.: Neuere Talsperrenbauten in Osterreich. Bautechnik 30 (1953) H. 2, 4, S. 42/50, 96/103

Bamber, G. R.: Large-scale pumped storage. (Vorarlberger Illwerke system) Water Power 11 (1959), Nr. 8, 9, p. 280/294, 327/334

Falger: Die Wasser- und Energiewirtschaft des Lünenseewerks. ÖWW 12 (1960), H. 12

Ganser, O.: Lünenseewerk — Der Lünensee und das Projekt der Stau-mauer. ÖWW 13 (1961), H. 2

Ganser, O.: Lünensee dam, sealing of the ridge closing the lake basin. X. ICOLD Montreal 1970, Vol. II, R. 16/Q. 37, p. 277/286

Ammann, A.: Der Speicher Kops der Vorarlberger Illwerke. ÖWW 15 (1963), H. 3/4, S. 41/55

Falger, A.: Der Speicher Kops der Vorarlberger Illwerke. ÖZE 20 (1967), H. 4, S. 109/113

Ruttner, A.: Anwendung von vorgespannten Felsankern bei der Erhöhung der Spullersee-Talsperren. SBZ 84 (1966), H. 4, S. 83/88

Ruttner, A.: The lightening of dams by the use of prestressed anchors and the problems arising from this method of construction (Spullersee-dams). IX. ICOLD Istanbul 1967, Vol. V, C. 22, p. 639/652

Weigl, H.: Das Kavernenkraftwerk Braz der ÖBB. Österr. Bauzeitschr. 9 (1954), H. 5, S. 89/94

Lauffer, H.: Das Kaunertalkraftwerk. ÖWW 20 (1968), H. 7/8

Lauffer, H., E. Neuhauser und W. Schober: Uplift responsible for the slope movements during the filling of the Gepatsch reservoir. IX. ICOLD Istanbul 1967, Vol. I R. 41/Q. 32, p. 669/693

Lauffer, H.: Wasserkraft im Bundesland Tirol. ÖWW 21 (1969), H. 9/10

Nyvelt, F.: Der Durlassboden mit dem Kraftwerk Funsingau und die erhöhte Bedeutung des Kraftwerkes Gerlos. ÖZE 21 (1968), H. 8, S. 374/376 (Sonderheft Durlassboden)

Kropatschek, H.: Der Entwurf des Durlassbodendammes. ÖZE 21 (1968), H. 8, S. 381/391

Mignon, K.: Zur Geologie im Raume der Oberstufe des Gerloskraftwerkes. ÖZE 21 (1968), H. 8, S. 391/397

Kropatschek, H. und K. Rienössl: Die Untergrunddichtung des Durlassbodendammes. ÖZE 21 (1968), H. 8, S. 420/427

Kropatschek, H. et K. Rienössl: Travaux d'étanchement du sous-sol du barrage de Durlassboden. IX. CIGB, Istanbul 1967, Vol. I, R. 42/Q. 32, p. 695/713

Nyvelt, F.: Die Zemmkraftwerke. ÖZE 19 (1966), H. 3

Kropatschek, H.: Der Bau der Zemmkraftwerke. ÖWW 21 (1969), H. 5/6

Breth, H. und K. Günther: Die Anwendung von Entspannungsbrunnen zur Verhütung von Erosionsschäden beim Erddamm Eberlaste. Bauing. 42 (1967), H. 8, S. 273/278

Kropatschek, H. und K. Rienössl: The vertical asphaltic concret core of earth-fill dam Eberlaste of the Zemm hydroelectric scheme. X. ICOLD Montreal 1970, Vol. I, R. 11/Q. 36, p. 189/206

Fischer: Die Weisseesperre der Österreichischen Bundesbahnen. ÖWW (1954), H. 3, S. 93/94

Dvorak, F.: Die neue Tauernmoosperre. ÖZE 23 (1970), H. 1, S. 1/6

Schwarz, W. und G. Judtman: Das Speicherbecken des Kraftwerks Schwarzach. ÖZE 12 (1959), H. 2, S. 63/69

Fischer, E. und G. Spaun: Baugeologische Erkundungen auf der Waghochfläche. Geologie und Bauwesen 27 (1962), H. 2

Feiner, A. und E. Frystatzki: Das Speicherbecken des Ennskraftwerkes Hiefiau. STRABAG-Schriftenreihe 7. Folge (1964), Nr. 1, S. 183/193

Posch, E. und A. Wintersteiger: Die Steindamm-Talsperre am Rotgüldenensee. Österr. Ing.-Zeitschr. 1959, H. 2, S. 64

Steinböck, W.: Planung und Bau des Winterspeicherwerkes Reisseck-Kreuzeck. ÖZE 13 (1960), H. 6, S. 243/255 (Sonderheft Reisseck-Kreuzeck)

Horninger, G.: Baugeologisches aus der Kraftwerkgruppe Reisseck-Kreuzeck. ÖZE 13 (1960), H. 6, S. 260/264

Steinböck, W., W. Finger und W. Heschl: Staumauern und Staudammanlagen der Speicherstufe Reisseck. ÖZE 13 (1960), H. 6, S. 272/289

Neuhauser, E.: Die Seeanstiche der Speicherstufe Reisseck. ÖZE 13 (1960), H. 6, S. 289/296

Magnet, E. und K. Klemm: Slab facing of Grosser Mühlendorfersee dam of the Reisseck-Kreuzeck winter storage plant. X. ICOLD Montreal 1970, Vol. IV, R. 19/Q. 39, p. 397/413

Grenng, H.: Die wichtigsten Werkdaten der Kraftwerksgruppe Fragant der Kärntner Elektrizitäts-AG. ÖZE 22 (1969), H. 10, S. 435/444 (Sonderheft Fragant)

Kiessling, H.: Planung und Ausführung der Kraftwerksgruppe Fragant. ÖZE 22 (1969), H. 10, S. 449/461

Wellacher, H.: Erschliessungsprobleme beim Kraftwerksbau im Hochgebirge. ÖZE 22 (1969), H. 10, S. 475/479

Kärntner Elektrizitäts-AG: Das Kraftwerk Freibach. ÖZE 12 (1959), H. 4

Fischer, E.: Der Speicher Moln als Kernstück der Wasserkraftplanung zwischen Steyr und Enns. ÖWW 13 (1961), H. 11, S. 268

Pepelnik, F.: Die weiteren Bauvorhaben der Ennskraftwerke AG. ÖZE 21 (1968), H. 5, S. 243/251

Magnet, E.: Das Winterspeicherwerk Inneres Maltatal-Kolbnitz. ÖZE 19 (1966), H. 6, S. 285/289

Grenng, H.: Die Sicherheit von Talsperren. Die Wasserwirtsch. 57 (1967), H. 7, S. 271/72

Lang, E. und R. Partl: Das Wasserkraftpotential Österreichs. ÖZE 18 (1965), H. 12, S. 457/464

Partl, R. und K. Knauer: Eine Neubestimmung des Wasserkraftpotentials von Österreich. ÖZE 23 (1970), H. 4, S. 113/120

Jugoslawien — Yougoslavie

Semenza, C.: Un caso caratteristico nella costruzione di grandi dighe. EE 17 (1940), Nr. 3 (Sottosella-Podselo)

Töndury, G. A.: Weltkraftkonferenz in Wien 1956 und Studienreise in Jugoslawien. WEW 49 (1957), Nr. 1, S. 1/22

Duddeck, H.: Der Ausbauzustand der jugoslawischen Draukraftwerke 1953/54. Die Wasserwirtsch. 44 (1953/54), H. 9, S. 237/240

Jevdjewitch, V. M.: Aperçu général sur l'aménagement des eaux et sur l'électrification en Yougoslavie. WEW 50 (1958), Nr. 5/6/7, S. 160/174

Filipovic, B.: Die Elektrizitätswirtschaft Jugoslawiens. WEW 50 (1958), Nr. 5/6/7, S. 175/185

Korosec, V.: Wasserwirtschaftliche und energiewirtschaftliche Zusammenarbeit zwischen Österreich und Jugoslawien. ÖWW 15 (1963), H. 9/10, S. 185

Italien — Italie

Ostalpen — Alpes orientales

Töndury, G. A.: Kraftwerksbauten in Norditalien. SBZ 68 (1950), H. 10, 11, 13, 14, S. 121, 133, 170 und 184

Töndury, G. A.: Besuch italienischer Wasserkraftanlagen. WEW 47 (1955), Nr. 8, S. 175/200

Gut, W.: Wasserkraftanlagen in den Ost- und Westalpen und im Massif Central. SBZ 73 (1955), H. 28, 29, 30, S. 429, 443, 455, SBZ (1956), H. 34, 35, 43, 44, 46, 47, 48, 51, S. 505, 519, 655, 669, 708, 715, 731, 784

Gruner, E.: Studienreise nach Nordost-Italien. WEW 54 (1962), Nr. 1/2, S. 30/38

— L'impianto Medio Tagliamento-Somplago nel sistema idroelettrico del Tagliamento (gruppo occidentale) della SADE. EE 36 (1959), N. 2, p. 145/158

Ognibeni, T.: Die Ausnutzung der Wasserkräfte des Medunatales. Die Wasserwirtsch. 46 (1955/56), H. 7, S. 174/177

— I nuovi impianti sul Cellina della SADE. Impianto del Medio e Basso Cellina. EE 33 (1956), N. 7, p. 781

Leidi, L. R. e C. Zemello: Aporto solido e modifiche dell'alveo del Cellina a monte della diga di Barcis. EE 46 (1969), N. 3, p. 176/183

Semenza, C.: Impianto idroelettrico Piave-Boite-Maè-Vaiont, criteri generali della progettazione e dell'esecuzione. EE 32 (1955), N. 2, p. 97/137

Carpa, U.: Diga di Vodo, criteri di progettazione. EE (1961), N. 6, p. 481

Berghinz e Ghetli: Impianto del Maè. EE 33 (1956), N. 7, p. 677

Tonini, M.: Bacino del Piave, Note idrologiche con particolare riguardo all'impianto idroelettrico Piave-Boite-Maè-Vaiont. EE 33 (1956), N. 8, p. 773

Bamber, G. R.: Some SADE Developments. Water Power 10 (1958), Nr. 4, 5, 6, 7, p. 124/134, 181/189, 212/222, 270/277

Schnitter, G. und E. Weber: Die Katastrophe von Vaiont in Oberitalien. WEW 56 (1964), Nr. 2/3, S. 61/69

Müller, L.: The rock slide in the Vaiont valley. Rock Mechanics and Engineering Geology (Geologie und Bauwesen) 2 (1964), Nr. 3/4

Semenza, C.: Diga della Fedaia, Criteri di scelta del tipo di sbarramento. L'Acqua 1956, N. 7/8, p. 111/116

Caruso B. e M. Pancini: La diga di Maria al Lago, sbarramento secondario in materiale sciolto. Geotecnica 4 (1957), N. 5, p. 221/238

Finzi, D.: Gli impianti dei laghi di Resia ed alcuni nuovi orientamenti costruttivi. L'Elettrotecnica 1950, N. 4, p. 166/181

Finzi, D.: L'impianto di Plima Lasa. EE 34 (1957), N. 7, p. 692/708

Bamber, G. R.: The Plima-Lasa Development. *Water Power* 9 (1957), Nr. 11, p. 405/410

Grenngg, H.: Das Schnalstalwerk Naturns. *Die Wasserwirtsch.* 54, (1964), H. 2, S. 37; s.a. *OZE* 22 (1969), H. 10, S. 567/68

Martinelli, D.: Terreni di fondazione e materiali del rilevato della diga di Vernago. VI. Convegno di Geotecnica, Pisa 1963

— Impianto idroelettrico di Lana d'Adige sul torrente Valsura, della Società di Elettricità (STE). *EE* 33 (1956), N. 9, p. 785/808

— L'impianto idroelettrico di S. Pancrazio sul torrente Valsura. *EE* 35 (1958), N. 1, p. 47/63

— L'impianto idroelettrico di S. Valburga della Società Trentina di Elettricità S.p.A. *EE* 37 (1960), N. 12b, p. 1184

Dolcetta M. e A. Chiari: Formazioni moreniche e fluvio-glaciali quali terreni di imposta di due dighe in Val d'Ultimo. *Geotecnica* 11 (1964), p. 117/124

Dolcetta M. et A. Chiari: Dispositif de fondation d'un barrage en terre reposant sur une assise perméable d'une épaisseur remarquable. IX. CIGB Istanbul 1967, Vol. I, R. 51/Q. 32, p. 831/847

Rebaudi, A.: L'impianto idroelettrico di Pracomune sul Rio Pracomune nel bacino del Torrente Valsura. *EE* 46 (1969), N. 7, p. 499/515

Marcello, C.: Un nuovo tipo di diga per terreni fortemente compressibili. *Geotecnica* 4 (1957), N. 4, p. 164/176

— Concrete-block dams for highly compressible foundations. *Water Power* 13 (1961), Nr. 6, 7

Candiani, G.: Système de puits et de galeries en profondeur pour l'exécution du diaphragme d'étanchéité au barrage de Pian Palù. VII. CIGB, Roma 1961, R. 114/Q. 25

Venzo, G.: Ricerche geologiche relative all'impianto idroelettrico di S. Floriano d'Egna (Bolzano). *EE* 34 (1957), N. 4, p. 332/350

Harrauer, F. e G. Zanella: L'impianto idroelettrico del Leno, dell'Azienda Generale Servizi Municipalizzati del Comune di Verona. *EE* 37 (1960), N. 1, p. 35/51

Zanella, G. e M. Semenza: La costruzione della diga di Speccheri sul torrente Leno di Vallarsa. *EE* 38 (1961), N. 4, p. 347/370

Sala, S. e G. Zanella: Gli impianti idroelettrici del torrente Leno di Terragnolo, Rio Cavallo di Folgaria e basso Leno di Vallarsa delle Aziende Elettriche Municipalizzate di Rovereto e Verona. *EE* 44 (1967), N. 1, p. 36/54

Bamber, G. R.: The Sarca-Molveno scheme. *Water Power* 10 (1958), Nr. 9, 10, p. 326/334, 368/376

— Impianto idroelettrico da Bissina a Boazzo sul Chiese, già della Società Idroelettrica Alto Chiese. *EE* 40 (1963), N. 10, 11, p. 791, 851

— Impianto idroelettrico da Boazzo a Cimego sul fiume Chiese, già della Società Idroelettrica Alto Chiese. *EE* 41 (1964), N. 1, p. 1/36

Bamber, G. R.: The Alto Chiese Development. *Water Power* 9 (1957), Nr. 8, 9, p. 283/291, 324/334

Contessini, F., R. Ramacciotti e P. Gavazzi: La détérioration des parements de certains barrages des Alpes; observations et mesures prises pour leur réfection. IX. CIGB Istanbul 1967, Vol. III, R. 48/Q. 34, p. 805/832

Carati, F.: L'impianto di Premadio. *EE* 35 (1958), N. 3, p. 257/278

Contessini, F. et G. Oberti: La nuova diga di Cancano ad arco-gravità per costruzione in due tempi. *EE* 36 (1959), N. 5, 6, p. 397/413, 514/535

Contessini, F.: La nuova diga di Fusino del tipo a speroni tracimabile. *EE* 38 (1961) N. 7, p. 577

Barioli, E.: Mesures prises pour assurer la stabilité et l'étanchéité des rives du réservoir de Valgrosina de l'aménagement hydroélectrique de Grosio. IX. CIGB Istanbul 1967, Vol. I, R. 50/Q.32, p. 819/829

Barioli, E.: Impianto idroelettrico di Premadio; derivazione dal torrente Spöl. *EE* 43 (1966), N. 1, p. 20/37

Scalabrini, M., G. Carugo e L. Carati: Determination in situ of the state of the Frera dam foundation rock by the sonic method, its improvement by consolidation grouting and verification of the result by again using the sonic method. VIII. ICOLD Edingburgh 1964, Vol. I, R. 31/Q. 28, p. 585/600

— Gli impianti della Valmalenco. *L'Elettrotecnica* 52 (1965), N. 4, p. 311/314

Gentile, G.: Gli impianti della Valmalenco e la diga di Alpe Gera. *Costruzioni* 1965, N. 4, p. 575

Link, H.: Die Speicher- und Pumpspeicherwerke Campo Moro und Lanzada im Veltlin. *Die Wasserwirtsch.* 60 (1970), H. 4, S. 132/133

Westalpen — Alpes occidentales

Chavaz, F.: Voyage d'études dans le nord-ouest de l'Italie. *WEW* 54 (1962), Nr. 1/2, S. 16/29

— L'impianto idroelettrico di Andonno. *L'Elettrotecnica* 53 (1966), N. 2, p. 111/113

— Gli impianti dell'A. E. M. di Torino in corso di ultimazione. *L'Elettrotecnica* 38 (1951), N. 6

Rebaudi, A.: Utilizzazione idroelettrica del torrente Buthier (Aosta), Diga di Place Moulin. *Ingegneria Ferroviaria*, 1962, N. 6

Rebaudi, A.: Utilizzazione idroelettrica del torrente Buthier e diga di Place Moulin. *L'Elettrotecnica* 55 (1968), N. 11

— L'impianto idroelettrico del Sabbione-Morasco nel bacino del Toce della Società Edison. *EE* 31 (1954), N. 9, p. 701/707

Mantovani, E.: I concetti informativi del progetto con accumulo per pompaggio del Lago Delio. *EE* 45 (1968), N. 3, p. 194/219

Ognibeni T. e S. Venzo: Indagini geologiche e geotecniche per l'impostazione di diga in terra e serbatoio idrico nella zona di Moiola (Valle Stura di Demonte-Cuneo). *Rivista di Ingegneria* 1 (1950), N. 10, p. 1131/1140

Schweiz — Suisse

Ostalpen — Alpes orientales

Zingg, W.: Der Staudamm Castiletto des Juliawerkes Marmorera. *SBZ* 71 (1953), H. 33, S. 470/475

Kalt, L.: Die Kraftwerkgruppe Valle di Lei-Hinterrhein. *SBZ* 75 (1957), H. 5 u. 6, S. 65 u. 79

Spörri, O.: L'aménagement hydroélectrique du Rhin postérieur. *Le Génie Civil*, 1959, p. 149/158

Bamber, G. R.: The Hinterrhein development. *Water Power* 14 (1962), Nr. 9, 10, 11, 12, p. 339/348, 405/411, 425/433, 466/474

Steinemann, H.: Die Kraftwerke am Hinterrhein. *Terra Grischuna* 26 (1967), Nr. 5, S. 289/291

Philippin, M.: Wasserkraftnutzung des Inns und seiner Seitenbäche. *Bull. SEV* 48 (1957), Nr. 22, S. 973/980

Spaeni, A.: Das Projekt der Engadiner Kraftwerke. *SBZ* 81 (1963), H. 13, 14, S. 197/204, 213/219

Philippin, M.: Die Engadiner Kraftwerke. Geschichtlicher Rückblick auf die Entstehung der Engadiner Kraftwerke. *WEW* 59 (1967), Nr. 6/7, S. 223/230; s. a. *WEW* 50 (1958) Nr. 11, S. 305/322

Ingenieurgesellschaft EKW: Die in Ausführung stehende Kraftwerkgruppe der Engadiner Kraftwerke AG/EKW. *WEW* 59 (1967), Nr. 6/7, S. 230/247

Zingg, W.: Die Bergeller Kraftwerke der Stadt Zürich. *WEW* 51 (1959), S. 183/190

— Die Bergeller Kraftwerke der Stadt Zürich. *Terra Grischuna* 30 (1961), S. 233/258, 56 B

Töndury G. A.: Probleme und Bedeutung der Wasserkraftnutzung im Hochgebirge. *Die Wasserwirtsch.* 59 (1969), H. 8, S. 215/220

Westalpen — Alpes occidentales

Hürzeler, H.: Die Projekte der NOK für die Kraftwerke Vorderrhein. *WEW* 48 (1956), Nr. 4, S. 72/86

Thut, M.: Die Kraftwerke Vorderrhein. *Terra Grischuna* 26 (1967), Nr. 5, S. 285/288

Nordostschweizerische Kraftwerke (B. Bretscher, H. Grossmann, J. Leuenberger, W. Schneider, Ch. Venzin und E. Weber): Kraftwerkbau am Hinterrhein. *WEW* 62 (1970), Nr. 7/8, S. 199/218

Kohn, M.: Staumauer und Seekraftwerk Zervreila. *WEW* 48 (1956), Nr. 7/8, S. 170/177

Hürzeler, H.: Das Projekt der Kraftwerke Linth-Limmern. *WEW* 50 (1958), Nr. 3, S. 47/54

Töndury, G. A.: Wasserkraftnutzung im Einzugsgebiet Linth-Limmat. *WEW* 54 (1962), Nr. 8/9/10, S. 297/308

Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse S. A.: Les voiles d'injection du barrage de Limmernboden. X. CIGB Montreal 1970, Vol II, R. 6/Q. 37, p. 101/121

- Eggenberger, W.: Die Kraftwerkgruppe Göschenen. WEW 50 (1958), Nr. 8/9, S. 234/241 (m. 7 Lit. Hinw.)
- Schnitter, G. und J. Zeller: Geotechnische Untersuchung des Untergrundes für den Staudamm Göschenalp. WEW 50 (1958), Nr. 8/9, S. 242/248
- Eichenberger, H.: Das Kraftwerk Melchsee-Frutt. WEW 48 (1956), Nr. 10, S. 299/305
- Kraftwerke Oberhasli AG: Der Ausbau der Wasserkräfte im Gental und Gadmental mit Kraftwerk Führen. SBZ 79 (1961), H. 44, 45, S. 755/761, 781/787
- Pernet, R. et R. Dumont: Aménagement de la chute Arnon-Diablerets; les ouvrages de Génie Civil. Bull. Techn. Suisse Rom. 86 (1960), p. 22
- Lambert, R.-H.: L'aménagement hydro-électrique de l'Hongrin. Bull. Techn. Suisse Rom. 89 (1963), Nr. 11, p. 229/235
- Compagnie d'Etudes de Travaux Publics S. A.: L'aménagement hydro-électrique Hongrin-Léman. WEW 58 (1966) Nr. 8/9, S. 225/233
- Stutz, R. O. and H. Gicot: The Gebidem dam of the hydro-electric scheme at Bitsch. SWV-Verbandschr. Nr. 42, 1970, S. 45/66 (english, français, deutsch)
- Oberlé, R., Ch. Dubas, A. Gardet, J. Charpié et J. P. Decoppet: Protection contre l'ensablement du bassin d'accumulation de l'aménagement hydro-électrique de la Massa. IX. CIGB Istanbul 1967, Vol. II, R. 37/Q. 33, p. 665/688
- Rambert, O. und W. Würth: Baufortschritt bei den Anlagen der Kraftwerke Mattmark. WEW 56 (1964) Nr. 8, S. 225/238
- Gilg, B.: Das Projekt des Dichtungsschirmes unter dem Staudamm von Mattmark. SBZ 79 (1961), H. 35, S. 609
- Erdbaumechanische Probleme bei der Projektierung und beim Bau des Staudammes Mattmark. SBZ 83 (1965), H. 11, S. 169/178
- Apparition de fissures dans la digue de Mattmark. X. CIGB Montreal 1970, Vol. I, R. 11/Q. 36, p. 189/206
- Robert, A.: L'aménagement de la Gougria; les caractéristiques générales de l'aménagement et les ouvrages d'adduction et de dérivation. SBZ 80 (1962), H. 15, 16, 17, S. 249/255, 276/280, 289/296
- Stucky, J.-P. et F. Panchaud: L'aménagement hydro-électrique de la Gougria. Les barrages de Moiry et de Tourtemagne. SBZ 80 (1962), H. 20, 21, 23, S. 335/342, 353/356, 401/404
- Philippin, M.: Le nouvel aménagement hydro-électrique de la Lienne. WEW 47 (1955), Nr. 5/6/7/8, S. 165/169
- Grande Dixence S. A.: Aménagement hydro-électrique de la Grande Dixence. WEW 47 (1955), Nr. 5/6/7, S. 141/148
- Desmeules, J.: Barrage-poids de la Grande Dixence. WEW 53 (1961), No. 6/7, p. 177/182
- Bamber, G. R.: Grande Dixence. Water Power 15 (1963), Nr. 4/5; p. 145/154, 201/210
- Töndury, G. A.: Einweihung der Wasserkraftanlagen der Grande Dixence. WEW 58 (1966), Nr. 10, S. 265/272
- Stucky, A.: Quelques problèmes relatifs aux fondations des grands barrages; barrages du Mauvoisin et de la Grande Dixence. Comptes Rendus III Congrès Internat. de Mécanique des Sols et des Travaux de Fondations, Zürich 1953, Vol. III; Bull. Techn. Suisse Rom. 80 (1954), Nr. 21 et 22
- Rambert, O. et A. Verrey: L'aménagement de Mauvoisin. WEW 47 (1955), Nr. 5/6/7, S. 149/156
- Bamber, G. R.: Mauvoisin. Water Power 15 (1963), Nr. 6/7; S. 231/236, 295/302
- Rambert, O. et M. Gavard: L'aménagement hydro-électrique de la chute de Mauvoisin. Le Génie Civil 1958, p. 193/205
- Béguin, Ph. et J.-R. Jeanneret: Aménagement de la Dranse d'Entremont; Barrage et galerie en charge de la chute de Pallazuit. WEW 55 (1963), Nr. 8, S. 265/274
- Gicot, H.: Le barrage-coupôle des Toules, sa conception et son comportement. SBZ 83 (1965), H. 42, S. 773/780
- Motor Columbus S. A. — Electricité de France: L'aménagement hydro-électrique franco-suisse d'Emosson. WEW 59 (1967), Nr. 4, S. 109/123
- Schnitter, N. J. and T. R. Schneider: Abutment stability investigations for Emosson arch dam. X. ICOLD Montreal 1970, Vol. II, R. 4/Q. 37, p. 69/87
- Schnitter, N. J.: Emosson arch dam. SWV-Verbandschr. Nr. 42, 1970, S. 83/94 (english, français, deutsch)
- Maggia Kraftwerke AG: Die Maggia Kraftwerke. WEW (1953), Nr. 4/5/6, S. 89/105
- Liechti, W. et W. Haeberli: Les sédimentations dans le bassin de compensation de Palagnedra et les dispositions prises pour le désablement des alluvions. X. CIGB Montreal 1970, Vol. III, R. 3/Q. 38, p. 19/37
- Maggia Kraftwerke AG: Weiterausbau der Maggia Kraftwerke. WEW 56 (1964), Nr. 6, S. 155/164; WEW 60 (1968), Nr. 7/8, S. 217/224
- Liechti, W. et E. Wullimann: Voile d'étanchéité à travers l'écoulement souterrain du lac de Sfundaou pour l'augmentation de sa retenue. X. CIGB Montreal 1970, Vol. II, R. 5/Q. 37, p. 89/99
- Emma, A.: L'aménagement hydro-électrique de la Verzasca S. A. WEW 57 (1965), Nr. 12, S. 449/461
- Lombardi, J.: L'impianto idroelettrico della Nuova Verzasca. Rivista tecnica della Svizzera italiana, 1962, No 4
- Quelques problèmes de mécanique des roches étudiés lors de la construction du barrage de Contra (Verzasca). IX. CIGB Istanbul 1967, Vol. I, R. 15/Q. 32, p. 235/252
- Tresch, P.: Die Erweiterung der wasserbaulichen Anlagen des Kraftwerks Ritom der Schweizerischen Bundesbahnen. WEW 45 (1963), Nr. 4/5/6, S. 105/111
- Konsortium Blenio Wasserkräfte, Locarno: Der Ausbau der Wasserkräfte des Blenioales. WEW 48 (1956), Nr. 1, S. 1/14
- v. a. Rivista tecnica della Svizzera italiana, 1956, No 2 e 1959, No 3
- Blenio Kraftwerke AG: Die Kraftwerkgruppe Blenio. WEW 53 (1961), Nr. 8/9, S. 221/231
- Spaeni, A.: Die Misozer Kraftwerke, WEW 53 (1961), Nr. 8/9, S. 231/241
- Schnitter, N.: Die Talsperren auf Schweizer Gebiet / Gli sbarramenti su territorio svizzero. Terra Grischuna 22 (1963), Nr. 4, S. 211/223
- Stucky, A. et E. Schnitzler: Conceptions actuelles dans la construction des barrages-voûtes en Suisse. Barrages du Châtelot, de Mauvoisin, Moiry, Malvaglia, Nalps, Luzzone, Limmern et Tourtemagne. WEW 53 (1961) Nr. 6/7, S. 183/193
- Gicot, H.: Conceptions et techniques de quelques barrages-voûtes suisses; Barrages de Rossens, Vieux Emosson, Zervreila, Zeuzier, des Toules, de Schiffenen et Gebidem. WEW 53 (1961), Nr. 6/7, S. 194/205
- Rambert, O. und W. Würth: Entwicklungen im Bau von Staudämmen. SBZ 83 (1965), H. 43, S. 795/798
- Rambert, O. et M. Gavard: Sondages, injections et traitement du sous-sol. WEW 53 (1961) Nr. 6/7, S. 151/158
- Fontaine, E.: Projektierte und genutzte Wasserkraft im Einzugsgebiet des Rheins. Terra Grischuna 26 (1967), Nr. 5, S. 271/276
- Blondel, D.: Aménagement du Haut-Valais. WEW 51 (1959), Nr. 11, S. 303/307
- Töndury, G. A.: Wasserkraftnutzung und Naturschutz. WEW 51 (1959), Nr. 8/9/10, S. 246/258
- Müller, R.: Die Frage der Restwassermengen in den für die Wasserkraft genutzten Gewässern. WEW 51 (1959), Nr. 8/9/10, S. 263/270
- Kasser P. und W. Müller: Ueber die Gletscheränderungen seit 1900 in den Schweizer Alpen, mit Hinweisen auf die Bedeutung für die Wasserwirtschaft. WEW 52 (1960), Nr. 8/9/10, S. 224/233

Frankreich — France

- Aménagement de la chute des Sept-Lacs dans le massif de Belledonne (Isère). Le Génie Civil 86 (1925), p. 399/404
- Gain, L.: Les travaux d'extension du canal du Verdon pour l'irrigation de la Provence. La Technique des Travaux 1951 janv./févr. v. a. La Houille Blanche 7 (1952), p. 302/312
- Ligouzat, A., F. Combe et J. Audy: Le barrage de Tignes. Travaux 39, No 247 Suppl., mai 1955, p. 29/40
- Chanez, R.: Barrage en enrochements du lac de la Sassièrre (Savoie). Travaux 48, No 353, avril 1964, p. 190/200
- Aménagement de Roselend — La Bathie. La Houille Blanche 15 (1960), No 3, p. 288/302
- Das Speicherkraftwerk Roselend — La Bathie. SBZ 77 (1959), H. 35, S. 563/566
- Lajéat et J. Orth: Le barrage de Roselend. Travaux, mai 1961
- Orth, J. et M. Belmont: Le barrage d'Aussois — Plan d'Amont. La Techn. des Travaux 1958, nov./déc.

- Chardonnet, E. et R. Therond: Les appuis du barrage de la Gittaz. Travaux 48, No 353, avril 1964, p. 218/222
- Labaye, G. et L. Reynaud: Le barrage du Mont-Cenis, l'aménagement de l'Arc. Travaux 48, No 353, avril 1964, p. 227/236
- Bamber, G. R.: The St. Pierre-Cognet development. Water Power 9 (1957), No 12, p. 452/462
- Tavernier, M. et R. Bourriot: Quelques réflexions sur le barrage de Monteynard. Travaux 52 (1968), mars, p. 273/282
- Faivre d'Arcier G. et J. Conte: La consolidation des appuis du barrage de Monteynard. VIII. CIGB Edinburgh 1964, Vol. I, R. 19/Q. 28, p. 377/390
- Conte J. et R. Chanez: Aménagement de Saint-Georges des Commiers et Champ II sur le Drac, digue de Notre Dame. Travaux 48, No 353, avril 1964, p. 201/208
- Decelle, A. et J. Cabanius: L'équipement de la Durance, vue d'ensemble sur l'aménagement de la Durance. Travaux 39, No 247, Suppl., mai 1955, p. 46/53
- Wolf, P. O.: The Durance Project. Water Power 9 (1957), No 4, 5, 6, 7, p. 146/150, 177/181, 220/224, 260/264
- Guelton, M. et R. Maigre: Le barrage de Serre-Ponçon. Travaux 39, No 247 Suppl., mai 1955, p. 54/61
- Ract-Madoux, X.: Principaux barrages à l'étude à Electricité de France. Travaux 48, No 353, avril 1964, p. 162/170
- Perrot, M. et P. Baldy: Le barrage de Saint-Cassien. Travaux 48, No 353, avril 1964, p. 237/248
- Chaigne, P.: Masque amont en bitume du barrage de Trapan. Travaux 54, No 423, juin 1970, p. 117/121
- Bourgin, Lebreton, Pera, Rueff, Vormeringer, Dauzier, Guilhot, Le May et Terrassa: Considérations sur la conception d'ensemble des ouvrages d'évacuation provisoires et définitifs des barrages. IX. CIGB Istanbul 1967, Vol. II R. 27/Q 33, p. 459/493
- Olivier-Martin, D.: Barrages futurs en Savoie. Travaux 39, No 247, Suppl., mai 1955, p. 41/45
- Adresse des Verfassers:
Regierungsbaumeister a. D. Dipl.-Ing. Harald Link, Lahmeyer International GmbH, Beratende Ingenieure, D-6 Frankfurt/Main 70, Schau-mainkai 17; privat Frankfurt/Main, Vogtstrasse 82

WASSER- UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Schweizerische Monatsschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft, Gewässerschutz und Binnenschifffahrt. Offizielles Organ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes und seiner Gruppen: Reussverband, Associazione Ticinese di Economia delle Acque, Verband Aare-Rheinwerke, Linth-Limmatverband, Rheinverband, Aargauischer Wasserwirtschaftsverband; des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren.

COURS D'EAU ET ENERGIE

Revue mensuelle suisse traitant de la législation sur l'utilisation des eaux, des constructions hydrauliques, de la mise en valeur des forces hydrauliques, de l'économie énergétique, de la protection des cours d'eau et de la navigation fluviale. Organe officiel de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux et de ses groupes, du Comité National Suisse des Grands Barrages.

HERAUSGEBER und INHABER: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband, Rütistr. 3A, 5400 Baden.

REDAKTION: G. A. Töndury, dipl. Bau-Ing. ETH, Direktor des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Rütistr. 3A, 5400 Baden
Telephon (056) 2 50 69, Telegramm-Adresse: Wasserverband 5400 Baden.

VERLAG, ADMINISTRATION UND INSERTATEN-ANNAHME: Schweizer Spiegel Verlag AG, Hirschengraben 20, 8023 Zürich.
Telephon (051) 32 34 31, Postcheck-Adresse: «Wasser- und Energiewirtschaft», Nr. 80-8092, Zürich.
Abonnement: 12 Monate Fr. 48.—, 6 Monate Fr. 24.—, für das Ausland Fr. 56.—.
Einzelpreis Heft Nr. 9, September 1970, Fr. 25.— (ab 10 Ex. Fr. 22.—) plus Porto (Einzelpreis variierend je nach Umfang)

DRUCK: Buchdruckerei AG Baden, Rütistr. 3, 5401 Baden, Telephon (056) 2 55 04.

Nachdruck von Text und Bildern nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet.

La reproduction des illustrations et du texte n'est autorisée qu'après approbation de la Rédaction et avec indication précise de la source.