

Vue d'ensemble et estimation quantitative des forces hydrauliques suisses

Autor(en): **[s.n.]**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **80 (1954)**

Heft 9: **Rapports du Comité de l'énergie du Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie**

PDF erstellt am: **07.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-60705>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

- Vue d'ensemble de la consommation d'énergie en Suisse à l'heure actuelle et estimation de la demande future
par MM. le professeur Dr B. Bauer, H. Niesz, docteur h. c., et Dr E. Steiner ; collaborateur W. Schrof.
- La pompe à chaleur dans l'économie de l'énergie en Suisse
par MM. le professeur Dr B. Bauer et C. Seippel*, directeur.

Le Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie mettra ces rapports à la disposition du Département fédéral des postes et des chemins de fer, du Département fédéral de l'économie publique et de leurs offices.

Le Comité de l'énergie a achevé ainsi la première partie de son programme, c'est-à-dire l'examen des problèmes

fondamentaux. Il va s'occuper dès maintenant de l'examen de problèmes partiels et, en premier lieu, de la question du chauffage des locaux, puisqu'il s'agit là d'une fraction importante de la consommation totale d'énergie dans notre pays. Il cherchera à déterminer quelles sont les solutions les plus économiques, en tenant compte du coût des différents agents énergétiques, d'une part, et de celui de divers éléments de la construction des bâtiments, d'autre part.

Actuellement, le Comité national suisse de la Conférence mondiale de l'énergie est présidé par M. H. Niesz, docteur honoris causa, le secrétariat est confié à M. E.-H. Etienne, directeur, le collaborateur technique est M. W. Schrof.

621.311.1 (494)

Ec. 11

VUE D'ENSEMBLE ET ESTIMATION QUANTITATIVE DES FORCES HYDRAULIQUES SUISSES

Introduction

Le programme établi par le Comité de l'énergie le 29 mai 1948 prévoit que, pour effectuer les études envisagées, il sera nécessaire de réunir entre autres les éléments de base suivants :

« Vue d'ensemble et estimation quantitative des forces hydrauliques suisses déjà exploitées ou susceptibles de l'être. Pour ces dernières, on adoptera un équipement correspondant aux vues actuelles. On tiendra compte, d'une part, des difficultés pouvant découler, par exemple, de conditions juridiques particulières ou de la submersion de régions habitées ; d'autre part, de la libre concurrence sur le marché de l'énergie. »

Les rapporteurs chargés par le comité d'établir ces éléments de base considèrent qu'il est dans leurs attributions :

- 1° de déterminer les quantités d'énergie disponibles et les puissances des usines existantes et projetées et cela séparément en hiver et en été, le jour et la nuit, en distinguant entre les usines au fil de l'eau et celles à accumulation ;
- 2° de calculer les prix de revient moyens de l'énergie disponible d'après une méthode appropriée aux buts du comité.

En revanche, les rapporteurs estiment qu'il ne leur appartient pas d'attribuer à chaque projet un rang d'après la rentabilité relative. Il ne peut s'agir davantage de proposer un plan d'aménagement proprement dit avec ordre chronologique de mise en valeur des chutes hydrauliques encore disponibles.

Des études spéciales, par exemple sur la répartition des cours d'eau en régions d'utilisation les plus rationnelles, feront l'objet de travaux ultérieurs.

A. Forces hydrauliques exploitées

La statistique des installations hydrauliques de la Suisse, publiée par le Service fédéral des eaux, comprend toutes les usines hydro-électriques d'une puissance installée supérieure à 450 CV¹ en service au 1^{er} janvier 1947, aussi bien celles pour la distribution générale que celles des entreprises ferroviaires et industrielles.

Cette statistique et les publications mensuelles et annuelles de l'Office fédéral de l'économie électrique ont permis d'établir les chiffres approximatifs du tableau 1.

Pour comparer la production effective à l'énergie disponible au 1^{er} janvier 1947, on examine de préférence l'année hydrographique 1947/48 dont l'hydraulicité correspond à peu près à celle d'une année moyenne, ainsi que l'année sèche 1948/49. D'après les publications périodiques de l'Office de l'économie électrique, il a été produit et consommé durant ces années :

	1947/48		1948/49	
	Hiver	Été	Hiver	Été
	10 ⁶ kWh		10 ⁶ kWh	
a) Usines de la distribution générale				
Production des usines au fil de l'eau	2540	3115	2050	3050
Production des usines à accumulation	1095*	1202	1267	977
Production hydraulique totale des entreprises de la distribution générale	3635	4317	3317	4027
Achats aux entreprises ferroviaires et industrielles et importation	192	280	238	298
Production des usines thermiques	40	6	133	12
Production totale et achats	3867	4603	3688	4337
b) Entreprises ferroviaires et industrielles				
Production des usines hydrauliques	926	1479	804	1419
Production totale dans toutes les usines hydrauliques	4561	5796	4121	5446
Productibilité moyenne totale	4780	6100		

* Après l'été sec 1947, il n'y avait en réserve dans les bassins d'accumulation que 899 millions de kWh au lieu de 1100, il manquait donc 200 millions de kWh ; le 1^{er} octobre 1948, par contre, les bassins d'accumulation étaient presque pleins.

La production effective des usines de la distribution générale et la répartition de cette énergie entre les divers emplois sont publiées mensuellement dans le *Bulletin*

¹ La capacité de production des entreprises électriques de moins de 450 CV (300 kW) peut être évaluée à quelque 50 millions de kWh par année, soit à 0,5 % de la somme indiquée dans la statistique de 1947.

de l'Association suisse des électriciens (A.S.E.) par l'Office fédéral de l'économie électrique. On en a tiré les tableaux suivants, en subdivisant la production totale en quatre catégories d'énergie de qualités différentes; cette distinction est de première importance pour l'étude des problèmes posés au Comité de l'énergie.

- Energie d'hiver produite de jour les jours ouvrables; en abrégé: énergie de jour d'hiver.
- Energie d'hiver produite la nuit et en fin de semaine; en abrégé: énergie de nuit d'hiver.
- Energie d'été produite de jour les jours ouvrables; en abrégé: énergie de jour d'été.
- Energie d'été produite la nuit et en fin de semaine; en abrégé: énergie de nuit d'été.

L'énergie de jour les jours ouvrables se calcule en hiver à raison de 13 heures par jour ouvrable et de 5 ½ jours ouvrables par semaine; en été, à raison de 10 heures par jour ouvrable plein. Ces durées ont été déterminées d'après les diagrammes de charge établis pour l'ensemble du pays en admettant comme heures de jour la partie de la journée pendant laquelle les charges sont nettement plus élevées¹.

Il en résulte, en concordance avec les nouvelles « Directives pour l'étude comparative de la rentabilité des avant-projets d'usines hydrauliques » de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, le nombre d'heures suivant par semestre :

	Heures de jour les jours ouvrables	Heures de nuit et de fin de semaine
Semestre d'hiver (1 ^{er} octobre au 31 mars)	1860	2520
Semestre d'été (1 ^{er} avril au 30 septembre)	1440	2940

L'application de cette répartition aux chiffres publiés par l'Office de l'économie électrique (*Bull. A.S.E.*, 1950, n° 4) conduit au tableau suivant :

*Production effective et achat d'énergie
des usines de la distribution générale
en millions de kWh*

	Usines au fil de l'eau a)		Usines à accumulation b)		Ensemble		Total du semestre
	Jour	Nuit	Jour	Nuit	Jour	Nuit	
Année moyenne 1945/46							
Hiver	1150	1490	770	443	1920	1933	3853
Été	1150	2220	630	501	1780	2721	4501
Année sèche 1946/47							
Hiver	1068	1346	745	420	1813	1766	3579
Été	1080	2150	660	500	1740	2650	4390
Année sèche 1948/49							
Hiver	1020	1268	846	554	1866	1822	3688
Été	1120	2228	590	399	1710	2627	4337

a) Y compris les fournitures des entreprises ferroviaires et industrielles, plus l'importation.

b) Y compris la production des usines thermiques.

Les entreprises ferroviaires et industrielles ont produit pendant les mêmes périodes les quantités d'énergie suivantes (la subdivision en quatre catégories d'énergie n'est pas possible ici) :

¹ Les conditions sont quelque peu différentes pour la traction; aux C.F.F., les fortes charges interviennent entre 0500 h et 2300 h.

	Hiver	Été	Année
	10 ⁶ kWh		
Année moyenne 1945/46	854	1326	2180
Année sèche 1946/47	756	1394	2150
Année moyenne 1947/48	926	1479	2405
Année sèche 1948/49	804	1419	2223

Les conditions de charge des usines sont caractérisées pour l'année moyenne 1945/46, selon la statistique de l'Office de l'économie électrique, par les valeurs suivantes :

*Mercredi 16 janvier 1946 **

Usines au fil de l'eau	550 000 kW
Puissance maximum des usines à accumulation	700 000 »
Puissance maximum effective totale	1 250 000 kW

Production en millions de kWh :

Semestre d'hiver : usines au fil de l'eau . . .	2640
usines à accumulation . . .	1213
Total	3853

La durée d'utilisation de la puissance maximum effective totale fut donc de 3853 millions de kWh : 1,25 millions de kW = 3070 heures pendant le semestre d'hiver 1945/46.

*Mercredi 12 juin 1946 **

Usines au fil de l'eau	850 000 kW
Puissance maximum des usines à accumulation	500 000 »
Puissance maximum effective totale	1 350 000 kW

Production en millions de kWh :

Semestre d'été : usines au fil de l'eau . . .	3370
usines à accumulation . . .	1131
Total	4501

Durant l'année sèche 1946/47, les conditions étaient les suivantes :

*Mercredi 12 février 1947 ** (restrictions de consommation)

Usines au fil de l'eau	420 000 kW
Puissance maximum des usines à accumulation	600 000 »
Puissance maximum effective totale	1 020 000 kW

Production en millions de kWh :

Semestre d'hiver : usines au fil de l'eau . . .	2441
usines à accumulation . . .	1165
Total	3579

*Mercredi 13 août 1947 **

Usines au fil de l'eau	700 000 kW
Puissance maximum des usines à accumulation	700 000 »
Puissance maximum effective totale	1 400 000 kW

Production en millions de kWh :

Semestre d'été : usines au fil de l'eau . . .	3230
usines à accumulation . . .	1160
Total	4390

* L'Office fédéral de l'économie électrique publie mensuellement les diagrammes de puissance et de production du mercredi le plus proche du milieu du mois. Le mercredi est considéré comme le type du jour ouvrable plein.

La répartition relative sur les quatre catégories d'énergie a été la suivante :

	1945/46 (année moyenne)		1946/47 (année sèche)	
	Hiver	Été	Hiver	Été
Energie de jour les jours ouvrables .	50	39	51	40
Energie de nuit et de fin de semaine .	50	61	49	60
	100	100	100	100

Il ressort des chiffres précédents qu'on a utilisé en 1945/46, 700 000 kW seulement des 858 000 kW (voir pages 3 et 4) disponibles dans les usines à accumulation. Le surplus de 158 000 kW provient en partie de ce que l'énergie disponible n'est pas concentrée sur environ huit heures de jour, comme cela serait possible théoriquement, mais qu'elle est partiellement produite la nuit.

B. Forces hydrauliques mises en service depuis le 1^{er} janvier 1947 ou en voie d'aménagement ou encore disponibles

1. Méthode de groupement et d'estimation des usines et des projets

Afin d'assurer un raccordement sans lacune avec la statistique du Service fédéral des eaux relative aux usines en service au 1^{er} janvier 1947, ainsi qu'avec la statistique de la production d'énergie établie par l'Office fédéral de l'économie électrique, toutes les forces hydrauliques sont groupées comme suit :

- Groupe I Usines en service au 1^{er} janvier 1947.
- » II Usines mises en service ou dont la construction a été entreprise après le 1^{er} janvier 1947.
 - » III Forces hydrauliques encore disponibles pour lesquelles il existe des projets d'aménagement dont l'étude est avancée.
 - » IV Forces hydrauliques encore disponibles pour lesquelles il existe des projets ou des avant-projets généraux, mais dont les éléments techniques ou économiques ou bien le statut juridique ou politique (concessions) ne sont pas entièrement mis au point. De même sont compris dans ce groupe IV les projets à peu près au point, mais dont le prix de revient de l'énergie serait si élevé que leur réalisation semble improbable dans un avenir prochain.

Usines du groupe I (en service le 1.1.1947)

TABLEAU 1

	Puissance maximum disponible en kW	Productibilité en année moyenne en millions de kWh		
		Hiver 1 ^{er} oct.- 31 mars	Été 1 ^{er} avril- 30 sept.	Année
Usines au fil de l'eau ¹ .	1 188 000	3 050	4 350	7 400
Usines à accumulation .	1 068 000	1 630	1 420	3 050
Total . . .	2 256 000	4 680	5 770	10 450
Part des entreprises de la distribution générale :				
Usines au fil de l'eau	850 000	2 400	3 100	5 500
Usines à accumulation	858 000	1 350	1 200	2 550
Total . . .	1 708 000	3 750	4 300	8 050
Part des entreprises ferroviaires et industrielles :				
Usines au fil de l'eau	338 000	650	1 250	1 900
Usines à accumulation	210 000	280	220	500
Total . . .	548 000	930	1 470	2 400

¹ Les usines avec bassin journalier ou hebdomadaire sont comptées parmi les usines au fil de l'eau.

On a groupé dans les tableaux 2 et 3 les projets connus à l'heure actuelle. Au tableau 4 figurent ceux qui ne sont pas encore entièrement mis au point, subdivisés en usines à accumulation et usines au fil de l'eau.

Ces tableaux ne peuvent prétendre être absolument complets. D'une part, il y manque quelques projets de petites usines ; d'autre part, il n'a pas été tenu compte de l'amélioration de la production dans les usines à basse chute situées en aval de nouveaux bassins d'accumulation, mais seulement de celle obtenue dans les usines à haute chute situées en aval de ces bassins. Pour établir ces tableaux, on a procédé de la façon suivante :

1. On est parti tout d'abord des projets et études déposés au Service fédéral des eaux, complétés par quelques renseignements provenant d'autres sources.

2. Pour obtenir un raccordement exact avec la statistique des usines existantes, on n'a tenu compte, lors de transformations et d'agrandissements d'usines, que de l'augmentation de productibilité par rapport à la production antérieure.

3. On a tenu compte dans la mesure du possible des « Directives pour l'étude comparative de la rentabilité d'avant-projets d'usines hydrauliques » publiées par l'Association suisse pour l'aménagement des eaux, soit :

- a) Subdivision de l'année hydrographique (1^{er} octobre au 30 septembre) en un semestre d'hiver (1^{er} octobre au 31 mars) et un semestre d'été (1^{er} avril au 30 septembre).
- b) Détermination du coût des installations comprenant les frais d'acquisition de la concession, l'achat du terrain et les indemnités, les constructions civiles, constructions métalliques, équipements mécanique et électrique, frais généraux (y compris travaux préliminaires, projets, direction des travaux, frais de financement, intérêts intercalaires). Le coût des usines non encore réalisées est établi sur la base des prix de l'année 1949/50.
- c) Détermination des frais annuels en admettant un intérêt de 4 % sur le capital investi, conformément au tableau de la page 13 des « Directives » de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux.

Cependant, on s'est écarté de ces « Directives » sur quelques points. En effet, elles indiquent une méthode précise pour l'étude comparative de la rentabilité d'avant-projets d'usines hydrauliques (par exemple en vue du choix du projet le plus favorable entre plusieurs déjà mûrs pour l'exécution). Mais les renseignements très détaillés qu'elles requièrent ne sont souvent pas disponibles. Or, seule une méthode relativement simple, évitant un travail trop détaillé, convenait aux buts du comité. Par exemple, il a fallu renoncer à partir des chiffres de la production mensuelle, faute des données correspondantes. De même, il n'était pas possible de connaître pour tous les projets, en plus de la productibilité en année moyenne, celle en année sèche. Pour un nombre restreint de ceux-ci, on a pu toutefois l'évaluer approximativement.

Quant aux *devis*, il ne pouvait s'agir de les vérifier dans leur détail ; seuls les prix s'écartant manifestement des normes ont été corrigés, par exemple en les ramenant aux valeurs de 1949/50 ou en ajoutant les intérêts intercalaires lorsqu'ils manquaient, etc.

Les « Directives » susmentionnées recommandent de prendre comme critère de la rentabilité le quotient d'évaluation, c'est-à-dire le rapport entre la « valeur marchande de l'énergie » et les « frais annuels ». En principe, rien ne s'opposerait à ce que le comité adopte aussi ce quotient. Mais, ne connaissant généralement

pas les productions mensuelles, ni la production en année sèche, il a paru préférable (pour éviter toute confusion avec la méthode plus exacte des « Directives ») de se servir d'un critère de rentabilité quelque peu différent et surtout plus simple. Cette méthode particulière doit, en principe, reposer sur la valeur marchande de l'énergie indiquée dans les « Directives ». Le tableau de la page 19 des « Directives » permet de passer des valeurs unitaires mensuelles aux valeurs unitaires semestrielles de l'énergie, rendue en très haute tension, dans la région principale de consommation, figurant au tableau suivant :

	Production minimum	Production complémentaire
	ct/kWh	ct/kWh
Energie de jour les jours ouvrables, en hiver	4,38	2,40
Energie de nuit et en fin de semaine, en hiver	2,64	1,90
Energie de jour les jours ouvrables, en été	2,56	1,47
Energie de nuit et de fin de semaine, en été	1,16	0,70

On entend par production minimum celle assurée même dans une année sèche comme 1920/21 par exemple ; par production complémentaire, la différence entre la production d'une année moyenne et la production minimum.

On peut admettre en première approximation que la production totale en année moyenne comprend 85 % de production minimum et 15 % de production complémentaire. Il en résulte les valeurs suivantes de la production totale :

	Valeurs marchandes dans la région de consommation	
	ct/kWh	Valeur relative
Energie de jour les jours ouvrables, en hiver	4,08	1,00
Energie de nuit et de fin de semaine, en hiver	2,53	0,62
Energie de jour les jours ouvrables, en été	2,40	0,59
Energie de nuit et de fin de semaine, en été	1,09	0,27

En appliquant ces chiffres, on se souviendra qu'il n'existe à proprement parler pas de marché de l'énergie. Il ne peut donc s'agir que des prix d'un marché de l'énergie supposé, donc d'un marché admis conventionnellement (voir « Directives », page 16).

Les « Directives » ajoutent, page 17, que « ce tableau devra être adapté aux conditions nouvelles si l'alimentation de la Suisse en énergie subissait d'importantes modifications tant du côté de l'offre que de la demande, par exemple à la suite de la mise en service de grandes usines à accumulation ou au fil de l'eau, ou bien du fait d'un changement notable des prix des combustibles ».

Pour les projets dont la production d'été surpasse celle d'hiver, il faut, d'après les « Directives », appliquer à la valeur de l'énergie d'été le facteur de réduction suivant :

Rapport de la quantité d'énergie d'été à la quantité d'énergie d'hiver .	1,0	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00
Facteur de réduction	1,0	0,96	0,93	0,91	0,90	0,86	0,82	0,73

On multipliera alors par ce facteur les chiffres relatifs de la valeur marchande de l'énergie d'été (0,59 pour l'énergie de jour et 0,27 pour l'énergie de nuit, voir plus haut).

Toutefois, comme les comparaisons ne doivent pas porter sur les prix de revient de l'énergie au départ de l'usine, mais sur les prix dans la région principale de consommation (en très haute tension, dans les centres de distribution), il faut encore ajouter aux frais annuels des usines les frais de transmission. Ceux-ci seront déterminés conformément aux « Directives » (page 14) ; ils comprennent les frais annuels des installations de transmission et la valeur des pertes d'énergie.

La nouvelle méthode proposée pour juger de la rentabilité de projets d'aménagement repose sur l'hypothèse que les prix de revient des diverses catégories d'énergie sont entre eux dans le même rapport que les valeurs marchandes indiquées plus haut.

D'après cette méthode, la rentabilité relative d'un projet est caractérisée par quatre indications de prix de revient. Mais il suffit que les prix de revient de l'énergie de jour d'hiver et de l'énergie de jour d'été soient donnés pour qu'on puisse déterminer les prix de revient de l'énergie de nuit, qu'il importe de connaître pour pouvoir résoudre des problèmes secondaires, tels que l'alimentation des chauffe-eau.

Il existe une relation simple entre ces prix de revient des diverses catégories d'énergie et le « quotient d'évaluation » défini dans les « Directives » :

Pour un projet déterminé, le quotient d'évaluation est égal, on l'a vu, à la valeur de l'énergie calculée à partir des valeurs marchandes unitaires, valeur que l'on divise par les frais annuels. Les valeurs marchandes par kWh divisées par le quotient d'évaluation donnent donc le prix de revient de l'énergie par kWh.

Cette méthode de calcul n'est guère plus compliquée que celle en usage antérieurement, selon laquelle on admettait pour toute la production d'été une valeur donnée, par exemple de 1,0, 1,2 ou 1,5 ct/kWh et on calculait ensuite le prix de revient de l'énergie d'hiver. La nouvelle méthode considère à juste titre la valeur propre de chaque catégorie d'énergie. De plus, elle tient compte assez équitablement de la concentration plus ou moins grande de la production des divers projets. Pour les comparer, il n'est donc pas nécessaire de ramener tous les projets à une même durée d'utilisation. Ce n'est que pour une usine à accumulation dont la production pourrait être extrêmement concentrée, par exemple sur une durée de 1000 à 1200 heures par semestre d'hiver, que les prix de revient, calculés d'après la nouvelle méthode donneraient une image trop défavorable. Mais aucun des projets d'usines à accumulation considérés ne comporte une durée d'utilisation aussi courte.

La méthode simplifiée adoptée pour déterminer les prix de revient conduit à des résultats trop défavorables

Usines du groupe II
(mises en service ou en chantier à partir
du 1^{er} janvier 1947)

TABLEAU 2

	Puissance maximum disponible en kW	Productibilité en année moyenne			Coût des installations en millions de francs
		Hiver	Eté	Année	
		en millions de kWh			
a) Usines à accumulation					
aa) En service entièrement ou en partie, le 1 ^{er} octobre 1953 :					
Plons-Mels	4 000	9	14	23	
Ritom, extension ¹	—	65	27	92	
Maggia I	202 000	358	436	794	
Handeck II					
Oberaar ¹					
Adduct. de Gadmen Innertkirchen, extension	206 000	315	230	545	
Rossens	48 000	97	103	200	
Barberine, extension	—	34	—	34	
Cleuson	—	60	—	60	
Salanfe	80 000	130	—	130	
Simplon ²	48 000	87	164	251	
Châtelot ³	15 000	28	22	50	
	603 000	1183	996	2179	775
aa') En chantier le 1 ^{er} octobre 1953 :					
Marmorera ¹	50 000	145	71	216	
Mauvoisin	300 000	595	165	760	
Grande-Dixence ⁴	730 000	1400	200	1600	
	1 080 000	2140	436	2576	1435
Total des usines à accumulation	1 683 000	3323	1432	4755	2210
b) Usines au fil de l'eau					
bb) En service, entièrement ou en partie, le 1 ^{er} octobre 1953 :					
Russein	12 000	10	33	43	
Tiefencastel	25 000	47	93	140	
Rabins-Realta	25 000	28	87	115	
Calancasca	20 000	29	69	98	
Wassen	48 000	66	168	234	
Luchsingen II	2 500	4	9	13	
Fätschbach	15 000	19	54	73	
Massaboden, extension	—	6	11	17	
Aletsch	16 000	24	56	80	
Lavey, augmentation de la production	73 000	70	186	256	
Wildeg-Brougg	46 000	130	170	300	
	282 500	433	936	1369	198
bb') En chantier le 1 ^{er} octobre 1953 :					
Birsfelden	52 800	162	200	362	
Rheinau ³	20 000	57	70	127	
Ernen	28 000	61	114	175	
	100 800	280	384	664	306
Total des usines au fil de l'eau	383 300	713	1320	2033	504
Total du groupe II	2 066 300	4036	2752	6788	2714
Pour les entreprises de la distribution générale seulement :					
Usines à accumulation	1 683 000	3224	1405	4629	
Usines au fil de l'eau	327 000	612	1106	1718	

¹ Y compris l'accroissement de la production dans les usines existantes.² Equipement complet.³ Part suisse.⁴ Exécution par étapes réparties sur quinze ans (équipement complet).

pour les usines dont la productibilité ne baisse pas en année sèche. Pour l'étude de certains problèmes, il pourra donc être indiqué de se servir d'une méthode plus précise, distinguant huit catégories d'énergie.

On obtiendrait alors les valeurs relatives suivantes :

	Energie minimum	Energie complémentaire
Energie de jour les jours ouvrables, hiver	1,00	0,55
Energie de nuit et de fin de semaine, hiver	0,60	0,43
Energie de jour les jours ouvrables, été	0,58	0,34
Energie de nuit et de fin de semaine, été	0,27	0,16

2. Usines du groupe II

(Usines mises en service après le 1^{er} janvier 1947 ou mises en chantier depuis cette date.)

Le tableau 2 donne pour chacune de ces usines la puissance et la productibilité ; par contre, le coût des installations et les frais annuels ne sont indiqués que pour l'ensemble des usines à accumulation, d'une part, et des usines au fil de l'eau, d'autre part.

La production nouvelle se répartit comme suit sur les différentes catégories d'énergie :

	Hiver jour	Hiver nuit	Été jour	Été nuit
	en millions de kWh			
Usines à accumulation	3228	95	1050	382
Usines au fil de l'eau	459	254	478	842
Total groupe II	3687	349	1528	1224

La répartition relative sur les quatre catégories d'énergie est très différente de celle des usines qui étaient en service au 1^{er} janvier 1947 :

	Groupe I		Groupe II	
	Hiver	Été	Hiver	Été
	%	%	%	%
Energie de jour, les jours ouvrables	51	40	91	56
Energie de nuit et de fin de semaine	49	60	9	44
	100	100	100	100

On voit que la part d'énergie de jour des usines du groupe II est beaucoup plus importante que celle des usines du groupe I.

Le rapport entre les quantités d'énergie d'hiver et d'énergie d'été est aussi tout différent :

Disponibilité en millions de kWh

	Groupe I	Groupe II		I + II
		En service le 1.10.53	En construction le 1.10.53	Total
Hiver	4 680	1 616	2 420	4 036
Été	5 770	1 932	820	2 752
	10 450	3 548	3 240	6 788
Hiver en % de l'année	45 %	46 %	75 %	60 %
				51 %

Quand toutes les usines du groupe II seront en service, le rapport entre l'énergie d'hiver disponible et celle d'été (actuellement 45 % : 55 %) atteindra 51 % : 49 % pour l'ensemble des usines alors en exploitation. Il faut s'attendre à ce que les valeurs actuelles de l'énergie sur le marché se modifient aussi d'ici là.

D'après les conclusions du rapport du Comité de l'énergie sur la « Vue d'ensemble de la consommation totale d'énergie en Suisse à l'heure actuelle et estimation de la demande future », la quantité d'énergie nouvelle mise à disposition par les usines du groupe II, évaluée à 6,8 milliards de kWh en chiffre rond, couvrira la demande indigène (sans les chaudières électriques) durant dix-sept ans environ à partir de 1947, c'est-à-dire jusqu'en 1964, en supposant une situation économique normale.

Au point de vue économique, les usines du groupe II sont caractérisées par les chiffres suivants :

	Coût des installations	Frais annuels	
		au départ de l'usine	dans la région de consommation
	Millions de francs	Millions de francs	Millions de francs
Usines à accumulation	2210	149	174
Usines au fil de l'eau.	504	43	45
Total groupe II .	2714	192	219

Le *prix de revient* des quatre catégories d'énergie a été calculé d'après la méthode exposée plus haut. On n'a indiqué ci-dessous que les limites et les valeurs moyennes des prix de revient de l'énergie dans la région principale de consommation, pour l'ensemble des usines à accumulation et pour l'ensemble des usines au fil de l'eau :

	Hiver jour	Hiver nuit	Été jour	Été nuit
	cts/kWh	cts/kWh	cts/kWh	cts/kWh
Ensemble usines à accumulation du groupe II . . .	3,4 à 4,9	2,1 à 3,0	2,0 à 2,8	0,9 à 1,3
Moyenne pondérée .	env. 4,4	env. 2,7	env. 2,6	env. 1,2
Ensemble usines au fil de l'eau du groupe II . . .	2,3 à 5,4	1,6 à 3,4	1,3 à 3,2	0,6 à 1,5
Moyenne pondérée .	env. 3,9	env. 2,4	env. 2,3	env. 1,0
Moyenne pondérée de toutes les usines du groupe II . .	env. 4,4	env. 2,6	env. 2,5	env. 1,1

Il ressort des chiffres de la dernière ligne de ce tableau que les prix de revient moyens de l'énergie d'hiver de toutes les usines du groupe II, en haute tension dans la région de consommation (4,4 et 2,6 cts/kWh), sont un peu supérieurs aux valeurs marchandes actuelles de l'énergie d'hiver disponible en année moyenne (4,08 et 2,53 cts/kWh), d'après les « Directives » de l'Association suisse pour l'aménagement des eaux (voir page 117).

En revanche, les prix de revient moyens de l'énergie d'été de toutes les usines du groupe II (2,5 et 1,1 cts/kWh) correspondent à peu près aux valeurs marchandes actuelles. La différence existant à cet égard

entre l'énergie d'hiver et l'énergie d'été s'explique du fait qu'en tenant compte du facteur de réduction pour l'énergie d'été, on provoque un léger déplacement des frais annuels à l'avantage de l'énergie d'été et au détriment de l'énergie d'hiver.

Il est à remarquer que la production d'une usine au fil de l'eau ne peut pas être comparée directement à celle d'une usine à accumulation. Si le *prix* de revient de l'énergie d'hiver de jour d'une certaine usine au fil de l'eau, par exemple 4 cts/kWh, est par hasard le même que celui d'une usine à accumulation donnée, cela ne veut pas dire évidemment que les deux catégories d'énergie aient la même *valeur*. L'énergie provenant d'usines à accumulation est plus précieuse que l'autre, parce qu'on peut en disposer à n'importe quel moment ¹.

Au surplus, on a vu que les prix de revient moyens de l'énergie d'hiver des usines du groupe II sont un peu supérieurs aux « valeurs marchandes conventionnelles » des « Directives ». Ceci est sans importance d'ailleurs, car les valeurs marchandes des « Directives » ont été établies, d'une part, en tenant compte de contrats de livraison d'énergie récents et, d'autre part, de prix de revient de quelques projets à l'étude à ce moment-là et non pas justement de tous ceux du groupe II.

A titre de comparaison, voici les prix de revient approximatifs calculés pour l'énergie des usines de la distribution générale qui étaient en service le 1^{er} janvier 1947 (groupe I) :

Coût des installations des usines (sans les installations de transport et de distribution)	1405 millions de fr.
Frais annuels au départ de l'usine (taux moyen 8,5 %)	119 » »
Frais annuels dans la région de consommation en haute tension . . .	127 » »
Prix de revient moyen de	
l'énergie d'hiver de jour	env. 2,8 cts/kWh
l'énergie d'hiver de nuit	» 1,8 »
l'énergie d'été de jour	» 1,6 »
l'énergie d'été de nuit	» 0,7 »

Ces indications ne peuvent être utilisées que pour la comparaison avec les prix de revient des nouvelles usines du groupe II, mais ne doivent pas servir à d'autres fins, ni à tirer d'autres conclusions. Les frais annuels effectifs des différentes usines existantes dépendent aussi des amortissements effectués, des taux d'intérêt en cours en 1947, des bénéfices nets, etc. En outre, il ne faut pas oublier que les conditions valables pour certaines usines peuvent différer considérablement des valeurs moyennes indiquées, parce que le coût spécifique des installations varie dans de larges limites.

Les prix de revient des usines du groupe II sont de 55 % plus élevés que ceux des usines qui étaient en service le 1^{er} janvier 1947.

3. Projets d'usines du groupe III (tableau 3)

Ce groupe embrasse les projets dont l'étude est avancée et dont la réalisation ne doit pas rencontrer de difficultés particulières.

La production d'énergie nouvelle des usines en projet de cette catégorie (la part suisse pour les cours d'eau frontières) est la suivante :

¹ Les « Directives » en tiennent compte avec le « Supplément d'évaluation pour usines à accumulation ».

	Hiver jour	Hiver nuit	Été jour	Été nuit
	En millions de kWh			
Usines à accumulation	2511	232	1359	360
Usines au fil de l'eau	155	163	163	284
Total du groupe III	2666	395	1522	644

Dans le total de 5227 millions de kWh, le pourcentage des quatre catégories d'énergie est semblable à celui du groupe II. La production d'énergie de jour est donc bien supérieure à celle d'énergie de nuit, à savoir : pour le semestre d'hiver, 87 % d'énergie de jour et 13 % d'énergie de nuit et de fin de semaine ; pour le semestre d'été, 70 % d'énergie de jour. L'énergie totale d'hiver s'élève à 59 % de la production annuelle totale.

Comme il est dit plus haut, la valeur marchande de l'énergie changera probablement jusqu'au moment où toutes les usines du groupe II seront en service, mais il n'est pas possible de prévoir dans quelle mesure. Cependant, il est intéressant d'examiner la rentabilité des projets du groupe III suivant les mêmes critères que pour le groupe II ; c'est pourquoi les prix de revient des quatre catégories d'énergie ont été déterminés de la même manière que pour les usines du groupe II.

Economiquement, les usines du groupe III sont caractérisées par les chiffres suivants :

	Coût des installations	Frais annuels	
		au départ de l'usine	dans la région de consommation
	En millions de francs		
Usines à accumulation	1741	125	143
Usines au fil de l'eau	230	19	20
Total groupe III	1971	144	163

Les prix de revient de l'énergie des usines à accumulation du groupe III oscillent entre 3,1 et 5,0 cts/kWh dans la zone de consommation, avec une moyenne pondérée d'environ 4,1 cts/kWh pour l'énergie d'hiver de jour, et d'environ 2,4 cts/kWh pour l'énergie d'été de jour, soit un peu moins que pour les usines à accumulation du groupe II (voir tableau, page 119). Mais comme il est probable que quelques devis des projets du groupe III ont été établis moins exactement que ceux du groupe II, il faut admettre que les prix de revient de l'énergie des usines à accumulation du groupe III seront, en ce qui concerne la moyenne pondérée, à peu près égaux à ceux du groupe II.

Les usines au fil de l'eau du groupe III sont pour la plupart des usines à basse chute. Les prix de revient de l'énergie d'hiver de jour de toutes les usines au fil de l'eau varient entre 3,7 et 6,2 cts/kWh, avec une moyenne pondérée d'environ 4,4 cts/kWh, ceux de l'énergie d'été de jour entre 2,2 et 3,7 cts/kWh, avec une moyenne pondérée de 2,6 cts/kWh environ.

Les prix de revient de l'énergie de jour des usines au fil de l'eau du groupe III, en hiver comme en été, paraissent être légèrement supérieurs à ceux du

Usines du groupe III * (projets avancés)

TABLEAU 3

	Puissance maximum disponible en kW	Productibilité en année moyenne en millions de kWh			Coût des installations en millions de francs
		Hiver	Été	Année	
a) Usines à accumulation					
Valle di Lei-Bhin postérieur ^{1,2}	378 000	665	485	1150	
Zervreila-Rabiusa ²	245 000	375	50	425	
Val Bregaglia	78 000	162	111	273	
Spöl-Basse-Engadine	272 000	603	693	1296	
Müstair	104 000	230	—	230	
Plessur I ³	17 000	75	68	143	
Göscheneralp - Göschenen ^{2,3}	126 000	227	196	423	
Lienne ²	80 000	144	10	154	
Gougra-Navizence ²	90 000	238	85	323	
Les Clées II ²	21 000	24	21	45	
	1 411 000	2743	1719	4462	1741
b) Usines au fil de l'eau					
Renouvellement de Rheinfelden ¹	28 000	53	83	136	
Säckingen ¹	32 000	93	113	206	
Koblenz-Kadelburg ¹	20 000	58	72	130	
Schaffhouse ²	17 000	52	59	111	
Baden (Kappelerhof II)	6 000	15	22	37	
Bisisthal	16 000	24	48	72	
Andermatt-Göschenen ²	32 000	23	50	73	
	151 000	318	447	765	230
Total du groupe III		3061	2166	5227	1971

* Les usines de Zervreila-Rabiusa, Les Clées II, la Lienne, Göscheneralp-Göschenen et Bisisthal sont déjà en chantier ou vont être entreprises incessamment.

¹ Part suisse.

² Accroissement de la production par rapport aux usines existantes.

³ Y compris l'accroissement de la production dans les usines existantes situées à l'aval.

⁴ Part suisse de l'accroissement de la production par rapport à la production actuelle.

groupe II, mais, ici également, la même remarque que pour les usines à accumulation s'impose concernant l'incertitude plus grande au sujet du coût des installations.

Le résultat principal de cette étude est que, dans leur ensemble, les usines du groupe III équivalent à peu près à celles du groupe II en admettant les conditions actuelles du marché de l'énergie. Mais vu l'impossibilité de prévoir les prix des combustibles, on ne peut prédire ni si ces usines seront rentables, ni si elles seront en mesure de soutenir la concurrence des combustibles.

Le tableau suivant indique les prix de revient de l'énergie des usines du groupe III, rendue dans la région de consommation :

	Hiver jour	Hiver nuit	Été jour	Été nuit
	cts/kWh	cts/kWh	cts/kWh	cts/kWh
Ensemble des usines à accumulation du groupe III	3,1 à 5,0	2,1 à 3,1	1,9 à 3,0	1,0 à 1,3
Moyenne pondérée	env. 4,1	env. 2,5	env. 2,4	env. 1,1
Ensemble des usines au fil de l'eau du groupe III	3,7 à 6,2	2,3 à 3,8	2,2 à 3,7	1,0 à 1,7
Moyenne pondérée	env. 4,4	env. 2,8	env. 2,6	env. 1,2
Moyenne pondérée de toutes les usines du groupe III	env. 4,1	env. 2,6	env. 2,4	env. 1,1

4. Projets d'usines du groupe IV : Projets encore insuffisamment mis au point (tableau 4)

Ce groupe comprend certainement maints projets qui se révéleront par la suite économiques et réalisables, une fois complètement étudiés. Ici également, ce sont les usines à accumulation qui prédominent au point de vue de la productibilité. Dans l'ensemble des usines à accumulation et au fil de l'eau du groupe IV, on pourrait produire 6 milliards de kWh par an en chiffre rond, dont 57 % en hiver. Mais on ne saurait dire aujourd'hui s'il existera alors une aussi forte demande d'énergie d'hiver, les usines des groupes I, II et III produisant déjà ensemble environ 22,5 milliards de kWh par année, dont 11,8 milliards, soit 52,5 %, en hiver.

Usines du groupe IV

(Avant-projets qui, du point de vue technique et économique, ou juridique et politique, ne sont pas encore suffisamment étudiés)

TABLEAU 4

	Puissance max. disponible kW	Productibilité en année moyenne		
		Hiver	Été	Année
		Millions de kWh		
a) Usines à accumulation ¹	1 350 000	2468	1318	3786
b) Usines au fil de l'eau ²	400 000	938	1276	2214
Total groupe IV	1 750 000	3406	2594	6000

¹ Projets d'usines dans les cantons des Grisons, du Tessin, de Saint-Gall, Uri, Berne et Fribourg.

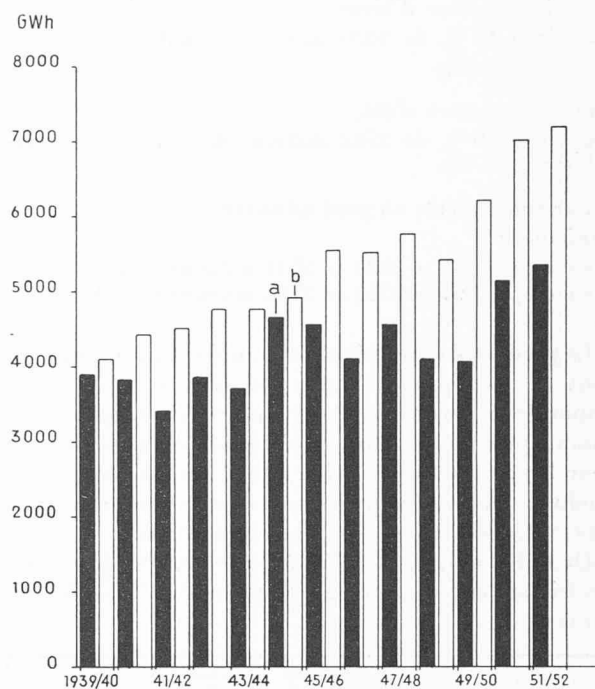
² Projets d'usines dans les cantons des Grisons, du Tessin, de Saint-Gall, Lucerne, Argovie, Fribourg et Valais.

Résumé des tableaux 1 à 4

	Productibilité en année moyenne en millions de kWh		
	Hiver	Été	Année
Groupe I (en service le 1 ^{er} janvier 1947)	4 680	5 770	10 450
Groupe II (en service ou en construction depuis lors)	4 036	2 752	6 788
Total groupes I et II	8 716	8 522	17 238
Groupe III (projets dont l'étude est avancée)	3 061	2 166	5 227
Total groupes I, II et III	11 777	10 688	22 465
Groupe IV (avant-projets dont les études sont encore en cours)	3 406	2 594	6 000
Total groupes I à IV	15 183	13 282	28 465
Total général, en chiffre rond	env. 28 500		

5. Rapport entre les disponibilités en année moyenne et en année sèche

Comme nous l'avons dit plus haut, ce n'est que pour un nombre restreint de projets qu'on a pu déterminer



Production globale des usines hydrauliques suisses :

a) Semestre d'hiver.

b) Semestre d'été.

c) 1 GWh = 1 gigawattheure = 1 million de kWh.

non seulement l'énergie disponible en année moyenne, mais aussi la *production minimum* en année sèche.

Pour les usines en service au 1^{er} janvier 1947, ainsi que pour celles mises en exploitation jusqu'en octobre 1948, on peut recourir à la statistique de l'Office fédéral de l'économie électrique et cela pour les entreprises de la distribution générale (production hydraulique sans l'importation ni la production des usines thermiques) comme pour les entreprises ferroviaires et industrielles. Etant donné qu'à partir de 1941, l'énergie d'hiver disponible a été presque entièrement utilisée, on peut comparer entre elles les quantités d'énergie produites au lieu de comparer les quantités disponibles.

Durant les trois semestres d'hiver les plus secs des onze dernières années, soit 1941/42, 1948/49 et 1949/50, le déficit atteignit 14, 16 et 21 % de la productibilité moyenne (voir la figure).

Comme, à l'avenir, les usines à accumulation contribueront pour une plus grande part qu'aujourd'hui à la production hivernale totale, on peut admettre que la régression totale (étendue à toutes les usines hydrauliques) pendant les hivers secs ne dépassera pas 13 % des disponibilités hivernales moyennes.

Les conditions sont analogues pour l'énergie d'été. Pendant un été très sec, il faut compter pour l'ensemble du pays avec une régression moyenne de 20 % de la production totale par rapport à la productibilité en année moyenne.

Pour l'ensemble des usines du groupe II, on peut établir l'estimation suivante :

La « production complémentaire », c'est-à-dire la différence entre la productibilité en année moyenne et la production minimum en année sèche est de :

Pour le semestre d'hiver,
environ 13 % de 4036 millions de kWh = 525 millions de kWh

Pour le semestre d'été,
environ 20 % de 2752 millions de kWh = 550 millions de kWh

Par conséquent, on peut admettre comme *production minimum* :

en hiver, $0,87 \times 4036 = 3511$ millions de kWh
en été, $0,80 \times 2752 = 2202$ millions de kWh

La production complémentaire, qui est inconstante et dont la livraison doit pouvoir être restreinte, est employée en partie dans les chaudières électriques, pour autant qu'elle n'est pas utilisée dans l'électrochimie ou pour l'exportation. Pour les usines à accumulation, la production complémentaire peut être en majeure partie concentrée sur le jour, notamment en hiver.

Dans les années 1944/45 à 1948/49, les chaudières électriques ont consommé les quantités d'énergie suivantes :

	Minimum millions de kWh	En moyenne millions de kWh	Maximum millions de kWh
Semestre d'hiver	74	290	606
Semestre d'été	429	770	1028

6. Développement futur du diagramme de charge et des durées d'utilisation des usines de la distribution générale (sans les entreprises ferroviaires et industrielles)

Si l'on considère la situation à l'époque où toutes les usines du groupe II seront aménagées et si l'on admet tout d'abord comme cas extrême que la puissance globale nouvelle des usines à accumulation, de 1 683 000 kW (voir tableau 2), soit utilisée en plein, la réserve de puissance ne comportant donc que les 158 000 kW des usines à accumulation de la distribution générale du groupe I (voir page 116), on obtiendrait alors pour un hiver à débit minimum dans les usines au fil de l'eau les valeurs suivantes :

	Puissance effective maximum kW	Production pendant le semestre d'hiver en millions de kWh
Usines à accumulation du groupe I	700 000	1350
Usines à accumulation du groupe II	1 683 000	3224 ²
Usines au fil de l'eau, groupe I	420 000	2400 ³
Usines au fil de l'eau, groupe II	160 000 ¹	612
Au total	2 963 000	7586

¹ Voir tableau 2, tout en bas : la moitié environ de 327 300 kW.

² Voir tableau 2, tout en bas.

³ Voir tableau 1.

La durée d'utilisation de la puissance effective maximum serait alors de 7586 millions de kWh : 2,963 millions de kW = 2560 heures en hiver, donc inférieure à celle de 1947 (3070 h, voir page 115).

Si, par contre, on admet que la durée d'utilisation de la puissance effective maximum se maintienne à 3070 heures comme en 1945/46, même après l'entrée en service des usines du groupe II, on obtient alors les puissances maximum suivantes pour un jour d'hiver avec débit minimum des cours d'eau :

	Puissance effective kW	Puissance maximum possible kW	Puissance de réserve kW
Usines à accumulation, groupe I . . .	700 000	858 000	158 000
Usines à accumulation, groupe II . .	1 400 000	1 683 000	283 000
Usines au fil de l'eau, groupe I	420 000	420 000	—
Usines au fil de l'eau, groupe II	160 000	160 000	—
Au total	2 680 000	3 121 000	441 000

Dans cette hypothèse, toute théorique, la répartition de l'énergie totale produite par les usines du groupe II sur les quatre catégories d'énergie d'après la page 117, donnerait une proportion d'énergie de jour de 91 % en hiver et de 56 % en été.

La durée d'utilisation de la puissance effective maximum serait alors de 7586 millions de kWh : 2,68 millions de kW = 2830 heures.

L'avenir montrera s'il est désirable de prévoir une réserve totale de 441 000 kW dans les usines à accumulation. En réduisant la puissance installée, on modifierait la répartition sur les quatre catégories d'énergie : la part de l'énergie de jour des nouvelles usines deviendrait plus faible, celle de l'énergie de nuit plus importante qu'à la page 118.

Conclusions

Aux 10 450 millions de kWh disponibles annuellement au 1^{er} janvier 1947 (usines du groupe I) viendra s'ajouter un apport de 6788 millions de kWh, dû aux usines hydrauliques entrées en service ou mises en chantier depuis lors (usines du groupe II). Cet apport provient en majeure partie d'usines à accumulation et comprend sensiblement plus d'énergie d'hiver que d'été. L'énergie d'hiver (6 mois), qui représentait en 1947 environ 45 % du total annuel, s'élèvera à environ 51 % lorsque toutes les usines en construction auront été mises en service. Le prix de revient de l'énergie produite dans ces nouvelles usines sera en moyenne d'environ 55 % plus élevé que celui de l'ensemble des usines de la distribution générale en service au 1^{er} janvier 1947.

En plus des usines actuellement en chantier, il sera possible de construire d'autres usines encore (groupe III) avec une production annuelle de 5227 millions de kWh (58 % en hiver). Leur prix de revient moyen sera à peu près le même que pour les usines du groupe II. Les projets de ces usines sont déjà très avancés. Après leur exécution, l'énergie annuelle totale disponible dans toutes les usines en service atteindra 22 465 millions de

kWh, dont 11 777 millions de kWh, soit environ 52,4 % en semestre d'hiver.

Enfin, il existe encore un grand nombre d'autres projets (groupe IV) dont la réalisation permettrait de produire annuellement 6000 millions de kWh en chiffre rond. Une partie de ces projets pourront s'avérer économiques lorsqu'ils auront été mis au point. D'autres, par contre, bien que très étudiés déjà au point de vue technique et économique, ne semblent aujourd'hui pas pouvoir être exécutés, pour des raisons juridiques ou politiques. Mais il n'est pas exclu qu'on puisse aménager certaines chutes du groupe IV en concevant d'autres projets et en arrivant à surmonter des difficultés d'ordre politique ou juridique une fois que la demande d'énergie électrique aura atteint un certain niveau. Il faut aussi songer à la dérivation des eaux de régions isolées vers des usines existantes, ainsi qu'au renouvellement d'installations anciennes se traduisant souvent par une sen-

sible augmentation de leur production. Les procédés employés en génie civil et la technique de construction des machines continueront sans aucun doute à progresser et rendront réalisables des projets auxquels on ne pouvait songer auparavant.

Enfin, il convient de penser à deux facteurs dont on n'a pas tenu compte dans la statistique et dans les tableaux du présent rapport. Les bassins d'accumulation qui se multiplient toujours plus dans les vallées des Alpes auront à la fois pour effet d'augmenter la production d'hiver des usines à basse chute situées sur le plateau suisse et de rendre économiquement utilisables maintes sections du cours inférieur des rivières.

Il semble donc assez certain que le chiffre de production d'énergie de 28 500 millions de kWh indiqué dans le tableau de la page 121 de ce rapport pour l'ensemble des usines hydro-électriques suisses pourra être atteint un jour.

620.9(494)

IMPORTATION ET PRODUCTION DE COMBUSTIBLES EN SUISSE, LEUR IMPORTANCE DANS L'ÉCONOMIE DE L'ÉNERGIE

Pour établir le bilan énergétique de la Suisse, il était indispensable de rassembler les données statistiques concernant l'importation et la production des combustibles. Les chiffres enregistrés à partir de 1910 sont groupés dans les tableaux *a*, *b*, I à VI et dans les graphiques des figures 1 à 6. Il s'en dégage une vue d'ensemble de l'évolution durant une longue période, d'ailleurs profondément marquée par deux guerres mondiales; il en ressort aussi quelques expériences utiles pour l'avenir. Nous allons donc tout d'abord interpréter les chiffres que nous avons réunis, puis en commenter les résultats, pour aboutir à quelques conclusions.

A. Explication de l'enquête

1. Charbon importé (tableau I)

Les chiffres du tableau I sont tirés de la statistique du commerce du Département fédéral de l'économie publique. Pour réduire les poids en kWh et en kcal dans les tableaux *a* et *b*, on a admis les pouvoirs calorifiques suivants :

Houille	7500 kcal/kg
Coke	7000 »
Briquettes de houille	7000 »
Briquettes de lignite	4800 »
Lignite	4800 »

Pour les années 1910 à 1923, l'importation de briquettes de houille et de lignite n'étant connue que par un chiffre global, on a compté pour cette période avec un pouvoir calorifique moyen de 5900 kcal/kg. Les pouvoirs calorifiques se rapportent aux produits bruts, c'est-à-dire avec leur teneur en cendre et en eau. Etant

donné qu'en période de pénurie la qualité des combustibles baisse, par suite de la préparation moins soignée, on a peut-être calculé ici un peu trop favorablement pour ces périodes.

2. Combustibles liquides (tableau II)

Ce tableau ne concerne que les combustibles liquides importés. La production indigène — c'est-à-dire le benzol des usines à gaz, les produits de la Lonza, de la Hovag et d'autres, de moindre importance — n'y figure pas, puisqu'elle dérive de combustibles contenus déjà ailleurs dans la statistique. En effet, le benzol des usines à gaz, provenant de l'énergie brute de la houille importée est inclus dans l'importation de charbon. De façon analogue, les combustibles liquides de la Lonza dérivent de l'énergie brute des combustibles importés, transformés à l'aide d'électricité. Les combustibles liquides de la Hovag contiennent l'énergie brute du bois, de combustibles solides importés et de l'électricité déjà comptés parmi les sources d'énergie brute. Pour calculer les apports d'énergie brute figurant aux tableaux *a* et *b*, il a été admis pour toutes les catégories de combustibles liquides un pouvoir calorifique de 10 000 kcal/kg.

3. Bois de feu (tableaux III et IV)

La consommation de bois de feu (tableau III) a été évaluée d'après la statistique forestière suisse. Il faut y ajouter le combustible constitué par les déchets du bois de construction (tableau IV), sous la forme de sciure, copeaux et écorces, déchets de menuiserie, etc. Selon les indications de l'Inspection fédérale des forêts,