

Les besoins en énergie et les perspectives d'approvisionnement (*)

par

Dr. Rudolf REGUL

Directeur Général adjoint de l'Économie et de l'Énergie
à la Haute Autorité de la C. E. C. A.

Objet

Je crois interpréter correctement la tâche qui m'incombe en tentant de formuler une prévision des besoins d'énergie et de leur couverture dans la Communauté des six pays. Étant donné toutefois que la Communauté est une structure «en devenir» et non encore parachevée, il apparaît à bien des égards inévitable, tant en ce qui concerne les méthodes que les objectifs à poursuivre, de se fonder sur des projections nationales. L'essentiel est de trouver pour ces projections nationales une base unique permettant de réaliser ultérieurement une projection pour l'ensemble de la Communauté.

Prévision de la demande énergétique totale

Dans la mesure où l'économie énergétique peut être considérée comme une branche, les méthodes employées pour établir les prévisions des besoins énergétiques ne diffèrent pas de celles appliquées à chaque prévision de branche. La méthode la plus simple, et actuellement la plus courante, consiste à rattacher la demande du produit de la branche considérée à une autre grandeur globale, par exemple au produit national brut ou à la production industrielle ⁽¹⁾. En règle générale, cette relation

(*) Extraits d'une conférence faite le 2 avril 1962 au Centre Européen Universitaire de Nancy.

⁽¹⁾ Pour les méthodes générales de prévision, se référer à :

«Méthodes de prévision du développement économique à long terme», *Informations Statistiques*, no 1960-6, Office Statistique des Communautés Européennes
et

G. BOMBACH, «Über die Möglichkeit Wirtschaftlicher Voraussagen» *Kyklos*, Vol. XV, 1962.

s'exprime à l'aide de coefficients d'élasticité et peut être représentée par des équations linéaires ou exponentielles (cf. Annexe I). Toutes les fonctions figurant à l'annexe I partent du principe que la demande future d'énergie sera influencée par deux facteurs : le développement de la production totale et le rendement de la transformation de l'énergie. L'expansion générale de l'économie peut être caractérisée à la fois par l'évolution du produit national brut et par la production industrielle; dans les pays économiquement développés, il existe en effet une relation étroite, — bien que variable dans le temps — entre ces deux grandeurs.

Les méthodes employées pour calculer la demande et la consommation d'énergie sont un peu plus compliquées. Les études entreprises dans le domaine de l'énergie portent généralement sur des produits commercialisés, bien distincts, tels que charbon, pétrole, gaz naturel, etc... L'utilisateur, par contre, ne s'attache pas à un produit énergétique bien déterminé mais à une forme d'énergie — thermique, mécanique, chimique ou lumière — dont il souhaite disposer en dernier ressort. Le premier problème qui se pose consiste dès lors à exprimer la demande finale d'énergie en une unité de compte commune, celle-ci pouvant être, soit une grandeur physique, calorie, watt/heure, etc., soit une valeur monétaire.

L'unité de compte employée dans les pays de la Communauté est la kilocalorie ou son équivalent charbon. La transformation d'énergie primaire en énergie utile entraîne des pertes. Le calcul de l'énergie utile doit tenir compte des divers rendements obtenus au cours des transformations successives, par exemple de charbon en vapeur, de vapeur en électricité, le rendement étant défini comme le rapport entre la consommation (input) et la production (output) d'énergie lors de chaque transformation.

Il importe relativement peu que l'on recense la consommation d'énergie au stade du dernier utilisateur ou que l'on relève directement la demande d'énergie primaire. En établissant un pronostic à moyen ou long terme, qui s'appuie sur une série de données historiques couvrant une période de longueur correspondante, on doit toutefois s'assurer que les séries de chiffres représentent des consommations effectives; autrement dit, il faut éliminer les variations des stocks détenus par les producteurs et les utilisateurs. Les données doivent ensuite être rectifiées autant que possible pour supprimer l'influence de la température extérieure ⁽²⁾.

(2) Les calculs globaux effectués pour quelques-uns des six pays permettent d'estimer qu'un écart de 1°C de leur température extérieure moyenne détermine une variation des besoins d'énergie de 9 millions de tonnes équivalent charbon dans ces pays.

L'annexe II reproduit un schéma de calcul type utilisé par les services de la Communauté Economique Européenne en vue de déterminer une prévision de la consommation d'énergie. Cette prévision se fonde sur un taux de croissance de 6,6% par an de la production industrielle, à l'exclusion de la production des centrales, pour la période de 1951 à 1965 (14 ans) et de 1951 à 1970 (19 ans). Les résultats obtenus en ce qui concerne la demande d'énergie ne sont donc valables que dans la mesure où l'expansion industrielle suivra ce rythme hypothétique. L'examen des séries historiques 1951-1960 suggère une dépendance étroite entre la consommation d'énergie et la production industrielle; il permet aussi d'observer dans le temps un trend décroissant de la consommation d'énergie par unité produite. Ainsi pour obtenir en 1960 la même production industrielle qu'en 1951, il aurait suffi de 70% de l'énergie consommée au cours de cette dernière année. Tel est le résultat du progrès technique réalisé dans l'utilisation de l'énergie. L'évolution dans le temps du rapport existant entre la consommation d'énergie et la production industrielle peut être représentée par une hyperbole, dont l'une des branches prend naturellement une allure asymptotique : le progrès technique a pour effet d'augmenter le rendement de la transformation, mais les économies d'énergie ainsi réalisées ou réalisables se réduisent dans le temps et tendent vers zéro.

Il existe un lien assez étroit entre le taux général de croissance et le progrès technique. Dans les pays industriels très développés, l'expansion économique est favorisée par le remplacement d'installations vétustes techniquement arriérées par des équipements nouveaux à rendement technique supérieur, grâce aux économies d'échelle, tels que celles que rend possible la réalisation progressive d'un marché commun élargi, grâce aussi aux innovations techniques et à une meilleure maîtrise des processus de production. Cela vaut aussi pour l'économie énergétique. La contribution, attendue pour les années à venir, de l'énergie nucléaire à l'approvisionnement en énergie peut être considérée comme un exemple d'innovation technique prévisible. Signalons enfin que, dans le calcul effectif, la prévision de la demande d'électricité a été établie de façon indépendante. Pour autant que nous puissions en juger, le rythme de croissance de la consommation d'électricité (doublement tous les 10 ou 12 ans) observé dans le passé, paraît devoir se maintenir, tout au moins durant les années soixante.

La méthode de prévision exposée dans l'annexe II a été employée pour le pronostic de la consommation d'énergie en 1970. Si l'on prolonge la projection jusqu'en 1975, les hypothèses adoptées conduisent à une consommation d'énergie dans les pays de la C.E.E. de 730 à 740 millions de tonnes équivalent charbon (t.é.c.). Le prolongement dans le temps de la série jusqu'en 1975 se justifie par la longue durée de vie des investissements effectués dans l'économie énergétique. Ceux-ci sont le plus

souvent onéreux — plus particulièrement lorsqu'ils concernent l'exploitation industrielle des sources énergétiques ou la transformation industrielle de l'énergie — et leur durée s'étend de ce fait sur une période de 10 à 20 ans. Il est intéressant de noter que la prévision ainsi établie concorde avec les pronostics antérieurs de la Haute Autorité⁽³⁾ qui parvenait à des ordres de grandeur identiques.

Prévision de la demande par secteur énergétique

En général, les prévisions relatives à l'expansion de la demande énergétique totale ne satisfont pas notre curiosité; ce que nous voulons connaître plutôt, ce sont les modifications structurelles qui accompagnent cette expansion. Parmi celles-ci, je retiendrai plus particulièrement celles qui résultent de la disparité des tendances d'évolution dans les divers secteurs de la demande et celles se rapportant à la couverture des besoins par différentes formes d'énergie.

La consommation d'énergie est bien connue dans les pays d'Europe occidentale : la consommation de l'industrie sidérurgique, celle des autres industries (parfois même avec subdivision par branches d'industrie), des foyers domestiques — y compris l'artisanat — y sont recensées régulièrement. La demande d'énergie des divers secteurs est déterminée par les tendances de croissance qui leur sont propres (compte tenu du progrès technique et des économies réalisées dans la transformation de l'énergie) ainsi que par la nature spécifique de leurs besoins. La demande d'énergie est soit de nature *spéciale* — carburants pour les véhicules à moteur ou coke destiné à la métallurgie — soit de nature *générale*. Dans ce dernier cas, qui couvre toute la production thermique, les besoins peuvent être satisfaits, au choix, par diverses sources d'énergie primaire. Le choix de la forme d'énergie par l'utilisateur dépend alors du prix ou, plus précisément, des rapports de prix. C'est en fonction de ces rapports que l'utilisateur adopte une fois pour toutes une forme d'énergie déterminée, par exemple le charbon, ou bien passe d'une forme à l'autre. Dans nos pays, certaines chaudières industrielles sont dès maintenant conçues pour deux combustibles différents.

L'étude par secteurs s'effectue en général selon la même méthode que l'étude globale. Les besoins en énergie du secteur sont évalués en fonction d'une grandeur autonome donnée — production de la branche industrielle intéressée. Mais, grâce à une meilleure connaissance de la structure de la consommation d'énergie, on peut délimiter à l'avance le domaine étendu et au premier abord très confus de l'énergie substituable.

(3) «Etude sur la structure et les tendances de l'économie énergétique dans les pays de la Communauté», *Etudes et documents de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier*, 1957.

Une méthode de ce genre a été utilisée par le Centre d'Etude des Instituts de Recherche Économique de la République Fédérale d'Allemagne pour l'établissement d'une enquête, récemment achevée, sur l'économie énergétique en Allemagne.

Les besoins de coke pour la métallurgie, d'essence et de gas-oil pour les véhicules à moteur, peuvent être considérés comme une demande spécifique, c'est-à-dire comme une demande ne pouvant être satisfaite que par une seule forme d'énergie. Ces besoins représentent à peu près le tiers de la demande finale d'énergie. Pour l'utilisateur, l'électricité constitue elle aussi une forme spécifique d'énergie; la centrale électrique, au contraire, est en mesure de produire de l'électricité à partir de presque toutes les sources d'énergie primaire.

Lorsque l'on tente de déterminer des coefficients d'équivalence entre l'énergie finale et l'énergie primaire, il faut tenir compte de la valeur marchande des sous-produits que l'on obtient inévitablement lors de la transformation de l'énergie primaire et qui doivent de toute façon être écoulés sur le marché. L'évaluation de ces sous-produits se fait selon des méthodes de ventilation des coûts. C'est le coke qui constitue le principal produit d'une cokerie minière ou sidérurgique, le gaz, le goudron et le benzol étant des sous-produits. Pour l'usine à gaz, par contre, le gaz est le produit principal. La ventilation des coûts afférents aux produits peut se faire d'une façon très souple.

Les raffineries de pétrole fournissent de leur côté un exemple instructif. Dans la République Fédérale d'Allemagne, l'huile brute est actuellement transformée à raison de 20 % en essence, de 20 à 25 % en gas/diesel-oil et de 10 à 15 % en lubrifiants, autres produits et auto-consommation. Selon le procédé de production des diverses raffineries, on peut transformer en fuels, lourds et moyens, jusqu'à 45 % de l'huile brute.

Les variations de prix n'ont qu'une incidence très faible sur les demandes d'essence et de gasoil qui correspondent à des besoins spécifiques. La raffinerie, dont la préoccupation essentielle est d'écouler sa production inéluctable de fuel peut, grâce aux avantages qu'elle tire de la situation privilégiée de l'essence et du gasoil, pratiquer pour le fuel une politique de prix ne présentant qu'un lien très lâche avec les coûts.

Si l'on range également parmi les formes d'énergie produites inévitablement celles qui, comme le lignite, l'énergie hydraulique et le gaz naturel, sont limitées localement quant à leur quantité et à leur utilisation, mais dont le prix de revient est bas, on restreint encore le domaine des possibilités de substitution d'une forme d'énergie à une autre.

L'annexe II donne le schéma d'un calcul de la consommation d'énergie primaire substituable pour la République Fédérale d'Allemagne. Il en ressort que le quart seulement de la consommation d'énergie primaire au sens strict est substituable; il s'agit du marché où la concurrence entre le charbon et le fuel peut jouer librement et qui, suivant les

conditions de l'offre, peut être conquis en totalité ou en partie par l'un de ces deux produits énergétiques. Précisons cependant que les importations de gaz naturel augmenteront sans doute dans le courant des années soixante et qu'à partir de 1970 environ, l'énergie nucléaire apportera une contribution rapidement croissante à l'approvisionnement en énergie.

Utilisation d'un tableau des échanges interindustriels

La technique des analyses input-output est encore relativement peu développée dans les pays d'Europe. Cependant, elle est utilisée de plus en plus ces derniers temps, car elle permet d'approfondir nos connaissances des échanges interindustriels et du mécanisme de l'économie énergétique. A ma connaissance, de telles études concernant l'économie énergétique ont été effectuées pour la France et pour l'Italie. Leur utilisation générale dans le cadre de la Communauté des Six postule un accord sur les schémas (matrices) à arrêter et sur les méthodes à employer. Des travaux dans ce sens sont en cours. L'annexe IV donne un exemple théorique d'utilisation d'un tableau d'échanges industriels en matière de prévision énergétique. Il s'agit d'une étude non encore publiée de P. MAILLET et G. HIPP sur l'économie énergétique française ⁽⁴⁾.

Pronostic provisoire pour 1975

Les trois institutions de la Communauté Européenne, sous l'égide de la Haute Autorité, s'attachent actuellement à établir des prévisions relatives à l'évolution de l'économie énergétique jusqu'au milieu des années soixante-dix. On ne dispose pas encore des résultats définitifs de cette étude; on peut cependant donner quelques chiffres à titre d'ordres de grandeur.

Le mieux est d'évoquer d'abord les études que la Haute Autorité a publiées en 1957 (voir annexe V) qui prévoient une augmentation de 30% des besoins en énergie de 1955 à 1975 (il est probable que les besoins atteindront en 1965 les chiffres prévus). Ajoutons que l'enquête récente sur l'économie énergétique de la République Fédérale aboutit pour 1975 au même résultat que la prévision de la Haute Autorité. De même, l'étude actuellement en cours à la C.E.E. (Bruxelles) permet de supposer que la consommation d'énergie atteindra au minimum un niveau appro-

(4) Voir aussi «Méthodes de prévision du développement économique à long terme» *Informations Statistiques*, n° 1960-6, Office Statistique des Communautés.

ximatif de 730 millions de tonnes équivalent charbon en 1975, qui coïncide avec la prévision de la Haute Autorité.

Tout ceci ne doit cependant pas faire oublier les erreurs commises dans les travaux de 1957 de la Haute Autorité. Un nouvel aspect est apparu que j'aimerais définir comme la « prise de conscience de l'expansion économique ». Alors que précédemment on qualifiait d'audacieuse une hypothèse tablant, en matière de développement économique, sur des taux d'accroissement annuels du produit national de 3,5 à 4%, on considère aujourd'hui que des taux de croissance de 4,7% par an sont réalisables.

De plus, il semble bien que le volume des besoins énergétiques prévus dans les différents pays ait été sous-estimé et que les besoins futurs seront plus considérables que ne le supposait l'étude de la Haute Autorité. Il est pour le moment impossible d'évaluer l'ampleur de cette différence. En admettant qu'elle s'établisse dans chaque cas à 40 millions de t.é.c. (au maximum), on trouve un tonnage de 800 à 820 millions t.é.c. pour l'ensemble de la Communauté.

* * *

Dans toute prévision — et donc aussi quand il s'agit d'estimer les besoins futurs en énergie — on doit chercher à déterminer les marges d'incertitude que recèlent déjà les diverses composantes du calcul.

Au sujet des incertitudes inhérentes au matériel statistique — j'ai déjà fait allusion à certaines d'entre elles, à savoir les variations des stocks et l'influence de la température extérieure — je pars de l'hypothèse que les valeurs historiques rectifiées figurant dans les annexes II sont exactes et valables. Il y a lieu cependant de formuler deux observations. D'une part, la prise en considération du climat va de pair avec l'hydraulicité, qui est simplement projetée d'après sa moyenne calculée sur une longue période. D'autre part, la prévision des besoins en énergie se fonde sur l'hypothèse d'une pleine utilisation des facteurs de production, et exclut tant les incidences extra-économiques que les fluctuations conjoncturelles de l'activité économique générale. Cela soulève de nombreux problèmes que je ne puis examiner en détail, mais je tiens à signaler un fait important : la relation entre le développement de la demande d'énergie et celui de la production industrielle, appelée coefficient d'élasticité de la demande d'énergie, n'est pas constante dans le temps. En analysant l'évolution des dix dernières années, on constate que la demande d'énergie ne varie pas lorsque la production industrielle progresse de 4% par an. Ce fait observé dans le passé tient en partie à ce que le progrès technique réalisé dans l'utilisation de l'énergie a pendant un certain temps compensé l'accroissement de la demande qui résultait du développement de l'activité économique générale.

Le problème se pose alors de savoir si l'effet compensatoire du progrès technique jouera dans l'avenir comme par le passé. L'étude de Luxembourg a montré d'une façon générale que lorsque le taux d'accroissement de la population active et le taux d'investissements sont demeurés constants pendant une période suffisamment longue, ce dernier taux n'a plus aucune influence sur le niveau du taux de croissance du produit national. Seul le facteur travail détermine, conjointement avec le progrès technique, le taux de croissance du produit national. Ces relations valent aussi par analogie pour la demande d'énergie. Dans certaines conditions, le volume et la croissance de cette demande sont seulement tributaires de l'ampleur du progrès technique accompli dans l'utilisation de l'énergie. Nous nous trouvons ici en présence d'une des plus grandes incertitudes, d'autant qu'elle risque d'être cumulative quand la prévision couvre une période de 10 à 15 ans. L'incertitude apparaît tout d'abord dans la prévision du produit national; elle réapparaît ensuite, lorsqu'il s'agit de déterminer quelle sera, compte tenu du progrès technique, la relation future entre, d'une part, le produit national ou la production industrielle et, d'autre part, la demande d'énergie.

Dans l'ensemble, il est peu probable que tous les facteurs d'incertitude jouent dans le même sens. Une appréciation sommaire permet d'évaluer l'intervalle de confiance de la projection pour 1975 à 10 à 15% vers le bas et environ 10% vers le haut. Le niveau des besoins en énergie de cette année s'établirait ainsi à 740 millions de t.é.c. au minimum, soit un chiffre proche de ceux que fournit l'étude de la C.E.E. (Bruxelles) (il s'agit là d'une première approximation).

* * *

Un mot enfin sur la ventilation de la demande entre les divers secteurs et formes d'énergie. Si l'on considère que la demande de coke sidérurgique ou de charbon à coke nécessaire pour l'obtenir, celle d'essence et de gasoil, de même que les besoins propres des producteurs d'énergie correspondent à des besoins spécifiques, on peut évaluer à 30% environ la part de ces besoins dans la consommation globale (soit environ 250 millions de t.é.c.). Par voie de conséquence, plus des deux tiers de la consommation totale devraient être considérés comme substituables au sens large. En fait, le reste des besoins qu'un calcul a permis d'estimer à environ 550 millions de t.é.c., serait couvert à raison de 150 millions de t.é.c. par le lignite, l'énergie hydraulique, le gaz naturel et l'énergie nucléaire (celle-ci étant estimée à sa valeur minimale). Il subsisterait ainsi un besoin de 400 millions de t.é.c., dont la couverture serait assurée par diverses formes d'énergie.

Ce solde serait en partie couvert par des sous-produits, à savoir le gaz de four à coke, le gaz de haut fourneau et les gaz résiduels de raffine-

rie. Dès lors, le marché vraiment ouvert, sur lequel jouerait une concurrence effective, ne couvrirait probablement que 35 à 40 % de la consommation globale d'énergie primaire et atteindrait sans doute en 1975 un volume d'environ 350 millions de t.é.c. Ces prévisions se fondent sur la projection des tendances actuelles du partage des marchés entre diverses formes d'énergie, et il faut se garder d'oublier que c'est l'utilisateur qui décide en dernier ressort de la préférence, temporaire ou définitive, à accorder à telle ou telle forme d'énergie et que de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer cette décision.

Le postulat du « libre choix de l'utilisateur », énoncé dans de nombreux mémoires sur l'économie énergétique, est plutôt un but qu'une réalité de la politique énergétique. Ce choix est plus ou moins limité par des mesures étatiques de toutes sortes de même que par les monopoles régionaux des producteurs d'énergie. De telles interventions ont une incidence sur les prix de l'énergie et notamment sur le rapport qui existe entre les prix des divers produits énergétiques. L'utilisateur ne tient pas seulement compte du rapport entre les prix, tel qu'il se présente au moment où il arrête son choix, il suppose aussi la façon dont ce rapport évoluera à l'avenir.

Ainsi la disparition des mesures étatiques qui restreignent actuellement l'approvisionnement en énergie ne manquerait pas d'avoir une incidence sur les prix rendus du charbon d'importation. Il suffit de songer à la suppression des droits de douane grevant le charbon importé dans la République Fédérale d'Allemagne : il serait difficile d'admettre que le doublement soudain des importations de charbon américain qui en résulterait n'aurait aucune répercussion sur les frêts maritimes et, partant, sur les prix rendus franco port d'importation. Quoi qu'il en soit, le rapport entre les prix du charbon américain et du charbon de la Communauté s'en trouverait modifié.

L'utilisateur considère d'autre part la régularité de l'approvisionnement. Peut-il, par exemple, escompter que l'approvisionnement en fuel lui sera assuré à long terme aux prix actuels, si la substitution se poursuit à un rythme identique à celui des trois ou quatre dernières années ? On a constaté, dans la pratique, que la conclusion de contrats de livraison de fuel couvrant plusieurs années est difficile, et le plus souvent irréalisable. C'est là encore un facteur qui peut avoir son importance pour la politique d'investissement des utilisateurs.

Les incertitudes que je viens d'évoquer sont les plus importantes parmi celles dont il faut tenir compte dans la prévision des besoins en énergie. Aussi sommes-nous obligés, en évaluant les besoins globaux, de prendre en considération un intervalle de confiance assez large, de l'ordre de $\pm 10\%$ comme je l'ai déjà indiqué. Si, par une étude sectorielle, on essaie de se faire une idée de la proportion dans laquelle les produits énergétiques pourront participer à l'approvisionnement, les

diverses marges d'incertitude augmentent. Ce résultat, à première vue surprenant, s'explique aisément si l'on se réfère aux impératifs, dont j'ai parlé précédemment, qui commandent à la fois la demande et l'approvisionnement. Seule une partie relativement faible de la demande d'énergie primaire est de nature spécifique; la majeure partie peut être couverte par diverses formes d'énergie. Or, dans ce secteur concurrentiel, une certaine partie des besoins sont couverts par les sous-produits inévitables. La marge d'incertitude de 10% de la consommation globale est ainsi intégralement reportée sur le charbon et le fuel.

Ce calcul part de l'hypothèse que, d'ici 1975, les importations de gaz naturel ne contribueront pas dans une mesure considérable à l'approvisionnement des six pays et modifieront uniquement le volume des livraisons de fuel. De même, l'évaluation ne prévoit qu'une contribution modeste de l'énergie nucléaire, correspondant aux projets actuellement connus d'installation de réacteurs, bien que, précisément dans ce secteur, on puisse s'attendre à des surprises. Les tableaux reproduits à l'annexe VI ne doivent donc être pris que comme exemple de pronostic détaillé et — je tiens à le souligner expressément — ne sauraient nullement être considérés comme prévision valable.

L'étude des marges d'incertitude, liées aux problèmes de l'approvisionnement et des rapports entre les prix, conduit nécessairement à un examen de la dépendance à l'égard des importations, ainsi que des conditions qui en découlent.

La dépendance croissante de la Communauté à l'égard des importations en provenance des pays tiers est un phénomène qui s'est déjà manifesté dans le passé. La contribution des importations nettes à l'approvisionnement s'élevait en 1955 à 21% environ; en 1961, elle atteignait 26,5% et l'on prévoit qu'elle s'établira en 1962 à 29,3%. En admettant un prix d'importation moyen CIF ports du nord-ouest de l'Europe de 14 dollars la tonne é.c., les importations nettes d'énergie se chiffrent au total à plus de 2,2 milliards de dollars. Étant donné que la Communauté ne possède que de faibles réserves exploitables de pétrole, on peut admettre que les importations nettes passeront d'ici à 1970 à un niveau de 230 à 250 millions de tonnes é.c. et assureront par conséquent l'approvisionnement du marché à raison de 35 à 40%.

Une dépendance rapidement croissante de la Communauté vis-à-vis des importations est-elle inéluctable? Cette dépendance peut-elle être limitée — et jusqu'à quel degré — et quels sont les problèmes économiques ou politiques qui en résultent? Telles sont les questions que je me propose d'évoquer avant de conclure.

Considérations sur les prix de l'énergie

Tant que le charbon européen a joui sur les marchés nationaux d'un monopole de fait, la politique des prix correspondante ne s'inspirait que des seuls motifs du monopoleur. Or, le charbon a depuis longtemps perdu cette position privilégiée : le progrès technique accompli dans la transformation et dans l'utilisation de l'énergie a multiplié les possibilités de substitution réciproque des diverses formes d'énergie; les progrès réalisés dans la technique des transports, qui ont amené une baisse sensible des tarifs et dès lors élargi géographiquement les possibilités de concurrence, ont également joué un rôle important. Dans cette optique, les questions posées plus haut relativement à l'appréciation de la dépendance croissante à l'égard des importations peuvent se résumer en une seule : quelles sont les conditions auxquelles sont actuellement offerts les produits énergétiques les plus importants du point de vue concurrentiel, et comment ces conditions évolueront-elles à l'avenir ?

Il s'agit en particulier de déterminer tout d'abord les coûts marginaux de la production charbonnière dans les différents bassins d'Europe, puis de les confronter avec les coûts prévus du charbon d'importation, et enfin d'effectuer aussi des comparaisons similaires en ce qui concerne le pétrole et les produits pétroliers.

a) *Les coûts marginaux de la production charbonnière en Europe*

Il est actuellement impossible de fournir à ce sujet des indications sûres ou complètes. Mais nous serions déjà en bonne voie si nous pouvions, en adoptant quelques hypothèses, établir des courbes de l'offre montrant tout au moins une tendance de l'évolution. Chacune de ces courbes indiquerait pour chaque tonnage extrait le prix de revient de l'entreprise marginale; autrement dit : pour chaque niveau de coûts, le tonnage extrait correspondant serait déterminé de telle façon que le prix de revient de l'entreprise la moins rentable égale ce niveau.

En pratique, l'établissement d'une courbe de l'offre pour une année de référence, 1960 par exemple, s'avère la partie la plus ardue de l'opération; c'est ce qui permet en effet de déterminer quelle est la position de chaque siège d'extraction sur la courbe de l'offre et quelle est l'entreprise qui, pour une production donnée du bassin charbonnier, doit être considérée comme producteur marginal.

La projection de ces courbes de l'offre dans un avenir assez rapproché ne pose pas de problèmes insolubles sur le plan méthodologique, pour peu que l'on se mette d'accord sur certaines hypothèses générales.

La présente étude a pour objet d'examiner l'évolution des coûts et, partant, des prix de vente à long terme pour le charbon de diverses prove-

nances par rapport à un niveau des prix général et constant. L'hypothèse, retenue dans la plupart des prévisions à long terme, d'un niveau général des prix constant par rapport à une certaine période de référence, permet d'éliminer systématiquement les effets inflationnistes. Mais cela ne veut pas dire que les relations entre les prix des diverses marchandises ou prestations de service demeurent inchangées. Les progrès techniques et la productivité ont des rythmes différents dans les diverses branches d'activité. Dans ces conditions, les prix de revient des diverses branches évoluent différemment, cependant que le niveau global des prix peut demeurer constant. Une telle hypothèse ne préjuge pas de l'évolution réelle des prix en général dans les divers pays. Il s'agit simplement d'arrêter une méthode de calcul simplifiée permettant de ne pas tenir compte des variations éventuelles des parités monétaires. On peut en effet supposer que certaines disparités dans l'évolution générale des prix des différents pays sont corrigées par les taux de change.

Dans une branche d'industrie où la main-d'œuvre et les salaires constituent un important facteur de coût, telle que l'industrie charbonnière, l'évolution des coûts est principalement déterminée par les salaires et le rendement du travail. Si les difficultés que les charbonnages rencontrent depuis des années pour recruter de la main-d'œuvre ne peuvent être éliminées, elles peuvent du moins être atténuées, lorsque la position différentielle du mineur dans l'échelle générale des salaires des diverses professions ne se trouve pas détériorée. On peut donc admettre que les revenus du travail dans les charbonnages évolueront parallèlement au revenu national par personne active, qui augmentera d'après les prévisions de 3,6 à 4,3% par an au cours des 10 à 15 prochaines années. La durée du travail sera par hypothèse considérée comme demeurant inchangée au cours des années à venir. Cette supposition assurément peu conforme à la réalité a été retenue parce qu'il est difficile de faire des prévisions quelque peu dignes de foi sur l'évolution de la durée du travail.

Le rendement du travail exprimé en production par homme-poste au fond de la mine, peut être dans une certaine mesure supputé d'après l'état de la technique, de l'organisation ou de l'exploitation. Un seul siège d'extraction, ou une seule mine, peut accroître son rendement par la mécanisation de l'abattage ou une meilleure organisation de l'exploitation, ou encore par la concentration de l'extraction sur les couches de charbon les plus rentables. Par ailleurs, une entreprise minière peut réaliser un accroissement supplémentaire de rendement en fermant certains sièges infra-marginaux et en reportant l'extraction sur les chantiers réellement productifs. Cela vaut surtout lorsque la production de tout un bassin se trouve sous une direction unique ou lorsqu'on cherche à atteindre cet objectif en créant une association de rationalisation. Dans tous les cas, les coûts subissent un effet qui ne découle plus exclusivement

de l'économie réalisée grâce à un accroissement du rendement. Si les chantiers marginaux étaient abandonnés dans la mesure qui s'impose par la situation concurrentielle ou par les conditions de marché, les sièges restant en activité pourraient probablement utiliser davantage leurs capacités d'extraction. Ainsi, la production, en se rapprochant du niveau optimal d'exploitation, provoquera un mouvement dégressif des coûts.

D'après l'évolution des coûts dans les bassins houillers de la Communauté, il semble probable que les taux d'accroissement du rendement par poste marqueront un retard, plus ou moins important suivant les bassins, sur l'accroissement à escompter pour les revenus du travail.

En faisant les plus expresses réserves quant à l'évolution technique et économique future, on peut dire qu'il s'agit là du cours quasi inéluctable des événements. Même si la différence de taux d'accroissement des revenus et des rendements n'est que très faible pour l'instant, ou si l'on peut même admettre que les deux grandeurs sont pratiquement égales, on peut déjà prévoir combien il sera difficile vers la fin de la période prévisionnelle de maintenir constants les prix «déflatés» auxquels le charbon est offert.

b) *Les coûts du charbon d'importation*

Outre Atlantique, nous trouvons des conditions fondamentalement différentes de celles prévalant en Europe. Selon toutes les informations dont nous disposons au sujet des conditions naturelles d'exploitation des charbonnages américains, ceux-ci disposent encore de réserves de rendement appréciables grâce notamment aux conditions géologiques plus favorables et à l'accès plus facile des veines.

Par ailleurs, il semble que l'économie américaine doive compter au cours des dix ou vingt prochaines années avec une expansion assez modérée et un taux d'accroissement relativement faible de la productivité nationale. Il ne m'est pas possible ici de vous fournir tous les arguments qui permettent cette conclusion. Il paraît néanmoins très probable que les prix déflatés auxquels les charbons américains sont actuellement offerts baisseront ou, dans le cas le plus défavorable, ne monteront que très légèrement.

Quant à la situation concurrentielle du charbon européen vis-à-vis du charbon américain, on peut s'attendre à ce qu'elle s'aggrave encore du fait que la navigation maritime se trouve à la veille d'une révolution technique, caractérisée par le passage à des unités de tonnage beaucoup plus important que celles utilisées couramment jusqu'à présent pour le trafic atlantique. Le taux extrêmement bas des frets atlantiques, constaté depuis 5 ans environ, peut s'expliquer partiellement par certaines influences de caractère passager, mais il traduit pour une bonne part un processus structurel.

Selon les renseignements dont nous disposons actuellement, il semble bien que le taux de fret moyen de 8 dollars la tonne pour le trajet de la côte Est des États-Unis aux ports d'Europe occidentale, tel que nous l'avons connu au cours de la période 1950 à 1957, appartienne au passé. Il s'ensuit que sur le marché charbonnier proprement dit, le charbon européen devra compter, d'une part avec les perspectives relativement plus avantageuses en ce qui concerne le coût du charbon aux États-Unis et, d'autre part, avec des taux de frets relativement bas à moyen terme.

Il est intéressant de noter à ce propos que la plupart des auteurs parviennent à la conclusion que pour les dix années à venir les prix du charbon américain CAF ports de l'Europe du Nord-Ouest varieront de 12 à 14 dollars la tonne pour le charbon à vapeur et de 14 à 16 dollars la tonne pour le charbon à coke. Si ces indications devaient correspondre à la réalité, et si le charbon américain devait bénéficier d'une liberté absolue d'accès au marché européen, il pourrait assurer l'approvisionnement d'une très large zone côtière. En revanche, il semble peu vraisemblable que les importations de charbon puissent doubler ou tripler sans influencer sur les taux extrêmement sensibles des frets maritimes.

c) *Les coûts du pétrole et de ses dérivés*

La mise en valeur de nouveaux gisements pétroliers, qui s'est accélérée dans le monde entier depuis la crise de Suez, a eu pour effet qu'actuellement on dispose partout de gisements importants et facilement accessibles. Le coût des recherches pétrolières, de l'exploitation des gisements et de la production, abstraction faite des impôts et redevances, varie dans un rapport de 1 à 10 entre le Moyen-Orient, secteur où les coûts sont les plus bas, et les États-Unis où la production est la plus onéreuse.

La technique du transport subit actuellement une révolution encore plus profonde que celle décrite pour le charbon. Le passage à des unités de très fort tonnage et la construction d'oléoducs ont repoussé très loin les limites géographiques de la zone concurrentielle des combustibles liquides, d'ailleurs facilement transportables. Aussi faut-il s'attendre dans le commerce international des produits pétroliers à un amenuisement des écarts de prix entre les principaux points de parité, ce qui pourrait renforcer les tendances actuelles à un alignement des prix sur le plan international, abstraction faite des États-Unis qui constituent actuellement l'exception la plus importante à cette règle.

A cet égard, on ne saurait méconnaître que les «prix postés», dans lesquels se traduit cet alignement, ne sont pas de véritables prix de marché, mais qu'ils servent de base aux décomptes internes des grands groupes pétroliers; par ailleurs, ils constituent un critère pour le calcul des redevances et impôts à verser aux pays producteurs. En ce qui concerne cette seconde fonction des prix postés, on n'ignore pas les efforts

déployés par les pays exportateurs pour éviter un nouvel effondrement des prix, car, pour la plupart d'entre eux, les recettes provenant des transactions pétrolières constituent les seules ressources de leur Trésor et, par conséquent, le facteur le plus important de leur bien-être national.

La vaste dispersion des coûts de production (qui oscillent dans le rapport de 1 à 10 ainsi qu'il a déjà été signalé) entre les différents pays producteurs, qui résulte du fait que ceux qui produisent au prix le plus avantageux, à savoir les pays du Moyen-Orient, possèdent par surcroît les gisements les plus importants, pourrait laisser supposer que l'approvisionnement du monde occidental en pétrole brut est assuré essentiellement par les pays produisant aux coûts les plus bas, les autres producteurs contribuant au commerce mondial du pétrole dans la mesure où la différence entre leurs coûts de production et ceux des pays produisant aux plus bas prix est inférieure à l'écart des frets existant entre les diverses places du commerce mondial.

L'économie mondiale du pétrole se présente néanmoins tout différemment et il n'est guère probable que dans les dix prochaines années les courants d'approvisionnement se modifient dans le sens d'un déplacement vers les pays produisant à bas prix. Il semble plutôt que les efforts déployés par les pays exportateurs pour constituer une entente dans le domaine des prix et des tonnages aient assez de chances de réussir. De même que pour le charbon, je me bornerai ici à citer quelques exemples tirés d'articles publiés.

L'opinion la plus répandue est qu'au cours des dix prochaines années les prix postés ne varieront plus, ou du moins qu'ils ne subiront pas de hausse. Néanmoins, il y a de bonnes raisons de penser que les rabais accordés actuellement sur ces prix, et pouvant aller jusqu'à 30%, disparaîtront progressivement. Si cette prédiction pouvait se réaliser, les prix futurs du pétrole CAF ports de l'Europe du Nord-Ouest seraient de 17 à 18 dollars.

Quant à la question de savoir comment le prix du pétrole brut est déterminé par le prix des produits pétroliers, on ne saurait y répondre en quelques mots. La distillation et le raffinage du brut sont considérés depuis toujours et à juste raison comme un exemple typique de production couplée. Les prix des différents produits n'ont qu'un rapport plus ou moins lâches avec les coûts imputables à leur production. Dans la plupart des pays d'Europe occidentale, les prix des produits ne sont pas fondés sur les prix de revient des raffineries, mais résultent de cotations sur certaines places étrangères, majorées des frets maritimes. A long terme, il ne semble pas improbable qu'intervienne un alignement, tout au moins des prix du fuel-oil sur les prix d'équivalence du charbon américain rendu dans les ports de l'Europe du Nord-Ouest.

En guise de conclusion à ces commentaires sur les prix, je puis dire qu'au cours des années soixante il règnera sur les marchés de la Communauté, tout au moins à l'état latent, une concurrence très vive entre le charbon d'importation, le fuel-oil et le charbon européen, les perspectives de ce dernier étant bien entendu les moins favorables. Mais de même qu'il ne faut guère s'attendre à ce que l'approvisionnement du monde occidental s'oriente exclusivement vers les offres des pays produisant aux plus bas prix, il ne faudrait pas non plus supposer que les gouvernements des pays producteurs de charbon en Europe occidentale soient disposés à sacrifier leur industrie charbonnière dans une lutte concurrentielle qui pourrait lui être fatale. Et l'on peut sans aucun doute prévoir pour l'avenir le maintien d'une certaine protection en faveur de l'énergie indigène comme par le passé.

Est-il possible de déterminer l'ampleur de cette protection, accordée tant aux producteurs qu'aux consommateurs ? L'idée d'un prix d'orientation à long terme, qui est d'ailleurs à la base des considérations énoncées ci-dessus, permet sans aucun doute de se livrer à un tel calcul prévisionnel, compte tenu naturellement de l'intervalle de confiance de tout calcul de ce genre. L'étude des incidences qui en résulteraient pour le consommateur nécessite l'utilisation de méthodes qui, jusqu'ici, sont encore peu développées. Ces méthodes s'appuient essentiellement sur le tableau des relations interindustrielles ; elles font intervenir non seulement les frais d'énergie incombant directement à chaque consommateur, mais aussi les pourcentages de frais d'énergie incorporés dans les demi-produits. Il faut se garder de toute opinion extrême quant à l'importance du coût de l'énergie, que ce soit pour l'expansion des économies nationales, ou pour leur capacité concurrentielle dans les échanges internationaux. Le coût notablement plus bas de l'énergie aux États-Unis n'a pas accéléré l'expansion générale ; de même le coût nettement plus élevé de l'énergie en Europe n'a pas freiné l'expansion plus rapide des économies européennes. La part des dépenses consacrées à des achats d'énergie accuse une très large dispersion suivant les catégories de consommateurs, mais il semble certain que les prix élevés de l'énergie constituent une entrave, plus ou moins sérieuse, sur le plan de la concurrence internationale chaque fois que l'énergie représente plus de 8 à 10 % des coûts globaux.

ANNEXE I

Méthodes de prévisions globales d'énergie

La méthode classique consiste à établir pour le passé une relation entre la consommation globale d'énergie et un indicateur global de développement économique, tels que la production nationale ou le développement industriel. La justification principale d'une telle méthode réside dans l'ubiquité de la consommation d'énergie : tous les secteurs productifs en utilisent à des fins thermiques, chimiques ou mécaniques, de même que les consommateurs finaux, ménages et administrations. C'est pourquoi le produit national brut a certains avantages comme indicateur de référence.

On peut, de plus, songer à introduire une seconde variable, destinée à rendre compte de la tendance à l'amélioration des rendements d'utilisation de l'énergie, phénomènes bien connus des techniciens et des ingénieurs.

Soit : E , la consommation totale d'énergie, évaluée en unité physique,
 I , l'indice de production industrielle,
 P , le produit national brut,
 t , le temps.

On peut envisager d'ajuster les formules suivantes :

$$(I) \begin{cases} E = K I^a & E = K P^b & E = K e^{at} \\ E = K I^{rt} & E = K P e^{st} & \\ E = K I^{a'} e^{r't} & E = K P^{b'} e^{s't} & \end{cases}$$

Le calcul se fait d'après les méthodes suivantes :

a) établissement d'une fonction du type $\log y = \log a + b \cdot \log x$ (régression linéaire où b est le coefficient d'élasticité).

b) $\ln y = a \cdot t + b \cdot \ln x + \ln c$

où x est la variable indépendante et c le temps ;

c est négatif, car il exprime la réduction de la consommation d'énergie par unité de production due au progrès technique.

En appliquant ce type, il faut bien corriger les données de base de l'influence de la température (cf. Annexe III).

c) $\log y = a \cdot t + b \cdot \log x + \log c$

La forme de cette fonction est similaire à celle de b).

Les paramètres des relations sous (I) ne sont pas indépendants les uns des autres. En effet, l'évolution permet également d'ajuster

$$(II) \{ \quad I = I_0 e^{mt} \quad P = P_0 e^{nt} \quad I = K P^\alpha$$

Le remplacement dans les relations (I) des valeurs I et P données par les relations (II) permet d'exprimer E uniquement en fonction du temps, selon les expressions exponentielles.

ANNEXE II

Corrélation entre la demande finale d'énergie de la C.E.E. en 1965 et en 1970 et la production industrielle

Corrections du montant de la consommation finale d'énergie en fonction des variations de stocks chez les consommateurs et des variations de température

en millions de t.é.c.

	Consommation d'énergie ⁽¹⁾ (série historique)	Correction dues aux variations de		Consommation d'énergie (série corrigée)
		stocks	température	
1950	214	—	+ 0,9	214,9
1951	254	+ 0,2	+ 1,8	256
1952	257	- 1,5	- 3,6	251,9
1953	251	+ 1,5	+ 4,05	256,5
1954	270	+ 0,7	- 4,05	266,7
1955	294	- 1,1	- 3,6	289,3
1956	318	- 1,4	- 11,7	304,9
1957	321	- 2,4	+ 3,6	322,2
1958	314	+ 0,2	- 0,9	313,3
1959	312	+ 2,6	+ 11,25	325,8
1960	348	+ 1,3	0	349,3

(*) Les chiffres de la première colonne ont été préparés par M. Gilbert BLOCK (O.E.C.D.).

Recherche d'une relation entre :

l'indice de production industrielle i

l'indice de la consommation d'énergie après correction e

le temps t

$r(t)$ désigne le rapport $e(t)$ sur $i(t)$.

Les valeurs de r pour les diverses années sont récapitulées au tableau ci-dessous p. 20.

⁽¹⁾ Consommation de tous les secteurs (sauf celui de l'électricité) y compris pertes et auto-consommation.

Evolution comparée de la consommation d'énergie (valeur corrigée) et de la production industrielle dans les pays de la C.E.E.

	Production industrielle	Consommation d'énergie	
		Indices	en millions de t.é.c.
1951 (*)	100	100	(256)
1952	101	98,4	(251,9)
1953	108,7	100,2	(256,5)
1954	119,5	104,2	(266,7)
1955	133,7	113,0	(289,3)
1956	144,5	119,1	(304,9)
1957	156,4	125,9	(322,2)
1958	160,8	122,4	(313,3)
1959	170,6	127,3	(325,8)
1960	194,7	136,4	(349,3)

(*) L'accroissement anormal entre 1950 et 1951, tant de la consommation d'énergie que de la production industrielle, nous a amené à prendre 1951 comme base de calcul.

En désignant par a le taux moyen d'expansion de la consommation d'énergie et par b le taux moyen d'expansion de la production industrielle, r est de la forme :

$$r = \frac{(1 + a)^t}{(1 + b)^t}$$

Un développement en série donne, en négligeant les termes de degré > 1 , $r = \frac{1 + at}{1 + bt}$, ce qui donnerait pour r une branche d'hyperbole évidemment décroissante, du fait que $a < b$, avec une asymptote horizontale $\frac{a}{b}$ pour $t = \infty$. Ceci conduit à rechercher pour la série des termes r un ajustement de la forme $a + \frac{b}{c^t} = r^x$.

Un tel ajustement appliqué à la série régularisée au moyen de moyennes mobiles de 3 ans, r' , donne :

$$r^x = 0,03 + \frac{0,97}{1,037^t}$$

La faible valeur du paramètre $a = 0,03$ conduit à rechercher pour r' un ajustement plus simple :

$$r_1^x = \frac{1}{(1 + \varepsilon)^t} = \frac{1}{(1,04)^t}$$

Pour 1965, soit 14 ans, $r = 0,58$.

Pour 1970, soit 19 ans, $r = 0,48$.

d'où,

les valeurs :

$$\left. \begin{aligned} e_{1965} &= 268 \times 0,591 \sim 158,5 \\ e_{1970} &= 369 \times 0,475 \sim 175,3 \end{aligned} \right\} \text{Base 1951}$$

$$\text{ou } \left. \begin{aligned} e_{1965} &= 116,4 \\ e_{1970} &= 128,5 \end{aligned} \right\} \text{base 1960}$$

et les taux d'accroissement correspondants :

$$1960-1965 = 3,10\%$$

$$1960-1970 = 2,55\%$$

$$1965-1970 = 2,00\%$$

Evolution du rapport (r) de l'indice de la consommation d'énergie à l'indice de la production industrielle

	<i>r</i>	<i>r'</i>	<i>r</i> ₁ ^x
1951	100,0		1
1952	97,4	96,5	96,2
1953	92,2	92,2	92,5
1954	87,2	88,1	88,9
1955	84,6	84,7	85,4
1956	82,4	82,5	82,2
1957	80,5	79,7	79,0
1958	76,1	77,1	76,0
1959	74,6	73,6	73,1
1960	70,05		70,2

ANNEXE III

République fédérale d'Allemagne : schéma d'un calcul de la consommation d'énergie primaire substituable et non substituable en 1975

I. Approvisionnement en énergie primaire

Secteur non substituable	Millions de t.é.c.	Secteur substituable	Millions de t.é.c.
a) Centrales électriques, hydrauliques et nucléaires	11,3	a) Consommation finale d'énergie substituable	126,4
b) Lignite		b) Energie substituable pour la transformation & l'autoconsommation :	
Centrales électriques	22,7	production d'électricité	50,9
Agglomérés & autoconsommation	7,2	autoconsommation des cokeries ((10,3 Mrd.m.c.)	5,9
Autres	1,7	autoconsommation des raffineries	8,0
Production	31,6	autoconsommation de la production de gaz naturel	0,5
Importations nettes	2,5		
	34,1		65,3
		c) Total énergie substituable	191,7
c) Houille		d) Energie inéluctable	
Centrales minières	15,8	briques de lignite et semi-coke	10,0
Autoconsommation	2,0	gaz des cokeries	12,6
Cokeries (charbon à coke)	65,0	gaz naturel	6,4
	82,8	tourbe	2,0
exportation de coke	9,7	gaz de gueulards	14,0
	73,1		45,0
d) Gaz naturel et tourbe	8,4	e) Raffineries allemandes	
c) Pétrole brut (calculés sur base des besoins d'essence (85 Mt)	121,5	production (61,5 Mt)	
	248,4	carburants (13,5 Mt)	67,2
		fuel et gas-oil (48,0 Mt)	8,4
		gaz résiduel (5 Mt)	
			75,6
		f) Total énergie inéluctable	120,6

II. Bilans consolidés (1975)

Besoins d'énergie primaire	Millions de t.é.c.
a) Secteur de substitution	191,7
b) Total énergie inéluctable	120,6
	71,1
c) Consommation nette d'énergie substituable	71,1
d) Energie non substituable	248,4
	319,5
e) Total énergie primaire	319,5

Bilans d'énergie primaire en 1975

a) Houille	73,1
b) Lignite	34,1
c) Pétrole brut	121,5
d) Tourbe et bois	2,0
e) Gaz naturel	6,4
f) Electricité hydraulique et nucléaire	11,3
<hr/>	
g) Energie non substituable	248,4
h) Consommation nette d'énergie substituable	71,1
i) Consommation totale d'énergie primaire	319,5

ANNEXE IV

Emploi des tableaux d'échanges interindustriels (*)

Les modifications dans la structure de l'appareil productif trouvent une de leurs sources principales dans les modifications de structure de la demande finale, celles-ci s'exprimant par le fait que l'élasticité de chacun des éléments de cette demande par rapport à un indicateur global tel que le produit national, est différent de 1, supérieur pour certains éléments et inférieur pour d'autres. On peut alors, à l'aide des coefficients de la matrice technique inversée, exprimer la consommation d'énergie dans l'économie en fonction de chacun des éléments de la demande finale.

- Soit X_i la production du secteur i ;
 x_{ik} les livraisons du secteur i au secteur k ;
 D_i la demande finale qui comprend les éléments suivants :
 M_i consommation des ménages,
 A_i consommation des administrations;
 K_i formation brute de capital fixe,
 S_i variations de stock,
 I_i importations,
 E_i exportations;
 P produit national.

Le système de relations exprimant l'équilibre entre ressources et emplois par catégorie de produit s'écrit :

$$X_i = \sum x_{ik} + D_i$$

(*) Je dois à la bienveillante obligeance de MM. P. MAILLET et G. HIPPEL l'autorisation de reproduire ici une partie d'un exposé qu'ils ont présenté conjointement au Congrès d'Econométrie de Paris, en août 1961.

si on ajoute les relations techniques

$$x_{ik} = a_{ik} X_k$$

le système devient

$$X_i = \sum A_{ik} X_k + D_i$$

ou sous forme matricielle

$$X (I - M) = D$$

qui peut encore s'écrire

$$X = (I - M)^{-1} D$$

ou $X_i = \sum_k A_{ik} D_k = \sum_k A_{ik} (M_k + A_k + K_k + S_k + E_k - I_k)$

On peut alors dissocier, dans le passé, l'influence des deux facteurs agissant sur la consommation globale d'énergie : évolution de la demande, évolution des consommations spécifiques.

Soit $X_E(t)$ la consommation d'énergie de l'année t , $A_{ik}(t)$, les coefficients de la matrice inverse $(I - M)^{-1}$, $D_k(t)$ la demande finale de l'année t .

$$X_E(t) = \sum A_{ik}(t) D_k(t)$$

On pourrait enfin envisager, pour le calcul des deux premiers effets, une présentation plus générale; en reliant chacun des éléments de la demande finale au produit national, afin finalement d'exprimer la consommation d'énergie en fonction du PNB.

Si on écrit $D = f(P)$ ou $D_k = f_k(P)$,

on obtient $X = (I - M)^{-1} f(P)$

ou $X_i = \sum A_{ik} f_k(P)$

On peut envisager deux types de calculs, l'un en valeur, l'autre en quelque sorte en quantités physiques. Le calcul en valeur ne soulève aucune difficulté particulière; mais, appliqué à l'ensemble de l'énergie, il a une signification limitée, car on additionne une tonne de charbon à 1 centime la thermie et de l'essence à 9 centimes la thermie, des kWh à 6 centimes et des kWh à 25 centimes. On peut alors, au contraire, essayer de se ramener à une unité physique, p. ex. la t.e.c., en opérant une correction destinée à évaluer tous les produits énergétiques sur la base du prix de l'un d'entre eux — p. ex. le charbon départ mine — les rapports de prix étant égaux aux coefficients de conversion entre unités physiques définies plus haut.

Il existe une application à la France sur base d'un tableau d'échanges interindustriels condensé en 16 secteurs.

A la base des coefficients de la matrice inversée $(I - M)^{-1}$, on peut établir la production nécessaire d'énergie (en millions NF) pour 1 milliard NF de demande finale de chaque catégorie de produits.

France : Production d'énergie nécessaire pour 1 milliard NF de demande finale en 1956

en millions de NF

	Combustibles solides 1	Produits pétroliers 2	Electricité 3	Energie primaire 4 = 1 + 2 + 0,48 × 3
01 Produits de l'agriculture	5,1	10,5	2,3	16,7
02 Produits des industries alimentaires	10,9	14,9	2,9	27,2
06 Matériaux de construction	54,6	44,6	10,5	104,2
07 Produits sidérurgiques	176,3	18,0	7,7	198,0
08 Minerais et métaux non-ferreux	43,1	24,6	32,9	83,4
09 Produits des industries mécaniques et électriques	35,8	16,3	7,5	55,7
10 Produits chimiques	41,0	24,0	11,2	70,4
11 Textiles	18,9	10,6	5,6	32,2
12 Bois, papier	18,2	18,9	5,6	39,8
13 Bâtiment et travaux publics	—	—	—	30,0
14 Transports	28,9	12,1	4,2	43,0
16 Services	11,1	18,2	2,3	30,4

Ainsi le remplacement de 1 milliard NF d'exportations de machines par 1 milliard de produits chimiques se traduit par des besoins supplémentaires de 15 millions NF d'énergie (soit 0,25 million de tonnes d'équivalent charbon). Le remplacement d'exportations de 1 milliard de produits sidérurgiques (soit 2 millions de tonnes acier laminé) par 1 milliard de machines aurait réduit les besoins d'énergie de 2,5 millions t.e.c.

De ces diverses indications semble se dégager la conclusion que les éléments fondamentaux pour la prévision des besoins d'énergie sont par ordre d'importance :

- le taux de croissance économique,
- le taux de progrès technique dans l'utilisation de l'énergie,
- la déformation de la structure de l'économie.

Ce résultat n'est évidemment valable que pour les besoins globaux; pour certains besoins spécifiques ainsi que pour la répartition entre formes d'énergie, les déformations de structure revêtent une importance beaucoup plus grande.

ANNEXE V

Comparaison entre différentes prévisions des besoins d'énergie des pays de la communauté européenne

I. Prévision du Rapport «Un objectif pour Euratom» publié en mai 1957 :

a) Hypothèses de base	1955-65	1965-1975
Accroissement de la population active (en % du niveau initial)	6,5	3,4
Taux annuels de productivité (en %)	3,7	2,7 (a)
Taux annuel d'accroissement du PNB (en %)	4,3	3,1

(a) en supposant que, pendant cette période, la durée moyenne du travail sera réduite de 3% et la productivité totale par heure augmentée de 35%

b) Total des besoins d'énergie							
	Rép. féd. d'Allem. (et Sarre)	Belgique	France	Italie	Luxembourg	Pays-Bas	Six Pays
Indice du PNB							
1965(1955 = 100)	155	139	149	163	115	138	152
1975(1965 = 100)	137,5	129	134	142,5	110,6	126,5	135,5
Variations de la demande d'énergie par rapport aux variations du PNB							
1965(1955 = 100)	0,70	0,70	0,90	1,00	0,95	0,90	0,79
1975(1965 = 100)	0,70	0,75	0,95	1,05	0,95	1,00	0,83
Indice des besoins d'énergie							
1965(1955 = 100)	138,5	127,3	144,1	163,0	114,2	134,2	141,3
1975(1965 = 100)	126,5	120,2	132,2	144,6	110,1	126,5	129,8
Besoins d'énergie en millions de t.é.c.							
1955	182	34	107	47	4	27	400
1960	214	38	129	59	4	31	475
1965	252	43	154	76	5	36	566
1970	286	47	178	72	5	40	648
1975	318	51	202	10	5	45	731

II. Prévision à base des hypothèses modifiées (suivant étude actuellement en cours à la CEE)

a) Taux annuels d'accroissement du P.N.B.

	Rép.Féd. d'Allem.	Belgique	France	Italie	Luxem- bourg	Pays- Bas	Six Pays
1955-60	6,1	2,4	4,2	5,9	n.d.	4,2	5,1
1960-65	4,6	3,7	5,0	5,2	n.d.	4,0	4,7
1965-70	4,6	3,7	4,8	5,1	n.d.	4,2	4,7
1970-75	4,8	4,0	4,6	4,7	n.d.	4,2	4,7

b) Total des besoins d'énergie primaire en millions de t.é.c.

1955	180,9	30,3	108,3	42,1	4,1	24,7	390,6
1960	205,8	32,5	130,4	63,8	4,8	29,6	467,0
1965	235,0	37,0	162,0	91,0	5,5	35,0	566,0
1970	272,0	42,0	199,0	124,0	6,4	41,0	684,0
1975	315,0	48,0	240,0	159,0	7,5	48,0	818,0

ANNEXE VI

Exemple d'un calcul approximatif sur la couverture des besoins d'énergie de la communauté jusqu'au milieu ou vers la fin des années 1970

Hypothèses : Taux d'expansion générale pendant toute la période : 4,7% par an
 Consommation d'énergie primaire (environ) 800 Millions t.é.c.
 Fourchette des prix charbon et fuel lourd sur les côtes de la Mer du Nord, ramenée à la thermie : 0,8 — 1,2.

	millions de t.é.c.		%	
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>B</i>
Houille	176	272	22	34
Lignite	40	40	5	5
Produits pétroliers, Gaz naturel	508	412	63,5	51,5
Energie hydraulique	60	60	7,5	7,5
Energie nucléaire (*)	16	16	2	2
Total	800	800	100,0	100,0

(*) Projets actuels.