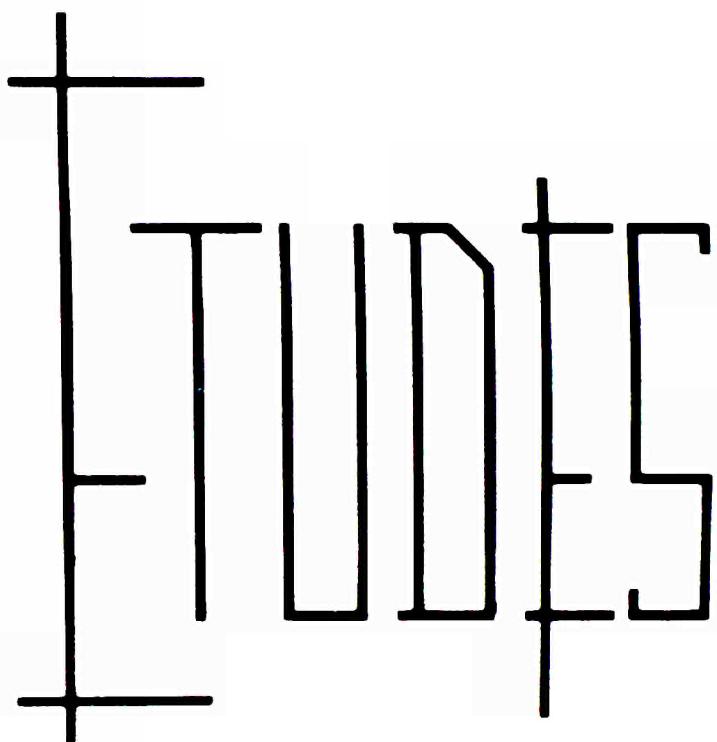




COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES



*Étude du marché
européen des centrales
nucléaires industrielles
pour la production
mixte de vapeur et
d'électricité*

Synthèse

L'énergie nucléaire a été envisagée jusqu'à ce jour presque exclusivement pour la production d'énergie électrique.

Cette étude présente une première estimation – établie pour la Communauté européenne et pour l'horizon 85/90 – des besoins en chaleur (vapeur et eau chaude) de l'industrie et du chauffage urbain susceptibles d'être couverts par des centrales nucléaires mixtes de type éprouvé, d'une puissance unitaire égale ou supérieure à 1.000 MW thermiques.

Le marché potentiel en centrales nucléaires mixtes a ainsi été estimé entre 35 et 110 unités, dont approximativement les deux tiers pour la couverture des besoins en vapeur industrielle.

Une telle couverture nucléaire des besoins en chaleur devrait permettre une économie annuelle en pétrole importé dans la Communauté européenne comprise entre 10 et 33 millions de tonnes en 1990.

L'étude met ensuite en évidence les obstacles et les contraintes qui s'opposent à l'implantation de centrales nucléaires mixtes et suggère divers moyens à mettre en œuvre pour permettre à l'énergie nucléaire de pénétrer sur le marché de la chaleur à usage industriel et domestique.

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

**ETUDE DU MARCHE EUROPEEN DES CENTRALES NUCLEAIRES
INDUSTRIELLES POUR LA PRODUCTION MIXTE DE VAPEUR ET
D'ELECTRICITE**

SYNTHESE

Août 1975

SOMMAIRE

<u>INTRODUCTION</u>	7
<u>PRESENTATION ET RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS</u>	9
<u>CHAPITRE 1 - LE CHOIX DES SECTEURS ETUDES</u>	15
1. Le principal élément du choix : la concentration des besoins en vapeur	15
2. Les critères de choix : la consommation de combustibles et leur modalité d'utilisation d'une part, la concentration d'autre part	16
3. Les secteurs retenus et leur part dans la consommation de combustibles et d'électricité de l'industrie	16
<u>CHAPITRE 2 - LES BESOINS EN VAPEUR DE L'INDUSTRIE</u>	18
1. La chimie	19
2. Les autres secteurs industriels	21
2.1. Papier	21
2.2. Industries agricoles et alimentaires (IAA)	21
2.3. L'industrie textile	21
2.4. La construction automobile	21
2.5. Le caoutchouc	22
2.6. Le bois	22
3. Estimation des besoins actuels par secteur	22
3.1. L'approche analytique	22
3.2. L'approche globale	23
3.3. Résultats	23
4. Estimation des besoins futurs	25
<u>CHAPITRE 3 - LE MARCHE POTENTIEL DES CENTRALES MIXTES NUCLEAIRES POUR L'INDUSTRIE</u>	27
1. Méthode utilisée	27
2. Estimation du nombre de centrales mixtes nucléaires pour les besoins industriels	28
<u>CHAPITRE 4 - LE MARCHE POTENTIEL DES CENTRALES MIXTES NUCLEAIRES POUR LE CHAUFFAGE URBAIN</u>	33
1. Etat actuel du chauffage urbain	33
2. Le marché des centrales nucléaires pour le chauffage urbain	34
2.1. Perspectives d'avenir du chauffage urbain	34
2.2. Estimation de la part maximale du nucléaire pour le chauffage urbain	34
3. Conclusion	36

<u>CHAPITRE 5 - RECAPITULATION ET PRINCIPALES CONSEQUENCES D'ORDRE ECONOMIQUE</u>	38
1. Récapitulation du marché potentiel	38
2. Principales conséquences d'ordre économique	38
<u>CHAPITRE 6 - LES MOYENS A METTRE EN OEUVRE POUR FAVORISER LE DEVELOPPEMENT DES SOLUTIONS NUCLEAIRES</u>	40
Présentation	40
1. Avantages et limites de la production mixte	41
2. Le regroupement des besoins	41
2.1. Nécessité du regroupement	41
2.2. Exemples de coopération	42
2.3. Les obstacles au regroupement des besoins	43
3. Les obstacles à la solution nucléaire	47
3.1. Les délais de construction	47
3.2. Le problème du secours	47
3.3. L'importance des investissements des centrales nucléaires	48
3.4. Solution publique ou solution privée ?	49
3.5. Attitude de la population résidente et de la population active	52
4. Le choix de la filière	53
5. Conclusion	54

ANNEXES

Liste des abréviations utilisées

OSCE	Office Statistique des Communautés Européennes
CE	Communauté Européenne
DATAR	Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale
CEFIC	Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique
FIPACE	Fédération Internationale des Producteurs Autoconsommateurs Industriels d'Electricité
VDEW	Vereinigte Deutscher Elektrizitätswerke
CEGB	Central Electricity Generating Board
EDF	Electricité de France
ENEL	Ente Nazionale per l'Energia Elettrica
EUR 6 - EUR 9	Europe des six, Europe des neuf
NACE	Nomenclature générale des Activités économiques dans les Communautés Européennes
MT (ou Mt)	million(s) de tonnes
t. e. c.	tonne équivalent charbon
MWe	mégawatt(s) électrique(s)
MWth	mégawatt(s) thermique(s)
GWh	gigawatt(s)-heures (10^6 KWh)
TWh	térawatt(s)-heures (10^9 KWh)
Tcal	téracalorie(s) (= 10^{12} calories = 10^9 Kcal)
Kcal	kilocalorie
th	thermie
Gcal/h	Gigacalories par heure
I. A. A.	Industries agricoles et alimentaires.
MF	Millions de francs français
M. EUR	Millions d'EUR (unité de compte).

Le présent document a été élaboré sous les auspices de la Commission des Communautés européennes.

Il est précisé que la Commission des Communautés européennes, ses contractants, ou toute personne agissant en leur nom :

ne garantissent pas l'exactitude ou le caractère complet des informations contenues dans ce document, ni que l'utilisation d'une information, d'un équipement, d'une méthode ou d'un procédé quelconque décrits dans le présent document ne porte pas atteinte à des droits privatifs ;

n'assument aucune responsabilité pour les dommages qui pourraient résulter de l'utilisation d'informations, d'équipements, de méthodes ou procédés décrits dans le présent document.

INTRODUCTION

Jusqu'à une date récente l'utilisation de l'énergie nucléaire a été envisagée presque exclusivement pour la fourniture d'électricité et les producteurs ont été en général réservés sur la fourniture éventuelle de chaleur à des usagers industriels ou à des foyers domestiques.

Cependant, l'industrie et les ménages consomment chacun autant de combustibles classiques que le secteur production d'électricité.

Aussi l'augmentation récente du prix des produits pétroliers conduit à s'interroger sur l'opportunité de la production mixte (électricité et vapeur) à partir du nucléaire, ce qui permettrait d'économiser des combustibles classiques.

Il peut s'agir de production mixte, soit au niveau de la distribution publique, soit au niveau de l'autoproduction.

Dans ce cadre général, la présente étude vise à :

- estimer le marché potentiel des centrales nucléaires pour la production mixte de vapeur-électricité pour l'industrie et le chauffage urbain dans les neuf pays de la C. E. Les centrales nucléaires dont on estime le marché sont des centrales à eau légère de 1 000 MW thermiques au moins ;
- mettre en évidence les obstacles et les contraintes s'opposant à une solution nucléaire et suggérer des moyens à mettre en oeuvre pour vaincre les obstacles.

PRESENTATION ET RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS

1. PRESENTATION

Les besoins d'énergie pour l'industrie sont généralement considérés sous deux aspects distincts : les besoins en combustibles, d'une part (énergie primaire ou thermique), les besoins en électricité (énergie secondaire) d'autre part.

Si la chaleur est en effet fournie essentiellement par utilisation de combustibles au sein même des entreprises (soit directement dans des fours, soit par l'intermédiaire de vapeur ou d'autres fluides thermiques, l'énergie électrique consommée, par contre, provient le plus souvent des réseaux des distributeurs publics.

Il existe cependant une autoproduction - ou production autonome - d'électricité par les établissements industriels, représentant selon les pays de 10 à 30 % de la consommation totale.

Bien souvent, l'autoproduction d'électricité se fait sous la forme d'une production mixte électricité-vapeur.

Il faut en effet globalement moins de combustibles pour produire simultanément des quantités déterminées de vapeur et d'électricité que pour les produire séparément. La coexistence des besoins chaleur et électricité ne suffit toutefois pas à justifier l'adoption de telles solutions ; pour assurer une bonne rentabilité des investissements spécifiques, il convient que les durées d'utilisation des puissances installées soient importantes et qu'il y ait bonne simultanéité des besoins thermiques et électriques.

Sous l'effet conjugué de différents facteurs (accroissement de la taille des unités de production, concentration industrielle, évolution des technologies de fabrication avec un appel accru à la chaleur et au froid, etc ...) on assiste depuis quelques années à un développement d'installations de chaleur-force de grande puissance utilisant soit des turbines à contre-pression, soit des turbines à gaz.

La hausse récente du coût de l'énergie primaire va modifier les caractéristiques des marchés de la production autonome "classique" fondée sur l'utilisation des combustibles traditionnels. Jusqu'à la crise de 1973 en effet, le rapport de prix privilégiait généralement ces combustibles au détriment de l'énergie électrique.

Les distributeurs publics d'électricité s'orientent maintenant vers une utilisation accrue de l'énergie nucléaire par mise en oeuvre de centrales dont la taille unitaire peut atteindre 1 300 MWe.

Le glissement en faveur du nucléaire peut également être sensible au niveau des autoproducuteurs dont certains envisagent déjà d'installer des centrales autonomes dans des complexes industriels.

Par ailleurs, le chauffage urbain, qui connaît un développement inégal selon les pays de la C. E., peut être un utilisateur potentiel de la vapeur produite par des centrales nucléaires. Par rapport aux besoins de chaleur industrielle, le chauffage urbain présente l'inconvénient d'avoir une faible durée de fonctionnement annuel, mais il a l'avantage de pouvoir fonctionner aussi bien avec l'eau chaude qu'avec la vapeur.

La présente étude a pour objectif l'appréciation des possibilités d'utilisation de l'énergie nucléaire - sous forme de centrales à eau légère d'une puissance au moins égale à 1 000 mégawatts thermiques soit 330 mégawatts électriques - pour la production mixte de vapeur et d'électricité pour les usages industriels et pour le chauffage urbain à l'horizon 1990.

Il était prévu initialement d'étudier l'utilisation de l'énergie nucléaire pour la production mixte vapeur-électricité simplement au niveau des autoproducuteurs. Il est apparu rapidement que ce point de vue risquait d'être trop restrictif : de nombreux industriels ne se sentaient pas suffisamment concernés par le problème au point d'investir dans une centrale nucléaire, même en collaboration avec d'autres industriels. Inversement, un certain nombre de distributeurs publics commencent à s'intéresser de près au marché de la chaleur et ont entrepris des études dans ce sens (notamment en Allemagne, en France, en Italie ...).

Après avoir rappelé dans le paragraphe 2 ci-après les principaux résultats de cette étude, on trouvera la synthèse des travaux effectués dans les chapitres 1 à 6 :

Chapitre 1 : le choix des secteurs étudiés

Chapitre 2 : les besoins en vapeur de l'industrie

Chapitre 3 : le marché potentiel des centrales mixtes nucléaires pour l'industrie

Chapitre 4 : le marché potentiel des centrales mixtes nucléaires pour le chauffage urbain

Chapitre 5 : récapitulation et principales conséquences d'ordre économique

Chapitre 6 : les moyens à mettre en oeuvre pour favoriser le développement des solutions nucléaires

Estimation du marché potentiel des centrales mixtes nucléaires

en 1990 (1)

		minimum			maximum		
		besoins industriels	chauffage urbain	ensemble	besoins industriels	chauffage urbain	ensemble
Débit moyen 1000 t/h par centrale	RFA	7	4	11	14	17	31
	France	6	1	7	9	2	11
	Italie	6	0	6	(9)	0	9
	Pays Bas	3	0	3	5	2	7
	Belgique	2	0	2	3	0	3
	G. B. (2)	5	0	5	9	0	9
	Irlande	0	0	0	1	0	1
	Danemark	0	1	1	1	1	1
total		29	6	35	51	22	73
Débit moyen 700 t/h par centrale	RFA	10	6	16	20	25	45
	France	8	1	9	13	4	17
	Italie	8	0	8	13	0	13
	Pays Bas	4	0	4	7	3	10
	Belgique	3	0	3	4	0	4
	G. B. (2)	7	0	7	13	0	13
	Irlande	0	0	0	1	0	1
	Danemark	0	1	1	1	3	4
total		40	8	48	72	35	107

(1) en tenant compte uniquement de la concentration géographique des besoins.

(2) La Grande Bretagne a opté pour une filière à eau lourde (SGHWR)

2. RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ETUDE

Dans un premier temps on a estimé le marché potentiel des centrales nucléaires à eau légère (1 000 MWth et plus) pour la production mixte de vapeur et d'électricité pour l'industrie (1) et le chauffage urbain dans les 9 pays de la C. E.

Les résultats ainsi obtenus à l'issue d'une étude sectorielle fondée sur une série d'enquêtes directes approfondies auprès de grands groupes industriels européens ne peuvent cependant donner qu'une image approchée de la situation dans les années 1985-1990.

En tout état de cause en effet, on ne présente (voir tableau ci-contre) que deux schémas possibles et vraisemblables (hypothèses minimum et maximum), en vue de fournir des éléments de réflexion aux instances chargées de proposer des mesures d'incitation à mettre en oeuvre dans les différents pays.

La chimie apparaît comme le secteur le plus concerné par la production mixte d'origine nucléaire (importance globale des besoins, coefficient de charge élevé, concentration des besoins au sein de complexes chimiques) et a un rôle moteur à jouer pour la construction de centrales nucléaires mixtes, envisageables essentiellement autour de complexes chimiques.

Il résulte des hypothèses retenues que l'énergie nucléaire pourrait, en 1990 et pour l'ensemble de la Communauté (2), couvrir :

- 35 à 55 % des besoins en vapeur de la chimie,
- 8 à 14 % des besoins en vapeur des six autres secteurs industriels retenus,
- 20 à 33 % (un cinquième à un tiers) des besoins en vapeur de l'ensemble des sept secteurs.

(1) Sept secteurs industriels ont été retenus pour l'étude (cf chapitre 1).

(2) Voir les pourcentages pour chaque pays dans le tableau p.

On peut remarquer par ailleurs que la puissance totale mesurée en MWe de ces centrales mixtes nucléaires, soit 16 000 à 35 000 MWe (1), représenterait de 4 à 8 % de la puissance totale des centrales nucléaires de la Communauté en 1990 (2).

Enfin, après avoir rappelé quelques conséquences d'ordre économique résultant du développement des centrales nucléaires mixtes (économies de fuel importé, suppléments d'investissements), on s'est attaché à préciser les obstacles à une solution nucléaire (difficultés pour regrouper les besoins de vapeur, délais et coûts de réalisation, réticences des producteurs d'électricité à fournir de la vapeur, réserves de la population, etc ...) puis à suggérer des moyens à mettre en oeuvre pour y remédier.

(1) dans l'hypothèse de centrales de 1 000 MWth, c'est-à-dire 330 MWe
(2) cette puissance totale devant évoluer comme suit :

21 600 MWe en 1975
67 300 MWe en 1980
200 000 MWe en 1985
412 000 MWe en 1990

(Source : "Orientations pour le secteur de l'électricité dans la Communauté,"
Bruxelles, novembre 1974)

CHAPITRE 1

LE CHOIX DES SECTEURS ETUDES

1. LE PRINCIPAL ELEMENT DU CHOIX : LA CONCENTRATION DES BESOINS EN VAPEUR

Le seuil de 1000 MWth - qui a été fixé pour la puissance minimale des réacteurs nucléaires dont on cherche à estimer le marché potentiel - est assez élevé et dépasse, sauf de rares exceptions concernant le secteur chimie, les besoins d'un seul établissement. Il est de ce fait nécessaire d'envisager le regroupement des besoins de plusieurs établissements au sein d'une zone industrielle.

La vapeur ne peut être transportée sur une longue distance. Au-delà de 10 ou 12 kilomètres, les pertes de charge sont trop importantes pour que le transport soit rentable. Les consommations de vapeur que l'on cherche à couvrir au moyen d'une centrale nucléaire doivent donc être concentrées géographiquement sur des zones dont le rayon ne dépasse pas dix ou douze kilomètres.

Si les besoins d'électricité des établissements - dont on a regroupé les besoins de vapeur pour les satisfaire au moyen d'une centrale mixte nucléaire - sont insuffisants pour atteindre la puissance souhaitée, il est toujours possible :

- soit de faire appel aux besoins d'électricité d'autres établissements qui peuvent être plus éloignés (ce peuvent être par exemple des établissements consommant beaucoup d'électricité et peu de vapeur : sidérurgie, métaux non ferreux, produits minéraux non métalliques ...);
- soit de céder l'électricité supplémentaire au réseau (1).

Ainsi du fait que le coût de transport de la vapeur est beaucoup plus élevé que celui du transport de l'énergie électrique, le choix des secteurs a-t-il été fait essentiellement à partir des besoins de vapeur, les besoins d'électricité jouant un rôle complémentaire.

1.. On peut prendre de l'électricité au réseau dans l'hypothèse inverse où la demande d'électricité des établissements dont on regroupe les besoins d'énergie serait supérieure à la puissance de la centrale mixte installée.

2. LES CRITERES DE CHOIX : LA CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES ET LEUR MODALITE D'UTILISATION D'UNE PART, LA CONCENTRATION D'AUTRE PART (1).

Les utilisations de la chaleur à basse température, sous forme de vapeur en particulier, sont multiples et se rencontrent à peu près dans tous les secteurs d'activités.

Trois critères ont été pris en compte pour le choix des secteurs :

- l'importance des besoins en vapeur au niveau du secteur, estimée au moyen des statistiques de consommation de fuel lourd et des pourcentages d'utilisation sous chaudière qui traduisent la part des combustibles utilisés sous forme de vapeur (2) ;
- l'importance des besoins en vapeur au niveau des plus grands établissements. Le seuil minimum de puissance (1000 MWth) étant très élevé, il convient de ne retenir que les secteurs dont les plus grands établissements consomment suffisamment de vapeur pour pouvoir envisager de mettre leurs besoins de vapeur en commun avec d'autres industriels ;
- l'importance de la part des produits pétroliers dans les consommations de combustibles des secteurs industriels ; c'est ainsi que cette part (3) est de 59 % pour la chimie (secteur retenu) mais seulement de 19 % pour la sidérurgie (secteur non retenu).

3. LES SECTEURS RETENUS ET LEUR PART DANS LA CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES ET D'ELECTRICITE DE L'INDUSTRIE

La démarche décrite ci-dessus a conduit à retenir sept secteurs industriels pour leurs besoins de vapeur :

- CHIMIE (n° 1712, OSCE) (4)
- INDUSTRIES AGRICOLES ET ALIMENTAIRES (n° 1715)
- TEXTILE (n° 1716)
- PAPIER (n° 1717)
- CONSTRUCTION AUTOMOBILE (5)
- CAOUTCHOUC (6)
- BOIS (6).

-
- 1. ou "granulométrie" c'est-à-dire répartition des établissements par taille selon les effectifs employés.
 - 2. le reste étant utilisé sous forme de flamme directe.
 - 3. pour les produits pétroliers non gazeux dans l'Europe des Six en 1970.
 - 4. numéros des statistiques de l'énergie de l'OSCE
 - 5. sous-secteur du secteur n° 1718 "fabrications métalliques"
 - 6. sous-secteur du secteur n° 1719 "autres branches".

Ces sept secteurs représentent environ 40 % des besoins de combustibles industriels. On rencontre en effet beaucoup de consommations "directes" de combustibles (c'est-à-dire sous forme de flamme mais pas de vapeur) dans la sidérurgie et dans les produits minéraux non métalliques, ces deux secteurs non retenus représentant environ la moitié des besoins totaux de combustibles industriels.

Les quatre premiers secteurs retenus, pour lesquels on dispose de statistiques plus complètes, regroupent :

- 36 % des consommations d'énergie
- 42 % des consommations d'électricité
- 32 % des consommations de combustibles

de l'ensemble des secteurs industriels (1).

1. Source : statistiques de l'énergie, OSCE, 1970

CHAPITRE 2

LES BESOINS EN VAPEUR DE L'INDUSTRIE

On trouvera dans ce chapitre l'estimation quantitative des besoins actuels et futurs de vapeur pour les secteurs industriels retenus, assortis de commentaires de caractère qualitatif s'appliquant à chacun des sept secteurs.

Il apparaît, à la suite notamment des entretiens avec les industriels, que, sur les sept secteurs étudiés, seule la chimie est véritablement intéressée par l'énergie nucléaire pour la production mixte vapeur-électricité.

Pour les autres secteurs, divers obstacles se présentent, parmi lesquels on peut citer les suivants :

- les besoins en vapeur des plus grands établissements du secteur sont encore trop faibles par rapport au seuil de 1000 MWth qui est fixé,
- le coût de l'énergie représente une part beaucoup trop faible du prix de revient pour que les industriels acceptent d'investir des sommes importantes pour économiser par la suite sur le coût des combustibles,
- les établissements sont dispersés et les problèmes énergétiques ne constituent pas du tout un facteur de choix pour la localisation des nouveaux établissements,
- le coefficient de charge n'est pas très élevé.

Malgré ces obstacles, certains établissements de ces secteurs peuvent souhaiter "adhérer" à une centrale mixte nucléaire commune à plusieurs établissements.

On a donc été amené à classer à part la chimie, qui est motivée par la production mixte d'origine nucléaire et peut jouer en la matière un rôle "moteur" ou "structurant", et les autres secteurs qui ne joueront, sauf exception, qu'un rôle d'appoint. Le rôle "moteur" ou "structurant" peut être joué par la chimie mais également par les pouvoirs publics ou les distributeurs publics d'électricité.

Le chauffage urbain (voir chapitre 4) peut éventuellement compléter les besoins industriels, encore que de nombreux industriels considèrent qu'ils n'ont rien à gagner d'une association avec le chauffage urbain en raison des caractéristiques de la charge : pointe en hiver et insuffisance globale.

1. LA CHIMIE

La chimie est le secteur le plus intéressant pour la production mixte électricité-chaleur d'origine nucléaire car ses besoins en énergie sont importants tant globalement qu'au niveau des plus grands établissements. En raison de l'existence de complexes chimiques de grande taille, c'est dans la chimie que les besoins en vapeur sont les plus concentrés.

On note depuis plusieurs années, en raison du progrès technique, une tendance à l'accroissement de la taille des unités de production et des complexes chimiques. Plusieurs avantages sont liés à cet accroissement :

- les grandes unités autoproduisent plus facilement l'énergie dont elles ont besoin,
- les investissements à la tonne de capacité sont très faibles pour les grandes unités,
- les frais d'exploitation sont moins élevés : l'automatisation poussée permet une réduction du personnel nécessaire pour la conduite de l'unité.

Si le coût global des produits tend à baisser, par contre la part des dépenses fixes prend de plus en plus d'importance et la souplesse de fonctionnement tend à diminuer. Les installations modernes sont contraintes, pour être économiques, de fonctionner au maximum de leur capacité de production.

Une utilisation insuffisante de la capacité compromettrait les avantages de l'économie d'échelle. C'est ce qui explique que le coefficient de charge de la chimie soit très élevé.

Pour notre part, nous avons retenu un coefficient moyen de 85 % (correspondant à une durée moyenne annuelle de 7 500 heures d'utilisation de la puissance maximale) contre 57 % (et 5 000 heures) pour les autres industries.

La chimie est pratiquement le seul secteur d'activité qui d'ores et déjà manifeste un vif intérêt pour la production mixte de vapeur et d'électricité d'origine nucléaire (1). Cela s'explique par le fait qu'elle consomme beaucoup d'énergie et qu'elle est donc particulièrement sensible à son coût. Pour l'Europe des Six, en 1970, les besoins totaux énergétiques de la chimie s'élevaient à 64 millions de tec, soit 20 % du total de l'industrie (315 millions de tec).

1. d'autres secteurs tels la sidérurgie s'intéressent plutôt aux hautes températures et aux réacteurs HTR.

La quasi totalité des processus chimiques utilisent de l'énergie soit sous forme de chaleur pour les réactions endothermiques, soit sous forme d'électricité pour l'électrothermie ou l'électrolyse, soit sous d'autres formes pour le cracking, la distillation, l'évaporation ... Les consommations d'énergie varient selon les produits et leur degré d'élaboration mais dans l'ensemble la chimie est une industrie à consommation d'énergie intensive.

En principe, selon le Laboratoire National d'Oak Ridge aux Etats-Unis, la plus grande partie des besoins en vapeur de la chimie pourraient être satisfaits par les actuels réacteurs à eau légère, ce qui revient à dire que la température d'utilisation est habituellement inférieure à 280°C.

L'intérêt de la chimie pour la production mixte de chaleur-électricité d'origine nucléaire apparaît en particulier à travers les études menées par la commission énergie du CEFIC (1). Dans un document récent (décembre 1974) "l'industrie chimique européenne constate que pour la période 1980 l'installation d'environ 15 à 20 centrales nucléaires peut-être envisagée au sein ou à proximité de ses sites industriels" (2).

Beaucoup de grands groupes chimiques européens ont élaboré des projets de centrales nucléaires mixtes. Celui de la BASF à Ludwigshafen est le plus connu.

A titre d'exemple, les besoins de pointe de vapeur et d'électricité des plus grands complexes chimiques allemands sont les suivants (3) :

- BASF à Ludwigshafen : 2 500 t/h et 720 MWe
- Chemische Werke Hüls à Marl : 1 100 t/h et 550 MWe
- Hoechst à Höchst : 1 000 t/h et 440 MWe
- Bayer à Leverkusen : 1 100 t/h et 350 MWe
- Bayer à Dormagen : 1 000 t/h et 250 MWe
- Bayer à Uerdingen : 550 t/h et 200 MWe.

On voit ainsi que la chimie allemande, certes particulièrement concentrée, possède actuellement au moins six sites dont les besoins d'énergie dépassent la production d'une centrale nucléaire mixte de 1 000 MWth (3).

De même, la France possède deux sites chacun de 1 000 t/h et 8 plateformes de 400 à 600 t/h. L'Italie pour sa part possède 5 à 6 sites de taille comparable.

-
1. Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique
 2. "Position de l'industrie chimique européenne sur la nouvelle stratégie de l'énergie nucléaire pour la Communauté".
 3. Rappelons que le débit de vapeur d'une centrale nucléaire de 1 000 MWth est de 1 320 t/h si elle ne produit que de la vapeur. En cas de production mixte, la répartition entre vapeur et électricité pourrait être par exemple : 400 t/h et 220 MWe ; 600 t/h et 170 MWe ; 700 t/h et 150 MWe ; 800 t/h et 120 MWe etc ... (voir annexe 1).

2. LES AUTRES SECTEURS INDUSTRIELS

On indiquera ci-après quelques caractéristiques d'utilisation de vapeur dans les "autres secteurs" :

2. 1. Papier

On utilise de la vapeur tant pour la fabrication de la pâte (1) que pour celle du papier. 30 % de la vapeur utilisée pour la pâte à papier sert à l'évaporation et à la caustification. Il s'agit de vapeur à 2,5 bars saturée (donc à 135°). Les 70 % restants servent à la cuisson. Il s'agit de vapeur saturée à 13 bars (194°) ou à 16 bars (203°).

2. 2. Industries agricoles et alimentaires (IAA)

On rencontre des utilisations de vapeur dans la plupart des IAA et en particulier dans la sucrerie (besoins saisonniers : 100 jours par an), la laiterie (fabrication de poudre de lait), la brasserie et la distillerie industrielle (alcool de betterave, de mélasse ...).

2. 3. L'industrie textile

Les consommations de vapeur de l'industrie textile sont relativement importantes. La majeure partie (90 à 95 %) des combustibles consommés sont utilisés sous forme de vapeur. Celle-ci est utilisée pour le chauffage des cuves de lavage et teinture, pour le séchage de fils et tissus, pour les traitements thermiques des tissus ... En dehors des fibres artificielles et synthétiques que l'on a classé avec la chimie, on trouve des consommations de vapeur essentiellement dans deux secteurs :

- teintures et apprêts,
- fils et tissus de laine et de coton.

2. 4. La construction automobile

Les principales utilisations de vapeur se rencontrent dans les usines de carrosserie, qui effectuent les opérations d'emboutissage, de ferrage (soudures) de peinture et d'assemblage. Leurs consommations de vapeur industrielle sont surtout liées à la peinture : chauffage des bains des installations de traitements primaires (phosphatation), chauffage de l'air de ventilation des cabines de peinture, chauffage des étuves pour polymériser les films de peinture.

1. les pâtes mécaniques, toutefois, sont obtenues par simple action physique sur le bois : elles nécessitent donc à peu près uniquement de la force motrice.

2.5. Le caoutchouc

L'industrie des pneumatiques utilise environ 6,5 tonnes de vapeur pour faire une tonne de pneumatiques, dont 70 % pour la fabrication et 30 % pour le chauffage.

La majeure partie (90 %) de la vapeur industrielle sert à la cuisson et aux presses. Le restant sert aux préparations annexes (telles que les boudineuses d'extrudeuses qui malaxent la gomme).

2.6. Le bois

Les principales utilisations de vapeur se rencontrent dans la fabrication :

- des panneaux de contreplaqué (dans les séchoirs à placages ; dans les presses chauffantes, pour la polymérisation de la colle ; dans les étuves où l'on met les grumes de bois avant le déroulage) ;
- des panneaux synthétiques en fibres de bois et des panneaux de particules (alimentation des presses multi-étages).

3. ESTIMATION DES BESOINS ACTUELS PAR SECTEUR

Il n'existe aucune donnée statistique retracant l'évolution des consommations de vapeur par secteur, aussi, pour l'estimation des besoins, deux approches complémentaires ont-elles été employées, une de caractère analytique, une de caractère global.

3.1. L'approche analytique

L'approche analytique consiste à rechercher les "consommations spécifiques" moyennes pour la fabrication des principaux produits du secteur (1). A titre d'exemple, pour le secteur pâte à papier on a distingué :

- les pâtes de bois mécaniques (ne consommant pas de vapeur pour leur production),
- les autres pâtes de bois (2,6 t de vapeur par tonne de pâte),
- les pâtes textiles et à usages chimiques (3,5 t/t),
- enfin les pâtes autres que de bois (3 t/t).

1. Il ne reste plus ensuite qu'à multiplier les tonnages produits par les consommations spécifiques correspondantes pour avoir une estimation des besoins totaux de vapeur.

De même, on a distingué pour le secteur papier :

- le papier d'emballage (2,6 t/t),
- le papier journal (3,3 t/t),
- le papier d'impression écriture (3,3 t/t),
- les cartons (3,7 t/t),
- les autres (4,0 t/t).

Pour la chimie, par contre, une approche analytique serait difficile car les produits sont très nombreux et les ratios de consommations unitaires varient beaucoup pour la fabrication d'un même produit en fonction du procédé utilisé, de la capacité de production et de la structure des complexes chimiques. Les besoins de vapeur de la chimie n'ont donc été estimés que selon une approche globale.

3.2. L'approche globale

L'approche globale repose sur une estimation de la part des combustibles consommés par un secteur qui sont utilisés sous chaudière, c'est-à-dire sous forme de vapeur, par opposition à la flamme directe (des fours par exemple). On convertit ensuite la quantité de combustibles utilisés sous chaudière en tonnes de vapeur sur la base de 1 t.e.c. égale 9 tonnes de vapeur ou une tonne de fuel égale 13 tonnes de vapeur.

3.3. Résultats

Pour l'année 1972 et pour l'ensemble des pays de la C.E., les besoins de vapeur ont été estimés à :

	Millions de tonnes	% du total
Chimie	228	42
IAA	130	24
Papier	78	14,5
Textile	69	13
Caoutchouc	13,4	2,5
Construction automobile	11,6	2,1
Bois	9,0	1,7
TOTAL	539	100

Les estimations par pays figurent dans le tableau de l'annexe 2.

L I S T E D E S P R I N C I P A U X S I T E S C H I M I Q U E S P A R P A Y S

R. F. A.	FRANCE	ITALIE	GRANDE-BRETAGNE	BELGIQUE	
1. Ludwigshafen	1. Rouen (Petit-Couronne, Grand-Couronne, Grand Quevilly)	1. Porto Marghera	1. Billingham-Wilton (Teesside)	1. Anvers	
2. Dormagen	2. Le Havre	2. Priolo	2. Severnside	2. Gand	
3. Uerdingen	3. Lillebonne (Port Jérôme, Tan-carville)	3. Brindisi	3. Grimsby	3. Liège	
4. Leverkusen	4. Tavaux	4. Mantoue	4. Northwich	4. Ostende	
5. Brunsbuttel	5. Pont de Claix	5. Ferrare	5. Runcorn	5. Zeebrugge	
6. Marl	6. Berre	6. Gela	6. Widnes	6. Tessenderlo	
7. Höchst	7. Fos	7. Ravenne	7. Wrexham	IRLANDE	
8. Gendorf-Burghausen	8. Lavera	8. Bari	8. Immingham	1. Cork	
9. Stuttgart	9. Carling	9. Milano	9. Spondon (Derby)	2. Dublin	
10. Karlsruhe	10. Feyzin	10. Torino	10. Stanlow	3. Limerick	
11. Wiesbaden	11. Lacq	PAYS-BAS		4. Waterford	
12. Köln	12. Bordeaux	1. Rotterdam	13. Grangemouth	DANEMARK	
12. Düsseldorf		2. Amsterdam	14. Newcastle	1. Copenhagen	
14. Essen		3. Nimègue	15. Manchester		
15. Dortmund		4. Arnhem	16. Mersey		
16. Stade		5. Eindhoven	17. Newport		
17. Hamburg		6. Breda	18. Greenfield		
			19. Coleraine		

La chimie est le secteur le plus concerné pour la production mixte d'origine nucléaire en raison :

- de l'importance globale de ses besoins (estimés à 228 millions de tonnes pour la C.E. en 1972, soit 42 % du total des sept secteurs étudiés),
- du coefficient de charge élevé. La durée moyenne d'utilisation de la puissance maximale est estimée à 7 500 heures par an (1), soit un coefficient de charge de 85 %,
- de la concentration élevée des besoins au sein de complexes chimiques.

La chimie a donc un rôle moteur à jouer pour la construction de centrales nucléaires mixtes, envisageables essentiellement autour de complexes chimiques dont on a indiqué les principaux ci-dessous.

4. ESTIMATION DES BESOINS FUTURS

On a estimé les besoins pour la chimie d'une part, pour l'ensemble des autres secteurs d'autre part. La méthode utilisée dans les deux cas repose sur l'utilisation de coefficients d'élasticité (2) calculés d'après les statistiques de production et de consommation de combustibles durant les années 1963 à 1973 et corrigés le cas échéant pour tenir compte de certaines observations ou d'éléments prospectifs indiqués par les industriels (prévisions d'économies de combustible et de changements technologiques).

1. elle va jusqu'à 8 000 heures (91 %) pour certains complexes chimiques allemands. Pour l'ensemble des autres industries, on a retenu 5 000 heures (57 %).

2. l'élasticité $e = \frac{\Delta C}{C} / \frac{\Delta P}{P}$ est le rapport du taux moyen de croissance annuelle de la consommation de combustibles sur le taux moyen de croissance annuelle de la production. Un coefficient de 0,60 signifie que si la production croît de 5 % par an les besoins de combustibles ne croissent que de 3 % par an.

Pour l'ensemble de l'Europe (1) on peut ainsi mettre en évidence les estimations suivantes :

	besoins annuels en Mt		puissance en t/h	
	1972	1990	1972	1990
Chimie	228	454	30 400	60 500
Autres secteurs	312	558	62 300	111 600
Total	540	1 012	92 800	172 100

1. On trouvera en annexes 3 et 4 les résultats par pays.

CHAPITRE 3

LE MARCHE POTENTIEL DES CENTRALES MIXTES NUCLEAIRES POUR L'INDUSTRIE

1. METHODE UTILISEE

On s'est attaché, dans le chapitre précédent, à estimer les besoins totaux de vapeur de l'industrie. On se propose maintenant de déterminer la part de ces besoins qui pourrait être couverte par des centrales mixtes nucléaires.

Cette part dépend de la concentration géographique des besoins car la vapeur ne peut être transportée économiquement sur une distance supérieure à 10 ou 12 kilomètres.

Des coefficients traduisant cette concentration ont été établis et, à partir d'hypothèses sur le débit moyen de vapeur par centrale, on a pu estimer le nombre de centrales mixtes nucléaires qui pourraient être installées dans les 9 pays de la Communauté, en 1985 et en 1990.

Il s'agit, dans chaque hypothèse, du "domaine potentiel de vocation pour le nucléaire", estimé en faisant abstraction, à ce stade, des contraintes inhérentes à l'utilisation du nucléaire, qui tendent à limiter le marché effectif (voir chapitre 6).

L'analyse qui a été conduite est fondée essentiellement sur les besoins en vapeur. En effet, l'électricité, aisément transportable sur de grandes distances compte tenu de l'existence de réseaux interconnectés, ne joue qu'un rôle complémentaire. La part de l'électricité apparaîtra donc "indéterminée" et ceci particulièrement en cas de "solution publique", c'est-à-dire de vapeur d'origine nucléaire vendue par les sociétés distributrices d'électricité.

Pour fournir la même quantité de vapeur au prix le plus bas, on a intérêt à accroître la taille de la centrale et, corrélativement, la production d'électricité (1). Cette dernière peut alors dépasser sensiblement les besoins industriels de la zone voisine de la centrale. Dans ce cas, l'autoproduction risque d'être moins attractive pour l'utilisateur car les tarifs de reprise des distributeurs publics sont peu élevés.

1/ en effet, le prix de revient de l'énergie fournie (vapeur + électricité) décroît lorsque la taille de la centrale augmente.

2. ESTIMATION DU NOMBRE DE CENTRALES MIXTES NUCLEAIRES POUR LES BESOINS INDUSTRIELS

Pour estimer la part des besoins susceptibles d'être couverts par des centrales mixtes nucléaires, on a retenu deux hypothèses extrêmes permettant de fixer les idées à titre indicatif en déterminant des bornes minimum (m) et maximum (M) :

- dans l'hypothèse minimum (m), on suppose que la part du nucléaire sera prise uniquement sur l'augmentation des besoins entre aujourd'hui (1975) et 1985 ou 1990. On détermine la part du nucléaire en multipliant cette augmentation des besoins par le coefficient de concentration géographique.

Cette hypothèse minimum correspond au cas où aucune mesure ne permettrait d'augmenter la concentration géographique des établissements consommateurs de vapeur.

- dans l'hypothèse maximum (M), on suppose que la part du nucléaire serait prise sur l'augmentation des besoins entre 1975 et 1985 ou 1990 ainsi que sur 50 % des besoins actuels (en tenant compte des coefficients de concentration géographique). Ce coefficient de 50 % est une moyenne. Dans la réalité, il doit être plus élevé pour la chimie mais plus faible pour les autres industries (1).

Cette hypothèse maximum correspond au cas :

- . où des mesures ou incitations d'aménagement du territoire parviendraient à augmenter la concentration géographique des établissements consommateurs de vapeur,
- . et où les sociétés distributrices d'électricité accepteraient, avec les mêmes puissances nucléaires, de produire un peu moins d'électricité.

Il est difficile de choisir entre ces deux hypothèses car le choix est fonction de la politique économique qui sera menée par les différents Etats membres, en matière d'aménagement du territoire notamment.

Cependant, l'hypothèse minimum (m) semble plus probable dans la mesure où la tendance habituelle en matière d'aménagement du territoire est d'éviter de refaire de grosses concentrations industrielles (type Fos en France) à l'avenir et de préconiser une implantation plus diffuse des unités industrielles et dans la mesure également où l'énergie n'est pas, en général, un facteur déterminant pour le choix d'une localisation industrielle.

1. Ce coefficient a été déterminé grâce aux entretiens avec les industriels. Les résultats de ces entretiens ont incité à prendre un coefficient de 75 % pour la chimie allemande.

Nombre maximal de centrales nucléaires mixtes de 1000 MWth
ou plus en 1990

Pays	Dans l'hypothèse où la part vapeur représente un débit moyen de :			
	1000 t/h par centrale		700 t/h par centrale	
	Hypothèse m	Hypothèse M	Hypothèse m	Hypothèse M
RFA	7	14	10	20
France	6	9	8	13
Italie	6	9	8	13
Pays-Bas	3	5	4	7
Belgique	2	3	3	4
Luxembourg	0	0	0	0
G. Bretagne	5	9	7	13
Irlande	0	(1)	0	(1)
Danemark	0	(1)	0	(1)
total arrondi	30	50	40	70

Proposer de nouvelles concentrations industrielles uniquement en raison d'avantages possibles que ces concentrations apporteraient en matière d'énergie (au niveau des établissements et plus globalement au niveau national) reviendrait à minimiser la part souvent importante, sinon déterminante, que peuvent avoir les autres facteurs au moment du choix d'une implantation.

Pour l'ensemble des pays de la CE, le marché potentiel est le suivant (chiffres arrondis) :

	Hypothèse m	Hypothèse M
1980	6 000 t/h	26 000 t/h
1985	16 000 t/h	30 000 t/h
1990	30 000 t/h	50 000 t/h

Des résultats plus détaillés pour 1990 figurent dans le tableau de l'annexe 5.

Pour estimer le nombre de centrales mixtes en 1990 pour l'industrie, on a choisi deux hypothèses plausibles de débit moyen par centrale en s'inspirant des conditions économiques actuelles :

- débit moyen de 1 000 t/h par centrale, ce qui, pour une centrale de 1 000 MWth, correspond à une part d'électricité de 70 MWe,
- débit moyen de 700 t/h par centrale, ce qui, pour une centrale de 1 000 MWth, correspond à une part d'électricité de 150 MWe.

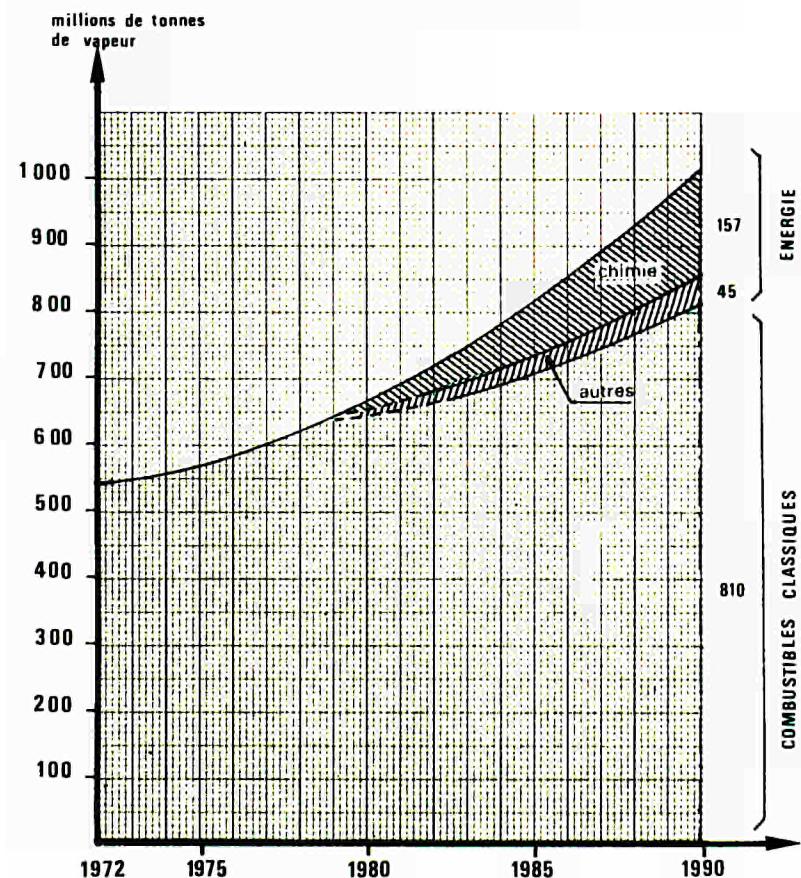
Mais la part d'électricité étant indéterminée, ces hypothèses sont compatibles avec des centrales beaucoup plus puissantes dont la production d'électricité serait plus importante. C'est ce qui se passerait en cas de solution publique par exemple (centrales gérées par les distributeurs d'électricité).

On trouvera dans le tableau ci-contre, une estimation du nombre de centrales mixtes correspondant aux deux hypothèses de débit moyen de la part vapeur, soit environ pour l'ensemble de la Communauté et pour les seuls besoins industriels :

- 30 à 50 centrales si le débit moyen est de 1 000 t/h,
- 40 à 70 centrales si le débit moyen est de 700 t/h.

Si on ne considérait que les besoins de chaque secteur industriel sans admettre le regroupement des besoins de plusieurs secteurs au sein d'une même zone de concentration industrielle, les besoins seraient nettement inférieurs. Ils seraient sans doute nuls pour tous les secteurs autres que la chimie, aucun établissement ou presque n'ayant des besoins de vapeur suffisamment importants pour justifier une centrale mixte nucléaire.

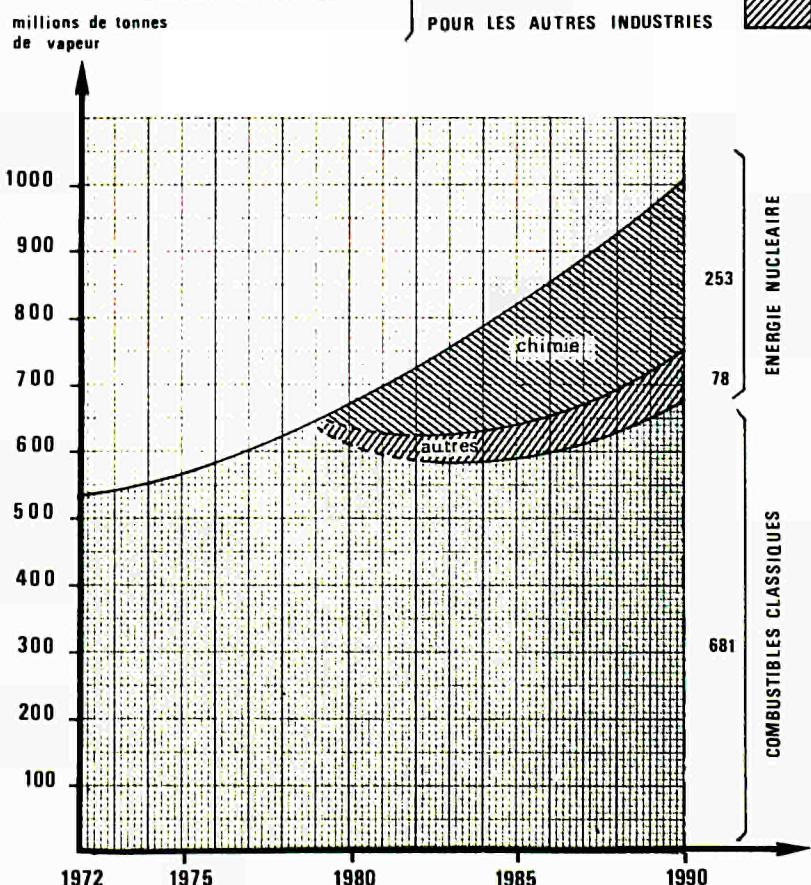
COUVERTURE NUCLEAIRE DES BESOINS
DE VAPEUR INDUSTRIELLE EN EUROPE



HYPOTHESE MINIMUM

COMBUSTIBLES CLASSIQUES

ENERGIE NUCLEAIRE



HYPOTHESE MAXIMUM



ENERGIE NUCLEAIRE

COMBUSTIBLES CLASSIQUES

Il résulte des hypothèses retenues que l'énergie nucléaire pourrait, en 1990 et pour l'ensemble de la Communauté , couvrir :

- 35 à 55 % des besoins de vapeur de la chimie,
- 8 à 14 % des besoins de vapeur des six autres secteurs, industriels retenus,
- 20 à 33 % (un cinquième à un tiers) des besoins de vapeur de l'ensemble des sept secteurs.

Les graphiques ci-contre indiquent quelle pourrait être la répartition des besoins futurs de vapeur industrielle dans l'Europe des Neuf, selon qu'ils sont couverts par des combustibles classiques ou par l'énergie nucléaire.

Pour le nucléaire, on a fait apparaître les parts respectives de la chimie et des autres industries.

CHAPITRE 4

LE MARCHE POTENTIEL DES CENTRALES MIXTES NUCLEAIRES POUR LE CHAUFFAGE URBAIN

1. ETAT ACTUEL DU CHAUFFAGE URBAIN

On entend, par chauffage urbain, tout mode de fourniture de chaleur effectué par une entreprise distributrice ayant un caractère de service public et satisfaisant les besoins en chaleur (1) d'une collectivité, la chaleur étant transportée à distance.

Le transport de la chaleur est assuré soit par la vapeur, soit par l'eau chaude qui tend à remplacer la vapeur dans les réseaux mis en service compte tenu des avantages que présente ce fluide.

Par rapport aux besoins de chaleur industrielle, le chauffage urbain présente l'inconvénient d'avoir une faible durée de fonctionnement annuel mais l'avantage de pouvoir fonctionner aussi bien avec l'eau chaude qu'avec la vapeur. Le transport de l'eau chaude peut se faire sur de grandes distances (40 à 50 km ou même plus).

La plupart des pays d'Europe disposent aujourd'hui de réseau de chauffage urbain mais leur importance est très variable d'un pays à l'autre.

Le tableau ci-dessous indique la chaleur livrée aux réseaux pour le chauffage urbain en 1966 et en 1972, en milliers de téracalories par an :

	1966	1972
RFA	15	32
France	3	19
Belgique	0,3	0,4
Italie	0,2	0,3
Pays-Bas	0,7	1,1
Grande-Bretagne	0,8	0,9
Danemark	5	12
Ensemble	25,1	65,6

Pour l'ensemble de la Communauté, le chauffage urbain représente actuellement environ 3 % (2) des consommations d'énergie pour le

1. Les usages dominants de la chaleur assurée par les entreprises de distribution sont le chauffage des locaux et la fourniture d'eau chaude domestique, la satisfaction des besoins industriels restant marginale, sauf en Belgique.
2. 15 % au Danemark, 5 % en RFA et en France ; moins de 1 % dans les autres pays de la C. E.

chauffage, l'eau chaude et le conditionnement de l'air, lesquels représentent 75 % de la consommation énergétique du secteur domestique et tertiaire.

2. LE MARCHE DES CENTRALES NUCLEAIRES POUR LE CHAUFFAGE URBAIN

2. 1. Perspectives d'avenir du chauffage urbain

On a tout d'abord estimé l'évolution des besoins du secteur "domestique et tertiaire". On a ensuite étudié les facteurs favorables et les facteurs défavorables au développement du chauffage urbain.

Les incertitudes qui pèsent à l'heure actuelle sur le marché du chauffage urbain nous ont conduit à effectuer deux hypothèses contrastées :

- une hypothèse basse : où les obstacles qui tendent à freiner le développement du chauffage urbain l'emportent sur les incitations éventuelles. Nous avons supposé dans ce cas que la part du chauffage urbain dans les besoins du secteur domestique resterait stable jusqu'en 1990. Il en résulte que dans l'hypothèse basse, le chauffage urbain se développe au même rythme que les besoins totaux en chauffage du secteur domestique et tertiaire.
- une hypothèse haute dans laquelle en 1990 la part du chauffage urbain serait multipliée par 3 et assurerait 9 % des besoins globaux.

Cette hypothèse peut être considérée comme la plus optimiste actuellement ; elle implique un taux de croissance de 10 à 11 % des livraisons de chaleur aux abonnés du chauffage urbain.

De 65,6 milliers de Tcal en 1972, les livraisons de chaleur aux réseaux de chauffage urbain passeraient en 1990 à :

- 73 milliers de Tcal dans l'hypothèse basse,
- 218 milliers de Tcal dans l'hypothèse haute.

2. 2. Estimation de la part maximale du nucléaire pour le chauffage urbain

On a procédé à un examen ville par ville tenant compte de deux critères : l'importance de la population d'une part, la taille du réseau actuel de chauffage urbain d'autre part.

On estime qu'il faut à l'heure actuelle 8 thermies par logement et par heure (1), le débit maximal de vapeur du réacteur correspond en conséquence aux besoins en chaleur de 125 000 logements soit environ 375 000 habitants. Il est difficile, cependant, de prendre en considération un tel seuil. L'hypothèse la plus favorable semble consister à admettre que, dans une ville donnée, 50 % des besoins (chauffage, eau chaude ...) soient satisfaits par le chauffage urbain à l'horizon 1990.

On est ainsi amené à retenir des agglomérations dont la population est proche de 500 000 habitants actuellement.

Certaines villes (telles que Kiel ou Utrecht) peuvent avoir un réseau de chauffage urbain très développé bien qu'elles n'atteignent pas le seuil de 500 000 habitants. On peut penser qu'à terme ces villes atteindront le niveau de 1 000 Gcal/h et de ce fait, elles devraient être prises en considération.

Le croisement de ces deux critères (taille des agglomérations et puissances minimales) permet de sélectionner les villes susceptibles d'être alimentées par du chauffage urbain d'origine nucléaire.

Pour l'Allemagne on obtient :

- dans l'hypothèse haute, 5 villes en 1980, 13 villes en 1984 et 17 villes en 1990.
- dans l'hypothèse basse, 3 villes en 1980 et 1985 et 4 villes en 1990 (2).

Pour les trois autres pays concernés (France, Pays-Bas, Danemark) on obtient :

- dans l'hypothèse haute 2 villes en 1980 (Paris et Copenhague), 4 villes en 1985 (les mêmes plus Grenoble et Utrecht) et 5 villes en 1990 (les mêmes plus Rotterdam).
- dans l'hypothèse Basse, 2 villes en 1980, 85 ou 90 (Paris et Copenhague).

Pour estimer le nombre de centrales de 1 000 MWth susceptibles d'être installées pour chaque pays, on a tenu compte de l'importance de la population actuelle, de l'accroissement de population envisageable (au taux moyen annuel de 2,5 %) et de l'importance du réseau actuel de chauffage urbain. On a supposé dans l'hypothèse basse que le nucléaire

(1) A noter toutefois que les nouvelles normes retenues en France correspondent à 5 thermies par heure pour le chauffage et à 6,5 thermies par heure si l'on inclut l'eau chaude sanitaire.

(2) Hambourg, Berlin, Munich et Essen. Voir en annexe 6 la liste des villes pour chaque hypothèse.

ne pourrait concerner que l'accroissement des besoins par rapport à aujourd'hui ("les nouveaux abonnés"). Par contre, dans l'hypothèse haute, on a admis qu'un transfert pourrait s'effectuer du classique vers le nucléaire pour une part des besoins actuels.

Estimation du nombre de villes susceptibles d'être équipées de chauffage urbain d'origine nucléaire et du nombre de centrales de 1 000 MWth

		1980	1985	1990
Nombre de villes	RFA	3 - 5	3 - 13	4 - 17
	France	1 - 1	1 - 2	1 - 2
	Pays-Bas	0 - 0	0 - 1	0 - 2
	Danemark	1 - 1	1 - 1	1 - 1
	Total	5 - 7	5 - 17	6 - 22
Nombre de centrales de 1 000 MWth	RFA	4 - 9	5 - 19	6 - 25
	France	1 - 2	1 - 3	1 - 4
	Pays-Bas	0 - 0	0 - 1	0 - 3
	Danemark	1 - 2	1 - 3	1 - 3
	Total	6 - 13	7 - 26	8 - 35

3. CONCLUSION

Il apparaît au terme de l'étude effectuée que c'est surtout en Allemagne que le chauffage urbain à partir de centrales nucléaires a des chances de se développer au cours des quinze prochaines années. Un certain nombre de recherches sont d'ailleurs en cours à ce sujet dans ce pays. Quelques possibilités mais beaucoup plus réduites existent en France, aux Pays-Bas et au Danemark.

On pourrait envisager éventuellement une association du chauffage urbain et des besoins de l'industrie. Si l'on applique la répartition qui existe actuellement pour le chauffage urbain classique, on obtient dans l'hypothèse haute pour 1990, l'équivalent de 3 centrales supplémentaires de 1 000 MWth en RFA et peut-être l'équivalent d'une ou de deux centrales en Belgique.

Faire des hypothèses plus optimistes irait à l'encontre des réticences manifestées par de nombreux industriels interrogés et nécessiterait des études complémentaires approfondies.

Estimation du marché potentiel des centrales mixtes nucléaires

en 1990 (1)

	Débit moyen 1000 t/h par centrale	minimum			maximum		
		besoins industriels	chauffage urbain	ensemble	besoins industriels	chauffage urbain	ensemble
Débit moyen 700 t/h par centrale	RFA	7	4	11	14	17	31
	France	6	1	7	9	2	11
	Italie	6	0	6	(9)	0	9
	Pays Bas	3	0	3	5	2	7
	Bélgique	2	0	2	3	0	3
	G. B. (2)	5	0	5	9	0	9
	Irlande	0	0	0	1	0	1
	Danemark	0	1	1	1	1	1
total		29	6	35	51	22	73
Débit moyen 700 t/h par centrale	RFA	10	6	16	20	25	45
	France	8	1	9	13	4	17
	Italie	8	0	8	13	0	13
	Pays Bas	4	0	4	7	3	10
	Bélgique	3	0	3	4	0	4
	G. B. (2)	7	0	7	13	0	13
	Irlande	0	0	0	1	0	1
	Danemark	0	1	1	1	3	4
total		40	8	48	72	35	107

(1) en tenant compte uniquement de la concentration géographique des besoins.

(2) La Grande Bretagne a opté pour une filière à eau lourde (SGHWR)

CHAPITRE 5

RECAPITULATION ET PRINCIPALES CONSEQUENCES D'ORDRE ECONOMIQUE

1. RECAPITULATION DU MARCHE POTENTIEL

Le marché potentiel par pays est rappelé dans le tableau ci-contre. Dans l'hypothèse d'un débit moyen de 700 t/h par centrale, les besoins totaux pour 1990 sont estimés à 48 à 107 centrales de 1 000 MWth ou plus, dont 40 à 72 pour la couverture des besoins industriels et 8 à 35 pour le chauffage urbain. On verra dans le paragraphe suivant certaines conséquences d'ordre économique résultant de la construction de ces centrales (économie de pétrole importé ; supplément d'investissements, en contrepartie, par rapport à des centrales classiques) et dans le chapitre 6 les obstacles à l'introduction du nucléaire et les actions à préconiser pour y remédier.

2. PRINCIPALES CONSEQUENCES D'ORDRE ECONOMIQUE (1)

La construction de centrales mixtes nucléaires aura entre autres pour effets d'entraîner :

- a) une économie de devises en diminuant les besoins de combustibles importés (qui auraient servi pour la production de vapeur, toujours effectuée de façon décentralisée dans des chaudières classiques (2) ;
- b) un coût d'investissements initiaux plus élevé.

Les principaux paramètres retenus pour l'analyse ont été :

- le nombre de centrales mixtes de 1 000 MWth à construire : de 48 à 107 ;
- la part de combustibles importés par rapport au total des combustibles classiques économisés : 54 à 82 %;

(1) voir étude plus détaillée de ces conséquences en annexe 7

(2) l'électricité pouvant être produite dans de grandes centrales nucléaires entièrement électrogènes

- le coût d'investissement d'une centrale mixte nucléaire de 1 000 MWth : de 700 à 1 000 millions de francs français actuels, ce qui représente une charge financière annuelle de 114 à 170 millions de francs (calculée en tenant compte des intérêts intercalaires, du coût de la première charge de combustible nucléaire et sur la base d'un remboursement du capital en 20 ans avec un taux d'intérêt de 10 %).

Avec ces hypothèses, on a estimé, pour les neuf pays de la C.E. en 1990, l'économie annuelle de devises à 3 à 9 milliards de francs français actuels (1) et, en sens inverse, les charges annuelles d'investissements supplémentaires à 3 à 14 milliards de francs.

(1) correspondant à une diminution annuelle de 10 à 33 millions de tonnes de pétrole importé.

CHAPITRE 6

LES MOYENS A METTRE EN OEUVRE POUR FAVORISER LE DEVELOPPEMENT DES SOLUTIONS NUCLEAIRES

PRESENTATION

Au cours des précédents chapitres, on s'est attaché à estimer les marché potentiel des centrales nucléaires à eau légère (1 000 MWth et plus) pour la production mixte de vapeur et d'électricité pour l'industrie et le chauffage urbain dans les 9 pays de la C. E.

Les résultats ainsi obtenus à l'issue d'une étude sectorielle fondée sur une série d'enquêtes directes approfondies auprès de grands groupes industriels européens ne peuvent cependant donner qu'une image approchée de la situation dans les années 1985-1990.

En tout état de cause en effet, on n'a présenté (voir tableau p. 25) que deux schémas possibles et vraisemblables (hypothèses minimum et maximum), en vue de fournir des éléments de réflexion aux instances chargées de proposer des mesures d'incitation à mettre en oeuvre dans les différents pays.

Pour atteindre l'hypothèse maximum de couverture nucléaire, il faudrait notamment :

- accentuer par une politique d'aménagement du territoire appropriée la concentration géographique des établissements les plus importants ;
- accentuer le rythme de développement du chauffage urbain ;
- surmonter les difficultés de toutes natures signalées par les industriels utilisateurs éventuels du nucléaire.

Le présent chapitre vise ainsi à préciser les obstacles et les contraintes s'opposant à une solution nucléaire puis à suggérer des moyens à mettre en oeuvre pour vaincre ces obstacles.

Cette étude se fonde essentiellement sur une analyse des réponses recueillies au cours des enquêtes directes auprès des industriels, des distributeurs d'électricité, des organismes publics ayant compétence en matière d'aménagement du territoire ou du développement nucléaire.

1. AVANTAGES ET LIMITES DE LA PRODUCTION MIXTE

La plupart des industriels - et notamment ceux qui ont été interrogés au cours de l'enquête - sont conscients des avantages liés à la production mixte et la pratiquent lorsque l'intérêt économique le justifie.

Cette solution est en effet intéressante sur le plan du rendement global des installations. Par contre, son intérêt sur le plan économique peut être limité et dépend d'un certain nombre de facteurs dont les plus significatifs sont le montant des investissements, les frais d'exploitation et en particulier le coût du combustible, ainsi que le coût de l'énergie électrique auto-produite dont la valeur est liée à la tarification du distributeur d'électricité.

C'est ainsi que, dans les conditions économiques actuelles, les installations de production mixte ne sont pas toujours rentables au niveau de l'industriel et que certaines unités existantes ont été ralenties au minimum compatible avec le fonctionnement des installations, ou même arrêtées. Par exemple, l'un des industriels rencontrés, la Société Bowater-Scott, a renoncé à autoproduire son électricité dans ses unités de Northfleet et de Barrow in Furness en raison du coût trop élevé des turbines à vapeur ou à gaz.

Par contre le problème n'est pas ressenti de la même façon au niveau de la collectivité nationale, dans la mesure où un gain sur le rendement d'une installation se traduit, de toutes façons, par une économie de combustibles.

2. LE REGROUPEMENT DES BESOINS

Il s'agit ici des obstacles au regroupement des besoins en énergie, indépendamment de la solution adoptée (nucléaire ou classique) pour fournir l'énergie.

2. 1. Nécessité du regroupement

Les besoins actuels ou futurs d'énergie au niveau de chaque établissement sont généralement très inférieurs au seuil retenu pour cette étude (1 000 MWth). Les exceptions à cette règle concernent pratiquement toutes le secteur chimie mais elles ne sont pas très nombreuses puisque le CEFIC estime le marché à 15 ou 20 centrales nucléaires mixtes "pour les années 1980".

Il convient donc de s'interroger sur les possibilités effectives de regrouper les besoins de plusieurs établissements situés sur une même zone industrielle.

De nombreux obstacles tendent en effet à rendre difficile de tels regroupements dont il existe cependant quelques exemples.

2.2. Exemples de coopération

De nombreux industriels pendent que le regroupement des besoins énergétiques est aisément réalisable ou tout au moins ils n'y voient pas d'obstacles a priori.

Certaines sociétés ont d'ailleurs des exemples de coopérations à leur actif ou en cours d'étude :

la centrale mixte de Merseyside qui alimente la plus grande unité d'Unilever en Grande-Bretagne et qui a une puissance de 250 à 300 t/h vend à d'autres compagnies avoisinantes 20 % de l'électricité et de la vapeur qu'elle produit.

La Société Aussedat-Rey (secteur papier) a l'habitude de collaborer avec d'autres utilisateurs pour ses centrales hydrauliques situées dans les Alpes (questions de débit d'eau, participation aux réunions des producteurs d'énergie de la région Rhône-Alpes ...).

Sur le site d'Inndreieck situé près de Burghausen à 100 km à l'Est de Munich, plusieurs sociétés souhaiteraient regrouper leurs besoins énergétiques et construire une centrale nucléaire commune. Ces sociétés sont les suivantes : Hoechst, Suddenbach Kalk Stikstoff, Vereinigte Aluminium, Wacker, Österreichische Mineralöl Verwaltung.

En France, sous l'égide de l'Agence des économies d'énergie, trois couplages sont en passe d'être réalisés entre des producteurs de rejets chauds (raffineries, aciéries, fonderies) et des utilisateurs d'eau à 100 ou 200°C (papeteries, textile ...).

La coopération entre industriels est donc possible dans le domaine énergétique. On va voir cependant qu'en pratique le regroupement des besoins de vapeur peut se heurter à un certain nombre de difficultés.

2. 3. Les obstacles au regroupement des besoins

2. 3. 1. Les caractéristiques des besoins

Techniquement, il y a intérêt à regrouper des industries à besoins complémentaires de façon à avoir le régime le plus stable possible. Aux yeux de nombreux industriels, cette contrainte rend peu intéressante économiquement l'association avec des secteurs par trop saisonniers tels que certaines industries alimentaires (sucreries (1), alcool industriel) ou le chauffage urbain.

En ce qui concerne le chauffage urbain, les principaux obstacles au regroupement signalés par les industriels sont les suivants :

- la charge annuelle (1 500 à 2 000 heures par an) est trop faible. Les besoins ne sont pas complémentaires, car la pointe se situe en hiver aussi bien pour les industries que pour le chauffage urbain.

En fait, il faut remarquer que les projets de regroupements sont bien complémentaires car l'unité de production centralisée alimente le chauffage urbain en base du diagramme de charge, les pointes d'hiver étant assurées par les installations classiques.

- un problème de sécurité d'approvisionnement risque de se poser: selon les industriels en effet, les besoins de chauffage de la population seront toujours considérés comme prioritaires ... or, la sécurité d'approvisionnement est, avec le coût, le principal facteur de choix d'une solution au problème énergétique.

Il est toujours possible en cas d'arrêt de la centrale nucléaire d'interrompre l'alimentation du chauffage urbain pendant quelques heures (en attendant que l'ensemble des moyens de secours fonctionne à plein régime), et d'éviter ainsi l'interruption totale de l'alimentation des équipements prioritaires des industriels.

2. 3. 2. Les contraintes administratives et juridiques peuvent rendre difficile ou impossible le regroupement des besoins de vapeur.

C'est ainsi qu'en RFA par exemple existent des règlements très sévères qui rendent actuellement impossible la traversée des voies publiques par les canalisations de vapeur.

(1) Dans le cas des sucreries, un obstacle encore plus important est leur éloignement (habituellement) des zones industrielles ; elles sont implantées dans les zones agricoles, surtout à cause de l'incidence sur le prix de revient du coût de transport des betteraves sucrières.

2.3.3. Le souci de conserver un caractère confidentiel au plan de développement trouve son origine dans la méfiance ou l'individualisme de certains industriels, leur réticence à coopérer, le désir de garder secret vis-à-vis de la concurrence des plans de développement à moyen terme (extension de la capacité de production de tel ou tel produit ...).

Une illustration de cette difficulté peut être trouvée dans le secteur textile dans la région de Lille-Roubaix-Tourcoing. Il existait une possibilité théorique et techniquement réalisable de créer un réseau commun de distribution de chaleur mais des raisons de nature psychologique ont fait échouer le projet : le textile est une branche d'activité traditionnelle, caractérisée par un individualisme important, car chaque industriel veut cacher à ses concurrents les améliorations qui ont pu être apportées à une technologie en évolution peu rapide.

La seule solution imaginée par les industriels pour résoudre ce problème consiste à confier la construction et la gestion de la centrale mixte nucléaire à un organisme de distribution d'électricité et non à un groupement d'industriels.

2.3.4. Des équipements existants parfois non encore amortis

Un autre obstacle signalé par certains industriels proviendrait du fait que les équipements des différentes usines dont on voudrait regrouper les besoins énergétiques ne sont pas encore amortis et ont des âges différents (c'est-à-dire qu'ils ne seront pas amortis en même temps).

En fait, cet obstacle ne doit pas être considéré, car les équipements existants dans les différentes usines pourront toujours être utilisés pour assurer le secours pendant les temps d'indisponibilité, programmée ou non, de l'unité de production centralisée. Sur le plan économique, l'existence d'équipements de production d'énergie, même disséminés, augmente donc la rentabilité des projets de regroupement.

2.3.5. Perturbations en cas de grève

Pour certains industriels, le regroupement des besoins énergétiques apparaît difficile en raison des perturbations au niveau de l'ensemble des unités que pourrait entraîner une grève dans un seul établissement.

Ici encore, on peut remarquer que les installations disséminées existantes pourraient être utilisées en secours, en cas de grève de l'unité de production centralisée d'énergie.

2.3.6. Coût des mesures de sécurité

Pour d'autres industriels, la juxtaposition d'un ensemble d'entreprises sur un même site impose un certain nombre de mesures de sécurité qui risquent de s'avérer à terme coûteuses pour les firmes concernées. On peut penser que l'importance du coût des mesures de sécurité est une des raisons qui s'oppose à la création de très grandes zones industrielles (voir par. 2.3.8. ci-après).

2.3.7. Impossibilité de déplacer des unités existantes

Il semble difficilement envisageable, voire impossible, de déplacer une grande unité industrielle. Le déplacement des locaux est plus plausible pour une petite unité mais les besoins énergétiques des petites unités sont généralement faibles.

Il paraît donc difficile d'envisager un déplacement ou un regroupement des unités vers des pôles de développement où les besoins énergétiques seraient mis en commun. Cela tient en particulier à l'inertie et l'importance des investissements et à la durée de vie effective des équipements.

2.3.8. Réticence envers les grandes unités et les zones de concentration industrielle

Il s'agit là de l'obstacle le plus sérieux à l'introduction de centrales mixtes nucléaires de plus de 1 000 MWth.

Il y a une limite à ne pas dépasser pour la taille des unités : les unités trop grandes sont difficiles à diriger et il s'y pose des problèmes syndicaux et sociaux. L'analyse des motivations humaines au sein de l'entreprise montre que le personnel est hostile aux unités gigantesques.

Par ailleurs de trop grandes unités entraînent des difficultés d'approvisionnement ou un coût de transport prohibitif. L'augmentation des coûts de transport entraîne une tendance à réaliser des unités de production de taille plus modeste que par le passé, à proximité des centres de consommation. Parfois, c'est la difficulté de trouver suffisamment de main d'œuvre qualifiée en un seul endroit qui incite à faire des unités de petite dimension ...

Au-delà de la limitation concernant la taille de l'unité on rencontre également de plus en plus de réticences envers les zones de trop grande concentration d'activités industrielles. La concentration géographique excessive atteint vite un aspect inhumain auquel employés comme industriels sont dès aujour-

d'hui sensibles. Certains industriels considèrent même qu'il serait préférable de s'orienter vers une décentralisation des unités.

Au niveau des organismes d'aménagement du territoire on note également un désir d'éviter la création de trop grandes zones industrielles (1) et d'encourager la création d'industries dans des zones peu développées en utilisant des incitations diverses.

Il semble donc que les avantages potentiels en matière de vapeur (économies au niveau des établissements et au niveau national) ne sauraient justifier, à eux seuls, la création de très grandes zones industrielles.

Cependant le seuil retenu (1 000 MWth) est à la rigueur compatible avec des zones de concentration industrielle moyenne à condition de s'efforcer de rassembler les unités consommant beaucoup de vapeur. Ces zones de concentration moyenne sont acceptées par les employés et les industriels et elles présentent d'autres avantages : simplification des problèmes de transport, entraînement d'économies externes, possibilités d'obtenir des prix de terrain abordables ...

Le coût de l'énergie est un facteur de localisation important pour quelques industries pour lesquelles l'énergie représente une part notable du prix de revient : c'est le cas des unités de fabrication de l'aluminium, d'enrichissement de l'uranium, de production de chlore ... Cependant, le bas prix de l'énergie ne suffira pas à attirer de nombreuses industries pour lesquelles la possibilité de trouver du personnel qualifié et la présence de voies de communication (pour l'approvisionnement en matières premières et pour l'écoulement des produits) sont des facteurs beaucoup plus décisifs dans les décisions d'implantation des industriels.

En conclusion, le facteur "coût de l'énergie" peut être important dans certains cas, mais il semble que, bien souvent, la simple présence de centrales mixtes nucléaires ne suffira pas à attirer les industriels. Il faudrait donc planter ces centrales soit sur des zones qui disposent d'autres atouts pour attirer les industriels : présence de main d'œuvre qualifiée, communications et transports faciles, prix de terrain avantageux ... soit sur des zones où les besoins de chaleur et d'électricité sont d'ores et déjà suffisants pour alimenter une centrale nucléaire de 1 000 MWth (2).

(1) telles Fos ou Dunkerque en France

(2) et où les industriels seraient disposés à s'alimenter auprès de la centrale nucléaire.

3. LES OBSTACLES A LA SOLUTION NUCLEAIRE

A supposer que les obstacles précédents soient levés, et que l'on parvienne à concentrer sur des aires géographiques très limitées des besoins énergétiques suffisants, pouvant être mis en commun, il resterait encore à surmonter des difficultés liées au caractère nucléaire de la solution que l'on désire adopter.

3. 1. Les délais de construction

Les délais de construction des centrales mixtes sont compris entre 5 et 7 ans en cas de solutions nucléaire et de l'ordre de 2 ans en cas de solution classique (quatre ans au maximum pour des unités de très grande dimension).

On pourrait penser que ces délais sont trop longs pour les industriels (1) qui décident la construction d'une nouvelle unité. Mais ce problème peut être résolu car un équipement classique peut être installé et servir, dans une première phase, de relais en attendant le fonctionnement de la centrale nucléaire et, dans une seconde phase, à assurer le secours du nucléaire.

3. 2. Le problème du secours

La plus grande partie des industriels rencontrés ont insisté sur la nécessaire continuité de la fourniture d'électricité et de vapeur.

Pour la production de fibres artificielles et synthétiques, par exemple, un arrêt d'un quart d'heure dans la fourniture d'énergie peut entraîner une détérioration de la qualité pendant deux semaines.

La question de la continuité d'alimentation en énergie se pose essentiellement pour la vapeur, puisque, pour l'énergie électrique, le raccordement à un réseau interconnecté, alimenté par des sources indépendantes les unes des autres, assure la garantie de fourniture en particulier dans les pays de la C.E.

En cas de solution classique, une unité ayant de gros besoins énergétiques les couvre souvent avec plusieurs chaudières (3 ou 4 par exemple). Dans ce cas, il est facile d'avoir une légère surcapacité qui assure la sécurité de la fourniture de vapeur : une ou deux chaudières supplémentaires suffisent.

(1) Plus les délais sont courts, plus les investissements peuvent être décidés à court terme. Cette plus grande souplesse (ou cette moindre inertie) constitue un avantage certain.

Par contre, avoir une chaudière nucléaire unique de 1 000 MWth constraint à disposer en réserve de la totalité de la puissance nécessaire pour satisfaire les besoins de vapeur (si l'on admet que l'on peut faire appel au réseau pour l'électricité). Il en résulte un coût plus important. Mais on remarquera que des moyens de production classiques seront souvent déjà installés au moment de la mise en service des unités nucléaires et pourront être utilisés en secours sans investissements supplémentaires.

Certains industriels envisagent également que le secours soit assuré par du nucléaire ce qui implique, si l'énergie consommée sur le site le justifie (1), l'installation de plusieurs centrales de 1 000 MWth, les arrêts programmés pour rechargement du combustible étant décalés les uns par rapport aux autres. Quelques personnes rencontrées pensent que le problème du secours constitue un argument en faveur des centrales nucléaires de puissance inférieure à 1 000 MWth (2) par exemple 100 à 300 MWth). D'autres pensent que le coût de l'équipement de secours constitue un argument en faveur d'une solution publique (et à l'encontre d'une solution privée par conséquent).

En fait les études économiques montrent qu'il est parfois intéressant de construire, sur un même site, au moins deux unités nucléaires. A moins d'envisager effectivement l'installation de centrales de petite puissance, le seuil de rentabilité d'un projet ne sera atteint que pour une consommation d'énergie importante, c'est-à-dire dans le cadre d'un regroupement d'un grand nombre de consommateurs.

3. 3. L'importance des investissements des centrales nucléaires

Disposant de capacités de financement en général limitées, les industriels donnent la priorité aux investissements de production, les moyens généraux passant au second plan, sauf pour certaines industries grosses consommatrices d'énergie. Aussi, certains d'entre eux sont-ils effrayés par l'importance du coût de la construction d'une centrale nucléaire (de l'ordre de 700 à 1 000 millions de francs français pour une centrale mixte de 1 000 MWth (3) et par la durée d'amortissement.

(1) il ne peut être envisagé, en raison de l'importance des investissements, de disposer, à l'échelle d'un site industriel, d'une centrale nucléaire de réserve (c'est-à-dire ne fonctionnant qu'en cas d'indisponibilité, programmée ou non).

(2) Des recherches sont d'ailleurs effectuées dans ce sens, même pour des centrales uniquement calogènes (pour le chauffage urbain en Suède par exemple).

(3) Le coût de construction d'une tranche nucléaire uniquement électrogène de 1 000 MWe (3 000 MWth) est estimé à 1 500 millions de francs français.

L'incitation à investir pour disposer d'énergie à un coût le plus faible possible n'est pas la même pour toutes les industries et dépend en particulier de la part de ce coût dans le prix de revient global des produits.

Si l'on considère par exemple l'industrie des pâtes, papiers et cartons qui est considérée traditionnellement comme un gros consommateur d'énergie, il faut savoir que le coût de l'énergie ne représente que 6 à 7 % du prix de revient global (1) alors que le coût des matières premières équivaut à 63-64 % du prix de revient : le problème de l'approvisionnement en matières premières est donc beaucoup plus important que celui de l'énergie pour cette industrie. Le problème actuel n'est pas la pénurie de l'énergie mais celle du bois.

En fait, le problème ne doit pas être posé simplement en termes d'investissements, mais bien en terme de rentabilité globale d'un projet. Si celle-ci est démontrée, des modes de financement externes pourront certainement être trouvés :

- soit dans un cadre purement privé, par exemple sous forme de sociétés, regroupant éventuellement plusieurs industriels, chargées de réaliser et d'exploiter la centrale avec des appuis bancaires,
- soit dans le cadre d'un pays ou d'une région, les distributeurs d'électricité fournissant également de la vapeur,
- soit dans un cadre mixte associant les intérêts publics et privés (Société d'Economie Mixte, par exemple).

Il semble bien que, dans presque tous les cas, le soutien des Pouvoirs Publics, sous une forme ou une autre, soit souhaitable pour réaliser des centrales nucléaires, en particulier parce qu'il permet de bénéficier de moyens financiers plus importants et de taux d'intérêts plus avantageux.

3.4. Solution publique ou solution privée ?

3.4.1. Les avantages de la solution publique

On a vu que le coût important des centrales nucléaires et le caractère confidentiel (2) des plans à moyen ou long terme des

(1) dans la construction automobile, le prix de l'énergie est inférieur à 1 % du prix de revient (sans compter l'énergie incluse dans les matières premières ou pièces détachées) ...

(2) le désir de garder le secret entraîne une réticence des sociétés à coopérer .. Certaines d'entre elles pensent d'ailleurs que si ce problème était résolu, elles auraient des problèmes avec le Gouvernement qui les accuseraient de constituer des cartels ...

firmes (plans d'investissements, d'extension de capacité de production ...) étaient des arguments en faveur d'une solution publique (1).

Les industriels ont signalé d'autres arguments dans ce sens :

- la production d'énergie nucléaire est généralement directement contrôlée par les Pouvoirs Publics et les Gouvernements n'aimeraient sans doute pas que cela change. Les lois concernant la manipulation de produits radioactifs sont très sévères. Les Gouvernements surveillent particulièrement le plutonium, produit extrêmement dangereux.
- les industriels privés pensent n'avoir ni l'expérience ni la capacité professionnelle requises pour faire fonctionner une centrale nucléaire. Il s'agit, certes, d'un travail délicat (problèmes de sécurité de marché, de secours, de rechargement ...), mais en fait, après une formation adéquate, l'exploitation d'une centrale nucléaire peut être assurée par du personnel non spécialisé à l'origine dans les techniques nucléaires.

Il semble qu'en tout état de cause (2) il faille envisager, pour avoir une chance de réussir, soit une solution publique, soit une solution mixte consistant en la collaboration de sociétés distributrices et de groupements d'industriels (3).

3.4.2. Obstacles à la solution publique

Le peu d'intérêt des sociétés de distribution pour vendre de la vapeur.

Le principal obstacle à la solution publique consiste dans le fait que les sociétés de distribution ont tendance à considérer que leur objet est la vente d'électricité et non celle de vapeur. La position du CEGB en Grande-Bretagne est assez nette sur ce point (4). La vente de vapeur d'origine nucléaire par les sociétés distributrices d'électricité présente, selon elles, deux types d'inconvénients :

(1) Le terme "publique" s'applique à des "distributeurs d'électricité" : il peut s'agir de sociétés privées comme en RFA, mais elles assurent un service public. La solution "privée" concerne des industriels (séparés ou groupés) autoproduisant leur énergie.

(2) Sauf exception concernant les chimistes (notamment) allemands qui se sentent capables de "se lancer" seuls dans le nucléaire, si on le leur permet (cf. notamment le projet de la BASF à Ludwigshafen).

(3) Cette solution mixte a été proposée par la Commission énergie du CEFIC dans un document remis récemment à la Commission de la C.E.

(4) Source : entretien avec des responsables de "l'Electricity Council".

- risque d'augmentation du coût des centrales (la standardisation étant moins poussée),
- nécessité de prendre des engagements de nature différente vis-à-vis de la clientèle.

Cependant, les sociétés de distribution allemandes, françaises ou italiennes (1) ont entrepris des études sur l'intérêt pour elles de produire et vendre de la vapeur : elles sont donc sensibilisées au problème (ce qui ne signifie pas qu'elles soient convaincues qu'il va de leur intérêt de construire des centrales mixtes nucléaires ...).

Le problème de monopole et de tarification

La tarification pratiquée par les distributeurs d'électricité a une grande incidence sur la rentabilité des projets. En effet, si la structure des prix est telle que les prix de vente sont inférieurs aux coûts réels de production, une solution privée avec autoproduction d'électricité peut s'avérer moins rentable qu'une solution avec achat aux distributeurs publics.

A l'inverse, si les prix de vente sont plus élevés, l'auto-production peut devenir rentable. Les chimistes allemands par exemple aimeraient, pour cette raison, construire des centrales mixtes nucléaires communes à plusieurs sociétés ; mais le monopole des sociétés distributrices s'y oppose.

Si la vapeur est vendue trop chère, les industriels préfèrent l'auto-produire, au besoin avec des moyens classiques si on leur interdit l'autoproduction commune.

En vue de diminuer les importations de pétrole des états membres grâce à l'installation de centrales mixtes, une politique plus souple de la part des sociétés de distribution d'électricité serait souhaitable, de façon à supprimer le dilemme "interdiction de l'autoproduction commune/tarification trop élevée" qui a pour effet que chaque utilisateur préfère produire sa propre vapeur, au détriment de l'intérêt général.

(1) ENEL ne pouvait fournir de la vapeur selon son acte constitutif, mais une décision récente du CIPE l'y autorise.

Les problèmes de tarification concernent :

- le prix de vente de l'électricité et de la vapeur aux industriels,
- le prix du contrat de secours et de reprise des excédents en cas d'autoproduction d'électricité.

Une société rencontrée a suggéré une politique de tarif promotionnel qui permettrait de vendre l'énergie nucléaire à un prix "de série" et non à un prix de "prototype". Celà nécessite une anticipation sur le futur. Pour prendre leurs décisions, les industriels ont besoin de connaître les prix le plus vite possible.

3.5. Attitude de la population résidente et de la population active

La quasi totalité des industriels rencontrés prévoient des réactions négatives de la part de la population ou des travailleurs. Il paraît difficile d'installer une centrale nucléaire là où des gens vivent ou travaillent (1). La peur du nucléaire aura peut être disparu dans 20 ans mais sûrement pas dans cinq ans. Le problème des déchets radioactifs, de la pollution, de la sécurité, paraissent particulièrement graves et préoccupants. Tout danger (d'explosion, de fuite ...) doit être absolument écarté pour que le personnel accepte de travailler à proximité d'une centrale nucléaire.

Une difficulté importante provient du fait que les industries chimiques (qui jouent le rôle moteur) recèlent des dangers pour les centrales. On a calculé, par exemple, au service de sûreté nucléaire français, qu'il fallait une distance minimale de sécurité de 4 km pour le méthane. Pour les gaz plus lourds comme l'éthylène, ce doit être encore plus sévère ; en effet, plus les gaz inflammables sont lourds plus ils sont dangereux car, en cas de fuite, ils forment des poches aux déplacements imprévisibles.

Les réactions que l'on peut attendre de la population constituent un obstacle qui apparaît difficile à surmonter actuellement surtout à l'encontre de centrales privées qui n'apporteront pas aux collectivités locales concernées des ressources financières aussi élevées que les centrales publiques. Les mouvements de protection de l'environnement et de lutte contre la pollution sont très forts. Les craintes ressenties par la population vis-à-vis des centrales nucléaires aboutissent, ou aboutiront, à exercer une pression sur les autorités chargées de donner les autorisations de construire les centrales (cas de la centrale BASF à Ludwigshafen). Certains industriels proposent que des campagnes

(1) cela est particulièrement marqué en Grande-Bretagne.

d'informations publiques soient menées afin de prévenir les mauvaises réactions des populations. D'autres pensent que les principales zones industrielles étant souvent à proximité d'énormes agglomérations, il paraît impossible que les autorités acceptent jamais la construction de centrales nucléaires dans ces zones et que l'on assistera plus vraisemblablement à un mouvement vers les centrales nucléaires d'industries à taux d'investissement par emploi très élevé, ayant peu de besoins en personnel, mais consommant beaucoup de vapeur.

4. LE CHOIX DE LA FILIERE

Même si les industriels - ou les gouvernements - acceptent la solution nucléaire, il n'est pas sûr qu'ils soient intéressés par la filière à eau légère sur laquelle porte l'étude (1). C'est ainsi que la Grande-Bretagne envisage de ne pas construire de centrales à eau légère, car elle vient d'opter pour la filière à eau lourde SGHWR (steam generating heavy water reactor) qu'elle a déjà expérimentée.

Toutefois, la vapeur produite ayant des caractéristiques de pression et de température comparables dans ces deux filières (eau légère et SGHWR), le choix effectif de la filière ne paraît pas susceptible d'affecter les conclusions de l'étude quant à l'estimation du marché potentiel des centrales mixtes.

Les autres filières en cours de développement (réacteurs à haute température, HTR, refroidis à l'hélium et réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium) permettent d'obtenir de la vapeur à plus haute température que les réacteurs refroidis à l'eau. Les centrales mixtes associées à de tels réacteurs pourront donc avoir un rendement réel très supérieur à celui des centrales à eau. De plus, l'utilisation des réacteurs HTR en cycle direct à gaz avec des températures pouvant atteindre 900°C ouvrira des débouchés nouveaux en pétrochimie.

Cependant, le développement des filières HTR et "à neutrons rapides" n'est pas suffisant pour que leur utilisation soit crédible, sur le plan industriel, avant les années 1990.

(1) rappelons que l'étude est également limitée aux réacteurs de 1 000 MWth et plus et que certains industriels marquent une préférence pour des réacteurs de plus petite taille qui sont effectivement étudiés (réacteurs uniquement calogènes ...).

5. CONCLUSION

Les industriels rencontrés ont soulevé beaucoup de problèmes qu'ils n'ont proposé de solutions. Cependant, on voit apparaître des axes d'actions à mener en priorité si l'on veut réaliser des centrales mixtes nucléaires produisant de la vapeur et de l'électricité pour l'industrie et le chauffage urbain.

Ces actions pourraient notamment concerter les domaines suivants :

- suppression des obstacles administratifs et financiers s'opposant au regroupement des besoins de vapeur ;
- obligation de raccordement au réseau de chauffage urbain dans certains cas (nouveaux lotissements de zones d'habitation ou nouvelles zones industrielles par exemple) ;
- aide au financement des investissements en centrales mixtes nucléaires ;
- développement à l'échelle européenne de la notion de "contrat programme" garantissant aux constructeurs un volume de commandes suffisant pour leur permettre de s'équiper ;
- adaptation de la politique des sociétés distributrices d'électricité pour éviter de pénaliser la production mixte nucléaire (en particulier tarification adaptée, attitudes de caractère moins monopolistique ...) ;
- choix judicieux des sites (tenant compte des atouts permettant d'attirer les industries, des craintes exprimées par les populations ...) ;
- promotions d'actions de recherche et développement (possibilités de stockage d'énergie, conception et technologie des transformateurs de vapeur, problèmes de sûreté ...) ;
- lancement d'opérations pilotes (précédées d'études de faisabilité approfondies).

SOMMAIRE DES ANNEXES

<u>ANNEXE 1</u> - L'amélioration du rendement par la production mixte	59
<u>ANNEXE 2</u> - Estimation des besoins en vapeur par pays et par secteur en 1972	62
<u>ANNEXE 3</u> - Hypothèses d'évolution des besoins de vapeur de la chimie	63
<u>ANNEXE 4</u> - Hypothèses moyennes d'évolution des besoins de vapeur des autres industries	64
<u>ANNEXE 5</u> - Evolution du marché potentiel maximal de la vapeur d'origine nucléaire en 1990 (en tonnes par heure)	65
<u>ANNEXE 6</u> - Liste des villes susceptibles d'être équipées de chauffage urbain d'origine nucléaire	66
<u>ANNEXE 7</u> - Comparaison macro-économique des stratégies "pétrole" et "nucléaire"	68

Puissance électrique disponible et rendement global pour diverses valeurs du débit de vapeur
 (centrales PWR de 1000 MWth)

débit de vapeur Q en t/h	puissance élec- trique E en MWe	rendement global ρ	puissance équivalente de la vapeur en MW(th)	ratio vapeur puissance totale en %
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0	320	0,32	0	0
200	270	0,42	150	15
400	220	0,52	300	30
600	170	0,62	450	45
800	120	0,72	600	60
1000	70	0,82	750	75
1200	30	0,93	900	90
1320	0	1	1000	100

ANNEXE 1

L'AMELIORATION DU RENDEMENT PAR LA PRODUCTION MIXTE

L'avantage de la production mixte, classique ou nucléaire, est d'améliorer le rendement de la centrale, en particulier en produisant l'énergie électrique par contrepression. Son utilisation permet donc d'éviter un certain gaspillage, notamment en combustibles, par rapport à une production indépendante de l'électricité et de la vapeur.

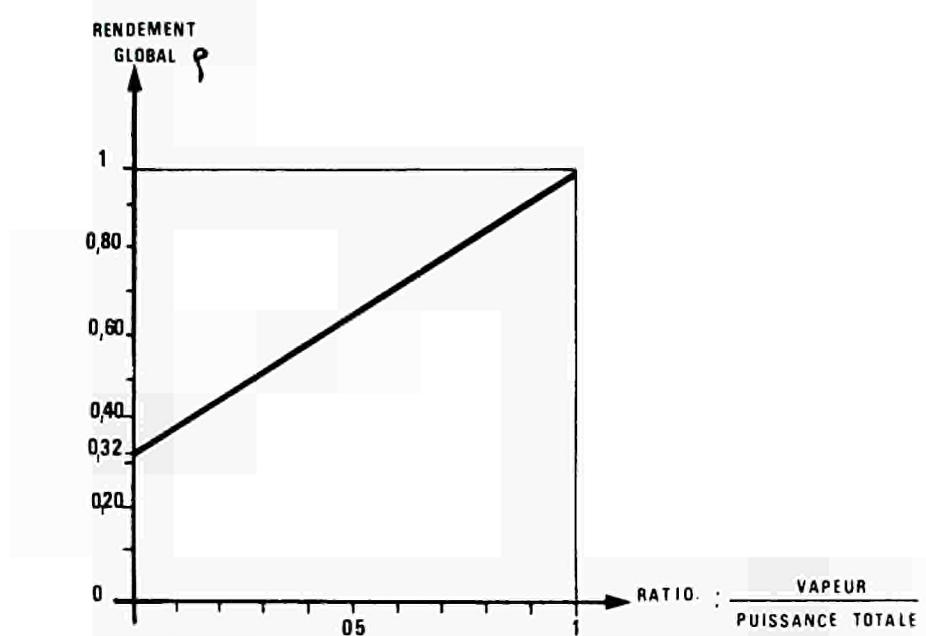
Cependant l'utilisation d'un cycle à contrepression est limitée, dans le cas d'un réacteur à eau légère pressurisée (PWR), par le fait que le niveau de pression de la vapeur produite par le réacteur est relativement bas (40 bars environ). Comme il est souhaitable de disposer d'une pression de vapeur suffisante (de l'ordre de 30 bars à la sortie de l'échangeur entre la vapeur produite par le réacteur et la vapeur à distribuer) pour améliorer les conditions de transport, on est amené à produire l'électricité dans une turbine "à condensation", la vapeur à distribuer ne passant pas dans la turbine. Cette hypothèse sur les conditions de transport de la vapeur paraît, en particulier bien adaptée au regroupement de consommateurs dans un rayon de 10 ou 12 km.

Variation du rendement global

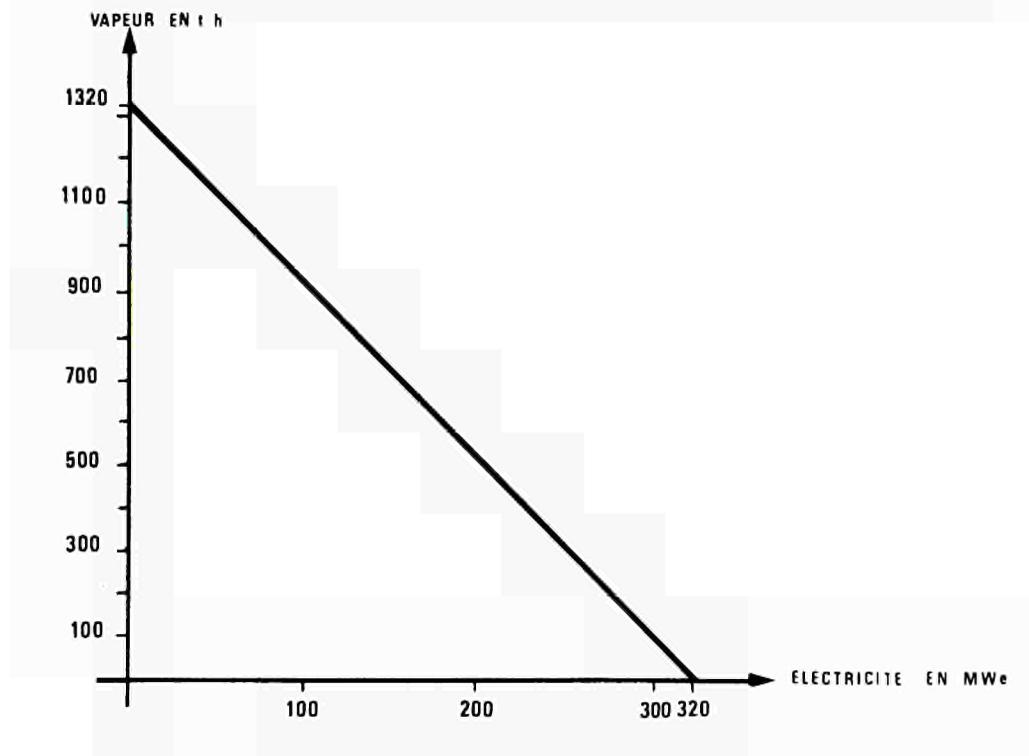
Pour une centrale nucléaire de 1 000 MWth, fonctionnant dans les conditions définies ci-dessus, on peut préciser l'ordre de grandeur de la variation du rendement global lorsque varie la part de la vapeur et indiquer la puissance brute électrique correspondant à différents débits de vapeur (tableau ci-contre et graphique 2 ci-après).

Lorsque l'on ne produit que de l'électricité, le rendement global est de 0,32 (il pourrait être de 0,36 ou de 0,38 avec des moyens de production classiques). On perd les deux tiers de la chaleur (d'où "pollution thermique" des cours d'eau ou nécessité de construire des tours de réfrigération). Lorsque la centrale ne produit que de la vapeur (on parle alors de centrale "calogène") le rendement global est pratiquement égal à un (cf graphique 1).

GRAPHIQUE 1: variation du rendement global ρ en fonction du rapport: $\frac{\text{vapeur}}{\text{puissance totale}}$



GRAPHIQUE 2: équilibre vapeur électricité pour une puissance équivalente de 1000 MW th



Les deux premières colonnes du tableau ci-avant permettent de voir quelques possibilités de répartition de la puissance totale de la centrale (1 000 MWth) entre vapeur et électricité, par exemple :

- 0 t/h et 320 MWe (centrale entièrement électrogène)
- 200 t/h et 270 MWe
- 600 t/h et 170 MWe
- 1 000 t/h et 70 MWe
- 1 320 t/h et 0 MWe (centrale uniquement calogène).

ANNEXE 2

Estimation des besoins en vapeur par pays et par secteur en 1972

(en millions de tonnes)

Pays	CHIMIE	AUTRES INDUSTRIES						total général	
		I. A. A.	textile	papier	construct. automobile	caoutchouc	bois		
R. F. A.	56	32	15,5	22	3,8	3,3	3,6	80	136,2
France	42	31	16,5	18	3,3	3,5	2,1	75	116,4
Italie	57	21	17,2	13,5	1,8	2,1	1,4	57	114,0
Pays Bas	22	15	3,4	5	0,1	0,3	0,2	24	46,0
Belgique	10	6	2,1	3,3	0,3	0,3	1,1	13	23,1
Luxembourg		0,2	-	-	-	0,2	-	0,4	0,4
G. Bretagne	41	18	13,5	15	2,3	3,5	0,3	53	93,6
Irlande		3	0,6	0,3	-	0,2	0,1	4,2	4,2
Danemark		4	0,3	0,8	-	0	0,2	5,3	5,3
Europe 9	228	130,2	69,1	77,9	11,6	13,4	9,0	311	539
Europe 6	189	105,2	54,7	61,8	9,3	9,7	8,4	247	436

ANNEXE 3

Hypothèses d'évolution des besoins de vapeur de la chimie

Pays	indice 1990 à base 1972 = 100	besoins annuels en millions de tonnes		puissance nécessaire pour satisfaire ses besoins (en tonnes par heure)	
		1972	1990	1972	1990
RFA	183	56	103	7 500	13 700
France	207	42	87	5 600	11 600
Italie	190	57	108	7 600	14 400
Nederland	214	22	47	2 900	6 300
Belgique	218	10	21	1 300	2 800
G. Bretagne	215	41	88	5 500	11 700
Total		228	454	30 400	60 500

ANNEXE 4

Hypothèses moyennes d'évolution des besoins de vapeur des autres industries

Pays	indice 1990 à base 1972 = 100	besoins annuels en millions de tonnes		puissance nécessaire pour satisfaire ses besoins (en tonnes par heure)	
		1972	1990	1972	1990
RFA	170	80	136	16 000	27 200
France	179	75	135	15 000	27 000
Italie	198	57	113	11 400	22 600
Nederland	171	24	41	4 800	8 200
Belgique	208	13	27	2 600	5 400
Luxembourg	150	0,4	1	80	200
G. Bretagne	159	53	85	10 600	17 000
Irlande	199	4,2	9	840	1 800
Danemark	199	5,3	11	1 060	2 200
Total	-	312	558	62 300	111 600

ANNEXE 5

Evolution du marché potentiel maximal de la vapeur d'origine nucléaire en 1990 (en tonnes par heure)

Pays	Chimie		Autres industries		Total	
	hypothèse m	hypothèse M	hypothèse m	hypothèse M	hypothèse m	hypothèse M
RFA	5 000	9 600	2 500	4 400	7 500	14 000
France	4 100	6 100	1 700	2 800	5 800	8 900
Italie	4 400	7 000	1 400	2 300	5 800	9 300
Nederland	2 100	3 100	1 000	1 900	3 100	5 000
Belgique	1 100	1 700	600	1 000	1 700	2 700
Luxembourg	-	-	(30)	(40)	(30)	(40)
G. Bretagne	4 200	6 200	1 300	2 500	5 500	8 700
Irlande	-	-	200	300	200	300
Danemark	-	-	300	400	300	400
Total	20 900	33 700	9 000	15 600	29 900	49 300

ANNEXE 6 - Liste des villes susceptibles d'être équipées de chauffage urbain d'origine nucléaire

Pays	VILLES	Puissance calorifique en 1973 en G cal/h	Hypothèse Basse			Hypothèse Haute		
			1980	1985	1990	1980	1985	1990
R.F.A.	Hambourg	2 698	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
	Berlin	1 398	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
	München	1 256	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
	Essen	494			X	X	(X)	(X)
	Kiel	445				X	(X)	(X)
	Mannheim	433					X	(X)
	Dortmund	380					X	(X)
	Francfort	377					X	(X)
	Köln	371					X	(X)
	Stuttgart	344					X	(X)
	Hannover	330					X	(X)
	Gelsenkirchen	322					X	(X)
	Düsseldorf	264					X	(X)
	Nürnberg	244						X
	Wuppertal	210						X
	Bremen	200						X
	Duisburg	200						X
	TOTAL	9 905 (62%)(1)	3	3	4	5	13	17

(1) On a indiqué entre parenthèses le pourcentage des puissances des villes retenues par rapport à la puissance totale du pays.

ANNEXE . 6 - Liste des villes susceptibles d'être équipées de chauffage urbain
d'origine nucléaire (Suite)

Pays	VILLES	Puissance calorifique en 1973 en G cal/h	Hypothèse basse			Hypothèse haute		
			1980	1985	1990	1980	1985	1990
France	Paris Grenoble	1970 400	X	(X)	(X)	(X)	(X) X	(X) (X)
	Total	(1) 2370 (18%)	1	1	1	1	2	2
Pays-Bas	Utrecht Rotterdam	390 245					X (X) X	
	Total	635 (89%)	0	0	0	0	1	2
Danemark	Copenhague	1180	X	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
	Total	1180 (20%)	1	1	1	1	1	1
Total de la CE		14090 (41%)	5	5	6	7	17	22

(1)

On a indiqué entre parenthèses le pourcentage des puissances des villes retenues par rapport à la puissance totale du pays

ANNEXE 7

COMPARAISON MACRO-ECONOMIQUE DES STRATEGIES "PETROLE" ET "NUCLEAIRE"

1. INTRODUCTION

On s'est attaché dans cette partie de l'étude à estimer les conséquences économiques, au niveau de chaque pays, de la réalisation de centrales mixtes nucléaires pour couvrir une partie des besoins énergétiques de l'industrie et du chauffage urbain.

Parmi l'ensemble des facteurs significatifs, on a retenu plus particulièrement pour l'analyse deux d'entre eux .

Il s'agit des économies de combustible d'une part, des suppléments d'investissements d'autre part :

- a) La production de vapeur à partir de centrales nucléaires entraînera en effet une économie de combustibles classiques. Il s'agit, en proportions différentes selon les pays, de combustibles solides (charbon), gazeux ou liquides (fuel). Les économies de fuel sont particulièrement intéressantes : elles permettent de diminuer les importations de pétrole brut et d'améliorer ainsi les balances des paiements.
- b) En contrepartie, la construction de centrales mixtes nucléaires conduira à des charges financières d'investissement plus importantes. On cherchera à chiffrer les suppléments d'investissements entraînés par la solution "nucléaire" et à les comparer aux principaux indicateurs de la Comptabilité Nationale (Produit National Brut, formation brute de capital fixe).

2. LES ECONOMIES DE COMBUSTIBLES CLASSIQUES

C'est seulement pour la production de vapeur que les centrales nucléaires mixtes peuvent apporter des économies de combustibles classiques.

Il est vraisemblable de supposer en effet pour simplifier, compte tenu de l'importance des programmes nucléaires nationaux, que l'électricité des centrales mixtes nucléaires autonomes serait de toutes façons produite par des centrales nucléaires appartenant aux producteurs d'électricité institutionnels.

Economies annuelles de combustibles classiques (en 1990)

Pays	Equivalent en millions de tec		part du fuel (hypoth.)	estim. économies de fuel ou de pétrole brut en Mt *		Effet sur la balance des paiements (1)							
	m	M		A	B	minimum (2)	maximum (3)	en M. de F. F.		en M de \$		en M d'EUR	
								m	M	m	M	m	M
RFA	7,8	19,6	45% 75%	75%		2,4	10,3	785	3368	197	845	150	645
France	4,7	8,1	60% 84%	84%		2,0	4,8	654	1570	164	394	125	300
Italie	4,4	7,1	82% 94%	94%		2,4	4,7	785	1537	205	385	150	294
Pays-Bas	2,3	4,8	8% 30%	30%		0,1	1,0	33	330	8	82	6	63
Belgique	1,2	2,0	33% 83%	83%		0,3	1,2	98	392	25	98	19	75
G. B.	4,2	6,6	70% 92%	92%		2,1	4,3	687	1406	172	352	131	269
Irlande	0,1	0,2	50% 75%	75%		0,1	0,1	33	33	8	8	6	6
Danemark	0,6	1,3	50% 75%	75%		0,2	0,7	65	229	16	57	12	44
Total	25,3	49,7	54% 82%	82%		9,6	27,1	3140	8862	795	2222	600	1700

(1) Sur la base du cours de mai 1975 de 82 \$ la tonne. En utilisant le dernier cours (5.6.75) de l'unité de compte européenne (1 EUR = 5,2260 FF = 1,30646 \$, la tonne de pétrole brut est estimée à 62,6 EUR ou 327 FF.

(2) Obtenu en combinant les hypothèses m et A

(3) Obtenu en combinant les hypothèses M et B

* sur la base de 1 tonne de pétrole = 1,43 tec

Pour apprécier les économies de combustibles classiques, on a estimé la quantité de combustibles (en t.e.c.) qu'il aurait fallu utiliser pour produire la vapeur correspondant au marché potentiel des centrales mixtes. On peut ainsi estimer la quantité de vapeur qui serait produite par les centrales mixtes nucléaires au lieu de l'être par des centrales classiques. On obtient, selon les hypothèses retenues, 228 à 446 millions de tonnes de vapeur pour les neuf pays de la C.E. en 1990, dont :

- 157 à 253 Mt pour la chimie (1),
- 45 à 78 Mt pour les autres industries (1),
- 26 à 115 Mt pour le chauffage urbain (2).

Dans le tableau ci-contre, on a converti cette quantité de vapeur en combustibles classiques, en millions de t.e.c., sur la base de 1 t.e.c. pour 9 tonnes de vapeur (3).

Mais il faut tenir compte du fait que, dans la couverture des besoins par une solution classique, seule une partie de la vapeur est produite à partir de fuel.

On a retenu deux hypothèses (A et B) sur ce que pourrait être cette part :

- l'hypothèse A (minimum) repose sur la prolongation de l'évolution retracée par les données statistiques de l'OSCE (1960-1971) et du CEFIC (pour la chimie, de 1960 à 1973),
- l'hypothèse B (maximum) suppose que l'économie de gaz ou de charbon entraînée par la production de vapeur d'origine nucléaire implique indirectement une économie supplémentaire de fuel, ces combustibles se substituant pour partie (4) à du fuel consommé dans d'autres secteurs.

Au niveau de l'Europe des neuf, l'économie de fuel porterait sur 54 % (hypothèse A) à 82 % (hypothèse B) de l'ensemble des combustibles classiques économisés par la vapeur d'origine nucléaire.

Pour les 9 pays de la C.E., les économies sont les suivantes :

- équivalent t.e.c. 25 à 50 M de tonnes
- part réelle (estimée) du fuel 10 à 27 M de tonnes. (3)

(1) Obtenu sur la base d'une durée moyenne annuelle d'utilisation de la puissance maximale de 7 500 heures pour la chimie et de 5 000 heures pour les autres industries.

(2) A raison de 3,3 millions de tonnes de vapeur par centrale correspondant, par exemple, à un débit de 1 320 t/h pendant une durée de 2 500 heures annuelles.

(3) Si on suppose que tous les combustibles classiques économisés entraînent une diminution des importations de produits pétroliers (100 % au lieu de 54 à 82 %) la diminution annuelle peut atteindre 33 millions de tonnes de pétrole.

En fait, le problème se situe au niveau du pétrole brut, normalement importé, et non au niveau du fuel, produit issu du raffinage. On supposera que l'économie d'une tonne de fuel entraînera l'économie d'une tonne de pétrole brut. Cela implique une modification des raffineries (installation d'unités "de conversion") pour produire une plus grande proportion de produits légers. Il s'agit en fait d'une évolution inéluctable compte tenu des bouleversements qu'entraînera le développement de la production d'électricité d'origine nucléaire.

En avenir incertain, il est difficile de préciser ce que pourrait être le prix du pétrole en 1990. Différents scénarios pourraient être envisagés prenant en considération en particulier des éléments de nature politique. A titre indicatif, et pour donner des ordres de grandeur de l'incidence des économies de pétrole brut sur les balances des paiements de chaque pays en 1990, on s'est contenté d'appliquer le taux actuel (mai 1975) de 82 dollars la tonne.

Les économies annuelles pour les neuf pays de la C.E. seraient alors de 600 à 1 700 millions d'EUR (soit 3,1 à 8,9 milliards de francs français actuels ou 800 à 2 200 millions de \$ actuels).

Il est intéressant de comparer l'ordre de grandeur :

- des économies de combustibles classiques et, en particulier, de pétrole brut que pourrait entraîner l'utilisation des centrales mixtes nucléaires en 1990,
- et des consommations actuelles (1972) de fuel lourd (1) et de pétrole brut.

En ne retenant que l'estimation maximum des économies potentielles, on a calculé la part des économies de pétrole (en 1990) par rapport à la consommation de pétrole brut (en 1972) : cette part est de l'ordre de 5 % (9,2 % pour la RFA).

3. COUT DES CENTRALES MIXTES NUCLEAIRES : supplément d'investissement par rapport à des solutions classiques

3. 1. Présentation

L'évaluation du coût de production d'énergie dans une centrale mixte nucléaire dépend d'un certain nombre d'éléments dont les plus significatifs sont :

(1) la consommation industrielle étant environ la moitié de la consommation totale de fuel lourd.

- les charges financières annuelles correspondant aux investissements nucléaires,
- les charges d'exploitation comprenant, en particulier, le coût du combustible nucléaire,
- les charges correspondant à la fourniture de l'énergie de secours (vapeur et électricité).

Dans la comparaison macro-économique ci-après, on a estimé des ordres de grandeur des suppléments d'investissements entraînés par la construction des centrales mixtes nucléaires. Ont été comparés :

- le coût d'investissement pour la construction de centrales mixtes nucléaires,
- et le coût d'investissement d'une "solution de référence" dans laquelle la vapeur est produite par des équipements classiques non nucléaires.

Il aurait été souhaitable de pouvoir prendre en compte le coût des combustibles nucléaires ; mais en fait, il n'a pas été possible de disposer d'informations précises sur ce point.

Enfin on n'a pas tenu compte de certaines charges qui sont du même ordre de grandeur dans les solutions classiques ou nucléaires (charges d'exploitation, coût du secours), ni des "coûts sociaux" (les nuisances notamment), propres à la solution nucléaire, difficiles à estimer et qui doivent en tout état de cause être rapprochés des avantages retirés par la collectivité (impact économique, revenus, etc ...).

3.2. Montant unitaire des investissements pour la construction des centrales mixtes nucléaires

On a envisagé, pour l'estimation du montant de l'investissement d'une centrale mixte nucléaire de 1 000 MWth, deux hypothèses de coûts :

- l'une, minimum, qui correspondrait à une production des matériels en grande série, à une durée de construction et à une situation des réglementations et normes de sûreté comparables à celles des réalisations actuelles de centrales à eau légère ;
- l'autre, maximum, tenant compte d'un effet de série moins important, d'une augmentation des temps de construction et d'un renforcement des réglementations et normes de sûreté.

On obtient pour chacune de ces hypothèses et dans les conditions économiques du premier trimestre de 1975 une estimation de l'investissement d'une centrale mixte de 1 000 MWth (comprenant l'ensemble des frais d'études, de construction, d'essais et de mise en service) comprise entre 700 et 1 000 millions de francs français actuels.

Les charges financières annuelles sont comprises entre 114 et 170 millions de francs français. Ces charges tiennent compte des intérêts intercalaires pendant la construction, du coût de la première charge de combustible nucléaire qui est considérée comme un investissement et d'un remboursement du capital en 20 ans, avec un taux d'intérêt de 10 %.

3.3. Montant unitaire des investissements des "solutions de référence"

On a, pour fixer les idées, retenu deux solutions de référence : la solution 1 dans laquelle l'électricité et la vapeur sont produites (séparément) avec des combustibles classiques et la solution 2 dans laquelle la vapeur est produite au moyen de chaudières classiques mais l'électricité au moyen de centrales nucléaires entièrement électrogènes.

Le montant de l'investissement unitaire (1) est donné ci-dessous (en millions de francs français) :

	Solution 1 électricité et vapeur classiques	Solution 2 électricité nucléaire et vapeur classique
Partie électricité	150	255
Partie vapeur	98	98
Total	248	353
Total avec intérêts intercalaires	307	437
Charges financières annuelles (2)	36	52

(1) C'est-à-dire pour les 150 MWe d'électricité et les 700 t/h de vapeur correspondant à une centrale mixte de 1 000 MWth.

(2) Sur la base d'un remboursement du capital en 20 ans avec un taux d'intérêt de 10 %.

- Estimation du supplément d'annuité d'investissement entraîné,
en 1990, par la construction de centrales mixtes nucléaires
(en MF)

Pays	Nombre de centrales en 1990		Supplément d'annuité d'investissement global		Rappel : économies de devises (chiffres arrondis)	
	m	M	Min. (1)	Max. (2)	Min.	Max.
RFA	16	45	990	6030	780	3400
France	9	17	550	2280	650	1570
Italie	8	13	500	1740	780	1540
Pays-Bas	4	10	250	1340	30	330
Belgique	3	4	180	540	100	400
Grande-Bretagne	7	13	430	1740	700	1400
Irlande	0	1	-	130	30	30
Danemark	1	4	60	540	60	230
Total	48	107	3000	14400	3100	8900

(1) avec le nombre minimum de centrales et sur la base d'un supplément de 62 MF par centrale
(2) avec le nombre maximum de centrales et sur la base d'un supplément de 134 MF par centrale

En fait, pour le calcul, on est conduit à prendre en compte des ratios de coût par MWe installé en classique ou en nucléaire, ou par t/h de vapeur d'origine classique (1) puis à les appliquer à une solution de référence équivalente en puissance à la centrale mixte nucléaire (1 000 MWth correspondant à 150 MWe et 700 t/h de vapeur).

On peut ainsi procéder ensuite à des comparaisons entre les solutions de référence et la solution mixte nucléaire.

3.4. Comparaison unitaire des deux solutions

Les coûts d'investissements et les charges financières annuelles sont plus élevées dans la solution "centrale mixte nucléaire" (hypothèses de coût minimum et maximum) que dans la solution de référence (solutions 1 et 2). On a calculé les écarts extrêmes possibles entre le coût des centrales mixtes nucléaires et celui des solutions de référence.

Pour l'investissement, l'écart minimum est de 260 MF et l'écart maximum de 690 MF.

Pour l'annuité :

- l'écart minimum est de 62 MF : entre l'annuité minimum de centrale mixte nucléaire (114 MF) et l'annuité de la solution de référence 2 (52 MF),
- l'écart maximum est de 134 MF : entre l'annuité maximum de centrale mixte nucléaire (170 MF) et l'annuité de la solution de référence 1 (36 MF).

3.5. Comparaison globale

On a calculé dans le tableau ci-contre les limites extrêmes de suppléments d'annuité d'investissement. Il s'agit d'une donnée annuelle, donc comparable aux économies annuelles de fuel importé (rappelées à droite du tableau).

Pour l'Europe des Neuf, on aboutit à un supplément d'annuité compris entre 3 et 14,4 milliards de francs français actuels (les économies annuelles de devises étant comprises entre 3,1 et 8,9 milliards).

(1) Ces ratios ressortent de l'analyse des coûts d'unités de 700 ou 1 000 MWe et de tranches de 200 t/h de vapeur.

3.6. Comparaison avec les indicateurs de comptabilité nationale

Afin de replacer les charges globales définies ci-dessus dans le cadre économique général, ces valeurs ont été comparées à un certain nombre d'indicateurs de comptabilités nationales, à savoir :

- Produit National Brut (PNB)
- Formation Brute de Capital Fixe (FBCF).

On a calculé les pourcentages des charges financières annuelles moyennes (1) en 1990 correspondant à la construction des centrales mixtes nucléaires, par rapport aux indicateurs variables pour l'année 1972.

Il apparaît que pour l'ensemble de l'Europe des Neuf la charge financière annuelle en 1990 représente environ 4 % du PNB de 1972 et 16 % de la FBCF de 1972 (2).

(1) correspondant à la moyenne des coûts unitaires étudiés précédemment.
(2) la charge financière annuelle en 1990 représenterait 2 % du PNB de 1990 et 8 % de la FBCF de 1990 si le PNB et la FBCF doublaient entre 1972 et 1990 (taux moyen annuel de croissance de 4 %).

ÉTUDES

parues à ce jour dans la série «Industrie»⁽¹⁾:

8240 – n° 1

L'industrie électronique des pays de la Communauté et les investissements américains

1969, 168 p. (f, d, i, n) FF 18,-; FB 180,-

8241 – n° 2

La recherche et le développement en électronique dans les pays de la Communauté et les principaux pays tiers

1969, 375 p. (f, d, i, n) FF 33,30; FB 300,-

8279 – n° 3

Répercussions du Marché commun dans le secteur des biens de consommation électrotechniques

1970, 38 p. (f, d, i, n) FF 9,-; FB 80,-

8284 – n° 4 (en préparation)

8287 – n° 5

L'industrie et le marché communautaire des pâtes de bois à papier

1970, 43 p. (f, d, i, n) FF 16,70; FB 150,-

8332 – n° 6

Systèmes à grande puissance de traitement automatique de l'information. Besoins et applications dans la Communauté européenne et au Royaume-Uni vers les années soixante-dix

1971, 60 p. (f, d, i, n, e) FF 11,50; FB 100,-

8439 – n° 7

Enquête sur le développement du software (Rapport de synthèse)

1973, 21 p. (f, d, i, n, e) FF 11,50; FB 100,-

⁽¹⁾ Les signes abréviatifs f, d, i, n et e indiquent les langues dans lesquelles les textes ont été publiés (français, allemand, italien, néerlandais et anglais).

Bureaux de vente

Belgique – België

Moniteur belge – Belgisch Staatsblad
Rue de Louvain 40-42 –
Leuvenseweg 40-42
1000 Bruxelles – 1000 Brussel
Tél. 5120026
CCP 000-2005502-27 –
Postrekening 000-2005502-27

Sous-dépôt – Agentschap:
Librairie européenne –
Europese Boekhandel
Rue de la Loi 244 – Wetstraat 244
1040 Bruxelles – 1040 Brussel

Danmark

J.H. Schultz – Boghandel
Møntergade 19
1116 København K
Girokonto 1195
Tel. 141195

Deutschland (BR)

Verlag Bundesanzeiger
5 Köln 1 – Breite Straße –
Postfach 108006
Tel. (0221) 210348
(Fernschreiber: Anzeiger Bonn
08882595)
Postscheckkonto 83400 Köln

France

Service de vente en France des publications des Communautés européennes
Journal officiel
26, rue Desaix
75732 Paris – Cedex 15
Tél. (1) 5786139 – CCP Paris 23-96

Ireland

Stationery Office
Beggar's Bush
Dublin 4
Tel 688433

Italia

Libreria dello Stato
Piazza G. Verdi 10
00198 Roma – Tel. (6) 8508
CCP 1/2640
Telex 62008
Agenzie:
00187 Roma - Via XX Settembre
(Palazzo Ministero
del Tesoro)
20121 Milano - Galleria
Vittorio Emanuele
3 – Tel. 806406

Grand-Duché de Luxembourg

Office des publications officielles des Communautés européennes
5, rue du Commerce
Boîte postale 1003 – Luxembourg
Tél. 490081 – CCP 191-90
Compte courant bancaire:
BIL 8-109/6003/300

Nederland

Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf
Christoffel Plantijnstraat,
's-Gravenhage
Tel. (070) 814511
Postgiro 425300

United Kingdom

H.M. Stationery Office
P.O. Box 569
London SE 1 9NH
Tel. 01-9286977, ext. 365

United States of America

European Community Information Service
2100 M Street, N.W.
Suite 707
Washington, D.C. 20037
Tel. 2965131

Schweiz – Suisse – Svizzera

Librairie Payot
6, rue Grenus
1211 Genève
Tél. 318950
CCP 12-236 Genève

Sverige

Librairie C.E. Fritze
2. Fredsgatan
Stockholm 16
Post Giro 193, Bank Giro 73/4015

España

Libreria Mundi-Prensa
Castelló 37
Madrid 1
Tel. 2754655

Autres pays

Office des publications officielles des Communautés européennes
5, rue du Commerce
Boîte postale 1003 – Luxembourg
Tél. 490081 – CCP 191-90
Compte courant bancaire:
BIL 8-109/6003/300

CBNP75008FRC

FB 135,- Dkr 21,25 DM 9,20 FF 16,30 Lit. 2450 Fl. 9,30 £ 3.90 **8608**

OFFICE DES PUBLICATIONS OFFICIELLES DES COMMUNAUTES EUROPEENNES
Boîte postale 1003 — Luxembourg **7041**