

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 22 (1931)  
**Heft:** 23

**Artikel:** L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique  
**Autor:** Wyssling, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058605>

### **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:** 25.12.2024

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

## RÉDACTION:

Secrétariat général de l'Association Suisse des Electriciens  
et de l'Union de Centrales Suisses d'électricité, Zurich 8

## EDITEUR ET ADMINISTRATION:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei S. A., Zurich 4  
Stauffacherquai 36/38

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXII<sup>e</sup> AnnéeN<sup>o</sup> 23

Vendredi, 13 Novembre 1931

## L'approvisionnement de la Suisse en énergie électrique.

Conférence donnée à l'Assemblée des délégués de l'Union suisse du Commerce et de l'Industrie, le 31 mai 1930 à Zurich,  
par M. le professeur Dr W. Wyssling, Wädenswil.

*D'entente avec le Vorort de l'Union suisse du Commerce et de l'Industrie qui nous en a donné l'autorisation, et grâce à l'amabilité de l'auteur, nous sommes en mesure de publier en tête de ce numéro du Bulletin — qui contient également le compte-rendu et les procès-verbaux des assemblées générales 1931 de l'ASE et de l'UCS — la conférence que M. Wyssling a donnée le 31 mai 1930 devant les délégués de l'Union susnommée, d'après le texte de la traduction faite par cette dernière. Nos lecteurs y trouveront l'opinion claire et nette d'un homme du métier en face des critiques soulevées contre les entreprises électriques suisses. La matière de cette conférence n'a rien perdu de son actualité: l'opinion publique s'occupe, pour des raisons faciles à concevoir, toujours plus de l'approvisionnement de notre pays en énergie électrique. Malheureusement le public est trop souvent incomplètement et partialement renseigné, ou influencé par des personnes incompetentes et manquant d'objectivité.*

*L'auteur a collaboré activement dès le début au déve-*

*loppement de l'économie électrique suisse et en connaît jus-  
qu'aux moindres détails, aussi bien au point de vue écono-  
mique qu'au point de vue technique. On ne saurait donc  
trouver facilement une personne aussi qualifiée pour émettre  
un jugement sur ces questions.*

*Après avoir mis en lumière les particularités historiques  
et naturelles ainsi que le haut degré de perfectionnement de  
notre économie électrique, degré qu'aucun autre pays n'a  
atteint dans ses grandes lignes, l'auteur reprend point par  
point les principales objections soulevées contre les entre-  
prises électriques et formule quelques propositions judi-  
cieuses pour le développement futur.*

*L'auteur tient à faire remarquer que son étude n'a pas  
été écrite dans l'intention de la publier dans un périodique  
professionnel. Elle a fait l'objet d'une conférence qui s'adres-  
sait à un auditoire composé en grande partie de personnes  
non spécialisées dans la matière.*

*La rédaction.*

### I. Introduction et généralités.

L'approvisionnement du pays en énergie électrique destinée à l'usage de chacun est une grande tâche pour la technique. Son importance est aussi bien civilisatrice qu'économique. En effet, il permet d'épargner le travail de l'homme et d'employer plus généralement et plus efficacement les forces de la nature.

L'électricité a acquis cette situation parce qu'il fut possible peu à peu d'obtenir d'elle facilement toutes les formes nécessaires d'énergie (lumière, force motrice, chaleur, etc.) avec le plus grand rendement à l'endroit même de sa consommation, après en avoir opéré la transformation, et de la transporter relativement aisément sur les plus grandes distances. L'énorme développement de l'électrotechnique ne remonte guère à plus de 45 ans. J'ai eu le privilège de pouvoir y collaborer activement dès le début.

Pour tous les pays, quelle que soit l'espèce d'énergie brute (combustible ou force hydraulique) que les centrales aient à disposition, l'importance de la distribution de l'énergie sous forme d'électricité consiste avant tout en ce que celle-ci, plus qu'aucune autre, peut être employée et transportée partout, même en quantités minimales, d'une manière simple et avec un rendement élevé. Cette circonstance est, dans les pays riches en combustible, la seule raison qui ait conduit à l'«électrification».

Mais pour la Suisse une autre cause beaucoup plus importante a été déterminante: le fait que notre pays ne possède pour ainsi dire aucun combustible industriel, mais par contre des forces hydrauliques relativement abondantes.

Il faut toujours penser à ce fait bien connu, car c'est par lui seulement que le développement et l'état actuel de l'approvisionnement de la Suisse en électricité peuvent être entièrement compris.

### II. La formation originare de notre approvisionnement en électricité provenant de l'utilisation des forces hydrauliques.

L'absence de charbon a eu rapidement en Suisse pour conséquence que certaines fabriques ont été exploitées avec la force hydraulique. Mais on était forcé d'employer celle-ci à l'endroit où elle se trouvait, par exemple au pied des montagnes, et l'on ne pouvait produire avec elle que de l'énergie mécanique et motrice.

Il n'en fut plus de même lorsque, au milieu de la décade 1880—1890, la dynamo devint industriellement utilisable. Dès cette époque on put produire de la lumière électrique. L'ère commença où l'on chercha de plus en plus à se libérer de la tutelle du combustible, d'abord du pétrole avec le développement de l'éclairage, et ensuite aussi du charbon avec le développement du moteur électrique. Lorsque la technique du courant

alternatif employa des tensions de plus en plus élevées et permit le transport de l'énergie à grandes distances, l'emploi des forces hydrauliques ne fut plus lié à un endroit déterminé, mais rendu possible partout dans le pays.

Dès le début, les prix relativement élevés du combustible industriel importé contribuèrent puissamment en Suisse à l'emploi de la nouvelle technique, pour remplacer ce combustible par la force hydraulique du pays, produite dans des centrales et distribuée sous forme d'électricité. Ce phénomène se réalisa en Suisse immédiatement, sans attendre les perfectionnements de l'électrotechnique, sous la pression de la question de prix.

Cette pression n'existait pas dans les pays riches en combustibles; dans ceux-ci l'électrification s'est développée en général plus tard, alors que l'état de l'électrotechnique était plus favorable.

Il en résulta que la Suisse a eu les premières usines d'électricité et en nombre relativement plus élevé que d'autres pays, mais aussi que nous eûmes beaucoup de petites entreprises et installations établies selon la technique primitive encore peu perfectionnée. Nous sommes aujourd'hui encore chargés en grande partie d'un nombre élevé de ces anciennes installations; elles n'ont pas pu toutes être amorties et éliminées. Certains pays dont l'approvisionnement en électricité ne fut réalisé qu'à une époque plus récente purent par exemple travailler dès le début sur de grandes distances avec des tensions de 50 000, 100 000 volts et même plus, tandis que nous avons déjà construit nos installations alors qu'on ne recourait qu'à des tensions de 25 000 ou 30 000 volts.

### III. Les particularités des forces hydrauliques comme fondement de l'approvisionnement en électricité.

1° Les forces hydrauliques ont comme fondement d'une production générale d'énergie non seulement des avantages, comme par exemple un prix moins élevé, ainsi qu'on l'imagine en général, mais aussi leurs difficultés particulières.

Une centrale thermique peut être construite avec des machines d'une puissance voulue (chevaux ou kW) et il est possible, pour autant que le combustible puisse être obtenu, de livrer cette puissance pendant toute l'année durant un nombre d'heures quelconque pouvant s'élever jusqu'à 8760 en une année, d'après le besoin de la consommation, et de produire ainsi un travail correspondant (nombre de kWh).

Dans une centrale hydraulique, par contre, la puissance que l'on peut obtenir varie avec l'afflux de l'eau. Il est vrai que cette variabilité est en général connue, mais elle est beaucoup plus grande que ne le croient la plupart des gens non du métier. Si l'on part d'une moyenne annuelle, nos eaux de montage présentent un minimum régulier atteignant seulement 1/10 ou même moins, alors que les maxima usuels sont de l'ordre du triple de la moyenne. En outre les différentes années varient beaucoup de l'une à l'autre.

On devrait donc, pour être strict, n'assurer et vendre aux preneurs qui doivent recevoir une puissance déterminée pendant un temps déterminé, provenant d'une centrale hydroélectrique, que la puissance produite au *minimum* par la force de l'eau (*minimum minimorum*, intervenant peut-être une fois seulement par siècle), donc moins du 10 % de celle qui correspondrait à la puissance de l'afflux moyen.

2° Mais la construction d'usines hydrauliques limitées à de semblables puissances ne donnerait qu'une utilisation ridiculement petite des forces hydrauliques; un nombre relativement minime de kWh pourrait être livré annuellement et par conséquent à un prix très élevé. Aussi seules les centrales hydrauliques les plus anciennes ont-elles été construites sur cette base.

3° On sait qu'on en vint très rapidement à compléter les usines à haute pression par des réservoirs d'eau, c'est-à-dire à accumuler sur la hauteur des provisions d'eau que l'on peut employer au moment voulu, comme on fait des stocks de charbon dans les usines thermiques. Cependant, il est plus facile de préconiser la construction de réservoirs que de la réaliser. Pour les usines à basse pression, ces réservoirs sont impossibles à cause des dimensions exagérées qu'ils devraient avoir. Mais les forces à basse pression représentent une grande partie de celles qui sont disponibles chez nous; nous devons les employer, si variables soient-elles.

Il s'y ajoute une autre difficulté. Pour les usines à haute pression nous connaissons, au moins approximativement, l'époque de l'année durant laquelle l'afflux de l'eau atteint un minimum et, avec lui, la puissance produite; chez nous cette époque est la fin de l'hiver. Les usines à basse pression ont malheureusement alors également leur puissance minimum, donc aussi en hiver, précisément à l'époque où le besoin d'énergie se fait le plus sentir (faute de lumière et de chaleur naturelles). En outre les usines à basse pression perdent aussi de leur puissance pendant les périodes de *hautes eaux*, où la chute baisse jusqu'au point de disparaître; ces minima de puissance se réalisent dans notre pays à des époques de l'année absolument imprévisibles. Alors il ne reste plus, pour effectuer les livraisons de force que l'on s'est engagé à fournir en toute circonstance, qu'à emprunter la puissance manquante à une usine à haute pression, même à une époque où l'eau est abondante.

Ainsi l'on en vint, poussé par la nécessité, à combiner les usines à haute pression, pourvues de réservoirs, avec celles à basse pression (par exemple Beznau et Löntsch, Eglisau et Wäggital, etc.). Ce point aussi est connu en général, mais on ne se rend pas suffisamment compte dans quelle mesure cet expédient — qui fut employé en premier lieu en Suisse et l'est dans la plus large mesure — renchérit l'énergie.

En effet, les installations et bassins d'accumulation ainsi que la machinerie et les conduites, à installer pour des puissances relativement élevées dans ces usines à accumulation, sont d'un coût élevé

et ont pour effet que l'énergie produite par ces usines revient à un prix 2 à 5 fois plus élevé que celle d'une centrale sans accumulation bien utilisée. Seule la circonstance qu'il a été possible, par une adaptation appropriée de la production et de la vente, de n'employer relativement que peu d'énergie accumulée, rend acceptables les frais de l'électricité produite par la combinaison réalisée.

4° Une compensation complète entre les puissances minimums et maximums de nos forces hydrauliques n'est cependant pas possible. On peut facilement le constater par quelques enquêtes statistiques. Cela résulte aussi du fait que le nombre et la capacité des bassins d'accumulation qu'il est possible de construire chez nous sont limités, abstraction faite des oppositions qui se sont élevées ces derniers temps contre de nouvelles «immersions».

Au point de vue technique, la production d'énergie complémentaire thermique, spécialement au moyen des grands moteurs Diesel actuels, serait possible. Des calculs répétés récents ont montré que la production de l'énergie supplémentaire par des moyens calorifiques, dans les conditions actuelles, est chez nous encore plus chère que celle provenant d'usines à accumulation. Il n'est cependant pas exclu que la première voie devienne un jour praticable. Mais avec elle on retombe naturellement de nouveau dans la dépendance de l'étranger, avec une certaine incertitude quant aux prix. La variabilité et le régime partout semblables de nos forces hydrauliques sont des faits naturels qu'on ne peut pas changer. La technique ne peut tenter, à cet égard, qu'une compensation. Celle-ci a atteint chez nous, comme le reconnaît l'étranger, un très haut degré. Cependant, nous ne parviendrons jamais à avoir économiquement à disposition, en été comme en hiver, la même puissance totale. Si nous voulons vraiment employer le mieux possible nos forces hydrauliques, nous ne devons pas construire nos usines en nous basant uniquement sur la puissance (chx ou kW) qui peut être garantie durant toute l'année à l'aide d'usines à accumulation d'eau. Précisément parce que l'on peut ainsi réduire les prix de revient de l'énergie, on construit aujourd'hui les usines à basse pression pour l'utilisation d'un afflux même plus grand que l'eau moyenne annuelle, alors que précédemment l'on restait sensiblement au-dessous.

5° Il en résulte que nos usines suisses hydro-électriques fournissent en quelque sorte deux espèces d'énergie disponible et qu'il en sera toujours ainsi:

a) l'énergie dont la puissance est à disposition durant toute l'année et qui peut être livrée pour ainsi dire comme «énergie obligatoire», parce que les usines peuvent s'engager et s'engageront à la livrer à chaque moment selon les besoins;

b) l'énergie que l'on pourrait appeler «énergie d'excédent», dont la puissance n'est pas à disposition durant toute l'année. Toutefois certaines quantités de cette énergie pourraient être garanties livrables au moins pour un temps déterminé, par exemple

pour 5 mois d'été; une fraction seulement, l'énergie de déchet proprement dite, n'est livrable que pendant un temps indéterminé.

L'utilisation de nos forces hydrauliques oblige actuellement à tirer des recettes aussi de l'énergie d'excédent, vendue naturellement à des prix sensiblement moindres que l'énergie obligatoire, les prix les plus bas étant affectés à l'énergie de déchet proprement dite. En effet, le preneur qui a recours à cette énergie, lorsqu'il a besoin de sa puissance aussi en dehors des époques de livraison garanties par les usines, doit s'installer pour avoir une autre source de force, ce qui lui cause en général des frais spéciaux.

La création de débouchés pour cette «énergie d'excédent» est une question vitale pour nos usines électriques, précisément parce qu'elles sont et doivent être hydro-électriques. Cette énergie se trouve naturellement en première ligne à la disposition des preneurs suisses. Mais les conditions pour l'utilisation économique de ces livraisons temporaires sont malheureusement très peu favorables en Suisse, comme beaucoup d'exemples l'ont montré.

Ces difficultés ne sont pas connues des usines thermo-électriques existant dans les pays riches en combustible.

6° Une autre caractéristique de toutes les usines hydro-électriques, très dissemblables en cela des usines thermo-électriques, est la composition absolument différente des dépenses annuelles totales en cas de modification de la quantité d'énergie produite. Chaque industriel sait que sa fabrique lui cause bon an mal an certains frais, même lorsqu'elle ne travaille pas. Il s'agit des «frais fixes», avant tout pour les intérêts et les amortissements nécessaires, pour l'administration, l'entretien et les réparations, même en cas d'exploitation limitée. Il en est naturellement de même pour les usines électriques hydrauliques ou thermiques. Pour les premières, cependant, les frais fixes sont beaucoup plus élevés, doubles ou triples à capacité égale, que pour les dernières; alors que pour celles-ci les frais de combustible n'existent qu'en cas d'exploitation et augmentent avec le nombre de kWh livrés, il n'en est pas de même pour les usines hydro-électriques. L'usine hydro-électrique une fois établie, ses dépenses annuelles sont pratiquement les mêmes, qu'elle produise peu ou beaucoup d'énergie, et l'unité produite, le kWh, sera d'autant plus chère qu'il peut être vendu moins d'énergie. Pour les usines thermiques, au contraire, les frais de combustible diminuent avec la quantité d'énergie produite et le prix unitaire par kWh n'augmente que peu en cas de production limitée.

Les usines hydro-électriques sont donc tout spécialement, et beaucoup plus que les usines thermiques, obligées de vendre toute l'énergie qu'elles peuvent produire pour être à même de maintenir bas le prix de vente de l'unité.

Comme les frais actuels des usines hydro-électriques dépendent uniquement du prix de leur construction, c'est-à-dire de la puissance en chevaux ou en kW pour laquelle elles ont été établies, chaque kW

revient annuellement au même prix, qu'il soit peu ou beaucoup utilisé, qu'il s'agisse de 8000 heures pour l'électro-chimie, de 2000 heures pour les moteurs industriels ou seulement de 500 heures pour l'éclairage. Les dépenses restent les mêmes, qu'un kW d'installation mécanique livre, par exemple, 500 kWh d'éclairage, 2500 kWh de force motrice ou 8000 kWh pour l'industrie chimique, et les frais de production de ces 3 espèces de kWh sont donc dans la proportion 8 : 2,5 : 0,5.

7° De ce qui a été dit, on peut déduire sans autre qu'il n'est pas si simple de fixer les prix de vente de telle façon qu'ils conviennent à l'acheteur pour les différentes espèces d'emplois, tout en correspondant, dans une certaine mesure, aux frais de production extrêmement variés, de sorte que l'usine puisse subsister malgré un débit variable.

C'est cet état de chose qui complique les systèmes de tarifs et sur lequel je ne puis pas m'étendre davantage. Finalement — comme pour les impôts — le système d'après lequel on compte est indifférent pourvu que le résultat réponde aussi bien que possible aux conditions réciproques. Cet état de choses est assez bien atteint en Suisse pour l'électricité, ce qui est prouvé d'une part par l'emploi toujours croissant de l'énergie électrique et d'autre part par l'utilisation toujours meilleure des usines.

#### IV. Développement et état actuel de notre approvisionnement en électricité.

Nous voulons rapidement examiner au moyen de chiffres comment notre approvisionnement en électricité s'est développé et quel est son état actuel:

1° *Puissance*. Nous voyons surgir en 1886 les premières usines électriques (c'est-à-dire des entreprises livrant de l'énergie électrique à des tiers à distance); jusqu'en 1893 il n'y eut guère que des usines destinées à l'éclairage, d'une puissance totale de 8000 kW environ. Alors vint avec le moteur à courant triphasé l'essor de la force motrice; au début de ce siècle la puissance produite est déjà environ 10 fois plus grande; avant la déclaration de guerre, elle est d'environ un demi-million de kW, dont cependant plus de 100 000 kW sont utilisés dans des usines uniquement électrochimiques. Actuellement les usines suisses ont une puissance installée supérieure à 1 300 000 kW dont environ 10 % reviennent aux usines dont le courant est destiné aux chemins de fer, environ 15 % aux entreprises uniquement électrochimiques, le reste, d'à peu près 1 million de kW, revenant aux usines dont le courant est destiné à un usage général. Durant la guerre, l'«électrification» a augmenté puissamment. Chaque habitant a aujourd'hui environ un tiers de kW de puissance électrique à sa disposition.

2° *Energie produite*. L'augmentation des chiffres suivants indique encore plus clairement l'emploi toujours croissant de l'électricité: la production pour usages généraux (c'est-à-dire sans les grandes entreprises pour l'électro-chimie et pour l'exploitation de chemins de fer) fut en 1886 d'environ 3 millions de kWh; en 1894 elle est montée rapidement

à 10 millions de kWh à la suite de la diffusion des moteurs; au début du siècle elle était déjà d'environ 100 millions et au commencement de la guerre de 900 millions de kWh à peu près. Ensuite elle est montée rapidement jusqu'à la fin de la guerre jusqu'à près de 1500 millions de kWh, restant à peu près au même niveau jusqu'en 1923 à cause de la crise industrielle, pour monter jusqu'en 1930 au-dessus de 3,5 milliards de kWh dont environ 1 milliard de kWh est exporté. Aux 2,5 milliards de kWh pour usages généraux s'ajoutent vraisemblablement environ 1,3 milliard pour la grande industrie électro-chimique et 0,5 milliard de kWh pour l'exploitation des chemins de fer. La consommation intérieure totale *par tête* et par année est aujourd'hui d'environ 1100 kWh y compris l'industrie électro-chimique et l'exploitation des chemins de fer, et d'environ 600 kWh sans celles-ci, chiffre par lequel la Suisse, pour autant qu'on puisse l'établir, a en moyenne la plus grande consommation du monde. Cette constatation à elle seule indique déjà pour un pays dans lequel l'industrie lourde n'est pas de premier plan une situation excellente et adaptée aux besoins.

3° Par un examen plus approfondi on constate que l'énergie produite a augmenté depuis longtemps plus rapidement que la puissance installée en kW. Ceci prouve qu'on a obtenu une utilisation toujours meilleure de la capacité des usines. Le quotient du nombre de kWh produits par la puissance maximum fournie en kW donne ce qu'on appelle la *durée d'utilisation virtuelle* exprimée en heures, qui naturellement ne peut pas être plus grande que 8760, le nombre d'heures de l'année (en cas de plein travail continu de la puissance maximum). Si l'on établit ce chiffre pour la totalité des usines suisses (considérées comme un tout), on trouve ainsi que jusqu'en 1893 il ne dépassait que légèrement 1000 heures (en une année), que jusqu'en 1900 (ère des moteurs) il a augmenté jusqu'à 2000 heures environ, restant à peu près le même jusqu'avant la guerre; pendant celle-ci et à cause d'elle il monta rapidement jusqu'à 4000 heures, addition faite des différentes espèces d'emplois du courant électrique. Depuis lors, cette «durée d'utilisation virtuelle» a déjà dépassé 5000 heures. Ceci est le signe infaillible d'une bonne technique de l'économie électrique en ce qui concerne l'emploi multiple du courant et l'adaptation des tarifs; les autres pays ont en général, ceux qui nous entourent spécialement, une durée d'utilisation virtuelle très inférieure.

4° L'utilisation, importante au point de vue économique en général, de l'énergie disponible dans les usines hydro-électrique, qui est la mesure de l'économie des forces hydrauliques, a pris chez nous également un développement extraordinaire. Alors que les premières usines produisant du courant-lumière ne pouvaient utiliser que le 13% environ de l'énergie hydraulique à disposition, les moteurs électriques ont provoqué un degré d'utilisation moyen, jusqu'à la fin du siècle, de 25 % au moins environ. L'augmentation des emplois du courant, mais spé-

cialement l'effet conjoint d'usines à accumulation d'eau et d'usines à basse pression, permirent de porter l'utilisation de l'énergie jusqu'avant la guerre, à 50 % en moyenne. Jusqu'à maintenant — toujours calculée pour la totalité des usines en exploitation — elle est montée à 82 % environ, après être tombée en 1922, pendant la grande crise industrielle, de 70 à 60 %.

5° Il y a lieu de mentionner encore un point. En opposition à la plupart des autres pays, la large diffusion de la puissance électrique et son emploi étendu par habitant ne sont pas limités chez nous à certaines régions, industrielles ou citadines, ou seulement à certaines classes sociales de la population, mais sa propagation est vraiment tout-à-fait générale. Les données suivantes le prouvent; elles sont évidemment déjà en partie connues, mais il y a néanmoins lieu de les considérer à cet égard:

Environ le 98 % des habitants sont atteints par les lignes de distribution, c'est-à-dire qu'ils peuvent obtenir à leur gré de l'énergie électrique, ce que font la plupart. Dans la majorité des cantons, même les fermes isolées sont pourvues de conduites établies à grands frais. Des statistiques nombreuses et approfondies nous prouvent par des chiffres que la densité de l'énergie livrée, ramenée à la superficie, n'est pas la plus élevée dans les grandes villes, mais souvent dans les petits endroits, et qu'elle est en moyenne encore plus grande pour certaines centrales interurbaines que pour celles de la ville. L'emploi de l'électricité, en proportion de la superficie, est beaucoup plus uniforme en Suisse que n'importe où ailleurs. L'habitation du travailleur manuel est pourvue d'électricité comme les habitations de luxe.

L'augmentation de la longueur des lignes est, en pourcents, beaucoup plus grande pour les lignes de distribution à basse tension desservant directement les consommateurs que pour les lignes à haute tension (lignes à grande distance). Elle lui fut en effet, durant les 5 années de guerre, 4 fois supérieure et l'est encore aujourd'hui 1½ fois, en pourcents. Ceci est une preuve incontestable de l'extension de la distribution dans le pays.

La même preuve est fournie par l'augmentation des appareils raccordés; la puissance raccordée est en 1925 80 fois plus élevée qu'en 1895 alors que pendant les mêmes 30 années la puissance des usines n'a augmenté que de 30 fois: conséquence d'un emploi généralisé de l'électricité à la suite d'une diffusion dans des cercles étendus.

Spécialement l'emploi de l'électricité dans l'économie domestique, par exemple à la campagne pour la cuisson, a augmenté énormément. Cette augmentation a ainsi plus que comblé, pour les Usines électriques du canton de Zurich (EKZ), la diminution provoquée par la crise industrielle. Dans tout le pays, environ 20 000 fourneaux-potagers électriques et autres appareils de cuisson, ainsi qu'un nombre légèrement inférieur de chauffe-eau à accumulation, ont été nouvellement installés *chaque année* ces derniers temps. Déjà depuis quelques années le nombre des abonnements au

courant est aussi élevé que celui des familles; aussi l'on compte pour chaque famille en moyenne un poteau et une longueur de ligne de distribution de 60 à 70 mètres, environ 1½ kW d'appareils thermiques connectés, en outre un fer à repasser électrique pour deux familles environ, le tout en moyenne pour toute la Suisse.

6° Malgré les difficultés décrites que présentent nos forces hydrauliques, il a été possible d'atteindre en Suisse, dans l'utilisation de celles-ci et dans l'approvisionnement en énergie électrique, un degré réellement élevé, prouvé par les chiffres et que les autres pays nous envient.

L'approvisionnement de la Suisse en électricité est excellent en ce qui concerne la diffusion aussi bien locale que sociale, ainsi que l'emploi multiple de l'énergie électrique et l'utilisation des forces hydrauliques qui la produisent. La Suisse est pourvue en énergie électrique plus intensivement que n'importe quel autre pays. C'est à bon droit que nous pouvons être fiers de ce que l'étranger le reconnaisse toujours et nous envoie ses hommes du métier pour étudier notre économie hydro-électrique.

A l'intérieur du pays malheureusement on reconnaît moins volontiers ce fait; il ne manque pas de critiques formulées sans un examen approfondi des circonstances. Des cas exceptionnels sont généralisés, même dans des opinions émises à titre officieux; dans des pièces officielles également, des cas uniques sans importance ou des abus imaginaires sont traités largement, de sorte qu'il en résulte plutôt l'impression d'une mauvaise économie que l'image exacte de conditions en général très bonnes.

Toutes ces circonstances n'ont pas empêché, et n'empêcheront pas non plus à l'avenir, que le personnel dirigeant des entreprises, malgré l'effet démoralisant que devrait avoir le peu de reconnaissance qu'on a pour son activité, travaille sans cesse intensivement à toutes les améliorations possibles de notre approvisionnement en électricité et étudie ce qu'il pourrait encore comporter de défectueux. Les critiques avancent à cet égard un matériel abondant que nous voulons maintenant examiner.

#### V. Manques prétendus et réels de notre approvisionnement en électricité.

Examinons les critiques que nous lisons et entendons fréquemment! A cet égard il nous manquera naturellement aujourd'hui le temps de produire séparément chacune des preuves disponibles.

1° *Les prix de l'énergie sont prétendus trop élevés en Suisse.* Ici, je ne veux pas parler des prétentions contradictoires d'après lesquelles les petits abonnés disent que les prix du courant pour l'éclairage sont beaucoup trop élevés, alors qu'au contraire les industriels demandent l'élévation des prix de ce courant pour que la force motrice puisse être livrée meilleur marché. Il est clair, en effet, qu'il faut établir un tarif plus élevé pour le prix de l'unité des catégories d'énergie pour lesquelles ce prix peut être payé sans hésitation, et l'est en

fait (comme pour le courant d'éclairage), afin qu'un prix suffisamment bas, capable de faire concurrence, puisse être fixé pour les autres emplois, spécialement pour le courant force, de telle sorte qu'au total ou en moyenne les frais de production puissent au moins être couverts.

Des comparaisons, spécialement entre la Suisse et d'autres pays, ne doivent être basées que sur des prix moyens et non sur des cas particuliers souvent très différents. J'ai établi le tableau suivant sur de telles valeurs moyennes; il s'agit de prix de vente au détail pour les abonnés, en centimes-or par kWh, convertis au cours du change:

Pays	Eclairage	Moteurs petits et moyens
Suisse . . . . .	30 à 50	10 à 25
Allemagne . . . . .	20 à 60	18 à 30
France . . . . .	30 à 38	10 à 27
Italie . . . . .	25 à 40	15 à 25
Suède . . . . .	40 à 50	20 à 30
Hollande . . . . .	50 à 65	?
Angleterre . . . . .	45 à 80	20 à 50
Etats-Unis de l'Amérique du Nord	40 à 55	15 à 25

Les prix pour le courant destiné aux moteurs de grandes dimensions et à des usages semblables dépendent de trop nombreuses circonstances pour qu'il soit possible de dresser des chiffres comparatifs généraux d'une façon simple et sûre. Nos chiffres montrent que, convertis en or, les prix suisses pour courant d'éclairage et de force motrice comptent parmi les meilleur marché, même par rapport à d'autres pays possédant des forces hydrauliques, comme par exemple la Suède; le courant d'éclairage est d'un prix sensiblement plus bas qu'en Angleterre, pays riche en charbon; même en Amérique du Nord, qui possède du combustible et des forces hydrauliques, il n'est pas meilleur marché (une publication parue en son temps sur l'économie électrique en Suisse a comparé les prix suisses les plus élevés avec les prix moyens de l'Amérique du Nord!). Le fait qu'en réalité l'Amérique du Nord, si vantée, n'est pas plus avantageuse pour les consommateurs d'électricité que la Suisse, ressort des chiffres suivants: le capital à rentrer par kWh produit annuellement est en Amérique du Nord de 60 centimes, en Suisse de 41 seulement. En revanche, le produit brut est en Suisse de 5,4 centimes environ et en Amérique du Nord de 11,5 centimes, plus du double, et, ramené au capital, encore supérieur d'une fois et demi.

Des parallèles entre les prix du coût de la vie basés uniquement sur la valeur-or établie d'après le cours du change conduisent toutefois souvent à un aspect des choses en partie faux. Par exemple, l'indice général du coût de la vie est plus bas en France (et en Italie aussi) qu'ailleurs. Je considère comme une meilleure mesure si l'on compare les prix de l'énergie électrique avec ceux d'autres produits nécessaires. On pourrait prendre comme point de comparaison le prix d'une heure d'ouvrier, produisant du travail de même que le kWh, et plus spécialement, de la façon la plus simple, le salaire

à l'heure, déterminable avec le moins grand nombre d'objections, pour l'ouvrier non qualifié. Selon le même principe, on peut faire une comparaison avec le prix d'un kg de charbon ou d'un kg de pain dans le même pays. Comme les autres prix sont très inégaux et différents, je les compare avec le prix de détail de l'énergie électrique pour l'éclairage, qui coûte chez nous entre 30 et 50 centimes le kWh, et j'arrive, en chiffres ronds, aux conclusions suivantes:

Par rapport au salaire d'un ouvrier manuel, l'éclairage est en Allemagne à peu près aussi cher que chez nous, en France plus cher, dans certains pays beaucoup plus cher, en Roumanie par exemple de 2 à 3 fois plus.

On obtient en Suisse un kWh de courant lumière pour le prix de 5 à 10 kg de houille (d'après la qualité et l'endroit), en Allemagne pour une somme double, c'est-à-dire pour ce que coûtent jusqu'à 20 kg de charbon, et en Amérique du Nord pour la somme à laquelle revient 3 à 4 fois autant de charbon.

Par rapport au pain, qui est aussi un producteur d'énergie, on trouve: en Suisse un kWh coûte une demi jusqu'à une fois autant qu'un kg de pain, dans les autres pays partout davantage, en Roumanie autant que 2 kg.

On parle aujourd'hui encore des majorations du prix de l'énergie électrique réalisées pendant la guerre. Il est exact que la plupart des industries ont non seulement élevé le prix de leurs produits mais ont également dû — poussées par la nécessité — maintenir en partie ces élévations; un grand nombre de marchandises se trouvant dans le commerce sont aujourd'hui encore d'un prix considérablement plus élevé que celui correspondant à l'indice général, mais les usines d'électricité traitent leurs clients d'une façon beaucoup plus favorable. Pour elles aussi les salaires et le prix de construction des usines ont doublé et même plus pendant la guerre; néanmoins, il est démontré que les prix de vente de l'énergie ne se sont jamais élevés en moyenne à plus du 120 % des prix d'avant-guerre; et alors que l'indice général se trouve encore aujourd'hui entre 150 et 160 % environ, les prix de vente de l'énergie ont été de nouveau, en moyenne, complètement ramenés aux prix d'avant-guerre et même, d'après les données les plus récentes, au 90 % de ceux-ci.

En résumé, l'emploi de l'énergie électrique aurait-il fait chez nous un progrès si considérable et aurait-il ainsi mis de côté l'exploitation au moyen de combustibles, si tous les clients différents, l'industrie avant tout, n'y avaient pas trouvé des avantages pécuniaires?

On peut examiner sous n'importe quelle face la question des prix de l'électricité prétendus trop élevés, on arrivera toujours, si on le fait sans prévention, à la conclusion suivante:

Les prix de vente de l'énergie électrique en Suisse sont modérés; ils sont adaptés pour les consommateurs au coût de production à partir de la force hydraulique et au prix des autres modes pos-

sibles de production d'énergie, de telle façon que l'emploi de l'énergie hydro-électrique (au lieu d'énergie thermique) offre des avantages pécuniaires, à moins qu'il s'agisse de cas ne pouvant pas être économiques pour des raisons d'ordre physique. Pris dans leur sens absolu et en comparaison avec ceux d'autres produits de première nécessité, nos prix sont meilleur marché que dans presque tous les autres pays et n'ont subi par l'effet de la guerre aucun renchérissement permanent.

2° On entend l'objection: Les *coûts de production* de l'énergie électrique sont chez nous déjà trop élevés à la suite de gains trop grands, d'amortissements trop forts et de frais d'administration trop considérables.

Le fait, prouvé à maintes reprises, que le rendement net moyen des capitaux investis dans les usines suisses n'atteint même pas 6% a déjà été souvent répété, m'a-t-on fait observer. C'est possible, mais ce fait n'en perd pas pour cela sa force probatoire établissant qu'en général les gains obtenus n'ont absolument rien d'excessif.

Il est à constater qu'un certain nombre d'usines communales rapportent des gains sensiblement plus élevés, livrant ainsi, en partie, des sommes très considérables aux caisses des communes. Personnellement, je considère qu'il ne convient pas d'amener les consommateurs d'électricité à payer ainsi à la commune une taxe spéciale. Mais cet impôt indirect a été conservé jusqu'à maintenant par les électeurs — un exemple de l'influence de la politique sur l'économie.

Les frais d'administration également peuvent être considérés pour la Suisse comme exemplairement bas par rapport à d'autres pays. Comme on peut toujours de nouveau l'établir, nous travaillons en général avec un personnel dirigeant beaucoup moins nombreux, et spécialement meilleur marché que l'étranger. Le travail, qui n'est pas peu considérable, des Conseils d'administration est fourni à titre presque gracieux lorsqu'il s'agit d'usines publiques ou d'économie mixte qui livrent de beaucoup la plus grande partie de l'énergie (65 à 75% suivant les estimations).

Et maintenant examinons les «amortissements». Cette expression, malheureusement employée pour désigner n'importe quoi, ne contient généralement même pas ce que l'on considère comme son essence, à savoir l'amortissement des dettes. Parmi les usines électriques, il y a souvent de très anciennes installations qui doivent effectivement être amorties; à cela s'ajoutent les dépenses pour les nouvelles installations; les dettes à renter n'en sont pas diminuées. De plus, des réserves doivent être constituées pour payer après un certain temps les rénovations devenues nécessaires de parties importantes et certaines grosses réparations. Ces réserves également ne causent aucune diminution des dettes, mais n'en sont pas moins considérées souvent comme amortissements. Seules les sommes dépassant ce qui a été indiqué tout d'abord sont de vrais amortissements, c'est-à-dire servent à *amortir* réellement les dettes.

Mais, aujourd'hui encore, beaucoup d'usines restent bien en-dessous des taux d'amortissement usuels pratiqués dans d'autres industries. A cet égard il faut procéder à un examen très minutieux; on constate alors que les usines suisses d'électricité en général font très peu d'amortissements supérieurs à ce qui est nécessaire, comme nous l'avons exposé, pour l'entretien des installations et leur maintien à la hauteur de la technique. Beaucoup d'entre elles ne vont même pas si loin. Il y a des exceptions, mais elles ne sont pas nombreuses.

De ce qui précède, on peut tirer la conclusion suivante: en général, le maintien des réserves à leur montant actuellement usuel est nécessaire pour obtenir, même après un temps relativement long, une réduction des dettes qui rendrait possible une diminution vraiment sensible des prix de vente. Les exceptions mises à part, ce serait en général une fausse mesure économique de réduire les amortissements actuels des usines électriques, pour atteindre présentement une diminution de prix qui ne serait pas du tout sensible et dont il résulterait une situation plus mauvaise encore pour l'avenir.

3° En effet, seules des réductions de prix très considérables pourraient avoir pour conséquence, dans l'industrie spécialement, ce que l'on attend d'elles. A cet égard, on doit toujours soumettre à un nouvel examen ce qui a aussi souvent déjà été constaté: les *dépenses de l'industrie pour l'énergie électrique* ne forment (certaines industries spéciales, comme par exemple l'électro-chimique en étant exclues) que *quelques pourcents* des dépenses totales (spécialement par rapport aux salaires). C'est pourquoi des réductions même relativement très importantes du prix de l'énergie ne peuvent malheureusement avoir aucune influence sensible sur le résultat total de l'industrie. (Si l'on prétend le contraire, c'est-à-dire que même le plus petit allègement a une influence importante pour l'industrie, un examen économique sérieux peut et doit cependant ne pas assimiler les facteurs les moins importants, en pourcents, aux plus importants, mais il doit reconnaître comme insignifiants de petits éléments du prix ne comptant presque pas au point de vue des chiffres.) S'il y a malheureusement des industries qui luttent pour leur existence, une énergie meilleur marché ne *suffirait pas à les tirer d'embaras*; sans aucun doute, il y en a qui ne pourraient même pas être aidées si l'énergie électrique leur était livrée *gratuitement*. N'oublions pas que si l'industrie emploie parfois moins d'énergie, les usines d'électricité encaissent moins aussi, mais que celles-ci ont malheureusement à supporter néanmoins exactement les mêmes charges, sans aucune diminution, en tant qu'usines hydro-électriques.

4° Quelques objections qui ont été faites à notre ravitaillement en électricité concernent les conditions que l'on devrait taxer de manques dans *l'installation ou l'exploitation rationnelles*. Elles visent toutes l'établissement que nous avons décrit, prématuré et imparfait au point de vue technique, de nos premières installations. Elles ne sont que



trop connues des dirigeants de nos grosses usines actuelles et l'aplanissement de ces difficultés n'est désiré et poursuivi par personne autant que par eux-mêmes. Mais cet aplanissement est souvent considéré comme beaucoup plus facile qu'il ne l'est en réalité par ceux qui n'y participent pas et son influence sur l'ensemble est estimée par ceux-ci beaucoup plus importante qu'elle ne l'est.

Il est vrai qu'il faut songer à l'existence d'un grand nombre de *petites usines* qui travaillent encore pour elles seules. Elles exigent un personnel nombreux et ne peuvent que mal employer leur énergie hydraulique, ce qui donne malheureusement des coûts de production élevés, et il y en a en fait encore 200 environ! Mais elles ne livrent que le 2 % à peu près de la production totale de l'énergie; si ces kWh étaient même très chers (ce qui, d'ailleurs, n'est pas le cas pour beaucoup d'usines de cette espèce à cause des amortissements faits depuis longtemps), l'effet n'en est pas sensible en moyenne, mais seulement occasionnellement, dans des cas particuliers. Le processus de l'absorption de ces petites usines par de plus grandes entreprises et leur rationalisation est en voie de réalisation depuis de nombreuses années et s'approche du but poursuivi. Comme exemple, je vous signale l'ancienne usine de la Sihl des EKZ, exploitée actuellement en parallèle avec les Forces motrices du Nord-Est-Suisse (NOK), ce qui rend maintenant possible l'utilisation de la presque totalité de l'énergie disponible, le double d'il y a 25 ans. On peut aussi mentionner, par exemple, «l'automatisation» de la petite usine de Glattfelden achetée par les EKZ, avec réduction du personnel de 6 hommes à un seul ouvrier auxiliaire et augmentation de l'énergie livrable — mais, bien entendu, le rendement ne sera bon que plus tard à cause des hauts frais de transformation.

Toutes les grosses entreprises font l'expérience que de semblables rachats et rationalisations causent des frais disproportionnés. Néanmoins, elles ne craignent pas de faire ces sacrifices. Si cette amélioration n'est pas partout rapidement possible, la plupart du temps ce sont des oppositions de la part des particuliers ou des communes qui en sont responsables, comme c'est le cas pour l'imperfection suivante, dont je veux parler maintenant.

5° *Commerce intermédiaire par de petites entreprises de revente.* (Il y a lieu de remarquer que parmi celles-ci, il ne faut pas compter les grandes entreprises, comme par exemple les usines cantonales distribuant le courant provenant des NOK, qui s'en différencient par leur nature. En effet, celles-ci sont nécessaires pour décharger les NOK, constituées comme grosse entreprise de production, du ravitaillement qui n'était pas leur but, de chacun des cantons d'après leurs dispositions différentes; elles ne doivent d'ailleurs construire aucune nouvelle usine qui leur soit propre.) Cette affaire paraît de prime abord très délicate si l'on constate qu'il y a en Suisse plus de 1000 petites entreprises semblables, qui ne produisent elles-mêmes aucune

énergie mais revendent seulement avec un bénéfice d'intermédiaire. Néanmoins, on peut se tranquilliser immédiatement en constatant que ces revendeurs ne livrent que le 10 % environ de l'énergie employée en Suisse pour l'usage général. La suppression du bénéfice intermédiaire obtenu ainsi n'améliorerait donc que peu l'ensemble.

La disparition de ce commerce intermédiaire doit néanmoins être tentée et elle fait aussi des progrès. Les grandes sociétés font des sacrifices pour racheter les entreprises de commerce intermédiaire et se charger des livraisons directement au consommateur. En effet, les gains réalisés à l'occasion de revente donnent l'occasion ici et là à des plaintes justifiées. Des communes, agissant comme telles, livrent le bénéfice réalisé aux caisses communales, les unes sans faire les réserves indispensables pour les améliorations nécessaires, souvent aussi sous une direction incompétente, parce qu'elles ne peuvent pas s'offrir un meilleur personnel technique; en outre, elles livrent leur énergie aux consommateurs de courant de lumière — la majorité des électeurs! — à des prix particulièrement bas, servant par contre l'industrie à des prix exagérément élevés. Mais je le répète, ces conditions ne concernent qu'une petite partie de notre ravitaillement et elles disparaîtront de plus en plus à la suite des efforts des grandes entreprises productrices. Dans les cas où la politique de clocher ou des intérêts particuliers empêchent encore le rachat, les gros fournisseurs se réservent au moins, par exemple lors du renouvellement des contrats, de livrer l'énergie directement et à des prix plus favorables pour les achats supérieurs à une certaine quantité (à l'industrie, par exemple).

6° En ce qui concerne la suppression des bénéfices non justifiés du commerce intermédiaire et de la fixation de prix peut-être abusifs d'usines communales et semblables, le troisième alinéa de l'article 46 de la loi sur les installations électriques joue un certain rôle. Au premier abord, il paraît protéger ces conditions par un monopole territorial. Mais comme il ne protège que les intérêts «justifiés», il peut aussi conduire à une protection des prix à l'égard des consommateurs. En effet, ceux-ci sont à même de présenter une requête en expropriation pour une conduite concurrente, au Conseil fédéral, qui alors doit faire examiner les conditions (prix) par la Commission fédérale des installations électriques. Ceci a souvent conduit également à une réglementation rationnelle des prix.

7° Pour beaucoup d'usines nouvelles, des crédits injustifiés pour constructions superflues et des créances pour livraisons gratuites ou privilégiées de courant aux pouvoirs publics accordant la concession, ont élevé très sensiblement les coûts de production. Malheureusement, contre de semblables tendances qui ne profitent en rien à la collectivité, c'est tout au plus si une réaction politique est susceptible d'apporter un remède.

8° Ce que l'on appelle les *contrats de délimitation de zones* a déjà soulevé bien des discussions.

Au premier abord, ces contrats apparaissent aux consommateurs comme la création d'un monopole en faveur de l'entreprise d'électricité de la zone en question, dans le but de maintenir éloignée la concurrence, donc éventuellement aussi pour resserrer les prix ou, comme il a été dit, pour refuser de livrer du courant. Mais, en fait, ces contrats résultent avant tout de la nécessité d'éviter l'établissement d'un système irrationnel de lignes, doubles ou multiples, qui renchériraient l'électricité. Ces lignes multiples auraient un effet déparant et sont aussi souvent dangereuses au point de vue technique. Déjà pour ces raisons l'on ne pouvait pas faire sans de tels contrats. En ce qui concerne la situation de monopole, la suppression de ces contrats n'apporterait en fait aucun changement. En effet, l'existence de lignes de distribution déterminées est inévitable et une entreprise qui en possède aura toujours un avantage sur une autre qui doit d'abord en créer. Jusqu'à un certain point, un monopole de fait existe déjà et est inévitable par l'effet de l'existence des canalisations, comme c'est le cas pour les usines à gaz ou de distribution d'eau. L'exigence que le possesseur d'un contrat de délimitation de zone soit chargé d'une obligation de livraison légale ne serait pas sensible au point de vue formel; les conditions de prix et de livraison de l'énergie électrique sont si compliquées que leur fixation légale n'est pas possible, avec la meilleure volonté. Elle n'existe pas non plus pour les usines à gaz et les distributions d'eau. De même il n'est pas du tout nécessaire de stipuler une obligation de livraison; chaque entreprise vend volontiers ce qu'elle peut et comme elle le peut; la fourniture de courant actuellement très poussée le prouve suffisamment. Les exceptions possibles mais rares ne justifient pas la mise en vigueur d'un appareil légal, qui ne pourrait guère avoir d'effet pratique.

La concurrence thermique est déjà actuellement une protection contre des exagérations de prix, mais spécialement aussi le contrôle officiel et des autorités des entreprises communales, cantonales ou d'économie mixte qui, aujourd'hui, livrent de beaucoup la plus grande partie de l'énergie. Néanmoins, on pourrait obvier à des abus qui ne sont pas inconcevables, sur la base de la loi sur les forces hydrauliques, qui fixe l'obligation de présenter les projets de contrat de délimitation de zones au Conseil fédéral. Celui-ci pourrait, sur demande, soumettre chaque cas à une commission d'experts pour qu'elle l'examine et donne son avis, celle-ci pouvant proposer sans aucun doute, aux autorités, un moyen approprié comme solution ou même très probablement arriver à une amélioration en intervenant directement.

9° Un point qui nécessite encore une nouvelle amélioration est certainement notre *réseau de lignes*. Sa rationalisation a fait néanmoins ces derniers temps des progrès importants, spécialement en ce qui concerne les grosses entreprises. Il a déjà été dit que l'établissement ancien des installations, dans notre pays, exige à cet égard un effort spécial.

La transition aux tensions de distribution actuellement possibles et capables de répondre aux besoins, en relation avec l'unification de ces tensions, exige actuellement de grandes dépenses des usines; il en est de même de la transition à des lignes modernes à haute tension destinées à la transmission à grande distance. Peu à peu commence aussi déjà la suppression des plus anciennes conduites et la réunion des lignes principales des différentes entreprises. Mais tout cela requiert aussi la transformation et la construction nouvelle de transformateurs et de sous-stations et par conséquent une base financière assurée des usines. L'exigence toujours à nouveau formulée d'une meilleure coopération des usines, d'un réseau de lignes à haute tension établi conformément à un plan, que l'on se représente d'une façon très simple, la plupart du temps comme «rail collecteur fédéral», sera d'elle-même peu à peu et de mieux en mieux réalisée dans l'intérêt propre des usines. Elle existe déjà aujourd'hui pour répondre aux besoins actuels, comme le prouve l'interconnexion des réseaux dans toute la Suisse.

La seule liaison qui laisse encore à désirer, à savoir celle entre les forces valaisannes et les autres, n'était pas jusqu'à maintenant très nécessaire. Elle le deviendra prochainement et est déjà projetée.

L'exigence que la rationalisation indiquée soit accélérée est déplacée. Son exécution immédiate nécessiterait une telle augmentation des capitaux investis que l'on ne pourrait pas la réaliser sans une élévation des prix de l'énergie, sans que pour cela il en résulte un avantage correspondant. A cet égard on doit prévoir longtemps à l'avance mais être prudent; en effet, personne ne peut prédire avec certitude la formation future des conditions de distribution.

10° En ce qui concerne cette *rationalisation*, spécialement du réseau de lignes à haute tension avec ses sous-stations, la Commission fédérale pour les installations électriques a fait, il y a bientôt déjà 6 ans de cela, à l'occasion d'un avis émis sur la motion Grimm, avis qui malheureusement a été communiqué très tard aux Chambres fédérales et fut à peine connu, certaines propositions pour une nouvelle pratique dans la procédure d'approbation. Depuis que leur application a été approuvée, cette procédure a porté de bons fruits. Ils sont encore à peine connus, mais très importants pour toute la question de l'économie de l'électricité. Ainsi cette commission étudie d'importants projets sur des lignes à grande distance et à haute tension, présentés à l'Inspectorat fédéral des installations à courant fort, sur leur nécessité, leur économie et leur groupement avec d'autres, sur leur adaptation au réseau général de tout le pays et la satisfaction des besoins pour l'avenir. Dans des cas donnés, le Département ne confère l'approbation des projets que sous certaines conditions touchant la protection des tiers. L'exécution de ces travaux exige, parce que des compétences exactement déterminées n'existent peut-être pas au point de vue strictement juri-

dique pour toutes les éventualités, un travail difficile et durant souvent des mois entiers, pour arriver à l'accord amiable des usines et des autres intéressés. Mais les entreprises se sont montrées jusqu'à maintenant très conciliantes et prêtes aux sacrifices voulus. Cette procédure pourra à cet égard faire le nécessaire si elle est soutenue par des mesures prises par toutes les autorités intéressées.

11° Enfin, quelques mots encore sur l'*exportation* d'énergie hydro-électrique, qui est toujours encore considérée ici et là comme un procédé ne se justifiant pas.

A côté de l'approvisionnement complet du pays, des quantités d'énergie importantes sont encore aujourd'hui disponibles pour l'exportation. Abstraction faite des grosses entreprises avec réservoirs saisonniers, toutes nos forces hydrauliques fournissent des excédents importants d'énergie estivale qui ne peut pas être employée économiquement à l'intérieur du pays. La construction d'usines à basse chute, de nouveau accélérée, produira pour un certain temps une augmentation de l'énergie disponible plus rapidement que ne s'élèvera l'accroissement des besoins intérieurs. Souvent des usines nouvelles ne peuvent pas être suffisamment utilisées au début. Les recettes des usines pour l'énergie exportée diminuent les dépenses qui restent pour l'énergie du pays et en abaissent le prix en moyenne. Avec les dispositions protectrices de la loi sur l'utilisation des forces hydrauliques, l'exportation doit dès lors rester libre et ne doit pas être entravée, comme on a tenté de le faire précédemment, par l'exigence de contrats d'une durée très courte, sur la base desquels aucun intéressé étranger ne peut être disposé à acheter de l'énergie suisse provenant d'usines hydrauliques.

D'un autre côté, toutes les fois que cela est possible, les contrats d'exportation doivent prévoir l'obligation pour l'acheteur étranger d'importer en Suisse de l'énergie en cas de pénurie d'eau (en général de l'énergie calorifique pour un temps court) et naturellement la possibilité de rappel déjà prévue dans la loi doit y être stipulée.

L'établissement par le Conseil fédéral de dispositions relatives à l'exportation protégeant l'intérieur du pays a fait en général ses preuves jusqu'à maintenant; à cet égard, il est aussi nécessaire de continuer à exiger que l'admissibilité et les conditions de toutes les exportations soient examinées par une Commission d'experts et soumises au Conseil fédéral.

12° L'établissement et l'exploitation d'usines hydrauliques suisses par des intéressés étrangers doit par contre être évité. Lorsqu'il y a participation d'entreprises étrangères à des usines suisses dont la mise en valeur peut aussi favoriser les intérêts du pays, elle doit au moins rester en petite minorité, et l'exploitation doit être soumise à des conditions qui assurent à la Suisse un droit sur l'énergie produite en cas de besoin.

## VI. Développement futur.

1° Nos forces hydrauliques, pour autant qu'elles

permettent une utilisation économique, sont suffisantes pour le développement prévisible des besoins intérieurs, à l'exception du chauffage en grand. Relativement à celui-ci, pour des raisons physiques qui ne peuvent pas être changées, l'énergie hydraulique avec ses coûts de production moyen ne pourra jamais, dans des conditions normales, concurrencer le combustible; il en est de même pour la chaleur nécessaire à la grande industrie. Par contre, on peut employer dans ce but l'énergie d'été qui serait inutilisable sans cela mais qui n'est pas livrable toute l'année, ce à quoi on ne peut rien changer. Cet emploi seulement saisonnier de l'énergie, comme il a été dit, ne peut pas être entièrement réalisé en Suisse, raison pour laquelle il restera toujours de l'énergie à disposition pour l'exportation.

2° Le maintien de la coordination actuelle, en général rationnelle, des usines hydro-électriques et l'utilisation économique de nos forces hydrauliques exigent, spécialement eu égard au nombre limité des grandes usines à réservoirs qu'il est possible d'établir, que de nouveaux projets de concessions soient non seulement examinés au point de vue technique et de la police des eaux par des fonctionnaires fédéraux et cantonaux, mais aussi en ce qui concerne la question de savoir si une usine répond au point de vue de l'économie de l'énergie au besoin qui se fait sentir. Ceci peut très bien être constaté et réalisé en application de l'article 5 de la loi sur les forces hydrauliques, si le Conseil fédéral prend un préavis d'une commission dont font aussi partie des experts en matière d'économie de l'énergie.

3° On ne peut pas nier que beaucoup de choses encore susceptibles d'améliorations dans l'économie suisse hydro-électrique seraient faites plus facilement si les lois subissaient une *modification* adéquate. Cependant il ne s'agirait pas seulement de la loi concernant les installations électriques, mais aussi de celle sur les forces hydrauliques.

Cette procédure non seulement durerait sans aucun doute des années, mais en outre elle ne s'effectuerait pas, très probablement, dans la direction voulue. Beaucoup de vœux qui ont été exprimés le montrent clairement. N'oublions pas qu'à cet égard nous avons à faire à des considérations politiques, à compter avec les cantons et les villes. La modification de la loi comporte le danger que l'utilisation des forces hydrauliques comme source d'énergie électrique bon marché pour tout le peuple ne soit pas favorisée mais rendue plus difficile, par exemple par des tendances cantonales et communales, fiscales et autres. Cette opinion a été exprimée depuis longtemps par la Commission fédérale des installations électriques dans son préavis, par l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, l'Union de centrales suisses d'électricité et par d'autres encore; le Conseil fédéral, dans son dernier message sur la motion Grimm, déclare également maintenant qu'il serait préférable d'aller de l'avant sans modification légale et qu'il est parfaitement possible de le faire.

Le développement passé prouve bien, par l'état auquel on est arrivé, qu'il a été possible de faire beaucoup de bonnes choses avec les lois actuelles et ce sera encore davantage le cas, une fois leur application définitivement mise au point.

4° Tout ce qui précède montre que l'utilisation des forces hydrauliques et la fourniture de l'électricité sont inséparables chez nous.

Notre nouveau et énergique chef du Département des chemins de fer a été certainement inspiré au mieux alors que, chef du Département de l'intérieur, il s'est décidé à réunir le Service des eaux au Département des chemins de fer, auquel les installations électriques sont subordonnées; cette décision doit être considérée comme heureuse à tous égards.

Il est rationnel et jusqu'à un certain degré nécessaire que les autorités fédérales suivent de leur côté le changement qui s'est réalisé naturellement avec le temps auprès des dirigeants des usines électriques, à savoir qu'elles s'occupent non seulement du côté purement technique de la question, mais aussi de son aspect économique.

5° Le nouvel *Office fédéral de l'économie électrique* proposé actuellement par le Conseil fédéral peut, par une organisation et une composition appropriées, en collaboration avec l'Inspectorat des installations à courant fort et le Service des eaux qui dépendent du même Département, contribuer considérablement à faciliter la solution des autres tâches du ravitaillement de la Suisse en électricité. Le développement déjà actuellement très avancé de celui-ci et la grande expérience de ses chefs rendront l'activité de l'Office fédéral d'autant plus féconde qu'il se limitera surtout à l'intérêt général et aux questions exigeant l'appui des autorités.

6° L'organisation et l'activité de cet Office ne sont pas aisées. La connexion des questions économiques des eaux et de l'électricité et de celles de la technique rend nécessaire une bonne collaboration des trois offices, du Service des eaux, de l'Office de l'électricité et de l'Inspectorat des installations à courant fort. Ensuite il s'agit de problèmes si compliqués et de cas particuliers tellement différents rentrant dans l'activité de cet Office, que les fonctionnaires fédéraux qui restent en dehors de l'exploitation pratique ne peuvent pas connaître toutes les conditions et estimer toutes les circonstances avec la sûreté indispensable pour des décisions importantes. La collaboration et les conseils de personnes qui, par opposition aux fonctionnaires fédéraux, sont placées dans la vie pratique et connaissent la technique dont ils possèdent l'expérience, doivent prendre part à la formation d'une *commission d'experts désignée par le Conseil fédéral*.

Dans différents passages de cet exposé, nous avons rendu attentif au fait qu'une commission semblable devrait être appelée à soumettre au Conseil fédéral des préavis et propositions. Pour tous les cas mentionnés, cette commission peut, par une composition appropriée, être la même, celle que nous avons indiquée tout à l'heure. Mais par cette

unique commission peuvent aussi être liquidés tous les cas qui, conformément à la loi sur les installations électriques, sont remis depuis 1902 par le Conseil fédéral à la commission existante pour les installations électriques. En fait, cette commission s'est occupée ces derniers temps de domaines qui rentrent dans l'activité économique du nouvel Office.

Ces travaux ont déjà exigé de la part de la Commission fédérale des installations électriques un grand nombre d'études préliminaires, des constatations techniques et économiques prenant du temps et le rassemblement d'un grand nombre de données; ceci sera nécessaire dans une mesure beaucoup plus grande encore pour la nouvelle commission proposée.

Exécuter les travaux fondamentaux pour cette commission et en vue des décisions du Conseil fédéral, spécialement dans le domaine économique, ce sera sans doute l'activité principale et la plus féconde du nouvel Office. A cet égard, le rassemblement permanent de toutes les données qui peuvent être obtenues sur l'économie suisse hydro-électrique serait naturellement nécessaire. A cet effet, les statistiques périodiques dressées actuellement chez nous et qui, à l'encontre d'autres appréciations, sont si exactes qu'aucun autre pays ne possède rien d'approchant, livreront le matériel principal. Une influence directe de l'Office sur l'exploitation des différentes entreprises n'est par contre pas nécessaire; elle ne serait en rien utile en présence de la complexité, de la multiplicité et du changement rapide des conditions.

Le caractère complexe des tâches à résoudre doit aussi avoir pour résultat de faire porter l'essentiel de la solution par cette Commission permanente de l'électricité ou «Commission de l'énergie» comme on pourrait l'appeler. C'est seulement dans une semblable réunion que peut être réalisée la connaissance de tous les éléments entrant en considération, technique, économie, production, consommation, conditions différentes des diverses parties du pays, et qu'elle peut porter des fruits. Il n'est pas nécessaire de décider pour cette commission une «représentation» formelle des «intéressés», ni une représentation numérique; nous considérerions même une telle disposition comme nuisible. En effet, elle oblige chacun des membres à défendre dans tous les cas certains intérêts et peut conduire à des décisions qui ne correspondent pas au plus grand bien général. Une décision servant au mieux la communauté se réalise bien plutôt avec un collègue dans lequel les nombreuses circonstances et conditions dont il faut tenir compte sont connues par chacun des membres et examinées sans aucune liaison à des intérêts qui devraient être représentés. Le poids des arguments sera alors beaucoup plus justement calculé qu'avec une représentation proportionnelle ou paritaire; les déclarations des experts seront acceptées en toute confiance par leurs collègues dans la commission et les décisions seront prises de plus haut. Des exemples, que je ne veux pas examiner ici, le prouvent.

7° L'inséparabilité de l'utilisation des forces hydrauliques et de la production, distribution et consommation d'électricité, exige en outre que les tâches dont avait à s'occuper jusqu'à maintenant la Commission légale pour les installations électriques (de sept membres) ainsi que celles de la Commission pour l'exportation, créée par le Conseil fédéral, soient toutes reprises par la Commission unique. Cette réunion a été entre autre préconisée par la Commission fédérale des installations électriques il y a déjà plus de 5 ans, mais des objections de nature juridique avaient été faites alors. Actuellement le message récent du Conseil fédéral sur la motion Grimm dit heureusement que cette réunion est réalisable «sans difficultés». En fait, la Commission des installations électriques, avec son nombre prescrit de 7 membres, peut subsister au sein de la nouvelle commission unique, tout en prenant ses décisions conformément à la loi. La nouvelle commission ne devrait néanmoins pas avoir dans son ensemble un nombre de membres trop élevé, en tout peut-être 9 ou 11. Mais comme, au point de vue de la collaboration, la présence de membres experts dans différents domaines (électro-technique, production et consommation de l'énergie, économie et technique hydrauliques) est désirable, il serait très utile de diviser ce nombre total limité en groupes ou sections, nécessaires pour la division des travaux préparatoires. Ces groupes auraient des membres communs pour assurer leur liaison. C'est aussi de cette manière que les demandes d'exportation pourraient être traitées par une section suffisamment grande, à la place de la commission d'exportation actuelle.

Une collaboration utile entre la construction d'usines hydrauliques et l'économie électrique fait finalement préconiser la coopération de la technique hydraulique proprement-dite par la repré-

sentation dans cette commission d'un petit nombre de personnalités compétentes dans ce domaine (ingénieurs); ainsi la Commission fédérale des forces hydrauliques, beaucoup trop grande, d'un caractère plus politique qu'économique et technique, et par conséquent dont les travaux jusqu'à maintenant n'on pas donné satisfaction, pourrait être annexée sous une forme réduite à ce «Conseil de l'énergie» et être ainsi amenée à avoir une activité plus féconde.

8° Avec la coopération du nouvel Office de l'électricité, de l'Inspectorat du courant fort et aussi du Service des eaux comme offices dont la collaboration est à la disposition de la commission proposée, le système suivant serait à recommander pour le mode d'élection de celle-ci:

Le Conseil fédéral nomme les membres de la Commission pour une période de fonction usuelle, en les choisissant parmi les spécialistes dans le domaine de l'économie et de la technique de l'électricité et des forces hydrauliques, et parmi les connaisseurs des besoins des consommateurs d'énergie, si possible dans différentes régions du pays. Le président de la commission serait l'un des membres, nommé par ceux-ci ou proposé au Conseil fédéral qui procéderait à son élection.

Messieurs!

J'ai la conviction que si l'on va de l'avant avec prudence de la manière décrite, en faisant confiance aux entreprises d'électricité dont les prestations sont pour le moins considérables, si on leur procure des capitaux à des conditions pas trop onéreuses et si on libère les usines communales et d'Etat des influences politiques, l'on doit admettre que la Suisse donne satisfaction à ses habitants en ce qui concerne leur approvisionnement en électricité et qu'elle continuera aussi à l'avenir à marcher à la tête des autres pays à cet égard!

## Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

### Neuere Untersuchungen über die Wechselstrom-Koronaentladung.

621.3.014.4: 621.315.1.014.4

In Band 68, Heft 11 und 12 der «Zeitschrift für Physik» berichtet Alfred von Engel «Ueber die Wechselspannungs-Koronaentladung an oxydierten Kupferelektroden»<sup>1)</sup>. Der Autor untersuchte einen Cu-Draht von 6 mm Durchmesser, der, in einen Metallzylinder gebracht, einen Kondensator bildete. Der Sprühdraht war zunächst blank und wurde dann durch Behandlung mit einer Lösung von fünfprozentiger Natronlauge und einprozentigem Kaliumpersulfat oxydiert; die Oxydschicht erreichte eine Dicke von einigen Zehntel  $\mu$ .

Die Messanordnung ist in Fig. 1 dargestellt.

Die bewegliche Spule des Elektrodynamometers  $L$  mit Spiegelablesung wurde wahlweise vom Strom der gegen äussere Felder abgeschirmten Sprühanordnung oder dem Ladestrom einer verlustfreien Kapazität  $C$  durchflossen.

Die feste Spule des Dynamometers war durch den Rotor des als Phasenschieber benützten Asynchronmotors  $P$  erregt. Wurde nun bei Anschluss der verlustlosen Kapazität der Ausschlag des Dynamometers durch Drehung des Rotors von  $P$  auf Null gebracht und dann ohne Aenderung auf die Sprühanordnung (Strom  $I_A$ ) umgeschaltet, so konnten die Verluste nach der Gleichung:

$$a \cdot K = i \cdot I_A \cdot \cos \varphi \quad \begin{array}{l} (K = \text{Galvanometerkonstante,} \\ a = \text{Galvanometerausschlag}) \end{array}$$

bestimmt werden.

Die Versuche wurden unter Verwendung einer Kondensatordurchführung mit bekanntem Verlustwinkel als Vergleichskondensator durchgeführt und die gemessene Leistung entsprechend korrigiert.

Die Messresultate sind aus Fig. 2 ersichtlich. Die Einsetzspannung des blanken Drahtes ist durch die Bedeckung mit CuO von 36,5 kV auf 39,5 kV angestiegen, die Verlustkurve verläuft unterhalb der Kurve für den unoxydierten Leiter.

Die Erklärung des Messunterschiedes scheint uns bemerkenswert, so dass wir die Ausführungen des Autors wörtlich wiedergeben:

«Solange die Spannung des Sprühdrahtes nur wenig grösser ist als die Einsetzspannung, hat die sich ausbildende Gasentladung wegen der relativ geringen Raumladungen (kleine Stromdichte) noch Townsend-Charakter. Die an den Stossprozessen beteiligten Elektronen entstammen teils dem Gas, teils dem Metall (Sprühdrahtoberfläche). Nach der Townsendschen Theorie ist die Zahl der neu erzeugten Elektronen von einer dem Gas und dem Elektrodenmetall eigentümlichen Konstante abhängig. Eine Veränderung des Oberflächenmetalls gibt somit eine andere pro einfallendes Ion

<sup>1)</sup> Sonderdruck 1931, Verlag Jul. Springer, Berlin.