Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 74 (1948)
Heft: 25

Artikel: La production de l'énergie électrique en Suède
Autor: Zwygart, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-56044

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: 08.07.2025

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

Citons sur ce point le très intéressant rapport élaboré pour le Congrès par MM. Gysel et Blatter (Suisse) et qui traite des observations faites sur la digue de l'usine de Rupperswil-Auenstein, et sur le procédé utilisé pour combattre les infiltrations, spécialement sous la digue, par injection d'un gel d'argile.

Après l'exposé très nourri du rapporteur général, quelques orateurs seulement usèrent de la faculté de discussion.

Le professeur Hellström (Suède), présenta les vingt rapports consacrés aux *ciments spéciaux pour grands barrages*, sujet qui lui tient manifestement à cœur.

Ces ciments sont l'objet d'un très vif intérêt, non seulement aux Etats-Unis, où leur usage s'est généralisé (Low heat cement, Modified Cement), mais aussi en France, en Suède, en Grande-Bretagne et en Australie. Ces deux derniers pays ont récemment édicté des normes pour les ciments à faible chaleur d'hydratation.

Le rapporteur général ne tenta pas de tirer des conclusions définitives ni une doctrine technique de ces nombreux documents qui embrassaient un vaste champ d'investigations comprenant les méthodes d'essai de ces ciments spéciaux, les principes généraux de leur normalisation, les expériences faites dans leur utilisation et encore leur composition chimique. Il se borna, après avoir résumé les divers rapports, à suggérer que la discussion soit consacrée aux questions relatives au travail futur du Sous-comité international du béton pour grands barrages.

Parmi les rapports présentés, mentionnons plus particulièrement celui de M. Gröner (Norvège) qui décrit la manière dont s'est comporté le béton de certains barrages construits à l'aide de ciment de laitier, de Portland de fer, et de Portland additionné de farine de terre cuite, celui de M. Hoon (Inde) qui traite de l'utilisation de chaux de Kankar mélangé de farine de brique cuite dans la construction de barrages indiens, ainsi que les rapports de M. C. de Langavant (France) et de M. Junttila (Finlande), sur l'emploi du ciment de laitier.

Notons aussi la tendance de certains ingénieurs à chercher à réduire les variations de volume du béton non seulement en recourant aux ciments spéciaux, mais en réduisant à l'extrême le dosage tout en compensant les effets de cette réduction par un choix encore plus soigné de la granulométrie et par l'application du procédé dit « air-entraînment », qui permet de diminuer l'eau de gâchage sans nuire à la maniabilité.

* * *

D'une manière générale, les discussions, un peu alourdies par l'inévitable traduction — les langues officielles étant l'anglais et le français — furent alimentées surtout par les représentants des Etats-Unis, dont la délégation était imposante, suivis des Français, très nombreux aussi, et des Suédois, organisateurs du Congrès.

On a fort remarqué la participation et les interventions des délégués des Indes, dirigés par M. Khosla, un des vice-présidents de la Commission internationale des grands barrages, et qui témoignait du développement pris par la construction des grands barrages dans leur pays, où aura lieu d'ailleurs le prochain Congrès de 1951.

Enfin, il convient de relever, à côté de la magnifique organisation mise sur pied par les Suédois, l'habile direction du président de la Commission internationale des grands barrages, M. Coyne (France), qui présida le Congrès avec une autorité souriante et une diplomatie avisée, et dont le discours d'ouverture fut particulièrement remarquable.

La production de l'énergie électrique en Suède

par M. le Dr A. ZWYGART, ingénieur, Baden

Le voyage d'étude de cinq jours, organisé à la suite du troisième Congrès des Grands Barrages à Stockholm, a permis aux participants d'avoir une vue d'ensemble de la production de l'énergie électrique et de la construction des installations hydro-électriques en Suède. Nous résumons ci-après l'essentiel de nos constatations en soulignant au passage ce qui donne matière à comparaison si l'on considère nos problèmes nationaux. Les données statistiques dont il sera fait état ci-après ont été précisées dans le bulletin *La production d'Energie en Suède* publié par la « Direction générale des usines hydro-électriques nationales » en collaboration avec la Société suédoise d'électricité et la Société suédoise des forces hydrauliques.

En 1946, la production totale d'énergie s'élevait en Suède à 14,2 milliards de kWh contre 10 milliards de kWh en Suisse, ce qui donne par tête d'habitant 2100 kWh en Suède et 2260 kWh en Suisse, donc des chiffres de même ordre de grandeur. Actuellement la Suède doit avoir rattrapé cette différence et même nous avoir dépassés. La figure 1 représente la production d'électricité de 1913 à 1946. Il en résulte que l'augmentation de la production pendant la dernière guerre a été proportionnellement plus grande en Suède. Cet accroissement se maintiendra ces prochaines années, les nouvelles installations et agrandissements en cours d'exécution devant produire 4 milliards de kWh nouveaux contre 1, 4 milliard en Suisse.

Comme chez nous, l'élément hydraulique est à la base de

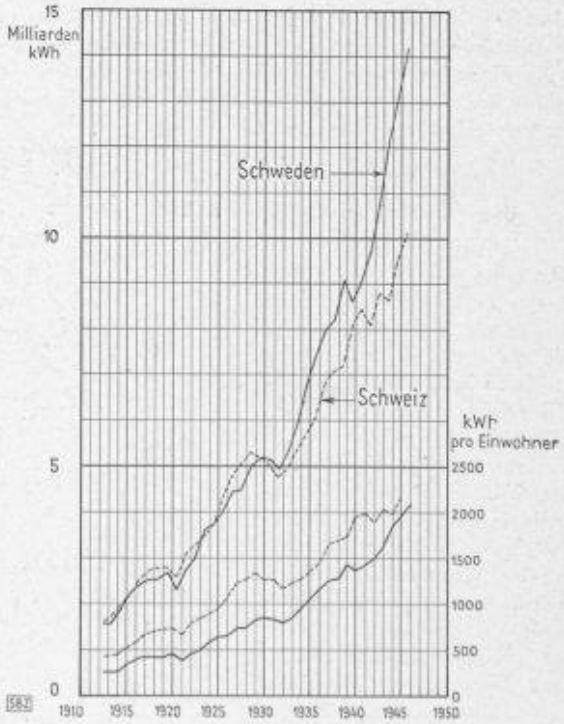

Fig. 1. — Production totale d'électricité en Suède, de 1913 à 1946.

kWh pro Einwohner = kWh par habitant.

la production de l'électricité. Son utilisation couvrait avant la guerre, dans une année moyenne, le 90 % et actuellement le 97 à 98 % des besoins, le solde étant produit par les 350 000 kW des centrales thermiques qui, sur la puissance installée totale de 2 600 000 kW, constituent une précieuse réserve. Le débit des rivières est à peu près le même pendant les saisons d'été et d'hiver en Suède méridionale et centrale. Par contre en Suède septentrionale, comme chez nous dans les régions alpestres, les débits d'eau d'hiver représentent le 20 ou 25 % du débit total. Dans ces conditions des bassins d'accumulation s'imposent. Ils sont au reste facile à réaliser en les conjuguant avec les lacs naturels si nombreux en Suède. Dans l'état actuel ces bassins d'accumulation livrent le 30 % de l'énergie annuelle. Celui de Vänern en est l'exemple le plus important. Il couvre 5500 km² soit deux fois et demi la surface de tous les lacs suisses réunis. La tranche utilisable de 1,7 m fournit une énergie annuelle de 860 millions de kWh, soit environ le double du projet de la Greina. Les centrales construites sur des rivières avec bassin de régularisation sont toutes bénéficiaires de la réserve. Elles sont alors groupées en entreprise dite de régularisation où chaque usine participe au prorata de son intérêt à la construction et à l'exploitation des ouvrages de régularisation. Les quelque vingt entreprises de régularisation qui sont actuellement en exploitation en Suède sont des exemples pratiques des dispositions prévues dans la législation en la matière.

Les premières installations hydrauliques suédoises sont dues à des initiatives privées ; depuis 1906 l'Etat participe dans une proportion toujours croissante à leur développement. Actuellement le 40 % de la production totale de l'énergie dépend de l'Etat, 6 % d'administrations municipales et 54 % d'entreprises privées, dont 20 % sont absorbés directement par les entreprises industrielles et 34 % sont livrés au réseau de distribution général.

Les huit grands réseaux privés et municipaux de distribution limitent leur zone d'action exclusivement aux régions industrielles du sud et du centre de la Suède, alors que l'Etat qui distribue le courant dans tout le territoire peu peuplé du Nord se superpose aux réseaux privés dans certaines régions peu importantes. La répartition de la consommation d'énergie s'établit comme suit :

	Suède	*Suisse*
Industrie lourde	70 %	53 %
Chemins de fer.	10 %	11 %
Usage domestique et artisanat.	20 %	36 %

La comparaison montre que l'usage de l'énergie électrique peut encore se développer considérablement en Suède bien que le 85 % des ménages soit déjà relié au réseau. Le 38 % du réseau de chemin de fer écoulant le 80 % du trafic est électrifié. On estime à 150 milliards de kWh l'énergie hydroélectrique totale disponible dans ce pays dont 40 milliards seulement peuvent être aménagés rentablement et dont 13,6 milliards étaient utilisés dans des centrales terminées à fin 1946. Or, en Suisse, nous produisons actuellement 10 milliards de kWh sur 20 à 25 milliards utilisables. Bien que la Suisse soit dix fois plus petite que la Suède, la comparaison est avantageuse pour notre pays et ceci grâce au fait qu'en Suisse les précipitations sont deux fois plus fortes, les chutes trois fois plus importantes et nos différences en altitude plus fortes. D'autre part, il faut souligner qu'en Suède le critère de rentabilité d'un aménagement hydroélectrique est plus sévère. Par rapport au nombre d'habitants la Suède a l'avantage sur ce point. Le rapport : puissance construite à puissance utilisable rentable est de 75 % dans le sud, 30 % dans le centre et 10 % au nord de la Suède. L'Etat s'étant réservé l'exclusivité des installations hydroélectriques dans la Suède septentrionale, sa participation à la production générale va suivre une courbe ascendante.

Les aménagements actuellement en cours de construction, dont les trois quarts sont en mains de l'Etat, reflètent bien cette tendance.

La collaboration entre les entreprises nationales et les huit grandes entreprises privées ou municipales, qui était déjà très développée avant la dernière guerre, s'est accentuée ces dernières années et actuellement cette collaboration se poursuit sous forme d'accords librements consentis. Le pays est subdivisé en treize secteurs de distribution, dont cinq sont attribués à l'Etat et huit aux municipalités ou aux particuliers. La direction technique est assurée par un service d'exploitation central et par les services d'exploitation des treize secteurs ; par contre les entreprises intéressées règlent directement entre elles les conditions financières d'échange d'énergie.

Le régime très poussé de collaboration entre les différents réseaux implique l'existence de lignes d'interconnexion importantes à grande capacité ; les tensions employées à ce jour sont de 50, 70, 130 et 200 kV. Les cinq lignes principales de 200 kV, actuellement en service, dont trois appartenant à l'Etat, transportent sur le centre et le sud du pays l'énergie produite au nord. Or, le voltage de 200 kV ne suffit plus pour le transport d'énergie sur d'aussi grandes distances ; en effet, de Porjus, au nord, à Malmö il y a 1300 km. C'est pour cela que des études ont été entreprises depuis des années sur le transport de courant continu et alternatif à très hautes tensions. Ces études n'ayant encore abouti à aucune conclusion, les entreprises d'Etat, qui ont en main depuis 1946 la construction de toutes les nouvelles lignes de 200 kV et au-delà, les dimensionnent pour le moment pour un courant alternatif sous 350 kV de tension. Presque

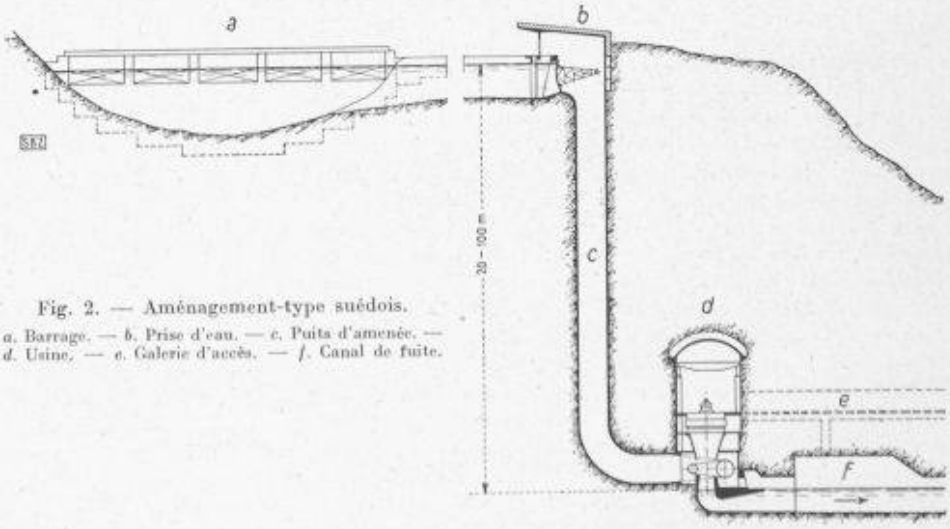

Fig. 2. — Aménagement-type suédois.
a. Barrage. — *b*. Prise d'eau. — *c*. Puits d'amenée. — *d*. Usine. — *e*. Galerie d'accès. — *f*. Canal de fuite.

toutes ces lignes sont construites avec une nappe simple de conducteurs sur un plan horizontal. Les pylônes sont en général en bois avec traverses portantes métalliques ; ce système de construction a aussi été employé chez nous en différents endroits pendant la guerre.

L'équipement hydro-électrique de la Suède à ce jour comporte mille quatre cents centrales avec puissance supérieure à 75 kW tandis qu'en Suisse nous avons construit deux cent quatre-vingt-trois centrales d'une puissance supérieure à 450 kW. L'aménagement-type pour la Suède consiste à turbiner un gros débit sur 20 à 100 m de chute (fig. 2) ; cette solution peut, dans une certaine mesure, se comparer à celle réalisée à Lavey, Verbois, Mühleberg et Wettingen avec cette différence qu'en Suède les débits sont beaucoup plus réguliers grâce aux facilités de régularisation que donnent les nombreux lacs sur le cours supérieur des rivières. En effet, le débit aménagé, ou débit de base, est atteint pendant neuf mois de l'année si ce n'est plus longtemps, alors qu'il n'est couvert que pendant cinq mois dans nos installations les plus modernes. Les fleuves suédois sont comparables comme importance au Rhône, à l'Aar, à la Reuss ou à la Limmat. Les débits aménagés dans les centrales récemment construites sur les fleuves suédois varient de 150 à 300 m^3/sec, exceptionnellement 500 m^3/sec lorsqu'il y a liaison avec un bassin d'accumulation.

Les installations récentes en Suède sont presque toutes de grandes dimensions. Par exemple l'usine de Krångede, en Suède centrale, pour une puissance installée de 210 000 kW produit annuellement 1,5 milliard de kWh et celle, actuellement en construction, de Hårspranget, au nord du cercle polaire, aura une puissance installée de 300 000 kW et produira annuellement 1,75 milliard de kWh. A part ces grandes centrales sur les rivières importantes, les Suédois ont également construit sur les cours d'eaux secondaires des usines de pointe, quelques fois combinées avec des stations de pompage. L'une de ces usines dispose de 196 m de chute, ce qui est le maximum pour la Suède, alors qu'en Suisse nous atteignons jusqu'à 1700 m environ par exemple pour la Dixence en Valais.

Les entreprises hydro-électriques suédoises bénéficient de conditions économiques extraordinairement favorables, grâce aux chutes importantes dont disposent les centrales sur les fleuves, aux débits facilement régularisés, aux fondations simples sur un rocher sain en surface ou à faible profondeur. On se rend facilement compte, en examinant la figure 2, qu'une augmentation de la chute améliore le rendement économique de l'installation. En effet, les frais supplémentaires qui résultent de la modification de la galerie-puits d'amenée et de la galerie du canal de fuite ainsi que l'installation de groupes plus puissants sont peu importants par rapport à l'augmentation de la production de la centrale.

L'étendue du pays et la faible densité de la population ont une grande influence sur le coût des aménagements. La construction des ouvrages peut s'étendre en surface et l'acquisition des terrains nécessaires ne donne pas lieu à des frais importants pour expropriations, indemnités de cultures, etc. d'une part, et d'autre part, n'entraîne pas à des dépenses pour travaux supplémentaires qui pourraient être exigés selon des prescriptions d'intérêt public comme par exemple des routes, des ponts, des drainages et pour la navigation fluviale.

Il résulte d'un rapport édité en commun par les services de centrales électriques, ainsi que des renseignements communiqués au cours du voyage d'étude, que le coût de construction des centrales actuellement en cours de travaux en Suède centrale se situe entre 400 jusqu'à 500 couronnes le kW installé compte tenu de l'augmentation de 50 % intervenue sur les prix de construction du fait de la guerre. Cela correspond à 500 à 600 francs suisses alors qu'en Suisse avec une augmentation des prix de 100 % il faut compter avec 2000 francs par kW si ce n'est plus.

Les consommateurs de courant ne bénéficient pas entièrement des avantages d'une production à bon marché aux bornes de la centrale du fait des transports à longue distance. Malgré cela la situation avantageuse de la Suède peut dans l'ensemble se maintenir. L'économie publique de la Suède dispose donc, avec la production des centrales construites après-guerre, d'énergie électrique à bien meilleur compte que la Suisse pour lutter avec la concurrence internationale.

Pour le moment les prix de vente de l'énergie contrôlés par l'Etat depuis 1939 sont en rapport avec ceux en vigueur en Suisse, cependant nous devons nous attendre à voir nos prix moyens augmenter dans de fortes proportions au fur et à mesure que se construisent de nouvelles centrales du fait des conditions défavorables d'exécution et des augmentations dues à la guerre. Nous avons donc toutes les raisons de procéder dans ce domaine avec prudence afin de ménager nos possibilités de faire concurrence sur le marché international ; ce qui revient à dire que nous ne devons construire que des centrales réalisables dans des conditions normales.

Les participants suisses à ce voyage d'études, parmi lesquels se rencontraient quelques Suisses habitant l'étranger, se doivent d'attirer l'attention des spécialistes en la matière, comme de l'homme de la rue de notre pays, sur le fait que l'augmentation du prix de revient de production de l'énergie électrique dans les nouvelles centrales n'est pas un élément négligeable — bien que cette illusion soit très répandue — même s'il ne s'agit que d'un centime en plus ou en moins.

Caractéristiques des usines hydro-électriques suédoises

par Edouard GRUNER, ingénieur, Bâle

1. *Le style architectural*

La construction des usines hydro-électriques est une des plus récentes conquêtes du génie civil. Son développement est parallèle à celui de l'électricité, et ce n'est qu'au siècle dernier que la roue à eau, en cédant le pas à la turbine moderne, marqua le début d'une ère nouvelle et magnifique dans l'utilisation des forces hydrauliques.

Comparée aux précédentes, cette période est encore brève ; aussi la rapide évolution des styles dans ce domaine de la construction et la variété des formules adoptées a-t-elle bien de quoi étonner.

C'est ainsi que le voyage d'études organisé à travers la Suède en marge du troisième Congrès des grands Barrages a fourni en quelques jours aux participants la matière d'abondantes observations.

Ce qui nous a d'abord frappés, c'est la manière dont le caractère particulier de la terre suédoise a engendré ses usines hydro-électriques, comme aussi les progrès audacieux réalisés par nos collègues scandinaves dans la mise en valeur de leurs richesses hydrauliques naturelles.

Les constructions satisfont de diverses manières aux exigences de la vie. L'architecte se reconnaît au choix de la forme et de la matière, aussi longtemps qu'il demeure