

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 59 (1968)
Heft: 15

Rubrik: Production et distribution d'énergie : les pages de l'UCS

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>

Perspectives d'approvisionnement de la Suisse en électricité

1. Introduction

1.1 En automne 1963, les six entreprises d'électricité d'importance nationale: Aar et Tessin, Société Anonyme d'Electricité, Olten (Atel), Forces Motrices Bernoises S. A., Berne, (BKW), Forces Motrices de la Suisse centrale S. A. Lucerne (CKW), Electricité du Laufenbourg S. A., Laufenbourg (EDL), S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne (EOS), Forces Motrices du Nord-Est de la Suisse S. A., Baden (NOK), ainsi que les services électriques des villes de Bâle, Berne et Zurich, et les Chemins de fer fédéraux (Berne) (les «dix entreprises») ont publié une étude sur l'intégration des premières centrales nucléaires dans l'économie énergétique suisse. En avril 1965, ces mêmes dix entreprises publièrent un rapport sur les perspectives du développement de la consommation suisse d'énergie électrique. Ce rapport étudiait la couverture des besoins énergétiques prévisibles pour les douze années hydrographiques de 1964/65 à 1975/76 ¹⁾ et ceci en tenant compte des aménagements hydrauliques ou thermiques (classiques et nucléaires) en construction ou même projetés à cette époque.

Les entreprises électriques ont comme principale obligation de fournir au consommateur l'énergie qu'il désire en tout temps et en n'importe quelle quantité. A cet effet, ces entreprises doivent procéder à des estimations du développement de la consommation à moyen terme. Entre la conception d'une centrale électrique et la date de sa mise en service, il s'écoule pour les centrales hydrauliques entre 6 et 10 ans, pour celles du type thermique, entre 4 et 6 ans. C'est donc sur des périodes de cette importance que les producteurs doivent évaluer la progression des besoins, sur le plan national comme sur le plan régional. Ils effectuent ce travail d'estimation d'après les dernières statistiques à disposition; ils peuvent y observer les taux d'augmentation saisonniers de la consommation sur plusieurs années, faire la part de l'influence d'événements exceptionnels, enfin tenir compte de la situation actuelle face aux développements futurs les plus probables. L'image ainsi obtenue est alors projetée dans le futur, la courbe de consommation extrapolée.

¹⁾ du 1^{er} octobre 1964 au 30 septembre 1976.

L'augmentation estimée des besoins, comme toute prévision, s'écartera plus ou moins de la réalité mais pour une raison surtout: la situation économique générale d'un pays est soumise à des modifications absolument imprévisibles. Les estimations sont donc vérifiées en cours de période et, au besoin, réajustées aux nouvelles conditions.

1.2 En ce qui concerne la production d'électricité, depuis la parution du dernier rapport des 10 en 1965, la première grande centrale thermique à combustible liquide (Chavalon) d'une puissance totale disponible de 284 MW ²⁾ est entrée en exploitation. Deux centrales atomiques avec des puissances installées de 350 MW (Beznau) et 306 MW (Mühleberg) sont en construction et devraient être terminées, l'une en 1969, l'autre en 1971. A Beznau, une seconde tranche, identique à la première, devrait entrer en exploitation en 1972. Bien que les 10 aient prévu l'introduction de centrales thermiques à huile lourde dans le potentiel électrique suisse, Chavalon risque, momentanément du moins, de rester la seule centrale de ce type dans notre pays. Les raisons en sont, en premier lieu la violente opposition qui se manifeste dans l'opinion publique bien qu'aucune influence nocive due à la pollution de l'air n'ait été constatée jusqu'ici, en second lieu, l'abaissement du seuil de rentabilité rendant compétitives les centrales nucléaires.

Par contre, la situation n'a pas évolué de façon notable en ce qui concerne les centrales hydrauliques. Il faut cependant tenir compte d'un nouvel élément de l'augmentation des charges financières; en plus du renchérissement de la construction et de la hausse du taux d'intérêt, les concédants exigent des redevances hydrauliques plus élevées. Simultanément il devient possible de construire des centrales nucléaires à des prix intéressants, si intéressants que la construction d'une centrale hydraulique présentant les mêmes caractéristiques de production ne s'avère préférable que dans certains cas, par exemple, lorsqu'elle s'insère dans un plan de correction des eaux. Les centrales à accumulation de courte durée, équipées d'installations de pompage, trouvent leur pleine signification tant technique qu'économique lorsqu'elles sont exploitées en liaison avec des centrales ato-

²⁾ 1 MW = 1 Mégawatt = 1000 Kilowatt (kW).

miques. Celles-ci, en effet, ne sont pas aptes, pour l'instant, à couvrir la demande d'énergie de pointe.

1.3 La production électrique n'est pas le seul facteur qui, par son évolution, nécessite une correction de l'image d'avenir fixée en avril 1965. Les taux prévus pour la croissance de la consommation n'ont plus été atteints ces dernières années. Ils avaient été estimés pour la période 1964/65 à 1969/70 à 6 % en hiver et 5 % en été; pour la période de 1970/71 à 1975/76, ces taux avaient été diminués de 0,5 %.

Trois raisons principales sont à la base de ce phénomène:

- Le ralentissement de la hausse conjoncturelle qui a été provoqué par des mesures gouvernementales;
- Le tassement du taux d'accroissement de la population consécutif aux arrêtés fédéraux restreignant l'immigration des travailleurs étrangers et enfin
- La concurrence des huiles de chauffage dans les applications thermiques.

Il faut donc procéder à un réajustement des taux prévus primitivement.

2. Objet du rapport

2.1 Le rapport a pour objet l'examen de l'évolution probable des besoins en électricité et de leur couverture. Il porte sur l'ensemble de la production et des diverses utilisations de l'énergie électrique en Suisse; il tient compte, d'une part, de l'augmentation des besoins en énergie, d'autre part, de la production des centrales existantes, de celles en construction ou encore de celles dont la construction a été décidée avant le 1^{er} janvier 1968. Il est fait cependant une exception pour la centrale hydraulique prévue près de Sargans; en effet, elle n'entrera en exploitation qu'à fin 1976.

Comme les taux d'accroissement de la consommation sont le fruit d'estimations et d'hypothèses sujettes à des révisions, de telles études sont reprises périodiquement.

2.2 Partant de l'année 1965/66, l'étude s'étend sur deux périodes de 5 ans, soit de 1966/67 à 1970/71 et de 1971/72 à 1975/76; les caractéristiques des deux années-types, 1970/71 et 1975/76, feront l'objet d'un examen spécial. On procédera en premier lieu à l'examen de l'évolution probable des besoins d'électricité, puis à la détermination de la production possible. La comparaison des moyens et des besoins supposés fera apparaître soit un excédent, soit un déficit, dégageant ainsi les possibilités d'échange, d'achat ou de vente avec les pays voisins. Cette étude se base essentiellement sur les données statistiques de l'Office fédéral de l'économie énergétique et de l'Office fédéral des eaux.

2.3 Les dix entreprises soulignent tout spécialement que les prises de position et les conclusions de ce rapport reposent sur des hypothèses et des estimations qui peut-être refléteront l'évolution future, mais qui, en aucun cas, ne peuvent être tenues pour certaines.

3. Estimation des besoins futurs en électricité

Besoins en énergie

3.1 La consommation du pays en électricité, sans la four-niture d'énergie pour les chaudières électriques et le pom-page, dont l'importance sera fixée par les entreprises elles-mêmes, atteint les chiffres suivants au cours des six der-nières années:

Consommation pour les années 1960/61 à 1965/66

Tableau 1

Année	Semestre d'hiver 1. 10.—31. 3.		Semestre d'été 1. 4.—30. 9.		Total annuel 1. 10.—30. 9.	
	GWh ¹⁾	taux accroiss.	GWh	taux accroiss.	GWh	taux accroiss.
1960/61	9 111	7,4	9 030	5,1	18 141	6,2
1961/62	9 631	5,7	9 476	4,9	19 107	5,3
1962/63	10 409	8,1*	9 892	4,4	20 301	6,2*
1963/64	10 815	3,9*	10 335	4,5	21 150	4,2*
1964/65	11 296	4,4	10 861	5,1	22 157	4,8
1965/66	11 622	2,9	11 069	1,9	22 691	2,4
1966/67	12 036	3,6	11 551	4,4	23 587	3,9

* Il faut noter que l'hiver 1962/63 a été exceptionnellement froid et par conséquent l'augmentation de la consommation très importante. Par contre le taux d'accroissement de l'année 1963/64 apparaît relativement faible. En moyenne, on peut fixer que, pour ces deux années, les taux sont respectivement 6 % et 5,2 %.

Durant la période 1950/51 à 1964/65, le taux d'accroissement moyen a été:

en hiver 5,9 % environ;
en été 5,1 % environ;
par année 5,5 % environ.

Ces taux n'ont plus été atteints ces dernières années. Du-rant le semestre d'hiver 1966/67, la consommation nationale a augmenté de 3,6 % seulement, et en été 1967 de 4,4 %.

Perspectives d'avenir

3.2 De l'avis des 10 entreprises, les taux d'accroisse-ment qui, au cours des deux dernières années, se sont main-tenus à un niveau très bas pour les raisons déjà citées sous chiffre 1.3 et les mesures antisurchauffe, pourraient augmen-ter quelque peu. Une valeur moyenne annuelle de l'ordre de 4,5 % paraît probable pour les cinq années à venir. Natu-rellement, ce chiffre tient compte de la disparité entre les semestres d'hiver et d'été. Sur la base de ces prudentes esti-mations, la même valeur du taux de croissance sera retenue pour les deux périodes de 5 ans, la différenciation qui avait été faite lors du précédent rapport étant abandonnée.

D'après ces considérations, on peut donc s'attendre aux taux d'accroissement moyen du tableau 2 ci-après. Ces taux ont été retenus pour la suite de l'étude.

Estimation du taux annuel de croissance des besoins

Tableau 2

Période	Semestre d'hiver	Semestre d'été	Année
1966/67—1970/71	5 %	4 %	4,5 %
1971/72—1975/76	5 %	4 %	4,5 %

3.3 Conformément à ces prévisions, la consommation devrait être pour les années-types 1970/71 et 1975/76:

Augmentation prévue de la consommation

Tableau 3

Année- type	Consommation du pays en GWh (sans les chaudières et le pompage)			Accroissement de la con- sommation en GWh par rapport à 1965/66 en chiffres ronds		
	Semestre d'hiver 1. 10.— 31. 3.	Semestre d'été 1. 4.— 30. 9.	Année 1. 10.— 30. 9.	Semestre d'hiver 1. 10.— 31. 3.	Semestre d'été 1. 4.— 30. 9.	Année 1. 10.— 30. 9.
1965/66	11 622	11 069	22 691	—	—	—
1970/71	14 800	13 500	28 300	3200	2400	5 600
1975/76	18 900	16 400	35 300	7300	5300	12 600

¹⁾ 1 GWh = 1 Gigawattheure = 1 million de kilowattheures (kWh).

Si, au lieu de se maintenir aux valeurs admises, les taux de croissance subissaient une variation de $\pm 0,5\%$ par exemple, la consommation subirait, elle, une variation de l'ordre de 700 GWh en 1970/71 et d'environ 1700 GWh en 1975/76. Ces chiffres correspondent à la production maximale d'une centrale thermique de 100 MW environ dans le premier cas et de 240 MW dans le second. Les entreprises productrices d'électricité ont pris les dispositions nécessaires pour s'adapter à temps à ces variations possibles de l'augmentation de la consommation.

Besoins en puissance

3.4 Selon les statistiques de l'Office fédéral de l'économie énergétique, la charge maximale du réseau national pour la couverture des besoins du pays atteignait 4060 MW en 1965/66. Comparativement à cette pointe maximale, la fourniture pour les chaudières électriques et le pompage paraît négligeable.

Au cours des six dernières années, la charge maximale durant le semestre d'hiver a augmenté d'environ 5,5%. Durant la même période, la consommation nationale augmentait en hiver de 5,4% et de 4,3% en été (tableau 1). La durée théorique d'utilisation à la charge maximale (Quotient de la consommation divisée par la charge de pointe) oscilla en hiver et en été entre 2900 et 3000 heures.

3.5 On peut donc admettre que la charge maximale augmentera dans les mêmes proportions que la consommation d'énergie. En conséquence, les taux de croissance adoptés précédemment sont également choisis pour l'augmentation de la charge maximale, c'est-à-dire 5% pour le semestre d'hiver et 4% pour celui d'été. La durée théorique d'utilisation à la charge maximale étant restée, comme mentionné plus haut, à peu près constante ces dernières années, et comme statistiquement aucune variation ne semble devoir se manifester, les besoins futurs ont été basés sur un diagramme de charge semblable à l'actuel. Ceci signifie que la charge et la consommation d'énergie évoluent approximativement dans les mêmes proportions.

Pour les années-types choisies, les charges maximales seraient les suivantes:

Prévisions de l'accroissement de la charge maximum

Tableau 4

Année-type	Charge maximale en MW	Accroissement de la charge par rapport à 1965/66 en MW
1965/66	4060	—
1970/71	5100	1100
1975/76	6500	2500

Des calculs approximatifs permettent de voir que les entreprises suisses d'électricité ont, pour une certaine période encore, de considérables réserves de puissance.

4. Production d'énergie électrique

4.1 Jusqu'en octobre 1965 la production électrique suisse était presque exclusivement d'origine hydraulique. Depuis lors, la centrale thermique de Chavalon (284 MW) est entrée en exploitation; les centrales atomiques actuellement en construction à Beznau (350 MW) et à Mühleberg (306 MW) doivent entrer en service, la première le 1^{er} octobre 1969, la seconde le 1^{er} octobre 1971. On peut prévoir la mise en service de Beznau II (350 MW) pour le printemps 1972.

Il ne suffit plus pour l'estimation de la production de tenir compte des différents régimes hydrologiques (année sèche, année moyenne, année humide). Il faut, en plus, évaluer l'apport prévisible des centrales thermiques en admettant pour chacune d'elles une durée d'utilisation déterminée.

Production des centrales hydro-électriques

4.2 Durant l'année type 1965/66 la production nette (après déduction de l'énergie de pompage) a été:

en semestre d'hiver 11 674 GWh
en semestre d'été 15 188 GWh

Cependant, l'hiver comme l'été furent, cette année-là d'une hydraulicité supérieure à la moyenne. Selon les estimations de l'Office fédéral des eaux, la production aurait été, avec une hydraulicité moyenne:

en semestre d'hiver 11 200 GWh
en semestre d'été 14 600 GWh

4.3 Sur la base des prévisions les plus récentes de cet Office et en accord avec les 10, on estime que, pour les années de référence choisies, les quantités suivantes d'énergie pourront, en moyenne, être produites:

Prévisions de production en année d'hydraulicité moyenne

Tableau 5

Année-type	Semestre d'hiver GWh	Semestre d'été GWh	Total GWh
1965/66	11 200	14 600	25 800
1970/71	13 100	16 600	29 700
1975/76	13 300	16 800	30 100

Ces chiffres correspondent à la production nette moyenne de toutes les centrales hydro-électriques existantes; ils tiennent compte des centrales en construction et de celles dont la réalisation a été décidée avant le 1^{er} janvier 1968. L'énergie de pompage nécessaire au remplissage des accumulations saisonnières n'est pas comprise dans ce total. Si les conditions hydrologiques sont défavorables, la quantité d'énergie d'origine hydraulique peut, par rapport à la production moyenne multiannuelle, diminuer jusqu'à 20%; en cas d'hydraulicité favorable, elle peut augmenter de 15% environ. L'influence de ces variations assez importantes fera l'objet d'un examen approfondi sous chiffre 5.1.

4.4 Les chiffres du tableau 5 tiennent compte de ce qu'en hiver les lacs d'accumulation ne sont généralement mis à contribution que pour le 80% de leur capacité. Le 20% restant est prévu comme réserve pour les mois de transition d'avril et de mai ainsi que pour le remplissage parfois incomplet des retenues au 1^{er} octobre.

Avec l'importance prise par l'énergie d'origine thermique dans la couverture des besoins, on peut admettre que cette réserve de printemps ne sera plus nécessaire dans la même proportion. Elle ne variera probablement pas d'une façon sensible durant la période étudiée et sera donc tenue pour constante dans la suite du rapport.

4.5 Un pas de plus a été franchi dans l'adaptation de la production des centrales hydro-électriques aux besoins par l'introduction d'usines à accumulation avec station de pompage. Ce type d'aménagement augmente depuis quelques années et, plus spécialement, les centrales à accumulation

par pompage avec exploitation alternée. Ces installations permettent de produire, grâce à l'énergie disponible aux heures de faible charge, de l'énergie de haute qualité qui sera mise à disposition aux heures de pointe.

Avec l'introduction des centrales nucléaires dont la rentabilité est fonction de la régularité de production, les aménagements à accumulation par pompage vont jouer un rôle important pour assurer une exploitation rationnelle.

l'introduction de centrales thermiques, conventionnelles ou atomiques. Entre-temps, la technique des réacteurs a fait des progrès considérables, de sorte qu'il est maintenant possible de réaliser des centrales de grande puissance commercialement rentables. De plus, l'augmentation des coûts de construction a provoqué l'abandon de divers projets de centrales hydro-électriques; pour d'autres, la réalisation a momentanément été différée.

Budget d'énergie en hydraulité moyenne pour les années-types 1970/71 et 1975/76

Tableau 6

Année type	Semestre d'hiver			Semestre d'été		
	1965/66 GWh	1970/71 GWh	1975/76 GWh	1966 GWh	1971 GWh	1976 GWh
Besoins en énergie	11 600	14 800	18 900	11 100	13 500	16 400
Production d'énergie						
Centrales hydroélectriques en année moyenne	11 200	13 100	13 300	14 600	16 600	16 800
Centrales thermiques	380	2 800	5 400	140	1 375	3 200
Total	11 580	15 900	18 700	14 740	17 975	20 000
Excédent (+)		+ 1 100		+ 3 640	+ 4 475	+ 3 600
Déficit (-)	- 20		- 200			

Production des centrales thermiques

4.6 Aujourd'hui, l'ensemble des petites centrales thermiques de l'industrie et des entreprises électriques dispose d'une puissance installée totale de 230 MW. En cas d'hydraulité moyenne, ces installations sont mises à contribution environ 1000 heures en hiver et 500 heures en été. En dehors de ces cas, elles servent de réserve.

En automne 1965 et 1966, les deux groupes de la centrale thermique de Chavalon, d'une puissance totale de 284 MW, ont été mis successivement en exploitation. En automne 1967 une installation thermique de 25 MW est entrée en service à Cornaux. Leur durée d'utilisation en année d'hydraulité moyenne est estimée à 4000 heures pour le semestre d'hiver; durant le semestre d'été elle ne sera, en 1971, que de 1300 heures environ pour atteindre 2000 heures en 1976.

Durant l'hiver 1969/70 et celui de 1971/72 les deux centrales atomiques actuellement en construction, Beznau I (350 MW, réacteur à eau sous pression) puis Mühleberg (306 MW, réacteur à eau bouillante) entreront en exploitation. La mise en service de la centrale Beznau II est prévue pour le printemps 1972. La durée d'utilisation calculée comme techniquement réalisable pour ces centrales est de l'ordre de 4000 heures durant le semestre d'hiver et de 2500 heures en été.

Tenant compte de ce que les frais de combustible sont relativement faibles par rapport aux frais d'investissement, il a été admis de longues durées d'utilisation pour l'introduction des grandes centrales thermiques. En conséquence, plus longtemps une centrale thermique fonctionne, meilleure est sa rentabilité. Ces centrales serviront donc à la couverture de la consommation de base.

5. Couverture des besoins

Bilan énergétique

5.1 Dans leur rapport d'avril 1965, les 10 remarquaient alors qu'il était difficile de faire des prévisions fermes sur

En admettant que la consommation se développe conformément aux hypothèses émises, on peut tracer les courbes des figures 1 et 2 pour définir la couverture de la demande d'énergie d'été et d'hiver pendant les périodes considérées.

Ces courbes tiennent compte de toutes les centrales hydro-électriques ou thermiques, en exploitation ou en construction et de celles dont la décision d'exécution a été prise jusqu'au 1^{er} janvier 1968.

Les estimations de production des centrales hydro-électriques sont basées sur des conditions hydrologiques moyennes. Cependant, en année d'hydraulité défavorable, l'ampleur des possibilités de compensation dont on dispose permet de dégager d'autres perspectives de couverture des besoins que celles établies pour les années moyennes. Ces possibilités de compensation sont: l'échange d'énergie par l'interconnexion (voir chiffre 6.2), la production des petites installations thermiques de secours, ainsi que les réserves constituées auprès de sociétés des pays voisins et les contrats d'importation conclus avec ces dernières.

La ligne pointillée (3) des figures 1 et 2 représente les possibilités restreintes de production en cas d'année sèche.

Durant le semestre d'hiver 1970/71, les disponibilités totales d'énergie hydraulique et thermique s'élèvent à environ 15,9 TWh¹⁾ (fig. 1). Avec des besoins estimés à 14,8 TWh, il reste, en année moyenne, un solde excédentaire de 1,1 TWh. En année sèche, on enregistre par contre une diminution de production d'environ 2,6 TWh, il y a donc un déficit à compenser de 1,5 TWh.

Pour le semestre d'hiver 1975/76 en cas d'hydraulité moyenne les disponibilités d'énergie hydro-électrique s'élèveront à 13,3 TWh. Il s'y ajoute 5,4 TWh d'origine thermique dont trois quarts proviennent d'usines atomiques. Pour assurer la couverture des besoins totaux prévus (18,9 TWh), il faudra s'assurer l'achat de 0,2 TWh. Le total à acquérir en cas de faible hydraulité s'élèverait à 2,7 TWh.

Durant le semestre d'été, en année moyenne, le solde excédentaire qui atteignait jusqu'ici env. 3 TWh pourrait s'éle-

¹⁾ 1 TWh = 1 Térawattheure = 1000 GWh = 1 milliard de kWh.

ver, après la mise en service des usines atomiques, à 6 TWh (fig. 2). Ceci n'est vrai que si la consommation intérieure ne croît pas plus vite que les 4 % prévus. En cas de faible hydraulité, l'excédent est réduit de 3,3 TWh env. Ces excédents devraient pouvoir être valorisés par des échanges saisonniers avec les pays voisins.

Diagramme de charge

5.2 Comme dans le rapport d'avril 1965, les possibilités d'introduire de nouvelles sources d'énergie dans le diagramme de charge journalier ont fait l'objet d'examen. Comme par le passé, les dix ont décidé de ne pas procéder à l'étude approfondie de tous les diagrammes journaliers de chacune des années couvertes par ce rapport. Elles ont pu tirer des conclusions présentant suffisamment de sûreté par une étude beaucoup plus simple. Elles ont procédé comme suit:

Un diagramme a été établi pour un jour ouvrable de chacune des périodes d'hiver et d'été des années de base 1970/71 et 1975/76 (fig. 3 à 6).

La forme du diagramme de charge (courbe 1) des besoins du pays est basée sur une augmentation des demandes de puissance proportionnelle à la croissance enregistrée durant l'année de référence 1965/66. Ensuite, la quantité d'énergie de ce diagramme a été ajustée avec les besoins estimés. Ces diagrammes représentent donc les aspects caractéristiques des variations de charge d'un jour ouvrable d'hiver respectivement d'été.

Quant à la couverture des besoins du pays, les diagrammes ainsi établis sont basés sur les possibilités de production par hydraulité moyenne. Ils représentent:

— *En bas*: l'énergie au fil de l'eau non réglable (provenant de centrales au fil de l'eau et, en été, de l'excédent des bassins d'accumulation).

— *En dessus*: la puissance qui sera couverte à cette époque par les grandes centrales thermiques en service.

— *En haut*: l'énergie réglable des centrales à accumulation.

Pour cette dernière catégorie d'énergie, il a été tenu compte des besoins plus faibles des samedis et dimanches.

Quant aux centrales à accumulation par pompage avec exploitation alternée, en plus des installations déjà existantes ou en construction, celles dont la réalisation est tenue pour très probable, ont été prises en considération.

L'importance représentée des échanges d'énergie avec l'étranger correspond à nos possibilités d'hiver. La Suisse livre de jour de l'énergie de haute qualité à l'étranger; en échange elle reçoit de nuit de l'énergie de basse qualité. En été, l'excédent de production subsistant après la couverture des besoins nationaux, est exporté.

Les figures 3, 4, 5 et 6 montrent qu'il sera possible d'incorporer au diagramme de charge l'énergie d'origine thermique nécessaire à la couverture des besoins (voir figures 1 et 2). Durant le semestre d'hiver 1970/71 (fig. 3), la demande d'énergie sera telle que les centrales thermiques devront marcher à pleine charge les jours ouvrables. Ce diagramme est de plus caractérisé par l'incorporation des échanges d'énergie avec l'étranger et des possibilités d'exploitation alternée pour valoriser de l'énergie de nuit en énergie de jour. Il confirme également ce que le budget d'énergie avait déjà montré: Pour couvrir les besoins nationaux les jours ouvrables, il faudra, dès l'hiver 1975/76, de nouvelles sources d'énergie.

Les diagrammes des semestres d'été 1971 et 1976 montrent que le placement de l'énergie en ruban des centrales thermiques peut être garanti. En même temps, l'exploitation alternée prendra une importance considérable (valorisation d'énergie de nuit par pompage dans les bassins d'accumulation et turbinage de jour avec production d'énergie de haute qualité).

6. Exploitation interconnectée et échanges d'énergie

6.1 Le réseau à haute tension de la Suisse est interconnecté avec les réseaux étrangers par plus de dix-sept lignes à 220 ou 380 kV. Ces lignes totalisent actuellement une capacité de transport de 7000 MW environ; cette interconnexion sera poussée plus avant dans le futur. Grâce à ces liaisons à haute tension, l'assistance réciproque entre la Suisse et ses voisins est assurée. Ce système offre l'importante garantie d'une sécurité accrue dans l'alimentation, spécialement en cas de dérangement. Il permet également de maintenir les réserves en puissance et en énergie à un niveau bien inférieur à celui que nécessiterait une exploitation nationale sans interconnexion.

6.2 L'échange d'énergie a, pour l'économie électrique suisse, une importance particulière du fait que notre production dépend et pour longtemps encore des caprices de l'hydrologie. Lorsque, comme en été, l'eau est particulièrement abondante, l'excédent de production des centrales hydroélectriques devrait pouvoir être utilisé à l'étranger. L'énergie ainsi livrée serait, si possible, vendue pour une part et, pour l'autre part, donnée au titre de constitution de réserve pour l'hiver à venir ou pour l'un des suivants au cours duquel elle nous serait restituée.

Durant les mois pauvres en eaux, en hiver particulièrement, les déficits de la production hydroélectrique nationale peuvent être compensés par des prélèvements sur les réserves constituées en été et par des importations. A titre d'exemple, les entreprises suisses d'électricité exportèrent environ 5,4 TWh pendant l'été 1967, très riche en eau. Par contre, elles importèrent plus de 3,5 TWh durant le rude hiver 1962/63 tout en exportant malgré la situation tendue près de 1,6 TWh, car elles recevaient en contrepartie de cette énergie d'heures pleines de haute valeur des quantités supérieures d'énergie d'heures creuses durant la nuit; ceci leur permit d'améliorer la situation énergétique du pays.

Les possibilités de meilleure utilisation des usines à accumulation viennent donc s'ajouter aux échanges saisonniers. La puissance excédentaire est mise à la disposition des pays voisins pendant les heures de pointe; en échange, ceux-ci nous livrent en dehors des heures de plus forte charge de l'énergie de moindre valeur mais en plus grande quantité.

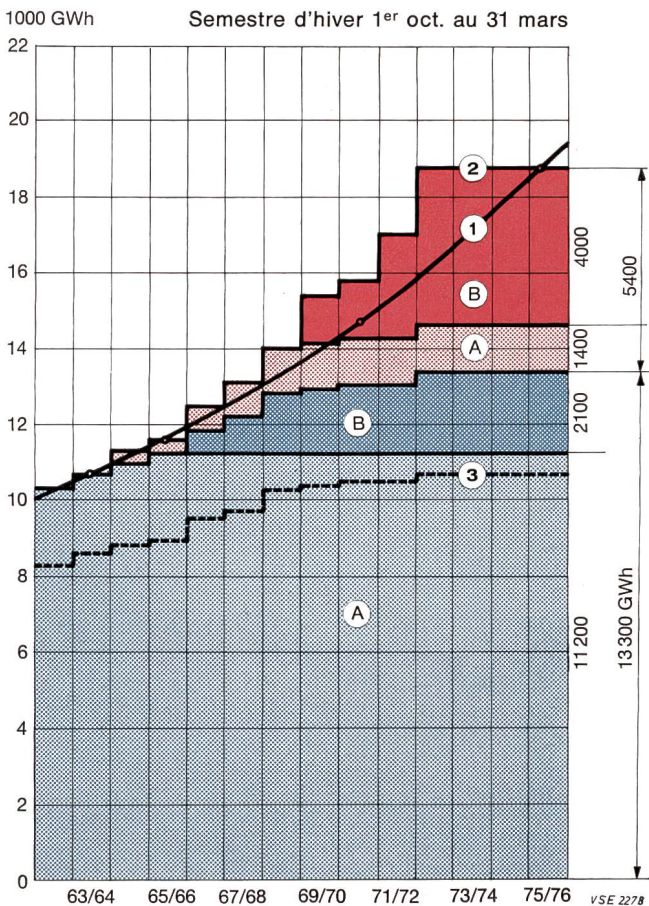
Ces deux possibilités sont représentées sur les figures 3 à 6.

6.3 Enfin, les échanges d'énergie avec les pays voisins peuvent permettre, dans certaines circonstances, la valorisation des excédents de production si la construction de centrales dans le pays est en avance sur les besoins; en revanche, ces échanges devraient permettre d'obtenir la couverture partielle des besoins au cas où la construction de ces centrales serait différée.

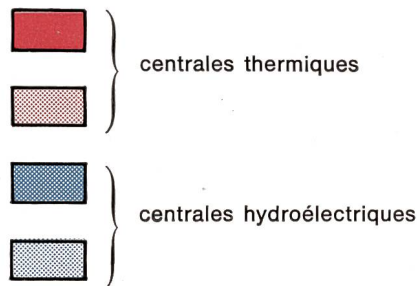
7. Considérations finales

La présente étude des dix entreprises a pour but de renseigner les autorités et l'opinion publique et de leur donner

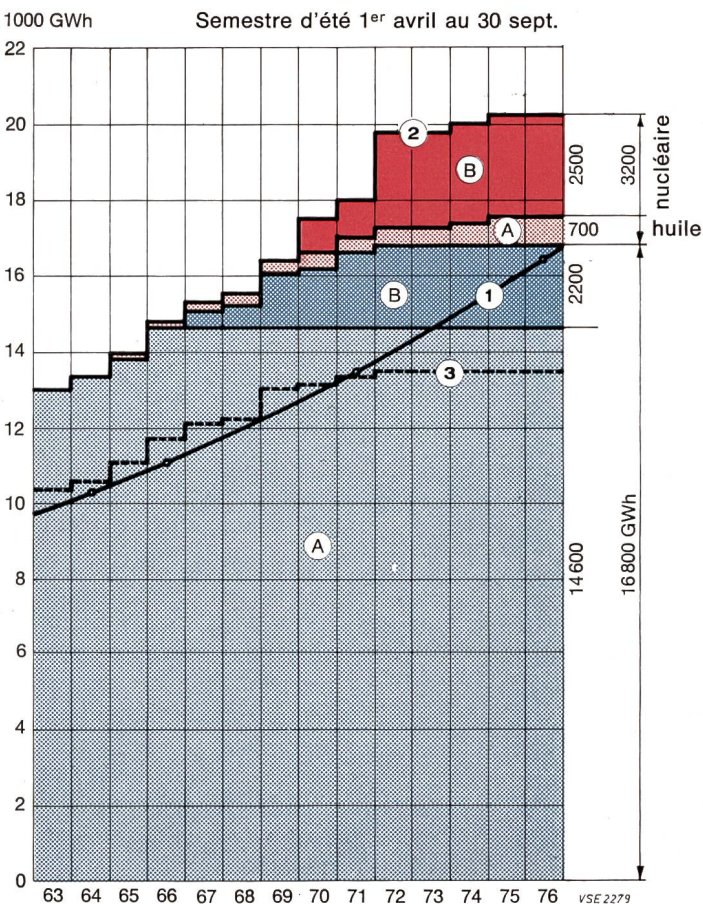
Prévision des besoins futurs d'énergie et des moyens d'en assurer la couverture pour des conditions hydrologiques moyennes



- ① Consommation du pays, sans chaudières électriques ni pompage d'accumulation
- ② Production possible d'énergie pour des conditions hydrologiques moyennes et avec pleine exploitation des centrales thermiques projetées
- ③ Production d'énergie hydraulique d'un semestre d'hiver sec



(A) en exploitation
(B) en construction



- ① Consommation du pays, sans chaudières électriques ni pompage d'accumulation
- ② Production possible d'énergie pour des conditions hydrologiques moyennes et avec exploitation réduite des centrales thermiques projetées
- ③ Production d'énergie hydraulique d'un semestre d'été sec

Prévision du diagramme de charge de la Suisse pour des conditions hydrologiques moyennes

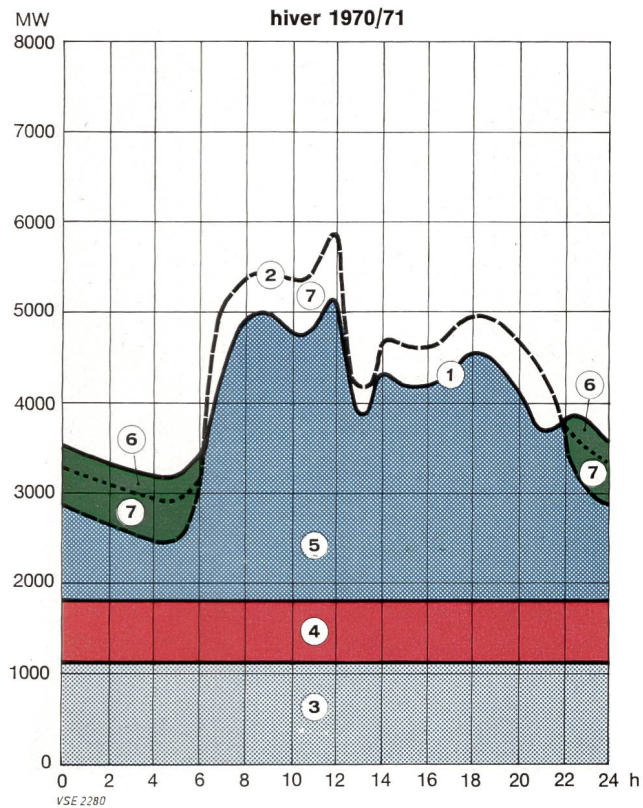


Fig. 3

- ① Diagramme de charge du réseau suisse
- ② Production globale de la Suisse
- ③ Energie au fil de l'eau
- ④ Energie thermique
- ⑤ Energie accumulée

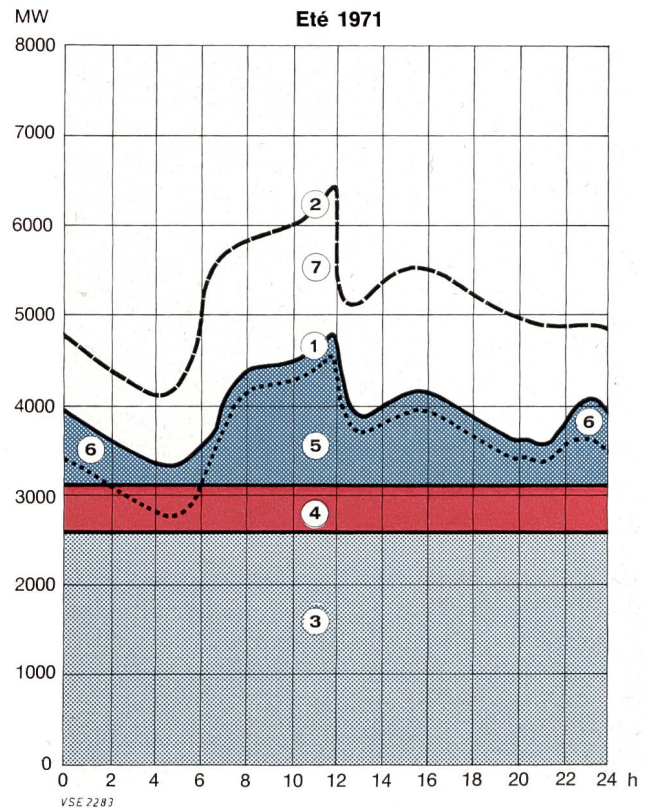


Fig. 4

- ⑥ Energie de pompage pour l'exploitation alternée
- ⑦ Energie échangée avec l'étranger en cas d'hydraulicité défavorable

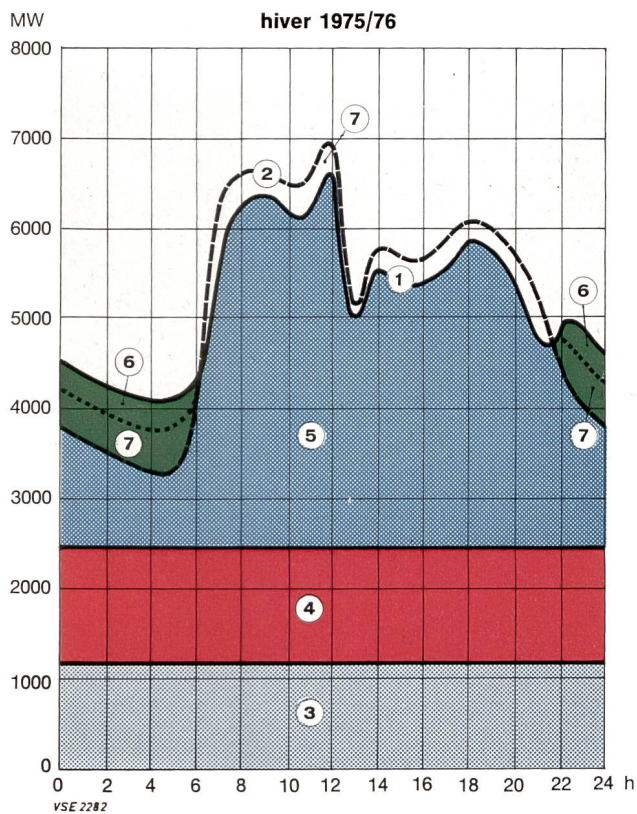


Fig. 5

- ① Diagramme de charge du réseau suisse
- ② Production globale de la Suisse
- ③ Energie au fil de l'eau
- ④ Energie thermique
- ⑤ Energie accumulée

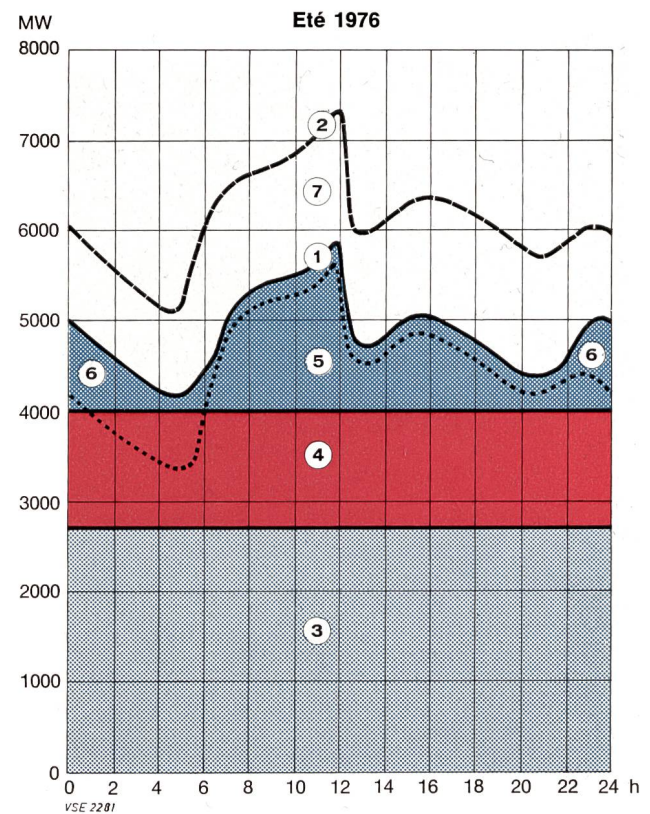


Fig. 6

- ⑥ Energie de pompage pour l'exploitation alternée
- ⑦ Energie échangée avec l'étranger en cas d'hydraulicité défavorable

une vue d'ensemble de l'évolution probable de la production électrique jusque vers 1975.

En comparaison des études faites jusqu'ici, il faut surtout faire ressortir les points suivants:

Le besoin d'énergie électrique continue de croître. On peut admettre un taux de croissance d'environ 4,5 % pour les prochaines années, c'est-à-dire que la consommation aura doublé d'ici quinze ans.

Il faut, en outre, tenir compte de ce que l'aménagement des sites hydrauliques rentables touche à sa fin. Cependant l'énergie hydro-électrique représentera, pour une décennie encore, la majeure partie de la production électrique suisse.

De plus en plus, la couverture des besoins en énergie de base sera assurée par des centrales thermiques, qui sont particulièrement adaptées à cette production. Comme, pour le moment, la construction de centrales thermiques conventionnelles est hors de question pour les raisons mentionnées plus haut, cette production en ruban sera confiée à des centrales nucléaires qui, maintenant, sont rentables.

La demande d'énergie réglable de pointe, elle, devra de plus en être satisfaite par les centrales à accumulation classique et à accumulation par pompage existantes et à construire.

Cette étude montre que la couverture des besoins du pays en énergie électrique peut être assurée jusqu'en 1975/76, fin de la période envisagée, avec les installations de production existantes ou en construction et celles dont la réalisation a été décidée; on constate même que des excédents non

négligeables se produiront durant certaines périodes. Par la suite, la mise en service échelonnée dans le temps de nouvelles centrales atomiques deviendra nécessaire pour assurer la couverture des besoins du pays, à moins qu'un accroissement de la consommation supérieur à celui admis ou quel qu'autre motif déterminant ne conduise à accélérer ou modifier ce programme.

En 1970/71 l'excédent du semestre d'hiver sera de l'ordre de 1 TWh, celui du semestre d'été s'élèvera jusqu'à 4,5 TWh. En 1975/76 le bilan d'énergie électrique sera, pour le semestre d'hiver, à peu près équilibré; en été par contre, il subsistera un excédent de 3,5 TWh. Ces chiffres sont basés sur des conditions hydrologiques moyennes et une augmentation de la consommation estimée, pour la période examinée, à 5 % environ en hiver et 4 % en été.

Dans l'esprit de coordination qui, jusqu'à ce jour, a prévalu lors de la construction et de la mise en service de centrales, les usines atomiques actuellement en construction verront, durant leurs premières années d'exploitation, leur production prise en charge dans une forte proportion par plusieurs entreprises suisses d'électricité. L'évolution présente montre sans équivoque possible que, dans le futur comme par le passé, les dix entreprises, par leur intense collaboration, trouveront des solutions appropriées pour assurer à temps au pays un approvisionnement suffisant en énergie électrique, avec un maximum de sécurité et aux conditions les plus avantageuses.

Juin 1968.

Communications de nature économique

Mouvement d'énergie des CFF pendant le 1^{er} trimestre 1968

Production et consommation	1 ^{er} trimestre 1968 (Janvier — février — mars)					
	1968			1967		
	GWh	en % du total	en % du total général	GWh	en % du total	en % du total général
A. Production des usines des CFF						
Usines d'Amsteg, Rïtom, Vernayaz, Barberine, Massaboden et usine auxiliaire de Trient						
Production totale (A)	180,8		42,2	182,5		44,0
B. Achats d'énergie						
a) des usines en copropriété de l'Etzel, Ruppertswil-Auenstein, Göschenen, Electra-Massa et Vouvry	171,0	68,8	39,8	136,7	58,8	32,9
b) d'usines appartenant à des tiers (Miéville, Mühleberg, Spiez, Gösgen, Lungernsee, Seebach, Küblis, Linth-Limmern, convertisseur de fréquence à Ruppertswil et Chemin de fer fédéral allemand)	77,3	31,2	18,0	95,3	41,2	23,1
Achats totaux (B)	248,3	100,0		232,0	100,0	
Total général de la production et des achats d'énergie (A+B)	429,1		100,0	414,5		100,0
C. Consommation						
a) Energie consommée pour la traction au sortir de la sous-station	352,4		82,3	327,5		78,9
b) Energie employée à d'autres usages propres	7,2		1,6	7,2		1,8
c) Energie fournie à des chemins de fer privés et à d'autres tiers	18,5		4,3	20,4		4,9
d) Exploitation de la pompe à moteur triphasé Etzel	—		—	—		—
e) Fourniture d'énergie en excédent	0,9		0,2	13,2		3,2
f) Energie consommée par les usines et les sous-stations, ainsi que pertes de transport	50,1		11,6	46,2		11,2
Consommation totale (C)	429,1		100,0	414,5		100,0

Rédaction des «Pages de PUCS»: Secrétariat de l'Union des Centrales Suisses d'électricité, Bahnhofplatz 3, Zurich 1; adresse postale: Case postale 8023 Zurich; téléphone (051) 27 51 91; compte de chèques postaux 80 - 4355; adresse télégraphique: Electrunion Zurich, **Rédacteur:** Ch. Morel, ingénieur.

Des tirés à part de ces pages sont en vente au secrétariat de l'UCS, au numéro ou à l'abonnement.