

# L'économie de l'électricité orientée par la consommation

F. MARGUERRE, Mannheim

(Elektrizitätswirtschaft, décembre 1951)

Traduction adaptée par INICHAR

## INLEIDING

*Zoals aangekondigd in de aflevering van Januari 1953, geven wij hier de aangepaste vertaling van een bijdrage van de Hr. Marguerre, die een leidende persoonlijkheid is in de duitse electriciteits-voorziening.*

*Deze bijdrage bevat de uiteenzetting en de verdediging van de thesis, die zich gedeeltelijk kant tegen de gedachten vooruitgezet tijdens de studiedag van 16 October 1952, te Essen.*

*Zoals wij reeds aanhaalden, zijn de wederzijdse beschouwingen gedeeltelijk toepasselijk op ons land. Nochtans zijn de standpunten en de voorwaarden niet identisch. De kwestie der afstanden speelt namelijk in België een minder belangrijke rol.*

## AVANT-PROPOS

*Comme nous l'avons annoncé dans la livraison de janvier 1953, nous donnons ci-après la traduction adaptée d'un article de M. Marguerre, personnalité marquante de l'industrie électrique allemande.*

*Cet article constitue l'exposé et la défense de la thèse qui s'oppose en partie aux idées défendues lors de la Journée du 16 octobre 1952, à Essen.*

*Comme nous l'avons signalé, les considérations émises de part et d'autre s'appliquent en partie à la Belgique. Toutefois, les points de vue et les conditions ne sont pas identiques; en Belgique notamment, la question des distances joue un rôle moins important.*

### **Modification fondamentale du marché des combustibles.**

L'avenir de l'électricité, en Allemagne occidentale, peut faire l'objet de bien des spéculations et de bien des discussions.

Une chose, toutefois, est certaine : la consommation augmente rapidement et elle continuera encore longtemps de le faire. A l'allure actuelle, elle double environ tous les dix ans.

Faire face à cet accroissement rapide de la charge constitue, pour les entreprises d'électricité, une tâche impérieuse et difficile. Compte tenu de la rareté des capitaux, du manque de matières premières et de nombreuses difficultés de tous genres, sa réalisation demandera beaucoup de réflexion.

Partant de ce fait que la charge doublera au moins tous les dix ans, il convient de réexaminer tout le problème et, en particulier de vérifier si les hypothèses qui ont présidé au développement de l'économie, au cours des 20 dernières années, et qui ont conduit à une certaine forme d'organisation, sont encore valables aujourd'hui. Cet examen est d'autant plus nécessaire, dit l'auteur, que la tendance actuelle est d'étendre les réseaux d'interconnexion et de

concentrer la production de l'énergie dans les régions charbonnières, et qu'il n'est pas certain que ce soit là la solution la meilleure.

Les interconnexions sont, en grande partie, axées maintenant sur les matières premières, lignite et centrales hydrauliques, et l'on doit se demander si cette position est encore compatible avec les réalités d'aujourd'hui.

La situation des combustibles est-elle encore la même qu'il y a 20 ans ? Les bases économiques des transports électriques à grande distance ne sont-elles pas modifiées ? Quelle est l'influence de l'augmentation de la densité de consommation ? Telles sont quelques-unes des questions que l'on peut se poser.

L'auteur insiste, tout d'abord, sur la diminution considérable des ressources charbonnières due à la perte des régions minières de l'Allemagne centrale. Le lignite rhénan est le seul facteur important qui subsiste. Cependant, un nouvel élément est intervenu sous la forme des combustibles secondaires. Il s'agit de charbons de déchets qui ne peuvent généralement supporter des frais de transport à longue distance et dont l'utilisation sur place pour la production d'électricité est logique.

Considérant les multiples causes du manque de charbon sur le marché, le désir de produire de l'énergie électrique en partant des charbons secondaires est entièrement fondé. Mais, si l'on veut justifier par là une concentration poussée de la production d'électricité en Westphalie et en Rhénanie, il convient de partir, non de considérations de principe, mais bien de données numériques.

On verra alors que la disponibilité en charbons secondaires est déjà insuffisante pour faire face aux besoins propres des régions charbonnières en électricité. A plus forte raison, ne peut-elle être envisagée pour y produire de l'électricité, en vue d'alimenter d'autres régions.

Voici, d'ailleurs, un aperçu des résultats auxquels ont conduit les investigations, à ce sujet, d'un groupe de personnalités des entreprises communales et régionales d'électricité :

Le lignite peut contribuer pour 500 millions de kWh par an à l'accroissement de la production, mais ce supplément ne sera pourtant pas entièrement disponible pour la distribution publique.

Une plus grande quantité de lignite ne pourrait être obtenue que par l'exploitation des couches souterraines. Les conditions de cette exploitation ne sont pas encore bien connues; mais, elles se traduiraient certainement par une augmentation sensible du prix de revient. De toute manière, ces disponibilités souterraines ne peuvent entrer en ligne de compte pour la période qui nous intéresse (10 ans). Des opinions divergentes ont été exprimées sur les quantités présumées d'énergie que l'on pourrait obtenir en partant des charbons secondaires, ainsi que d'une réforme profonde de l'industrie charbonnière. Les chiffres avancés varient de 2 à 14 milliards de kWh susceptibles d'être mis à la disposition de la distribution publique.

Après d'autres, l'auteur a longuement étudié le problème. Il arrive à la conclusion que, pour de multiples raisons, et avec beaucoup d'optimisme, on peut admettre comme maximum 4 milliards de kWh pour la période considérée. Mais, ce qui est important à ce point de vue, c'est que l'on pourrait ainsi libérer de grandes quantités de charbons de qualité que les charbonnages consomment actuellement eux-mêmes. A l'expiration d'une certaine période de développement, on obtiendrait ainsi un supplément annuel de 3,5 millions de tonnes de bon charbon.

Ces charbons de bonne qualité sont extrêmement intéressants, non seulement pour l'économie charbonnière, mais encore pour l'ensemble du marché du charbon. En particulier, ils permettraient une augmentation des quantités de charbon transportables vers les centrales éloignées des régions minières. En effet, de l'avis de l'auteur, la transformation sur place des charbons de qualité de la Ruhr en électricité, en vue de transporter celle-ci au loin, ne serait nullement justifiée économiquement. Ce point sera démontré ultérieurement.

En additionnant les disponibilités des deux types de combustibles secondaires (charbon et lignite), on arrive à une production supplémentaire de 8,5 milliards de kWh au maximum après une

période de 6 à 7 ans. Or, pendant ce temps, la consommation des réseaux de distribution aura augmenté de 11 à 12 milliards de kWh. On voit donc qu'il n'y a pas d'excédent de charbons secondaires, susceptible d'être transformé en électricité pour alimenter des réseaux éloignés au moyen de liaisons nouvelles à créer.

Les centrales hydrauliques du sud de l'Allemagne, plus les importations d'Autriche, pourront donner, dans 6 ou 7 ans, un supplément de 5 milliards de kWh.

En résumé, un bilan énergie totale pour l'époque où la consommation actuelle des entreprises de distribution publique sera doublée (28,5 milliards de kWh d'accroissement), montre qu'il y aura une consommation de 15 milliards de kWh qui ne pourra être couverte par des combustibles secondaires et l'hydraulique. La production correspondante devra être faite au moyen de charbons de bonne qualité. La production d'énergie électrique sans charbon de qualité est donc une utopie.

On ne peut prévoir avec certitude, dès maintenant, si l'extraction sera suffisante, mais il convient de mentionner que, en ce qui concerne les bons charbons, il existe de nombreux moyens de réaliser des économies : rationalisation de l'industrie minière, amélioration générale des techniques de combustion, électrification des chemins de fer, etc...

Aux considérations émises jusqu'ici, il convient d'ajouter que les régions charbonnières sont assez pauvres en eau de réfrigération. Les centrales y ont, de ce fait, une consommation spécifique plus élevée. De plus, on sait que le transport de l'électricité s'accompagne toujours de pertes d'énergie.

La concentration de la production de l'électricité dans le bassin houiller entraînerait donc, de par ces deux facteurs conjugués, une augmentation de la consommation de charbon de 10 à 15 %, suivant la distance de transport envisagée, soit l'équivalent de 2 milliards de kWh.

Tout ce qui vient d'être dit, peut être résumé comme suit :

*Quand les régions charbonnières auront satisfait à leurs besoins propres, il n'y aura plus d'excédent d'énergie provenant de combustibles secondaires. L'énergie hydraulique ne pourra, généralement, être utilisée que dans un rayon relativement faible autour des centres de production. Par conséquent, la consommation de charbons de qualité est inévitable, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du bassin charbonnier.*

#### Transport à longue distance des charbons de qualité ou de l'électricité produite par ces charbons.

Dans le bassin de la Ruhr, toute production d'électricité, au delà de ses besoins propres, ne peut provenir que de charbons de qualité. Il reste donc à déterminer s'il est plus économique de transporter, à longue distance, l'énergie électrique ainsi produite ou de transporter mécaniquement le charbon correspondant.

Cette comparaison a été faite maintes fois, mais les conditions de base sont maintenant différentes en ce sens que les projets d'avenir devront tenir compte de la diminution constante de la consommation spécifique des centrales : il faut résolument envisager le chiffre de 0,4 kg charbon/kWh pour une utilisation de 4.500 h. Ce facteur agit en tout premier lieu en faveur du transport du charbon.

D'autre part, si l'on veut établir des réseaux de transport pour une durée d'utilisation supérieure à 4.500 h., il en résultera que les centrales locales à l'arrivée devront produire elles-mêmes l'énergie de pointe, ce qui réduit les avantages de la liaison électrique.

Dans les calculs, on n'a pas tenu compte du délai nécessaire pour arriver à charger pleinement une nouvelle liaison; on a ainsi avantage indûment le transport électrique. En fait, à cause de tels facteurs qui ont été négligés ici, les limites économiques de la concurrence sont encore défavorables au transport électrique, même pour des durées d'utilisation élevées.

L'avantage du transport par bateau et par chemin de fer est constant pour des durées d'utilisation moyennes, en dépit des petits avantages indûment accordés ici au calcul des lignes électriques.

A toutes ces considérations, il faut ajouter le point de vue suivant : Si l'on retire aux chemins de fer fédéraux des transports importants qui, pour une liaison à 380 kV, peuvent être de l'ordre de grandeur de 1 milliard de tonnes-km par an, le chemin de fer n'économisera que des frais d'exploitation, ses frais fixes restant inchangés.

Un autre facteur encore qui montre bien que le transport électrique à 380 kV n'est pas indiqué, est que, pour le cas de l'Allemagne, les conditions requises pour effectuer des transports par des lignes à 380 kV, dont la puissance naturelle est 1.100 MW, ne sont pas remplies. Le coût d'un réseau de transmission comportant de fréquents points de dérivation est tellement élevé qu'il ne peut être envisagé pour répartir entre différents territoires l'énergie produite en un seul point. La situation en Allemagne est totalement différente de ce qu'elle est en Suède, en France et peut être aussi en Italie, où les centres de production hydraulique sont tellement éloignés des centres de consommation que des réseaux à 380 kV sont probablement justifiés du point de vue économique.

Même pour des réseaux à 220 kV, il y a d'autres restrictions à faire valoir. En réalité, même les lignes à 220 kV doivent être pourvues d'un tel nombre de stations intermédiaires pour l'alimentation ou la consommation qu'elles ne peuvent plus être considérées comme de vraies lignes de transmission conformes à l'hypothèse de base admise.

Les lignes à 220 kV ne sont jamais utilisées à fond, ce qui rend la comparaison avec le transport mécanique encore plus défavorable. L'argument souvent avancé que les lignes à 220 kV ne doivent pas servir comme lignes de transmission, mais plutôt comme barres de compensation, se tourne donc contre ceux qui l'emploient.

Il est d'autant moins nécessaire de discuter ici les conclusions que l'on peut en tirer au sujet du réseau européen à 380 kV, que ses protagonistes eux-mêmes s'accordent à dire qu'il s'agit là d'un problème à longue échéance. Il suffit de dire qu'à l'étranger, pour des raisons économiques, une majorité de voix se sont prononcées contre le réseau d'interconnexion européen. Ces voix ont confirmé, sans appel, les considérations émises ci-dessus, montrant que le transport mécanique du charbon est, dans l'ensemble, supérieur à la transmission électrique. Il faut encore considérer les conséquences techniques et économiques des très hautes puissances de court-circuit que l'on rencontrerait dans de tels réseaux et dont on n'a pas parlé ici.

L'auteur pense avoir démontré ainsi à suffisance que, du point de vue de l'économie générale, ce serait une erreur de produire en Rhénanie-Westphalie, en partant de bons charbons, l'énergie nécessaire aux autres territoires et de l'y transporter par des lignes à haute tension.

L'énergie produite par les centrales hydrauliques, ne peut naturellement être transportée que par des lignes électriques. Cela ne veut pas dire cependant que le point de vue selon lequel l'utilisation complète des ressources hydrauliques n'est possible que par de grands transports de la région des Alpes vers l'Allemagne centrale et septentrionale, soit encore justifié aujourd'hui. Des études approfondies sur les disponibilités hydrauliques de l'Allemagne du Sud et de l'Autriche, ainsi que sur l'allure maximum de leur mise en valeur, ont montré que, au cours des prochaines années, toutes les ressources hydrauliques qui pourront être valorisées pourront être consommées au sud du Main. Ceci vaut pour les années de hautes eaux. Dans les périodes de faible débit, l'énergie hydraulique poussera moins encore vers le nord. Pour évacuer cette énergie, il faudra certainement construire de nouvelles lignes, non à 380 kV, mais à 110 et 220 kV pour relier les centres de production aux points de distribution dans les territoires à desservir.

L'argument qu'il serait possible de construire à bas prix des installations à accumulation pour produire le courant de pointe, grâce à une mécanisation poussée de la construction, ne résiste pas non plus à l'examen.

#### Compensation des charges.

##### Economie de réserves.

##### Installation d'unités de grande puissance.

Il reste encore à déterminer s'il existe, en faveur de la concentration de la production et de l'extension des réseaux d'interconnexion, d'autres avantages qui seraient de nature à renverser les conclusions auxquelles l'auteur est arrivé. Ces avantages seraient :

- 1) Amélioration de la courbe de charge par compensation réciproque.
- 2) Economie par la mise en commun des réserves.
- 3) Réduction des immobilisations et des frais d'exploitation par la concentration de la production dans des unités de grande puissance.

1) En ce qui concerne le premier point, l'auteur fait remarquer que la compensation des charges entre différents centres d'alimentation dépend de l'étendue des territoires desservis, mais qu'elle n'est pas une fonction croissant régulièrement avec cette étendue.

*Par exemple :*

Dans une grande ville s'établit normalement une très forte compensation entre les consommations individuelles des abonnés. Si l'on y adjoint la campagne environnante, avec sa courbe de charge toute différente, il se produit une compensation supplémentaire et la somme algébrique des pointes de tous les consommateurs sera de 30 à 50 % plus élevée que la pointe réelle du réseau. Par contre, si l'on relie la première ville à une seconde, on ne gagnera pratiquement rien, car toutes deux ont la même courbe de charge. Tout ce qu'il en résulte, c'est d'augmenter la distance et le coût du transport. La diminution des bénéfices et l'augmentation des frais imposent donc une limite à la distance pour laquelle on peut réaliser économiquement la compensation. Cette limite diminue d'autant plus que la densité de consommation augmente. Par conséquent, à l'avenir, les avantages de la compensation exigeront de moins en moins des interconnexions étendues.

A l'appui de ces considérations fondamentales, l'auteur mentionne que, d'après de nombreuses études faites sur ce sujet, l'interconnexion de grands territoires, même de pays différents, n'a donné qu'un gain variant de 0 à 4 pour-cents. Ce gain ira probablement en diminuant davantage encore.

Il semble bien que la limite économique d'interconnexion des centres de production se situe vers 150 à 200 km.

*La marche en parallèle à courte distance diminue la puissance totale nécessaire dans les centrales; à longue distance, c'est le contraire qui se produit.*

2) Dès que l'on aborde le problème des réserves, on tombe tout de suite dans la confusion. En effet, ce problème est, jusqu'à un certain point, une question de grandeur. On peut l'exposer simplement comme suit : Le pourcentage de réserve nécessaire dans une centrale dépend du nombre d'unités chaudières et turbines en service. Il faut que la perte soudaine de la plus grosse unité puisse être supportée sans interrompre la fourniture. Pour une centrale qui comporte 4 ou 5 unités, le pourcentage sera donc de l'ordre de 20 à 25 %, tandis qu'il ne sera que de 10 % pour une centrale qui aurait dix machines.

Si l'on relie deux centrales de cinq unités, par une liaison capable de la charge d'une unité, on peut se contenter de la réserve de 10 %. Mais cet avantage n'est pas gratuit, car il faut construire la liaison, ou disposer d'une liaison existante.

L'interconnexion de plusieurs centrales très éloignées offre-t-elle des avantages ? Non, dit l'auteur, car la liaison de réserve est d'autant plus coûteuse que les distances augmentent. De plus, on ne gagne pratiquement plus rien quand, au lieu de relier deux centrales (dix unités dans l'exemple ci-dessus), on en prend trois (quinze unités) ou plus encore.

De ce point de vue, les grandes interconnexions n'apportent rien de tangible.

La distance maximum pour laquelle la réserve mutuelle des centrales est plus économique que l'installation de turbines et chaudières de réserve, dépend des conditions locales. Cette distance est probablement de l'ordre de 200 km.

3) Les grosses centrales, équipées d'unités puissantes, sont de construction et d'exploitation plus économiques que les centrales moyennes. C'est un fait et un argument sérieux en faveur de la concentration.

Mais si l'on compare une centrale locale importante constituée de groupes de 50.000 kW, avec une centrale placée sur le lignite et possédant des unités de 100.000 kW, le coût de la puissance installée rapportée au kW disponible au point d'utilisation, n'est pas nécessairement en faveur de la centrale au lignite. Il faut tenir compte, en effet, du coût élevé du réseau de transport. Cette dépense supplémentaire représente, par kW utile au centre de consommation, 150 à 300 DM pour des lignes à 110 kV, et 200 à 380 DM pour les lignes à 220 kV.

Les immobilisations totales peuvent donc être beaucoup plus élevées dans le cas d'une centralisation poussée de la production.

#### **Décentralisation des installations de production comportant au minimum des unités de 50.000 kW.**

Les très grosses unités modernes, à resurchauffe de la vapeur, ont une consommation spécifique notablement inférieure à celle des unités du type normal. La différence peut atteindre 14 %. C'est ce qui justifie l'hypothèse d'une consommation spécifique de charbon de 0,4 kg/kWh, qui a servi de base aux calculs de comparaison des coûts de transport.

Un tel rendement ne peut être obtenu dans les petites centrales et l'on peut se demander s'il n'est pas utopique de vouloir décentraliser la production tout en installant des unités d'une puissance minimum de 50.000 kW.

On peut répondre à cette question en faisant remarquer qu'il est déjà d'usage maintenant de surdimensionner les nouvelles unités que l'on installe. Leur puissance est surabondante pendant les quelques premières années mais, sur toute la durée de leur vie utile, cette méthode se révèle être la plus économique.

En outre, l'installation d'unités de 50.000 kW dans des centrales locales sera facilitée par une coopération plus étroite entre sociétés d'électricité voisines, notamment :

- 1) elles pourront s'interconnecter de manière à mettre en commun leurs installations de production;
- 2) elles pourront, de plus, augmenter la puissance de leurs centrales suivant un plan commun, de manière à échelonner dans le temps, l'installation des unités nouvelles.

Enfin, il existe encore en Allemagne un bon nombre de centrales qui offrent des possibilités d'extension à bon marché. Leur rendement, sans être des

plus élevés, est encore fort convenable; mais comme elles ont des disponibilités en machines, terrains, bâtiments ou facilités diverses, il leur est possible d'accroître leur puissance avec une dépense réduite de capitaux. On a calculé que le coût moyen de ces aménagements serait de l'ordre de 260 DM par kW. La puissance que l'on peut ainsi obtenir rapidement représente 1.100.000 kW dont 350.000 kW sont en construction, tandis que 40.000 kW entreront en service en 1953-54 et 360.000 kW en 1955-56.

Pour autant que les unités nouvelles assurent la charge de base, la réalisation des deux premiers étages pourrait fournir un supplément de 1 milliard de kWh sans pratiquement augmenter la quantité totale de charbon consommé.

En conséquence, et compte tenu des circonstances, il est indispensable de favoriser l'extension de ces centrales vu leurs besoins relativement faibles de capitaux et de matières.

Ces dernières considérations ne réduisent nullement la valeur de ce qui a été dit plus haut concernant la décentralisation.

L'auteur pense ainsi avoir examiné tous les aspects des grandes interconnexions par des super-réseaux européens. Le seul point qu'il n'a pas traité est celui des « échanges d'énergie » mais, dit-il, si l'on excepte l'utilisation judicieuse des énergies hydrauliques d'éte, cette notion est très peu claire. Il en est de même, dit-il, de l'argument qui veut que ce super-réseau européen doive être utilisé pour répartir entre les pays européens l'énergie des marées que l'on produira un jour dans le nord-ouest de la France. Si l'on ajoute que cette énergie sera presque sûrement consommée sur place, on voit que cette notion « d'échange d'énergie » paraît vide de sens.

De cette étude, il résulte sans contestation possible que les avantages indéniables des interconnexions ne pourront être pleinement réalisés dans l'avenir que sur des territoires toujours plus étroits, et moyennant des dépenses d'immobilisations toujours plus faibles. Leur extension à des territoires toujours plus étendus n'est nullement justifiée, car les installations gigantesques nécessaires au transport de l'énergie exigeraient des dépenses de capitaux toujours croissantes pour obtenir des résultats de plus en plus faibles.

La seule considération des capitaux à investir rend tous les projets de super-réseaux (380 kV et plus) impraticables. On ne devra réaliser que les projets qui ne demandent qu'un minimum de capitaux et qui donneront lieu à un minimum de consommation de charbon.

Il va de soi que rien, dans ce qui a été dit, ne s'oppose à des interconnexions de réseaux par dessus les frontières. De telles interconnexions existent déjà et sont absolument raisonnables. L'aide mutuelle qu'elles permettent, peut être développée davantage encore avec les moyens présents.

Il n'y a pas de raison de croire que les augmentations futures de la consommation donneront lieu à des accroissements proportionnels des échanges. Au contraire, on peut supposer que, en valeur absolue, ces échanges n'augmenteront pas beaucoup.

### Conclusion.

La pénurie de capitaux et de charbon oblige l'Allemagne à établir des plans tels que le kWh mis à la disposition des consommateurs soit produit avec un minimum de dépense de capital et de combustible. Cela veut dire que les centres de production devront se trouver, en majeure partie, à proximité des centres de consommation.

Par suite de l'accroissement constant de la densité de consommation, l'étude des réseaux d'interconnexion ne conduit nullement au postulat des super-réseaux. Au contraire, les avantages de la marche en parallèle ne se matérialiseront que sur des espaces toujours plus réduits.

Les capitaux, si rares, ne devront être investis que dans des installations immédiatement productives.

Les lignes à 110 kV prendront de plus en plus le caractère de liaisons de distributions; elles pourront aussi servir de liaisons de secours entre des grosses centrales toujours plus rapprochées.

Du point de vue matières premières, la consommation propre des régions industrielles devra, autant que possible, être assurée par les combustibles secondaires. Il est vain, toutefois, d'espérer que ceux-ci pourront faire face à la totalité des besoins.

En Allemagne du Sud, les centrales hydrauliques sont appelées à jouer un grand rôle dont l'étendue dépendra des capitaux disponibles. L'énergie thermique de complément devra être produite sur place et non pas transportée depuis les bassins charbonniers.

Du point de vue capitaux, il faut développer toutes les centrales existantes, en insistant sur la nécessité d'économiser le charbon. De nouvelles centrales à condensation devront être étudiées pour l'emploi d'unités de 50.000 kW minimum, avec les conditions thermiques les plus favorables. Pour cela, il est indispensable que les entreprises d'électricité voisines arrivent à établir une communauté d'action.