# Résumé de l'étude "Electricité et Chaleur"

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

Objekttyp: **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): **66 (1975)**

Heft 21

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915318

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

# Résumé de l'étude «Electricité et Chaleur»

**Conception d'approvisionnement de la Suisse jusqu'à l'an 2000**

## 1. Objectifs de l'étude

Estimant nécessaire d'étudier, sous l'angle technique et économique, les possibilités de produire électricité et chaleur jusqu'en l'an 2000, des groupes de travail issus de l'Union des Centrales Suisses d'Electricité (UCS), de la Société anonyme BBC Brown Boveri & Cie et de la Société anonyme Sulzer frères se sont constitués en association libre afin d'évoquer la question sous tous ses aspects grâce à un travail commun associant toutes les disciplines intéressées. Leur rapport complet est publié ci-après en langue allemande.

Au centre de l'étude figurent ce que l'on a appelé les «fonctions d'objectifs»: rentabilité, consommation minimale d'énergie primaire, ménagement optimal de l'environnement et sécurité de l'approvisionnement en énergie, ces fonctions devant être appliquées à des modèles basés sur divers pronostics et conceptions. Chacune de ces fonctions est affectée d'un facteur d'appréciation ou coefficient de qualité qui indique dans quelle mesure elle satisfait au postulat de base. Dans le langage du rapport, «optimal» signifie: la valeur la plus favorable possible de la somme pondérée de ces facteurs d'appréciation.

Les auteurs de l'étude ne veulent pas s'en tenir à une seule fonction comme base d'appréciation, mais ils recherchent un modèle d'approvisionnement en chaleur et électricité qui correspond le mieux à l'ensemble des fonctions d'objectifs. Pour cette étude, pronostic signifie hypothèse de travail et non pas objectif à atteindre.

Si les fonctions d'objectifs sont correctement appliquées aux modèles (hypothèses), tous les problèmes de «substitution», c'est-à-dire le développement forcé d'une forme d'énergie au détriment d'une autre, peuvent être résolus de manière satisfaisante. Pour l'analyse des fonctions d'objectifs, il est cependant indispensable d'établir un inventaire des technologies pouvant servir à la production d'électricité et de chaleur, en tenant compte des conditions propres à la Suisse. La première partie du rapport est précisément consacrée à ce recensement des possibilités techniques sans omettre les méthodes non conventionnelles, dans la mesure où elles sont applicables.

## 2. Résultats de l'évolution par les fonctions d'objectifs

En principe, la production d'électricité et celle de chaleur sont traitées séparément. Mais il est aussi largement tenu compte des équipements mixtes tels que la centrale de chauffage à distance avec turbines à vapeur à contre-pression (que l'on désigne par couplage chaleur–force).

### *2.1 Fonction de rentabilité*

– *Electricité.* La production d'électricité par réacteur à eau légère, ainsi que par centrale hydraulique au fil de l'eau, est évaluée comme étant la possibilité de production la plus rentable.

Les centrales thermiques chauffées aux combustibles fossiles (mazout ou gaz naturel) viennent plus loin dans l'évaluation; et ce sont les turbines à gaz au mazout ou au gaz naturel qui sont les plus mal placées.

– *Chaleur.* Ici viennent en tête les chauffages à distance prélevant la chaleur des centrales nucléaires, suivis du chauffage à distance à l'huile lourde ou au gaz naturel. Actuellement les prix de revient de la chaleur produite par les pompes à chaleur et par le chauffage à l'électricité sont encore comparativement trop élevés.

### *2.2 Fonction de consommation minimale d'énergie primaire*

Le facteur d'appréciation de la consommation minimale d'énergie primaire se détermine en divisant le facteur de charge thermique par la disponibilité relative mondiale d'énergie.

– *Electricité.* Ici viennent en première place les sources d'énergie dites «renouvelables» telles que les centrales hydrauliques, solaires et éoliennes. Parmi les centrales thermiques, ce sont celles alimentées au charbon et présentant un haut rendement thermique qui apparaissent au premier plan, grâce aux grandes disponibilités mondiales de charbon. Elles constituent du reste un exemple typique du conflit d'intérêts opposant la fonction d'objectifs de consommation minimale d'énergie primaire à celle de ménagement optimal de l'environnement. Pour la production d'énergie électrique, toutes les centrales thermiques à utilisation totale de la chaleur sont particulièrement intéressantes; c'est ce qu'on appelle le couplage force–chaleur.

Vue sous l'angle de cette fonction, l'énergie nucléaire est moins bien placée, à l'exception de celle des réacteurs à haute température et des «breeder» (surrégénérateurs).

– *Chaleur.* Ici, comme on pouvait s'y attendre, c'est l'énergie solaire qui vient en tête, suivie de la centrale de chauffage à distance alimentée au charbon, au gaz naturel ou à l'huile minérale, la préférence allant au charbon grâce à ses grandes réserves mondiales.

Mais la production de chaleur par prélèvement aux centrales nucléaires se situe aussi aux échelons supérieurs de l'appréciation. On admet, dans ce cas, qu'un réseau existant de chauffage à distance est alimenté «en ruban» de base par les centrales nucléaires.

### *2.3 Fonction de ménagement optimal de l'environnement*

Le problème consistait à confronter les pollutions émanant des divers modes de production d'énergie, c'est-à-dire à comparer l'emission de nuisances des foyers à huile ou charbon (oxydes d'azote) avec l'émission de gaz radioactifs (gaz nobles krypton-85, xenon-133) dans les centrales nucléaires à eau légère. L'ordre des valeurs auquel l'étude aboutit est le suivant: énergie nucléaire, puis gaz naturel, mazout et charbon. Ainsi se trouve confirmée la thèse soutenue par maintes publications, et selon laquelle l'énergie nucléaire est la plus favorable à l'environnement. Le facteur de qualité varie de plus de un à cent si l'on compare la combustion du charbon à l'énergie nucléaire. C'est cette constatation qui, avec d'autres facteurs, a déterminé la nouvelle politique énergétique de la Confédération, en dictant le passage direct des forces hydrauliques à l'énergie nucléaire, et a justifié la construction des centrales de Beznau et de Mühleberg.

*2.4 Fonction de sécurité de l'approvisionnement énergétique*

La sécurité de l'approvisionnement énergétique est tributaire de l'épuisement des réserves d'énergie et de leur diversification. Ici encore, les résultats de l'investigation sont très nets: l'énergie nucléaire, surtout si l'on adopte plus tard des systèmes de réacteurs à haut degré de conversion [1]), se situe largement en tête devant le gaz naturel et le charbon.

## 3. Evaluation des fonctions d'objectifs

La combinaison de toutes les fonctions d'objectifs conduit aux conclusions suivantes:

*3.1 Production d'électricité*

– Comme il fallait s'y attendre, c'est la production issue des *forces hydrauliques* qui est la plus avantageuse. Celles-ci sont en effet renouvelables et foncièrement indigènes. Malheureusement, en Suisse, les possibilités de mise en valeur touchent à leur fin. Néanmoins on devrait saisir les quelques occasions où un aménagement demeure encore réalisable et supportable du point de vue de l'écologie et de l'intégrité du paysage.

– La production d'électricité à partir de *l'énergie nucléaire* est largement plus favorable qu'à partir des combustibles fossiles.

– Parmi les combustibles fossiles des centrales thermiques, le *gaz naturel* est sensiblement meilleur que les huiles minérales ou le charbon (protection de l'environnement).

– Malgré ses grandes réserves mondiales, le charbon n'est pratiquement pas plus indiqué que le mazout pour la production d'énergie électrique et ceci à cause de la pollution de l'air accrue qu'il entraîne. La situation pourrait changer si la gazéification du charbon parvenait à maturité commerciale.

– La production d'électricité par *centrale combinée de chauffage à distance* et de production par *turbine à contrepression,* avec brûleurs à gaz naturel, est comparable en qualité à celle des centrales nucléaires. Avec foyer à charbon ou brûleurs à mazout, la valeur de l'ensemble diminue. On reconnaît là encore, l'influence du facteur de protection de l'environnement (situation à proximité des villes).

– *La production d'électricité par les usines d'incinération d'ordures* est de qualité comparable à celle des centrales nucléaires. Toutefois la capacité totale de production est ici très limitée (1 à 10 MW suivant le type d'installation).

– Les *usines à turbines à gaz* destinées à la seule production d'électricité sont, pour un même combustible, moins favorables que les turbines à vapeur, du fait que le prix de revient de l'énergie électrique est plus élevé à cause du mauvais rendement. Il faut dès lors limiter leur emploi à de très courtes durées d'exploitation (couvertures des pointes, réserve).

*3.2 Production de chaleur pour le chauffage des locaux et la préparation d'eau chaude*

– C'est le *chauffage à distance par conduites de transport alimentées par des centrales nucléaires* qui s'impose (utilisation partielle de la chaleur perdue dans les centrales nucléaires à eau légère, par prélèvement de vapeur à étage intermédiaire de la turbine), à condition toutefois que la chaleur livrée comme fourniture de base (énergie en «ruban») représente au moins le 70 à 80 % des besoins annuels totaux. Les pointes restantes (20 à 30 %) doivent être couvertes par des centrales de chauffage à distance ou des centrales combinées force–chaleur, alimentées aux combustibles fossiles.

– Tous les modes de *chauffage électrique,* notamment les pompes à chaleur, seraient avantageux si leur énergie d'alimentation pouvait provenir de *centrales hydrauliques,* ce qui est malheureusement devenu illusoire pour la raison bien connue que les ressources hydrauliques sont pratiquement épuisées.

– D'une façon générale, la pompe à chaleur s'avère une excellente méthode de chauffage, même si elle est alimentée par des centrales nucléaires servant à la distribution générale de courant.

– Est également favorable la *distribution à distance de chaleur* issue de centrales de chauffage, ou de centrales combinées force–chaleur alimentées au *gaz naturel.* Il en est de même du chauffage individuel d'immeubles au gaz naturel. On peut en conclure que dans les centrales de chauffage on aura avantage à produire la chaleur de base (exploitation en ruban, protection de l'environnement) à partir du gaz naturel, en réservant le mazout (facilité de stockage) pour la seule couverture des pointes.

– A mi-hauteur de l'échelle d'appréciation on trouve: la distribution à distance de chaleur à base de mazout ou de charbon, le chauffage électrique direct ou par accumulation de nuit et le chauffage individuel des immeubles au mazout.

– Le *chauffage électrique,* en revanche, est moins favorable s'il est alimenté par des centrales mixtes de production et de chauffage à distance brûlant des huiles minérales ou du charbon (protection de l'environnement, sécurité de l'approvisionnement). Cet inconvénient est compensé jusqu'à un certain point par le fait que les centrales de production et de chauffage à distance à récupération totale de la chaleur perdue n'interviennent que pour la couverture des pointes de consommation, ce qui dans un réseau interconnecté favorise la répartition des charges.

– Le *chauffage individuel des immeubles au charbon* est mauvais: la pollution de l'air et le coût neutralisent l'avantage de grandes réserves mondiales.

– *Le chauffage des locaux par collecteurs d'énergie solaire* serait problématique en Suisse sans recours à un chauffage d'appoint. On ne peut encore répondre définitivement à la question de rentabilité. La *préparation d'eau chaude* par collecteurs solaires est techniquement possible pendant le semestre d'été – bien que, économiquement parlant, ce système soit inférieur aux chaudières combinées à brûleur à mazout, et largement inférieur au chauffe-eau électrique.

## 4. Récapitulation et recommandations

Le rapport complet «Electricité et chaleur» examine en détail un modèle possible de substitution devant assurer la couverture des besoins énergétiques de la Suisse jusqu'en l'an 2000. Il en ressort que, pour atténuer la dépendance unilatérale de la Suisse à l'égard du pétrole et parallèlement à l'utilisation de l'énergie nucléaire, il faudra recourir au chauffage électrique des locaux ainsi qu'à la distribution à distance de la chaleur, et pousser la consommation du gaz comme combustible. L'interprétation des fonctions d'objectifs permet de déduire les conclusions finales suivantes:

[1]) Degré de conversion = Mutation de l'uranium et du thorium en isotopes fissiles.

Pour la Suisse, les *seules possibilités* d'atténuer la dépendance unilatérale à l'égard du pétrole sont de recourir à *l'énergie nucléaire,* au *gaz naturel* et dans une certaine mesure à l'énergie solaire.

En tant qu'énergie de consommation, l'électricité produite par les centrales nucléaires est largement plus favorable que celle issue des centrales thermiques alimentées par des combustibles fossiles.

Pour la production de chaleur destinée au chauffage des locaux et à la préparation d'eau chaude, c'est le *chauffage à distance fournissant la chaleur de base à partir de centrales nucléaires ou de brûleurs à gaz* qui se place au premier rang. La distribution à distance de chaleur produite par des brûleurs à mazout reste grevée par le facteur de l'environnement même si l'on recourt au couplage force–chaleur. Cependant elle demeure *hautement recommandable* si on la compare au *chauffage individuel.* Les divers modes de chauffage électrique aussi, et particulièrement la pompe à chaleur, devraient être pris davantage en considération. Le chauffage électrique direct alimenté par les centrales nucléaires se classe immédiatement après le chauffage individuel au gaz. Néanmoins, dans les cas favorables, il faut encourager l'adoption du chauffage électrique. Pour la préparation d'eau chaude, on peut recommander le chauffe-eau électrique.

Dans un avenir plus lointain, *l'énergie nucléaire* est appelée à jouer un rôle toujours plus important. Il se dégage de la stratégie des réacteurs une tendance indéniable au développement de systèmes de réacteurs qui affichent *une économie* aussi poussée que possible de *combustible.* Les centrales nucléaires à eau légère demeureront toutefois encore pour des décennies le système dominant.

Les prévisions sont moins optimistes en rapport avec l'infrastructure à créer autour des centrales nucléaires. Ce domaine revêt les dimensions d'un problème d'envergure nationale. La part de l'énergie nucléaire par tête d'habitant est maintenant déjà très élevée en Suisse. Elle se multipliera encore d'ici l'an 2000.

Il n'existe pas de solution absolue au problème de la chaleur perdue; ou bien alors il s'agit de projets (prélèvement de vapeur pour la production de chaleur) qui n'ont qu'un effet partiel. La mise en service de réacteurs à haute température – surtout du système à un seul circuit avec turbines à gaz – pourrait alléger le handicap des chaleurs perdues, mais elle n'est pas envisageable dans l'immédiat.

En l'an 2000, on attribuera certainement une part de la production de chaleur aux centrales nucléaires. Mais cela sous-entend la création préalable d'un réseau de distribution de chaleur.

*D'autres conclusions, que l'on peut immédiatement tirer de l'étude du modèle de substitution,* se résument comme suit:

– Le *remplacement des huiles minérales* exige de gros efforts financiers et d'adaptation des structures. Bien que la plus grosse part en incombe à l'électricité, il faut observer que, même sans cette substitution près de la moitié des 0,7 milliards de francs par an qui sont à la charge de l'électricité devrait être dépensée.

– *Utilisation du gaz naturel,* par ordre de priorité: industrie – centrales de chauffage à distance (charge de base) – ménages privés et artisanat. De cette manière, on obtiendra un facteur d'utilisation élevé et on réduira les stockages coûteux. Comme les frais de distribution aux petits consommateurs privés sont élevés, il faut s'efforcer de sélectionner certaines régions du pays, où (outre l'utilisation de l'énergie électrique pour la force et la lumière) la fourniture d'énergie devra se concentrer sur le gaz naturel.

– *Chauffage à distance:* Il faut s'efforcer de créer des équipements de distribution de chaleur dans toutes les localités importantes du pays. Ces installations devraient prélever leur contingent de base auprès des centrales nucléaires, pour autant que la distance aux centres de production n'excède pas 20 à 50 km selon l'importance de l'agglomération.

A l'intérieur d'un ensemble de chauffage à distance, la densité de raccordement doit être aussi grande que possible (éventuellement raccordement imposé).

Dans un même quartier urbain, chauffage à distance et distribution de gaz ne doivent pas se concurrencer.

– *Chauffages électriques:* Ceux-ci seront appliqués essentiellement dans les localités de moindre importance (moins de 10 000 habitants), dans les régions rurales et, occasionnellement, dans les vieux quartiers des villes (lorsque le chauffage à distance s'avère structurellement d'un coût prohibitif). Lorsque la technique des pompes à chaleur s'y prête, on devrait convertir à ce mode écologiquement avantageux une grande partie des chauffages électriques.

– *Industrie:* Tous les processus thermiques qui s'y prêtent devraient être convertis soit à l'électricité soit au gaz naturel. Ce dernier devrait servir de combustible de base ou, en été, de combustible tampon destiné à compenser les variations de la consommation hivernale de gaz naturel pour le chauffage, la couverture des pointes et l'exploitation d'hiver se faisant au mazout.