Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 65 (1974)

Heft: 23

Rubrik: Les besoins futurs en énergie : un défi

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.12.2025

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

Les besoins futurs en énergie: un défi

Comité de l'Energie du Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie

E. H. Etienne *	Président du Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie, La Conversion
R. Hochreutiner	Vice-président du Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie, Dully
Prof. M. Berchtold	Professeur de thermodynamique à l'EPFZ, Küsnacht ZH
F. Jordi	ancien Directeur du Service du gaz et de l'eau, Bâle Représentant de l'économie gazière
P. Krafft *	Directeur d'Electrowatt S.A., Zurich
J. Pouly *	Sous-directeur de Motor-Columbus S.A., Baden
R. Schaerer	Directeur de l'Electricité de Laufenbourg S.A., Laufenbourg Représentant de l'économie électrique
W. Strebel	Directeur adjoint de Ciba-Geigy S.A., Bâle Représentant des consommateurs d'énergie
Dr. G. Stucky *	Directeur de l'Union pétrolière, Zurich Représentant de l'économie pétrolière
Prof. C. Zangger	Sous-directeur de l'Office fédéral de l'économie énergétique, Berne Représentant de l'énergie nucléaire
L. Zeuggin	Directeur de la Ruhr- et Saarkohle S.A., Bâle Représentant de l'économie charbonnière
A. Ebener *	Secrétaire du Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie, Bâle

Collaborateur permanent:

Dr. W. Kähr	Office fédéral de l'économie énergétique, Berne

* Membres du Comité ad hoc chargé de la rédaction du rapport.

Secrétariat: Case postale 399, 4002 Bâle

1. Introduction

La Conférence Mondiale de l'Energie a été instituée en 1924, il y a 50 ans, par les milieux conscients du fait que les liens d'interdépendance existant entre les problèmes de l'approvisionnement en énergie et tous les secteurs économiques et sociaux exigent une étroite collaboration entre eux.

Le Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie, qui a aujourd'hui 50 ans d'activité également, cherche à promouvoir cette collaboration sur le plan national. C'est dans notre pays, le seul groupement privé dans lequel sont représentés tous les milieux s'occupant de l'économie énergétique: l'administration, les écoles polytechniques, les associations professionnelles ainsi que les milieux économiques figurent parmi ses membres. Puisqu'il se place au-dessus de toute considération particulière, il est en mesure de donner une image objective et complète des problèmes de l'énergie en Suisse.

La Conférence Mondiale de l'Energie organise à intervalles réguliers des réunions auxquelles participent les spécialistes les plus éminents du monde entier afin d'échanger leurs expériences. Le Comité National Suisse y représente la Suisse. Une réunion s'est tenue en particulier à Lausanne, en 1964, dans le cadre de la Conférence Mondiale de l'Energie pour traiter le thème devenu entre-temps particulièrement actuel de l'utilisation plus rationelle de l'énergie, notamment de la nécessité d'économiser l'énergie dans le secteur du bâtiment.

En vue d'examiner les problèmes qui se posent dans notre pays sur le plan de l'énergie, une commission d'étude à laquelle des spécialistes reconnus collaborent à titre honorifique a été désignée. Pour la première fois en 1953, il a été publié une statistique globale de l'énergie pour l'ensemble du pays, qui indique la consommation d'énergie utile et d'énergie primaire en Suisse depuis 1910 et qui, depuis lors, est maintenue à jour régulièrement. L'importance croissante de l'énergie dans notre société et les transformations fondamentales de l'économie énergétique suisse ont incité le Comité National Suisse à publier en 1969 un «Tour d'horizon de l'économie énergétique et tendances de développement qui en découlent».

Depuis, une nouvelle et profonde transformation s'est produite qui a encore été accélérée par les événements de l'automne 1973. L'idée maîtresse de notre manière de penser et d'agir depuis des dizaines d'années, selon laquelle l'énergie était disponible en quantité presque illimitée et à bas prix, a été brutalement infirmée. Des critères de protection de l'environnement, en plus des critères de rentabilité, jouent un rôle toujours plus grand. Le public, sensibilisé par les derniers événements, se prononce dans une mesure inconnue jusqu'ici sur les problèmes de l'économie énergétique.

Peu à peu on réalise qu'il ne suffit pas de prendre des mesures pour assurer la sécurité de l'approvisionnement en énergie à des conditions économiques sans s'attaquer, en partant de la consommation, au problème de l'accroissement illimité de la demande et sans se soucier des points de vue sur le plan de l'économie.

Il ressort des statistiques de consommation d'énergie dans notre pays que les deux tiers environ de l'énergie primaire consommée, ce qui représente 4 milliards de francs, étaient utilisés pour couvrir les besoins individuels et un tiers seulement, ce qui représente 2 milliards de francs, pour couvrir les besoins de l'industrie. Or, avec ce tiers, on réalise un produit national brut de 120 milliards de francs par an. Cette relation montre par où il faudra commencer, en cas de nécessité, à restreindre la consommation d'énergie.

Ce sont tous ces motifs qui ont incité le Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie à présenter au public une nouvelle version de son «Tour d'horizon», dans l'espoir de contribuer à rendre les discussions plus objectives. En outre, au moment où devant l'incertitude générale le besoin d'une conception globale se fait sentir, le Comité National a jugé bon de spécifier les principes de base d'une politique suisse de l'énergie.

2. Considérations générales sur les bilans énergétiques et les pronostics de développement

2.1 Approvisionnement en énergie et consommation, énergie brute et énergie utile

L'approvisionnement de notre pays en énergie ne repose que pour une faible part sur des sources indigènes et a donc dû être structuré depuis toujours essentiellement sur l'importation d'agents énergétiques primaires. Les combustibles solides, liquides et gazeux, les carburants et les matières fissiles proviennent de l'étranger, alors que les forces hydrauliques constituent la seule ressource nationale d'importance.

Le *consommateur,* qui en définitive est seul responsable de la consommation, se soucie en général peu des agents énergétiques primaires, à l'exception pourtant des consommateurs industriels et artisanaux. Il désire uniquement satisfaire avec le minimum de dépenses ses besoins en énergie utile sous forme de chaleur, de travail mécanique, d'énergie chimique et de lumière. Par sa nature, il donne la préférence à la forme d'énergie qui, à conditions économiques égales, lui assure un maximum de commodité et la plus grande sécurité d'approvisionnement. Des modifications des conditions offertes par les divers agents énergétiques et les développements techniques des systèmes d'approvisionnement et des appareils consommateurs lui font abandonner assez facilement un agent énergétique auquel il recourait encore hier pour en adopter un nouveau et provoquer au niveau de l'approvisionnement en énergie d'importantes substitutions qui ne sont pourtant possibles qu'après une longue planification.

Concernant les substitutions, le chauffage électrique des locaux et les pompes à chaleur pourraient à l'avenir également jouer un rôle; ce développement sera pourtant influencé par de nombreux facteurs et ne se produira que relativement lentement.

Dans le présent rapport, l'analyse des besoins effectifs ne partira donc pas, comme il est généralement d'usage, de l'énergie primaire ou brute, mais de la consommation, c'est-à-dire de l'énergie utile et ceci bien que cette méthode, comme toutes les autres, ne satisfasse pas en tous points.

La fig. 1 illustre les possibilités d'application des divers agents énergétiques primaires et secondaires pour couvrir les besoins en énergie utile. Elle fait également ressortir les agents énergétiques primaires, combustibles solides, produits pétroliers, gaz naturel, forces hydrauliques et matières fissiles, qui entrent en considération pour la conversion en agent énergétique secondaire, électricité, ainsi que ceux qui jusqu'à ces derniers temps servaient à la production de gaz de ville. Avec ces agents énergétiques secondaires, gaz et électricité,

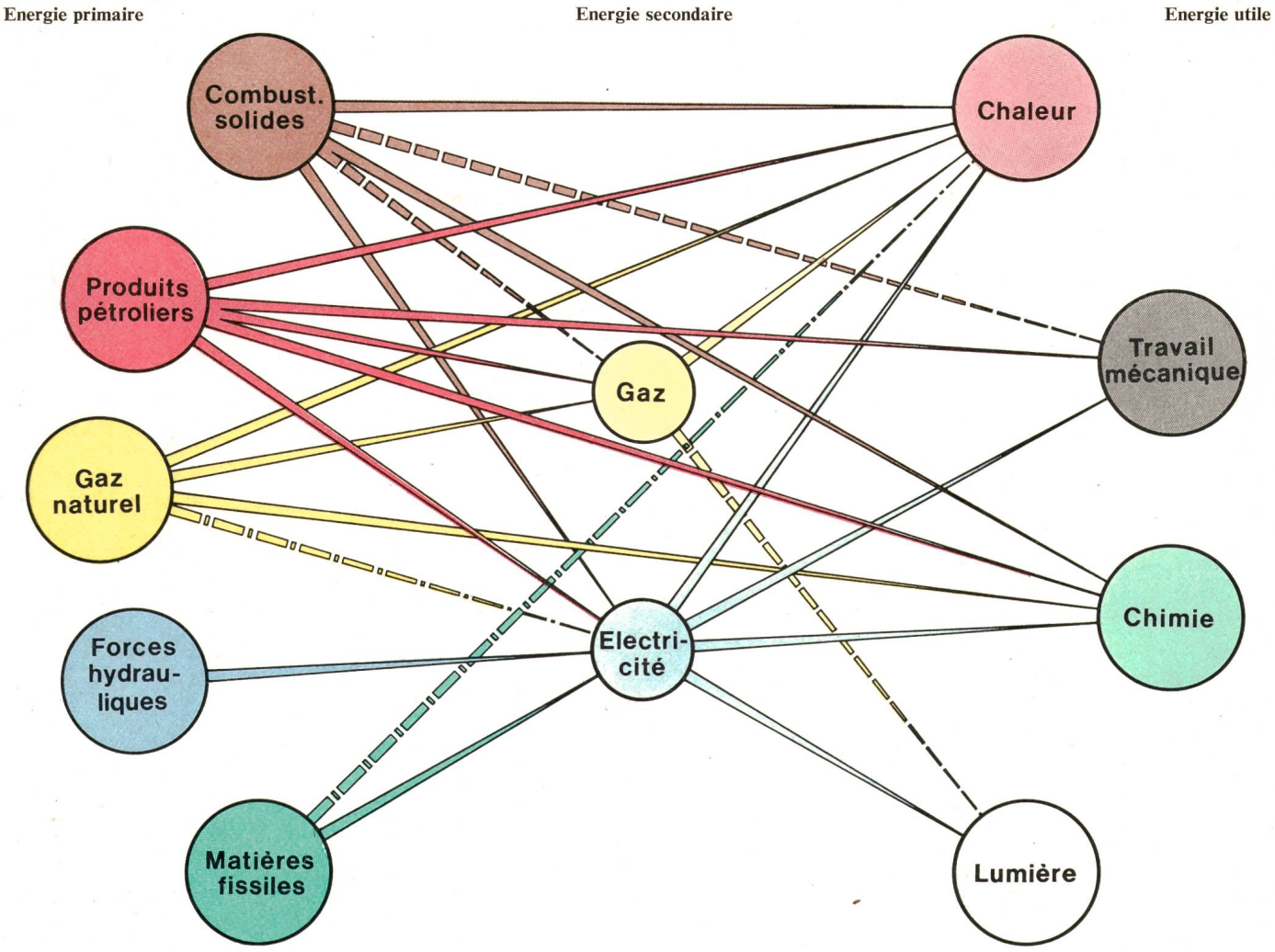


Fig. 1 Possibilités de recourir aux agents énergétiques primaires et secondaires pour couvrir les besoins en énergie utile

——————— Applications actuelles
– – – – – Applications abandonnées
– · – · – · – Applications probables dans un proche avenir

I. Energie primaire (Energie brute)

L'énergie primaire est de l'énergie qui n'a pas subi de transformation.

Agents énergétiques

1. Combustibles solides (bois, charbon, tourbe, ordures ménagères)
2. Produits pétroliers: seulement ceux qui sont utilisés à des fins énergétiques.
3. Gaz naturel
4. Forces hydrauliques
5. Matières fissiles

L'énergie secondaire est de l'énergie obtenue par transformation d'énergie primaire ou d'autres énergies secondaires.

II. Energie utile

L'énergie utile est l'énergie dont le consommateur peut disposer après la dernière transformation.

Chaleur: Production de chaleur et de vapeur pour des processus de fabrication et le chauffage des locaux dans l'industrie et l'artisanat; chauffage des locaux, préparation d'eau chaude et autres applications dans les ménages.

Travail mécanique: Energie pour moteurs fixes et mobiles, pour les véhicules routiers et ferroviaires, bateaux et avions.

Chimie: Energie pour des procédés chimiques tels que l'électrolyse, la réduction, les processus pétrochimiques, etc.

Lumière: Eclairage en général.

ainsi que pour le gaz naturel, il s'agit d'énergie dite de réseau, car leur distribution est liée à des réseaux et leur stockage, pour autant qu'il soit possible, est centralisé chez le producteur.

Ainsi qu'il ressort de ce schéma, seules trois sources d'énergie primaire, les combustibles solides, les produits pétroliers et le gaz naturel sont à l'heure actuelle utilisées directement par le consommateur et ceci essentiellement pour la production de chaleur pour le chauffage des locaux, l'industrie et les ménages. A vrai dire, les produits pétroliers sont au préalable raffinés; il en est de même pour les carburants liquides générateurs de travail mécanique. Ils sont pourtant encore considérés comme agents énergétiques primaires, car le raffinage s'effectue sens pertes sensibles et ne constitue pas à proprement parler une conversion.

Enfin tous les agents énergétiques primaires se prêtent à la production d'énergie électrique, bien qu'actuellement le charbon et le gaz naturel ne jouent à cet égard aucun rôle en Suisse. D'autre part, l'énergie électrique est également en mesure de livrer toutes les formes d'énergie utile demandées

par le consommateur. Ceci ne signifie pourtant pas qu'il s'agisse là de l'agent énergétique idéal, susceptible de supplanter tous les autres. Les conditions techniques et économiques fixent à son emploi des limites qui peuvent cependant se déplacer suivant les conditions de livraison et les désirs des consommateurs ou par suite de considérations sur l'environnement.

Les produits de la distillation ou ceux du raffinage des combustibles solides et des produits pétroliers, que le consommateur n'utilise pas dans un but énergétique, mais à des fins techniques, ne sont pas pris en considération ici, de même que le bois de construction ou utilisé à la fabrication du papier.

2.2 Bilans énergétiques, rendements de conversion et de transformation

Pour suivre le développement des divers agents énergétiques primaires et secondaires et obtenir une vue d'ensemble de l'économie énergétique, on est tenté d'établir des bilans énergétiques. Cette méthode attrayante n'est pourtant applicable que s'il s'agit d'énergie utile, niveau auquel les différents agents énergétiques peuvent être exprimés dans la même unité et additionnés. Elle se heurte par contre à des difficultés dès qu'il s'agit d'agents énergétiques primaires qui n'entrent en concurrence pour des substitutions qu'après avoir été convertis en agents secondaires. Ainsi un kilogramme de charbon avec un pouvoir calorifique de 29,3 MJ produit par exemple une énergie utile de 23,5 MJ dans une chaudière ayant un rendement de 80 % alors que, dans une centrale thermique, ce même kilogramme de charbon donne naissance à 2,5...3,1 kWh qui, physiquement, ne correspondent qu'à 3,6 MJ/kWh. Après déduction des pertes de transport et de distribution de l'ordre de 10 %, ce kilogramme de charbon converti en électricité ne produit ainsi plus que 9...11 MJ d'énergie utile. Par contre, un kWh utilisé pour la traction électrique remplace par rapport à la traction à vapeur environ un kilogramme de charbon. C'est pourquoi les bilans d'énergie primaire, englobant les combustibles solides, liquides et gazeux ainsi que les forces hydrauliques et les matières fissiles, apportent des distorsions qui rendent impossible de donner à chaque agent énergétique la place qu'il occupe réellement.

Mais si la notion d'énergie utile permet de ramener à un dénominateur commun les divers agents énergétiques, sa définition pose de nombreux problèmes. Il faut en particulier chiffrer l'ensemble des pertes de production, de transport, de distribution et des appareils consommateurs. Sans entrer dans les détails, relevons que l'énergie utile dont il est question ici est déterminée à la sortie des appareils consommateurs. Les pertes entre ces derniers et le service réellement attendu ne sont pas prises en considération. Les rendements des différentes conversions entre énergie primaire et énergie utile, introduits dans nos calculs, ressortent d'indications de producteurs et de gros consommateurs, ainsi que d'analyses de divers cas particuliers. Il s'agit de valeurs expérimentales moyennes, correspondant aux conditions valables en Suisse et conduisant actuellement à la récapitulation du tableau I.

Ces valeurs sont, il est vrai, entachées de quelques incertitudes. La méthode permet pourtant de déterminer des quantités d'énergie utile qui reflètent plus fidèlement les besoins des consommateurs que l'appel d'énergie primaire ou secondaire. Elles permettent donc d'établir des pronostics dans lesquels on peut tenir compte des substitutions possibles entre les divers agents énergétiques. Les rendements naturel-

Rendements de conversion et de transformation introduits dans les calculs — Tableau I

Agents énergétiques	Charbon Bois %	Ordures ménagères %	Chaleur nucléaire %	Combustibles liquides %	Gaz naturel %	Electricité %
Rendements d'utilisation						
Ménages						
Chauffage des locaux	60	85[1])	95	70[2])	75	100
Eau chaude	–					85
Cuisson et divers	–	–	–	–	60	60
Industrie et artisanat						
Chauffage des locaux	–	–	–	80	80	100
Production de ciment	–	–	–	30–53[3])	–	–
Industrie et utilisation artisanale	–	–	–	65	60	70

Rendements de transmission

Ordures ménagères et chaleur nucléaire	85 %
Gaz naturel et électricité	90 %

Rendements de transformation

Raffinage (en admettant que la quote-part importée en Suisse reste relativement constante; les rendements des raffineries elles-mêmes atteignent environ 95 %)		97,8 %
Usines hydrauliques	pour la production d'électricité	80 %
Centrales thermiques à combustibles	pour la production d'électricité	38 %
Centrales nucléaires	pour la production d'électricité	30 %

[1]) Y compris le rendement des chaudières, mais sans pertes en lignes.
[2]) Vaut également pour le chauffage à distance, après déduction des pertes en lignes (chauffage des locaux et eau chaude).
[3]) Passage au processus de fabrication à sec (précédemment humide), qui a déjà commencé.

lement pas connus de façon précise ne jouent pourtant pas un rôle prépondérant tant que les substitutions, qui ne peuvent se produire que progressivement, ne prennent pas une ampleur trop grande. Ces rendements servent à convertir les consommations des divers agents énergétiques en énergie utile qui sont extrapolées sur l'avenir à l'aide de certaines corrélations de consommation et de besoin. Les chiffres ainsi obtenus sont à nouveau transposés dans les différents agents énergétiques primaires avec les rendements estimés, en tenant compte des possibilités d'approvisionnement dans les divers secteurs. Les erreurs éventuelles dans l'estimation des rendements sont ainsi largement compensées. L'image proche de la réalité donnée par cette méthode permet de bien mieux saisir diverses tendances, notamment les substitutions entre agents énergétiques.

En ce qui concerne la demande d'énergie primaire, il faut tenir compte que la consommation suisse de combustibles solides et liquides et de carburants ne se laisse pas déduire directement des chiffres d'importation et de dédouanement des statistiques douanières, car d'importantes quantités sont stockées et non pas consommées immédiatement. Les livraisons effectuées au niveau du marché de gros donnent une meilleure image de la consommation. Toutefois, elles ne sont pas identiques à la consommation réelle, car elles ne tiennent pas compte des fluctuations dans les multiples stocks des consommateurs. Le chiffre des livraisons reflète pourtant mieux la consommation que celui des importations.

Pour faciliter les comparaisons, on a adopté comme unité énergétique pour toutes les formes d'énergie l'unité internationale d'énergie, travail et chaleur, le terajoule (TJ) qui se définit comme suit par rapport aux unités utilisées jusqu'ici:

1 million de kWh = 1 Gigawattheure = 3,6 TJ
1 milliard de kcal = 1 million de thermies = 4,1868 TJ

Parlons enfin du problème de la durée pour un pronostic. 25 ans environ avant de changer de siècle, on est, comme dans d'autres études, facilement tenté de donner un pronostic jusqu'en l'an 2000. Toutefois, l'incertitude est si grande, qu'après mûre réflexion, le Comité National Suisse a préféré limiter sa prospective à 1985 et se contenter d'esquisser les problèmes d'un avenir plus lointain dans un chapitre séparé.

3. Développement de la consommation d'énergie utile et sa couverture en énergie primaire

3.1 Considérations générales

Le développement de la consommation d'énergie utile et sa couverture en énergie primaire de 1910 à 1973 ressortent de la fig. 2 et du tableau II. Ils ont été établis pour l'ensemble du pays sur la base des études statistiques effectuées depuis de très nombreuses années pour le Comité National Suisse de la Conférence Mondiale de l'Energie. Si l'on fait abstraction des périodes troublées, crises économiques et guerres mondiales, la forte accélération de l'accroissement de la consommation au cours des 20 dernières années apparaît au premier coup d'œil. Entre 1910 et 1950, l'augmentation atteignait au total 2,5 % par an pour l'énergie utile et 1,9 % pour l'énergie primaire. Depuis lors, elle a passé jusqu'à 8 % pour l'énergie utile et 7,5 % pour l'énergie primaire: ceci correspond à un accroissement trois à quatre fois plus élevé. Depuis peu, les taux de développement commencent à fléchir quelque peu. La très forte expansion durant les deux der-

Tableau II

Consommation d'énergie utile et d'énergie primaire en Suisse de 1910 à 1973

	1910		1920		1930		1940		1950		1960		1970		1973	
	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%	TJ	%
Consommation d'énergie utile selon les usages																
Chaleur	36 418	89,6	35 021	85,2	60 833	87,0	62 107	84,2	78 170	81,6	135 547	79,0	276 509	79,6	316 890	79,7
Travail mécanique	2 801	6,9	3 661	8,9	6 012	8,6	7 016	9,5	12 402	12,9	27 839	16,2	56 826	16,4	66 611	16,8
Chimie	1 397	3,4	2 336	5,7	2 966	4,2	4 464	6,1	5 029	5,3	7 938	4,6	13 205	3,8	13 219	3,3
Lumière	21	0,1	72	0,2	105	0,2	130	0,2	209	0,2	414	0,2	705	0,2	842	0,2
Total	40 637	100,0	41 090	100,0	69 916	100,0	73 717	100,0	95 810	100,0	171 738	100,0	347 245	100,0	397 562	100,0
Consommation d'énergie primaire																
Charbon	82 400	77,9	69 246	69,1	92 311	64,7	80 050	55,5	75 748	40,6	77 429	23,9	25 830	3,9	15 167	1,9
Bois	17 183	16,2	17 478	17,4	19 311	13,5	23 119	16,0	20 437	11,0	15 912	4,9	10 109	1,5	10 109	1,2
Produits pétroliers	749	0,7	1 865	1,9	10 008	7,0	10 886	7,6	42 721	22,9	151 387	46,6	493 016	74,0	584 820	72,8
Forces hydrauliques	5 522	5,2	11 624	11,6	21 182	14,8	30 219	20,9	47 596	25,5	79 898	24,6	110 563	16,6	110 462	13,8
Gaz naturel	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1 707	0,2	7 096	0,9
Matières fissiles	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25 333	3,8	75 276	9,4
Total	105 854	100,0	100 213	100,0	142 812	100,0	144 274	100,0	186 503	100,0	324 626	100,0	666 558	100,0	802 930	100,0

nières décennies ne peut être déterminante pour l'avenir, comme nous le montrerons plus en détail par la suite.

Si l'on considère la consommation globale d'énergie utile, on est immédiatement frappé par la part prépondérante de la chaleur. La production de chaleur a de tout temps constitué l'essentiel des besoins. La consommation pour la production de travail mécanique prend la seconde place et présente une forte augmentation du taux annuel d'accroissement durant les dernières années. La demande d'énergie utile pour les applications chimiques et la lumière est par contre, par rapport aux deux précédentes, du point de vue quantitatif presque sans importance et nous renoncerons à nous y arrêter plus longuement par la suite. De plus, pour les applications chimiques, il y a peu de concurrence entre les agents énergétiques primaires et secondaires appelés, puisqu'ils servent d'agents de réaction et ne peuvent être substitués l'un à l'autre sans modifier fondamentalement les procédés de fabrication.

A l'exception de la quote-part du travail mécanique, la répartition de la consommation d'énergie utile suivant les domaines d'application n'a pas beaucoup varié au cours du temps, comme le montre la fig. 3.

Les besoins en énergie primaire ont été multipliés par huit environ au cours des 60 dernières années et ont atteint 803 000 TJ. A l'exception de la contribution des forces hydrauliques, notre plus importante source d'énergie nationale, cet accroissement a été presque entièrement couvert par les produits pétroliers qui ont passé de 750 TJ en 1910 à 10 000 TJ en 1930, 493 000 TJ en 1970 et 585 000 TJ en 1973. Les produits pétroliers ont satisfait en 1973 73 % des besoins en énergie primaire de la Suisse. Par contre, la consommation de combustibles solides fut en constante régres-

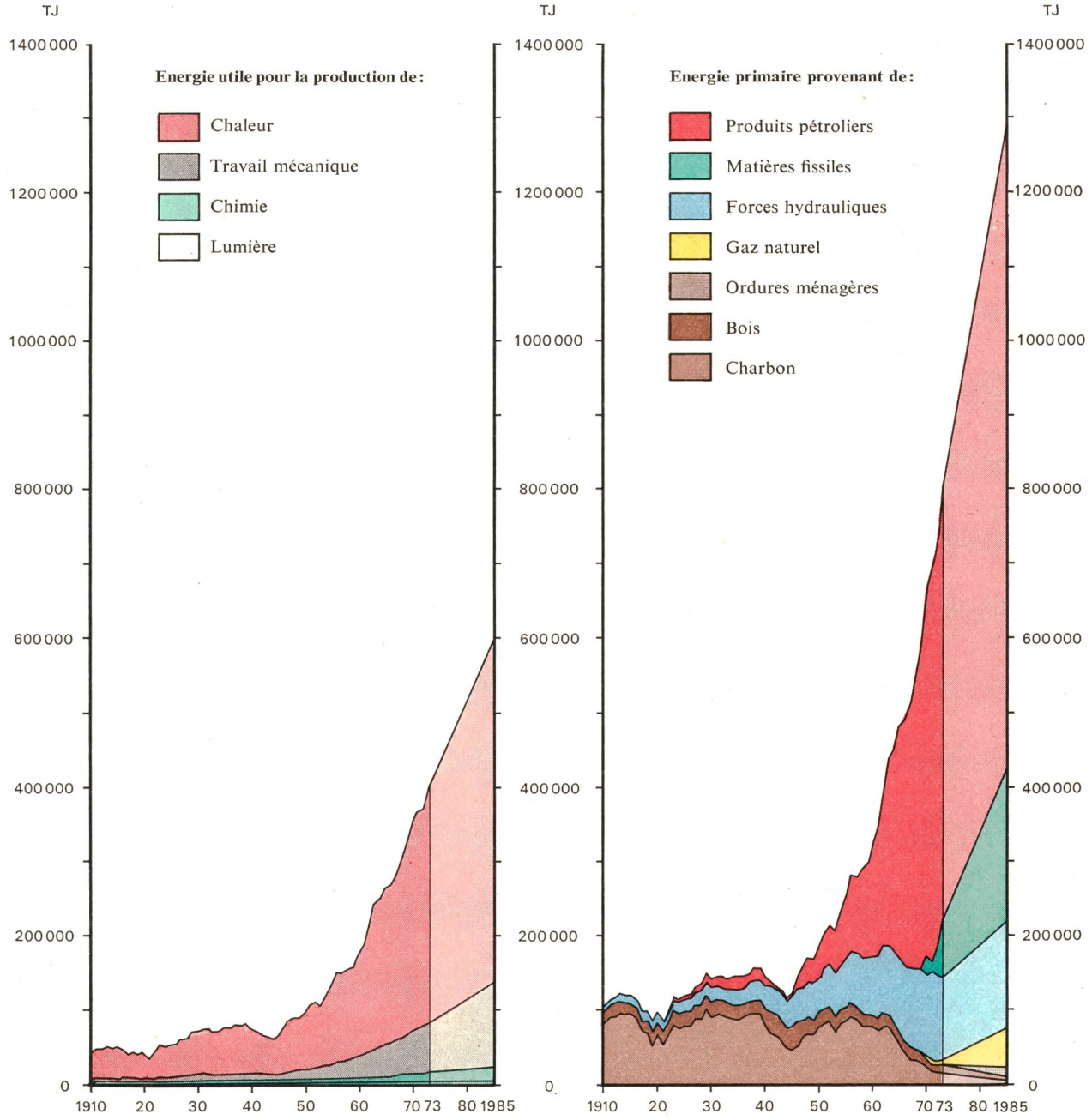


Fig. 2 Demande d'énergie utile et d'énergie primaire

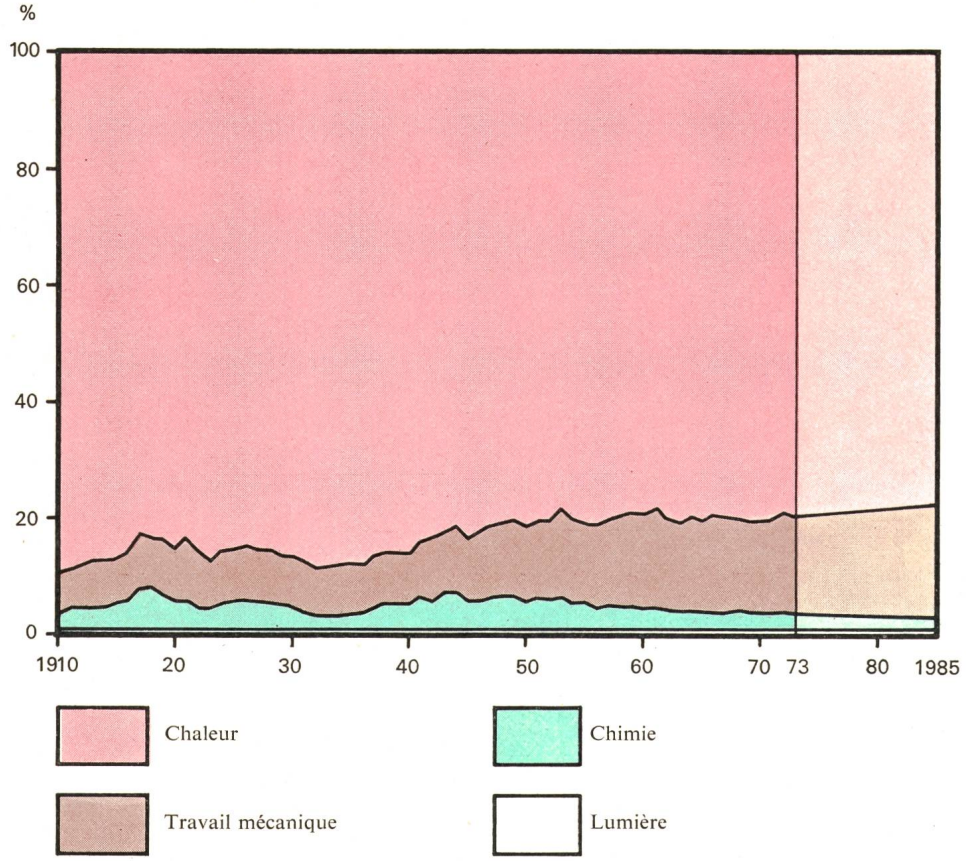


Fig. 3
Répartition en pour-cent de l'énergie utile

sion tout d'abord en valeur relative et, depuis la dernière guerre mondiale, aussi en valeur absolue; ce recul est particulièrement marqué au cours des 5 dernières années. En 1910, le charbon participait pour 82 400 TJ ou 78 % à la couverture des besoins totaux. Il n'y contribue plus aujourd'hui que pour 15 000 TJ soit pour 1,9 %. Ceci met en évidence une substitution due à un des caractères fondamentaux du consommateur, dans une économie de libre concurrence: pour satisfaire ses besoins en énergie utile, il cherche toujours des agents énergétiques primaires et secondaires de meilleure qualité et meilleur marché, tandis qu'il en abandonne d'autres souvent pour de simples raisons de commodité ou de propreté (tableau II).

Le perfectionnement technique des installations de conversion d'énergie primaire en énergie utile et surtout le passage à des agents énergétiques mieux adaptés à la consommation ou présentant des rendements de conversion plus élevés, ressortent de la comparaison entre la demande d'énergie utile et la consommation d'énergie primaire. Le rendement global de l'approvisionnement en énergie s'est très lentement élevé au cours des ans, de 40 % en 1910 à 50 % actuellement. Un exemple typique de cette évolution a été l'électrification des chemins de fer: le remplacement de la traction à vapeur par des locomotives électriques a conduit à une augmentation considérable du rendement du travail mécanique de traction, de moins de 10 % à plus de 65 % lorsque l'énergie électrique est d'origine hydraulique. Le passage à l'énergie nucléaire pour la production d'énergie électrique par voie thermique provoque par contre un recul progressif du rendement global de l'approvisionnement énergétique de la Suisse, car les centrales thermiques ont des rendements nettement plus faibles que les centrales hydrauliques.

3.2 Chaleur

La fig. 4 montre la répartition de la consommation d'énergie utile pour la production de chaleur (chaleur utile) d'après l'agent énergétique primaire ou secondaire appelé, ainsi que la couverture en énergie primaire. Comme pour les besoins totaux, on constate également, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, un accroissement beaucoup plus rapide de la consommation de chaleur. De plus, il est évident que l'importante augmentation n'a pratiquement été couverte que par les produits pétroliers qui, en 1935, couvraient moins de 8 % pour parvenir à 83 % de la chaleur utile en 1973.

En examinant de plus près ce domaine d'application de l'énergie, on remarque aussi que c'est le seul dans lequel tous les agents énergétiques primaires et secondaires sont appelés, et qu'ils se concurrencent donc mutuellement, ce qui peut donner naissance à d'importantes substitutions.

Comme nous venons de le relever, les produits pétroliers se sont imposés durant les 20 dernières années, essentiellement au détriment des combustibles solides, et ont pratiquement pris en charge la totalité du développement.

La répartition de la consommation de chaleur entre l'industrie et le secteur ménager, artisanat et agriculture est restée pratiquement constante pendant la période de référence, soit de 35 % pour l'industrie et de 65 % pour le secteur domestique. Quant au genre d'utilisation, on enregistre une certaine augmentation de la consommation pour le chauffage des locaux qui est passée de 50 à 60 % environ, au détriment de la cuisson et de la production de chaleur industrielle.

3.3 Travail mécanique

En ce qui concerne la répartition de la consommation d'énergie utile pour la production de travail mécanique

d'après l'agent énergétique primaire ou secondaire appelé, il faut souligner que les moteurs de l'industrie, l'artisanat et les ménages ainsi que des chemins de fer consomment actuellement pour la plupart de l'électricité, les véhicules routiers, la navigation et l'aviation de même que les moteurs transportables du génie civil, des produits pétroliers. Entre ces deux domaines d'application, il n'y a de nos jours, du point de vue énergétique, pratiquement aucune concurrence et, par conséquent, peu de possibilités de substitution dans un proche avenir.

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, on constate un développement considérable du trafic routier et aérien. La consommation a pratiquement décuplé en 20 ans.

4. Analyse et prévision de la demande future d'énergie utile

4.1 Chaleur

Vu le très fort développement des besoins de chaleur depuis le Deuxième Guerre mondiale, on ne peut se contenter de l'extrapoler sans en analyser les raisons.

Pour faire des pronostics, il faut considérer, outre d'autres grandeurs, la corrélation entre la demande de chaleur, le produit national brut et la température moyenne de l'année.

La demande de chaleur est fortement influencée par les fluctuations de température d'une année à l'autre. Un écart de 1 °C de la température annuelle moyenne par rapport à l'année précédente entraîne une variation des besoins de chaleur utile de plus de 5 %.

Sans tenir compte des fluctuations de température, le taux moyen d'accroissement de la demande de chaleur utile s'est élevé au cours de ces dernières années à 7 % environ, tandis que l'augmentation moyenne annuelle du produit national brut se montait à 5 % environ. La demande de chaleur en Suisse, au contraire de l'évolution constatée dans d'autres pays industrialisés, s'est ainsi accrue de 2 % plus rapidement que le produit national brut. Cela s'explique surtout par les plus grandes exigences en matière de confort et par une amélioration du niveau de vie ainsi que par la tendance au gaspillage dans de larges milieux. Pour les prévisions, un affaiblissement de cette tendance a toutefois été admis.

Le développement de la consommation de chacun des secteurs particuliers de consommation joue également un rôle important, comme par exemple le chauffage des locaux, le chauffage de l'eau, la chaleur industrielle ainsi que d'autres applications thermiques. C'est pourquoi elle a été analysée pour chaque secteur isolément.

Les besoins en chaleur utile pour le chauffage des locaux ne dépend pas seulement du nombre d'habitants, mais aussi du nombre de ménages. Si le nombre des habitants par ménage baisse jusqu'en 1985 à 2,6, il faut alors compter sur un nouvel accroissement du nombre des ménages, qui passera à 2 600 000 à ce moment-là. La consommation de chaleur utile par ménage a été estimée entre 0,09 et 0,1 TJ. Les efforts faits en vue d'une meilleure isolation thermique, de meilleures possibilités de réglage des systèmes de chauffage et la fixation de températures maximales dans les locaux pourraient entraîner une baisse de cette valeur. Tandis que durant les vingt années qui se sont écoulées entre 1950 et 1970 la consommation de chaleur utile pour le chauffage des locaux a quadruplé, les chiffres retenus pour les prévisions indiquent un accroissement du double environ au cours de ces 30 prochaines années, ce qui tiendrait compte du niveau élevé déjà atteint.

Par comparaison avec le chauffage des locaux, la consommation de chaleur utile pour le chauffage de l'eau continuera à progresser. Pour l'année 1985, les pronostics prévoient une quote-part du chauffage de l'eau de 16,8 % de la chaleur utile pour le chauffage des locaux. Cet accroissement est dû en particulier à l'usage toujours plus grand de machines à laver le linge et la vaisselle et de piscines chauffées. Bien que l'augmentation doive être attribuée en premier lieu aux bâtiments neufs, une modernisation d'anciens logements y contribue également.

Pour établir les pronostics, l'évolution des besoins en chaleur utile de l'industrie du ciment, qui est un consommateur typique de chaleur industrielle, a été examinée. La consommation spécifique de chaleur se situe, selon la qualité de la roche, entre 1750 et 1800 kJ/kg. Pour 1985, une production de ciment de 8 millions de tonnes a été prise pour base. A cet égard, il faut relever que durant la période 1950–1970 la production de ciment s'est multipliée par 4,4, tandis que sur la base de ces chiffres l'accroissement pour les 30 prochaines années devrait se multiplier par 2,1.

Des considérations semblables pour les catégories les plus importantes de consommateurs particuliers ainsi que la prise en considération de l'évolution future de la population et de l'économie permettent d'établir les pronostics suivants pour la consommation de chaleur utile, qui s'élevait en 1973 à 317 000 TJ:

1975	340 000 TJ
1980	410 000 TJ
1985	470 000 TJ

4.2 Travail mécanique

Dans le domaine du travail mécanique, il n'y a, comme nous l'avons déjà souligné, pratiquement pas de concurrence entre les divers agents énergétiques. On peut donc traiter séparément le développement de la consommation des produits pétroliers pour les transports routiers, fluviaux et aériens et celui de l'électricité.

Pour prévoir le développement probable de la consommation des carburants (sans le trafic aérien), le taux de motorisation (nombre de voitures automobiles pour 100 habitants) fournit une bonne base d'évaluation. Au cours des années soixante, la Suisse a enregistré un développement très constant de la motorisation avec un taux d'accroissement annuel de plus de 10 %. Cette augmentation doit être considérée comme très élevée et s'est réduite au cours de ces dernières années à 6 % environ. En 1973, le taux de motorisation atteignait 28,5 véhicules par 100 habitants. Cette tendance à la saturation, qui devrait se maintenir encore au cours des prochaines années, correspond du reste aux constatations faites dans d'autres pays européens et aux Etats-Unis.

Pour évaluer la consommation de carburants liquides, il a été également tenu compte d'une certaine diminution de la consommation par voiture et d'un développement accru du trafic aérien civil.

Le travail mécanique utile des moteurs électriques a augmenté au cours des 30 dernières années de 5 à 6 % annuellement, d'une manière régulière, et n'a pratiquement pas été influencé par les crises économiques, ni par la Deuxième

Guerre mondiale. En 1973, ce travail des moteurs électriques se répartissait de la façon suivante entre les différents domaines d'application:

Traction	15,6 %
Agriculture, ménages, artisanat	21,2 %
Industrie	63,2 %

L'analyse de la tendance actuelle montre que l'énergie absorbée par la traction se trouve proche de la saturation et pourrait, dès lors, diminuer en valeur relative à l'avantage des autres secteurs, dans la mesure où de nouvelles conceptions quant au trafic de banlieue ne s'imposent pas dans l'exploitation des chemins de fer. En admettant pour les autres secteurs un développement un peu inférieur à celui des dernières années, on aurait en 1980 la situation suivante:

Traction	10 %
Agriculture, ménages, artisanat	25 %
Industrie	65 %

Pour le total du travail mécanique utile qui était de 66 600 TJ en 1973, les prévisions donnent les valeurs suivantes:

1975	76 000 TJ
1980	98 000 TJ
1985	117 000 TJ

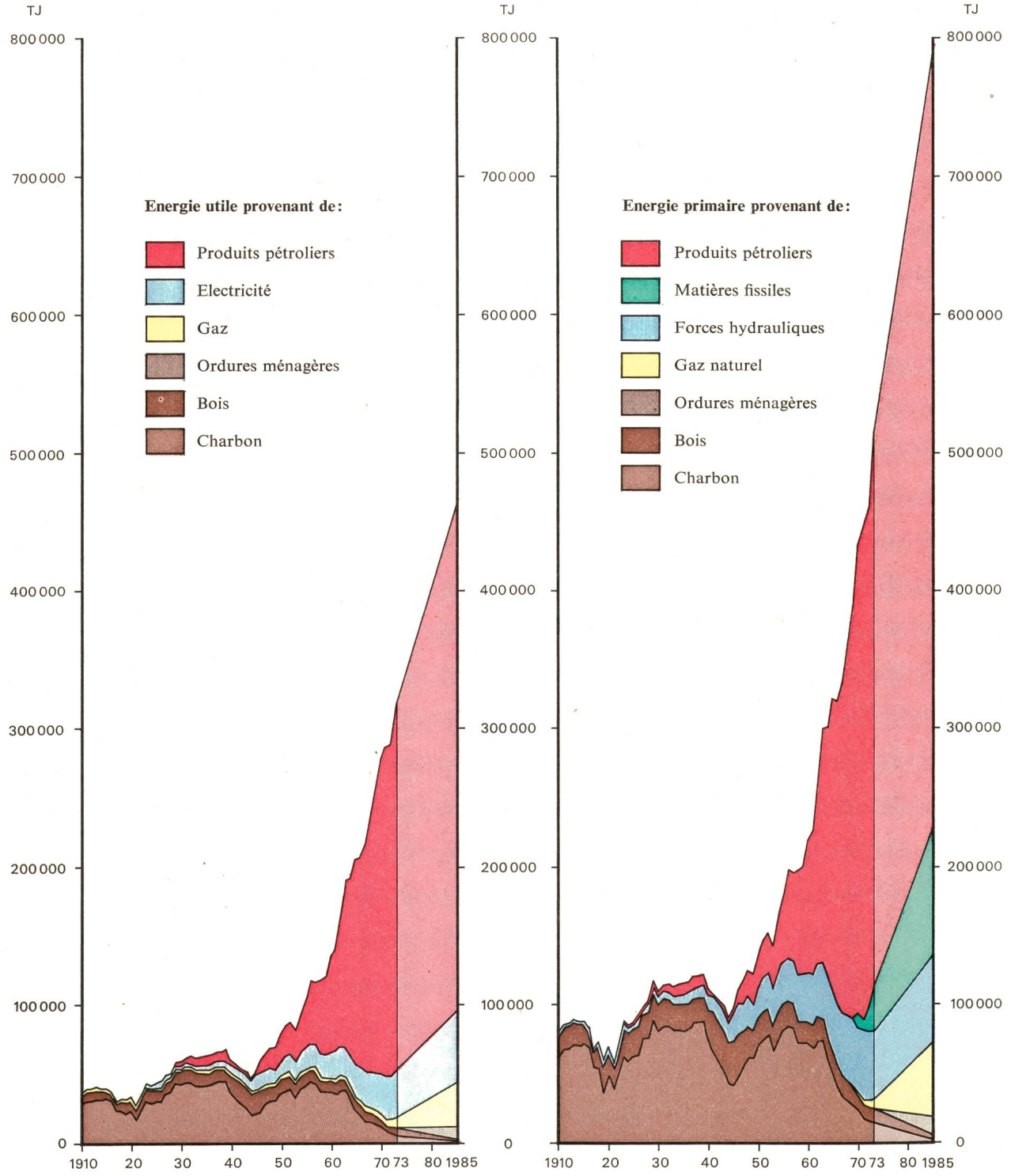


Fig. 4 Demande d'énergie utile pour la production de chaleur et couverture en énergie primaire. Répartition d'après les agents énergétiques primaires et secondaires.

La part du travail mécanique fournie par l'énergie électrique, qui était encore de 72 % en 1949, a reculé à 46 % aujourd'hui et pourrait encore diminuer quelque peu, pour ensuite remonter légèrement du fait de la saturation à laquelle il faut s'attendre dans le domaine de la circulation routière. Pour la même raison, le total du travail mécanique, dont l'importance relative est actuellement en légère hausse, pourrait se stabiliser à 17 % environ de l'énergie utile totale.

4.3 Demande totale d'énergie utile

Sur la base des considérations énoncées aux paragraphes 4.1 et 4.2 et d'analyses semblables des secteurs chimie et lumière, la demande totale d'énergie utile, qui a atteint 397 000 TJ en 1973, pourrait s'élever à:

1975	432 000 TJ
1980	520 000 TJ
1985	600 000 TJ

Cela correspond à des taux d'accroissement annuels moyens de 4,5 % jusqu'en 1980 et de 2,5 % environ pour les années suivantes.

4.4 Tendance de l'évolution des besoins en énergie primaire

En partant de la demande d'énergie utile mentionnée dans le paragraphe précédent, il est maintenant possible d'estimer les besoins en énergie primaire en tenant compte, pour chaque agent énergétique et pour chaque secteur d'utilisation, du rendement moyen de conversion et de son évolution probable. En outre, les problèmes d'approvisionnement à prévoir avec les différents agents énergétiques ne sont pas négligés. De même, il est tenu compte de la tendance générale qui porte à se libérer autant que possible de la dépendance extrême des produits pétroliers.

L'importance relative des différents agents énergétiques pour la couverture des besoins en énergie primaire ressort, pour le passé et pour les années à venir, des fig. 5 et 6. Il est particulièrement intéressant de constater que la quote-part des produits pétroliers atteindra vraisemblablement son maximum et que celle des matières fissiles augmentera rapidement pour couvrir en 1980 plus de 10 % des besoins totaux en énergie primaire.

De cette manière, on obtient les valeurs suivantes pour les besoins annuels en énergie primaire, qui étaient en 1973 de 803 000 TJ:

1975	870 000 TJ
1980	1 080 000 TJ
1985	1 270 000 TJ

La comparaison de ces valeurs avec celles obtenues pour l'énergie utile montre que le rendement global tend à s'abaisser du fait du passage progressif à d'autres agents énergétiques avec rendements de conversion différents et de modifications structurelles de certaines consommations d'énergie utile.

5. Prévisions concernant la demande et l'approvisionnement en énergie au tournant du siècle

Si l'on applique la même méthode que pour les prévisions pour 1985 et si l'on admet que la population résidente en Suisse, actuellement de 6,4 millions d'habitants, passera jusqu'en l'an 2000 à 7,0–7,5 millions et que le niveau de vie considéré comme normal dans la majeure partie de la population s'étendra au pays tout entier, on obtient alors une demande totale d'énergie utile de 840 000 TJ environ, soit un peu plus que le double de la demande actuelle.

Si l'on admet, en outre, que jusqu'au tournant du siècle l'économie gazière importera jusqu'à 3 milliards de m³ de gaz naturel par an et que l'économie électrique bénéficiera de la mise en service de 10 nouvelles centrales nucléaires avec une puissance de 900 à 1000 MW chacune pour couvrir l'accroissement normal de la demande et si l'on considère par ailleurs qu'aucun autre agent énergétique ne peut contribuer à couvrir les besoins en énergie utile, la demande en énergie primaire à la fin du siècle, en partant des mêmes pronostics que ceux qui ont servi de base aux prévisions pour 1985, devrait atteindre un peu moins de 2 000 000 TJ et cela avec la répartition approximative suivante entre chacun des agents énergétiques:

Charbon, bois, tourbe	2 %
Produits pétroliers	56 %
Forces hydrauliques	8 %
Gaz naturel	6 %
Matières fissiles	28 %
	100 %

La part des produits pétroliers reculera ainsi progressivement. Ils resteront néanmoins en tête, d'autant plus que cette quote-part réduite représente encore presque le double de la consommation actuelle de produits pétroliers.

Les chiffres et considérations qui précèdent correspondent à des prévisions relativement modérées. Il n'est toutefois pas exclu qu'il se dégage des taux d'accroissement encore plus faibles. D'une part, les consommateurs doivent en effet, pour tenir compte de leur environnement et de la nécessité de ménager l'énergie disponible, se restreindre, sans attendre les mesures gouvernementales que certains milieux réclament; d'autre part, l'approvisionnement en énergie doit être considéré comme une prestation de services. Il n'est pas dès lors un moyen approprié pour diriger la croissance économique, mais au contraire doit s'intégrer dans la vie de la société prise dans son ensemble, afin que toutes les bases économiques de notre société ne soient pas détruites.

A cet égard, il faut aussi examiner si l'augmentation de la demande en énergie utile et en énergie primaire dans notre pays ne conduira pas à un dépassement des valeurs limites admises sur le plan de l'écologie. Bien qu'il soit très difficile de répondre à cette question, le Comité National est d'avis que, selon toute probabilité, ce seuil ne sera nulle part atteint dans notre pays par l'évolution décrite.

6. Nouvelles sources d'énergie

La recherche de nouvelles sources d'énergie et d'agents énergétiques nouveaux a pris ces derniers temps une ampleur qui dépasse tout ce qui avait été entrepris jusqu'ici. Des projets qui, durant des années, sont demeurés dans l'ombre que jetaient sur eux les agents énergétiques classiques, sont passés aujourd'hui sous les feux de la rampe. La question est de savoir dans quelle mesure et quand ils pourront contribuer à couvrir les besoins de l'économie énergétique.

6.1 Energie solaire

Avec l'énergie solaire qui pénètre dans notre atmosphère, les besoins actuels du monde entier pourraient être couverts

25 000 fois. On comprend dès lors pourquoi nombre de solutions aient été proposées pour l'utilisation de cet immense potentiel énergétique. Les idées émises sont de deux ordres: celles qui mettent en œuvre des installations à la surface de la terre et celles qui font appel à des engins hors de l'atmosphère terrestre. Sur le plan technique, les difficultés de mise en valeur à la surface de la terre proviennent de la faible densité énergétique qui, dans la bande particulièrement favorable comprise entre 30° de latitude sud et 30° de latitude nord, se situe en moyenne entre 150 et 300 W/m², ainsi que des fluctuations quotidiennes et saisonnières du rayonnement. C'est pourquoi les centrales solaires au sol sont caractérisées par de grandes surfaces et par d'importants moyens d'accumulation d'énergie. Les problèmes diminuent en cas d'utilisation décentralisée, comme par exemple pour le chauffage d'appoint ou dans le projet de maison solaire autonome. Pour transformer l'énergie solaire en énergie électrique, il faut recourir à la cellule solaire et à des processus thermiques. Aucune de ces applications n'a atteint un niveau technique permettant une application économique.

Un convertisseur spatial d'énergie solaire placé sur une orbite géostationnaire, envoyant à la terre de l'énergie électrique sous forme de micro-ondes, conviendrait mieux pour assurer un approvisionnement continu. Cependant, de tels projets ne sont pratiquement pas réalisables en raison de leur coût extraordinairement élevé.

6.2 Energie éolienne

La mise en valeur de l'énergie éolienne paraît encore plus problématique. Elle est la plus instable de toutes les sources d'énergie et son utilisation nécessite des installations de grande envergure. Comme des moulins à vent de grandeur convenable n'ont qu'une puissance très limitée, ils n'entrent pas en ligne de compte, ni sur le plan pratique, ni sur le plan économique, pour la production d'électricité à grande échelle.

6.3 Energie géothermique

A plusieurs endroits de l'écorce terrestre, surtout dans les régions à dislocations tectoniques, le magma est proche de la surface terrestre. Lorsqu'une couche de roches poreuses recouvre de tels sites, l'eau d'infiltration est chauffée par la chaleur terrestre. En pratiquant des forages dans de tels champs géothermiques, il est possible d'obtenir de l'énergie en utilisant de la vapeur sèche ou humide ainsi que de l'eau bouillante. Les quantités d'énergie accumulée à une profondeur de 10 km au maximum dans les régions géothermiques connues sont estimées à 400 millions de TJ. Toutefois, jusqu'à ce jour, la recherche de gisements géothermiques n'a porté que sur quelques régions isolées. Une exploitation économiquement rentable n'est pensable que pour les gisements à grand rendement; elle est pénalisée par des problèmes d'environnement.

6.4 Energie des marées

L'utilisation de l'énergie des marées est une autre forme de la mise en valeur des forces hydrauliques. En fermant par une digue des bassins côtiers naturels, le flux en y pénétrant et le reflux en s'en retirant peuvent actionner des machines hydrauliques. Les variations périodiques des forces d'attraction entre la terre, la lune et le soleil sont à l'origine des marées. Les bassins intéressants sont ceux qui connaissent la poussée la plus grande et la plus régulière possible. De tels sites totalisent une puissance évaluée à $60 \cdot 10^3$ MW, ce qui est modeste. Cette puissance correspond à peu près à 2 % de la puissance du potentiel hydraulique de la terre.

6.5 Energie de fusion

La réalisation d'un réacteur à fusion nucléaire est l'un des problèmes les plus complexes qui se soit posé à l'humanité. Depuis près de 20 ans des efforts sont déployés pour trouver une solution. Dans un réacteur à fusion, les isotopes d'hydrogène lourds, tels que le deutérium et le tritium, doivent être fusionnés. Les difficultés résident dans la constitution d'un état gazeux dont la température, la densité et la durée de vie soient suffisamment élevées pour que la production d'énergie résultant de la fusion soit plus grande que la quantité d'énergie nécessaire à la fusion. On n'a pas encore réussi, jusqu'à présent, même en laboratoire, à résoudre ce problème de physique. Depuis que l'on dispose de lasers à grande puissance, la recherche a pris un nouvel élan. Jusqu'à la réalisation d'un réacteur, des problèmes technologiques difficiles doivent encore être résolus. Aussi prometteuse que soit cette source d'énergie, il ne faut cependant pas compter sur son application avant la fin du siècle.

6.6 Nouveaux agents énergétiques

Outre les sources d'énergie primaires déjà mentionnées, de nouveaux agents énergétiques sont en discussion.

6.6.1 Gazéification et liquéfaction du charbon

Des projets prometteurs fondés sur la gazéification et la liquéfaction par hydrogénation de lignite et de houille sont à l'étude dans différents pays. La mise au point de procédés économiquement rentables est attendue pour ces prochaines années. Les produits de transformation sont principalement le méthane, le gaz naturel synthétique, le gaz de réduction et de synthèse, les huiles et le méthanol. Ces produits peuvent être transformés et entreposés facilement. Il faut s'attendre, en appliquant la chaleur nucléaire, à ce que le processus de transformation du charbon puisse se réaliser à des coûts favorables et sans inconvénient pour l'environnement. Par la remise en valeur du charbon, une notable contribution pourrait être fournie à une diversification accrue des agents énergétiques.

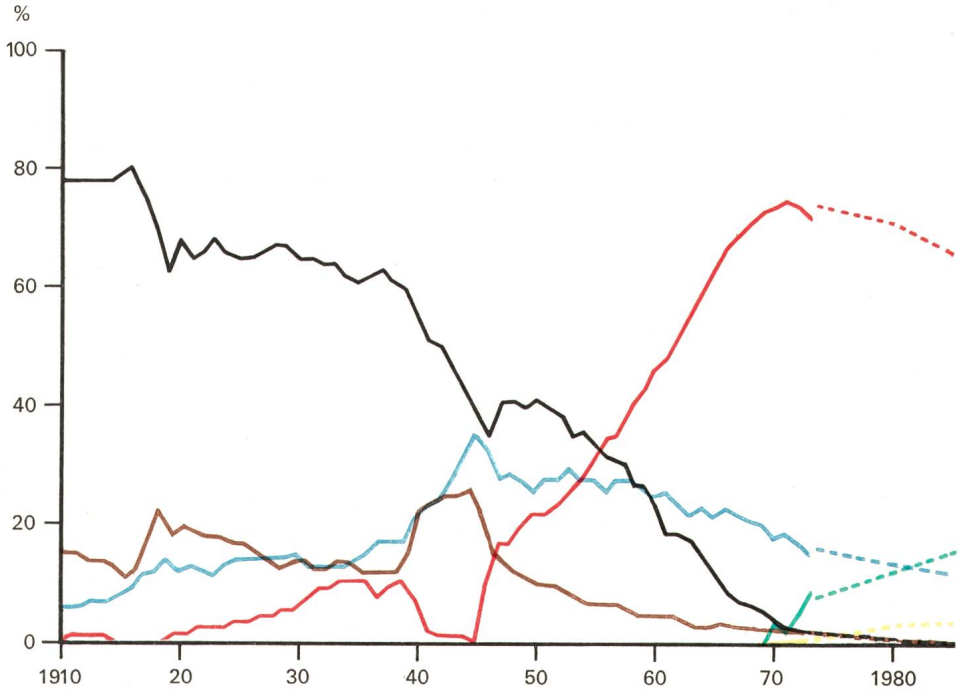
6.6.2 Hydrogène

Le développement d'un système fondé sur l'hydrogène utilisant l'hydrogène liquide ou gazeux comme agent énergétique et moyen d'accumulation d'énergie est envisagé moins comme alternative que comme complément aux agents énergétiques existants. Grâce à sa haute teneur en énergie, 120 MJ/kg, de grandes quantités d'énergie peuvent être stockées sans difficulté. L'hydrogène peut servir à des usages multiples. Des procédés de décomposition directe de l'eau au moyen de la chaleur provenant du fonctionnement de centrales nucléaires sont à l'étude; ils auraient un bon rendement. Pour la Suisse, l'hydrogène présente un intérêt particulier puisqu'il pourrait contribuer à réduire par une diversification accrue notre dépendance des agents énergétiques provenant de l'étranger.

Fig. 5

Importance relative des différents agents énergétiques pour la couverture des besoins totaux en énergie primaire de la Suisse

- Charbon
- Bois
- Forces hydrauliques
- Produits pétroliers
- Matières fissiles
- Gaz naturel



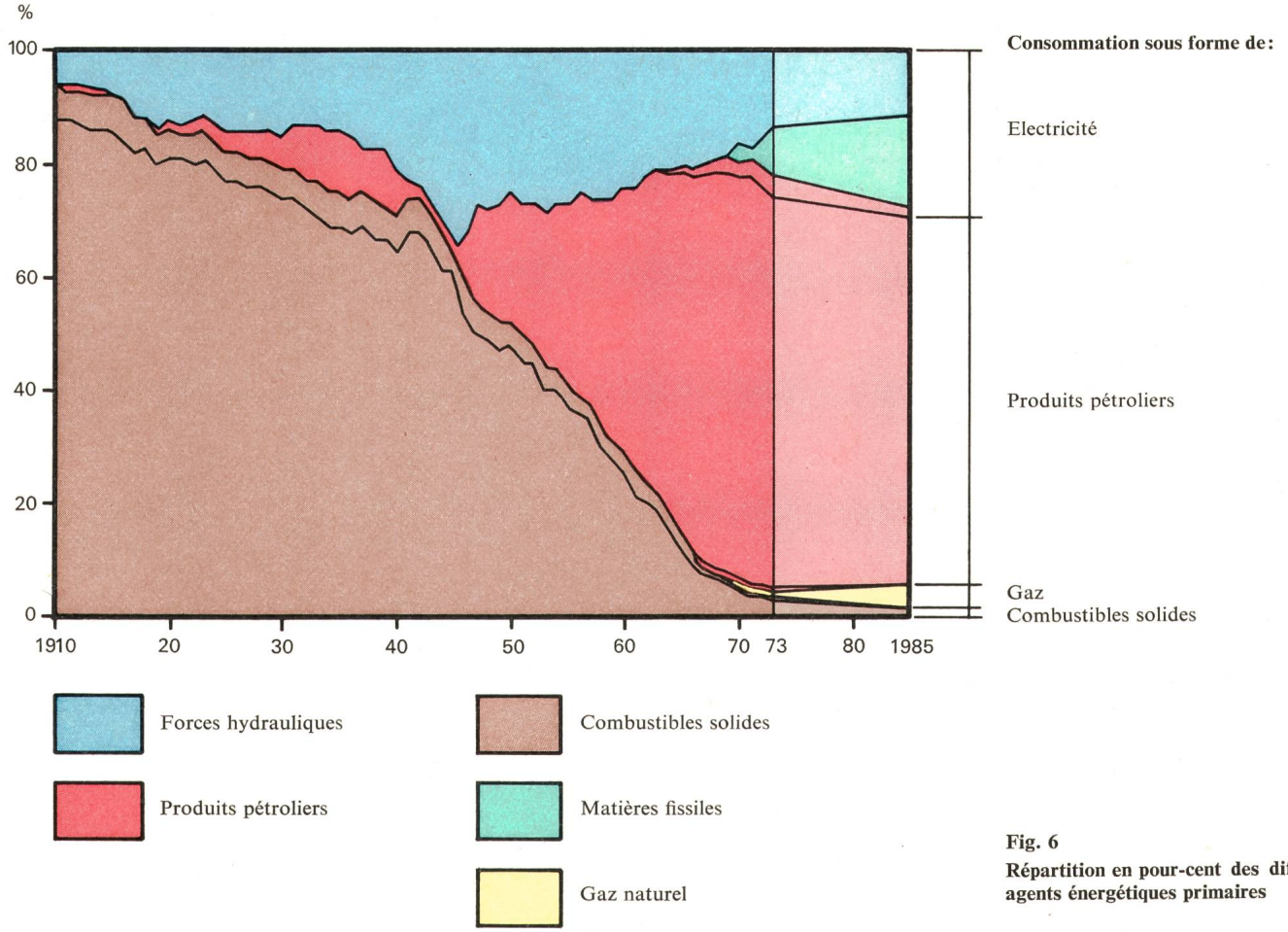


Fig. 6

Répartition en pour-cent des différents agents énergétiques primaires

6.6.3 Réservoirs d'énergie

Le remplacement du mazout destiné au chauffage des locaux par une nouvelle source d'énergie qui implique de grands investissements postule la création de possibilités d'accumulation d'énergie permettant de déplacer en hiver l'énergie produite en été. De nouvelles solutions à ce problème sont à l'étude actuellement.

6.7 Conclusion

Au cours de ces prochaines années, notre pays ne peut attendre d'aucune des formes d'énergie primaire mentionnée dans ce chapitre une contribution notable à son approvisionnement en énergie. Les besoins doivent dès lors être couverts au moyen des sources d'approvisionnement utilisées jusqu'ici, en envisageant une diversification des agents énergétiques.

7. Perspectives des différentes branches de l'économie énergétique suisse

Ces perspectives se basent sur les rapports de chacune des organisations professionnelles compétentes.

7.1 Le pétrole

7.1.1 Réserves mondiales et sécurité d'approvisionnement

Les réserves prouvées, économiquement exploitables avec les moyens techniques traditionnels, atteignent environ 90 milliards de tonnes (3760 millions de TJ). Depuis la Seconde Guerre mondiale l'augmentation des réserves était plus grande que la production. Avec une production pétrolière mondiale de 2,8 milliards de tonnes en 1973, les réserves prouvées suffisent à assurer l'approvisionnement jusqu'à la fin du siècle, même si la consommation augmente comme jusqu'à présent de 5 à 7 % par année et qu'on ne trouve plus de nouveaux champs pétroliers, hypothèse à exclure. Calculée sur la base d'une production annuelle, la durée des réserves disponibles oscille autour de 35 ans par rapport à la consommation. Il est difficile de chiffrer les réserves dites probables, dont on suppose l'existence dans l'écorce terrestre. Les estimations varient entre 400 milliards et 1400 milliards de tonnes en incluant les sables et schistes bitumineux ainsi que les champs de pétrole lourd au Venezuela. Enfin on peut raisonnablement admettre que la technique de production fera encore des progrès, ce qui permettra d'augmenter le degré d'extraction des champs, qui atteint actuellement 35 % en moyenne. Une augmentation de 20 % signifierait une réserve supplémentaire d'environ 200 milliards de tonnes.

Ainsi dans la perspective de cette étude, la question des réserves n'est pas seulement une question des quantités, mais surtout une question de finances, de technique et de politique. Si on réussit à investir les capitaux nécessaires, qui, vu les grands risques, proviendront avant tout des fonds propres des compagnies pétrolières, alors on peut s'attendre à la mise à disposition de réserves suffisant aux besoins d'une génération, soit de 20 à 30 ans, ou – sous l'angle économique – pour la durée d'amortissement des installations de production et de transport.

Les réserves mondiales prouvées se situent environ à 60 % dans le bassin sédimentaire du Golfe Persique, ce qui fait que notre étude obtient un aspect politique, difficile à intégrer dans un jugement sur l'approvisionnement futur. On peut retenir comme conséquences: une concentration de la recherche pétrolière dans des régions considérées comme politiquement stables, comme par exemple la mer du Nord, l'Alaska, la région arctique canadienne ainsi que le socle continental australien et indonésien. D'autre part il faut s'attendre à un développement continu des moyens de transport, notamment sur la haute mer. Mais il ne faut pas oublier que malgré les découvertes récentes aucun nouveau champ ne pourrait se mesurer à ceux qui existent déjà au Moyen-Orient. Leur influence sur le dispositif d'approvisionnement mondial ne pourrait être que limitée.

En ce qui concerne les décisions politiques ayant des effets à long terme, il faut tenir compte des événements qui ont modifié le régime de possession des concessions au profit des pays producteurs, soit au moyen de la participation, soit par la nationalisation ou la reprise de la production par le pays même. Dans tous ces cas les pays producteurs entrent activement dans le marché mondial en proposant des offres, d'où il résulte une augmentation du nombre des offrants, mais non pas nécessairement de la concurrence. Les pays producteurs ne font que vendre la marchandise qui aurait été mise sur le marché par les compagnies privées. Grâce à leurs réserves financières suffisantes, les pays producteurs ne sont pas obligés de vendre à tout prix. Aussi sont-ils organisés d'une manière cartellaire au sein de l'OPEP (Organisation des pays exportateurs de pétrole). Dès le début de l'année 1973 les surplus ont disparu sur le marché du pétrole. Ainsi un changement de structure a eu lieu, culminant dans les événements du dernier conflit du Moyen-Orient et dans l'embargo pétrolier. Il en résulte une situation épineuse où la réduction volontaire de la production se confronte à des surplus résultant de la récession. Ainsi une perspective ne peut être faite que pour des temps «normaux», sans tenir compte des répercussions politiques éventuelles.

Sur le plan mondial on s'attend à une croissance annuelle de 1 à 5 % dans les dix années à venir, c'est-à-dire à une consommation qui atteindra autour de 1985 la limite de 4 milliards de tonnes. Le Japon et l'Europe, même en tenant compte de la mer du Nord, ne disposent pas d'une production importante en pétrole et aux Etats-Unis le rapport entre la production propre et la consommation se détériore graduellement, même si on tient compte des possibilités du Canada. Les Etats industriels, qui consomment 80 % du pétrole, dépendent ainsi de l'importation du Moyen-Orient, de l'Afrique et de l'Amérique du Sud, où parfois ils se font même concurrence entre eux. Pour la prochaine décennie il n'y a pas lieu de s'attendre à ce que cette situation change profondément, même si une politique énergétique résolue des Etats-Unis pourrait réduire les importations d'un tiers environ.

7.1.2 L'approvisionnement de la Suisse

C'est dans ce cadre général qu'il y a lieu d'examiner la sécurité de l'approvisionnement de la Suisse qui consomme 0,5 % du pétrole mondial. Grâce aux stocks existants et aux capacités de transport croissantes, la Suisse peut résister à des pénuries courtes et ponctuelles, en ayant recours à d'autres pays producteurs, comme ceci a été le cas dans le passé. En outre le commerce a la possibilité – comme d'ailleurs aussi les consommateurs – d'augmenter la sécurité en accroissant la capacité de stockage et en cherchant des voies et moyens

de transport nouveaux. C'est dans ce sens que la loi fédérale sur la préparation de la défense nationale économique prévoit en cas de crise l'augmentation constante du stockage par le «stockage obligatoire de combustibles et carburants». Enfin les différentes compagnies internationales constituent, chacune pour elle ou partiellement en commun grâce aux oléoducs et aux raffineries, un système d'interconnexion d'un genre particulier qui permet d'une part une très grande flexibilité mais qui oblige d'autre part les sociétés à faire travailler les investissements importants effectués. C'est pourquoi ces groupes ont automatiquement tendance à mettre les sources et moyens de transport se situant dans le monde entier au service d'une compensation quantitative et d'équilibre des prix au cas où des difficultés devraient se faire sentir n'importe où et à condition de ne pas en être empêchés par des mesures étatiques.

Notre pays traite dans les deux raffineries en Suisse environ 40 % de la consommation totale. Ainsi l'augmentation des besoins accroît nécessairement la dépendance face à l'étranger encore que la relation entre les quantités de pétrole brut importées et celles de produits finis joue un certain rôle. En effet, en cas de pénurie d'un ou plusieurs produits les raffineries dans notre pays peuvent apporter une certaine compensation. En temps de crise il est en outre souvent bien plus simple d'obtenir du pétrole brut que des produits finis. La capacité de ces deux raffineries ne peut pourtant être augmentée que d'une manière limitée.

Il en résulte deux conséquences:

A long terme les prix devraient marquer une tendance à la hausse pour différentes raisons: la demande se maintenant à un niveau élevé; l'augmentation de la taxation des Etats producteurs; coûts croissants de la recherche de plus en plus difficile; tendance générale au renchérissement et enfin les mesures de plus en plus sévères pour la protection de l'environnement. Tout ceci ne peut plus être compensé par la rationalisation de la production. Un développement différencié des prix selon les produits ne peut être exclu vu que le raffinage du pétrole brut est une production liée et que selon la saison et les possibilités de substitution par d'autres sources d'énergie un produit particulier est plus ou moins demandé.

La deuxième conséquence est que des situations de pénurie sur le marché du pétrole peuvent être évitées en l'absence de répercussions politiques; s'il y en a quand même, alors elles ne pourront être maîtrisées sans restriction de la consommation que pendant une courte période, le pouvoir d'achat de la Suisse donnant toutefois une certaine avance par rapport aux autres pays, pour autant que des interventions dans le domaine des prix n'apportent pas de distorsions économiques.

Voici les conséquences qui s'imposent:

– Une concertation des Etats consommateurs à travers l'Atlantique.

– Un dialogue intensifié entre l'économie et les autorités.

– L'élargissement du dispositif d'approvisionnement tout aussi bien dans le domaine du raffinage que dans celui du transport et du stockage.

7.1.3 Problèmes de la recherche et leur influence

La recherche pétrolière tout aussi bien que la technique de la production continuent à occuper la première place parmi les projets de recherche générale; s'ajoutent les travaux dans le domaine de l'environnement comme par exemple l'extraction du soufre de l'huile de chauffage ou du pétrole brut. En ce qui concerne les carburants, on est en train d'examiner leur composition (plomb, benzol, etc.) en collaboration avec les fabricants de moteurs.

A long terme, le pétrole devrait servir davantage comme matière première à la production chimique pour autant que des énergies de substitution sont disponibles; toutefois, même en tenant compte des améliorations de la technique de raffinage, on ne peut éviter des produits liés qui peuvent être utilisés que dans le cadre traditionnel, notamment dans le secteur calorifique.

7.1.4 Evolution quantitative probable

L'industrie pétrolière s'attend pour la période examinée ici à une tendance dégressive de la consommation. Les raisons principales sont la substitution dans le domaine de la chaleur par d'autres agents énergétiques comme par exemple le gaz naturel, l'électricité (y compris la chaleur des usines nucléaires) et de la combustion des déchets. La difficulté principale de l'estimation réside dans le fait de savoir si la substitution économiquement rentable jouera pleinement ou non. Ceci ne devrait être le cas avant 1980.

La consommation d'un produit pétrolier (y compris les produits à des fins techniques et la consommation propre des raffineries), qui a atteint en 1973 14,6 millions de tonnes et n'atteindra en 1974 probablement plus que 14 millions de tonnes, évoluera environ comme suit:

1975	15 millions de tonnes
1980	18 millions de tonnes
1985	21 millions de tonnes

En prononçant ces chiffres il y a lieu de ne pas ignorer le fait que le pétrole et ses produits serviront davantage à la production pétrochimique. La consommation intérieure des produits pétroliers à des fins techniques n'était en 1973 que de 5 % et devrait atteindre en 2000 10 % environ. En déduisant cette part du bilan énergétique, les estimations sus-mentionnées des quantités d'énergie brute correspondent à:

1974	594 000 TJ
1980	713 000 TJ
1985	832 000 TJ

7.2 Les combustibles solides

7.2.1 Les combustibles indigènes

Ceux-ci comprennent le bois de feu, le charbon et la tourbe, dont seul le bois de feu est, en temps normal, d'une certaine importance, quoique très faible. La consommation de bois de feu est depuis longtemps en légère régression, même si son rôle, pour la production d'énergie, a dépassé, en 1973 encore, celui du gaz naturel importé (10 000 TJ contre 7000 TJ).

Aujourd'hui, les combustibles indigènes peuvent être considérés comme réserves en cas de crise, bien que leur mise à profit demande plusieurs années de préparation, de la main-d'œuvre ainsi que des moyens de transport importants.

7.2.2 Les combustibles importés (charbon)

De tous les combustibles fossiles, le charbon présente de loin les réserves les plus importantes, tant pour les réserves

prouvées que pour les réserves supposées. Celles-là sont estimées à 600...2400 milliards de tonnes correspondant à 17 600...70 300 millions de TJ, celles-ci à 8000...14 000 milliards de tonnes équivalent à 234 500...410 300 millions de TJ. Les réserves prouvées se trouvent en majeure partie dans la zone d'influence des grandes puissances Etats-Unis (52 %) et URSS (28 %). L'Europe sans la Russie possède environ 8 % correspondant à 1400...5600 millions de TJ. Dans le cas le plus favorable, ces réserves dépassent donc toutefois les réserves prouvées de pétrole du monde entier (3760 millions de TJ).

Les gisements de charbon en Europe constituent pour notre pays des réserves pour le temps de crise, parce que les distances de transport sont relativement courtes et les structures politiques assez stables. Mais ici encore, comme pour les combustibles indigènes, une augmentation des quantités extraites s'accompagnera d'un besoin considérable de capitaux, de main-d'œuvre et de temps.

7.2.3 La crise du charbon

Depuis le début de la crise du charbon en Europe en 1957, alors que la production des charbonnages dans la Communauté des Six était encore de 253 millions de tonnes (7,4 millions de TJ), cette production est en constante régression. En 1973, les quantités extraites par la Communauté des Six atteignent 133,6 millions de tonnes (3,9 millions de TJ), réparties comme suit sur les différents pays (en partie, il s'agit d'estimations):

République fédérale d'Allemagne	97,3 millions de tonnes
France	25,6 millions de tonnes
Belgique	8,8 millions de tonnes
Pays-Bas	1,7 million de tonnes
Italie	0,2 million de tonnes
Total Communauté des Six	133,6 millions de tonnes
Angleterre et Irlande	130,2 millions de tonnes
Total Communauté européenne du charbon et de l'acier	263,8 millions de tonnes

Le recul de l'extraction le plus marqué est enregistré aux Pays-Bas qui ont déjà fermé la plupart de leurs houillères et qui n'auront probablement plus de production à partir de fin 1974. Une reprise de l'exploitation classique des mines se heurte à toutes sortes de difficultés dont le manque de main-d'œuvre et le fort besoin de capitaux pour financer les mesures de rationalisation nécessaires sont les plus importantes. Si le charbon doit retrouver sa place dans l'économie énergétique de l'Europe et de la Suisse, cela ne sera possible que par le moyen de la gazéification ou de la liquéfaction sur place.

7.2.4 Répercussion de la crise du pétrole sur l'industrie du charbon

Le recul de la consommation de charbon dans notre pays, au profit des produits pétroliers, est dû avant tout aux deux causes suivantes:

1. Avantage de prix des produits pétroliers
2. Commodité supérieure dans leur application

La forte hausse des prix des produits pétroliers, surtout du mazout, à la suite de la pénurie artificielle de pétrole en automne 1973, a pour les utilisations industrielles fait diminuer l'avantage de prix du mazout par rapport au charbon; il l'a même en partie réduit à zéro, d'autant plus que les prix du charbon à la frontière n'ont augmenté que de 17 % en moyenne pendant la période considérée. Par contre, le charbon présente, du moins pour le chauffage domestique, un notable retard dans la commodité d'application; il est aussi peu probable que ce retard soit compensé, sauf peut-être pour les applications industrielles.

A cause de la lourdeur inhérente à la technique minière et du manque de main-d'œuvre, les charbonnages ne peuvent s'adapter que lentement aux changements sur le marché de l'énergie. S'il devait s'avérer impossible de développer des procédés d'utilisation qui permettent d'éviter l'extraction minière, il ne faudrait, malgré la crise pétrolière, pas compter que soit annulée la campagne de rééducation de mineurs introduite dans les pays producteurs de charbon en Europe depuis 1957. Ce problème aussi revêt depuis la crise pétrolière un aspect politique qui rend tout pronostic extrêmement difficile.

Les quantités supplémentaires de charbon qui peuvent être extraites avec les moyens techniques disponibles à ce jour seront sans doute utilisées dans les pays producteurs eux-mêmes, en grande partie pour des centrales électriques ou de chauffage situées à proximité immédiate des houillères.

La consommation de charbon de la Suisse s'élevait encore en 1973 à un demi-million de tonnes environ. Si l'industrie, pour des raisons de sécurité, devait couvrir une partie de ses besoins en énergie par le charbon, les pays producteurs de charbon seraient à même de fournir quelques centaines de milliers de tonnes au-delà des fournitures normales, pour autant qu'il s'agisse d'engagements à long terme. Le transport de ces quantités relativement modestes pour les pays producteurs de charbon pourrait être assuré. La transformation d'installations de chauffage domestique pour l'utilisation du charbon paraît peu probable.

7.3 Le gaz

7.3.1 Situation actuelle

L'industrie gazière suisse se trouve actuellement en pleine période de conversion du gaz de ville au gaz naturel. Des deux solutions envisagées dans le «Tour d'horizon» de 1969, la «Grande solution du gaz naturel» s'est avérée la plus prometteuse pour l'avenir et, à longue échéance, aussi la plus économique. La réalisation du gazoduc transeuropéen Pays-Bas–Italie l'a rendue possible.

Le réseau de Gasverbund Mittelland AG (GVM) est complètement adapté au gaz naturel depuis 1972 déjà, ceux de Gasverbund Ostschweiz AG (GVO) et de la Suisse romande (GAZNAT) se trouvent à l'heure actuelle en pleine transformation.

7.3.2 Réserve et sécurité d'approvisionnement en gaz naturel

Jusqu'à ce jour, aucun gisement de gaz naturel digne d'être exploité n'a été trouvé dans notre pays. Tout le gaz naturel distribué en Suisse doit donc être importé.

Les réserves de gaz naturel prouvées du monde étaient à fin 1973 de 58 000 milliards de m³ correspondant à 2300 millions de TJ. L'accroissement depuis fin 1972 s'élevait à 4590 milliards de m³ ou 183 millions de TJ correspondant à 8 % environ. Il faut y ajouter les réserves présumées qui

sont révelées par des recherches géologiques, mais pas encore confirmées par des sondages; elles atteignent un multiple des réserves prouvées (on les estime à 250 000 milliards de m³ = 10 000 millions de TJ). Les gisements en Europe entrant en ligne de compte pour l'approvisionnement de la Suisse contenaient en 1972 5050 milliards de m³ (200 millions de TJ), dont aux Pays-Bas 2500 milliards de m³ (99 millions de TJ). En plus, l'URSS possède des réserves de gaz naturel de 18 000 milliards de m³ (720 millions de TJ) et l'Afrique du Nord 4300 milliards de m³ (170 millions de TJ).

Le stockage du gaz naturel à l'intérieur du pays, nécessaire pour l'exploitation et pour les réserves en cas de guerre, doit être réalisé sous forme de réservoirs souterrains. Les industries du gaz, du pétrole et de l'électricité, celle-ci pour le dépôt de résidus radioactifs provenant de centrales nucléaires, ainsi que les Salines du Rhin ont fondé en 1972 un consortium «Réservoirs souterrains» pour la recherche de couches appropriées.

Le gaz naturel servant à l'approvisionnement de la Suisse provient – à l'exception de faibles quantités fournies par la République fédérale d'Allemagne – pour le moment exclusivement des Pays-Bas. A partir de 1978, du gaz naturel va être importé d'Algérie; des pourparlers sont en cours avec l'URSS et l'Iran.

7.3.3 Infrastructure

Les gisements de gaz naturel précités ne sont intéressants pour notre pays que s'ils sont reliés aux réseaux de distribution existant à l'intérieur du pays par des moyens de transport de grande capacité. Jusqu'en 1978, il ne sera possible de s'approvisionner en gaz naturel que par Gaz de France et Gasversorgung Süddeutschland, par Pfullendorf, ainsi que par le gazoduc de transit Pays-Bas – Italie mis en service en 1974. La quantité totale disponible s'élève à 850 millions de m³ (34 000 TJ) environ par année.

Le gaz est amené aux réseaux de gaz existants par un réseau primaire suisse.

Le transport du gaz naturel d'Algérie qui doit nous parvenir à partir de 1978 (1 milliard de m³ = 40 000 TJ) se fera pour une moitié par Fos (près de Marseille) – Vallorbe et pour l'autre moitié par Monfalcone (près de Trieste) – Autriche – Bavière. Même si ce réseau de gaz interconnecté n'atteint pas, pour des raisons techniques aussi bien qu'économiques, les multiples possibilités d'alimentation et de contournement du réseau d'interconnexion électrique qui travaille à l'entière satisfaction depuis bien des années, il permettra néanmoins, après son achèvement, d'alimenter chaque secteur du réseau par deux gazoducs indépendants. S'il était possible de créer des possibilités de stockage dans chaque partie du réseau, la sécurité d'approvisionnement technique en serait garantie.

Des usines à gaz de faible taille dont le raccordement au réseau suisse de gaz naturel ne serait pas économique, ont trouvé une solution soit en produisant du gaz de craquage, soit en distribuant un mélange air-propane.

7.3.4 Offre et consommation future de gaz naturel

Comme indiqué plus haut, l'industrie gazière dispose à partir de 1974 d'une quantité de gaz naturel d'environ 850 millions de m³ par année (34 000 TJ). Il faut y ajouter la production de gaz de ville des usines à gaz qui ne sont pas reliées au réseau de gaz naturel de 250 millions de m³ (5000 TJ) en 1972. Cette production diminuera après la transformation des réseaux de GVO et de GAZNAT.

A partir de 1978, la Suisse disposera annuellement de près de 2 milliards de m³ de gaz naturel (80 000 TJ). SWISSGAS a pu conclure en février 1974 un avant-contrat avec la SNAM italienne pour recevoir annuellement à partir de 1980 1,5 milliards de m³ de gaz naturel en provenance de l'Iran. On peut espérer conclure avec l'URSS un contrat de livraison de 2 milliards de m³ (80 000 TJ) de gaz naturel par an.

Il n'y a aucun doute que l'industrie gazière pourra placer tout le gaz naturel dont elle réussira à s'assurer la livraison. L'industrie gazière s'attend à ce que le gaz participe déjà au milieu des années quatre-vingts pour 10 % à la couverture des besoins en énergie de la Suisse.

7.3.5 Pronostic sur l'évolution du prix

Le passage de la production de gaz de ville (principalement gaz de houille) qui demande beaucoup de main-d'œuvre à la distribution de gaz naturel exige une mise de fonds importante. Des frais supplémentaires sont causés par la transformation des réseaux existants et par l'adaptation des appareils des abonnés.

De tous les facteurs qui influencent la formation des tarifs des usines à gaz, seul le prix de vente de SWISSGAS aux quatre sociétés régionales GVM, GVO, GAZNAT et ERDGAS ZENTRALSCHWEIZ AG est le même. Dans les régions déjà, les investissements pour les systèmes de distribution, mais aussi la structure différente du débit de gaz (rapport entre le débit de base de l'industrie et le débit de jour ou de pointe des ménages) engendrent des prix totalement différents pour les entreprises de distribution de gaz raccordées aux sociétés précitées. Enfin les structures différentes des réseaux des diverses entreprises ainsi que l'ampleur inégale des services sont autant de raisons qui justifient la variété des tarifs que l'on peut constater d'un endroit à l'autre.

Grâce à la collaboration internationale, notre pays, malgré un débit modeste, bénéficie de prix de gaz naturel relativement favorables. Ceux-ci accusent cependant, sur le plan international, une tendance à la hausse. On doit dire la même chose des frais de distribution, bien qu'ici la hausse soit amortie par les quantités plus importantes et par le pouvoir calorifique supérieur du gaz naturel.

L'industrie du gaz espère, au fur et à mesure que les débits augmenteront, de passer de la période actuelle de déficit à une période à résultats équilibrés, surtout si elle devait parvenir à rendre plus régulier le débit par des achats en ruban des industries et par des possibilités de stockage avantageuses.

7.4 L'électricité

7.4.1 Pronostics des besoins

L'économie électrique a besoin de pronostics à moyen terme aussi précis que possible, surtout parce que la mise à disposition d'installations de production demande beaucoup de temps.

Depuis les années trente, on peut observer une augmentation de la consommation extraordinairement constante. La moyenne annuelle des taux d'accroissement en pour-cent par rapport à l'année antérieure a atteint 5,2 % pour cette période. Pendant les 10 dernières années (1962/63–1972/73)

les taux d'accroissement moyens ont été un peu plus faibles, c'est-à-dire 4,5 %. On a aussi pu constater pendant ce laps de temps un déplacement marqué de l'accroissement de la consommation sur les mois de l'hiver (4,7 % en hiver contre 4,2 % en été).

Au vu de ces chiffres, il semble justifié de retenir pour les prochaines années des taux d'accroissement du même ordre de grandeur. Dans les «Prévisions pour l'alimentation de la Suisse en électricité 1972–1980», les 10 entreprises suisses d'électricité les plus importantes admettent donc pour les années à venir un taux d'accroissement moyen de 5 à 5,5 % pour les semestres d'hiver et de 4 à 4,5 % pour les semestres d'été.

De cette façon, la consommation dans le pays, sans l'énergie destinée aux chaudières électriques et aux pompes d'accumulation, atteint les valeurs du tableau suivant:

Taux d'accroissement	Hiver 5% TWh	Eté 4% TWh	Année TWh	Hiver 5,5% TWh	Eté 4,5% TWh	Année TWh
1972/73	16,6	14,8	31,4	16,6	14,8	31,4
Pronostic						
1975/76	19,1	16,6	35,7	19,6	17,0	36,6
1980/81	24,4	20,2	44,6	25,6	21,2	46,8
1985/86	31,2	24,5	55,7	33,4	26,4	59,8

Dans une situation caractérisée par des changements rapides tant sur le plan économique que social, on peut s'attendre à des évolutions dont l'influence sur la croissance économique ne peut que difficilement être appréciée aujourd'hui. Les pronostics des besoins établis à ce jour sur la base des données statistiques disponibles et d'estimations établies avec soin pour l'avenir doivent donc être contrôlés régulièrement et adaptés aux changements éventuels.

L'accroissement réel du produit national brut est souvent considéré comme mesure du développement économique d'un pays. La demande d'énergie électrique s'est développée jusqu'à présent à peu près proportionnellement à l'accroissement du produit national brut. Etant donné la recherche d'une «croissance qualitative de notre pays», on compte aujourd'hui sur un accroissement constant de la demande d'électricité même en cas de léger affaiblissement du développement économique. Dans l'ensemble, on ne s'attend pas à des changements profonds de l'évolution des besoins d'énergie électrique pendant la période considérée.

7.4.2 Les forces hydrauliques

Les forces hydrauliques de la Suisse ont constitué jusqu'ici la source d'énergie indigène la plus importante. Jusqu'à ce jour et aussi pour un proche avenir, la couverture des besoins en énergie électrique a été et sera, pour la plus grande partie, assurée par la production des centrales hydrauliques.

En cas de conditions hydrologiques moyennes, la production des centrales hydrauliques de l'année hydrologique 1972/73 aurait été d'environ 30 000 GWh (108 000 TJ). Les centrales hydrauliques en construction au 1er octobre 1973 fourniront en plus, après leur mise en service dans le courant des 5 années à venir, dans des conditions hydrologiques moyennes, 440 GWh (1580 TJ) en hiver et 530 GWh (1900 TJ) en été. L'exploitation de nos forces hydrauliques s'est developpée à un tel point que de nouveaux ouvrages ne pourront fournir à la couverture des besoins futurs qu'un apport peu important.

Les besoins croissants d'énergie électrique devront donc être couverts à l'avenir par des centrales nucléaires.

En complément aux centrales nucléaires qui produisent la charge de base, il va falloir construire des centrales de pompage/turbinage. Celles-ci ne produisent pas d'énergie, mais servent à revaloriser l'énergie d'heures creuses, soit à adapter la production d'électricité aux besoins des consommateurs. Les conditions topographiques pour construire des centrales de pompage/turbinage sont remplies dans notre pays.

7.4.3 Centrales thermiques à combustibles et nucléaires

La production des centrales thermiques à combustibles et nucléaires s'est élevée à 8750 GWh (31 500 TJ) durant l'hiver et l'été 1972/73 réunis. Leur part à la production totale d'électricité était donc de 23 %.

Après que la centrale à huile lourde de Chavalon (284 MW) eut été mise en service en 1965 déjà, ce fut le tour en 1969 de la centrale nucléaire de Beznau I (350 MW) et en 1971 et 1972 des centrales nucléaires de Beznau II (350 MW) et Mühleberg (306 MW). Trois nouvelles centrales nucléaires sont en construction: Gösgen-Däniken (913 MW), Leibstadt (942 MW) et Kaiseraugst (925 MW); d'autres sont à l'étude (Graben, Inwil, Rüthi et Verbois).

En raison de la modification des projets pour le refroidissement par tours de réfrigération, consécutive à la décision du Conseil fédéral du 7 avril 1971 de ne plus tolérer pour l'instant sur l'Aar et le Rhin le refroidissement direct par l'eau de ces rivières, et à la suite de l'opposition aux centrales nucléaires, la décision de construire les centrales nucléaires de Gösgen, Leibstadt et Kaiseraugst a subi un retard important.

Sur la base des programmes de construction actuels, ces centrales seront mises en service de manière échelonnée à partir de l'hiver 1977/78.

Du fait des retards subis par les centrales nucléaires dans notre pays, différentes entreprises d'électricité suisses ont été amenées à participer aux centrales nucléaires françaises de Fessenheim et de Bugey. Il sera ainsi possible d'atténuer quelque peu le déficit de notre approvisionnement en énergie électrique. La contrepartie de ce service rendu à la Suisse exigera un accroissement correspondant de la puissance à installer dans nos propres centrales nucléaires.

7.4.4 Approvisionnement en combustibles fossiles et en matières fissiles.

La mise en service de centrales nucléaires et à combustibles a marqué pour l'économie électrique suisse le passage à de nouvelles sources d'énergie primaire, les matières fissiles et les produits pétroliers.

L'approvisionnement des centrales à huile lourde existantes – à côté de quelques installations de faible importance, il s'agit avant tout de la centrale de Chavalon – est compris dans les considérations et chiffres du chapitre 7.1.

L'approvisionnement en matières fissiles par contre soulève de nouveaux problèmes qui sont soumis à des études approfondies par les intéressés. Les centrales nucléaires équipées de réacteurs à eau légère utilisent de l'uranium enrichi, à titre de matière fissile. Les réserves d'uranium prouvées du monde (sans l'URSS, la Chine et l'Europe de l'Est) qui sont

exploitables à des prix favorables, c'est-à-dire jusqu'à 10 $/lb U_3O_8, s'élevaient au début de 1973 à 1 050 000 tonnes U_3O_8 environ. A des frais d'exploitation supérieurs, c'est-à-dire jusqu'à 15 $/lb U_3O_8, il s'y ajoute d'autres réserves prouvées de 1 100 000 tonnes U_3O_8. Comme réserves probables, on admet en plus 1 100 000 tonnes à 10 $/lb et 1 400 000 tonnes à 15 $/lb U_3O_8. Des gisements plus importants exploitables à des frais encore plus élevés sont connus, d'autres sont supposés.

Les réserves prouvées d'uranium sont très dispersées au point de vue géographique. La plupart se trouvent dans les pays industrialisés. L'Amérique du Nord avec les Etats-Unis (30 %) et le Canada (28 %) y tiennent un rôle dominant; les autres gisements importants se trouvent en Afrique méridionale et occidentale (24 %) ainsi qu'en Australie (10 %). En Europe, on connaît des gisements de moindre importance en France et en Italie.

Suivant une étude de 1973 de la Commission de l'énergie atomique américaine (USAEC), le consommation cumulée d'U_3O_8 du monde occidental pourrait – compte tenu également de l'entrée en fonction des surgénérateurs rapides – se développer comme suit:

Année	Consommation cumulée en tonnes U_3O_8 du monde occidental selon USAEC
1980	300 000 t
1990	1 800 000 t
2000	4 200 000 t

Il ressort de ces chiffres qu'il est de première importance pour la couverture de ces besoins en forte augmentation que de nouveaux gisements d'uranium non encore exploités soient mis en exploitation à temps et que la prospection d'uranium soit intensifiée.

De grands espoirs sont placés dans les surgénérateurs qui se trouvent actuellement en développement. Ces types de réacteurs se basent sur d'autres cycles de matières fissiles qui permettent une meilleure utilisation de l'uranium. Ils sont de plus capables de produire des matières fissiles que l'on peut utiliser dans les réacteurs conventionnels. L'introduction à grande échelle des surgénérateurs rapides ferait des réserves d'uranium la source d'énergie primaire la plus importante du monde.

Pour la disponibilité des matières fissiles, l'enrichissement joue également un rôle important. A part quelques petites installations en France et en Angleterre, en partie destinées à des fins militaires, les Etats-Unis exercent avec leurs usines d'enrichissement un monopole de fait dans le monde occidental. Cette situation a conduit à des efforts tendant à la construction d'installations d'enrichissement européennes. Les projets URENCO et EURODIF encouragés par les partenaires européens pourront probablement entrer en service en 1977, respectivement en 1979. En plus, l'URSS a, ces dernières années, conclu des contrats d'enrichissement importants avec des acheteurs de l'Occident. La dépendance unilatérale des Etats-Unis en matière d'enrichissement va ainsi prendre fin pour les pays d'Europe.

7.4.5 Couverture des besoins futurs en énergie électrique

Pour estimer la production, il faut tenir compte, outre des conditions hydrologiques différenciées pour les centrales hydrauliques, de la disponibilité probable des centrales thermiques à combustibles et nucléaires.

Dans le groupe des centrales à huile lourde, il a été admis pour la centrale de Chavalon un nombre d'heures de marche annuel de 6000, dont 4000 h en hiver.

Sur la base de données statistiques sur l'exploitation de grandes centrales thermiques, on a défini un modèle qui sert à estimer la disponibilité technique des centrales nucléaires pendant les premières années d'exploitation. Ce modèle prévoit une disponibilité de 40 % pendant les deux premières années d'exploitation, de 50 % l'année suivante, avec une augmentation annuelle de 10 % jusqu'à la valeur maximale de 80 %. D'après ce modèle, à partir de la cinquième année suivant la mise en service, chaque unité atteindra une disponibilité de 7000 h de pleine charge, dont 4000 h en hiver. Ce modèle permet d'estimer la production des centrales nucléaires en service et en construction ainsi que la part suisse à la production de centrales nucléaires à l'étranger.

En admettant que la consommation va se développer conformément aux pronostics, on peut calculer les excédents et les déficits dans la couverture de besoins pour les prochaines années.

Pendant le semestre d'hiver 1975/76, on disposera d'une production de 19 400 GWh provenant des centrales hydrauliques et thermiques. Les besoins étant estimés à 19 600 GWh, il s'ensuivra déjà avec des conditions hydrologiques moyennes un léger déficit de 200 GWh. En cas de mauvaises conditions hydrologiques, il faut compter avec un déficit de 2000 GWh.

Pendant le semestre d'hiver 1977/78, la production totale s'élèvera, en cas de conditions hydrologiques moyennes, à 22 400 GWh. A cette augmentation participeront surtout la production de la centrale nucléaire de Gösgen ainsi que les fournitures provenant des parts suisses à des centrales nucléaires à l'étranger. Si l'on admet des besoins de 21 900 GWh, il en résultera un excédent de production de 500 GWh, avec des conditions hydrologiques normales, avec des conditions défavorables par contre, un déficit d'encore 1300 GWh.

Pour les semestres d'hiver suivants, la situation de l'approvisionnement sera sensiblement améliorée par la mise en service des centrales nucléaires de Leibstadt et de Kaiseraugst.

Pour autant que les centrales thermiques à combustibles et nucléaires travaillent sans défaillance, que les conditions hydrologiques soient favorables et qu'il soit possible d'importer de l'énergie électrique, l'approvisionnement en électricité devrait être juste assuré pendant les prochaines années. Si différentes conditions défavorables se cumulent, l'économie électrique suisse sera obligée, à partir de l'hiver 1974/75, d'avoir temporairement recours à des restrictions de la consommation, ceci avec l'appui des autorités.

On peut constater qu'à longue échéance la couverture des besoins en électricité sera de plus en plus assurée par des centrales nucléaires. La part de l'énergie électrique produite par des centrales thermiques à combustibles et nucléaires atteindra en 1979/80 déjà un tiers de la production totale. Ce chiffre fait saisir la rapidité du passage de la production presque exclusivement hydraulique à la production mixte de l'énergie électrique.

8. Principes et mesures à la base d'une politique suisse de l'énergie

8.1 Principes [1])

1.1 Le *consommateur* est responsable de l'utilisation de l'énergie de manière économique et adaptée à l'environnement.

1.2 Les *entreprises responsables de la production et de la distribution d'énergie* assurent un approvisionnement en énergie sûr, adapté à l'environnement, rationnel et à des conditions de prix équitables, et cela dans toute la mesure du possible.

1.3 Les *associations professionnelles compétentes* formulent des recommandations en vue d'économiser le plus possible la consommation d'énergie.

1.4 Les *autorités* appuient les entreprises responsables de l'approvisionnement en énergie, d'entente avec celles-ci, dans l'accomplissement de leur tâche, en évitant toute discrimination. Chaque branche de l'économie énergétique doit, à plus long terme, être en mesure d'assurer sa propre rentabilité. Les autorités fédérales donneront force de loi, si nécessaire, aux recommandations des associations professionnelles.

1.5 Dans l'intérêt de la sécurité d'approvisionnement, il est indispensable:

– que l'approvisionnement en énergie repose sur plusieurs sources d'énergie;

– que celles-ci proviennent du plus grand nombre possible de pays et puissent être acheminées par différentes voies;

– que des stocks en quantité convenable soient constitués dans le pays même;

– que le financement soit assuré en priorité dans le cadre des possibilités économiques.

Les mesures particulières pour atteindre ces buts seront prises d'un commun accord par les autorités et les entreprises de production et distribution d'énergie responsables.

1.6 La législation (p. ex. sur la protection de l'environnement, l'aménagement du territoire) délimite notamment le cadre dans lequel l'économie énergétique pourra se développer. Il conviendra de tenir compte judicieusement des éléments de la sécurité d'approvisionnement, de la protection de l'environnement et de l'économie.

1.7 A long terme, la mise en valeur de nouvelles sources d'énergie sera l'objet de recherches et, le cas échéant, de réalisations. Les autorités et l'économie y participeront équitablement.

1.8 Le contrôle de la croissance de l'économie n'est pas une affaire de la politique de l'énergie. La limitation artificielle de l'offre d'énergie n'est pas un moyen propice pour diriger la croissance économique, car elle conduirait à une désintégration de l'économie, dont les conséquences s'avéreraient contraires au développement harmonieux de la société.

[1]) Ces principes ne s'appliquent pas aux mesures de crise édictées par les autorités.

8.2 Mesures

2.1 *Auprès du consommateur:*

Dans l'intérêt général et en particulier eu égard à la protection de l'environnement, il s'agit d'économiser l'énergie. Dans ce but, les efforts convergeront vers une réduction de la consommation, en particulier dans le domaine de la chaleur.

2.2 *Dans la production et distribution:*

Il s'agit de réduire les pertes de transformation et de conversion d'énergie et cela, avant tout, dans la distribution de chaleur. Dans les agglomérations à forte densité de population, l'aménagement de chauffages urbains s'impose, ne serait-ce que pour pouvoir utiliser ultérieurement la chaleur de centrales nucléaires.

Exemples ad 2.1 et 2.2

Mesures à court terme:

– Contrôle officiel de l'entretien d'installation de chauffage domestiques et industrielles;

– prescriptions relatives à l'isolation thermique minimum de nouveaux bâtiments et transformation d'anciens bâtiments (l'isolation thermique engendre une économie d'énergie qui se renouvelle chaque année);

– directives en vue de maintenir et de régler la température de locaux à une valeur raisonnable;

– amélioration du rendement d'applications thermiques industrielles et artisanales.

Mesures à long terme:

– Utilisation de la chaleur résiduelle au moyen d'échangeurs et de pompes à chaleur

– études relative à l'amélioration de la technologie des installations de production, de transport, de stockage et d'utilisation d'énergie.

2.3 Pour intensifier la mise en valeur de sources indigènes d'énergie, la prospection de gisements de pétrole et de gaz naturel sera étendue à tout le pays et réalisée par les entreprises compétentes.

2.4 L'obligation de créer des stocks sera appliquée uniformément à toutes les sources d'énergie primaires.

2.5 Lorsqu'elles n'existent pas encore, les prescriptions de sécurité pour la protection des personnes et des choses seront édictées et appliquées avec la même rigueur à toutes les installations énergétiques.

2.6 Il est désirable que les procédures relatives à l'octroi d'autorisations de construire des installations énergétiques soient accélérées.

2.7 Dans le domaine des transports, les services publics seront développés rationnellement et, sur la base d'ententes internationales, les prescriptions d'admission de véhicules à moteur seront complétées en vue de réduire les consommations d'énergie et les répercussions sur l'environnement.

Septembre 1974