

La production mondiale d'électricité, l'énergie nucléaire et les marchés du pétrole

Selon les analystes, l'énergie nucléaire compte pour près d'un tiers dans l'augmentation de la production mondiale d'électricité depuis 1973

La production et la consommation mondiales d'énergie se sont radicalement modifiées au cours des 15 dernières années. Les événements les plus remarquables ont été les fortes fluctuations de prix, la politisation de l'offre mondiale et des prix du pétrole, ainsi que les profonds changements de structure de la production et de la consommation.

Notre article se fonde sur une étude faite par des analystes de l'énergie de Science Concepts, Inc. (Etats-Unis); il retrace l'évolution de l'offre mondiale d'énergie depuis 1973-1974, époque de la première crise du pétrole, et en tire d'importantes leçons pour l'avenir. L'étude s'intéresse en particulier au rôle du secteur de l'énergie électrique, parce que l'accroissement de la consommation de combustible a eu lieu sans que le pétrole y participe; il est même directement responsable de son remplacement.

Avant 1973, le monde comptait de plus en plus sur le pétrole pour satisfaire ses besoins énergétiques de tous ordres, y compris la production d'électricité. En 1973, le pétrole assurait plus d'un quart de la production mondiale d'électricité. En revanche, en 1987, et malgré une forte poussée de la demande, le pétrole avait reculé et n'assurait plus que 10% de la production. L'énergie nucléaire a joué un rôle important à cet égard. Les analystes de Science Concepts ont relevé que, entre ces deux dates, l'énergie nucléaire avait remplacé 11,7 milliards de barils de pétrole au total dans le monde, ce qui représente 323 milliards de dollars.

L'importance croissante de l'électricité est évidente; en effet, la proportion de l'énergie primaire mondiale consacrée à sa production est passée de 24% en 1973 à 28% en 1987.

Par ailleurs, la consommation mondiale d'électricité a augmenté de 56% depuis 1973, tandis que celle des autres formes d'énergie a augmenté beaucoup plus lentement, n'atteignant que 24% au total; dans les pays industriels, la consommation d'énergie non électrique a même baissé de 9% alors que la consommation d'électricité augmentait de 50%. Ce phénomène a complètement modifié la structure mondiale de la consommation d'énergie. Depuis 1979, les livraisons des pays de l'OPEP ont baissé de 12 millions de barils par jour, alors même que l'augmentation de la consommation d'énergie dans le monde représentait l'équivalent de 16 millions de barils par jour*. Non seulement l'OPEP a perdu une fraction de sa part des marchés existants, mais elle n'a pas pu se placer sur les nouveaux marchés de l'énergie nés de la croissance économique. Il est clair que des sources d'énergie autres que le pétrole de l'OPEP ont pris la relève pour alimenter la croissance économique.

Entre 1973 et 1987, la consommation mondiale d'énergie a augmenté de 39%, soit 38 millions de barils par jour d'équivalent pétrole. Cette croissance n'a été que brièvement interrompue lorsque les prix ont augmenté en 1973-1974 et en 1979. Depuis 1983, la consommation mondiale d'énergie augmente de 3% par an**. Cette augmentation de 3% correspond à l'énergie nouvelle qui doit être fournie chaque année: pour la seule année 1987, elle représentait une demande supplémentaire équivalant à 4 millions de barils de pétrole par jour.

Dans le même temps, les ventes de l'OPEP ont baissé de 12 millions de barils par jour, c'est-à-dire presque 40% de leur production record de 1979. C'est ce fléchissement des marchés du pétrole qui a complètement modifié l'économie de la production énergétique mondiale. En 1979, l'OPEP dominait les marchés mondiaux du pétrole; les prix du pétrole augmentaient, faisant augmenter à leur tour les prix des autres formes d'énergie et, dans de nombreux secteurs du monde industriel, l'inflation

Cet article reprend une étude de Science Concepts, Inc., préparée pour le US Council for Energy Awareness, organisation non gouvernementale ayant son siège à Washington DC. On peut obtenir le texte intégral de l'étude en s'adressant à USCEA, 1776 Eye St. NW, Suite 400, Washington, DC 20006, Etats-Unis.

* BP Statistical Review of World Energy (juin 1988).

** En 1982, la consommation d'électricité des pays à économie de marché était de 5625 milliards de kilowattheures; elle atteignait 6778 milliards de kilowattheures en 1987, ce qui représente une augmentation composée annuelle de 3,8%.

retrouvait ses taux élevés d'après-guerre. Depuis lors, l'OPEP a perdu dans une large mesure son aptitude à contrôler les prix et à dominer le marché du pétrole. Les prix de l'énergie sont au niveau le plus bas qu'ils aient atteint depuis longtemps et le monde industriel ne connaît pas de hausse des prix imputable à l'énergie. La raison de ce revirement est l'arrivée en masse d'autres combustibles sur le marché, qui ont répondu à la demande croissante d'énergie dans le monde et, en même temps, écarté le pétrole de l'OPEP.

Au-delà des chiffres, on voit apparaître toute l'importance du secteur électrique. La plupart du charbon, des quantités significatives de gaz naturel et toute l'énergie nucléaire et hydraulique sont consacrés à la production d'électricité. L'énergie nucléaire et l'énergie hydraulique sont globalement plus douces pour l'environnement; ce sont des ressources généralement autochtones et sûres, et elles ont une grande marge de développement. Le solde de l'augmentation de l'offre était essentiellement assuré par l'accroissement de la production de pétrole extérieure à l'OPEP, laquelle décline à son tour (par exemple: Mer du Nord et Alaska).

L'énergie nucléaire a assuré 31% de l'augmentation de la production mondiale d'électricité.

L'électricité et la croissance économique

Vu le rôle important des combustibles utilisés par le secteur électrique, il n'est pas surprenant que la consommation mondiale d'électricité ait augmenté de plus de 50% depuis 1973, ce qui équivaut à la production de 345 centrales de 1000 mégawatts*. Parallèlement, l'énergie autre que l'électricité (c'est-à-dire d'emploi direct) n'a augmenté que de 24%.

Dans le monde industriel, la tendance à l'électrification est encore plus prononcée. Dans les 24 pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), l'emploi direct de l'énergie a en fait diminué de 9% depuis 1973. Il est remarquable qu'une croissance économique de 50% ait pu avoir lieu alors que la consommation directe d'énergie était moindre qu'il y a 15 ans. Cette amélioration du rendement énergétique peut être attribuée en partie à l'emploi de l'électricité dans des opérations qui auparavant utilisaient des combustibles. Elle est également due au fait que les nouveaux procédés utilisant l'électricité sont d'un rendement bien supérieur à ceux qui employaient directement le combustible**. L'usage accru de l'électricité au détriment de l'énergie non électrique est évident dans les pays industriels.

Cette tendance fait aussi apparaître quelques différences notoires entre le monde occidental industriel et les pays de l'Europe orientale, de même qu'entre cet occident industrialisé et les régions en développement du monde. A mesure que les pays de l'Est et les pays du

tiers monde se développent, on peut raisonnablement penser que la demande d'électricité augmentera comme dans le monde occidental, demeurant solidaire de la croissance économique et surpassant celle des autres formes d'énergie.

On peut également juger la situation en considérant les quantités de combustible ou d'électricité nécessaires par unité de produit économique. Il est clair que l'amélioration du rendement de l'énergie dans les pays industriels est due à la substitution croissante de l'électricité à l'énergie directe.

Ce phénomène a d'importantes conséquences sur les plans de l'économie et de l'environnement:

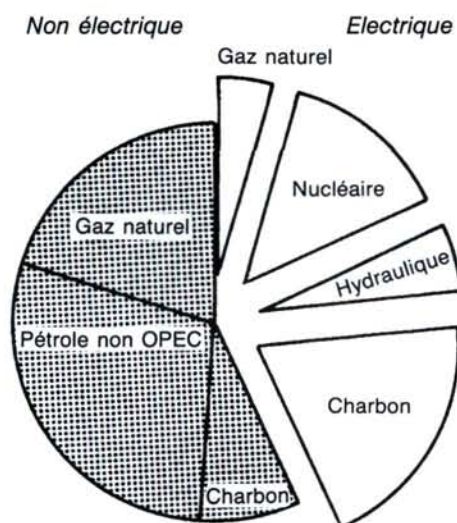
- Il est probable que le rendement de l'énergie continuera de s'améliorer globalement en parallèle avec l'augmentation de la consommation d'électricité et la croissance économique;

- Le recours à l'électricité de préférence aux combustibles ne peut qu'améliorer la qualité de notre atmosphère;

- Comme l'électricité peut être produite à l'aide de différents combustibles, les pays peuvent choisir ceux qui sont les moins chers, les plus sûrs et les moins nuisibles à l'environnement à longue échéance.

Dans les pays où la consommation d'énergie non électrique diminue, la consommation d'électricité augmente fortement. En développant l'électrification, ces pays doivent importer moins de combustibles fossiles et favorisent la croissance économique tout en ménageant l'environnement. Ce n'est pas par hasard que ces pays sont aussi ceux où le nucléaire connaît le plus grand essor. Ce n'est pas non plus par hasard que la consommation de pétrole importé pour produire de l'électricité diminue à mesure que le parc nucléaire se développe.

Sources du complément mondial d'énergie depuis 1973



* Dans les pays de l'OCDE, l'augmentation est de 2118,7 milliards de kilowattheures. Une centrale de 1000 mégawatts, utilisée à 70% de sa capacité, produit 6,1 milliards de kilowattheures par an. L'énergie nucléaire et l'énergie hydraulique ont assumé pratiquement la totalité de l'augmentation, remplaçant les combustibles fossiles.

** *Heating Homes: A Comparison of the Energy Efficiency and Economic Competitiveness of Natural Gas and Electricity*, Calvin C. Burwell (janvier 1988).

Analyses par pays

Voici quelques extraits des analyses par pays faites par Science Concepts pour la période 1973-1987:

BELGIQUE: La production nucléo-électrique a remplacé environ 200 000 barils de pétrole par jour et près de 2,5 milliards de mètres cubes de gaz naturel en 1987. Le pétrole n'est pratiquement plus utilisé pour produire de l'électricité.

CANADA: Sans l'énergie nucléaire, on estime que le Canada aurait utilisé annuellement 73 millions de barils de pétrole en plus. L'énergie nucléaire a également remplacé plus de 20 milliards de mètres cubes de gaz depuis 1973.

ESPAGNE: La production nucléo-électrique du pays a triplé depuis 1983, remplaçant presque exclusivement la production à base de pétrole.

ETATS-UNIS: Le pays est le plus grand producteur d'énergie nucléo-électrique du monde et comptait pour 30% de la production mondiale en 1987. Cette année-là, l'énergie nucléaire aux Etats-Unis a remplacé 260 millions de barils de pétrole, 32,5 milliards de mètres cubes de gaz naturel et 90 millions de tonnes de charbon.

FINLANDE: L'énergie nucléaire a permis d'augmenter la production d'électricité de près de 70%, alors que la consommation de pétrole à cette fin a diminué de 60%.

FRANCE: La France produisant actuellement plus de 70% de son électricité à partir de l'énergie nucléaire, on estime qu'elle s'est épargnée l'importation de plus de 2,2 milliards de barils de pétrole depuis 1973. A elle seule, la France compte pour presque un quart du pétrole remplacé dans le monde par l'énergie nucléaire.

ITALIE: Les trois centrales nucléaires en service dans le pays ont produit 4% de l'électricité en 1987, évitant l'importation de 37 000 barils de pétrole par jour.

JAPON: Le Japon a consommé en 1987 23% moins de pétrole qu'en 1973. Cela s'explique par le remplacement progressif du pétrole, qui assurait une grande partie de la production (73% en 1973, 26% en 1987), par l'énergie nucléaire et le gaz naturel.

PAYS-BAS: Les deux centrales nucléaires en exploitation ont remplacé 1000 barils de pétrole par jour et plus de 1 milliard de mètres cubes de gaz naturel par an.

REPUBLIQUE FEDERALE D'ALLEMAGNE: En 1987, la quantité de charbon que l'énergie nucléaire a remplacé est estimée à 14,5 millions de tonnes; le charbon assure 55% de la production totale d'électricité et le nucléaire environ 30%. Le gaz ne compte actuellement que pour environ 6% de la production, alors que sa part était de près de 20% en 1979. Par ailleurs, la consommation de pétrole est tombée de 200 000 barils par jour en 1973 à 28 000 seulement en 1987.

ROYAUME-UNI: L'énergie nucléaire a produit plus de 20% de l'électricité au Royaume-Uni, en 1987, et remplacé près de 80 000 barils de pétrole par jour et près de 2 milliards de mètres cubes de gaz naturel. On estime que le pétrole épargné grâce à l'énergie nucléaire depuis 1973 représente environ 4% des exportations de pétrole du Royaume-Uni et un gain de 500 millions de dollars par an.

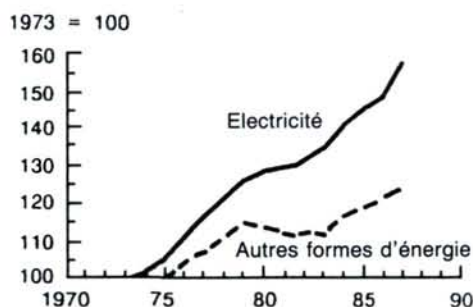
SUEDE: Les 12 centrales nucléaires du pays (qui assuraient à peu près la moitié de la production d'électricité) ont économisé environ 300 000 barils de pétrole

par jour en 1987; plus de 700 millions de barils ont été épargnés en Suède depuis 1973. Le pétrole représentait moins de 2% de la production totale en 1987, après une chute brutale depuis les 20% qu'il assurait en 1973.

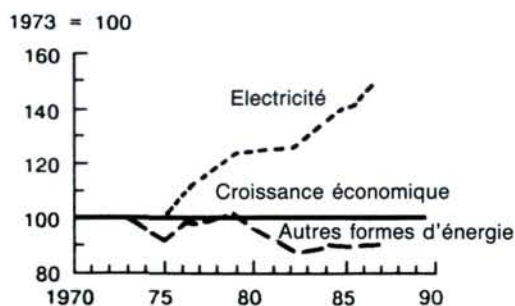
SUISSE: L'énergie nucléaire produit plus de 40% de l'électricité consommée dans le pays et remplace plus de 120 000 barils de pétrole par jour, ce qui a permis de réduire la consommation pour la production d'électricité à moins de 1000 barils par jour.

AUTRES PAYS (URSS et Europe orientale): Entre 1973 et 1987, les centrales nucléaires de Bulgarie, de Hongrie, de République démocratique allemande, de Tchécoslovaquie, de Yougoslavie et d'URSS ont remplacé environ 1 milliard de barils de pétrole, plus de 108 milliards de mètres cubes de gaz naturel et 212 millions de tonnes de charbon.

**Electricité
et autres formes d'énergie:
Consommation mondiale**



**Consommation
dans les pays industriels (OCDE)**



Combustibles remplacés par l'énergie nucléaire: historique

MONDE ENTIER

	1987	Valeur (\$ E.-U.)	1973-1987	Valeur (\$ E.U.)
Pétrole	5 millions b/j	32,0 milliards	11,7 milliards de barils	323 milliards
Gaz	85 milliards de m ³	9,0 milliards	425 milliards de m ³	96 milliards
Charbon	185 millions de tonnes	9,3 milliards	1,5 milliard de tonnes	75 milliards

REGIONS

Amérique du Nord			Europe occidentale		
	1987	1973-1987		1987	1973-1987
Pétrole	1 million b/j	4 milliards de barils	Pétrole	2,2 millions b/j	4,7 milliards de barils
Gaz	36,2 milliards de m ³	90,6 milliards de m ³	Gaz	23,15 milliards de m ³	150 milliards de m ³
Charbon	97 millions de tonnes	750 millions de tonnes	Charbon	26 millions de tonnes	273 millions de tonnes
URSS et Europe orientale			Autres régions		
	1987	1973-1987		1987	1973-1987
Pétrole	400 000 b/j	1 milliard de barils	Pétrole	1,3 million b/j	2 milliards de barils
Gaz	28,2 milliards de m ³	124 milliards de m ³	Gaz	311,6 millions de m ³	59,5 milliards de m ³
Charbon	18 millions de tonnes	212 millions de tonnes	Charbon	44 millions de tonnes	265 millions de tonnes

QUELQUES PAYS

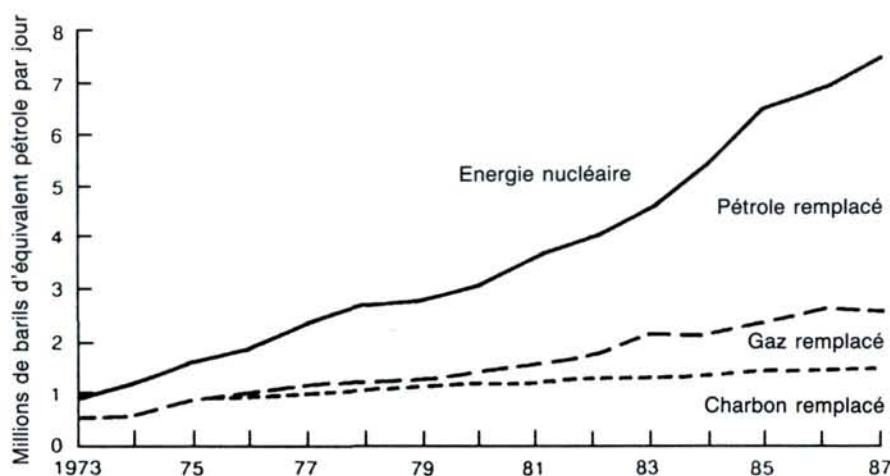
Etats-Unis			France		
	1987	1973-1987		1987	1973-1987
Pétrole	800 000 b/j	3,5 milliards de barils	Pétrole	1 million b/j	2,2 milliards de barils
Gaz	34 millions de m ³	110,5 milliards de m ³	Gaz	2,5 milliards de m ³	19,8 milliards de m ³
Charbon	90 millions de tonnes	800 millions de tonnes	Charbon	2 millions de tonnes	12 millions de tonnes
Japon			République fédérale d'Allemagne		
	1987	1973-1987		1987	1973-1987
Pétrole	800 000 b/j	2 milliards de barils	Pétrole	200 000 b/j	0,3 milliard de barils
			Gaz	13,7 milliards de m ³	73,6 milliards de m ³
			Charbon	14 millions de tonnes	160 millions de tonnes

Pétrole remplacé et achats de pétrole évités grâce à l'énergie nucléaire, 1973-1987

	Pétrole remplacé (milliards de barils)	Achats de pétrole évités (milliards de dollars)		Pétrole remplacé (milliards de barils)	Achats de pétrole évités (milliards de dollars)
Amérique du Nord	4	114	URSS	1,0	36
Europe occidentale	4,7	150	Autres régions	2,0	23
Monde entier				11,7	323

Notes: b/j = barils/jour. Les valeurs sont exprimées en dollars des Etats-Unis de 1987.

Combustibles remplacés par l'énergie nucléaire dans le monde entier: 1973-1987



Analyse du remplacement des combustibles par l'énergie nucléaire

Les analystes de Science Concepts ont fait une étude détaillée par année et par pays de la production mondiale d'électricité à partir d'un modèle informatique. Ils ont constaté que depuis 1973 l'énergie nucléaire avait remplacé au total 11,7 milliards de barils de pétrole, plus de 420 milliards de mètres cubes de gaz naturel et plus de 1,5 milliard de tonnes de charbon.

Le modèle informatique a permis d'évaluer par pays les quantités de combustibles remplacées chaque année, à partir de la puissance installée et compte tenu de l'accroissement du parc nucléaire et des variations de l'offre d'autres combustibles. Ces chiffres répondent à la question: combien de combustible aurait-il fallu brûler sans l'énergie nucléaire?

Pour élaborer le modèle informatique, il a fallu étudier la situation énergétique de chaque pays telle qu'elle se présentait chaque année, en supposant dans chaque cas que l'électricité produite par les centrales nucléaires avait en fait été produite par d'autres centrales. Aux fins du calcul, la priorité absolue a été donnée à l'électricité produite avec le charbon, et cela parce que le charbon a généralement la préférence dans les pays qui l'utilisent, soit parce qu'il est bon marché (Amérique du Nord), soit parce que son extraction est une industrie de prédilection du pays (Royaume-Uni, République fédérale d'Allemagne). Les analystes ont également supposé que la puissance installée des centrales au charbon était exploitée au maximum, c'est-à-dire que toutes les centrales thermiques fonctionnaient à plein régime et que toutes celles qui existaient à l'état de projet avaient été construites comme prévu.

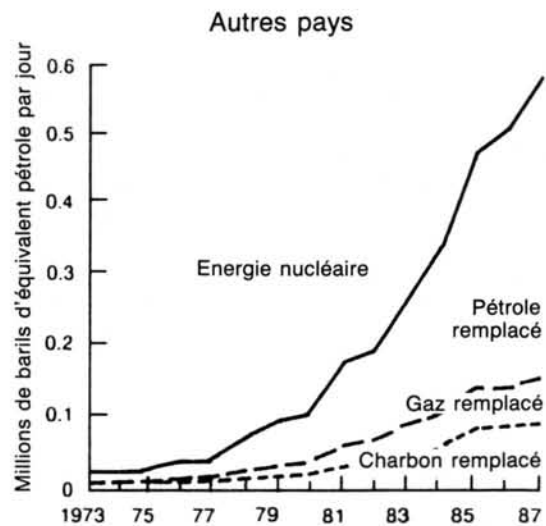
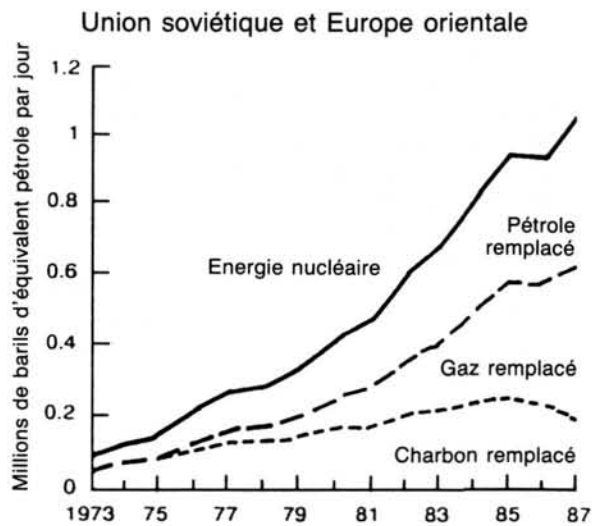
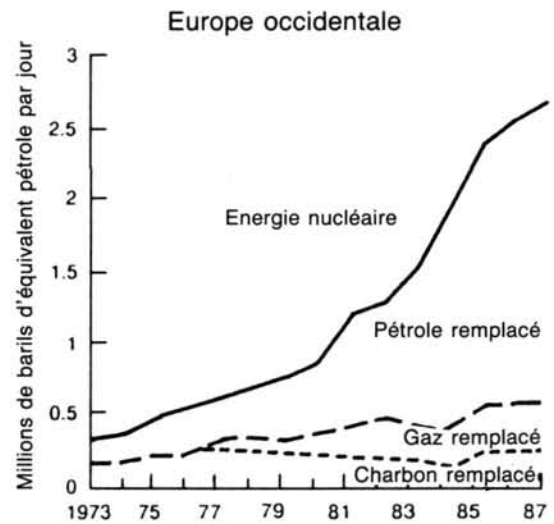
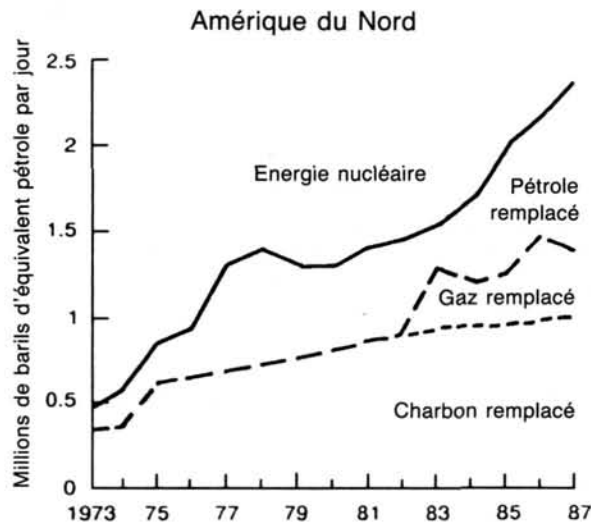
Ils ont également appliqué un facteur portant les approvisionnements de charbon de chaque pays au maximum crédible pour chaque année.

Une fois le charbon exploité au maximum, notre second choix a été le gaz naturel. Sa consommation a été portée au maximum possible par un calcul analogue. La consommation de gaz pour produire de l'électricité a baissé dans tous les pays étudiés, à l'exception du Japon. On a supposé que tel n'aurait pas été le cas en l'absence de l'énergie nucléaire. Le modèle a utilisé en outre les niveaux maximaux de consommation de gaz naturel comme s'ils correspondaient aux régimes permanents de production d'électricité. La différence entre ce niveau maximal permanent, pendant chaque année de la période 1973-1987, et le volume effectivement consommé était supposée représenter la quantité de gaz naturel remplacée par l'énergie nucléaire.

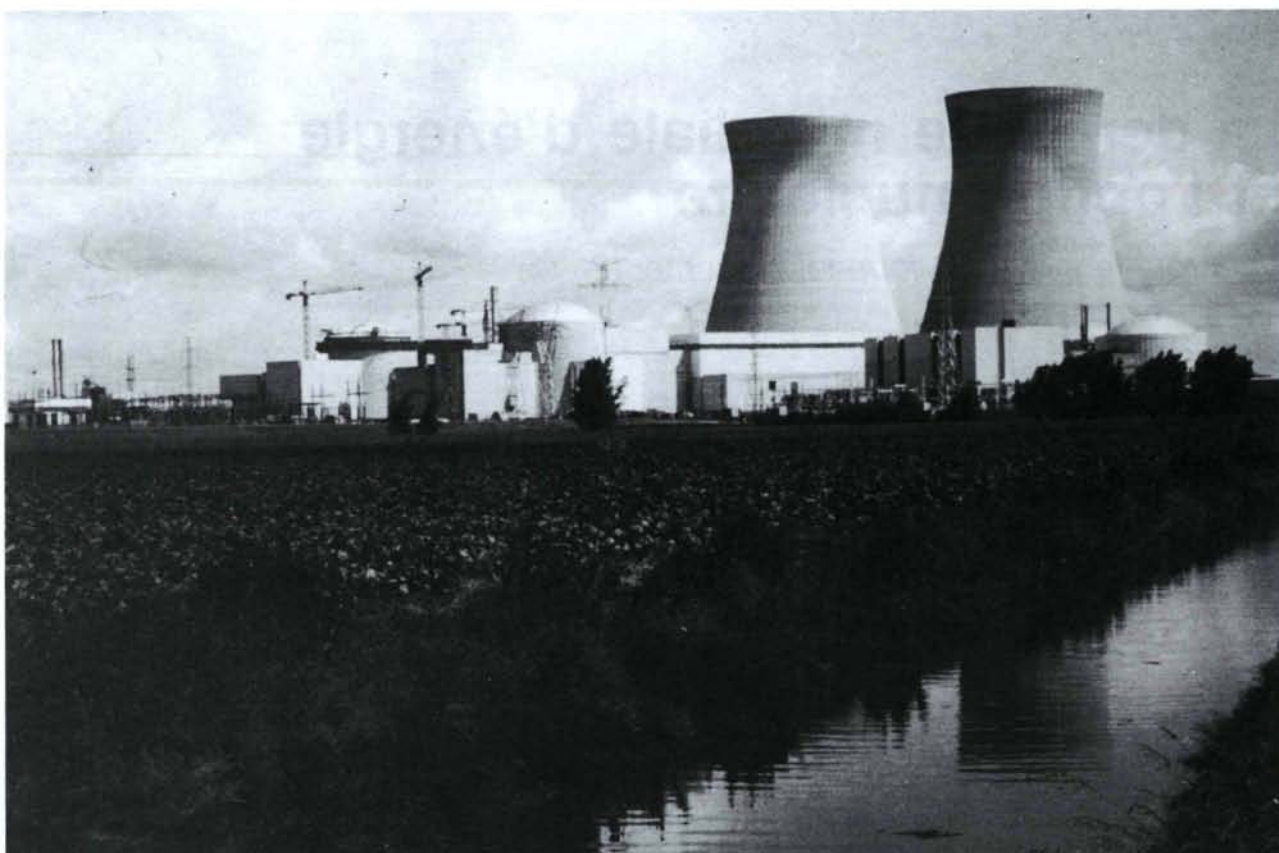
Enfin, le modèle a retenu le pétrole comme dernier recours pour la production d'électricité. Cette hypothèse correspond en fait à la réalité constatée dans la plupart des pays. On a supposé en outre que le pétrole n'était importé que si les quantités que le pays pouvait produire étaient insuffisantes.

Le résultat est une série d'estimations par année des quantités de combustibles remplacées par l'énergie nucléaire. Comme il s'agit d'une évaluation de ce qui se serait passé sans l'énergie nucléaire, les valeurs chiffrées sont approximatives. Toutefois, comme les calculs sont fondés sur la puissance installée réelle, sur son développement planifié et sur l'historique de la consommation de combustible dans chaque pays considéré, les analystes estiment que leur évaluation est néanmoins très proche de la vérité.

Combustibles remplacés par l'énergie nucléaire, par région



Les combustibles fossiles remplacés par l'énergie nucléaire entre 1973 et 1987 représentent une valeur totale de près de 500 milliards de dollars.



La centrale nucléaire de Doel, en Belgique, où plus de 60% de toute l'électricité sont d'origine nucléaire.

Combustibles remplacés par le nucléaire en 1987

	Production nucléo-électrique nette (milliards de kilowattheures)	Pétrole (millions de barils)	Charbon (millions de tonnes)	Gaz naturel (milliards de mètres cubes)	Achats OPEP évités (millions de dollars de 1987)
Etats-Unis	455,0	294	90	34	5,2
France	251,3	387	2	2,6	6,8
Japon	188,5	291	0	0	5,1
République fédérale d'Allemagne	123,2	69	14	13,7	
Canada	72,9	73	7	2,25	0,0
Suède	69,4	102	0	0	1,8
Royaume-Uni	48,9	50	6	2	0,9
Belgique	39,6	49	0	2,8	0,0
Espagne	39,5	57	0	1,1	1,0
Suisse	21,7	46	0	0	0,8
Finlande	18,5	12	4	0	0,2
Pays-Bas	3,4	0	0	0,9	0,0
Italie	0,1	13	0	0	0,2
TOTAL	1332,0	1443	163	59,35	23,2
Europe orientale	244,1	160	18	28,2	0,0
Autres pays	84,7	187	44	0,3	7,5
TOTAL MONDIAL	1660,8	1790	185	87,85	30,7

Notes: pour l'Europe orientale, les pays suivants ont été retenus par Science Concepts: URSS, Bulgarie, Hongrie, République démocratique allemande, Tchécoslovaquie et Yougoslavie. Les «autres pays» sont les suivants: Afrique du Sud, Argentine, Brésil, Inde, Pakistan, République de Corée et Taiwan (Chine). La production nucléo-électrique nette est reprise de *World Industry Handbook*, 1989.