

Situation énergétique de la Suisse

Autor(en): **Morf, J.-J. / Roux, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **67 (1976)**

Heft 21a: **Sondernummer Elektrotechnik 1976 = Edition spéciale Electrotechnique 1976**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915233>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Situation énergétique de la Suisse

Par J.-J. Morf et M. Roux

620.9 (494)

1. Analyse des flux d'énergie en 1975

La fig. 1 montre l'ensemble des flux d'énergie en Suisse. Elle va être commentée en partant des énergies utiles (Nutzenergie) à droite, puis en remontant au niveau de la vente ou des énergies commerciales (Gebrauchsenergie). Finalement on peut évaluer les flux d'énergie primaire du pays ou de l'étranger.

1.1 Utilisation des diverses formes d'énergie (Nutzenergie)

L'offre et la demande d'énergie sous toutes ses formes sont schématisées par les bilans des figures 1 et 2. La fig. 1 représente les productions, les pertes et les consommations en puissance moyenne annuelle. On constate au dernier niveau d'utilisation (Nutzenergie), une puissance moyenne totale utile de

11,1 GW (100%) dont

65 500 Tcal/an soit 8,7 GW (78%) pour les usages thermiques

17 800 GWh/an soit 2,0 GW (18%) pour les usages mécaniques

3 500 GWh/an soit 0,4 GW (3,6%) pour les procédés chimiques

260 GWh/an soit 0,03 GW (0,3%) pour la lumière

Une analyse plus détaillée des besoins en chaleur est en cours d'étude. Il s'agit notamment de différencier les besoins à basse température (20 °C) de ceux à moyenne température (50 °C) et de ceux à plus hautes températures.

1.2 Usages thermiques

Les usages thermiques peuvent être satisfaits par n'importe quelle forme d'énergie primaire ou secondaire. Actuellement, ils sont la cause principale de la consommation de mazout issu du pétrole, soit env. 6,8 GW, à quoi il faut ajouter 2,9 GW pour les pertes des installations de chauffage, soit en tout 9,7 GW ou 7,8 Mt de pétrole par an.

Pour compléter l'analyse, il est indispensable de faire ressortir les fluctuations de cette puissance thermique. En effet, la création d'un réseau de distribution (chauffage à distance, gaz ou électricité) se substituant à l'acheminement des huiles de chauffage par camions citernes exige de dimensionner les conduites nécessaires en fonction de la puissance *de pointe* à transmettre et non pas de la puissance moyenne. Les figures 2a et 2b donnent une idée des puissances à transmettre aux heures de faible consommation thermique (mois d'août) et de forte consommation thermique (mois de janvier). La puissance thermique utile oscille probablement entre 1,5 et 12 GW.

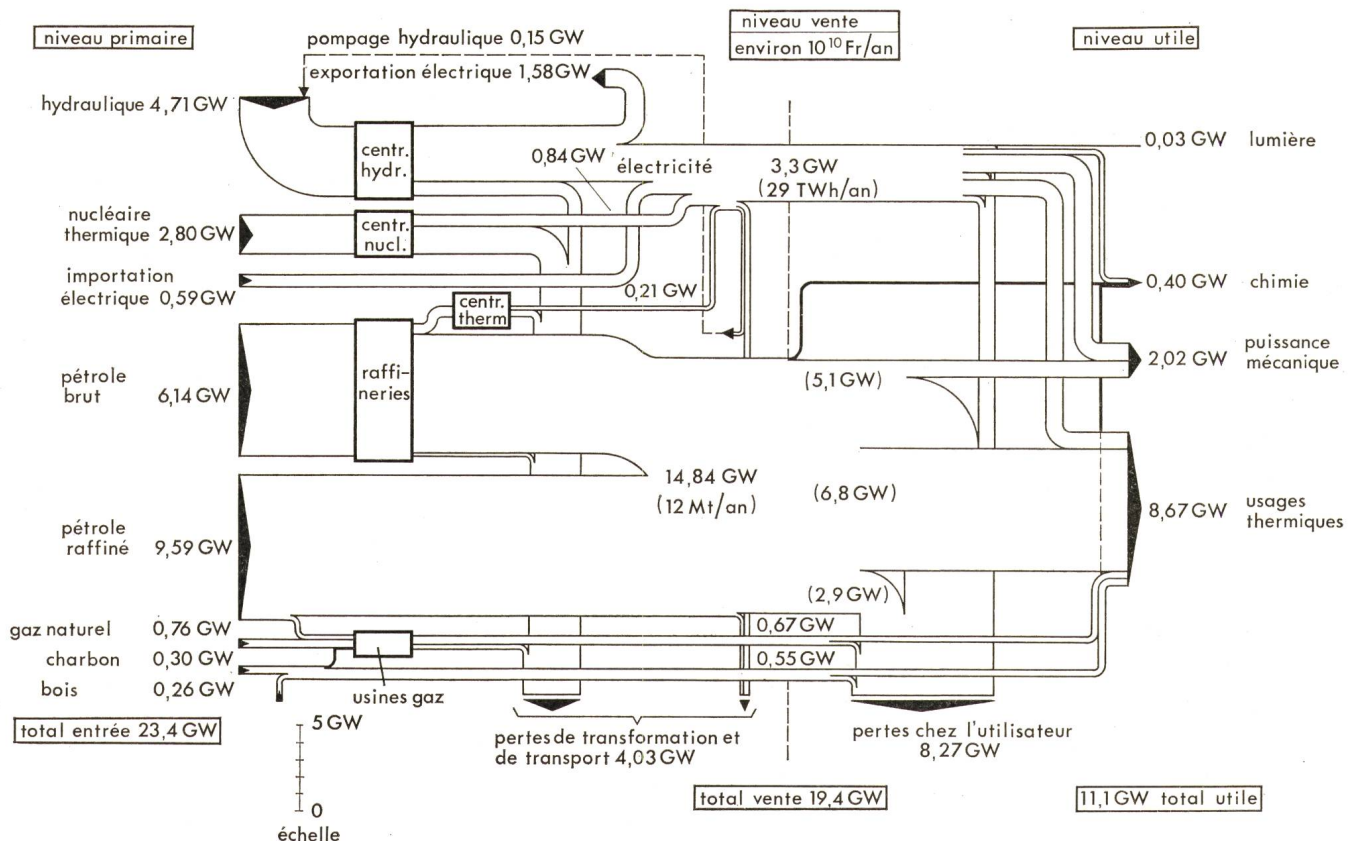


Fig. 1 Bilan énergétique de la Suisse en puissances annuelles moyennes 1975

Somme des importations	+ 20,2 GW
Ressources hydrauliques et bois	+ 5,0 GW
Puissance moyenne de pompage	- 0,2 GW
Exportation électrique	- 1,6 GW
Total entrée	23,4 GW

1 GW = 1000 MW = 8765 GWh/an = 7536 Tcal/an \triangle 800000 tonnes pétrole par an

La fig. 3 montre les fluctuations de la puissance thermique au départ de la centrale de chauffage à distance de la ville de Lausanne. La difficulté principale du remplacement du mazout par les autres formes d'énergie commerciales provient de l'impossibilité de constituer, dans chaque maison, des réservoirs d'énergie comparables aux citernes à mazout. Le gaz de ville exigerait un volume 2800 fois plus grand que le mazout, le gaz naturel 1200 fois plus grand¹⁾. L'eau chaude accumulée à 90 °C conduirait à un volume 150 fois plus grand (sans compter l'isolation thermique du réservoir) et l'électricité exigerait 400 tonnes de batteries au plomb pour emmagasiner l'équivalent d'une tonne de mazout.

1.3 Usages mécaniques

On notera que les 2,0 GW de puissance moyenne mécanique proviennent pour moitié de moteurs électriques dont les pertes de 0,23 GW paraissent au premier abord petites si l'on ne tient pas compte des pertes aux niveaux de la production électrique.

Pour l'autre moitié, il s'agit essentiellement des moteurs à combustion interne des véhicules motorisés. Pour 1 GW de

¹⁾ A pression atmosphérique.

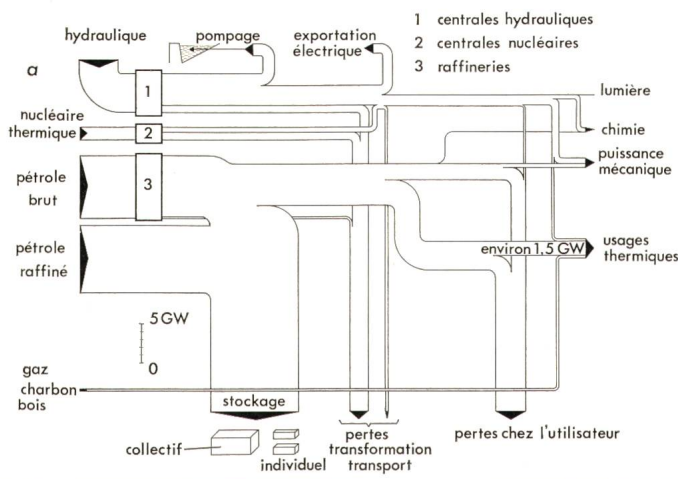


Fig. 2a Allure des puissances vers 4 h le 20 août 1975

On notera la faible consommation momentanée de puissance thermique et l'approvisionnement des stocks.

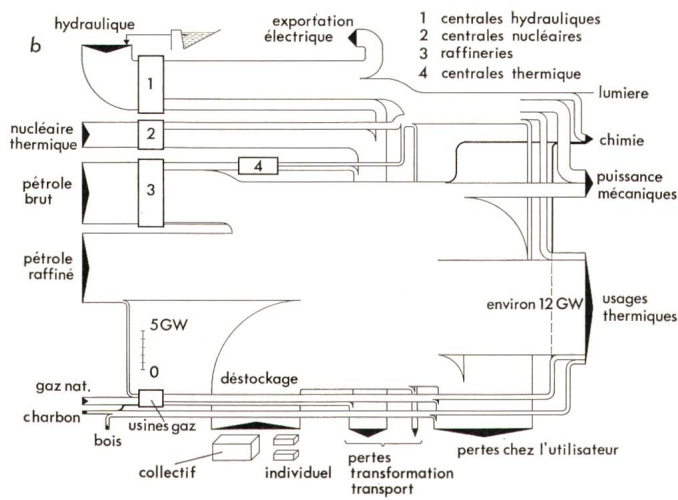


Fig. 2b Allure des puissances en jeu vers 10 h le 15 janvier 1975

On notera la très forte consommation de puissance thermique de jour en hiver qui exigerait des infrastructures très coûteuses en cas de remplacement du pétrole par d'autres formes d'énergie non stockables dans chaque immeuble.

puissance mécanique utile, il faut ajouter 4 GW de pertes, ce qui donne une consommation de 5 GW correspondant à environ 4 Mt de carburant par an.

1.4 Autres usages

L'industrie chimique utilise relativement peu d'énergie pour ses procédés chimiques, si l'on exclut l'énergie thermique déjà comptabilisée plus haut.

Pour la lumière, 0,03 GW en moyenne annuelle, il ne faut pas oublier le rendement très bas (env. 10%) des systèmes d'éclairage, de sorte que la consommation d'énergie électrique pour l'éclairage est environ dix fois plus grande, 0,3 GW en moyenne. Ce secteur n'offre qu'une faible marge de manœuvre pour obtenir une réduction de la consommation globale.

1.5 Energies au niveau de la vente aux consommateurs (Gebrauchsenegie)

Compte tenu des pertes considérables dans les installations de conversion pour obtenir la dernière forme d'énergie utile, la puissance moyenne annuelle au niveau commercial se monte à

- 19,4 GW (100%) dont
- 14,84 GW (76%) pour les produits pétroliers (12 Mt par an)
- 3,33 GW (17%) pour l'électricité (29 TWh/an)
- 0,67 GW (4%) pour le gaz ($600 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$)
- 0,55 GW (3%) pour le charbon et le bois (900 kt par an)

1.6 Produits pétroliers raffinés

Ce domaine couvre une dizaine de sortes de produits différents dont essentiellement : les huiles lourdes pour l'industrie (30%), les huiles légères (40%) et les carburants pour autos (20%). Les proportions entre ces différents sous-produits du pétrole ne peuvent pas être modifiées arbitrairement sans transformations coûteuses des raffineries existantes.

1.7 Electricité

Avec 3,3 GW en moyenne, l'électricité joue un rôle quantitativement moins important que les carburants et les huiles de chauffage. Qualitativement, l'énergie électrique est facilement convertible en toutes les formes d'énergie utiles et ne produit aucune pollution chimique chez l'utilisateur. Avec 1 kW électrique on peut même obtenir plusieurs kW thermiques par l'intermédiaire des thermopompes. Pour 0 °C à l'extérieur, une thermopompe idéale pourrait fournir 14 fois plus de puissance thermique pour le chauffage des locaux, qu'elle n'absorberait de puissance électrique à l'entrée; malheureusement ces installations sont très chères et n'atteignent actuellement que 10 à 20% d'une telle performance. Les radiateurs électriques ordinaires sont moins coûteux à l'achat mais ils ne fournissent qu'un seul kW thermique par kW électrique.

L'électricité n'est qu'une forme d'énergie intermédiaire entre les sources primaires et l'utilisation finale. Il est donc absurde de parler de remplacement du pétrole par l'électricité, sans préciser la source primaire substituée au pétrole.

1.8 Gaz

Le gaz livré chez les derniers consommateurs était initialement produit par distillation de la houille (1870 à 1960), puis par craquage du pétrole (1950 à 1980). Actuellement, il est en passe de provenir directement des réserves naturelles de gaz découvertes à l'étranger. Le passage du gaz de ville au gaz naturel fait apparaître des fuites de gaz dont l'importance

énergétique est plus considérable que pour le gaz de ville et qui exigent des travaux de réfection importants. De par leur nature, ces pertes sont pratiquement constantes et indépendantes du débit transporté, contrairement à ce qui se passe pour le transport d'énergie électrique. On constate de 1974 à 1975 une augmentation nette de la consommation du gaz en raison de contrats d'achat nouveaux et une diminution de celle des produits pétroliers à cause de la récession, ce qui diversifie les pays étrangers dont la Suisse dépend pour son approvisionnement en énergie. Mais le gaz est difficile à stocker en grandes quantités²⁾ et son coût de transport et de distribution dépend essentiellement des puissances de pointe à transporter, toutefois à un degré moindre que pour l'électricité vu que le stockage régional est possible pour plusieurs heures.

1.9 Charbon

Jusqu'à ce jour, la consommation du charbon en Suisse a été constamment en diminuant tant en valeur absolue qu'en valeur relative. Deux causes de ce désintéressement sont entre autres le coût croissant de son extraction exigeant des travaux pénibles et sa manipulation malcommode et salissante. Pourtant le charbon est une forme d'énergie facile à stocker.

1.10 Bois

Sauf à la campagne, le bois, en tant que combustible, a pratiquement totalement perdu son rôle pourtant si important en temps de guerre. Il conserve un aspect psychologique irremplaçable pour les feux de cheminée de salon et la préparation de mets succulents.

1.11 Chauffage à distance

Actuellement, cinq villes sont partiellement desservies par des installations de chauffage à distance totalisant environ 0,1 GW en moyenne pour la Suisse. Le chauffage à distance joue donc dans l'ensemble un rôle assez modeste. Il est, pour le moment, plus économique de brûler le mazout dans un grand nombre de petites chaudières réparties dans chaque maison, que de concentrer le système de production de chaleur dans des installations centralisées équipées de longues conduites coûteuses et grevées de pertes thermiques constantes.

Toutefois le développement des chauffages à distance sera vraisemblablement intensifié au fur et à mesure que le pétrole se raréfiera et augmentera de prix. En cas de retour au charbon, un chauffage à distance présenterait de nets avantages pratiques sur le chauffage individuel de chaque maison. En cas de remplacement du pétrole par l'uranium et pour éviter une multiplication de petites centrales nucléaires, les usages thermiques devront être de plus en plus assurés par du chauffage à distance pour les zones urbaines, complété avec des thermopompes pour les zones à faible densité de population. Ceci implique un développement simultané des réseaux de chauffage à distance et des réseaux électriques.

1.12 Répartition des énergies au niveau primaire

La fig. 1 est assez explicite en elle-même pour ce qui concerne les sources primaires d'énergie. On remarque que l'énergie nucléaire représente 2,8 GW si on la comptabilise au niveau des puissances thermiques à la sortie du réacteur et 0,84 GW si on la comptabilise au niveau des puissances électriques.

²⁾ Sauf découverte de structures géologiques adéquates.

³⁾ Seules sources d'énergie du pays.

Au niveau primaire on notera en tout			
	23,4 GW	(100 %)	dont
12,5 Mt pétrole/an	15,7 GW	(67 %)	pour le pétrole
15 · 10 ¹² m ⁴ eau/an	4,6 GW	(20 %)	pour l'énergie hydraulique ³⁾
20 à 40 t U _{enr} /an	2,8 GW	(12 %)	pour l'énergie nucléaire thermique
700 · 10 ⁶ m ³ gaz/an	0,8 GW	(3 %)	pour le gaz naturel
300 kt charbon/an	0,3 GW	(1 %)	pour le charbon
600 kt bois/an	0,2 GW	(1 %)	pour le bois ³⁾
échanges	-1,0 GW	(-4 %)	excédent d'exportation d'électricité

2. Perspectives de l'évolution future

2.1 «Besoins» ou demandes d'énergie futures ?

On abuse abondamment du terme de «besoins» en parlant d'énergie. Contrairement à la nourriture dont chaque homme a un réel *besoin* avec un minimum au-dessous duquel il meurt de faim et un maximum au-delà duquel il tombe malade, on ne peut fixer aucun minimum vital de consommation de pétrole ou d'énergie électrique au-dessous duquel l'homme serait condamné à mourir, ni aucune limite supérieure au-delà de laquelle l'homme pourrait se déclarer satisfait. On peut tout au plus parler de demandes d'énergie plus ou moins raisonnables et plus ou moins justifiables. Cette demande croît en période de prospérité et tend à décroître en période de récession. Il est faux d'affirmer que l'augmentation de consommation d'énergie par tête d'habitant est la cause ou au contraire la conséquence de sa prospérité.

Cela dit, on peut tout de même reconnaître qu'il est bon de disposer de toutes les formes d'énergie connues à ce jour, si possibles sans tracasseries inutiles et surtout à bas prix.

2.2 Evolution globale de la consommation d'énergie

Il est difficile de prévoir comment évoluera la consommation globale d'énergie. Certains souhaiteraient qu'elle soit réduite par des mesures contraignantes, d'autres prèchent la «croissance zéro», d'autres encore pensent que la croissance continue de la consommation d'énergie est nécessaire pour assurer le maintien de la prospérité du pays.

En réalité, la population suisse n'est pas prête à se soumettre à une autorité centralisatrice limitant sa liberté de choix des diverses formes d'énergie disponibles. Il est par contre souhaitable que ce choix soit éclairé par une information claire et une politique cohérente capable d'assurer un bon niveau de vie, donc à la fois le confort et les intérêts matériels ou éthiques de l'ensemble de la population.

Etant donné les habitudes prises, il est peu vraisemblable que la population du pays réduise notablement, par elle-même, sa demande d'énergie, sauf en cas de guerre ou de crise grave. Il est peu probable aussi qu'elle s'en tienne à la croissance pratiquement nulle de ces deux dernières années. Il nous paraît par contre vraisemblable que la demande d'énergie globale continuera à croître, à un rythme toutefois plus modéré pour atteindre le double probablement au début du 21^e siècle.

2.3 Modification des sources primaires d'énergie

Quelle que soit l'évolution globale de la demande d'énergie et même dans l'hypothèse utopique d'une croissance globale nulle, il faudra progressivement substituer d'autres sources primaires d'énergie au pétrole pour deux motifs:

– Le premier motif est politique; il s'agit de diversifier davantage les pays étrangers dont dépend notre approvisionnement énergétique. Cette idée, qui semblait recueillir en 1975 un consensus presque général, commence aujourd'hui à soulever une opposition croissante⁴).

– Le deuxième motif est purement naturel; il est évident que les ressources pétrolières exploitables à bas prix s'épuiseront probablement dans le courant du 21^e siècle.

Les questions principales sont donc: par quoi, comment et quand remplacer le pétrole?

Il n'est pas possible de prévoir comment ni quand ce remplacement se fera. Peut-être assisterons nous à des décisions politiques dans un avenir assez proche (5 à 10 ans). Il est tout aussi probable que le simple jeu économique opérera la transformation au cours de deux ou trois générations. On peut par contre examiner ici par quoi le pétrole peut être remplacé.

2.4 Possibilités de remplacer le pétrole comme source d'énergie

Plusieurs sources primaires d'énergie peuvent se substituer partiellement ou totalement au pétrole. On peut citer pour commencer les énergies primaires apparemment illimitées mais qui ne peuvent remplacer qu'une très petite part de la consommation du pétrole ou qui sont difficiles à transporter.

- L'énergie éolienne, aléatoire et de maigre résultat.
- La géothermie, à première vue insignifiante en Suisse et fort limitée dans le reste du monde.
- L'énergie des marées, hors de question pour la Suisse.
- L'énergie thermique des mers, qui n'a encore jamais pu être exploitée commercialement.

Un rôle plus important sera joué par d'autres formes primaires d'énergies dont l'utilisation ne peut être ni refusée ni préconisée par un simple acte de foi: il s'agit de l'énergie solaire, du gaz naturel, de la fission et de la fusion nucléaire.

L'énergie solaire pourra éventuellement couvrir une partie des demandes actuelles d'énergie thermique. Dans l'ordre de faisabilité on peut envisager

- la production d'eau chaude sanitaire en été
- la production d'eau chaude sanitaire été et hiver,
- une part du chauffage des locaux en hiver.

Compte tenu de l'amortissement des installations de captage et de stockage nécessaires, le kWh thermique utilisable en provenance de cette source d'énergie coûte actuellement plus cher que le kWh thermique que l'on peut tirer du pétrole à raison de 10 kWh thermique par kg de mazout, même au prix actuel du mazout. Avec les techniques et les prix d'aujourd'hui, une installation de capteurs solaires pourrait être rentable si le mazout coûtait environ sept fois plus cher. On est donc encore loin d'une réelle compétitivité.

Le gaz naturel peut assez facilement remplacer une partie du pétrole à condition d'étendre les réseaux de transport à grande distance et surtout ceux de distribution. La fig. 3 montre à quel point la puissance thermique appelée pour les besoins du chauffage varie au cours de l'année et au cours de la journée. On a déjà mentionné le handicap considérable de la distribution du gaz lié à la nécessité de dimensionner les conduites en fonction de la puissance de pointe demandée.

D'autre part, les évaluations concernant les réserves de gaz naturel sont contradictoires, ce qui incite à éviter de construire

⁴ Voir p. ex. le Memorandum de l'Union pétrolière sur la politique énergétique, 2 juillet 1976.

actuellement une infrastructure coûteuse pour une source d'énergie qui viendra à manquer et dont le remplacement par l'hydrogène ou tout autre gaz synthétique n'est pas encore assuré. Il est difficile de se faire une opinion à ce sujet.

Le charbon pourrait reprendre la place prépondérante qu'il occupait avant la dernière guerre, étant donné les grandes réserves évaluées dans la croûte terrestre. On a toutefois peine à imaginer des mineurs acceptant des salaires relatifs aussi bas qu'avant la guerre. C'est pourquoi on recherche des modes d'extraction entièrement nouveaux. On peut aussi admettre que le retour au charbon favoriserait le développement de centrales de chauffage à distance, au moins pour les zones à forte densité de population, étant donné le désagrément de livrer et de manipuler le charbon dans chaque habitation.

La fusion thermonucléaire contrôlée consiste à reproduire sur terre, en petit et dans une enceinte sous vide, la réaction qui se produit en grand dans le soleil. Elle est prometteuse d'une source d'énergie pratiquement illimitée. Toutefois, les savants les plus optimistes prévoient que, d'ici dix ans, on arrivera à provoquer une réaction expérimentale donnant un peu plus d'énergie qu'il n'est nécessaire à l'établir. De là à concevoir des centrales exploitables commercialement, il y a encore plusieurs étapes à franchir qui demanderont quelques dizaines d'années.

La fission nucléaire (réacteurs classiques et surgénérateurs): L'énergie nucléaire tirée de la fission de l'uranium et du thorium semble actuellement la principale possibilité à court et moyen terme (10 à 40 ans) de remplacer le pétrole en quantité

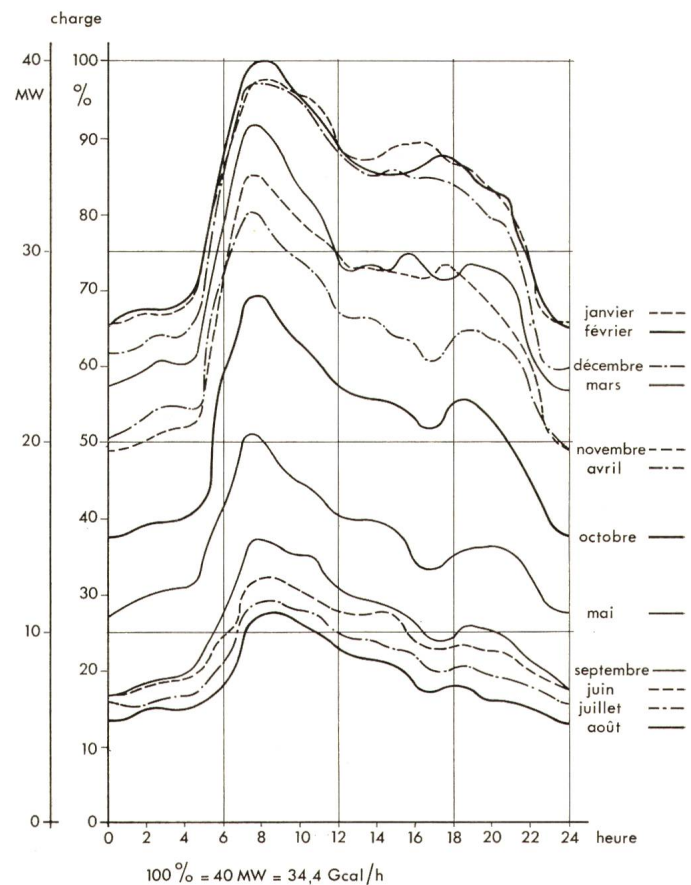


Fig. 3 Fluctuation de la puissance thermique demandée aux centrales de chauffage à distance de Lausanne en 1973 pendant les jours ouvrables des douze mois

On notera la très grande différence entre l'été et l'hiver (stockage thermique pratiquement impossible) ainsi qu'entre 4 h et 8 h du matin (stockage thermique journalier concevable)

importante. Le grand intérêt de cette forme d'énergie réside dans le fait qu'une tonne d'uranium enrichi représente une énergie thermique exploitable correspondant à celle de 30 à 60 kilotonnes de pétrole. C'est-à-dire que si l'on voulait constituer en Suisse une réserve énergétique correspondant à une année de consommation de pétrole, il faudrait créer soit une réserve de 12 millions de tonnes de pétrole (environ 14 millions de m³), soit une réserve de 200 à 400 tonnes d'uranium enrichi (environ 100 à 200 m³) que l'on peut facilement entreposer dans des locaux adéquats.

Ainsi présenté, le problème est trop simplifié. On ne peut pas négliger les réactions psychologiques et émotionnelles que soulève le développement de l'utilisation de l'énergie nucléaire.

Une constatation importante doit être prise en considération: Puisqu'il s'agit essentiellement de remplacer le pétrole et surtout dans ses usages à fins thermiques, on peut se demander pourquoi on n'envisage pas un grand nombre de centrales nucléaires de chauffage à distance de l'ordre de 10 à 100 MW thermiques chacune (éventuellement combinées avec une production complémentaire d'électricité «au fil de la chaleur demandée»). La réponse à cette question ne peut pas être donnée ici, car aucune étude complète n'a été faite sous cet angle. Il semble qu'une telle solution se heurte à divers obstacles principaux: inexistence de telles centrales à l'heure actuelle, coût prohibitif des infrastructures de chauffage à distance, crainte de multiplier les sites et les organes de surveillance. On attend avec intérêt le congrès d'Helsinki sur ce sujet en 1977.

2.5 Remplacement des produits pétroliers en tant que carburants; hydrogène

Le remplacement des carburants tirés du pétrole pourrait être assuré par l'hydrogène ou par d'autres carburants artificiels. L'utilisation de l'hydrogène pose des problèmes de stockage et de sécurité qui sont encore loin d'être résolus. De toute façon, la fabrication de l'hydrogène, comme celle de tout carburant artificiel, exigera toujours plus d'énergie primaire que celle qui peut être restituée (premier principe de thermodynamique). Il est donc prévisible que la substitution se fera d'abord dans le domaine des usages thermiques et que le pétrole sera encore longtemps réservé en priorité à la fabrication de carburants. Les raffineries devront être modifiées pour fournir plus de carburants et moins d'huiles de chauffage.

Le remplacement d'une grande quantité d'huiles de chauffage par d'autres sources d'énergie thermique posera donc des problèmes fondamentaux à l'industrie pétrolière le jour où il devra se faire et on comprend la réticence des compagnies pétrolières tant qu'on se sent encore éloigné de l'épuisement.

2.6 Thermopompes

La fabrication de machines frigorifiques en grande série permet de réaliser, aujourd'hui, des blocs thermopompes d'un prix comparable à celui d'une installation de chauffage au mazout et pouvant pratiquement fonctionner plusieurs années sans entretien. Par rapport au chauffage par radiateurs électriques la réduction *théorique* de puissance électrique consommée est de 25 fois pour une température extérieure de 10 °C, 14 fois pour 0 °C et 9 fois pour -10 °C à l'extérieur. Actuellement on est encore très loin de telles performances, on obtient tout au plus une réduction à la moitié ou au tiers. Le développement de thermopompes pourrait donc jouer un rôle appréciable dans l'avenir du chauffage des habitations.

3. Conclusions

La récession et les deux derniers hivers relativement doux ont provoqué une stagnation de la demande globale d'énergie. Nul ne peut prévoir comment cette demande globale évoluera à l'avenir. Il semble toutefois raisonnable de se préparer à un accroissement annuel de l'ordre de 3% dès le retour à la prospérité amenant à un doublement au début du 21^e siècle.

La volonté de remplacer, dans la mesure du possible, le pétrole par d'autres sources primaires d'énergie, semble le moins contesté de tous les problèmes politiques liés à l'approvisionnement du pays en énergie, mais commence à être mise en question. Le remplacement du pétrole est plus aisé dans le domaine des usages thermiques que dans celui des usages mécaniques. Ainsi un domaine de l'ordre de 4 GW en puissance moyenne thermique oscillant entre 0,5 GW en été et 10 GW en pointe d'hiver pourrait se prêter à la substitution d'autres formes d'énergie primaire plus coûteuses.

Les formes primaires d'énergie de remplacement du pétrole pouvant entrer en considération jusqu'à la fin du siècle sont par ordre d'importance: l'énergie nucléaire de fission, le gaz naturel, le charbon et, dans une moindre mesure, l'énergie solaire. Les autres formes primaires d'énergie ne peuvent jouer qu'un rôle négligeable pour les usages thermiques.

La transformation de ces formes primaires d'énergie en formes secondaires telles que l'hydrogène (ou d'autres carburants synthétiques pour les moteurs) et l'électricité, pourra faciliter leur transport et leur distribution aux derniers consommateurs. Cet aspect du transport et de la distribution a été quelque peu négligé par rapport à celui de la production. Quelle que soit la source de remplacement du pétrole, il faut s'attendre à la nécessité de construire ou d'étendre, au cours des prochaines décennies, une infrastructure très coûteuse dont le financement ne sera pas facile à assurer: réseaux de distribution de chaleur à distance, réseaux de transport et de distribution du gaz naturel, systèmes entièrement nouveaux de l'extraction du charbon, construction d'un grand nombre de centrales de chauffage à distance simples ou combinées avec une production d'énergie électrique, renforcement des réseaux électriques, installations de thermopompes en grand nombre, captage de l'énergie solaire.

L'étude de l'approvisionnement futur de la Suisse en énergie sous toutes ses formes ne peut plus être l'affaire d'une seule catégorie de producteurs ou de vendeurs d'énergie. Elle nécessite la coopération de personnes compétentes pour toutes les formes d'énergie sur le plan technique, économique et politique. Enfin, une telle étude doit être abordée simultanément sur le plan national et international. Le «cas Suisse» ne peut être considéré que dans le contexte Europe-Monde.

Les auteurs remercient les nombreuses personnes des milieux pétroliers, gaziers, des entreprises électriques et de l'Institut de thermodynamique de l'EPFL qui ont contribué à la rédaction de cet article, dans le cadre du Projet d'Ecole «ENERGIE».

Adresses des auteurs

Jean-Jacques Morf, Professeur EPFL, 16, Chemin de Bellerive, 1007 Lausanne, et Michel Roux, Ingénieur EPFZ, Office fédérale de l'économie énergétique, Kapellenstrasse 14, 3001 Berne.