

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 79 (1953)  
**Heft:** 11-12

**Artikel:** Le développement en Suisse de l'accumulation secondaire d'énergie hydraulique  
**Autor:** Thomann, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59772>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.03.2025

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

en raison de leur souplesse d'adaptation, à faire un service plus différencié avec puissances plus grandes pendant des temps plus courts (diagrammes). Une plus forte possibilité de concentration de l'énergie sera donc d'un grand avantage et il y a lieu de tenir compte, pour les aménagements de ces prochaines années et dans la mesure où la rentabilité le permet, de la nécessité future d'une concentration plus forte de la production hydraulique.

L'énergie électrique a eu, jusqu'à maintenant, un essor exceptionnel qui n'a trouvé son pendant que dans

le développement des moyens de transports automobiles ; elle va de toute probabilité poursuivre sa courbe ascendante et devenir toujours plus indispensable à l'homme. Avec des disponibilités en énergie suffisantes et une mise en valeur judicieuse de nos forces hydrauliques on peut contribuer à préparer une ère de prospérité du pays. Dans ce sens, les directives pour l'étude comparative de la rentabilité d'avant-projets d'usines hydrauliques seront sûrement d'une grande utilité et permettront de réaliser la meilleure utilisation de notre seule « matière première » nationale.

## LE DÉVELOPPEMENT EN SUISSE DE L'ACCUMULATION SECONDAIRE D'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

par R. THOMANN, ingénieur E.P.U.L., directeur de Sulzer Frères, Winterthour

La tâche essentielle du producteur d'énergie est d'utiliser au gré des besoins les moyens mis à sa disposition par la nature.

Au début, cette tâche n'avait rien de compliqué, car la production était surabondante, tandis qu'aujourd'hui l'augmentation énorme de la demande a rendu le problème extraordinairement complexe, et les installations existantes ont peine à satisfaire la demande d'énergie.

En Europe, on eut recours à la coopération entre les centrales hydrauliques, dont l'implantation est imposée par la nature, et les centrales thermiques des bassins houillers. Ce n'est que récemment que l'on s'est rendu compte — tout à fait indépendamment de considérations techniques, économiques et politiques — du fait que l'utilisation du charbon comme combustible dans les centrales thermiques est d'un rendement énergétique faible et que les réserves s'épuiseront dans un temps relativement court. Les gisements de charbon constituent donc des réserves d'énergie qui devraient être exploitées et fructifiées avec circonspection. La houille blanche, par contre, qui se renouvelle d'année en année, est une source d'énergie plus ou moins constante et surtout inépuisable ; il est vrai que l'abondance d'énergie hydraulique disponible dans la nature ne coïncide pas toujours avec les périodes de plus forte consommation.

C'est ce qui explique l'importance croissante de l'exploitation de la houille blanche et de son accumulation journalière, saisonnière et même annuelle. Dès le début, on a cherché à créer des bassins d'accumulation situés à des altitudes aussi élevées que possible, pour utiliser au fur et à mesure des besoins l'énergie ainsi accumulée.

Dans le cas de l'accumulation primaire ou naturelle, les apports d'eau sont amenés par gravité dans le bassin. En revanche, l'accumulation secondaire ou par pom-

page prend l'eau d'un réservoir inférieur (lac, bassin artificiel ou rivière) et la refoule dans un réservoir supérieur ; il s'agit donc d'un apport artificiel et simultanément d'une valorisation d'énergie : un excédent d'énergie de valeur économique faible est transformé en énergie de pointe, de valeur élevée.

L'idée de l'accumulation primaire est née lors de la réalisation des premières usines hydro-électriques. On se bornait cependant à des bassins de compensation journalière, et ce n'est qu'en 1900 que l'on créa pour la première fois un bassin plus important : l'usine de Kubel fut dotée d'un réservoir d'accumulation artificiel.

Une nouvelle étape fut franchie par la combinaison entre une usine au fil de l'eau avec une usine à haute chute et à bassin d'accumulation : en 1908, la centrale de la Löntschi, alimentée par le lac de Klöntal, fut connectée à l'usine de Beznau sur l'Aar, qui avait été mise en exploitation en 1902. C'est alors que s'ouvrit l'ère de l'interconnexion des centrales, qui a pris par la suite son essor bien connu ; plus tard seulement, les usines thermiques furent incorporées au système.

Par contre, l'accumulation secondaire par pompage fut accueillie au début avec beaucoup de scepticisme. Le coût élevé de l'équipement et le rendement relativement faible du cycle : moteur-pompe-conduite-turbine-génératrice n'étaient guère encourageants, tandis que l'énergie thermique était disponible à bon marché. Des considérations d'économie nationale d'une part, et les progrès de la technique d'autre part, ont cependant, en Suisse particulièrement, rendu viable l'accumulation secondaire.

La première installation de ce genre fut projetée en 1882/83, par M. Bürkli, ingénieur de la ville de Zurich, pour l'usine de Letten. La capacité d'accumulation était de 18 000 m<sup>3</sup> et la chute d'environ 157 m. En 1899, la Société des Usines de Roll construisait pour ses fabriques de Choindex une

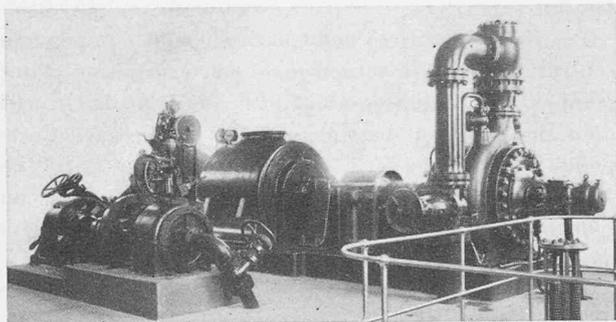


Fig. 1. — Pompe d'accumulation de la centrale de Ruppoldingen (Olten-Aarburg).

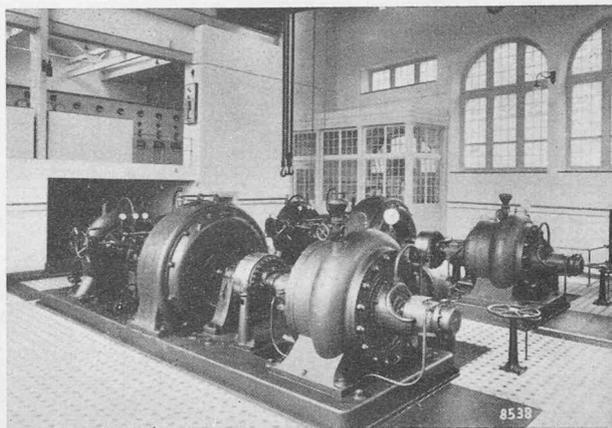


Fig. 2. — Centrale d'accumulation de la Ville de Schaffhouse.

installation dont l'eau était pompée à une altitude de 600 m, et enfin, la même année, elle réalisait une installation analogue, avec une chute totale de 314 m, pour ses usines de Klus. Ces trois installations étaient encore équipées de pompes à pistons, mais en 1894 déjà, la maison Sulzer Frères à Winterthur appliqua pour la première fois la pompe centrifuge à l'accumulation hydraulique du Tissage de Creva-Luino, en Italie. Ce fut d'ailleurs la première pompe centrifuge multicellulaire Sulzer à axe vertical.

Ce n'est qu'en 1904 qu'une entreprise de production de courant — les Usines électriques d'Olten-Aarburg — réalisa pour la première fois une installation d'accumulation secondaire, et l'équipa d'une pompe centrifuge Sulzer à quatre étages, représentée par la figure 1 ; elle refoulait 133 l/s à une hauteur de 325 m, en absorbant une puissance de 800 ch. Le rendement de la pompe était de 72 % et celui du cycle atteignait en tout à peine 50 %.

Les années 1907-1909 virent la réalisation de l'installation de la ville de Schaffhouse, avec un bassin artificiel de 75 000 m<sup>3</sup>. Les deux pompes Sulzer à deux étages représentées à la figure 2 refoulaient chacune 350 l/s à une hauteur de 161 m ; à la vitesse de 1000 t/min, la puissance absorbée était d'environ 1000 ch par pompe. Le rendement de ces pompes était déjà de 78 %, ce qui porta à 52 % environ celui du cycle entier.

Les années 1925/26 marquent une nouvelle étape dans ce genre d'installation. La centrale de Rempen des Forces motrices du Wägital fut équipée de quatre groupes d'accumulation à axe vertical. Chacune des pompes à trois étages, représentées à la figure 3, refoulait 1250 l/s à une hauteur de 245 m, et absorbait 5100 ch. Le rendement des pompes était de l'ordre de 80 % et celui du cycle devait atteindre environ 55 %.

Au cours des années qui suivirent, un certain nombre d'installations analogues furent construites en Suisse et surtout à l'étranger. Nous ne mentionnerons que celle de Tremorgio, dans le Tessin, équipée également de deux pompes multicellulaires, remarquables pour l'époque, et construites par la maison Escher Wyss.

La crise économique qui suivit mit un terme momentané à cette évolution, et aucune installation importante ne fut réalisée pendant maintes années. Les prix du charbon étaient tombés au point que l'accumulation hydraulique ne pouvait plus concourir avec l'énergie thermique. Ce ne fut donc que pendant la dernière guerre mondiale que le problème reprit de son importance. Les progrès de la technique avaient permis d'améliorer sensiblement le rendement des machines et, d'autre part, le renchérissement du combustible était devenu tel que le prix de l'énergie thermique dépassait nettement celui de l'énergie hydraulique. C'est alors que les Forces motrices d'Illsee-Tourtemagne décidèrent d'installer, dans leur usine d'Oberems, la pompe multicellulaire représentée à la figure 4 ; elle refoule 400 l/s du bassin de compensation d'Oberems

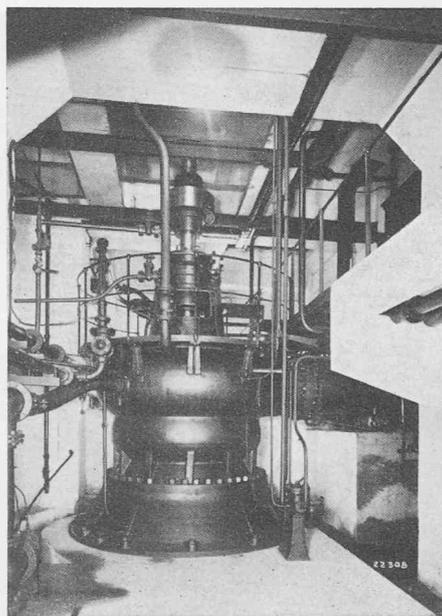


Fig. 3. — Pompe d'accumulation de la centrale de Rempen (Wägital).

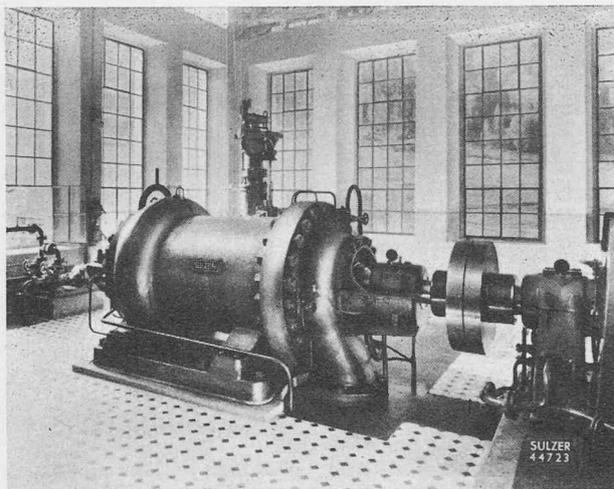


Fig. 4. — Pompe d'accumulation à haute pression de 7500 ch, centrale d'Oberems (Illsee-Tourtemagne).

dans l'Illsee, situé à 1000 m plus haut. L'énergie de pointe supplémentaire procurée de la sorte était particulièrement bienvenue pendant les années de guerre et d'après-guerre.

C'est également vers la fin de la dernière guerre qu'il fut décidé d'équiper enfin l'usine de l'Etzel des deux pompes d'accumulation, prévues dès l'abord, et représentées à la figure 5. Cette installation est décrite en détail dans les numéros 5, 6 et 7 de *Wasser- und Energiewirtschaft* de 1950, et il y est notamment démontré combien une telle installation peut améliorer l'économie totale d'une usine hydro-électrique. Chacune des pompes refoule près de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  à une hauteur variant entre 475,8 et 491 m. La puissance absorbée est de l'ordre de 20 000 ch et le rendement total du cycle varie entre 65 et 70 %.

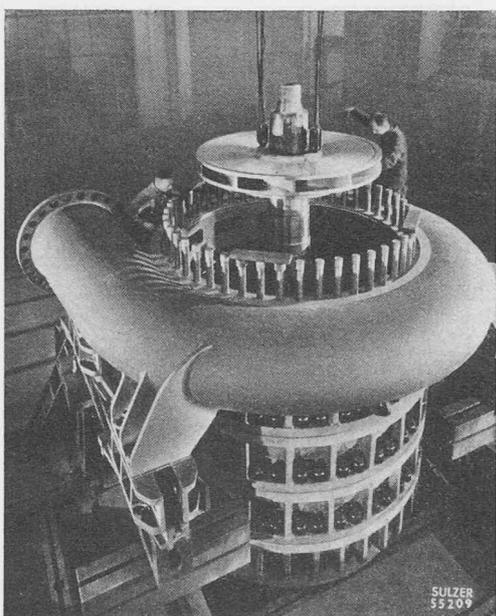


Fig. 5. — Pompe d'accumulation de 22 000 ch, centrale de l'Etzel ; montage en atelier.

Cette notable amélioration par rapport aux installations réalisées au début du siècle démontre de façon éclatante les progrès réalisés ces cinquante dernières années.

Les Forces motrices de l'Oberhasli vont équiper leur centrale du Grimsel, actuellement en construction, d'une pompe d'accumulation refoulant l'eau du lac de Grimsel dans le nouveau bassin artificiel d'Oberaar. Cette pompe, représentée à la figure 6, absorbera 25 100 ch en refoulant  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  à une hauteur de 400 m, avec un rendement de 85 % ; le rendement total du cycle sera de 67 à 70 %.

Enfin, les Forces motrices de la Maggia viennent de décider l'acquisition, pour leur centrale de Peccia, de deux groupes d'accumulation de 13 750 ch chacun. Le rendement des pompes sera de 86 % et l'on compte que le rendement total du cycle atteindra près de 70 %.

L'évolution caractérisée par ces quelques installations touche donc principalement l'amélioration du rendement total du cycle. La figure 7 illustre les progrès réalisés : si, au début du siècle, le rendement total était de l'ordre de 40 %, il fallait 2,5 kWh d'énergie de déchet pour engendrer 1 kWh d'énergie de pointe. Aujourd'hui, 1 kWh d'énergie de pointe ne demande plus que 1,4 kWh d'énergie de déchet, ou, en d'autres termes, le rendement total a quasiment doublé. Au fur et à mesure des progrès de la technique des machines hydrauliques, on peut s'attendre à une nouvelle amélioration de ce rendement, de sorte que l'accumulation secondaire par pompage jouera un rôle de plus en plus important dans notre économie nationale. Les constructeurs de machines cherchent à abaisser également le prix spécifique des installations, c'est-à-dire le coût par cheval installé ; pour ce faire, il faudra chercher des solutions de plus en plus simples. En Suisse, où la nature accidentée du terrain a entraîné la construction de nombreuses instal-

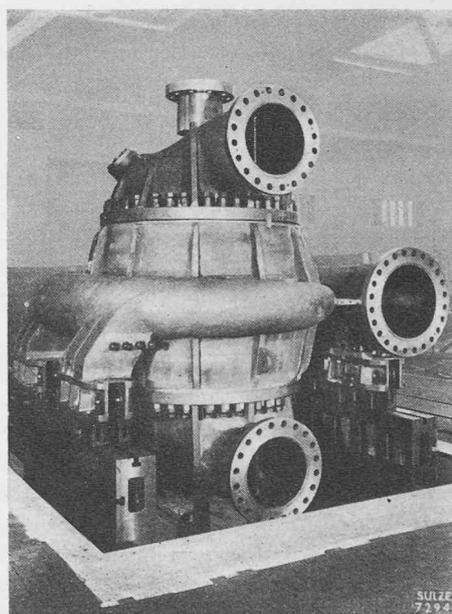


Fig. 6. — Pompe d'accumulation de 25 000 ch pour la centrale du Grimsel ; montage en atelier.

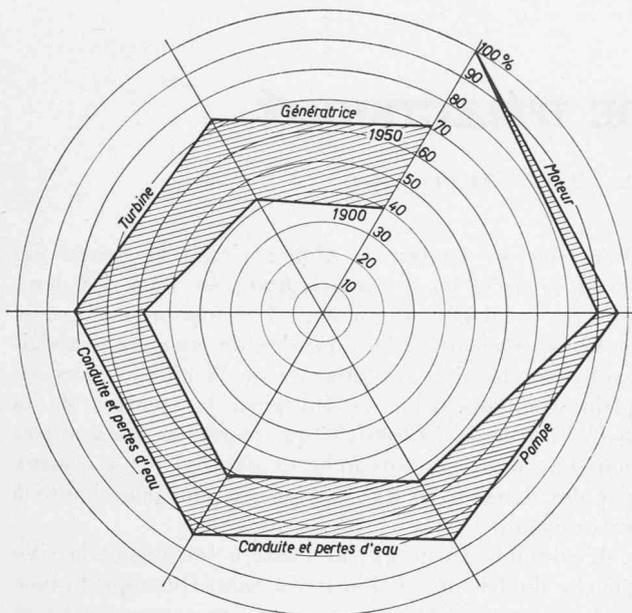


Fig. 7. — Rendements approximatifs du cycle en 1900 et en 1950 (sans pertes par transformation et transport d'énergie).

La surface hachurée représente le progrès réalisé.

lations de petite et de moyenne puissance, avec des frais d'exploitation dans l'ensemble assez élevés, il faudra tâcher de les réduire en recourant, plus que par le passé, à l'automatisme et à la commande à distance des centrales. La puissance unitaire des pompes augmente continuellement : de quelques centaines de chevaux au commencement du siècle, elle atteint aujourd'hui 60 000 ch et même plus ; ce chiffre n'est d'ailleurs nullement une limite, et rien ne s'oppose à une nouvelle augmentation de la puissance unitaire. Enfin, les hauteurs de refoulement ont déjà dépassé 1000 m. En outre, il faut remarquer qu'une centrale hydro-électrique est prête en quelques minutes à fournir de l'énergie de pointe, car son inertie est en général bien inférieure à celle d'une centrale thermique.

Le réglage des pompes d'accumulation ou leur adaptation à la puissance motrice disponible était un problème particulièrement ardu à résoudre. A plusieurs reprises, on a tenté de réaliser ce réglage par des aubes directrices mobiles, analogues à celles d'une turbine hydraulique. Pour le spécialiste, il est évident que ce mode de faire était non seulement une solution délicate du point de vue mécanique, mais encore et surtout une mesure inefficace.

Une réponse élégante à ce problème a été donnée par la maison Sulzer Frères S. A., Winterthur, dans l'installation de Lassoula (Pyrénées) d'abord, et dans la centrale de l'Etzel quelques années plus tard.

Dans ce système, la pompe absorbe toujours une puissance pratiquement constante, même si l'énergie disponible est variable. Admettons que la puissance nominale soit de 20 000 ch — comme dans le cas de l'Etzel — et que d'autre part la puissance disponible ne soit que de 15 000 ch. La pompe peut néanmoins être mise en service, et le déficit de 5000 ch est alors couvert par la turbine, vers laquelle est dérivée une partie de l'eau pompée. Ce mode de réglage, qui a donné d'excellents résultats, est couramment appliqué en exploitation pratique.

Dans certains cas, on peut avantageusement augmenter la puissance d'hiver en amenant à la centrale les eaux d'un autre bassin versant. Un exemple intéressant est celui de l'usine hydro-électrique d'Orsières, où la puissance d'étiage a pu être augmentée de 20 % par des travaux d'aménage simples et peu coûteux.

Que pouvons-nous attendre de l'avenir ? L'économie des installations hydrauliques est influencée par deux facteurs essentiels : le prix du charbon et l'intérêt du capital. Considérés à longue échéance, le premier tend à augmenter, tandis que le second diminue. Ces tendances sont donc en faveur de l'économie des installations hydrauliques, comparée à celle des installations thermiques. Ainsi, à un taux de 3 % pour les capitaux investis, on peut maintenant réaliser des installations qui ne présentaient pas d'intérêt il y a quelques années.

Puis, les constructeurs auront à cœur d'améliorer le rendement total du cycle ; il devrait être possible d'atteindre 75 % par l'amélioration des rendements individuels. D'autre part, il faudra baisser le coût des installations en adoptant des machines plus rapides, et partant moins lourdes et moins encombrantes. Une solution possible est donnée par la machine réversible, soit donc par une turbine pouvant également travailler en pompe ; elle a déjà été réalisée à plusieurs reprises. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que cette possibilité n'existe encore que pour des machines à un seul étage, ce qui limite la hauteur de chute au maximum de 400 m environ. D'autre part, une telle machine réversible ne peut être qu'un compromis sous le rapport du rendement en turbine et en pompe. Or, nous avons vu que le rendement total du cycle est d'une importance primordiale pour une installation d'accumulation, et que tous les moyens doivent être mis en œuvre pour l'améliorer. Il est donc peu probable que la machine réversible, qui va à l'encontre de cette tendance, devienne la solution de l'avenir.

L'état actuel de la technique permet des solutions bien adaptées et intéressantes économiquement. Il est de l'intérêt général d'en intensifier l'application pour mieux utiliser la houille blanche, une de nos seules richesses nationales.