

CES/POL. ENERG. (73)

V

L'ENERGIE ELECTRIQUE



## V L'ENERGIE ELECTRIQUE

### 1. LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Face au choix d'une forme d'énergie ou d'une autre, l'utilisateur et, au même titre sur un échelon plus global, l'homme politique passent obligatoirement en revue les points suivants :

- destination (calorifique, chimique ou motrice);
- régime de consommation : moyenne, amplitude et fréquence des pointes;
- prix;
- fiabilité (respectivement continuité en approvisionnement);
- aspect d'environnement.

La connaissance suffisamment précise des deux premiers points est primordiale pour le secteur de l'énergie électrique, puisqu'elle conditionne le prix; l'énergie électrique n'étant pas enmagasinable sous sa forme directe, elle se prête surtout à des consommations tant soit peu équilibrées.

Sa forme secondaire fait que l'énergie électrique est tributaire, en ce qui concerne sa fiabilité, de la forme d'énergie primaire servant à son élaboration, ainsi que des moyens de transport y afférents.

2. L'ENERGIE ELECTRIQUE DANS LE CONTEXTE DES AUTRES FORMES D'ENERGIE

21. Le Grand-Duché de Luxembourg

L'énergie électrique apparaît dans la consommation finale énergétique du pays avec une proportion d'environ 20 % (24,2 % pour la CEE). (1)

Année 1971	Luxembourg	
	10 <sup>3</sup> tec	%
Houille	237	3,84
Gaz naturel	-	-
Coke	1.736	28,16
Produits pétroliers non gazeux	1.622	26,30
Gaz dérivés et gaz naturel	1.330	21,58
Energie électrique	1.201	19,48
Divers	39	0,64
Consommation finale énergétique	6.167	

La tendance de la part de l'énergie électrique est croissante : environ 0,5 point par an.

La répartition de la consommation finale énergétique en énergie électrique s'établit pour 1971 à (2) :

Sidérurgie	1.742 GWh = 65,1 %
Chimie	112 GWh = 4,3 %
Foyers domestiques	414 GWh = 15,4 %
Autres	406 GWh = 15,2 %
Consommation finale énergétique	2.674 GWh = 100,00 %

La consommation industrielle prise dans son ensemble s'élève à 81,66 % de la consommation énergétique finale en électricité.

Sur le plan économique, l'énergie électrique représente environ 15 % des frais énergétiques globaux dans le secteur sidérurgique.

	Belgique		France		Allemagne Fédérale		Luxembourg	
	10 <sup>3</sup> tec	%	10 <sup>3</sup> tec	%	10 <sup>3</sup> tec	%	10 <sup>3</sup> tec	%
Houille	3.802	8,04	9.910	5,43	9.121	3,27	237	3,84
Gaz naturel	3.747	7,93	8.830	4,83	17.294	6,20	-	-
Coke	4.756	10,06	8.985	4,92	18.932	6,79	1.736	28,16
Produits pétroliers non gazeux	21.682	45,88	100.443	54,99	135.429	48,56	1.622	26,30
Gaz dérivés	3.002	6,36	9.104	4,98	12.941	4,64	1.330	21,58
Énergie électrique	9.303	19,69	40.997	22,45	73.618	26,40	1.201	19,48
Divers	948	2,04	4.378	2,40	11.572	4,14	39	0,64
Consommation finale énergétique	47.263		182.649		278.907		6.167	

L'I.I.S.I. (22) cite une part de 25 % revenant à l'électricité et prévoit jusqu'en 1980 une augmentation à 30 %.

Nous remarquons donc que le Luxembourg, de même que la Belgique, se situent en bas de l'échelle; pour le Luxembourg cette situation est conditionnée par les besoins élevés en coke de haut fourneaux.

23. L'évolution proportionnelle de l'énergie électrique (4)

	Luxembourg %	Belgique %	France %	Allemagne Fédérale %
1960	15,59	16,57	22,38	22,54
1963	16,00	15,47	21,07	21,99
1964	15,98	17,34	21,94	22,65
1965	16,42	17,25	22,01	23,49
1966	17,80	17,95	22,65	24,39
1967	18,50	17,80	22,45	24,73
1968	18,01	17,45	21,93	24,95
1969	17,33	17,84	22,32	25,02
1970	17,58	18,22	22,27	25,27
1971	19,48	19,69	22,45	26,40
1972				

Si la répartition chez nos voisins français est restée stationnaire, elle a évalué dans les trois autres pays avec un accroissement du pourcentage d'environ 4 points sur 11 ans; pour ces derniers pays le taux de croissance du secteur énergie électrique est donc plus élevé que celui des autres secteurs énergétiques.

3. LES BESOINS EN ENERGIE ELECTRIQUE31. Les consommateurs au Grand-Duché de Luxembourg (5)

Consommateurs	GWh	1960	1970	1971	1972
Sidérurgie		1.079	1.668	1.741	±1.797
Métaux non ferreux		-	1	2	
Chimie		6	88	112	
Produits minéraux non métalliques		33	41	44	
Extraction		59	51	46	
Denrées alimentaires		18	26	29	
Textiles, habillement, cuir		6	13	22	
Papier et imprimerie		-	-	-	
Fabrication métallique		17	31	35	
Autres branches		1	76	81	
Transports		18	34	29	
Foyers domestiques		115	414	459	
TOTAL		1.352	2.443	2.600	±2.845

Il découle de ce tableau que la consommation industrielle dépasse 80 % de la consommation globale, le secteur domestique ne représentant qu'environ 17 % (en RFA : 27 %).

Relevons cependant que c'est le secteur des foyers domestiques qui a enregistré la plus forte expansion : consommation quadruplée en 11 ans, le secteur industriel n'atteignant pour la même période qu'un coefficient de 1,71.



32. Les consommateurs dans les pays voisins (6)

Année 1971

	Belgique		France		Allemagne Fédérale		Luxembourg	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Sidérurgie	4.250	13,68	11.700	7,94	19.088	7,73	1.741	66,96
Métaux non ferreux	1.024	3,30	11.400	7,73	9.511	3,85	2	0,06
Chimie	5.440	17,51	19.300	13,09	37.195	15,06	112	4,31
Produits minéraux non métalliques	1.584	5,10	5.400	3,66	8.248	3,34	44	1,69
Extraction	232	0,75	1.650	1,12	2.079	0,84	46	1,77
Denrées alimentaires	1.080	3,47	3.900	2,65	4.804	1,94	29	1,12
Textiles, habillement, cuir	1.225	3,94	3.850	2,61	5.047	2,04	22	0,85
Papier et imprimerie	1.100	3,54	5.400	3,66	7.777	3,15	-	-
Fabrication métallique	1.810	5,83	8.800	5,97	18.937	7,67	35	1,35
Autres branches	555	1,78	4.900	3,32	5.335	2,16	81	3,12
Transports	770	2,48	5.850	3,97	8.200	3,32	29	1,12
Foyers domestiques	8.700	28,00	48.000	32,56	93.335	37,81	459	17,65

On note avant tout la part importante des foyers domestiques.

33. L'évolution de la consommation

Comparons les consommations nettes en kWh/habitant de différents pays avec celles du Luxembourg (34) (35)

	<u>1938</u>	<u>1966</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>
Belgique	573	2.109	2.674	2.862	3.200
RFA	732	2.723	3.323	3.544	4.030
DDR	-	2.730	3.146	3.213	
France	400	2.037	2.408	2.563	2.880
Grande-Bretagne	609	3.183	3.694	3.838	4.290
Italie	310	1.518	1.848	1.968	2.230
Japon	-	1.925	2.736	-	3.440
Pays-Bas	365	2.003	2.585	2.821	3.180
Norvège	3.110	11.466	13.067	13.145	15.400
Autriche	316	2.188	2.648	2.832	
Suède	1.134	5.548	6.874	7.039	8.260
Suisse	1.138	3.423	3.738	3.945	4.560
URSS	203	2.165	2.628	2.790	3.050
USA	965	5.840	7.045	7.358	8.350
Luxembourg	1.364	5.770	6.902	7.188	± 7.600

Il faudra distinguer entre l'évolution industrielle et l'évolution du secteur domestique : la première est intimement liée à la conjoncture générale et en particulier à la marche de l'industrie sidérurgique, la seconde se raccroche avant tout au revenu national.

331. L'évolution industrielle

Parmi les paramètres en relation avec l'évolution de la consommation, nous estimons que c'est l'indice général de la production industrielle publié par le Statec qui est le plus caractéristique; la fonction recherchée présente dès lors l'allure suivante :

$$C_{ind} = a \cdot I_{gén}^n$$

Avec les paramètres disponibles, nous obtenons par un calcul de régression sur la période 1955 à 1970 :

$$C_{ind} = 0,0204 \cdot I_{gén}^{2,08}$$

Il en découle clairement que les besoins en énergie électrique croissent nettement plus rapidement que l'industrialisation (cf. diagrammes 1 et 2 en annexe).

Ce développement ne tient pas compte de brusques changements qui pourraient découler d'un changement de la politique de certains autoproducteurs; ainsi le secteur chimique (largement autoproducteur) pourrait être amené à introduire une demande d'environ 100 GWh, si les prix du fuel oil léger devaient continuer leur tendance à la hausse.

### 332. L'évolution domestique

Le secteur de la consommation domestique connaît un développement plus important encore : en effet la consommation par tête d'habitant a triplé en 10 ans; pendant la même période le revenu national n'a progressé que de 75 %.

Pour notre calcul prévisionnel, nous avons recherché la relation consommation domestique en fonction du revenu net par habitant (exprimé en dollars/habitant).

Pour la période de 1955 à 1969 le calcul de régression nous fournit :

$$C_{dom} = 5,35 \cdot 10^{-6} \cdot R_{net}^{2,38}$$

(cf. diagrammes 3 et 4 en annexe).

333. L'évolution globale

En 1980, nous devrions donc nous trouver - sous l'hypothèse de la continuation du développement actuel - face aux consommations suivantes :

	<u>1980</u>	<u>1972</u>
secteurs industriels (taux 5 %)	3.250 GWh	2.217
secteur domestique (taux 13 %)	1.300 GWh	518
transport et divers	100 GWh	110
	<hr/>	
	4.650 GWh	2.845 GWh
Puissance correspondante	775 MW	475 MW

Cette valeur correspond à un taux moyen d'accroissement de 6,8 %, soit un doublement en environ 10 ans.

Toute extrapolation au-delà du changement de décennie sera entachée de coefficients de fiabilité rapidement décroissants, compte tenu des incertitudes du développement technologique et des besoins personnels des ménages.

En tablant sur un taux d'accroissement annuel de 2,5 % pour notre production sidérurgique, ses besoins d'énergie se présenteront en 1980, sous l'hypothèse d'une continuation de la technologie actuelle (HF - aciérie à l'oxygène - laminoirs), au niveau de 2.150 GWh, pour une production d'acier de près de 6.000.000 t/an.

Sans préjuger de l'avenir des nouvelles techniques sidérurgiques en voie de préparation, il importe d'en dire un mot pour situer leur impact éventuel sur nos besoins énergétiques au-delà des années 80.

A la recherche de la diminution de la mise au mille coke, des procédés dits de préréduction avec production de pellets se trouvent actuellement dans la phase préindustrielle; ces pellets seront enfournés dans des étapes successives de développement

d'abord au HF, ensuite au convertisseur et en dernière étape dans un four électrique, remplaçant le convertisseur.

Cette nouvelle technique (dans sa dernière étape) consommera environ 500 kWh/to acier de plus (7) que le procédé classique. Son introduction demanderait un supplément de 3.000 GWh pour une production d'acier de 6 millions de tonnes. La demande globale de la sidérurgie se chiffrerait donc à 5.150 GWh, soit presque le triple de notre consommation actuelle. Une puissance installée, respectivement abonnée, d'environ 850 MW, devrait être disponible pour cette consommation.

Les besoins nationaux atteindraient 7.650 GWh réclamant une puissance disponible de 1.200 à 1.400 MW.

4. LES RESSOURCES EN ENERGIE ELECTRIQUE

41. La provenance et la répartition sur les sources primaires

Le Luxembourg ne dispose d'aucune forme d'énergie primaire notable, il en découle la dépendance totale du secteur énergie électrique des énergies primaires externes.

Le tableau des ressources (18) montre d'autre part qu'en 1960 le Luxembourg disposait encore de la puissance installée nécessaire pour satisfaire à sa consommation énergétique électrique finale; à partir de cette date la situation se dégrade peu à peu et le pays devient non seulement tributaire de l'étranger pour l'énergie primaire, mais également pour une part croissante de sa transformation. On remarque d'autre part que la production brute dérivée n'a plus guère augmenté depuis 1965, des bilans de gaz progressivement déficitaires de l'industrie sidérurgique étant à la base de ce changement d'orientation.

La production nationale repose intégralement sur deux formes d'énergie :

- les produits pétroliers intervenant actuellement pour environ 34 %; le rapport a une tendance croissante;
- les gaz dérivés (en provenance du coke de hauts fourneaux) pour le solde de 66 %; la tendance est décroissante.(9)

Les producteurs de la sidérurgie disposent d'une capacité installée de 206,5 MW et ont réalisé en 1971 une pointe de 159,1 MW. L'énergie produite dans le cadre des installations de la sidérurgie provient des combustibles suivants (1970) :

- gaz de HF	993,5 GWh
- fuel oil	147,9 GWh
- poussier de coke	11,6 GWh
- charbon	0,8 GWh
- vapeur aciérie	7,3 GWh
- gaz naturel	2,4 GWh
Total :	<u>1.163,5 GWh</u>

42. La provenance et la répartition chez nos voisins

La répartition de la production totale nette selon les sources d'énergie dans la communauté (10) s'établit pour respectivement 1970 et 1971

	<u>1970</u>	<u>1971</u>
hydraulique + nucléaire + géothermique	23,70 %	21,1 %
gaz dérivés	4,90 %	3,5 %
lignite	10,50 %	9,9 %
houille	26,25 %	26,0 %
produits pétroliers	26,55 %	28,7 %
gaz naturel	8,10 %	10,1 %

La tendance croissante des produits pétroliers est remarquable, mais il est permis de se demander si les demandes en royalties toujours plus exigeantes et la sensibilisation des populations face au problème de l'environnement ne fassent apparaître vers la fin de cette décade le sommet de la consommation de cette source de l'énergie électrique; certains experts craignent d'ailleurs un épuisement des sources actuellement connues et se demandent s'il ne faut pas limiter le taux de croissance de la consommation aux nouvelles découvertes.

Sans vouloir entrer dans les détails, notons que nos voisins tirent profit de leurs ressources naturelles respectives selon la répartition ci-après tablant sur la production nette. (11)

Année 1971	Belgique %	France %	Allemagne Fédérale %
hydraulique	0,3	32,8	5,7
nucléaire	0,3	5,9	2,3
gaz dérivés	9,1	3,1	3,8
lignite	-	0,4	23,3
houille	25,2	25,2	42,2
produits pétroliers	50,6	27,7	14,4
gaz naturel	13,4	4,8	7,4
autres	0,4	0,4	1,2

Nous constatons donc que c'est la Belgique qui est le pays le plus tributaire des sources extra-communautaires, la France et l'Allemagne utilisant, soit l'énergie hydraulique, soit la houille. Remarquons que c'est l'Allemagne qui consomme la part la plus faible de produits pétroliers pour la production d'énergie électrique.

43. L'évolution dans l'utilisation des sources

La tendance d'utilisation des sources d'énergie au Luxembourg a été définie sub 41; il nous semble cependant important d'attirer l'attention sur la situation que créerait l'introduction de la réduction directe pour l'élaboration de l'acier : la base coke aurait tendance à disparaître, pour être remplacée par de l'énergie électrique; une de nos sources, considérée comme assurée par les liaisons financières solidement établies, disparaîtrait en faveur d'un approvisionnement qui, tout en étant communautaire, n'en serait pas moins tributaire pour une large part de sources étrangères.

L'incidence de la part pétrolière dans la production de l'énergie électrique a pratiquement triplé chez nos trois voisins en sept ans; l'apport de sources primaires nationales a progressivement diminué et s'élève en 1971 pour

la Belgique à environ	46 %
la France à environ	66 %
l'Allemagne à environ	78 %.

Sur le plan énergétique global la dépendance de l'étranger se chiffre à (12)

Belgique	84,6 %
France	73,1 %
Allemagne	50,6 %

(calculé sur la base :

Importations nettes - soutes en %).  
Consommation brute de sources primaires et équivalentes



## 5. LA CAPACITE DES RESEAUX DE TRANSPORT

(cf. plans des réseaux (annexe 5))

Le Luxembourg étant importateur d'énergie électrique pour plus de 50 % de sa consommation finale, il est pour lui de la plus haute importance de s'assurer de la capacité et de la fiabilité des réseaux haute tension.

Deux artères (!) seulement le relie actuellement à l'extérieur :

- liaison SOTEL - LINALUX
- liaison CEGEDEL - RWE (Rheinisch-Westfälisches-Elektrizitätswerk AG).

### 51. Le réseau SOTEL - LINALUX

C'est le réseau qui alimente la sidérurgie luxembourgeoise, les CFL et pour le moment encore (jusqu'au raccordement au poste CEGEDEL de Schifflange) la Ville d'Esch. La pointe de puissance fournie par ce réseau s'éleva en 1971 à 165,2 MW, pour une pointe de consommation propre de 274,6 MW. L'énergie consommée a été de 1.941 GWh.

#### 511. SOTEL

SOTEL, Société de Transport d'Energie Electrique du Grand-Duché de Luxembourg, figure comme mandataire de distribution entre LINALUX-HAINAUT et les industries sidérurgiques du Grand-Duché.

SOTEL est une société coopérative, constituée par acte sous seing privé le 30 novembre 1927 et enregistrée le 13 décembre 1927. Le capital social est illimité; son minimum est fixé à 500.000 francs par part nominatives de 1.000 francs.

Les parts sociales sont incessibles à des tiers; les cessions entre associés sont subordonnées à l'assentiment de l'assemblée générale; pour être admis comme associé, il faut être admis par l'assemblée générale (art. 8 et 9). (13)

Les décisions aux assemblées générales ordinaires et extraordinaires requièrent trois quarts des voix; le quorum est fixé en première réunion à trois quarts des parts; il se réduit aux présents en deuxième réunion.

Le capital social est souscrit comme suit par : (13)

- ARBED	320 parts = 64,0 %
- COLUMETA	5 parts = 1,0 %
- Paul Wurth	10 parts = 2,0 %
- MMR	50 parts = 10,0 %
- EDF/SAPAR	90 parts = 18,0 %
- Soc. Aux. d'Energie/EDF/SAPAR	15 parts = 3,0 %
- LINALUX - HAINAUT	10 parts = 2,0 %
	500 parts 100,0 %

L'immobilisé net au 31.12.1971 se chiffrait à 13.105.000 francs, les amortissements du même exercice ont porté sur 1.486.000 francs. (14)

Trois ternes (dont le troisième sera mis sous tension très prochainement) relie notre pays au poste d'Aubange (Belgique) :

	A	B	C
Tension kV	150	150	150/220
Section de câble en mm <sup>2</sup>	300	300	570
Composition du câble	Al-Ac	Al-Ac	Almelec
Capacité MVA	100	100	320

La capacité globale de la configuration actuelle est donc de 520 MVA, ce qui suffit largement aux besoins de la sidérurgie (y compris CFL et Ville d'Esch) qui s'élèvent actuellement à environ 291 MW, couverts à raison d'environ 155 MW par autoproduction. (Situation début 1973)

512. Le poste d'Aubange

Le poste d'Aubange dispose des liaisons suivantes avec les grands réseaux :

- groupe U.C.E. Liège-Namur-Luxembourg-Hainaut par deux termes sur une seule ligne de pylônes entre Aubange et Rimièrè d'une section de câble de  $198,4 \text{ mm}^2$  en Al - Ac sous 150 kV permettant le transport de 2 x 90 MVA. Le réseau a été renforcé récemment et peut transporter dorénavant 2 x 170 MVA sous 220 kV;
- groupe EDF par un terme alimenté par le secteur de Moulaine Landres sous 220 kV, section  $570 \text{ mm}^2$ , capacité 300 MVA; pour le moment la capacité de 300 MVA ne saurait être utilisée qu'à concurrence de 160 MVA, l'autotransformateur 220/150 n'étant calculé que pour cette puissance (renforcement prévu 1977/78);
- groupe EDF par deux termes reliés à Herserange-Landres sous 150 kV; section  $210 \text{ mm}^2$  en Al - Ac, capacité 2 x 90 MVA.

513. LINALUX

C'est le réseau belge UCE-LINALUX-Hainaut qui fournit la quasi-totalité des besoins.

Cette société anonyme de droit belge au capital de 1.203.300.000 francs contrôle directement (1971) une puissance installée de 457 MW (qui passera début 1973 à 600 MW). En incorporant la puissance de ses affiliés-autoproducteurs, elle gère plus de 1.000 MW (1973 : 1.150 MW).

La longueur géographique de son réseau de distribution est de 852 km (fin 1970) (15). Il est raccordé à la France par trois postes : Aubange, Revin et Avelin, à l'Allemagne par une nouvelle ligne de 220 kV à partir de Rimièrè et aux Pays-Bas (Maasbracht) par une ligne de 380 kV.

Le champ d'activité de la société est surtout orienté vers les grands consommateurs industriels du sud de la Belgique et du Grand-Duché.

Les fournitures d'énergie électrique ont atteint en 1971 : 4.931 GWh (16). La production brute belge pour le même exercice était de 33.261 GWh. La sidérurgie luxembourgeoise range en quatrième position parmi les consommateurs de Linalux.

Parmi ses nouvelles participations aux unités de production, citons :

- 150 MW centrale des Awirs (extension de 300 MW);
- 4 % centrale de pompage des Ardennes (2 x 132 MW);
- 10 % centrale nucléaire de Doel (2 x 392 MW);
- 5 % centrale nucléaire de Tihange (870 MW);
- 5 % centrale nucléaire de Chooz (265 MW).

Parmi les actionnaires de U.C.E. - LINALUX - HAINAUT figurent entre autres : Cockerill, Sofina, Intercom, Traction et Electricité, Groupe A.G., Vieille - Montagne, Charbonnages de Werister, Société de Prayon.

Jetons pour terminer un coup d'oeil sur les bases primaires utilisées respectivement en 1972 et 1971 par la société pour la production de l'énergie électrique (16) :

	<u>1972</u>	<u>1971</u>
Hydraulique	1,6	0,5 %
Nucléaire	importation Chooz	
Combustibles liquides	50,9	51,9 %
Combustibles gazeux	30,9	27,8 %
Combustibles solides	16,4	19,6 %

D'une façon générale, on peut dire que le réseau LINALUX, de même que les centrales qui l'alimentent, ont fonctionné jusqu'ici dans de bonnes conditions.

Il n'en reste pas moins vrai qu'il est seul à alimenter notre industrie lourde.

Grâce à un arrangement intervenu entre les Pouvoirs Publics et l'initiative privée, il a été possible de prévoir au nouveau poste de distribution CEGEDEL de Schiffflange une liaison d'une capacité de 250 MVA entre les réseaux belge et allemand ; on ne saurait sousestimer la portée de cette décision.

## 52. Le réseau CEGEDEL - RWE

C'est le réseau qui alimente le secteur public, les petites et moyennes industries, le secteur agricole et le secteur domestique.

### 521. Heisdorf

Le poste central de distribution de ce réseau est situé à Heisdorf.

Ce poste est raccordé par deux ternes d'une tension de 220 kV, ayant une capacité unitaire de 400 MVA, soit 800 MVA au total, au réseau allemand (Deutsches Verbundnetz).

En aval de Heisdorf le réseau continue avec la même section vers Schiffflange et avec une deuxième antenne vers Roost (pour le Nord du pays).

L'alimentation du poste de Heisdorf est basée sur les fournitures suivantes :

- SEO	: - RWE	)	90,0 %
	- Grevenmacher + Palzem	)	
- Etat G.D.	: Esch-sur-Sûre + Rosport		4,5 %
- SOTEL	: usines sidérurgiques		5,0 %
- Divers	: petites centrales fluviales		0,5 %

Les consommateurs de ce réseau sont actuellement à l'origine de pointes de consommation de 138 MW, auxquelles s'est ajoutée la fabrique d'oxygène d'Oxylux avec environ 24 MW.

En comparant les capacités de réseau HT aux besoins actuels et à ceux du moyen terme, on peut affirmer que notre alimentation est assurée sous réserve néanmoins de l'acceptation du fait que les deux lignes vers Trèves sont suspendus à une seule ligne de pylônes.

Remarquons, toutefois, qu'une étude récente d'experts suisses a relevé un retard d'extension des réseaux moyenne et basse tension pour lesquels un renforcement est en voie de préparation.

Les partenaires sur le marché de l'énergie électrique pour les secteurs énumérés plus haut sont :

- le Gouvernement grand-ducal;
- la SEO représentant le réseau allemand RWE;
- la CEGEDEL.

#### 522. SEO

SEO, Société Electrique de l'Our, figure comme intermédiaire entre le Gouvernement et la RWE (Rheinisch Westfälisches Elektrizitätswerk).

SEO est une société anonyme de droit luxembourgeois, constituée le 29 mai 1951. Le capital social (bilan du 31 décembre 1970) s'élève à 1.250.000.000 francs. Sa répartition (1962) est approximativement la suivante : (18)

RWE	environ 43,2 %
Etat Grand-Ducal	environ 43,2 %
Banques	environ 10,0 %
Divers	environ 3,6 %

L'immobilisé au 31 décembre 1970 se chiffrait à 4.932.000.000 francs.

Pour les mêmes exercices les amortissements se sont élevés à 171.942.000 francs.

Les parts A de la SEO sont nominatives de même que les parts B (privilégiées sauf un lot de 25.000 actions qui sont au porteur, mais peuvent être transformées en actions nominatives au gré de leur propriétaire). (19)

La cession des actions nominatives est soumise à l'autorisation du Conseil d'administration (art. 5).

L'assemblée générale extraordinaire ne peut valablement délibérer la première fois que si la moitié au moins des actions est présente ou représentée; en deuxième réunion il n'existe plus de quorum. Une majorité des 3/4 est requise pour les assemblées générales extraordinaires. (19)

Le transport et la distribution de l'énergie électrique sont confiés à :

523. CEGEDEL

CEGEDEL, Compagnie Grand-Ducale d'Electricité du Luxembourg, société anonyme de droit luxembourgeois, constituée en 1928, qui est le concessionnaire de la Distribution Générale d'Energie Electrique dans le Grand-Duché jusqu'en 1977 (convention du 1er juin 1960 Gouvernement - CEGEDEL).

La consistance actuelle de son réseau comprend :

en 65 kV	environ	350 km
en 20/15 kV	environ	1.500 km
en 220/380 V	environ	1.600 km

La vente d'énergie électrique a progressé de la façon suivante :

1968	444 millions kWh
1969	527 millions kWh
1970	595 millions kWh
1971	652 millions kWh
1972	

Grâce à une promotion de la vente d'énergie électrique en heures creuses, CEGEDEL a réussi à améliorer son taux de charge; la capacité disponible au tarif unitaire est actuellement presque épuisée.

La société (13) dont le capital actuel s'élève à 550 millions de francs, présente au 31 décembre 1971 (31 décembre 1970) un immobilisé de 1.175.329.000 francs (979.623.000 francs); pour les mêmes exercices l'amortissement suivant a été opéré : 339.909.000 francs (289.774.000 francs). (20)

Le Gouvernement a participé depuis les origines à CEGEDEL (25 millions de francs). Après quelques vicissitudes, qui n'intéressent pas le cadre de cette étude technique et qui ont conduit à une certaine restructuration de la société, les actions sont réparties approximativement de la façon suivante :

- Etat Grand-Ducal  
participation initiale 25 millions  
de francs  
15 juin 1970 - 150.000 actions nouvelles B      environ 42 %
- SOLUPIND (participation française)      environ 11 %
- INDELEC (participation suisse)      environ 9 %
- Petits actionnaires      Solde

Notons que la convention du 11 novembre 1927 prévoit (chapitre VII art. 22) "Le concessionnaire s'engage à mettre à la disposition du "Gouvernement" ou éventuellement de souscripteurs luxembourgeois, 51 % des actions de capital."

Les assemblées générales extraordinaires requièrent à la première réunion la moitié du capital social; les résolutions, pour être valables, devront réunir au moins les 3/4 des actionnaires présents ou représentés (Statuts art. 46).



Examinons pour terminer la capacité et la surface du fournisseur principal :

524. RWE

RWE, Rheinisch Westfälisches Elektrizitätswerk. RWE-Aktiengesellschaft est une société de droit allemand au capital de 1.500.000.000 DM.

Elle dispose dans son propre actif ainsi que dans celui du groupe d'une puissance installée de 9.831 MW (30 juin 1972) (33) et peut mettre à disposition du client une puissance globale de 17.130 MW, la différence provenant de contrats avec d'autres producteurs basant sur la houille.

Le champ d'activité comprend la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique tant pour les grands consommateurs industriels que pour les ménages.

RWE a pris des participations majoritaires dans une trentaine de sociétés productrices et a englobé dans le groupe une quinzaine de sociétés exploitant le lignite.

Les fournitures d'énergie électrique ont atteint pour l'exercice 1971/1972 (1er juillet 1971 - 30 juin 1972) 81.100 GWh, en augmentation de 13,7 % par rapport à l'exercice précédent. La production brute en RFA pour 1971 a été de 259.633 GWh (34).

Les augmentations suivantes de puissance seront réalisées au cours des prochaines années :

Lignite :

- 2 x 600 MW centrale de Niederaussem
- 3 x 300 MW centrale de Neurath
- 2 x 600 MW centrale de Neurath
- 2 x 600 MW centrale de Weisweiler.

Gaz et produits pétroliers :

55 MW - G                    centrale de Dettingen;  
2 x 300 MW - G               centrale de Huckingen (Mannesmann);  
600 MW - G                   centrale de Meppen;  
2 x 640 MW - G               centrale de Buer (ensemble avec VEDA).

Energie nucléaire :

2 x 1.150 MW                centrale de Biblis;  
300 MW                       réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium, participation RWE : 70 %, centrale de Kalkar (Kleve).

En ce qui concerne les énergies primaires, RWE est resté fidèle aux ressources nationales (33).

	1971/72	1970/71
Lignite	54,0 %	57,0 %
Houille	38,5 %	32,9 %
Hydraulique	5,9 %	8,1 %
Nucléaire	1,6 %	2,0 %

Compte tenu d'une forte augmentation de la consommation et de la faible hydraulité des cours d'eau, la société s'est vue obligée d'augmenter la part de la houille, malgré le prix plus élevé du kWh produit.

L'énergie produite de 81.135 GWh se répartit sur les consommateurs suivants (exercice 1971/72) :

Industrie chimique	16,1 %
Sidérurgie	13,2 %
Sociétés de distribution d'énergie électrique	44,5 %
Vente à l'étranger	3,7 %
Ménages	10,1 %
Commerce et artisanat	3,0 %
Secteur public	2,1 %
Industries primaires	1,8 %
Minéraux, verre, céramique	1,4 %
Bois et papier	1,1 %
Agriculture	1,1 %
Textiles et cuirs	0,8 %
Alimentaire	0,6 %
Transports	0,5 %
	<hr/>
	100,0 %

Les augmentations suivantes ont été enregistrées par rapport à l'exercice précédent :

Ménages	+ 16,6 %
Services publics	+ 9,9 %
Commerce et Artisanat	+ 9,6 %
Agriculture	+ 6,2 %

RWE occupe actuellement près de 18.000 ouvriers et employés.

La SEO, dans laquelle RWE détient une part de 43,2 % , a produit au courant de l'exercice 1971 plus de 1.000 GWh (en accroissement de 28 % par rapport à l'exercice précédent).

6. L'ASPECT ECONOMIQUE

61. L'incidence sur le coût des fabrications

Selon la nature des fabrications et le degré de mécanisation, la part de l'énergie électrique dans le prix de revient du produit fini peut varier de quelques pourcents à plus de 20%. L'I.I.S.I. (2) indique pour l'énergie électrique une part de 14 % des frais de transformation des produits sidérurgiques.

Cette proportion apparemment assez faible risque cependant de fausser l'image : en effet, l'énergie électrique est à la base d'une part importante des activités du secteur primaire de notre économie, de la quasi-totalité des productions du secteur secondaire et elle s'introduit de plus en plus dans les secteurs tertiaires et administratifs sous forme de contrôles de gestion électroniques.

Même dans les secteurs public et domestique le déclenchement d'un réseau crée des perturbations qui peuvent dépasser le niveau personnel pour se répercuter sur le plan économique.

Les frais rendus pour 1.000 thermies se situaient en été 1972 aux niveaux approximatifs suivants (frs/1.000 thermies) :

gaz de HF	110	fuel oil léger	147
gaz naturel	112	" moyen	113
coke	261	" extra-lourd	103
gas-oil	164		

62. Les contrats de fourniture

621. LINALUX-HAINAUT-SIDERURGIE

Ce contrat remonte aux années 20 et atteint aujourd'hui une puissance réservée dite de "long terme" de 135 MW.

La dernière convention porte la date du 29.11.1968 avec effet rétroactif au 1.4.1968. Elle lie les deux partenaires jusqu'à une puissance de 140 MW et est limitée dans le temps jusqu'au 31.3.1983. Elle permet en cas de besoin un appoint de 20 MW à tarification plus élevée.

La tarification comporte deux volets:

- Terme fixe:

Il table sur une puissance de 80 MW; sa tarification comprend des paramètres variables basés sur "l'index de gros pour le Royaume de Belgique", ainsi que "l'index de détail pour le Royaume de Belgique" (remplacé depuis le 1.1.1968 par l'index des prix à la consommation belge). Il est doté d'autre part d'un facteur dégressif dans le temps.

- Terme proportionnel:

Sa tarification se subdivise en énergie de jour et en énergie de nuit, respectivement dimanche et jour férié, les dernières fournitures étant taxées d'un coefficient plus faible. Le terme proportionnel lui-aussi contient des éléments variables liés à la valeur moyenne d'un trimestre coulant de la Gcal.

La convention permet d'autre part pour les heures de jour un échange débiteur ou créditeur d'énergie réactive limitée par un niveau supérieur et inférieur.

622. RWE - SEO - CEGEDEL

Les contrats réglant l'achat et la distribution pour les secteurs non sidérurgiques sont les suivants.

- "Staatsvertrag vom 10. Juli 1958 über die Errichtung von Wasserkraftanlagen an der Our", qui autorise la SEO à exploiter l'Our en amont de Vianden (approuvé par la loi du 6 juin 1959).

- "Stromlieferungsvertrag SEO-Grossherzogtum Luxemburg, vom 30. April 1963", stipulant que le Grand-Duché s'approvisionnera pour les besoins en énergie électrique (au-delà de ses ressources hydrauliques propres) à la SEO, qui accepte et garantit cette fourniture. La convention prévoit l'obligation pour la SEO d'une augmentation de fourniture de 20 % en 12 mois pour autant que les installations de distribution le permettent.

La durée du contrat est limitée au 31 décembre 1975 (paragraphe 6), il se reconduit tacitement de 5 ans, s'il n'a pas été dénoncé 3 ans avant expiration.

La tarification pour la vente se base sur le "Stromlieferungsvertrag" précité et comprend les deux volets suivants:

- la taxe sur la plus forte pointe annuelle, calculée sur la moyenne des trois plus hautes pointes de l'année apparues en régime semi-horaire hebdomadaire à haut tarif;

- une taxe pour l'énergie active fournie différenciée en période à haut tarif (dont l'horaire est variable selon saison) et une période à bas tarif. Le bas tarif contient une clause de tarification décroissante pour gros consommateurs (paragraphe 4).

Les derniers prix pratiqués sont liés à raison de 40 % au prix du charbon et à raison de 30 % au salaire des ouvriers spécialisés.

Une tarification particulière assez complexe règle la fourniture d'énergie réactive.

Par la convention du 4 avril 1963 entre le Grand-Duché de Luxembourg et la SEO, le pays a contracté l'obligation de recevoir la moitié de l'énergie produite par les centrales de Grevenmacher (puissance installée : 3,8 MW) et de Palzem (puissance installée : 2,0 MW) (art. 1). Par le même contrat il participe à raison de 50 % aux frais (art. 2).

### 63. Les coûts de production de l'énergie électrique

Remarquons à l'intention du lecteur non averti que l'étude de ce chapitre risque de créer de la confusion par une interprétation partielle des données. Le prix de revient du courant produit dépend de la puissance unitaire installée et de son taux de charge; les frais de production d'un groupe de 600 MW<sub>e</sub> comparés à deux unités de 300 MW<sub>e</sub> accusent une diminution de 8 à 10 % (21); cette relation, intimement liée à la main-d'oeuvre d'exploitation et d'entretien reste vérifiée pour les niveaux de puissance actuellement utilisés; elle est indépendante du prix du combustible.

Pour les centrales thermiques classiques (à la houille ou au fuel) la répartition des frais de production est à peu près la suivante :

- frais financiers	35 ÷ 45 %
- combustibles	50 ÷ 55 %
- surveillance + entretien	5 ÷ 10 %

L'I.I.S.I. (22) prévoit pour 1980 une part de 65 % pour le combustible.

Pour les coûts de production en valeur absolue, nous avons

groupé les informations retenues dans les revues techniques spécialisées et nous distinguons entre les trois sources primaires :

- charbon ou lignite;
- hydrocarbures ou gaz;
- nucléaire.

631. Les centrales basées sur le charbon ou le lignite

La conception de ces centrales vise des unités puissantes, des pressions et températures élevées; selon les schémas thermiques plus ou moins sophistiqués, qui actuellement trouvent leur couronnement dans une liaison entre une unité gaz en amont et une unité vapeur en aval, les rendements thermiques diffèrent assez sensiblement et influencent donc le coût de production. On peut tabler aujourd'hui pour une centrale à condensation sur un rendement global d'environ 40 %. Il est bien évident que les frais financiers croissent avec la complexité de l'installation.

Il faut se rendre à l'évidence que sur le plan purement concurrentiel les centrales sur base de charbon européen n'auront guère d'avenir, le rendement des puits de charbon étant trop faible (environ 4 to/homme jour).

Les centrales à lignite arrivent à produire du courant à un prix très voisin de celui de l'énergie nucléaire, sous une réserve toutefois, celle d'être situées sur le gisement à ciel ouvert même.

632. Les centrales basées sur les hydrocarbures et le gaz

Les remarques techniques faites sub. 631. valent ceteris



paribus également pour les centrales de ce type, qui, ~~comme~~ les premières, sont classées dans le groupe des centrales thermiques.

Quelle est maintenant la tendance admise pour l'évolution des prix des fuels oils ?

Warren B. Davis, dans son rapport devant l'assemblée plénière de l'I.I.S.I.(23), tout en soulignant les difficultés de telles prévisions, en examine les 4 composantes du coût :

- Frais de prospection, de développement et de production: pour les pays du Moyen Orient les frais s'élèvent à environ 0,15 dollars/barrel produit et semblent pouvoir maintenir ce niveau, compte tenu de la très forte productivité actuelle des puits de cette région.

- Taxes et royalties:  
les pays membres de l'OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) ont réussi ces dernières années à augmenter leur part dans ce marché.

en US dollars/barrel	1969	1971	1975 estimatif
Royalties	0,25	0,35	0,40
Taxes	0,73	0,87	1,35
Total	0,98	1,22	1,75

A ce prix s'ajoutent 0,50 à 0,80 US dollars/barrel, si l'on envisage l'utilisation de fuels ayant une teneur en soufre plus faible qu'un pourcent.

- Marges des compagnies pétrolières:  
pour les opérations du Moyen-Orient cette part a été évaluée en 1969 par la First National City Bank à 0,35 dollars/barrel; on la suppose constante pour l'avenir immédiat.

- Frais de transport:  
compte tenu de l'orientation vers les tankers géants, leur tendance est plutôt décroissante (fin de citation du rapport 23).

L'évolution des prix du gaz naturel en Europe est conditionnée par l'accroissement rapide qu'a connu cette énergie primaire; il s'ensuit une tendance au renchérissement, soutenue d'autre part par le fait que l'infrastructure de distribution actuelle ne semble pas pouvoir couvrir les besoins croissants des années à venir.

Les deux derniers contrats signés en novembre, respectivement en décembre 1972 par la RFA, le premier avec Placid International (24) et le second (durée 20 ans) en coopération avec les Pays-Bas, la Belgique et la France avec le groupe EKOFISK (25) (travaillant en offshore de la Norvège), ont été signés tous les deux à des prix supérieurs à ceux pratiqués pour le gaz de Groningue; le nouveau niveau des prix reste cependant inférieur à celui du gaz liquéfié et revaporisé en provenance de l'Algérie.

### 633. Les centrales nucléaires

Ce chapitre, particulièrement complexe et en évolution très rapide, fera l'objet d'une étude à part.

D'une façon générale on peut admettre que la puissance électrique à installer pour pouvoir entrer en compétition avec les centrales classiques se situe aujourd'hui au delà de 1.000 MWe.

Signalons pour terminer que pour des puissances unitaires de cette taille, le nombre des constructeurs européens se limite à quelques-uns.

Druckwasserreaktor - Oconee South Carolina

Puiss. unit. MWe	Durée d'utilisation h/an	Rend. global %	Financiers	Frais d'exploitation	Coût de production	Combustibles Prix	Source
600	6.000			3,0 Pf/kwh	} } 3,0 Pf/kwh 2,2 Pf/kwh 2,8 " } 3,28Rp/kwh	hydrocarbures 10 DM/10 <sup>6</sup> kcal	Siemens Zeitschrift 1/67
600	4.000			3,4 Pf/kwh		charbon	id.
300	4.800		1,2 Pf/kwh	1,8 Pf/kwh		hydrocarbures	id.
300	4.800		0,9 "	1,3 Pf/kwh		nucléaire	id.
300	4.800		1,6 "	1,2 "		hydrocarbures	Techn. Rundschau Sulzer 2/65
140	7.000	40,5				gaz-vapeur 10,25 Frs/ 10 <sup>6</sup> kcal	VDI - Z 21/69
300				3,6 Pf/kwh	} } 2,8 Pf/kwh 3,2 Pf/kwh	nucléaire	Stahl und Eisen 13/69
600				2,8 Pf/kwh		id.	
600	6.000			3,2 Pf/kwh		charbon 9,30 DM/ 10 <sup>6</sup> kcal	
600	6.000			2,3 Pf/kwh	2,3 Pf/kwh	nucléaire 2,30 DM/ 10 <sup>6</sup> kcal	id.
600	6.000			2,3 Pf/kwh	2,3 Pf/kwh	lignite 4,50 DM/ 10 <sup>6</sup> kcal	id.
600	6.000			2,8 Pf/kwh	2,8 Pf/kwh		Stahl und Eisen 6/69 No 13
875		34,5					VDI - Z April 1971

64. L'investissement par kW installé

Selon le procédé de production utilisé et la nature du combustible, les dépenses pour investissements peuvent être très variables. A ces frais, jusqu'ici classiques, viennent s'ajouter aujourd'hui ceux nécessaires pour la protection de l'environnement (émission de particules solides et de composants sulfureux pour les centrales classiques et protection contre les radiations aux centrales nucléaires).

Pour les trois bases primaires - charbon, hydrocarbures et nucléaire -, les frais financiers interviennent pour environ 48 %, 30 % respectivement 70 % dans le coût global de production (21).

Citons les chiffres suivants pour les valeurs absolues des investissements par kW qu'il y a lieu d'examiner avec discernement compte tenu des considérations divergentes dans lesquelles ils ont été établis.

Cycle	Combustibles	Puiss. Ne	Invest./kW	Année (Source)
Vapeur	hydrocarbures	140	530 fr.s.	1965 (26)
Gaz-vapeur	"	140	582 fr.s.	1965 (26)
Vapeur	"	80	582 fr.s.	1965 (26)
Gaz-vapeur	"	80	633 fr.s.	1965 (26)
Refr. gaz	nucléaire	600	1.000 DM	1969 (27)
Refr. gaz	nucl. h. temp.	600	600 DM	1969 (27)
Refr. eau légère	nucléaire	600	680 DM	1969 (28)
Refr. gaz	nucl. Japon	166	768 Dollars	
Neutrons rapides	nucl. SNR 300	300	3.570 DM pro- totype	1972 (28)

Retenons d'une façon générale que pour des projets classiques, il faut envisager en 1972 :

- pour des blocs compacts à 25 MW, environ 7.000 à 8.000 fr/kW;
- pour des blocs individuels gaz-vapeur d'une puissance de 300 MW, environ 9.000 à 10.000 fr/kW.

La tendance est nécessairement croissante puisque des frais supplémentaires d'épuration des fumées (environ 10 à 15 %) vont grever les investissements.

Les centrales nucléaires dites du type thermique se situent autour de 12.000 à 15.000 fr/kW, sous réserve de puissances de l'ordre de 1.000 MWe; leur tendance est stationnaire respectivement légèrement croissante.

## 7. LES PERSPECTIVES

Si nous acceptons que l'énergie électrique, qui est la forme la plus noble disponible, ne saurait être remplacée que difficilement dans les applications où elle s'est introduite actuellement par d'autres formes d'énergie, nous devons donc examiner quels sont les moyens qui se présentent pour procurer à notre économie, dans les années à venir, les kWh qu'elle réclamera.

Pour des raisons de transparence dans les raisonnements, nous considérons deux étapes :

- évolution à moyen terme;
- évolution à long terme.

### 71. L'évolution à moyen terme

Nous limiterons cette première étape à la fin de la présente décennie, au terme de laquelle nous nous trouvons face à une demande globale de 4.650 GWh (cf. 33), soit un supplément de 2.000 GWh à produire. Cette énergie correspond à une puissance d'environ 350 MW à installer.

Les possibilités d'approvisionnement qui se présentent d'ici-là dans un examen non exhaustif sont les suivantes.

#### 711. L'extension des contrats avec les deux réseaux existants

Avantages :

Cette solution nous évitera tout souci sur le plan "fonds d'investissement" et nous garantira, en matière de

fiabilité de réseaux des avantages et désavantages analogues à ceux de nos voisins belges et allemands. La tendance de la fiabilité de ces deux réseaux ira d'ailleurs en croissant avec la diversification supplémentaire qu'apporte la base nucléaire, voie dans laquelle les deux groupes de producteurs cités se sont sérieusement engagés.

Inconvénients :

Il n'est pas évident que cette méthode de procéder nous fournisse l'énergie au prix le plus favorable.

#### 712. La recherche d'un troisième réseau

Raisonnablement il ne saurait s'agir ici que du réseau EDF, auquel nous sommes déjà reliés via Aubange pour un certain appoint.

Avantages :

Cette solution nous apporterait une stabilité supplémentaire par le raccordement à un pays dont la base primaire nationale est plus solide que celle de la Belgique qui dépend actuellement pour environ 50 % de sa production de ressources pétrolières. Sur le plan financier valent les mêmes avantages que sub 711.

Inconvénients :

En dehors de la complication technique de faire travailler trois réseaux internationaux sur le même système de consommation, il apparaît que des investissements doivent être consentis pour le transport et la distribution de ce nouveau branchement.

### 713. L'autoproduction

Nous envisageons ici deux solutions techniques.

- L'installation de blocs compacts d'une puissance d'environ 25 MW.
- L'installation d'un groupe complexe gaz-vapeur de haut rendement et d'une puissance d'environ 300 MW.

Avantages :

L'autoproduction garantit une certaine autarcie du pays sur le plan producteur, mais la dépendance des sources primaires reste inchangée.

La mise en place successive de blocs de 25 MW jusqu'à concurrence de 350 MW, permettrait de suivre les besoins sans trop de paliers à faible utilisation.

Le prix de l'énergie électrique calculé en 1970 pour de tels groupes s'élève à environ 0,45 fr/kWh (basant sur un prix de 0,84 fr/Nm<sup>3</sup> pour le gaz naturel).

Pour une centrale de 350 MW, les besoins en gaz naturel s'élèveraient à environ 600 millions de Nm<sup>3</sup>/an.

Compte tenu de ces frais d'investissement relativement faibles, ces unités de production pourraient être amorties avant l'avènement éventuel d'une centrale nucléaire; après une telle installation elles serviraient utilement comme unités de pointe.

Inconvénients :

Obligation quasi certaine de créer des sous-stations et des réseaux de distribution, raccordés aux réseaux existants.

Cette solution qui répond parfaitement aux exigences d'un



espace économique restreint, ne saurait cependant être celle de nos grands réseaux voisins; ils rechercheront certainement des solutions avec des puissances unitaires de l'ordre de 300 MWe et au-delà.

L'effet-palier pour une telle centrale, exploitée dans le régime d'autarcie risque cependant de grever le prix par son taux d'utilisation réduit, à moins d'arriver à des accords avec les réseaux voisins pour l'écoulement de courant de déchet, pour lequel il ne faudra cependant pas s'attendre à des bonifications intéressantes.

## 72. L'évolution à long terme

Les prévisions deviennent de plus en plus précaires, surtout en ce qui concerne les prix des énergies primaires; toujours est-il que tous les facteurs faisant intervenir de la main-d'oeuvre auront une tendance croissante.

Si nous acceptons un taux d'accroissement de 5 % légèrement plus faible pour la période 1981-1985 (6 % entre 1973 et 1980), les besoins globaux se chiffrent en 1985 à 6.000 GWh. Rien ne laisse présumer à l'heure actuelle qu'une crise des producteurs-distributeurs freinera leur expansion; il est donc permis d'admettre que le Grand-Duché pourrait continuer à s'approvisionner chez ses voisins.

Devant la différence, vraisemblablement irréversible, des prix pour la Gcal-fuel (environ 110 à 120 fr) (30), vis-à-vis de la Gcal-nucléaire (environ 25 à 30 fr), il ne peut subsister aucun doute quant à l'essor du secteur nucléaire.

Toutefois, il faudra se rendre à l'évidence que les investissements/kW déjà actuellement fort élevés pour les techniques nucléaires à l'eau légère, deviendront plus onéreux encore, si l'on considère les réacteurs à neutrons rapides, dont le rendement thermique sera cependant nettement meilleur.

Comme de toute façon, en projetant aujourd'hui une centrale nucléaire, sa mise en route ne saurait guère être envisagée avant le début de la prochaine décennie, c'est dès aujourd'hui que cette deuxième étape doit être examinée.

Toutefois, face à l'investissement que réclame une centrale nucléaire moderne (environ 18.000 fr/kW pour une centrale nucléaire du type actuel à eau légère), il faut admettre que son envergure, de même que le volume d'énergie disponible, dépassent nettement le cadre de notre économie actuelle. Tout porte à croire que les centrales nucléaires des années 1985 auront une puissance d'environ 1.000 MWe, voire 1.800 MWe (30).

Si nous nous limitons à 1.500 MWe, l'énergie annuelle disponible s'élèverait à quelque 9.000 GWh; il en découlerait une disponibilité d'énergie pour industries nouvelles de 3.000 GWh.

Une telle puissance ajoutée à un système jusqu'à ce moment plus ou moins en équilibre, favoriserait l'implantation d'industries nouvelles à forte consommation spécifique.

Faisons rapidement un tour d'horizon des possibilités théoriques d'implantation établies sous la seule considération du paramètre énergie électrique et ignorons délibérément tous les autres (marchés, transports, etc).

#### 721. La préréduction des minerais

En tablant sur un procédé de préréduction au gaz (Hyl ou à réduction fluidisée), la consommation énergétique supplémentaire se chiffre à environ 500 kWh/to acier, soit un besoin annuel d'environ 3.000 GWh, si notre acier (6 millions de to) était produit par ce procédé; l'unité de production correspondante aurait une capacité de 550 à 600 MW.

722. L'électrolyse de l'aluminium

Le procédé d'élaboration Bayer (31) réclame une consommation spécifique d'environ 400 kWh/to; la production annuelle d'aluminium se situerait aux environs de 280.000 to/an. Cette fabrication a tout avantage à se raccrocher à une centrale nucléaire et à s'installer dans son voisinage immédiat où elle peut couvrir ses besoins en énergie thermique (de l'ordre de 3 millions de kcal/to) aux sources du procédé nucléaire même.

723. L'électrolyse du magnésium

L'élaboration de ce métal est particulièrement intensive en énergie électrique, 25.000 à 30.000 kWh/to (32).

724. L'électrolyse de l'hydrogène

Une production d'environ  $800 \cdot 10^6 \text{ Nm}^3$  pourrait être atteinte.

Il est bien évident que d'autres procédés de l'industrie chimique pourraient être envisagés.

## 8. LES CONCLUSIONS

L'énergie électrique constitue un élément important dans la vie économique et sociale du pays. La politique énergétique doit donc se concevoir selon certaines lignes de force.

Ainsi, il incombe à la politique énergétique de veiller à ce que tous les secteurs de l'économie, tant industriels que domestiques, soient desservis au mieux en énergie électrique pour garantir une alimentation à la fois suffisante et de bonne qualité. Par l'agencement de tous les instruments économiques et financiers à la disposition de la politique gouvernementale, l'approvisionnement en énergie électrique doit se faire au meilleur prix pour les différents secteurs alimentés, sur la base des prix de revient à la production et compte tenu des justes coûts de la répartition dans ces secteurs. Une politique judicieuse en matière de prix de l'énergie électrique renforce la position concurrentielle de notre économie. Par ailleurs la politique énergétique peut s'avérer être un facteur de promotion du bien être humain dans notre société.

Il conviendra donc d'examiner dans quelle mesure il est loisible de favoriser la consommation d'énergie noble, et cela dans la préoccupation d'une sauvegarde de l'environnement et de la lutte contre la pollution.

Pour le court terme (jusqu'à 1980), il faudra prendre assez rapidement les dispositions afin de garantir à l'économie du pays des sources d'approvisionnement en quantité suffisante. Et ceci particulièrement par l'extension des contrats pour la sidérurgie et la confirmation de mise à la disposition des quantités nécessaires aux autres secteurs de l'économie en provenance des réseaux allemands.

Les moyens de transport haute tension peuvent être jugés suffisants tandis que les réseaux moyenne et basse tension réclament sans délai un renouvellement et une extension pour laquelle des jalons ont été posés.

Si un choix ultime entre l'autoproduction et l'achat à l'étranger ne s'impose donc pas encore pour cette première étape, il doit néanmoins être préparé dès aujourd'hui. En effet, pour la période après 1985, tant les besoins encore accrus de tous les secteurs économiques que les techniques nouvelles réclament impérativement une option qu'il y a lieu de préciser dès maintenant. Les décisions prises aujourd'hui seront lourdes de conséquences, vu qu'elles conditionneront notre politique énergétique jusque vers l'an 2000.

Dans l'hypothèse de la réalisation d'une centrale thermique ou nucléaire sur le territoire du Grand-Duché, le choix doit s'orienter nécessairement vers une centrale de forte capacité. Le cas échéant tant le volume d'énergie disponible que les très importants frais d'investissement nous obligeraient à rechercher des partenaires, vraisemblablement majoritaires dans ce projet.

Compte tenu de la portée et de l'impact financier, la décision ne saurait donc être autre que politique, et en dernière conséquence elle se résumera à la question suivante :

EST-CE QUE LE GRAND-DUCHE VA MAINTENIR SA POLITIQUE ORIENTEE  
VERS L'ACHAT ET RESTER AINSI A LA REMORQUE DE SES VOISINS

OU

ENTEND-IL ENTRER DANS LE CLAN DES PRODUCTEURS

AVEC

- TOUTES LES OPTIONS (INDUSTRIES NOUVELLES, etc)
- TOUS LES ATOUTS (MARCHES, ECOLOGIE, etc)

ET

- TOUS LES RISQUES QUI S'Y RATTACHENT ?

Le facteur sécurité d'approvisionnement étant mis à l'avant plan de nos préoccupations, c'est vers l'autoproduction qu'il faudra s'orienter.

Toutefois, devant les capacités élevées des nouvelles centrales, le seul territoire luxembourgeois est trop faible pour un tel projet et l'implantation d'une nouvelle centrale devra être envisagée dans le contexte de l'espace économique Luxembourg-Sarre-Lorraine.

Par ailleurs, le Conseil Economique et Social estime que la prise de décision pour la construction d'une nouvelle centrale et plus particulièrement d'une centrale nucléaire, doit utilement se faire en concertation entre la distribution publique et privée en vue de la meilleure rentabilisation pour notre pays d'une telle centrale.

Les besoins de ce triangle économique sont actuellement couverts par des centrales distantes de 80 à 200 km au travers d'une puissante liaison 380 kV rattachée aux réseaux français et allemand. Les pertes de réseau non négligeables découlant de la grande distance entre unités de production et consommateurs et les besoins croissants futurs du triangle considéré feront apparaître tôt ou tard le besoin d'unités de production locales.

Le choix d'implantation d'une nouvelle centrale étant lié à la disponibilité en eau de refroidissement (besoins environ 1 à 1,5 m<sup>3</sup>/sec.), c'est le long de la Sarre ou de la Moselle que le site devra être recherché; celui de Remerschen cadre donc bien avec les exigences techniques.

Centrale thermique classique ou centrale nucléaire ?

Toujours sous l'angle de vue de la sécurité, il importera de choisir pour la nouvelle centrale une base primaire qui réduirait notre dépendance (et celle de nos voisins du triangle économique) vis-à-vis des hydrocarbures; dans la situation actuelle et compte tenu de l'évolution prévisible du marché des énergies primaires, seule l'énergie nucléaire peut être recommandée.

En principe, il faut donc souscrire à l'idée de la construction d'une centrale nucléaire sur territoire luxembourgeois.

ANNEXE 1BIBLIOGRAPHIE

- (1) Office statistique des Communautés Européennes 1972-2, bilan global de l'énergie par produits, page 26.
- (2) Office statistique des Communautés Européennes 1972-2, bilan de l'énergie électrique, page 133.
- (3) Office statistique des Communautés Européennes 1972-2, bilan de l'énergie par produits, pages 17, 19 et 25.
- (4) Office statistique des Communautés Européennes 1960 - 1970.
- (5) Office statistique des Communautés Européennes 1960 - 1970, bilan de l'énergie électrique, page 281.
- (6) Office statistique des Communautés Européennes 1972-2, bilan de l'énergie électrique, pages 128, 129 et 132.
- (7) IRSID, bilan énergétique des usines sidérurgiques, Jacques ASTIER, page 15.
- (8) Office statistique des Communautés Européennes 1960 - 1970, bilan de l'énergie électrique, page 281.
- (9) Office statistique des Communautés Européennes 1972-3, énergie électrique, répartition de la production totale nette par source d'énergie, page 135.
- (10) Office statistique des Communautés Européennes 1972-3, énergie électrique, répartition de la production totale nette par source d'énergie, page 134.
- (11) Office statistique des Communautés Européennes 1972-3, énergie électrique, répartition de la production totale nette par source d'énergie, pages 134 et 135.
- (12) Office statistique des Communautés Européennes 1972-3, indicateurs de l'économie de l'énergie, page 4.
- (13) Statuts SOTEL, octobre 1967.
- (14) Bilan SOTEL, exercice 1971
- (15) Memento des Valeurs 1971, page 109.

- (16) UCE LINALUX - Hainaut, rapports présentés à l'assemblée générale ordinaire du 10.4.1972.
- (17) Banque de Bruxelles, études de sociétés, mars 1972, traction et électricité.
- (18) Memorial recueil spécial 1962, page 1559 et suivante
- (19) Memorial recueil spécial 1959, No 45.
- (20) Memorial recueil spécial 1972, page 7027.
- (21) Siemens Zeitschrift 1/67.
- (22) I.I.S.I. 5th annual conference, J.-P. GIGNAC, the outlook for hydroelectric power and the canadian energy situation.
- (23) I.I.S.I. 5th annual conference, Warren B. DAVIS, the outlook for fossil fuels.
- (24) FAZ 30/12/72.
- (25) FAZ 23/12/72.
- (26) Technische Rundschau SULZER 2/65.
- (27) Stahl und Eisen 6/69 No 13.
- (28) ETZ 20/72.
- (29) National geographic society 11/72, K.F. WEAVER, the search for tomorrow's power.
- (30) I.I.S.I. 5th annual conference, Dr. Aug. EITZ, nuclear energy, the energy of the future.
- (31) ULLMANN, Enzyklopädie der technischen Chemie, 1953.
- (32) Paul WIEL, Handbuch der Produktion.
- (33) Vorlagen in der Hauptversammlung der RWE - Geschäftsjahr 71/72.
- (34) Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke - e.v.  
Das schlaue Blättchen 1971.
- (35) EDF Résultats techniques d'exploitation 1972  
(année 1971).



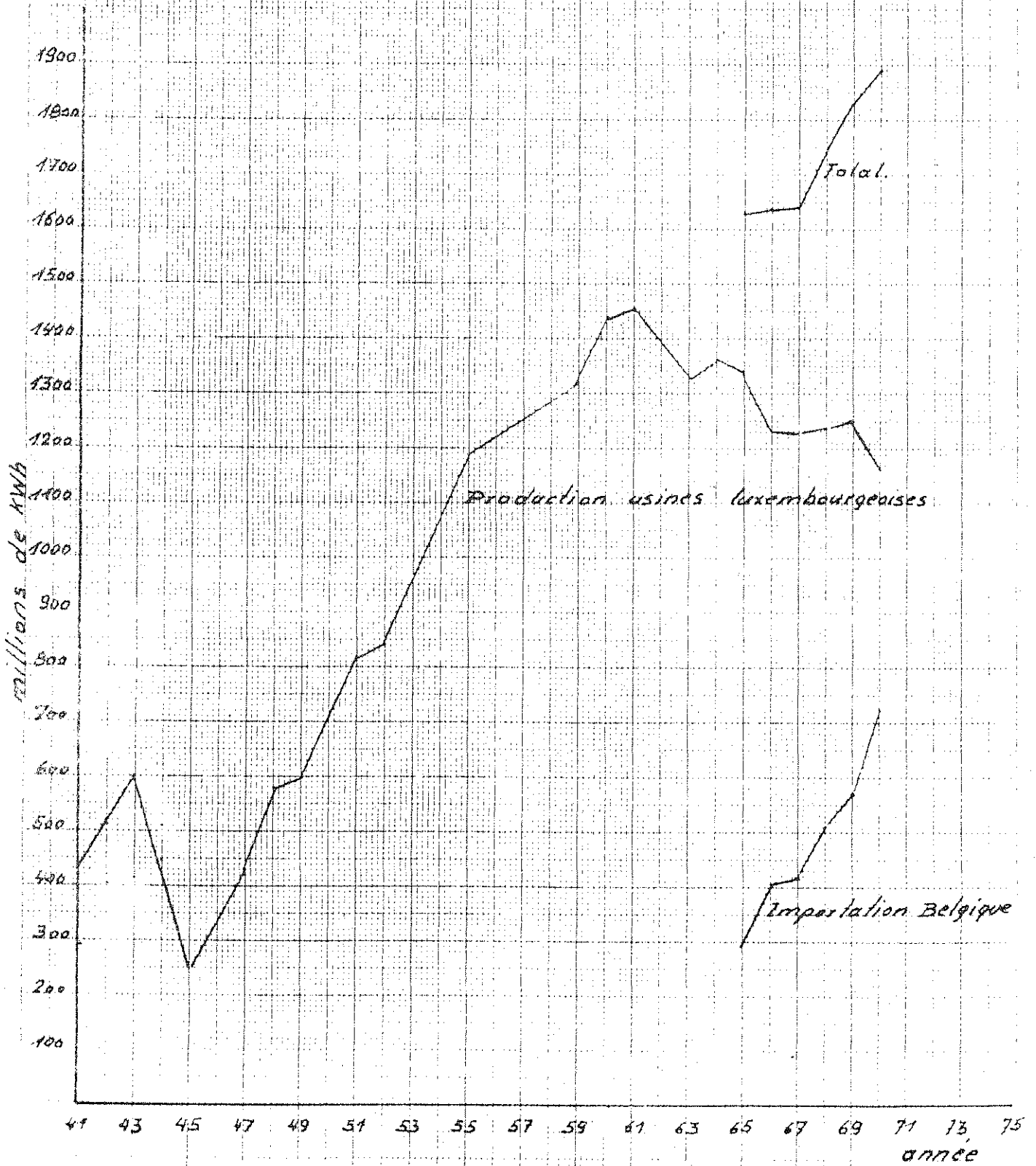
ANNEXE 2

DEFINITIONS

1 kWh	= 1.000 Watt heure
1 MWh	= 1.000 kilo Watt heure = 1 million de Wh
1 GWh	= 1.000 Megawattheure = 1 million de kWh
1 Gcal	= 1 million de kcal
1 tec	= 1 tonne équivalent charbon = 7 millions de kcal
1 MWe	= puissance électrique (centrales nucléaires)

ANNEXE 2

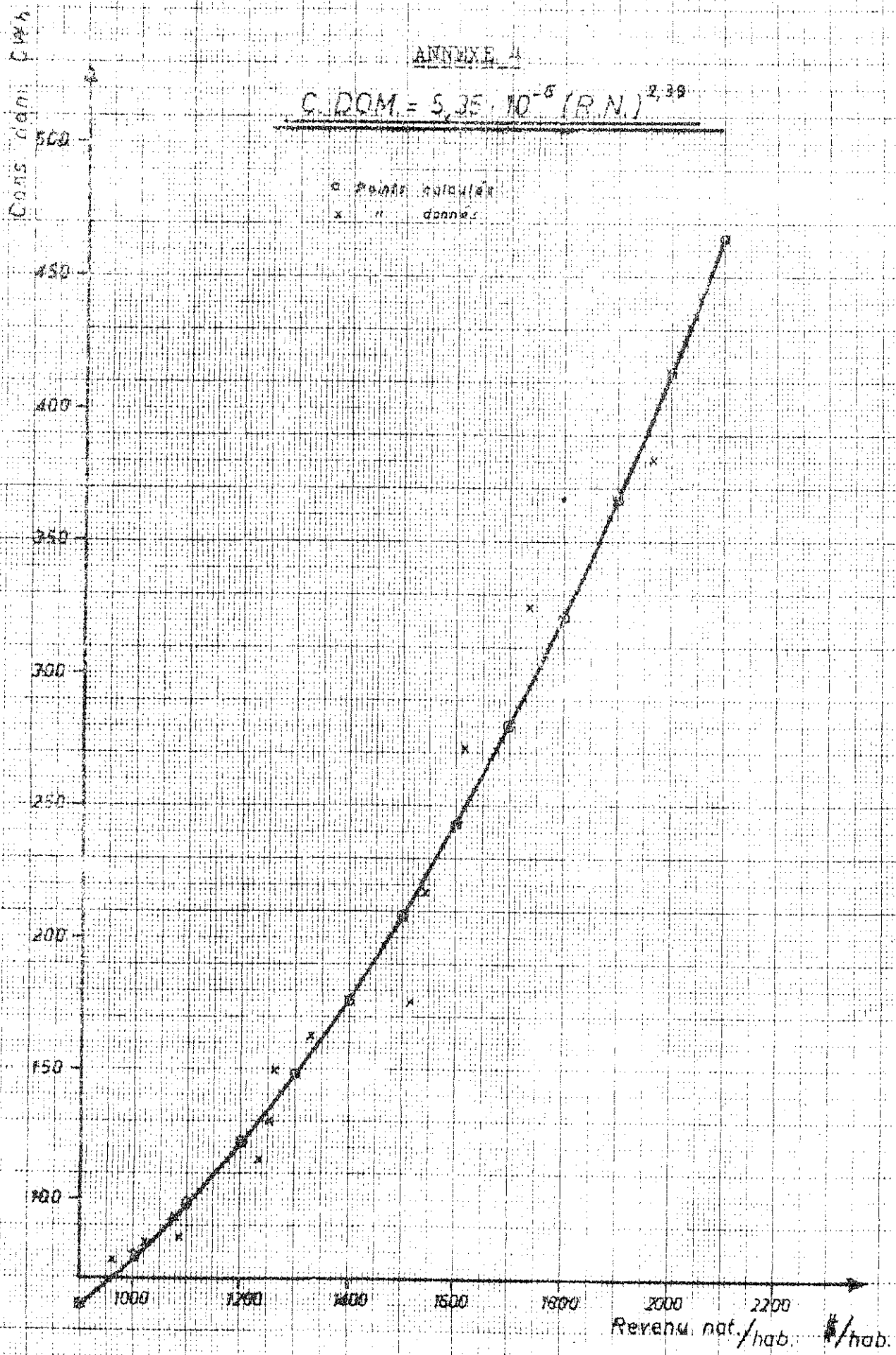
PRODUCTION



ANNEXE 4

$C_{DOM} = 5,35 \cdot 10^{-5} (R.N.)^{2,39}$

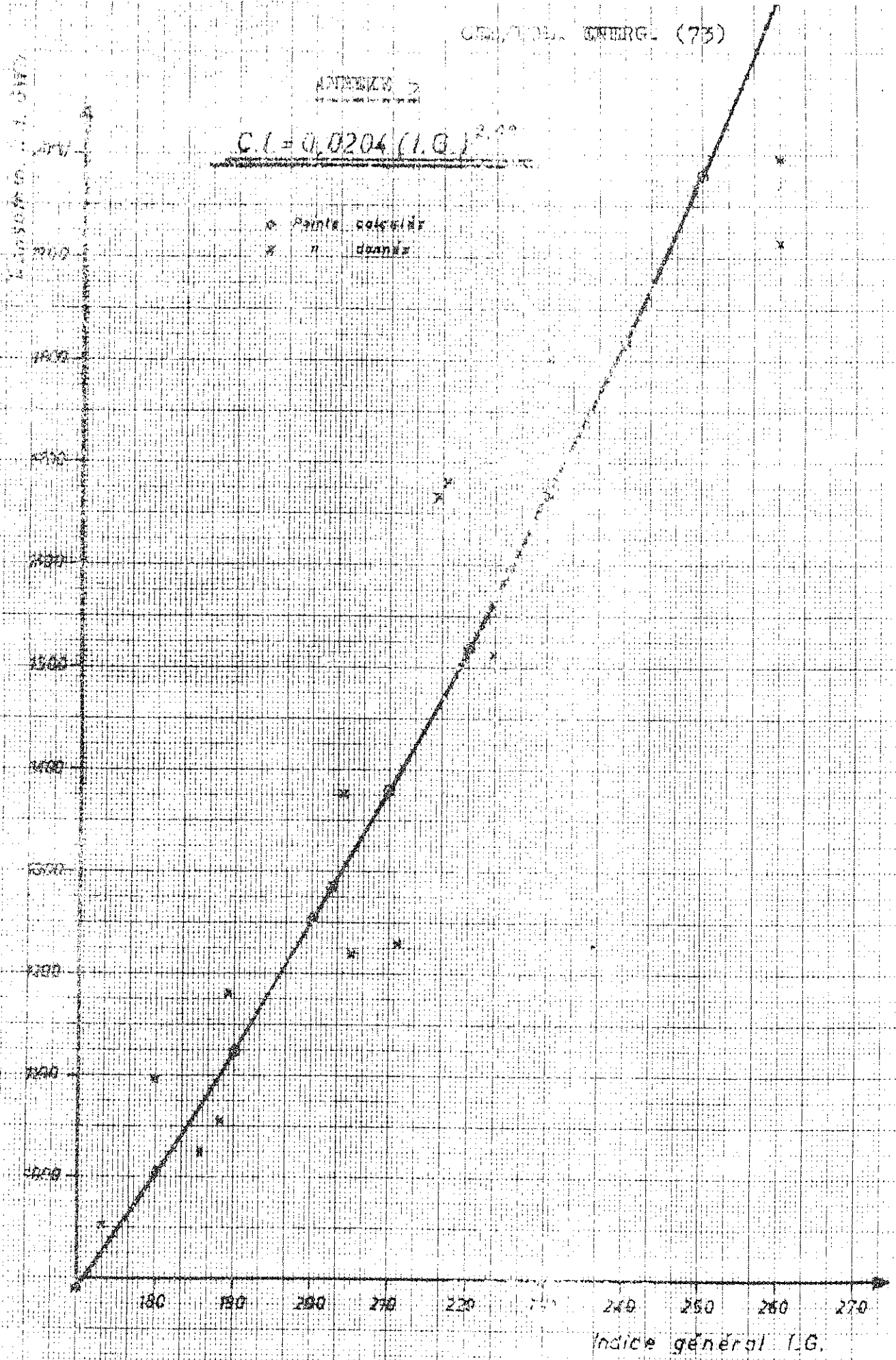
o Pointe curvilé  
x " denses



ANEXUL 2

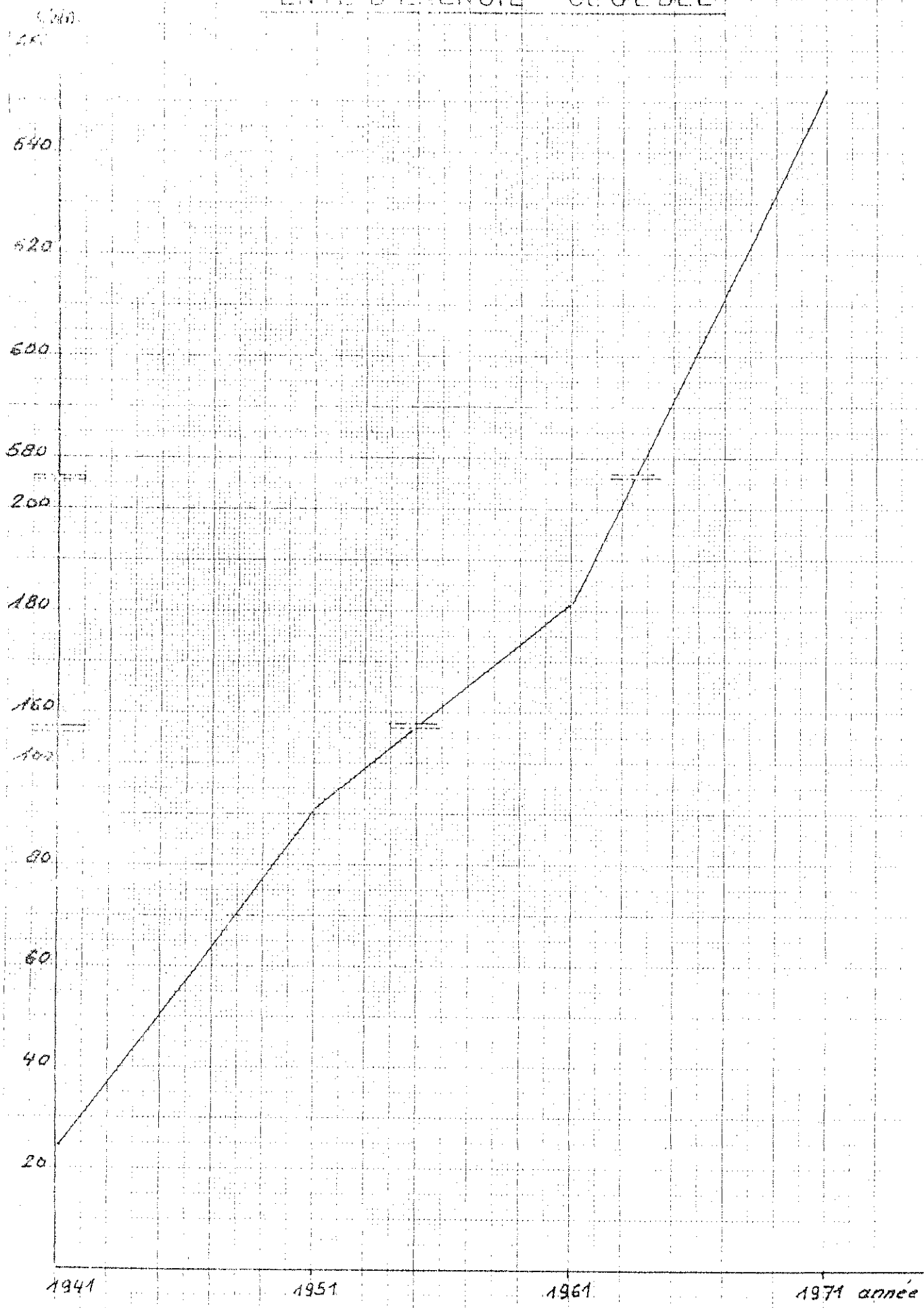
$C.I. = 0,0204 (I.G.)^{2,40}$

- \* Puncte calculate
- \* " dobande



ANNEXE C

VENTE D'ENERGIE CE GEDEL



## Consommation d'énergie électrique GWh

Année	Industrielle technologie		Domestique	Autres	Total technologie		Puissance électrique MW	
	actuelle	nouvelle			actuelle	nouvelle	actuelle	technologie nouvelle
1971	2.031	-	459	110	2.600	-	435	-
1972	2.217	-	518	110	2.845	-	475	-
1973	2.350	-	585	110	3.045	-	500	-
1974	2.495	-	660	110	3.265	-	540	-
1975	2.628	-	747	110	3.485	-	575	-
1976	2.751	-	844	110	3.705	-	630	-
1977	2.870	-	950	105	3.925	-	650	-
1978	2.985	-	1.060	105	4.150	-	690	-
1979	3.125	-	1.170	105	4.400	-	725	-
1980	3.250	6.250	1.300	100	4.650	7.650	775	1.280
1985	4.100	7.500	2.500	100	6.700	10.100	1.120	1.680
1990	5.200	9.100	4.600	100	9.900	13.800	1.650	2.300

CES/POL. ENERG. (73)

VI

L'ENERGIE NUCLEAIRE





## VI L'ENERGIE NUCLEAIRE

### 1. L'INTRODUCTION

#### 11. L'origine et la libération de l'énergie nucléaire

L'énergie produite sous forme de chaleur par la combustion des combustibles fossiles, tels que le charbon, les hydrocarbures et le gaz naturel, est le résultat d'interactions au niveau des atomes, c'est-à-dire des atomes de carbone et d'hydrogène d'un côté et des atomes d'oxygène d'un autre côté. Pour fixer l'ordre de grandeur des quantités d'énergie libérées, rappelons que la combustion d'un kg de charbon donne une quantité de chaleur d'environ 10 kWh.

Une dizaine d'années avant la deuxième guerre mondiale, il devint apparent que les énergies mises en jeu dans les interactions entre les particules élémentaires constituant les noyaux des atomes étaient considérablement plus élevées. Prévu d'abord dans la théorie par Einstein et vérifié ensuite par des expériences, d'ailleurs à l'échelle microscopique, il fut reconnu possible d'annihiler la matière et de faire apparaître une quantité équivalente d'énergie. Ainsi, à l'annihilation d'un kg de matière, en principe d'ailleurs quelconque, correspond une énergie équivalant à 25 milliards de kWh.

Ces faits étant connus déjà avant la guerre, encore fallait-il trouver les "combustibles" et les modes de réaction pour ouvrir à l'humanité les formidables réserves d'énergie nouvelle, appelée énergie nucléaire.

Chronologiquement, la première découverte fut celle de l'agglomération des noyaux des éléments les plus légers, l'hydrogène, l'hydrogène lourd (deutérium) et l'hydrogène extra-lourd (tritium). Dans cette réaction, appelée fusion, les nouveaux noyaux produits ont une masse plus faible que la masse totale des noyaux de départ, le déficit de masse apparaissant sous forme d'énergie. Il fut d'ailleurs reconnu très tôt que le phénomène de fusion est à la base de l'énergie produite par le soleil et conditionne finalement toute activité sur notre planète.

Le deuxième phénomène découvert a été la fission de certains des noyaux les plus lourds existant sur la terre. La fission du noyau d'uranium, c'est-à-dire sa fragmentation en deux noyaux, peut être induite par le bombardement de neutrons, particules neutres qui sont des constituants des noyaux atomiques. Deux faits importants ont été reconnus dès 1939 :

- Les deux fragments, appelés produits de fission, s'accompagnent de deux à trois nouveaux neutrons, qui sont au même titre des résultats de la fragmentation et qui peuvent servir à leur tour de missiles pour déclencher d'autres fissions, donnant ainsi un phénomène auto-entretenu et même explosif sous certaines conditions.
- La masse totale des deux fragments et des neutrons secondaires est inférieure à la masse du noyau initial. Le déficit de masse, tout faible qu'il est, apparaît sous forme d'énergie de vitesse énorme des particules formées.

## 12. L'évolution historique

La preuve expérimentale que la fission de l'uranium pouvait être entretenue par le phénomène de "réaction en chaîne" fut apportée en 1942, et les Etats-Unis, craignant d'être devancés par l'Allemagne, prirent la décision de développer la bombe atomique à fission.

Les moyens scientifiques et industriels mis en support de ce projet n'ont jamais été égalés dans l'histoire du monde. Le récit de cet effort, paru après la guerre dans le livre "Manhattan Project", donne l'impression d'un roman de science-fiction. On comprend à sa lecture que le développement rapide des centrales électriques nucléaires n'a été possible que grâce aux crédits militaires illimités investis à cette époque dans les moyens de recherche et la capacité technologique des grandes sociétés américaines telles que Westinghouse et General Electric. En fait,

le développement des centrales nucléaires est le sous-produit de l'effort militaire américain.

Les explosions de Hiroshima et de Nagasaki en 1945 ont sensibilisé l'opinion publique à laquelle s'est révélée pour la première fois l'énorme puissance de l'énergie nucléaire. Cette évolution historique explique pourquoi la notion d'énergie nucléaire est associée à un malaise et une notion de mystère odieux dans l'esprit des hommes de notre génération.

Les oppositions véhémentes et souvent irraisonnées que nous rencontrons aujourd'hui s'expliquent en grande partie par cette situation.

Dès 1947, les Etats-Unis et bientôt la Grande-Bretagne, la France et le Canada se sont mis à construire les premiers réacteurs nucléaires dans lesquels la fission de l'uranium se déroule de façon contrôlée et où la chaleur dégagée est utilisée à la production de vapeur.

Les options prises dès cette époque ont été dictées par des raisons politiques plutôt qu'économiques. Ainsi, les types de réacteurs développés en premier lieu étaient destinés de façon primaire à produire du plutonium, autre combustible fissile artificiel destiné aux bombes, ainsi qu'à fournir l'énergie de propulsion de sous-marins.

La première centrale électrique nucléaire équipée d'un turbo-alternateur de 200 kW a fonctionné en 1951 aux Etats-Unis.

## 2. LES ASPECTS TECHNIQUES ET ECONOMIQUES

### 21. Les types de réacteurs nucléaires

#### 211. Le combustible

L'uranium qui se trouve dans le sol, et que nous appellerons uranium naturel, est composé de deux variétés, l'uranium U 238 (99,3 %) et l'uranium U 235 (0,7%). L'U 235 seul est fissile et

pour des raisons technologiques on ne peut en brûler qu'une fraction dans les réacteurs construits à ce jour.

Le rendement d'utilisation de l'uranium serait ainsi extrêmement faible si l'on n'avait pas trouvé pour l'avenir un autre moyen de valoriser l'uranium.

En effet, une partie de l'U 238 se transforme sous l'action des neutrons libérés dans la réaction en chaîne en un élément artificiel fissile, le plutonium. Cette réaction, qui se fait d'ailleurs dans tous les réacteurs, est particulièrement efficace dans les réacteurs dits "surrégénérateurs" qui ne sont actuellement qu'au stade de prototype, mais qui devront prendre la relève des types de réacteurs initiaux d'ici une vingtaine d'années. Les réacteurs surrégénérateurs produiront effectivement plus de matière fissile à partir de l'U 238 qu'ils n'en consomment et permettront ainsi de valoriser presque intégralement les réserves d'uranium.

Il faut encore mentionner un fait important, c'est que les types de réacteurs qui sont considérés aujourd'hui comme les plus économiques et les mieux éprouvés, ne peuvent pas brûler l'uranium naturel, vu la faible fraction de la variété fissile U 235 (0,7 %).

Il faut donc enrichir l'uranium en U 235 jusqu'à une concentration de 2 à 3 %. Cette opération, qui met en jeu des phénomènes physiques (différence de masse des atomes) et non des phénomènes chimiques, est très coûteuse et demande des investissements énormes. Les seules usines d'enrichissement dans le monde occidental capables d'alimenter les centrales nucléaires en combustible enrichi se trouvent aux Etats-Unis et ont d'ailleurs été construites après la guerre pour la production de bombes atomiques.

Les usines construites plus tard en Grande-Bretagne et en France ne peuvent subvenir qu'aux besoins militaires de ces pays.

Afin de se soustraire à l'avenir au monopole de fait détenu par les Etats-Unis, les pays européens sont en train de mettre au point des techniques d'enrichissement originales (ultracentrifugation). La construction d'une usine européenne à l'échelle multinationale est prévue d'ici deux à trois années.

#### 212. La constitution du coeur d'un réacteur

Le combustible, soit sous forme de barreaux métalliques, soit sous forme de pastilles cylindriques d'oxyde empilées, est gainé dans un tube à paroi très mince fermé aux bouts par soudure.

Un certain nombre de tubes sont reliés parallèlement dans un assemblage appelé élément de combustible. Les espaces entre les tubes sont parcourus par le réfrigérant qui enlève la chaleur engendrée par la fission du combustible, et qui est utilisé à la sortie du coeur, à produire de la vapeur. Remarquons que le coeur d'un réacteur peut comporter plus d'une centaine d'éléments combustibles.

Le phénomène de fission peut être induit soit par des neutrons lents, soit par des neutrons rapides. Dans le premier cas, le coeur du réacteur comporte en outre un matériau qui ralentit les neutrons : graphite, eau ou eau lourde. Rappelons que l'eau lourde contient du deutérium, variété lourde de l'hydrogène.

#### 213. Les réacteurs graphite-gaz

Dans les années 50, ce type de centrale nucléaire a été développé en Grande-Bretagne et en France. L'uranium naturel sert de combustible, le matériau de ralentissement des neutrons est le graphite, le fluide de refroidissement est le gaz carbonique qui est porté à environ 450 °C. La puissance totale des unités en service dans la Communauté élargie s'élève à environ 7.000 MW (annexe 2).

La production de plutonium pour des armes nucléaires à partir d'uranium naturel, c'est-à-dire sans dépendance des Etats-Unis, a été le moteur de ce développement dans les pays mentionnés plus haut.

Les centrales graphite-gaz ont des frais d'investissement très élevés. Leur construction est abandonnée au profit d'autres unités plus rentables.

#### 214. Les réacteurs à haute température

Plusieurs réacteurs d'essai, voire même prototypes sont en service ou en construction aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne et en Allemagne.

Afin d'atteindre des températures de gaz dépassant  $750^{\circ}\text{C}$  et dans une étape ultérieure  $1.000^{\circ}\text{C}$ , le coeur du réacteur est entièrement construit en graphite. Le combustible est composé de particules d'uranium enrichi de faible diamètre, enrobées de façon étanche par du graphite. On a choisi l'hélium comme gaz de refroidissement parce que c'est le seul fluide qui ne réagit pas avec le graphite à la température élevée de service.

L'avantage principal des centrales à haute température est le rendement calorifique élevé. La possibilité de faire passer l'hélium chaud directement dans une turbine à gaz entraînant l'alternateur électrique et de supprimer ainsi la production intermédiaire de vapeur d'eau, est actuellement en développement.

L'utilisation directe de la chaleur extraite du coeur par l'hélium dans l'industrie chimique et dans l'industrie sidérurgique est envisagée pour l'avenir. Des évaluations et essais préliminaires sont en cours, surtout au Japon.

D'après les estimations de coût dont on dispose, on peut prévoir que les centrales nucléaires à haute température gagneront une part appréciable du marché dans les quinze prochaines années. Jusqu'à présent, 7 unités d'une puissance totale de 5.680 MW ont été commandées aux Etats-Unis, mais aucune centrale puissante n'est encore en service.

#### 215. Les réacteurs refroidis à l'eau

Pour un pays comme les Etats-Unis, disposant de vastes capacités d'enrichissement d'uranium à la fin de la guerre et désireux de développer rapidement un réacteur nucléaire de propulsion pour sous-marins, il importait de choisir une voie qui s'appuyait le plus possible sur l'état de la technologie de cette époque.

Comme dans une chaudière classique, on a donc choisi d'utiliser l'eau pour refroidir les éléments combustibles formés d'uranium enrichi dans une gaine métallique. En même temps, l'eau de refroidissement ralentit les neutrons.

Deux variantes ont été créées :

- Le réacteur à eau pressurisée, dans lequel l'eau de refroidissement du coeur ne peut pas entrer en ébullition à cause de la valeur élevée de la pression, ce type est utilisé également pour la propulsion des sous-marins et navires nucléaires.
  
- Le réacteur à eau bouillante, dans lequel l'eau bout en contact avec les éléments combustibles. La vapeur ainsi produite est conduite directement vers la turbine.

Le succès des deux variantes a été consacré par l'expérience d'un grand nombre de centrales en service. On évalue à 280.000 MW la puissance totale des centrales nucléaires de ce type en

fonctionnement en 1980<sup>x)</sup>. La répartition entre les deux variantes, eau pressurisée et eau bouillante, sera à peu près égale, parce qu'il n'y a pas de facteur déterminant, ni économique, ni en rapport avec la sécurité, qui décide en faveur de l'une ou de l'autre variante.

L'annexe No 1 indique l'état actuel (milieu 1972) du marché mondial des centrales à eau.

#### 216. Les réacteurs refroidis à l'eau lourde

La construction de ce type de réacteur est entreprise de façon presque exclusive au Canada. Dix unités d'une puissance totale de 5.500 MW sont en service ou en construction. En plus, quatre centrales ont été exportées par le Canada en Inde et au Pakistan.

Les réacteurs à eau lourde fonctionnent à l'uranium naturel, d'où un certain attrait pour des pays qui veulent garder une autonomie par rapport aux U.S.A. Leur rentabilité est réputée moins bonne que celle des réacteurs à eau "légère" ce qui explique qu'ils n'ont pas été adoptés par les autres pays.

#### 217. Les réacteurs surrégénérateurs

Des efforts importants sont consentis par la Grande-Bretagne, la France, la République Fédérale d'Allemagne, le Benelux, les Etats-Unis et l'U.R.S.S. pour développer le réacteur à neutrons rapides refroidi au sodium, à cause du fait que ce type de réacteur a la particularité de produire plus de combustible qu'il n'en consomme, d'où le qualificatif "surrégénérateur"(voir 211).

---

x) H. Mandel : Strukturen der nuklearen Stromerzeugung in den 70er und 80er Jahren.  
Atomwirtschaft, Januar 1973.



Plusieurs centrales prototypes d'une puissance unitaire de 300 MW sont sur le point d'entrer en service ou en construction. Les producteurs d'électricité en France, en République Fédérale d'Allemagne et en Italie, ont déclaré leur intention de commander en commun deux centrales de 1.000 MW chacune d'ici 1978.

Il apparaît d'ores et déjà que la rentabilité des réacteurs surrégénérateurs par rapport aux réacteurs à eau ne sera assurée qu'à partir de puissances unitaires de l'ordre de 2.000 MW, et que la percée de ce nouveau type ne pourra guère se faire avant 1990.

Relevons que le combustible sera du plutonium. Le stock de plutonium atteindra vers 1985 dans le monde occidental environ 350 t, disponible pour le démarrage des réacteurs surrégénérateurs<sup>x)</sup>. Il faut souligner que le plutonium est un combustible pur, au même titre que l'uranium 235.

## 22. Les perspectives de construction de centrales nucléaires

En ce qui concerne la part du marché conquise par chaque type de centrale, on peut résumer en disant que les réacteurs à eau pressurisée et à eau bouillante ont à l'heure actuelle une maturité technique bien supérieure à tous les autres réacteurs.

En tablant sur les conditions économiques européennes, ces réacteurs sont compétitifs avec les centrales thermiques classiques à partir d'une puissance unitaire de 1.000 MW, à l'exception des centrales brûlant le gaz naturel.

La France et la Grande-Bretagne abandonnent la construction des centrales gaz-graphite au profit des centrales à eau. Seul le Canada reste attaché aux centrales à eau lourde.

---

x) U. BRAATZ, Jahrbuch der Atomwirtschaft 1973.

Il est à prévoir que les réacteurs à haute température gagneront de plus en plus du terrain au fur et à mesure qu'ils gagneront en maturité technique. L'avènement des réacteurs surrégénérateurs n'est à attendre que vers la fin des années 80.

L'annexe No 2 indique les puissances des centrales en fonctionnement, en construction ou en projet dans les 9 pays de la Communauté, ventilées suivant les pays et les types de centrales. Il reflète les tendances indiquées plus haut.

En prenant le cas de la République Fédérale d'Allemagne, pays qui a le programme nucléaire le plus dynamique, on peut citer les prévisions suivantes <sup>x)</sup> quant à la part que prendra l'énergie nucléaire dans la production de courant électrique :

1970 : 2 %    1980 : 27 %    1990 : 64 %    2000 : 80-85 %

Ces prévisions partent de l'hypothèse que le rapport de l'énergie électrique à l'énergie primaire totale variera de 25 % en 1970 à environ 50 % en 2000.

L'annexe No 3 donne le relevé des centrales électriques, classiques et nucléaires, dont la mise en service s'échelonne entre 1971 et 1976 en République Fédérale d'Allemagne. On notera que vers la fin de cette époque la moitié des centrales nouvelles seront nucléaires.

Cette tendance se confirme déjà aujourd'hui aux Etats-Unis. En effet, le relevé des commandes de centrales nucléaires aux constructeurs américains se présente comme suit :

---

x) H. Mandel : Strukturen der nuklearen Stromerzeugung in den 70er und 80er Jahren. Atomwirtschaft, Januar 1973.

Année	Nombre	Puissance totale (MW)
1968	14	13.000
1969	7	7.200
1970	14	14.300
1971	21	20.800
1972	38	41.200

### 23. Les réserves mondiales d'uranium

Les réserves d'uranium connues dans le monde occidental sont indiquées au tableau ci-après, classées en deux catégories suivant leur prix de vente probable dépendant des difficultés d'extraction.

Pays	Quantité en 1.000 t $U_3O_8$ suivant catégorie de prix			
	Prix inf. à 10 \$ / lb $U_3O_8$		10 - 15 \$ / lb $U_3O_8$	
	Réserves sûres	Réserves addition- nelles escomptées	Réserves sûres	Réserves addition- nelles escomptées
U.S.A.	355	590	172	327
Canada	210	209	118	153
Afrique du Sud	272	-	-	-
Suède	-	-	318	-
Divers	173	126	118	173
Total :	1.010	925	726	653

(Uranium 1971, Sherman, Atomic Industrial Forum, mars 1972)  
(1 lb = 1 pound = 453 g)

Tablant sur une estimation des puissances des centrales nucléaires à installer d'ici 1985, les besoins annuels en uranium du monde occidental seraient les suivants :

1975	35.000 t $U_3O_8$
1980	60.000 t $U_3O_8$
1985	110.000 t $U_3O_8$

Compte tenu de ces prévisions, les réserves sûres de la catégorie de prix inférieure couvriraient les besoins d'ici 1987.

Il faut relever que les capacités d'extraction et de raffinage actuelles sont surabondantes et que de ce fait les efforts de prospection vont au ralenti.

Il est admis que la recherche de nouveaux gisements d'uranium, stimulée par la croissance exponentielle des besoins, permettra de garantir un prix raisonnable du combustible au-delà de l'année 2000. En fait, l'introduction progressive des réacteurs surrégénérateurs après 1990 allégera la demande annuelle d'uranium d'une manière sensible puisque le rendement d'utilisation de l'uranium pourra être décuplé.

#### 24. Le prix du combustible

L'abondance de l'offre sur le marché mondial de l'uranium a conduit à un abaissement du prix de l'uranium pendant les trois dernières années. Entretiens les principaux producteurs en dehors des Etats-Unis, à savoir la France, le Canada et l'Afrique du Sud, ont conclu des accords visant à stabiliser les prix.

Le prix d'un pound d'oxyde d'uranium (1b  $U_3O_8$ ) a été de 6 \$ en 1972. Les contrats à long terme prévoient une hausse de 4 à 5 % par an <sup>x)</sup>. Pour les fournitures au-delà de 1980, un prix

---

x) U. BRAATZ, Jahrbuch der Atomwirtschaft 1973

contractuel ne peut pas être accepté.

Comme il a été indiqué plus haut, l'uranium doit être enrichi afin qu'il puisse servir dans les réacteurs refroidis à l'eau. Les Etats-Unis, qui détiennent le monopole de cette opération d'enrichissement, avaient garanti un prix constant pendant quelques années. Selon des informations récentes, le prix de l'enrichissement serait augmenté de presque 20 % à partir du milieu de 1973.

Afin de fixer les idées, le prix par kg d'uranium enrichi à 2,6 %, à fournir en 1980, sera de 235 dollars.

Il faut y ajouter les frais de fabrication des éléments de combustible, variables d'ailleurs suivant le type de réacteur, mais que l'on peut estimer à 100 dollars par kg d'uranium.

Le chargement complet d'une centrale nucléaire de 1.200 MW comprend environ 100.000 kg d'uranium, dont le prix s'élève ainsi à 33 millions de dollars.

A titre indicatif, relevons qu'un kg d'uranium enrichi "brûlé" correspond à une production de 220.000 kWh.

#### 25. Les données économiques des centrales nucléaires

Le coût d'investissement spécifique d'une centrale nucléaire est nettement plus élevé que celui d'une centrale classique, de l'ordre du double, soit environ 15.000 frs luxembourgeois par kW installé.

Ceci explique pourquoi les puissances unitaires des centrales sont choisies les plus élevées possibles et atteignent 1.200 MW. En effet, on gagne 10 % en construisant une unité de 1.200 MW au lieu de deux unités de 600 MW.

Les longs délais de construction, de l'ordre de 6 ans, introduisent des frais appréciables tant par les intérêts intercalaires que par l'augmentation des coûts, ces deux facteurs pouvant intervenir ensemble pour environ 35 % du coût d'investissement total <sup>x)</sup>.

En ce qui concerne les frais d'exploitation, il faut relever que le coût du combustible n'intervient que pour 25 %, tandis que cette quote-part est de 50-70 % dans une centrale classique.

A cause des frais de capital élevés, les centrales nucléaires doivent être utilisées pour couvrir la charge de base des réseaux en marchant au taux d'utilisation le plus élevé possible. Le taux d'utilisation est en fait un facteur déterminant dans le prix du kWh.

Les prévisions du prix de revient de l'énergie électrique produite par les centrales nucléaires de forte puissance sont très aléatoires. A titre indicatif, nous reproduisons ci-après une estimation établie par les services de la Commission des Communautés Européennes <sup>xx)</sup>.

Période de mise en service des centrales	Prix de revient (FLUX par kWh)
1975 - 1980	0,24 - 0,35
1980 - 1985	0,21 - 0,30
1985 - 1990	0,20 - 0,27

x) Atomwirtschaft, janvier 1972

xx) C.C.E., Deuxième programme indicatif nucléaire pour la Communauté 1972

Ces chiffres basent sur une utilisation annuelle des centrales de 6.500 heures, les extrêmes de la fourchette indiquée résultent des charges annuelles d'immobilisation du capital, l'annuité totale étant comprise entre 10 % et 13 %.

## 26. La disponibilité et la fiabilité des centrales nucléaires

La sécurité d'approvisionnement en énergie électrique est garantie de façon optimale par une centrale nucléaire, au moins du côté de la disponibilité du combustible. En fait, le réacteur n'est chargé qu'une fois par an et on remplace à chaque fois un tiers de la charge totale d'uranium. Une autonomie de un à deux ans est ainsi techniquement facile à réaliser.

La valeur élevée de la puissance unitaire des centrales, 1.000 à 1.200 MW, entraîne un désavantage sensible lorsqu'il y a interruption de service pendant une période prolongée. La puissance de réserve installée dans le réseau doit être notablement augmentée, ce qui grève le coût du kWh. La durée des réparations est parfois très élevée, de l'ordre d'une semaine à quelques mois, lorsque des circuits contaminés par la radioactivité sont en cause.

Bon nombre de centrales nucléaires ont subi des arrêts prolongés pendant leur première année de service. Dans la plupart des cas, les incidents ne concernaient d'ailleurs pas les parties vitales de la chaudière nucléaire, mais plutôt des composants auxiliaires.

Toujours est-il que les producteurs d'électricité jugent prudent de prévoir dans leur réseau une réserve à 100 % lors du démarrage d'une grande unité nucléaire.

Il faut relever cependant que les centrales ayant subi les aléas mentionnés plus haut, ont réalisé des taux de disponibilité remarquables, après la mise au point des difficultés de démarrage, ainsi la centrale allemande de Gundremmingen a fonctionné pendant 90 % du temps pendant l'année 1971.

## 27. La sûreté des centrales nucléaires

Les produits de fission qui s'accumulent dans le combustible d'un réacteur sont des corps fortement radioactifs et il faut les empêcher de se répandre dans l'environnement. Plusieurs barrières étanches sont prévues : d'abord les tubes de gainage du combustible ensuite le circuit de refroidissement et la cuve de pression logeant le coeur, et enfin une enveloppe double, soit en acier, soit en béton, qui renferme la chaudière nucléaire ainsi que toutes les installations annexes qui risquent d'être contaminées par les produits de fission. Les faibles fuites inévitables des circuits sont filtrées et ventilées de façon contrôlée à travers une cheminée de grande hauteur, et la dilution dans l'air ambiant conduit à des concentrations très faibles qui ne présentent pas de danger pour l'organisme humain.

Lors de la construction d'un réacteur, des contrôles très sévères de la qualité des matériaux et de l'étanchéité des soudures minimisent la possibilité d'une défaillance grave, et des mesures de sécurité sont prises pour contenir les effets d'un accident même très improbable. On admet que 15 % du coût d'investissement total d'une centrale nucléaire sont imputables aux dispositifs de sécurité.

Il est ainsi possible de limiter l'exposition de la population habitant à proximité d'une centrale nucléaire à moins de 5 % de l'exposition normale due à la radioactivité naturelle des sols. Même en cas d'accident grave, l'irradiation de la population reste en deçà des limites fixées sur un plan international.

Depuis quelques années, on assiste à une opposition grandissante du public contre la construction d'installations nucléaires. Cette opposition a son origine, en partie, dans le fait que le grand public est insuffisamment informé sur la portée réelle des questions de sécurité. A l'encontre de beaucoup d'autres industries polluantes, l'industrie nucléaire a été astreinte dès les débuts de son développement à porter une attention particulière



aux questions d'environnement et de sûreté, de manière à ce que les statistiques prouvent que les accidents y sont beaucoup moins nombreux que dans n'importe quel autre secteur industriel.

Des moyens de recherche importants continuent d'être consacrés aux questions préoccupantes suivantes :

- Probabilité d'occurrence d'un accident grave dans une centrale nucléaire.
- Moyens de stockage des déchets radioactifs pendant des siècles et aménagement de réacteurs nucléaires désaffectés.
- Effets de faibles doses d'irradiation sur l'organisme humain et notamment les effets génétiques.

Dans ce contexte, il importe de mentionner un autre effet des centrales nucléaires sur l'environnement, c'est l'échauffement des cours d'eau utilisés pour le refroidissement. Ce problème concerne également les centrales classiques, mais à un moindre degré, car les centrales classiques rejettent moins de calories dans l'eau de refroidissement à puissance utile égale. Les normes qui fixent les niveaux d'échauffement admissibles sont fort discutées et plusieurs pays envisagent d'interdire complètement ce mode de refroidissement des centrales en suivant l'exemple de la Suisse. Une alternative consiste à prévoir des circuits d'eau fermés, où le refroidissement se fait par évaporation d'eau dans des tours réfrigérantes.

D'autres problèmes sont alors à examiner, notamment la formation de brouillards gênants dégagés par ces tours. Mentionnons qu'une centrale de 1.200 MW serait équipée d'un réfrigérant d'une hauteur supérieure à 100 m dégageant des nuages de vapeur d'eau à raison d'environ 1 tonne par seconde.

Les considérations précédentes se basent en grande partie sur les conclusions de la conférence internationale "L'Energie nucléaire et l'Environnement", Liège, janvier 1973, où il fut relevé par ailleurs que les effets des rayonnements sur l'organisme humain sont les seuls parmi toutes les nuisances qui ont diminué pendant les dix dernières années. En effet, les applications médicales des rayonnements ionisants contribuent pour une part beaucoup plus importante que les industries nucléaires à la dose d'irradiation de la population. Les progrès des sciences médicales ont diminué et vont diminuer encore cette part.

28. Les perspectives d'avenir

281. L'utilisation de l'énergie nucléaire comme énergie primaire

La production d'énergie motrice pour les navires et la production d'électricité dans les centrales nucléaires ont été les premiers objectifs puisque les plus faciles à réaliser.

La chaleur extraite d'un réacteur nucléaire à fission peut trouver une application directe dans plusieurs domaines et les recherches à ce sujet, quoique dans un stade préliminaire, laissent entrevoir des possibilités économiques d'ici une vingtaine d'années.

Mentionnons en premier lieu le dessalement de l'eau de mer. La technologie en peut être considérée comme suffisamment au point, mais l'économie du procédé n'est pas encore démontrée. On a élaboré aux Etats-Unis des projets pour des complexes industriels, dits "agro-nucléaires", destinés à des régions sous-développées en bordure de mer. Un ou plusieurs réacteurs de grande capacité fournissent l'énergie pour le dessalement de l'eau destinée à la consommation de plusieurs millions d'habitants et à l'irrigation de cultures. Sur le même site sont prévues des usines d'engrais et d'autres industries de base alimentées en énergie par les mêmes réacteurs. Il va sans dire que le financement de cette forme d'aide aux pays sous-développés est loin d'être résolu.

Il faut remarquer que la première unité de production d'eau déssalée couplée à une centrale nucléaire vient d'être mise en service en URSS.

En Allemagne, la société BASF projette de construire une centrale nucléaire produisant de la vapeur pour les procédés

chimiques ainsi que du courant électrique.

Les utilisations mentionnées jusqu'ici peuvent être réalisées avec n'importe quel type de réacteur, vu que le niveau de température requis est peu élevé.

Par contre, d'autres procédés requièrent des températures de l'ordre de 1000° C et plus, domaine exclusif des réacteurs à haute température refroidis à l'hélium.

La gazéification de combustibles fossiles, tels que la lignite, la houille ou le brai, permettrait de produire du gaz naturel synthétique pouvant prendre la relève du gaz naturel à l'épuisement des ressources géologiques, ainsi que du gaz de réduction (hydrogène et monoxyde de carbone) destiné à la réduction directe du minerai de fer. De même, la production d'éthylène servant de base pour les matières synthétiques, et d'hydrocarbures synthétiques est en principe possible.

Les pays hautement industrialisés possédant encore des réserves appréciables de combustibles fossiles solides, viennent de se lancer dans ces recherches, c'est le cas de l'Allemagne et des Etats-Unis <sup>x)</sup>.

C'est surtout au Japon que l'intérêt pour la réduction directe des minerais de fer par l'énergie nucléaire commence à se traduire par des projets de recherche de grande envergure.

Il faut souligner cependant que ce procédé ne s'applique qu'à des minerais à très haute teneur en fer.

---

<sup>x)</sup>Schulten : Kernenergie zur Prozesswärmenutzung, Reaktortagung 1972, Hamburg.

Mentionnons en dernier lieu un projet de production d'hydrogène par dissociation catalytique de l'eau, activement poursuivi par le Centre commun de recherches de la Communauté.

En faisant le bilan des ressources de combustibles fossiles et des possibilités offertes par l'énergie nucléaire, il apparaît que la combustion de la houille et de la lignite, ressources non régénérables, pour la production d'électricité est un gaspillage dans l'optique du long terme.

D'ici quelques décades il faudra réserver ces "combustibles" à des fins plus utiles, notamment à la synthèse chimique, et convertir dans la mesure du possible les besoins d'énergie primaire vers l'énergie électrique, qui sera produite à partir des réserves quasi illimitées de l'énergie nucléaire.

#### 282. La fusion, source nouvelle d'énergie

La première libération d'énergie par le phénomène de fusion de noyaux légers a été faite à des buts militaires et a conduit à la bombe à hydrogène.

A l'opposé de la fission, il n'a pas encore été possible de réaliser une réaction contrôlée de fusion exploitable de façon économique, malgré les recherches entreprises dans tous les grands pays depuis 1954.

Le combustible actuellement à l'étude est un mélange de deutérium et de tritium (sub. 11).

Le deutérium peut être extrait de l'eau où il est contenu à raison d'environ 1 g par 30 litres d'eau. Les réserves dans l'eau de mer sont donc énormes et les frais d'extraction relativement peu élevés.

Le tritium, corps radioactif, est un sous-produit des réacteurs à fission refroidis à l'eau. Il pourra par ailleurs être formé à partir de l'élément chimique lithium, dont l'abondance dans l'écorce terrestre est 250 fois celle de l'uranium.

Afin que la réaction de fusion se produise dans le mélange, il faut le porter à une température supérieure à 100 millions de ° C et le confiner, par des forces magnétiques, dans un volume donné pendant des périodes successives de l'ordre d'un dixième de seconde.

Les résultats acquis à ce jour permettent de penser que la preuve expérimentale du procédé pourra être réalisée d'ici une quinzaine d'années, mais que le développement de réacteurs de fusion rentables n'aboutira qu'au début du siècle prochain.

### 3. LE LUXEMBOURG FACE A L'ENERGIE NUCLEAIRE

Il n'est pas à exclure que l'évolution du prix du coke métallurgique amènera à long terme l'industrie sidérurgique à adopter de nouveaux procédés d'élaboration de l'acier. Il en résulterait en tout cas une augmentation notable de la consommation d'électricité et éventuellement le recours à l'utilisation directe de la chaleur nucléaire produite par un réacteur à haute température.

Cependant, cette dernière alternative ne pourra être envisagée avant une dizaine d'années car ni la technologie, ni

l'économie du couplage d'un réacteur nucléaire à une usine sidérurgique ne sont encore prouvées. Les prototypes et centrales de puissance à haute température, qui sont actuellement en service ou en construction, réalisent des températures de sortie de 750 à 850 ° C. Ce niveau devra être relevé à environ 1000 ° C pour être compatible avec les procédés de fabrication de gaz réducteurs pour la réduction de minerais à haute teneur en fer. L'adaptation de ces derniers procédés aux exigences spécifiques d'un complexe nucléo-sidérurgique n'est que dans une première phase de recherche.

Il reste donc pour le moyen terme, l'option de la construction d'une centrale électrique équipée d'un réacteur nucléaire.

Un projet d'implantation d'une centrale nucléaire de grande puissance sur le territoire du Grand-Duché, avec une participation de notre Etat, relève d'une décision de politique économique et serait en premier lieu dictée par un souci de sécurité d'approvisionnement en énergie électrique.

D'après ce qui précède, le choix d'un réacteur refroidi à l'eau s'imposerait, puisque ce type de réacteur prime tous les autres par sa maturité technique. Il serait d'ailleurs recommandable de reproduire exactement une unité déjà en service ou en construction, afin qu'il puisse être tenu compte de toutes les adaptations de mise en route d'un équipement identique.

Une décision dans ce sens devrait être analysée sous quatre aspects :

- aspect sûreté et environnement;
- aspect économique;
- aspect financier;
- aspect sécurité d'approvisionnement en énergie électrique.

31. Si l'on peut dire qu'une centrale nucléaire peut être construite sur n'importe quel site présentant une capacité de refroidissement suffisante, sauf dans une région à population très dense, il faut cependant vérifier que les conditions météorologiques sont telles que les niveaux d'irradiation auxquels sera exposé la population avoisinante resteront en dessous des valeurs prescrites. Il faudra notamment définir les précautions à prendre en ce qui concerne les performances des filtres de l'air de ventilation, la hauteur de la cheminée de rejet et éventuellement des systèmes de confinement spéciaux. Il faut prévoir une période de mesures météorologiques d'environ deux ans.

Il importe en plus de procéder à une étude très poussée sur les tours de réfrigération et analyser l'influence sur l'environnement de la vapeur d'eau émise par ces tours.

On ne peut trop insister sur la nécessité d'informer le grand public sur toutes les questions relevant de la sûreté et de l'environnement, et ceci dès les premiers stades d'un projet de construction d'une centrale nucléaire. L'expérience d'autres pays a montré que des oppositions véhémentes, dues surtout à une information insuffisante ou incorrecte, peuvent naître et retarder l'exécution du projet.

32. Le Conseil Economique et Social désire souligner l'importance primordiale qu'il attribue à l'aspect économique du nouveau projet.

Il estime qu'une commission d'étude ad hoc avec la participation des grands consommateurs d'énergie du pays devrait être créée avec mission d'étudier les problèmes relatifs à la tarification.

En tout état de cause le Conseil Economique et Social est d'avis que la convention à signer avec le partenaire à choisir devrait contenir l'assurance que le prix moyen de cession du kWh ne dépassera pas celui que le Grand-Duché pourrait obtenir par la reconduction et l'ampliation des conventions actuelles, compte tenu, bien entendu, d'un éventuel renchérissement général de l'énergie. Les définitions suivantes étant à la base des calculs :



- prix moyen de cession : dépenses globales le long d'une année comportant les énergies de base et de pointe rapportées à la consommation annuelle en énergie électrique; les charges grevant le kWh se décomposant en : prix de revient de la centrale, part luxembourgeoise de l'énergie de réserve que le réseau du partenaire devra tenir à disposition et enfin notre part dans les frais de réseau et de distribution.

Pendant les arrêts programmés de la centrale, au moins 3 à 4 semaines par an lors du rechargement, et pendant les arrêts fortuits, la totalité de la consommation luxembourgeoise devra être importée du réseau voisin.

Une centrale d'une puissance d'environ 1.200 MW doit être couplée au réseau existant de 380 kV, dont le noeud le plus proche se trouve dans la Sarre près de Saarlouis.

On peut se poser la question s'il n'est pas indiqué de rechercher deux partenaires pour la réalisation d'une centrale de forte puissance sur notre territoire, d'un côté le réseau allemand RWE et, d'un autre côté, le réseau français EdF. En effet, ces deux réseaux viennent d'être interconnectés par une ligne de 380 kV de Uchtelfangen dans la Sarre à Bézaumont près de Pont-à-Mousson. C'est précisément sur cette ligne que la centrale luxembourgeoise devrait être raccordée. Il semblerait qu'une coopération avec RWE et EdF faciliterait le problème de la puissance de réserve et donnerait à notre réseau national une plus grande sécurité dans les échanges d'énergie. L'attrait pour EdF de participer au projet dès le départ serait plus prononcé si l'adjonction d'une deuxième tranche était prévue dans une phase ultérieure, de sorte qu'une véritable collaboration avec EdF s'instaurerait au mieux dans une deuxième étape.

33. Le coût d'investissement d'une centrale nucléaire de 1.200 MW peut être évalué à 18 milliards de francs luxembourgeois, en tablant sur un coût spécifique de 15.000 francs luxembourgeois

par kW installé. La première charge de combustible et les frais de raccordement au réseau électrique sont compris dans cette estimation.

En supposant que le Gouvernement luxembourgeois réalise le projet avec un seul partenaire de manière paritaire, et que le capital propre de la société à créer se limite à une fraction du capital engagé, la charge financière luxembourgeoise resterait néanmoins élevée. Cet aspect devrait faire l'objet d'une étude spéciale.

Dans le cadre des contrats d'approvisionnement actuels; le Luxembourg ne pourra pas obtenir les priorités souhaitables lors d'une pénurie générale de combustible fossile.

34. Par contre, la sécurité d'approvisionnement en énergie électrique est garantie de façon optimale par une centrale nucléaire, au moins en ce qui concerne la disponibilité du combustible.

Au cas où notre pays participe de façon paritaire à la construction d'une unité de production sur son territoire, il faudrait s'assurer dès le départ que, lors d'une crise d'énergie, notre consommation soit couverte de façon prioritaire. Il faudrait notamment en tenir compte dans la conception du raccordement de réseau, et prévoir une ligne de liaison directe entre la centrale et le réseau luxembourgeois à la tension de 220 kV.

ANNEXE 1 CES/POL. ENERG. (73)  
Constructeurs de réacteurs refroidis à l'eau

Constructeur	Type	Total			Marché national			Exportation		
		Nbre	MW net	P. unit max MW	Nbre	MW net	P. unit max MW	Nbre	MW net	P. unit max MW
USA										
General Electric	BWR	68	53 139	1 250	51	45 241	1 250	17	7 898	1 170
Westinghouse	PWR	77	63 202	1 150	54	47 966	1 150	23	15 236	-
Babcock & Wilcox	PWR	18	16 099	1 175	18	16 099	1 175	-	-	-
Comb. Engineering	PWR	15	13 603	1 165	15	13 603	1 165	-	-	-
Allis Chalmers	BWR	2	72	50	2	72	50	-	-	-
Sous-total		180	146 115		140	122 931		40	23 134	
UdSSR										
	PWR	22	9 630	1 100	9	4 270	1 100	13	5 360	440
	BWR	1	70	70	1	70	70	-	-	-
Sous-total		23	9 700		10	4 340		13	5 360	
Europe de l'Ouest										
BRD										
KWU, AEG	BWR	10	6 507	1 260	9	5 815	1 260	1	692	692
KWU, Siemens	PWR	8	5 783	1 230	7	5 338	1 230	1	450	450
BBR	PWR	1	1 300	1 300	1	1 300	1 300	fin 1972		
Suède										
ASEA-ATOM	BWR	6	3 840	900	6	3 840	900	-	-	-
France										
Babcock-Atlant.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Framatome	PWR	4	3 500	900	4	3 500	900	-	-	-
SOGFERCA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belgique										
ACEC	PWR	4	1 750	800	3	1 550	800	1	200	200
Sous-total		33	22 685		30	21 343		3	1 342	
Japon										
Toshiba	BWR	6	4 054	784	6	4 054	784	-	-	-
Hitachi	BWR	1	20	20	1	20	20	-	-	-
Mitsubishi	PWR	3	1 860	781	3	1 860	781	-	-	-
Sous-total		10	5 934		10	5 934		-	-	-
Total		246	184 434		190	154 598		56	29 836	

BWR: Boiling Water Reactor  
 Réacteur à l'eau bouillante

PWR: Pressurized Water Reactor  
 Réacteur à eau pressurisée

SOURCE : (W.J. Schmit-Küster )  
 (Jahrbuch der Atomwirtschaft 1973)  
 (Handelsblatt Verlag-Düsseldorf )

ANNEXE 2

Puissance électrique nette des centrales nucléaires en fonctionnement, en construction ou en projet dans la Communauté à la date du 1er janvier 1973

Puissance électrique nette des centrales nucléaires en fonctionnement, en construction ou en projet dans la Communauté :

44,015 MWe nets, soit :

Type de réacteur	Pays	au réseau	en construction	commandes et projets	Total MWe
Gaz graphite	Royaume-Uni	5.165	-	-	5.165
	France	2.365	-	-	2.365
	Italie	200	-	-	200
	Total	7.730	-	-	7.730
Réacteurs à gaz avancés	Royaume-Uni	34	6.200	-	6.234
Eau légère bouillante	Allemagne	1.088	1.630	2.990	5.708
	Italie	150	783	-	933
	Pays-Bas	52	-	-	52
	Total	1.290	2.413	2.990	6.693
Eau légère pressurisée	Allemagne	958	3.099	2.430	6.487
	France	270	890	2.740	3.900
	Belgique	10	1.650	-	1.660
	Italie	247	-	-	247
	Pays-Bas	-	450	-	450
	Total	1.485	6.089	5.170	12.744
Eau lourde	Allemagne	151	-	-	151
	Royaume-Uni	100	-	-	100
	France	70	-	-	70
	Italie	-	-	32	32
	Total	321	-	32	353
Haute température	Allemagne	13	300	-	313
Rapides	Allemagne	19	-	282	301
	Royaume-Uni	14	250	-	264
	France	-	233	-	233
	Total	33	483	282	798
Non encore déterminé	Allemagne	-	-	7.300	7.300
	Royaume-Uni	-	-	650	650
	Pays-Bas	-	-	600	600
	Italie	-	-	600	600
	Total	-	-	9.150	9.150

ANNEXE 2 (suite)

Répartition en pourcentage des réacteurs en fonctionnement et en construction

Gaz graphite	7.730 MWe	(29,3 %)
Réacteurs à gaz avancés	6.234 MWe	(23,6 %)
Eau légère bouillante	3.703 MWe	(14,0 %)
Eau légère pressurisée	7.574 MWe	(28,7 %)
Eau lourde	321 MWe	( 1,2 %)
Haute température	313 MWe	( 1,2 %)
Surrégénérateurs rapides	516 MWe	( 2,0 %)
	<hr/>	
	26.391 MWe	

Ventilation selon le degré d'achèvement et le pays d'implantation

	Répub. Féd. d'Allemagne	France	Italie	UK	Pays-Bas	Belgique	Communautés
Réacteurs installés	2.229	2.705	597	5.313	52	10	10.906
Réacteurs en construction	5.029	1.123	783	6.450	450	1.650	15.485
Réacteurs commandés et en projet	7.258	3.828	1.380	11.763	502	1.560	26.391
	13.002	2.740	632	650	600	-	17.624
	20.260	6.568	2.012	12.413	1.102	1.660	44.015

(Industrie, Recherche et Technologie, publication CEE, No 173, 23 janvier 1973).

ANNEXE 3

Relevé des centrales électriques mises en service entre 1971 et  
1977 dans la République Fédérale d'Allemagne

Puissance MW	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Lignite	300	1.525	1.200	600	1.800		
Houille	2.410	170			650	1.300	600
Pétrole	155	450	400	1.374	814		
	125	270	400	715		1.255	
Gaz naturel		1.043	1.997	1.220	420	420	
Gaz de raffi- nerie			900		1.015		
Gaz haut fourneau							
Hydraulique							
Pompage					920	480	
Nucléaire	-	1.432	-	2.906	-	3.000	3.810
Total	2.990	4.890	4.897	6.815	5.619	6.455	4.410

(Tiré de "Atomwirtschaft", janvier 1973, page 52).

CES/POL. ENERG. (73)

VII

LES CONCLUSIONS FINALES





VII LES CONCLUSIONS FINALES

1. Sur un plan très général, et en se basant sur l'examen qui précède de la situation actuelle et de l'évolution prévisible des différents secteurs énergétiques, ainsi que sur les considérations techniques et économiques que cet examen lui a inspiré, le Conseil Economique et Social est d'avis que :

11. Abstraction faite de difficultés certaines d'approvisionnement en énergie, toujours possibles localement et à court terme, on ne peut prétendre que l'on s'oriente, sur le plan mondial et à moyen terme, vers une situation de pénurie structurelle et durable d'énergie, compte tenu du fait que les réserves et disponibilités potentielles d'énergie primaire resteront suffisamment abondantes de par le monde pour couvrir le moyen terme.

12. Par contre, il se posera pour l'avenir un problème de prospection, d'exploitation et de transport dont les difficultés et le coût, liés à des complications d'ordre politique toujours possibles, renchériront très certainement les prix des différentes sources d'énergie et mettront ainsi un terme à la période de "l'énergie à bon marché" que nous avons connu jusqu'à présent.

13. Dans ces conditions, il serait erroné de baser une politique énergétique uniquement sur le facteur quantitatif, en faisant abstraction du coût de revient et du prix de vente des différentes formes d'énergie, car une telle politique négligerait l'obligation primordiale des pouvoirs publics de mettre à la disposition des consommateurs l'énergie demandée aux meilleurs prix possibles.

14. Il ne faut pas oublier en effet que les consommateurs d'énergie de notre pays voient et verront de plus en plus leurs activités industrielles, artisanales, commerciales, agricoles soumises à la concurrence internationale, notamment de la part des Etats-Unis. Or, la hausse des prix de l'énergie sera moins

préjudiciable à ceux-ci, importateurs sans doute mais qui, dans l'hypothèse la plus défavorable, resteront quand-même producteurs de la moitié de leur consommation de pétrole, qu'à leurs concurrents industriels des pays de l'Europe occidentale et du Japon.

15. Par ailleurs, on assiste aujourd'hui, dans les manifestations de la vie industrielle et domestique, à un certain gaspillage énergétique, qui devrait pouvoir être évité, moyennant une action adéquate d'information tendant à rationaliser l'utilisation des diverses formes d'énergie et à procurer ainsi à l'économie un meilleur rendement global.

2. Sur le plan plus particulier des différents secteurs d'énergie, le Conseil Economique et Social est d'avis que :

21. En ce qui concerne les combustibles solides, et étant donné que la sidérurgie luxembourgeoise, pour laquelle le coke métallurgique est une matière première obligée, a une consommation de coke élevée du fait qu'elle s'approvisionne en minerais fer luxembourgeois et lorrain, le Gouvernement devrait :

211. s'assurer du respect, par toutes les parties en cause, des principes contenus dans le Traité de la CECA;

212. veiller, dans la mesure de ses moyens, à ce que les prix du coke métallurgique restent dans des limites économiquement et financièrement acceptables;

213. continuer à s'associer à tous mécanismes financiers communautaires ayant pour but de permettre à la sidérurgie de s'approvisionner en combustibles communautaires à des conditions se rapprochant des prix mondiaux et de sauvegarder ainsi un noyau charbonnier européen dans l'intérêt des politiques sociale et régionale de la Communauté.

22. En ce qui concerne les combustibles liquides :

221. le Gouvernement se doit d'assurer la sécurité d'approvisionnement du pays en veillant à ce que les utilisateurs luxembourgeois ne paient pas les produits pétroliers plus cher que leurs concurrents de la CEE;

222. la sécurité d'approvisionnement par le stockage devra résulter de négociations avec les sociétés pétrolières travaillant sur notre marché ainsi qu'avec les Gouvernements des pays voisins et notamment de la Belgique, dans le but de profiter de toutes les possibilités de stockage qui y existent, tout en obtenant la garantie de la libre disposition des stocks détenus dans ces pays au profit du Grand-Duché;

223. un contrôle régulier et sérieux du degré de remplissage des tanks de stockage se trouvant au Grand-Duché devrait être organisé, en n'excluant pas l'idée d'une caisse de compensation entre les firmes obligeant celles qui ne disposent pas de possibilités de stockage à intervenir financièrement dans les frais de stockage de la masse globale des produits concernés.

23. En ce qui concerne le gaz naturel :

231. tant dans le secteur domestique que dans le secteur industriel, l'utilisation du gaz naturel se développera très rapidement, étant donné d'une part ses qualités spécifiques et d'autre part son caractère de produit de substitution à pratiquement toutes les autres sources d'énergie;

232. le Gouvernement serait bien inspiré, étant donné la liaison étroite de notre pays avec la société anonyme belge Distrigaz, de trouver le moyen d'être représenté au Conseil d'Administration de cette société;

233. les besoins de notre pays en gaz naturel dépasseront dès 1983 les disponibilités contractuelles actuelles avec Distrigaz et le Gouvernement devra donc veiller par priorité à ce que notre approvisionnement en gaz naturel soit garanti au-delà de 1983, fût-ce en s'associant à la fourniture vers l'Europe, de gaz naturel et de gaz naturel liquéfié.

24. En ce qui concerne l'énergie électrique :

241. Dans notre pays, comme dans les autres pays européens à fort développement industriel, il faut s'attendre, à moins d'un renversement fondamental des tendances, à ce que le taux d'augmentation actuel de la consommation d'énergie électrique, à savoir : doublement tous les six ans, perdure au cours des deux prochaines décennies (1970 - 1990);

242. à moyen terme, c'est-à-dire jusqu'en 1980, notre consommation nationale pourra être couverte, tant en ce qui concerne le secteur industriel que domestique, par l'augmentation des fournitures à négocier sur une base contractuelle avec les sociétés livrancières; toutefois, si les moyens de transport du courant haute tension peuvent actuellement être considérés comme suffisants, les réseaux moyenne et basse tension par contre réclament, sans délais, un renouvellement et une extension pour lesquels des jalons ont déjà été posés, pour permettre l'augmentation de la vente du courant électrique et de satisfaire ainsi au mieux la demande de tous les secteurs de l'économie nationale;

243. à plus long terme, c'est-à-dire au-delà de 1983, les besoins accrus de notre économie ainsi que l'installation probable de techniques et d'industries nouvelles font penser que notre pays devrait, dans une optique de sécurité d'approvisionnement, s'équiper lui-même en tant que producteur d'électricité, afin d'éviter un gonflement exagéré des achats à l'extérieur et par conséquent une dépendance trop grande à l'égard de nos voisins;

244. l'expérience des dernières années montre que le charbon risquera de devenir, en l'absence probable d'une politique européenne d'approvisionnement facile et de bas prix du charbon, une source d'énergie de plus en plus chère compte tenu des difficultés grandissantes de son exploitation et du renchérissement constant d'une main-d'oeuvre attelée à un travail extraordinairement pénible, et que par ailleurs les exigences en matière d'environnement et de lutte contre la pollution rendront de plus en plus difficile son utilisation;

245. l'expérience actuelle montre que le fuel-oil risquera d'être soumis, compte tenu des exigences des pays producteurs, au même phénomène de renchérissement que le charbon assorti d'un risque certain d'insécurité dans l'approvisionnement, sans pour cela être plus conforme que le charbon aux normes exigées en matière d'environnement et de lutte contre la pollution.

246. Compte tenu de ce qui précède, la construction d'une centrale électrique sur base de l'énergie nucléaire pourrait constituer la meilleure solution d'avenir en matière de production d'électricité.

25. En ce qui concerne l'énergie nucléaire :

251. les ordres de grandeur mis en oeuvre par l'énergie nucléaire tant au point de vue du coût de l'investissement que du volume de l'énergie produite excluent l'idée de la construction d'une centrale nucléaire exclusivement luxembourgeoise;

252. par contre, la participation de l'Etat luxembourgeois à une centrale nucléaire peut être envisagée d'autant plus facilement que la progression de la consommation d'électricité dans nos pays voisins et notamment dans la région industrielle Sarre-Lorraine imposera aux Gouvernements de ces pays la création de sources de production d'électricité qui, pour les raisons développées ci-avant, seront probablement basées sur l'énergie nucléaire;

253. avant toutefois d'envisager une participation en capital à une telle entreprise, il y aura lieu de s'assurer que le prix moyen du kWh ne dépassera pas celui que nous pourrions obtenir par la reconduction et l'ampliation des conventions actuelles de fourniture d'énergie électrique, compte tenu d'un éventuel renchérissement général de l'énergie;

254. si, au point de vue de l'implantation, on peut dire qu'une centrale nucléaire peut être construite sur n'importe quel site présentant une capacité de refroidissement suffisante, sauf dans une région à population très dense, il faudra cependant vérifier que les conditions météorologiques sont telles que les niveaux d'irradiation auxquels sera exposé la population avoisinante resteront en-dessous des valeurs prescrites et il faudra notamment définir les précautions à prendre en ce qui concerne les performances des filtres de l'air de ventilation, la hauteur de la cheminée de rejet et éventuellement des systèmes de confinement spéciaux; il importe en plus de procéder à une étude poussée sur les tours de réfrigération et s'assurer que la vapeur d'eau émise par ces tours ne modifie pas défavorablement l'environnement de la région d'implantation;

255. ceci étant, il est certain que le maximum de sécurité d'approvisionnement pour notre pays résulterait de la construction d'une centrale nucléaire de grande puissance sur le territoire luxembourgeois;

256. dans cette hypothèse toutefois, on devra se poser la question s'il ne sera pas indiqué de rechercher deux partenaires pour la réalisation d'une telle centrale, d'un côté le réseau allemand RWE et d'autre part le réseau français EdF, car il semblerait qu'une coopération avec RWE et EdF faciliterait le problème de la puissance de réserve et donnerait à notre réseau national une plus grande sécurité dans les échanges d'énergie.

L'attrait pour EdF de participer au projet dès le départ, serait plus prononcé si l'adjonction d'une deuxième tranche était prévue dans une phase ultérieure, de sorte qu'une véritable collaboration s'instaurerait au mieux dans une deuxième étape;

257. au cas où notre pays participerait de façon paritaire à la construction d'une unité de production sur son territoire, il faudrait s'assurer dès le départ que, lors d'une crise d'énergie, notre consommation soit couverte de façon prioritaire; il faudra notamment en tenir compte dans la conception du raccordement de réseau et prévoir une ligne de liaison directe haute tension entre la centrale et le réseau indigène sur territoire luxembourgeois.

3. En conclusion de ce qui précède, le Conseil Economique et Social :

31. constate, au vu du bilan énergétique général pour notre pays annexé au présent avis :

- que la consommation de combustibles solides restera vraisemblablement stable jusqu'en 1980 en se situant aux environs de 3 millions de tonnes de coke métallurgique par an;

- que la consommation de produits pétroliers augmentera jusqu'en 1985 au maximum de 60 % tout en pouvant se situer dans une fourchette dont l'ouverture vers le bas serait de 15 %;

- que la consommation de gaz naturel se situera aux environs de 1990 dans une fourchette dont l'ouverture grandit avec le temps et qui représentera au minimum le double et au maximum le quadruple de la consommation actuelle;

- que la consommation d'énergie électrique, d'origine classique et nucléaire, se situera en 1990 dans une fourchette dont le minimum représente le triple et le maximum le quintuple de la consommation actuelle, selon l'état et l'évolution des technologies nouvelles mises en oeuvre dans notre pays et qu'il n'est guère possible de prévoir actuellement;

32. constate que l'évolution ainsi décrite jusqu'en 1990 montre que la croissance de la consommation d'énergie portera beaucoup plus sur l'énergie électrique, probablement à base nucléaire, que sur les formes classiques d'énergie à base de combustibles solides ou liquides;

33. estime qu'il importe de favoriser cette transition des formes classiques vers les formes plus nobles de l'énergie, tant au point de vue de la sécurité d'approvisionnement qu'à celui de la sauvegarde de l'environnement et de la lutte contre la pollution;

34. souligne que l'activité économique de notre pays, qu'elle soit industrielle, artisanale, commerciale ou agricole est soumise, dans une mesure plus grande que dans les autres pays, à la concurrence internationale et qu'il échoit par conséquent au Gouvernement de pratiquer une politique énergétique nationale qui, tant au point de vue des quantités qu'à celui des prix, maintient et même renforce la position concurrentielle de notre économie sur le plan européen et mondial;

35. est d'avis que, dans le cadre d'une politique industrielle, il importe de promouvoir par tous les moyens le progrès technique ainsi que les technologies nouvelles ayant pour but ou pour effet de réduire la consommation d'énergie;



36. souligne, en ce qui concerne la participation éventuelle de notre pays à une centrale nucléaire, l'importance primordiale de l'aspect économique d'un tel projet et estime qu'une commission d'étude ad hoc avec la participation des différentes catégories de consommateurs d'énergie du pays devrait être créée avec mission d'étudier les problèmes relatifs à la tarification.

Résultat du vote :

membres présents	:	22
ont voté pour	:	22
ont voté contre	:	-
abstentions	:	-

Le Secrétaire Général

Le Président

Jean Moulin

Antoine Weiss

