

AVERTISSEMENT

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.

Ce rapport est vendu dans les bureaux de vente indiqués en 4^e page de couverture

au prix de FB 60,-

**Commission des
Communautés européennes**
D.G. XIII - C.I.D.
29, rue Aldringen
L u x e m b o u r g
Mai 1973

Le présent document a été reproduit à partir de la meilleure copie disponible.

EUR 4922 f

COMMISSION DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

CENTRALE NUCLEAIRE DES ARDENNES

Rapport annuel 1971

1973



**Rapport établi par la Société d' Energie Nucléaire Franco-Belge des Ardennes
(S.E.N.A.)**

Contrat de participation N° 001-62-7 REPC

RÉSUMÉ

La centrale nucléaire des Ardennes a poursuivi, en janvier 1971 son fonctionnement antérieur à la puissance nominale de 825 MW thermiques à laquelle correspond une puissance électrique nette de 245 MW.

Après avoir obtenu un avis favorable de la CSIA (Comité de Sûreté des Installations Atomiques), à la fin du mois de janvier 1971 et avec l'accord du groupement constructeur AFW, le niveau de puissance de la centrale est porté le 3 février à 905 MW thermiques soit 270 MWe nets.

Mis à part les 2 mois d'arrêt nécessités par le rechargement d'un tiers de cœur et par une nouvelle vérification des réparations effectuées en 1968 et 1969, ce niveau de puissance est maintenu pendant toute l'année avec un excellent coefficient de disponibilité. Des modifications entreprises au cours de l'arrêt de l'été pour améliorer la fiabilité de certaines sécurités du réacteur ont nécessité, après redémarrage, quelques mises au point. Leur effet bénéfique sur la fiabilité de l'installation s'est fait sentir en fin d'année.

MOTS-CLES

ARDENNES REACTOR
REACTOR OPERATION
AVAILABILITY
REACTOR MAINTENANCE
PERFORMANCE

CENTRALE NUCLEAIRE DES ARDENNES

RAPPORT ANNUEL 1971

Conformément au contrat signé le 23 juillet 1962 entre la Commission de l'Euratom, d'une part, et la Société d'Energie Nucléaire Franco-Belge des Ardennes, d'autre part, nous avons l'honneur de vous présenter ci-après notre rapport annuel couvrant l'année 1971.

Ainsi que prévu dans le contrat précité, le présent rapport résume les conditions et résultats d'exploitation de la centrale nucléaire des Ardennes durant l'année 1971 ainsi que les faits, études et travaux essentiels qui s'y rapportent.

Ce document comporte les chapitres suivants :

I - GENERALITES

1. Introduction
2. Principaux événements
3. Bilan de l'arrêt de tranche

II - EXPLOITATION

1. Statistiques générales
2. Disponibilité
3. Utilisation
4. Principales avaries de matériel
5. Séparation du réseau sur incidents
6. Combustible nucléaire
7. Modifications du matériel

III - PERSONNEL

1. Personnel
2. Radioprotection

IV - CONTROLES - ESSAIS - ETUDES

1. Rejets d'effluents
2. Essais et contrôles
3. Etudes
4. Relevés

V - DONNEES ECONOMIQUES

I - GENERALITES

I.1. INTRODUCTION

Le centrale nucléaire des Ardennes a poursuivi, en janvier 1971 son fonctionnement antérieur à la puissance nominale de 825 MW thermiques à laquelle correspond une puissance électrique nette de 245 MW.

Après avoir obtenu un avis favorable de la CSIA (Comité de Sécurité des Installations Atomiques), à la fin du mois de janvier 1971 et avec l'accord du groupement constructeur AFW, le niveau de puissance de la centrale est porté le 3 février à 905 MW thermiques soit 270 MWe nets.

Mis à part les 2 mois d'arrêt nécessités par le rechargement d'un tiers de coeur et par une nouvelle vérification des réparations effectuées en 1968 et 1969, ce niveau de puissance est maintenu pendant toute l'année avec un excellent coefficient de disponibilité. Des modifications entreprises au cours de l'arrêt de l'été pour améliorer la fiabilité de certaines sécurités du réacteur ont nécessité, après redémarrage, quelques mises au point. Leur effet bénéfique sur la fiabilité de l'installation s'est fait sentir en fin d'année.

PRINCIPAUX EVENEMENTS AYANT MARQUE L'ANNEE 1971

- 3 février : Fonctionnement à 905 MWth. La puissance continue nette (PCN) est portée à 270 MW avec effet du 1er janvier 1971.
905 MW correspondent à la puissance contractuelle maximale du réacteur.

- 3 juin : Déclenchement de la tranche provoqué par un orage. Ce déclenchement met fin à une période de 43 jours de marche continue.

- 13 juin : Arrêt de la centrale pour :
 - rechargement d'un 1/3 de coeur
 - inspection des structures internes du réacteur
 - révision générale des équipements primaires et secondaires.La durée prévue de l'arrêt est de 2 mois.

- 15 août : Redivergence suivie des essais nucléaires à puissance nulle.

- 18 août : Recouplage de la tranche - montée en puissance.

- 20 août : Signature de la réception définitive avec effet du 18 juillet 1971.

- 25 août : La puissance de 905 MWth est à nouveau atteinte, les mesures effectuées sur le coeur n'ayant décelé aucune anomalie dans le repositionnement du combustible et étant en parfaite conformité avec les résultats de calculs.

I.3. BILAN DE L'ARRET DE TRANCHE

La centrale est arrêtée du 13 juin au 20 août 1971

- pour déchargement d'un 1/3 de coeur
- pour examen des structures internes du réacteur, ces examens étant destinés à confirmer la validité des réparations effectuées à la suite de l'incident de 1968.

Cet arrêt de longue durée est mis à profit pour faire une visite systématique des principaux matériels de la centrale : groupe turbo-alternateur, condenseur, poste d'eau, pompes etc.... et pour effectuer quelques modifications d'automatisme et de chaînes de sécurité.

A part quelques défauts mineurs rencontrés sur certains matériels, l'ensemble du matériel inspecté, tant nucléaire que classique, est trouvé en parfait état et ne présente aucune anomalie susceptible d'entraîner dans un avenir proche sa défaillance.

Toutes ces interventions sont réalisées dans le délai minimum prévu grâce à un certain nombre d'éléments favorables :

- Aucune intervention majeure n'est nécessaire sur le matériel visité
- Les différents constructeurs ont fait preuve d'un esprit de collaboration très marqué aussi bien pour la préparation de l'arrêt de tranche que pour la réalisation des travaux.
- L'utilisation d'un planning à la fois souple et détaillé a permis de gagner du temps (ou tout au moins de ne pas en perdre) en particulier pour toutes les opérations effectuées en caverne du réacteur où les moyens de maintenance sont limités.

- Un conditionnement méticuleux de l'eau du circuit primaire préalablement à l'ouverture des circuits a permis d'obtenir, dès l'enlèvement du couvercle du réacteur, une eau parfaitement limpide permettant d'intervenir immédiatement.
- Une bonne partie des agents d'entreprises qui ont participé aux travaux de réparation après l'accident de 1968 ont pu être récupérés. Leur concours a été particulièrement précieux pour l'examen des pièces internes.

I - EXPLOITATION

II.1. STATISTIQUES D'EXPLOITATION

Sous l'aspect statistique, l'exploitation de la centrale nucléaire des Ardennes durant l'année 1971 peut se résumer comme suit :

	en 1971	Cumulé au 31.12.1971
<u>Réacteur nucléaire</u>		
Nombre d'heures de criticité	7.131	18.492
Nombre d'heures de marche équivalente à la pleine puissance	6.777	13.910
Energie thermique produite (MWJ)	255.500	524.500
Epuisement moyen du combustible (MWJ/t)	6.900	
<u>Groupe turbo-alternateur</u>		
Nombre d'heures de marche productive	6.905	15.741
Puissance nette pendant la marche (MW)	{ maxi. : 275 { moyenne: 265	{ - { -
<u>Energie électrique</u>		
Production brute (MWh)	1.930.000	3.887.000
Services auxiliaires et pertes (MWh)	101.100	
Production nette (MWh)	1.829.000	3.620.000

On trouvera ci-après un tableau qui détaille ces indications générales ainsi que les graphiques :

- du diagramme de puissance au cours de l'année (fig. 1)
- de la production nette cumulée de l'année (fig. 2)
- de la production nette cumulée depuis le premier couplage de la centrale (fig. 3)

HISTORIQUE ABREGE

ANNÉE 1971

1 - DIAGRAMME DES PUISSANCES

PUISSANCE NETTE NOMINALE 270 MW

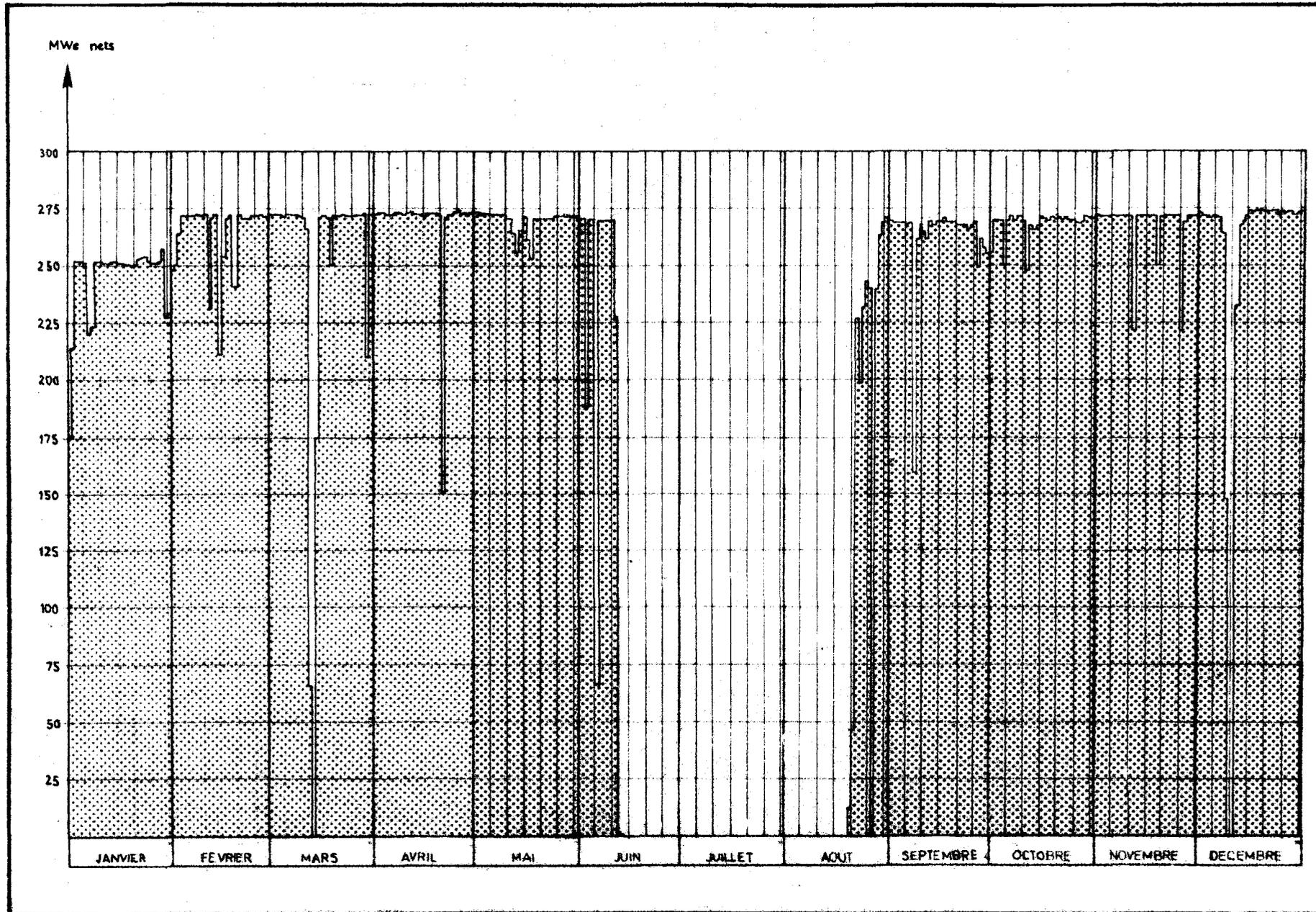
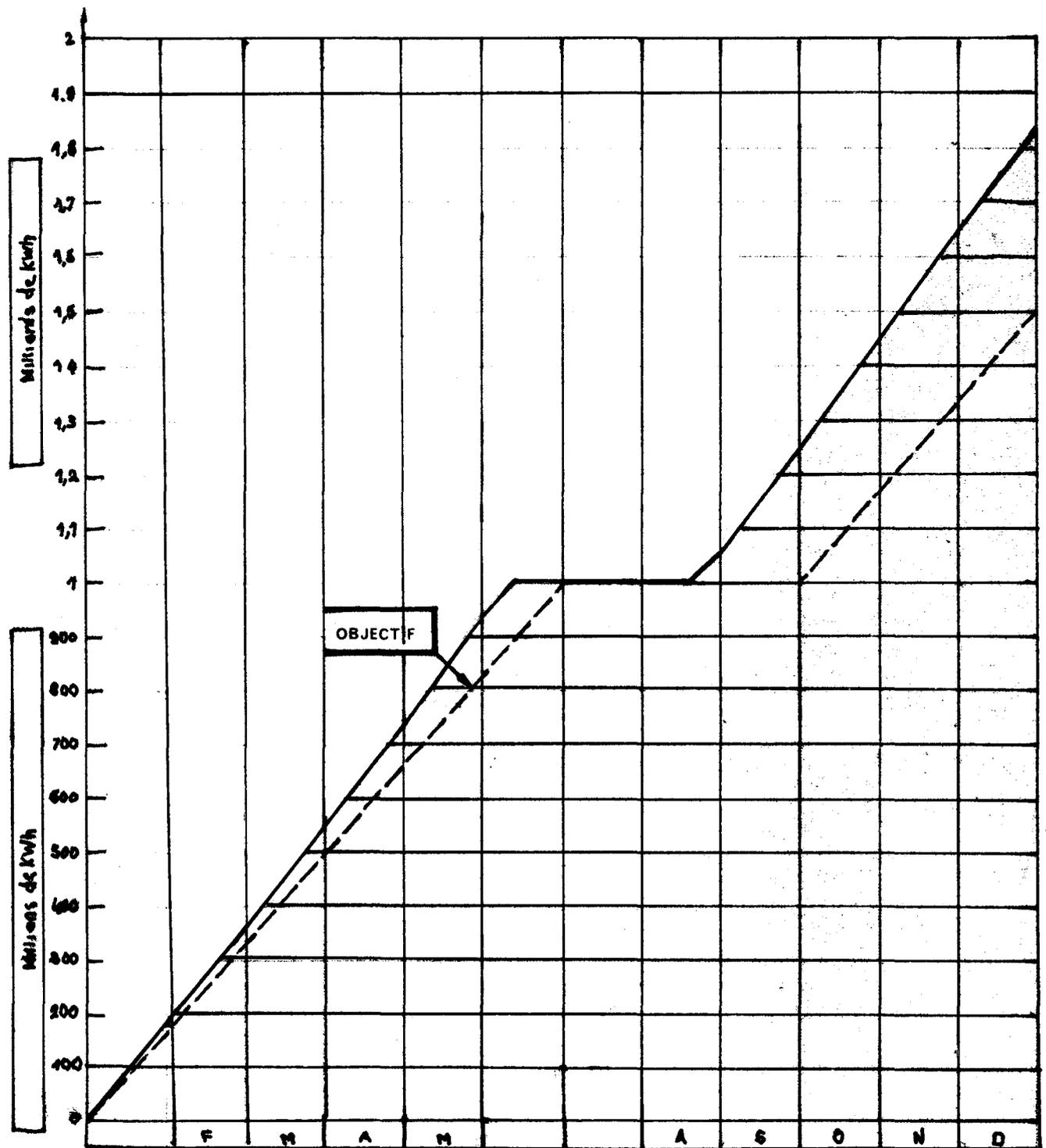


Figure 1

CENTRALE NUCLEAIRE
DES ARDENNES

Fig. 2

PRODUCTION NETTE CUMULEE DE L' ANNEE 1971



PRODUCTION NETTE CUMULEE

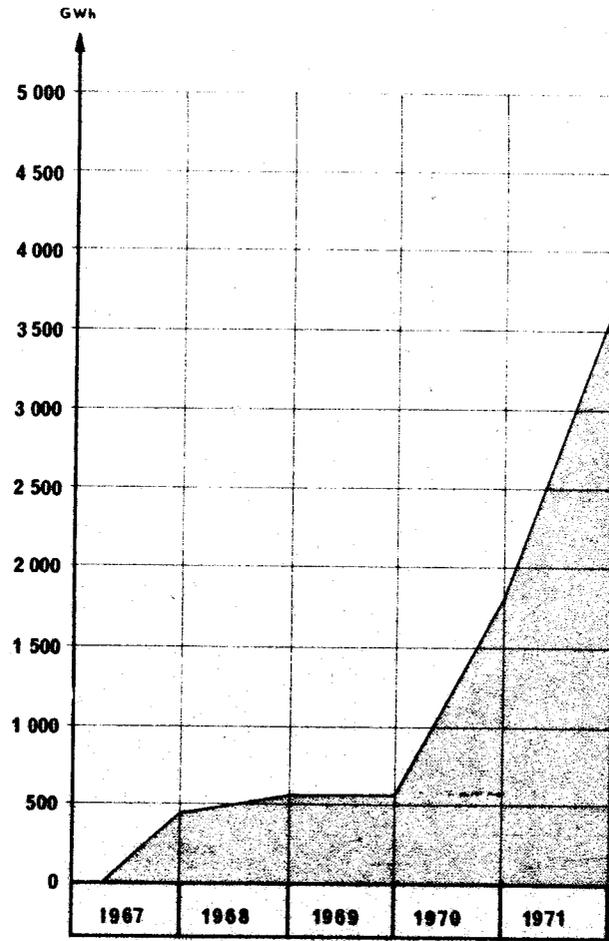
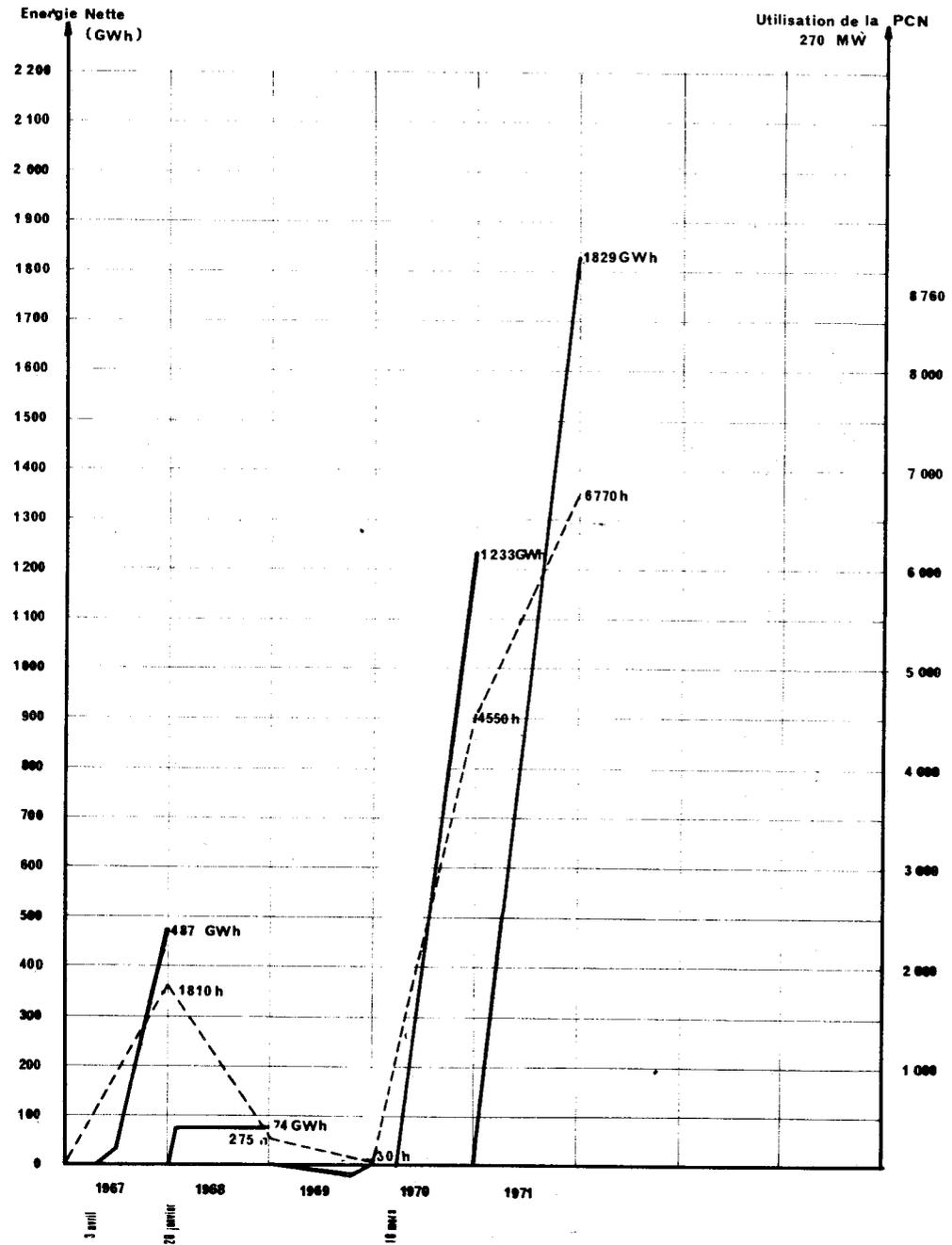


Fig. 3

EVOLUTION DE LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE ANNUELLE NETTE ET DUREE D'UTILISATION DE LA PCN (270MW) DE LA CENTRALE



- de l'évolution de la production depuis le 1er couplage (fig. 4).

11.2. DISPONIBILITE

L'évaluation de la disponibilité de la centrale en 1971 peut être déterminée de diverses façons qui sont successivement exposées ci-dessous.

A. DISPONIBILITE EN FONCTION DES HEURES DE MARCHE

On relève en 1971

- 6905 heures de marche
- 1655 heures d'arrêt programmé (essais - rechargement)
- 200 heures d'arrêt entraînés par une défaillance matérielle dont :
 - 150 heures imputables à des travaux
 - 50 heures imputables à des incidents (y compris la durée du redémarrage des installations avant couplage).

Ceci se traduit, en valeur relative, de la manière suivante :

	Sur l'année complète	Sur la période de marche 1.1. au 13.6. et 20.8. au 31.12.71
Fonctionnement de la centrale	78,8 %	97 %
Indisponibilités	21,2 %	3 %
Soit arrêts programmés	18,9 %	2,7 %
imprévus	2,3 %	0,3 %

B. DISPONIBILITE EN FONCTION DE L'ENERGIE.

En définissant un coefficient de disponibilité globale.

égal à

$$k_d = \frac{100 \times \text{Énergie nette produite dans l'année}}{\text{PCN} \times 8760 \text{ h}}$$

et en prenant la valeur actuellement retenue de la puissance continue nette nominale (PCN) soit 270 MW on obtient pour l'année 1971 dans son ensemble

k _d = 77,3 %

La figure 5 donne l'évolution du coefficient k_d depuis 1967.

Le même calcul appliqué à la seule période de fonctionnement de la centrale soit du 1er janvier au 13 juin et du 20 août au 31 décembre 1971 donne

k' _d = 95 %

C. HEURES EQUIVALENTES DE MARCHE A LA PLEINE PUISSANCE (905 MWth).

	1971	Depuis 1967
Nombre d'heures pendant lesquelles le réacteur est critique	7.131	18.492
Nombre d'heures de marche couplée	6.905	15.741
Nombre d'heures (HEPP) équivalentes de marche à la puissance de 905 MWth.	6.777	13.910

FIGURE 5

EVOLUTION DU COEFFICIENT DE DISPONIBILITE

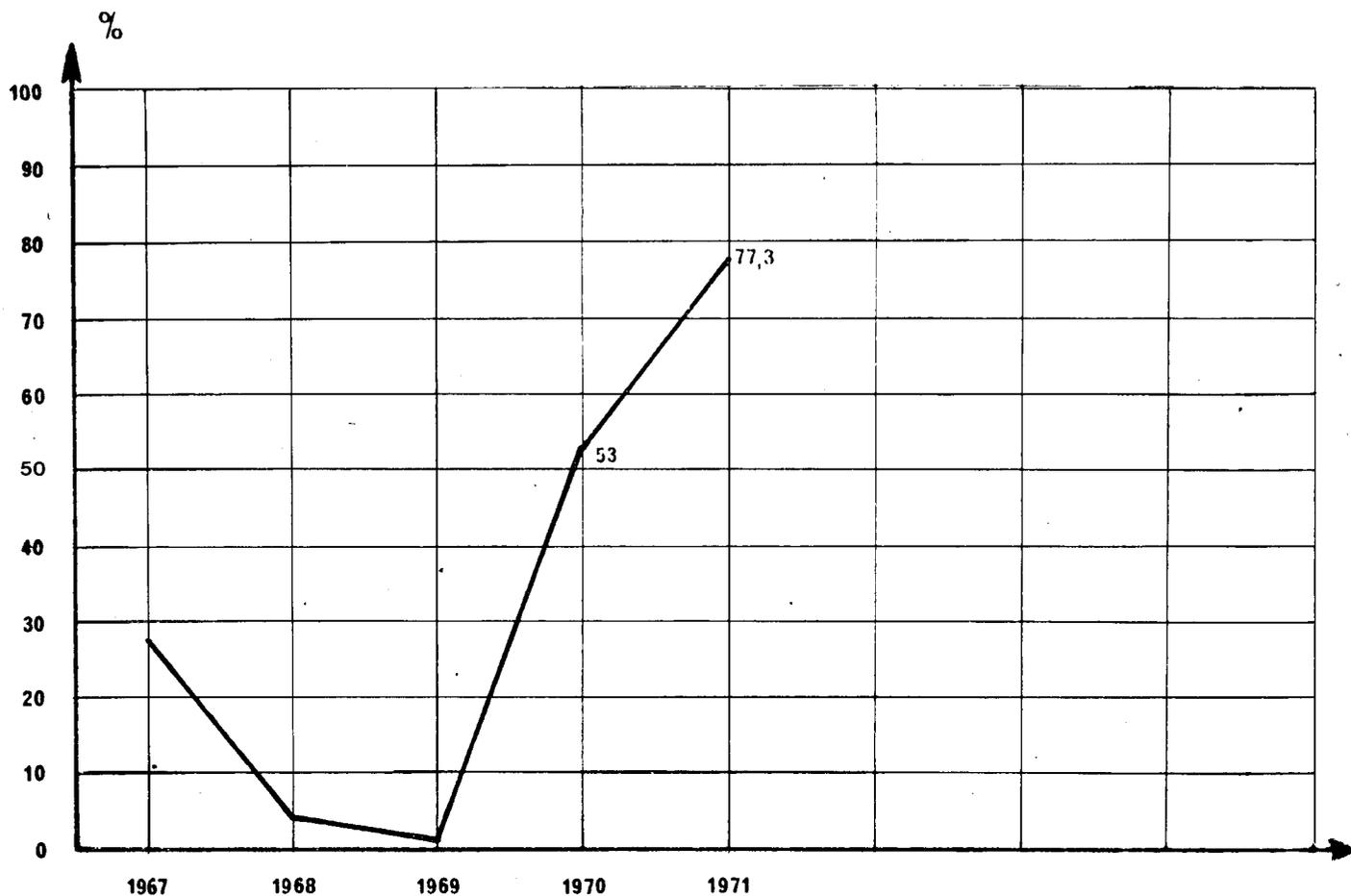


TABLEAU IX

REPARTITION DES INDISPONIBILITES AU COURS DE L ANNEE EN %

INDISPONIBILITES	
Fortuites (totales ou partielles)	4,1
Prévues au programme	18,6
TOTAL	% 22,7

II.3. UTILISATION

A. VALEUR DE LA PUISSANCE CONTINUE NETTE (PCN)

La puissance continue nette nominale de la centrale est pour les calculs suivants fixée à 270 MWe.

En réalité, la PCN n'est passée à 270 MW que le 3 février 1971, date de la montée à la puissance nominale du réacteur. Jusqu'à cette date, la puissance continue nette nominale de la centrale était de 245 MW.

La valeur de 270 MW a été déterminée en fonction de la puissance électrique nette réellement atteinte pour la puissance thermique nominale actuelle du réacteur soit 905 Mwth.

Quant à la valeur de 266 MWe, elle ne représente que la valeur contractuelle de la puissance électrique nette correspondant à la puissance thermique de 905 MW au réacteur.

B. UTILISATION

En définissant un coefficient d'utilisation pendant la disponibilité par le facteur k_u

$$k_u = 100 \frac{\text{Energie produite dans l'année}}{\text{PCN} \times \text{heures de marche}} \%$$

pour 1971 le coefficient

$k_u = 98,1 \%$

Le tableau 6 indique l'évolution du coefficient k_u depuis 1967.

Comme la centrale est prévue en centrale de base, elle fonctionne en permanence à la puissance nominale. Les réductions de charge sont occasionnées par des incidents ou des particularités d'exploitation. C'est ainsi que les 333 heures de fonctionnement à puissance réduite se répartissent de la façon suivante :

124 heures pour la réalisation d'essais (essais de consommation à 825 MW, essais neutroniques au redémarrage.

58 heures de fonctionnement à 90 % de la puissance nominale en application des consignes administratives concernant la restriction de puissance en fonction de la hauteur des barres de contrôle après démarrage.

56 heures à la suite de la présence de glaçons à la prise d'eau (fonctionnement avec une pompe de circulation).

44 heures consacrées à la descente progressive de charge en vue d'un arrêt ou à la montée en puissance en cours de démarrage.

20 heures pour recherches de fuites au condenseur.

12 heures de fonctionnement avec une pompe de circulation à la suite du débit d'étiage en Meuse.

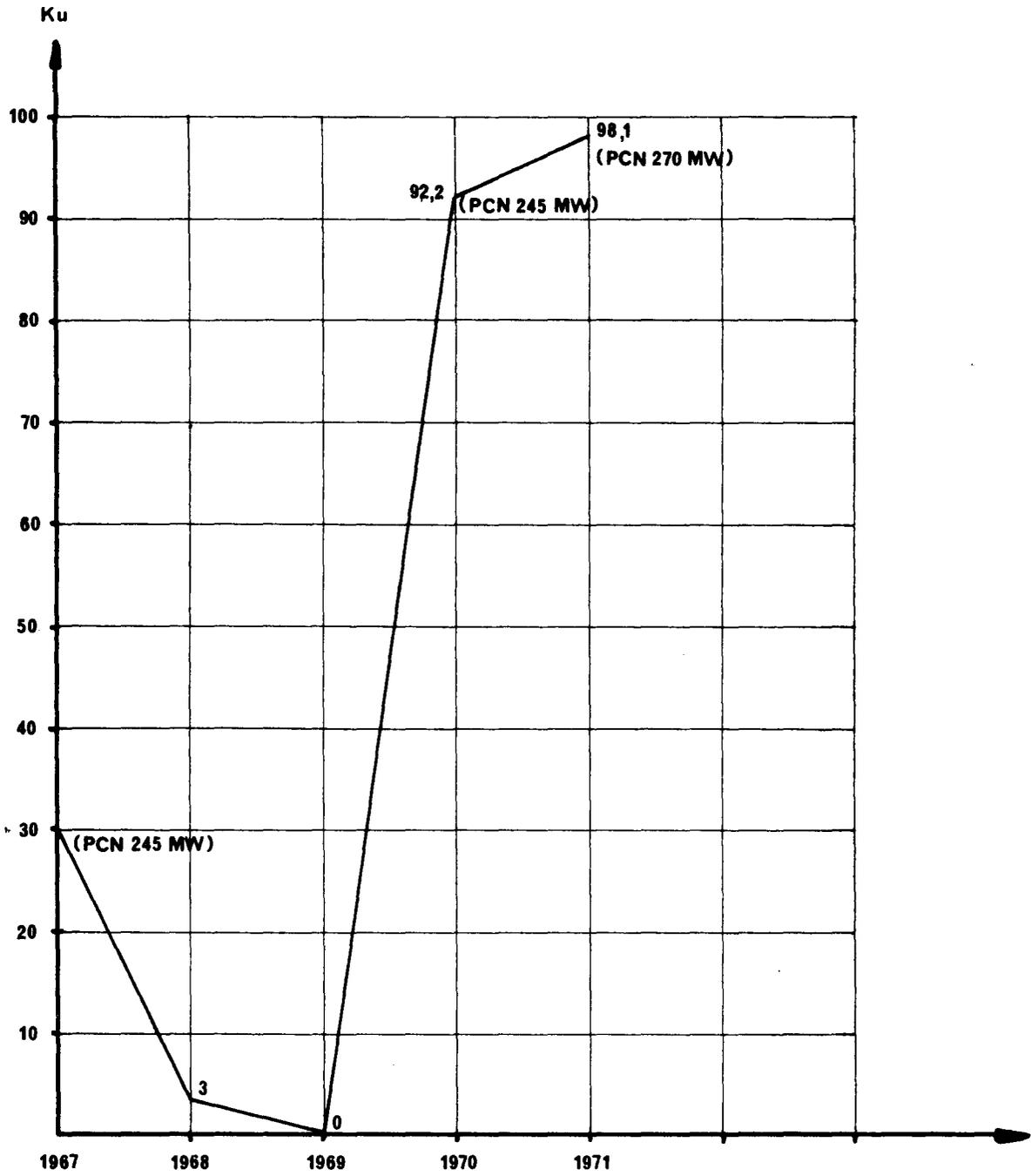
8 heures à la suite du fonctionnement intempestif de la protection de barre larguée.

8 heures à la suite de défauts matériels.

3 heures à la suite d'ilotage de la centrale sur incident du réseau.

FIGURE 6

EVOLUTION DU COEFFICIENT D UTILISATION (Ku)



II.4. PRINCIPALES AVARIES DE MATERIEL

Parmi les incidents et avaries survenus en 1971, il convient de citer les plus marquants non dans l'ordre chronologique mais, pour la clarté, par type d'équipement.

REACTEUR NUCLEAIRE - GENERATEURS DE VAPEUR - POMPES PRIMAIRES - CIRCUITS AUXILIAIRES DU CIRCUIT PRIMAIRE

- Au cours de l'arrêt de la centrale, les parties internes du réacteur, les générateurs de vapeur côté primaire et côté secondaire, la pompe primaire n° 2 et les principaux auxiliaires du circuit primaire sont inspectés. Aucune anomalie n'est décelée.
- Blocage de la pompe d'injection de sécurité lors d'un essai de fermeture des vannes de refoulement.

TURBINE - POSTE D'EAU - POMPES ALIMENTAIRES

- Les fuites constatées au plan de joint du corps HP de la turbine sont éliminées lors de la révision.
- Pas de remarque importante lors de l'inspection des différents corps pendant l'arrêt de l'été.
- Déclenchement à 3 reprises de la turbine à la suite de la fermeture intempestive des vannes d'arrêt et des papillons BP. La cause de cet incident doit être recherchée dans une réduction de la pression d'huile HP due à une fuite interne au bloc de régulation.
- Réduction des caractéristiques de la pompe alimentaire n° 3 par suite d'érosions importantes au niveau du plan de joint du corps interne.

- Arrêt et refroidissement rapide des installations à la suite d'une fuite non isolable sur un piquage d'alimentation petit débit d'un générateur de vapeur.

CONDENSEUR ET PRISE D'EAU

- Plusieurs rentrées d'eau brute au condenseur sont détectées et réparées. Certaines proviennent d'une inélasticité des vannes des pompes à vide, d'autres nécessitent l'obturation de tubes du condenseur.

L'arrêt est mis à profit pour remplacer 80 tubes situés en face du raccordement au condenseur de la phase vapeur du pot de purge des circuits de surchauffe.

Les glaçons en Meuse en hiver et le débit d'étiage en été sont responsables de plusieurs réductions de charge de la centrale. La baisse du niveau en amont du barrage a entraîné, à plusieurs reprises, l'arrêt d'une des 2 pompes de circulation.

ALTERNATEUR PRINCIPAL ET CIRCUIT D'EXCITATION

Les cales du stator de l'alternateur principal sont reprises au cours de l'arrêt de tranche, soit après 9400 heures de fonctionnement depuis le retôlage de l'alternateur.

La mauvaise commutation des balais du collecteur du survolteur-dévolteur est responsable de 2 arrêts de l'installation.

ALTERNATEUR AUXILIAIRE

Lors du démontage de l'alternateur auxiliaire, des traces d'échauffement importantes sont détectées en 4 points **symétriques** d'extrémité du rotor. Après démontage et inspection, le constructeur ne trouve pas d'explication valable à cette anomalie.

TRANSFORMATEUR PRINCIPAL

Le transformateur CEM prêté par la centrale EDF du Bugey en juillet 1970, est en service jusqu'au 13 juin 1971. Il est ensuite restitué à sa centrale et remplacé par le transformateur JS d'origine, dont la puissance apparente est portée de 290 à 330 MVA.

TRANSFORMATEURS DE DEMARRAGE

Un des 2 transformateurs de démarrage de la centrale est atteint par la foudre en mai 1971. Sa réparation nécessite le remplacement du bobinage HT. Ce transformateur présentait depuis un certain temps une teneur anormale en gaz dissous.

Le deuxième transformateur de démarrage, présentant des symptômes analogues est ensuite démonté. La 1ère galette HT et l'isolement entre la H et BT sont changés.

Pendant la période de réparation, un transformateur EDF assure le service.

DISJONCTEURS 220 kV

Une chute de pression d'air comprimé est responsable du déclenchement des disjoncteurs 220 kV et de l'ilotage de la centrale.

Les disjoncteurs Alsthom sont remplacés par des disjoncteurs CEM.

AUXILIAIRES GENERAUX

- Explosion de la boîte à bornes du moteur de la pompe chateau d'eau n° 3.
- Montée importante du niveau des vibrations de la pompe chateau d'eau n° 1.

INSTRUMENTATION NUCLEAIRE

- Plusieurs retards au démarrage sont occasionnés par les parasites apparaissant sur les chaînes de flux intermédiaire.
- Plusieurs réductions de charge sont causées par le fonctionnement intempestif de la protection "barres larguées".

Plusieurs scrams sont occasionnés par le fonctionnement intempestif de la protection "marge faible de pression".

- Ces différentes anomalies sont corrigées lors de l'arrêt de la centrale en été.

II.5. SEPARATION DU RESEAU SUR INCIDENTS

II.5.1. Séparations du réseau à la suite d'un incident interne

	: Nombre de	: Nombre d'heures
	:: séparations	: de marche
		: couplée
(Année 1970	: 28	: 5471
(Année 1971	: 19	: 6905

L'origine de ces déclenchements se ventile de la façon suivante :

Défaut de matériel	5
Défaut des dispositifs de protection et de sécurité	6
Défaut des équipements de régulation et automatisme	3
A la suite d'essais	2
Origine humaine	2
Défaut externe entraînant un défaut interne	1

En exceptant les 5 déclenchements dus à un défaut de matériel, dont la réparation a pu demander des délais parfois plus longs, la centrale a été en moyenne recouplée au réseau 2 heures après chaque déclenchement.

Remarque : le défaut externe entraînant un défaut interne est relatif au déclenchement, au cours d'un orage violent, d'une pompe primaire alimentée par le réseau. La chute de tension importante due à un coup direct sur le réseau a provoqué une réduction suffisante du débit de la pompe pour entraîner le fonctionnement de la protection de débit minimal (réglage : 90 % débit nominal).

II.5.2. Ilotages

	: : Nombre : d'ilotages :	: : Nombre d'heures : de marche : couplée
Année 1970	: 1	: 5471
Année 1971	: 3	: 6905

Sur les 3 ilotages, le premier a réussi, les 2 autres ont été suivis dans les minutes suivantes d'un scram du réacteur à la suite :

- d'une anomalie de fonctionnement d'une vanne d'alimentation d'un générateur de vapeur
- d'une information insuffisante de la situation de la part des agents de conduite (scram provoqué).

II.6.1. COMBUSTIBLE NUCLEAIRE DANS LE REACTEUR

La charge de combustible du deuxième cycle mis en place lors de l'arrêt de l'été 1971 comporte :

en zone extérieure	36 assemblages neufs d'origine européenne (20 fournis par CERCA, 16 fournis par MMN)
en zone intermédiaire	32 assemblages d'origine américaine 8 assemblages d'origine européenne (fournis par MMN)
en zone centrale	36 assemblages d'origine américaine
comme prolongateurs	52 assemblages combustibles cruciformes.

Les assemblages des zones intermédiaire et centrale, ainsi que les prolongateurs proviennent du 1er cycle.

La position des assemblages dans le coeur est donnée à la figure 7. Le tableau n° II.6.1. indique les caractéristiques principales des assemblages placés dans le coeur.

Par ailleurs, 40 assemblages, d'origine américaine, placés en zone centrale au cours du cycle 1 ont été déchargés en piscine. Ils seront traités à l'Eurochemic, ainsi que les 3 assemblages combustibles et 2 assemblages cruciformes rebutés en 1969. Le poids de plutonium récupéré est estimé à 82 kg dont 72 kg sont constitués de Pu 239 et Pu 241.

TABLEAU II.6.1.

INVENTAIRE DU COMBUSTIBLE NUCLEAIREA. COMBUSTIBLE EN SERVICE AU 31.12.71

	Zone	Nbre	Valeur origine		Valeurs au 1.1.71			Valeurs au 31.12.71		
			U Total kg	Enrichi %	Epui- sement MWj/t	enrichi %	Pu kg	Epui- sement MWj/t	Enrich. %	Pu kg
Assemblage USA	Centrale	36	11.363	3,36	7.890	2,56	44	15.450	1,91	79
USA	Intermédiaire	28	8.840	3,76	4.416	3,31	20	10.050	2,66	52
		4	1.265	3,76	1.270	3,67	1			
européens (MMN)	"	8	2.536	3,74	4.416	3,31	6	10.500	2,66	13
européens (MMN)	extérieur	16	4.899	4,01	0	4,01	0	2.450	3,66	8
européens (CERCA)	"	20	6.158	4,03	0	4,03	0	2.450	3,66	10
Prolongateurs		52	1.518	2,95	8.900	2,1	7	15.375	1,53	9
Total			36.579	3,66	-	-	78	3.100	2,68	171

II.6.2. COMBUSTIBLE NUCLEAIRE EN STOCK

En fin 1971, le combustible nucléaire en stock comprend :

Au magasin de la centrale

- 8 assemblages d'origine américaine
- 1 assemblage d'origine européenne
- 4 assemblages d'origine européenne initialement destinés au 4^e cœur.
- 3 assemblages cruciformes.

En piscine de désactivation à la centrale

- 1 assemblage récupéré du cycle 1A, directement utilisable
- 27 assemblages provenant du cycle 1 et destinés au retraitement.
- 2 assemblages cruciformes d'origine américaine avariés et rebutés, destinés au retraitement.

Dans le container de transport à la centrale

- 4 assemblages provenant du cycle 1

A l'usine de retraitement

- 12 assemblages provenant du cycle 1 dont 3 assemblages avariés et rebutés en 1969.

A ces chiffres, il convient d'ajouter le combustible nucléaire actuellement entreposé à la CERCA pour la fabrication du 5^e tiers de cœur.

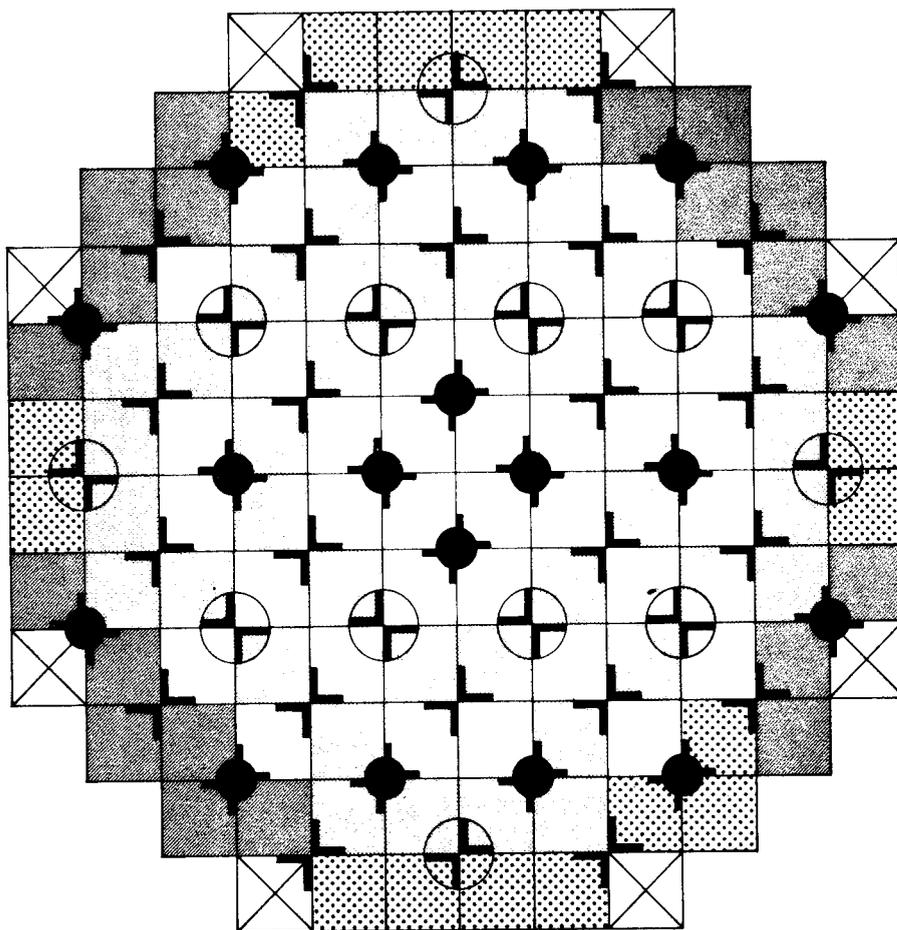
COMBUSTIBLE HORS REACTEUR	Position	Nbre	Uranium Kg	Enrichissement initial %	Irradiation MWJ/t	Enrichissement réel %	Prix unitaire \$ 1 kg	VALEUR URANIUM \$
<u>ASSEMBLAGE DE RESERVE</u>								
- Réserve U.S.A.	Magasin	8	2 530,136	3,76	0	3,76	355,43	899 286
- Réserve M.M.N.	Magasin	1	316,929	2,74	0	3,74	353,07	111 898
- Provenant Zone 2 cycle 1 A	Piscine	1	316,034	3,36	2856	3,07	274,48	86 745
- 4ème tiers MMN	Magasin	4	1 221,946	4,01	0	4,01	385,06	470 522
- Prolongateurs	Magasin	3	87,570	2,96	0	2,96	261,72	22 919
<u>Sous Total</u>			4 472,615					1 591 370
<u>COMBUSTIBLE EN ATTENTE DE RETRAITEMENT</u>								
- Provenant Zone 1 cycle 1 B	Piscine	27	8 541,261	2,96	13016	1,65	114,83	980 793
	Conteneur	4	1 265,372	2,96	13016	1,65	114,83	145 302
- Prolongateurs cycle 1 A	Piscine	2	58,300	2,96	2880	2,67	228,33	13 330
<u>Sous Total</u>			9 865,013					1 139,425
<u>COMBUSTIBLE EN RETRAITEMENT</u>								
- Provenant Zone 2 cycle 1 A		3	946,578	3,36	2921	3,07	274,48	259 817
- Provenant Zone 1 cycle 1 B		9	2 847,087	2,96	13016	1,65	114,83	326 931
<u>Sous Total</u>			3 793,665					586 748
<u>GENERAL</u>		62	18 131,293					3 317,544

INVENTAIRE REEL DU COMBUSTIBLE NUCLEAIRE AU 31 DECEMBRE 1971 (suite)

SITUATION DU COMBUSTIBLE	Nombre	Uranium Kg	Irradiation MWJ/t	Enrichissement réel %	Prix unitaire \$/Kg	Valeur Uranium \$
Report du 1er feuillet		18 131,293				3 317 544
Combustible relatif au 5 ^è tiers		5 475,852	0	4,24	412,49	2 258 734
		5 470,749	0	4,18	405,33	2 217,458
Coeur cycle II		36 579,212	3104,55	2,68	229,48	8 394 197
TOTAL GENERAL		65 687,106 5	-	-	-	16 187 898

Fig. 7

PLAN DE RECHARGEMENT DU REACTEUR POUR LE CYCLE 2



-  Barres de réglage (12)
-  Barres d'arrêt (18)
-  Eléments cruciformes (22)

-  Uranium enrichi à 3,3574 %
-  Uranium enrichi à 3,763 %
(+8 à 3,737 %)
-  Uranium enrichi à 4,009 %
-  Uranium enrichi à 4,0325 %
-  Assemblages postiches

II.7. PRINCIPALES MODIFICATIONS DU MATERIEL EN SERVICE

1. Modifications effectuées dans l'année

A la suite de nombreux déclenchements intempestifs survenus en 1970 et 1971, une attention particulière a été portée sur les circuits de protection du réacteur.

Il convient de citer :

- la mise en place de chaînes nucléaires courtes pour la mesure du flux en gamme intermédiaire. Avant l'arrêt, la détection, en gamme intermédiaire, était réalisée par des chaînes longues compensées.
- la modification de la "marge faible de pression primaire initialement réalisée sans coïncidence par 2 chaînes, la protection est modifiée en 2/4. Il s'y ajoute un 5^e circuit qui tient compte d'une éventuelle dissymétrie entre les pressions secondaires (cas d'une rupture de tuyauterie secondaire) des différents générateurs de vapeur. En outre, les points communs et les circuits de masse sont améliorés.
- la simplification de la mesure "position des barres de contrôle".
- la suppression des actions logiques en provenance du calculateur PSP.

2. Programme de modifications prévues pour 1972

a) Circuits primaires

Réservoir de décharge du pressuriseur

Un circuit de réfrigération de l'eau du réservoir de décharge du pressuriseur permettra de réduire les effluents primaires. Jusqu'à présent, ce réservoir est refroidi par un appoint d'eau déminéralisée et l'apparition du niveau haut provoque la vidange partielle du réservoir.

Le nouveau système doit permettre la réfrigération du réservoir en circuit fermé, sans accroître les effluents.

Circuit de filtration de l'eau de la piscine du réacteur

Ce circuit qui devait être opérationnel en 1971 sera terminé et mis en service lors de l'arrêt pour rechargement du combustible en 1972.

Inspection combustible

Pendant la période d'arrêt de la centrale, les assemblages actuellement dans le réacteur, seront inspectés afin de détecter les fuites éventuelles de gainage. Un dispositif de détection sera étudié et réalisé dans le 1er semestre de 1972.

Les prolongateurs actifs des barres de contrôle et les éléments cruciformes seront progressivement remplacés lors des rechargements de 1972 et 1973 par des éléments inactifs en Zircaloy.

b) Circuits secondaires

Alimentation en secours des générateurs de vapeur

Une nouvelle tuyauterie sera tirée entre le refoulement des pompes alimentaires (normales et de secours). Elle permettra l'alimentation, à petit débit, de chacun des générateurs de vapeur, même en cas, de rupture du collecteur normal d'alimentation ou du barillet d'alimentation.

c) Equipements électriques

A la suite des incidents survenus en 1970 et 1971 sur les transformateurs, il est prévu d'installer des parafoudres côté HT du transformateur principal et des transformateurs de démarrage. Ces nouveaux équipements doivent permettre une meilleure coordination de l'alimentation des lignes et du poste DERT.

III - PERSONNEL

L'année 1971 a vu la mise en place du nouvel organigramme (2 services : Production et Matériel). L'effectif d'organigramme est passé de 113 à 111 agents. Cet effectif n'est pas susceptible d'une très grande évolution en 1972.

L'effectif présent, en surnombre est de 26 agents dont 6 belges. Cet effectif devrait normalement décroître en 1972 qui sera une année de très grande mobilité pour le personnel. Une bonne partie du personnel belge affecté à Tihange devra être remplacé, sans compter les éventuels départs d'agents français vers cette centrale. Le recrutement de nouveaux agents conduira à un effort de formation très important.

III.2. Radioprotection

Il y a lieu de distinguer la radioprotection en exploitation normale et la radioprotection durant la période d'arrêt pour rechargement. Durant cette période, outre les opérations propres au rechargement, un grand nombre de travaux sont entrepris sur du matériel présentant une activité importante due à la présence de contamination.

Le tableau suivant donne un histogramme des doses intégrées en exploitation normale par les agents, en fonction de leur spécialité, ainsi que le nombre de contamination ayant nécessité des soins à l'infirmerie.

(Les doses figurant dans ce tableau sont les doses intégrées au cours de l'année diminuées des doses intégrées en juin, juillet, août période d'arrêt de tranche).

(Dose intégrée dans (l'année en dehors de (la période d'arrêt de (tranche	: Exploitation : Serv. Généraux	: Entretien			: TOTAL
		: Electr.	: Instrum.	: Mécan. : Chaudr.	
(0 - 100 mrems	: 28	: 7	: 3	: 5	: 43
(10 - 500 mrems	: 29	: 6	: 6	: 8	: 49
(501 - 1000 mrems	: 24	: 0	: 4	: 6	: 34
(1001 - 2000 mrems	: 10	: 0	: 0	: 3	: 13
(7 2000 mrems	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0
(Nombre de décontamina- (tions à l'infirmérie	: 7	: 0	: 0	: 1	: 8

Ce tableau montre qu'en exploitation normale, les doses intégrées sont très faibles et inférieure à 1,5 rem limite annuelle maximale admissible pour les agents non DATR.

Les incidents de contaminations sont également peu nombreux et affectent surtout le personnel d'exploitation.

Le tableau suivant donne pour le personnel de la centrale et le personnel des entreprises, les doses intégrées au cours des 3 mois qui ont encadré l'arrêt de tranche.

Dose trimestr. en mRem	Personnel SENA				Personnel extérieur travaillant sur				TOTAL
	Exploit. Serv.Gén.	Entret.	Contr. tech.	Réacteur ppe prim.	Vannes et ppes	Nettoy.	Plong.		
0 à 100	19	19	3	35	3	6	1	86	
100 à 500	27	10	7	13	15	1	1	74	
501 à 1000	9	16	5	2	3	1	0	36	
1001 à 2000	2	6	1	8	1	4	0	24	
2001 à 3000	0	3	2	2	0	0	0	8	
3001 à 4000	0	0	1	0	0	2	0	3	
4001 à 5000	0	1	0	1	0	2	0	4	
5001 à 6000	0	1	0	1	0	0	0	2	
supérieur à 6000 mRems	0	0	0	0	0	0	0	237	
Nombre de dé- contamination à l'infirmierie	1	5	0		1			7	

Le tableau appelle les commentaires suivants :

- 97 % du personnel ont intégré des doses inférieures à la dose trimestrielle admissible.
- 9 agents ont intégré des doses supérieures à la dose trimestrielle admissible. Sauf pour 2 agents de la centrale qui ont participé au retrait d'un tube d'instrumentation du réacteur (cette opération entre dans le cadre d'une intervention concertée), les autres dépassements doivent être considérés comme anormaux. Ces dépassements sont essentiellement constatés chez le personnel d'entreprises. Des dispositions seront prises au prochain arrêt pour éviter de tels incidents.

IV - CONTROLES - ESSAIS - ETUDES

IV.1. REJETS D'EFFLUENTS

Effluents gazeux

- Les rejets de tritium, d'halogènes et d'aérosols sont négligeables.
- L'activité des effluents gazeux provient des gaz nobles et plus essentiellement du Xénon 133. Cette activité est, par excès, estimée à 6.600 Ci pour l'année 1971. Une valeur de 4500 Ci est plus vraisemblable. La valeur réelle ne peut être mieux précisée par suite de la contamination des détecteurs, par les descendants solides des gaz nobles. Cette contamination entraîne, une comptabilisation minimale de 500 Ci/mois.

Effluents liquides

Par rapport aux années précédentes, le volume des effluents actifs est resté sensiblement constant. Par contre, les activités tritium et β global ont augmenté tout en restant dans des valeurs très inférieures aux possibilités de rejet. Cette augmentation est liée à l'augmentation de la production.

La mise en place en 1972 d'un circuit de réfrigération de l'eau du réservoir de décharge du pressuriseur devrait permettre de réduire le volume des effluents en provenance du circuit primaire.

En 1971, 6525 m³ d'effluents fortement actifs ont été rejetés ainsi que 12.000 m³ d'effluents faiblement actifs. L'activité rejetée en Meuse en 1971 s'établit comme suit.

Tritium	706 Ci	I ₁₃₁	9.2 Ci
CO ₅₈	26.5 Ci	CO ₆₀	3.9 Ci
Mn ₅₄	10.5 Ci	Sr ₉₀	0.02 Ci
Sb ₁₂₄	0.5 Ci	Cs ₁₃₄	2.7 Ci
		Cs ₁₃₇	0.45 Ci

Déchets solides

La centrale a conditionné en 1971, 67 blocs de béton représentant 91 m³ de déchets solides d'une activité totale de 11 Ci, se répartissant comme suit :

- 35 blocs, soit 47 m³ de déchets divers (vinyle, papier absorbant, filtre etc...).
- 28 blocs renforcés, soit 38 m³ de cartouches filtrantes en coton.
- 4 blocs, soit 6 m³ provenant de l'enfûtage d'un bloc éclaté contenant des boues résultant de la concentration d'effluents liquides.

Le tableau ci-après donne l'évolution, au cours des ans, de la production des déchets solides.

Années	1969	1970	1971
Nombre de fûts	21	52	67
Activité Ci	2,5	11	11

IV.2. PRINCIPAUX ESSAIS

1. Principaux essais et contrôles

Parmi les essais et contrôles réalisés, il convient de citer :

- les essais nucléaires à puissance nulle lors du redémarrage du mois d'août.
- l'exécution de campagnes de mesures régulières au moyen de l'instrumentation interne du coeur. Ces contrôles ont permis d'une part de réduire la période des essais d'août 1971 et d'autre part d'apporter les informations nécessaires aux neutroniciens dans l'étude de l'accroissement de puissance au-delà de 905 MWth.
- les bilans thermiques permettant le contrôle et le recalage éventuel des chaînes de puissance nucléaire.
- les essais thermodynamiques à 825 et 905 MWth
- les essais d'étanchéité de la caverne du réacteur

Ces essais ont mis en évidence un taux de fuite 6 fois supérieur au taux de fuite retenu dans les hypothèses reprises par le rapport de sûreté. Il semble que la fuite principale provienne d'une fuite actuellement obturée sur la tôle gaufree entourant le sas principal d'accès au réacteur. De nouveaux essais, prévus lors de l'arrêt de l'été 1972 devront confirmer ce point de vue.

- les essais de bruit neutronique au redémarrage
- la surveillance des boîtes à eau des générateurs de vapeur (mesure du bruit en vue de la détection de la présence éventuelle d'un corps étranger).

IV.3. PRINCIPALES ETUDES

Parmi les études, il convient de signaler :

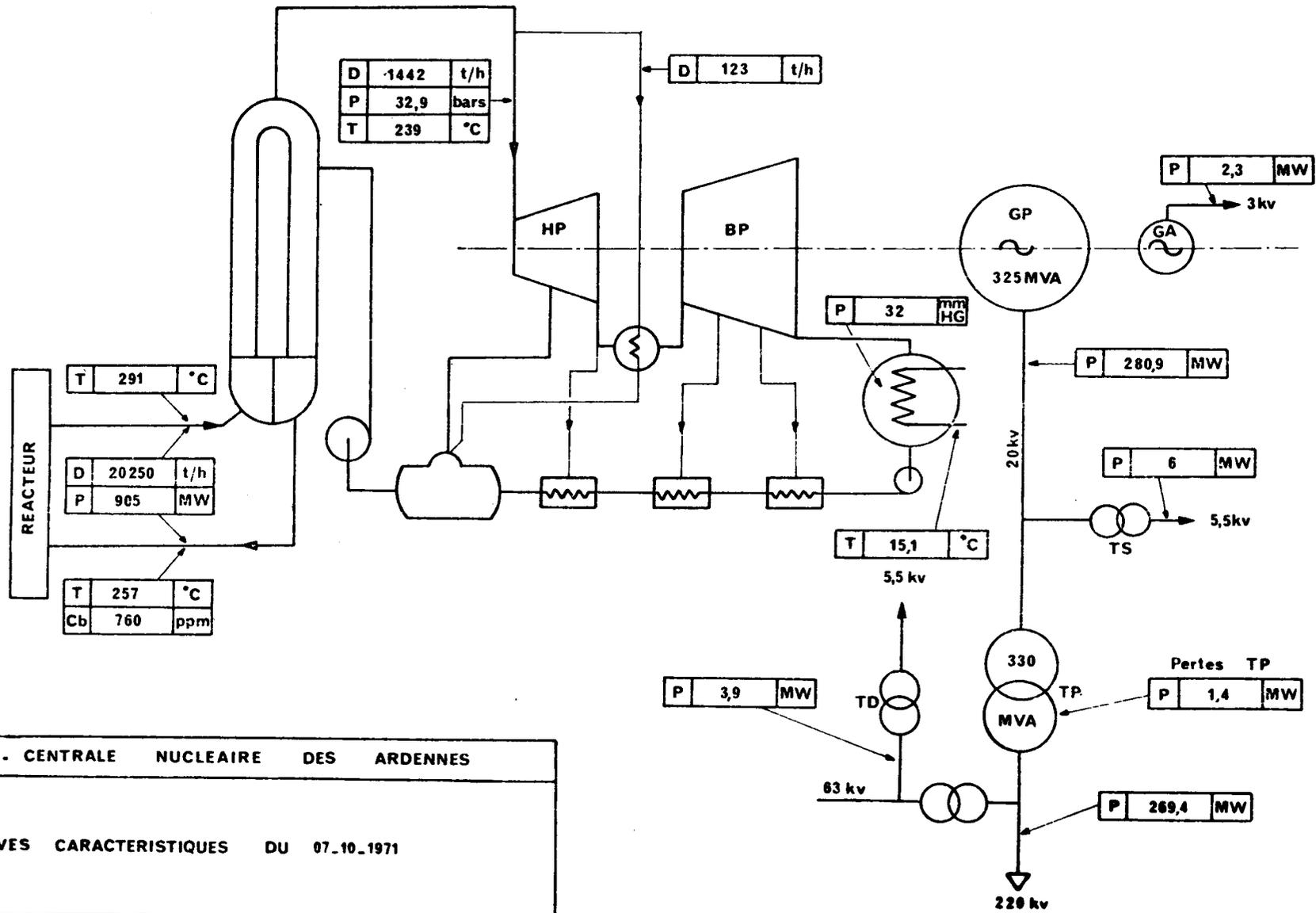
- les études relatives à l'évaluation de l'accident de référence.

- les études entreprises pour augmenter la puissance thermique au-delà de 905 MWth. Les premiers résultats de l'étude montrent que cette puissance pourrait être portée à 1040 MWth. Il semble toutefois, qu'un accroissement de puissance supérieur à 5 % ne pourrait être obtenu qu'après remplacement d'un certain nombre d'ailettes de la turbine. Un bilan économique devra être fait.

IV.4. RELEVES

- La figure 8 indique le relevé des caractéristiques du circuit primaire et du circuit secondaire de la centrale pour la puissance de 905 MW thermiques.

- La figure 9 reprend l'évolution de la concentration en bore du circuit primaire au cours de l'année 1971



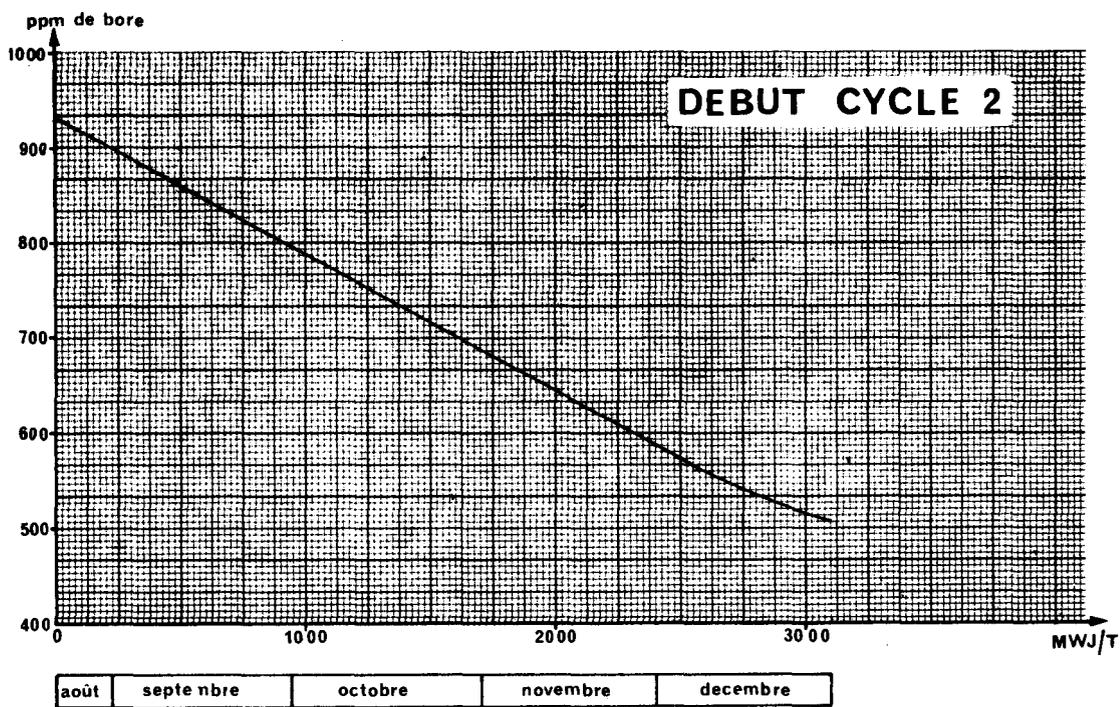
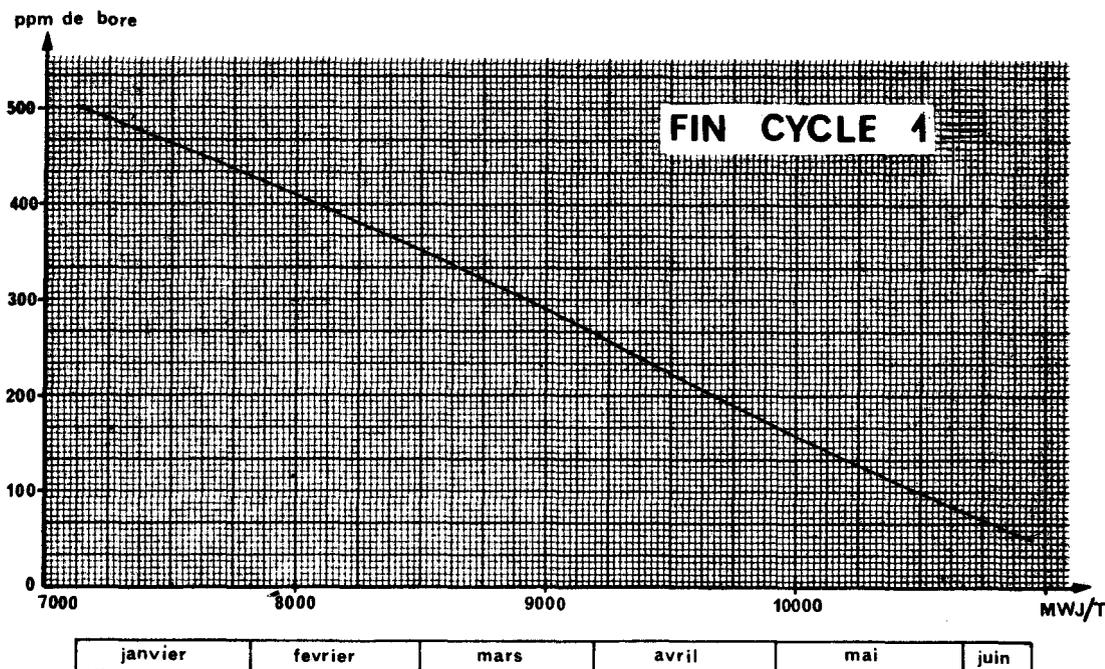
SENA - CENTRALE NUCLEAIRE DES ARDENNES

RELEVES CARACTERISTIQUES DU 07.10.1971

F19. 8

Fig. 9

EVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN BORE EN 1971



V - DONNEES ECONOMIQUES

5.1. CHARGES D'EXPLOITATION

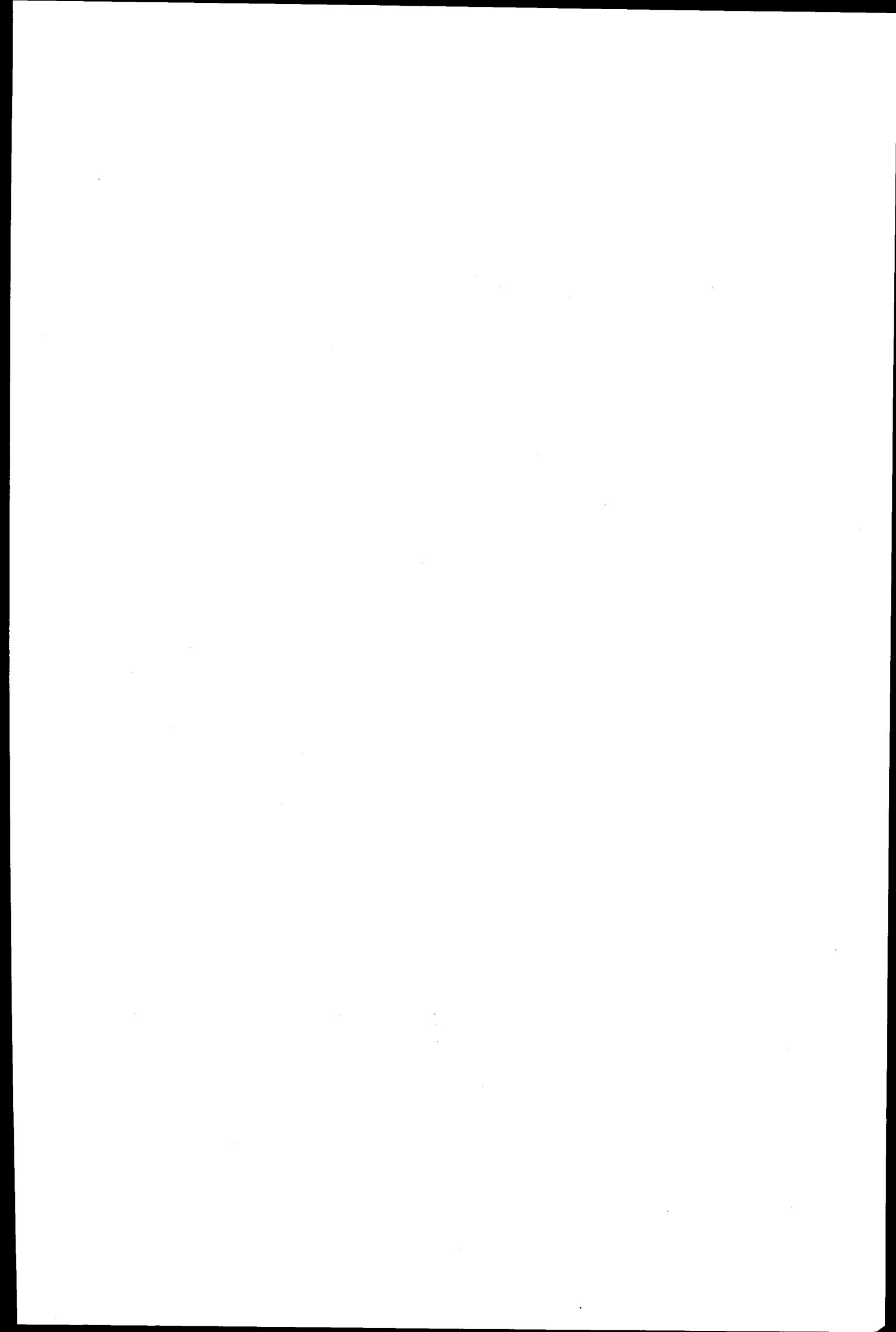
Les dépenses suivantes ont été enregistrées pour l'exploitation de la centrale en 1971 :

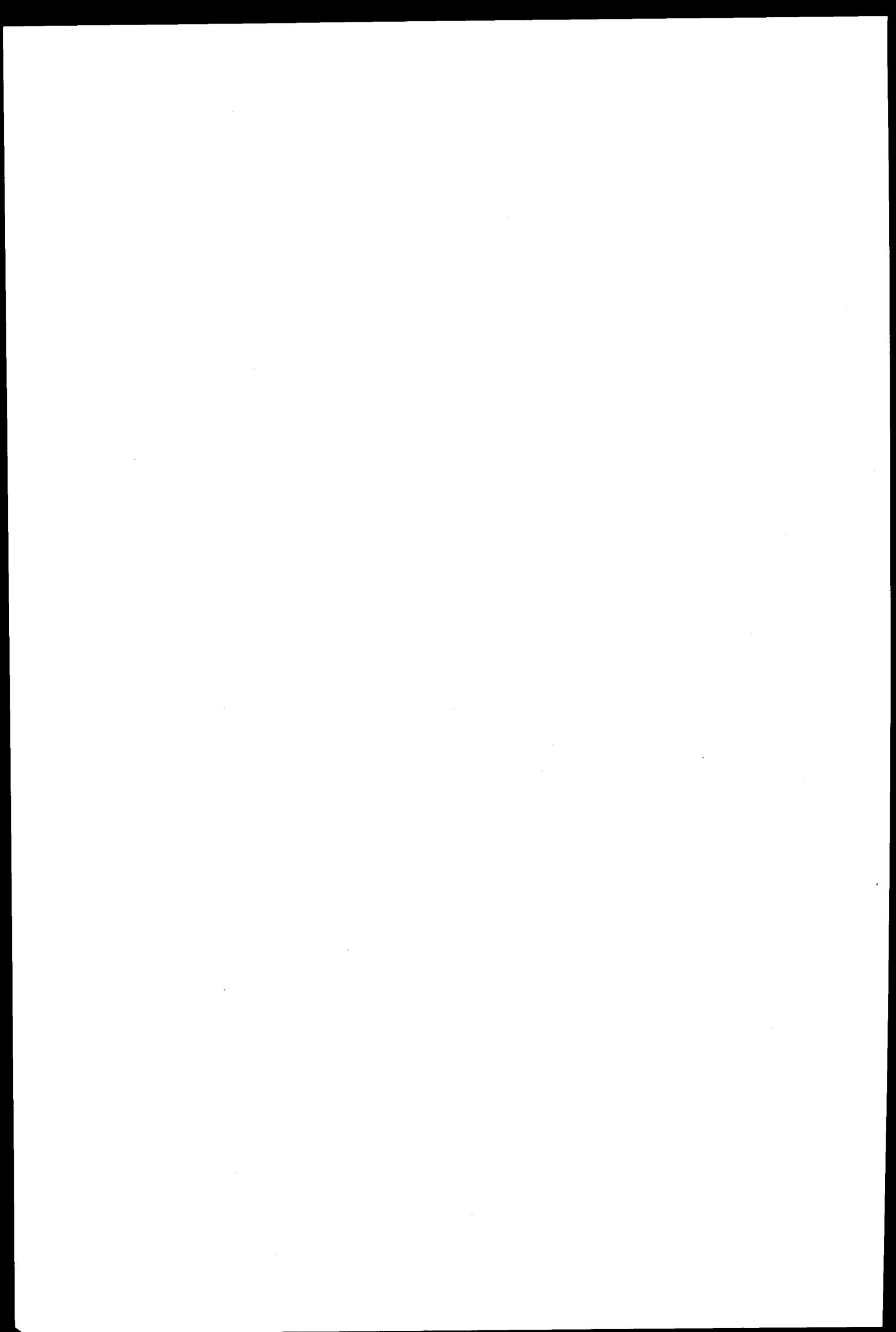
- Combustible (provision correspondant à une estimation des frais calculée pour les 1ers cycles).	19.146 kFF
- Frais financiers et participation	8.504 -
- Exploitation	22.553 -
- Frais financiers	18.451 -
- Amortissements	21.785 -
Total	90.440

5.2. COÛT DE LA PRODUCTION

Il résulte des chiffres ci-dessus que le coût de l'énergie produite en 1971 à la centrale nucléaire des Ardennes ressort à :

4.94 cF/kWh net

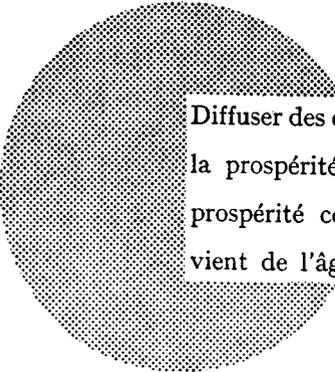




AVIS AUX LECTEURS

Tous les rapports scientifiques et techniques publiés par la Commission des Communautés européennes sont signalés dans le périodique mensuel «euro-abstracts». Pour souscrire un abonnement (1 an : FB 1 025,—) ou recevoir un numéro spécimen, prière d'écrire à :

Office des publications officielles
des Communautés européennes
Case postale 1003
Luxembourg 1
(Grand-Duché de Luxembourg)



Diffuser des connaissances c'est distribuer de la prospérité — j'entends la prospérité collective et non la richesse individuelle — et cette prospérité contribue largement à la disparition du mal qui nous vient de l'âge des ténèbres.

Alfred Nobel

BUREAUX DE VENTE

Les documents publiés par la Commission des Communautés européennes sont vendus par l'Office des publications officielles aux adresses ci-après et au prix indiqué en page de couverture. Lors de la commande, bien indiquer la référence exacte et le titre du document.

FRANCE

*Service de vente en France des publications
des Communautés européennes — Journal officiel*
26, rue Desaix — 75 732 Paris - Cédex 15^e
Tél. (1) 306 51 00 — CCP Paris 23-96

ALLEMAGNE (RF)

Verlag Bundesanzeiger
5 Köln 1 — Postfach 108 006
Tél. (0221) 21 03 48
Télex : Anzeiger Bonn 08 882 595
Postscheckkonto 834 00 Köln

BELGIQUE — BELGIË

Moniteur belge — Belgisch Staatsblad
Rue de Louvain 40-42 — Leuvenseweg 40-42
1000 Bruxelles — 1000 Brussel — Tél. 12 00 26
CCP 50-80 — Postgiro 50-80

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

DANEMARK

J.H. Schultz — Boghandel
Møntergade 19
DK 1116 København K — Tél. 14 11 95

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

*Office des publications officielles
des Communautés européennes*
Case postale 1003 — Luxembourg
Tél. 4 79 41 — CCP 191-90
Compte courant bancaire : BIL 8-109/6003/200

IRLANDE

Stationery Office — The Controller
Beggar's Bush
Dublin 4 — Tél. 6 54 01

ITALIE

Libreria dello Stato
Piazza G. Verdi 10
00198 Roma — Tél. (6) 85 08
CCP 1/2640

PAYS-BAS

Staatsdrukkerij- en uitgeverijbedrijf
Christoffel Plantijnstraat
's-Gravenhage — Tél. (070) 81 45 11
Postgiro 42 53 00

ROYAUME-UNI

H.M. Stationery Office
P.O. Box 569
London S.E. 1 — Tél. 01-928 69 77, ext. 365

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

European Community Information Service
2100 M Street, N.W.
Suite 707
Washington, D.C., 20 037 — Tél. 296 51 31

SUISSE

Librairie Payot
6, rue Grenus
1211 Genève — Tél. 31 89 50
CCP 12-236 Genève

SUÈDE

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

ESPAGNE

Libreria Mundi-Prensa
Castello 37
Madrid 1 — Tél. 275 51 31

AUTRES PAYS

*Office des publications officielles
des Communautés européennes*
Case postale 1003 — Luxembourg
Tél. 4 79 41 — CCP 191-90
Compte courant bancaire : BIL 8-109/6003/200