

PREVISIONS DE L'ECHAUFFEMENT DES EAUX
DU RHONE PAR LES CENTRALES NUCLEAIRES

CONSEQUENCES ECOLOGIQUES EVENTUELLES

I - PROGRAMME D'EQUIPEMENT

L'étude des prévisions d'échauffement des eaux du Rhône et des conséquences écologiques de cet échauffement, due à l'implantation de centrales nucléaires, ne peut être conduite qu'à partir d'un programme prévisionnel précisant :

- les localisations retenues et envisagées
- pour chaque site, l'importance des puissances installées et le mode de réfrigération retenu ou envisagé.

Au stade actuel des études sur l'échauffement, Electricité de France a retenu le schéma d'équipement figurant dans le tableau ci-dessous qui distingue :

- les équipements actuellement en service, en cours de construction ou décidés
- les équipements envisagés jusqu'à l'horizon 1988 pour lesquels, en fonction du résultat des études et de la concertation en cours, la localisation de la centrale d'une part, le mode de réfrigération de chaque tranche d'autre part, restent à déterminer.

Ces équipements envisagés sont pour la Vallée du Rhône :

- la centrale du Rhône central pour laquelle trois sites sont envisagés :
 - . SAINT-MAURICE-L'EXIL - SAINT-ALBAN
 - . ARRAS
 - . SOYONS

ainsi que diverses hypothèses concernant le mode de réfrigération.

- la centrale du Bas-Rhône dont la possibilité d'implantation dans la région de CRUAS est présentée en alternative avec un site en bordure de mer, dans la région de MARTIGUES.

Localisation géographique retenue ou envisagée	Puissance installée	Mode de réfrigération	Etat du projet ou de l'équipement
VERBOIS (Suisse)	1 Tranche de 900 MW	circuit ouvert	En projet
CREYS MALVILLE	1° Tranche de 1200 MW 2° Tranche de 1200 MW	circuit ouvert circuit fermé	Procédure en cours d'instruction Hypothèse d'extension retenue au niveau des études
BUGEY	1° Tranche de 500 MW 2° et 3° Tranches de 900 MW 4° et 5° Tranches de 900 MW	circuit ouvert circuit ouvert circuit fermé	En service En cours de construction Procédure d'instruction en cours
LOIRE SUR RHONE (centrale au fuel)	2 Tranches de 250 MW	circuit ouvert	En service
RHONE CENTRAL • ST-MAURICE-L'EXIL • SOYONS • ARRAS	4 Tranches de 1300 MW	3 solutions envisagées : • 0 tranche en circuit ouvert • 2 tranches en circuit ouvert • 4 tranches en circuit ouvert	Sites d'implantation envisageables et modes de réfrigération des différentes tranches retenus au niveau des études sur l'échauffement (selon les 3 solutions ci-contre)
RHONE SUD • CRUAS	4 Tranches de 1300 MW	circuit fermé	Site envisageable <u>en alternative</u> avec un site dans la région de MARTIGUES
TRICASTIN	4 Tranches de 900 MW	circuit ouvert	Procédure d'instruction en cours
ARAMON (centrale au fuel)	2 Tranches de 700 MW	circuit ouvert	En cours de construction

II - PREVISIONS D'ECHAUFFEMENT DES EAUX DU RHONE

1. REGIME THERMIQUE DU RHONE EN L'ETAT ACTUEL

Avant de présenter les résultats des études concernant l'échauffement prévisible des eaux du Rhône, en fonction du schéma présenté ci-dessus, il apparaît souhaitable de donner les principales caractéristiques du régime thermique du Rhône dans son état actuel.

Le régime thermique d'un fleuve tel que le Rhône résulte de la conjugaison de phénomènes météorologiques et hydrologiques complexes et fluctuants dans le temps (en une station donnée) et dans l'espace (le long de son cours), et il est de ce fait très difficile à définir à partir de données générales.

Fort heureusement, des observations faites aux stations de SEYSSEL et de MARCOULE (depuis une quinzaine d'années) permettent d'en avoir une approximation, suffisamment correcte.

En se référant en particulier aux données de la station de SEYSSEL (courbes représentatives des températures moyennes, minimales et maximales mensuelles en cette station pour la période 1959-1974 produites à la fin de la présente note, planche n° 1), les principales caractéristiques de ce régime thermique sont les suivantes :

- Amplitude inter-saisonnière atteignant 16 à 20° C en moyenne
- Brusques variations des températures atteignant, sur quelques jours, 8 à 9° C, dues probablement à l'alternance à la sortie du Lac Léman, d'écoulements de surface et de remontées d'eaux froides venant du fond du lac
- sur une durée d'observation de quinze ans
 - . températures moyennes mensuelles comprises dans une plage de 3 à 4° C (cf. courbe "intervalle de variation des températures moyennes mensuelles, produite à la fin de la présente note Planche n° 1")
 - . températures journalières au cours d'un même mois, fluctuant de 8 à 10° C (cf. courbe températures minimales et maximales pour les différents mois également en fin de note).

Ces constatations permettent d'apprécier les valeurs moyennes ainsi que le caractère aléatoire et fluctuant des phénomènes thermiques dont le Rhône, dans son état actuel est le siège.

./...

2. ESTIMATIONS DES ECHAUFFEMENTS PREVISIBLES PRODUITS PAR L'IMPLANTATION DES CENTRALES NUCLEAIRES

Concernant l'échauffement produit par les centrales nucléaires, il convient de distinguer :

- 1°) l'échauffement du débit dérivé dans le circuit de refroidissement de la centrale qui est sensiblement constant et de l'ordre de 11° C
- 2°) l'échauffement moyen du fleuve, après mélange du débit dérivé (et restitué) au débit total, la longueur nécessaire à ce mélange étant à l'échelle de quelques dizaines de kilomètres.

Cet échauffement moyen après mélange est fonction du débit total et de la température du fleuve ainsi que des conditions ambiantes, il est par suite variable à la fois dans le temps et dans l'espace (selon le cours du fleuve) ; pour le connaître sur une longue période, il convient d'effectuer des calculs très importants dont nous allons rendre compte ci-après :

L'estimation des échauffements moyens prévisibles a été réalisée par exploitation d'un modèle thermique prenant en compte :

- le schéma d'équipement présenté au chapitre I, à l'exclusion du site de CRUAS et les diverses hypothèses de réfrigération pour le site du Rhône central.

Il convient de noter que la prise en compte de l'éventuel site "Bas Rhône" (implantation envisagée à CRUAS), comportant vraisemblablement quatre tranches en circuit fermé, ne modifierait pas de façon sensible les résultats du calcul, étant donné que les installations de réfrigération en circuit fermé sont estimées ne rejeter que 2 % du flux thermique correspondant à un circuit ouvert,

- les données thermiques de quinze années d'observations (1958-1972) pour l'amont de Lyon,
- les données thermiques de trois années types
 - 1964 (sèche et chaude)
 - 1967 (moyenne)
 - 1970 (humide et froide)pour l'aval de Lyon.

Par ailleurs, pour la mise en oeuvre de ce modèle, deux hypothèses pessimistes (c'est-à-dire dans le sens d'une majoration des températures) ont été faites :

./...

- 1°) faute d'observations disponibles, les températures des affluents comme l'Ain, l'Isère ainsi que la température du Rhône à la sortie du Lac Léman, ont été estimées par excès
- 2°) l'utilisation des centrales a été supposée maximale, suivant les possibilités techniques, sur toute l'année alors que certaines tranches anciennes seront sans doute moins utilisées l'été au moment où la demande se réduit.

Les résultats provenant de l'exploitation du modèle sont résumés à la fin de la présente note :

- a) dans le tableau de la planche n° 2 pour l'ensemble du bassin versant du Rhône
- b) sous forme des courbes de la planche n° 3 pour le site de Bugey.

Présentation du tableau de la planche n° 2 et des courbes de la planche n° 3

Le tableau présente des fréquences de dépassement de température (25 et 30° C) et des valeurs d'échauffement non dépassées 50 et 90% du temps, au niveau de l'année, en différents points du cours du Rhône.

La planche n° 3 donne pour le site du Bugey et par mois, les courbes suivantes :

- Courbe n° 1 - Echauffement prévisible non dépassé 50 % du temps (valeur médiane)
- Courbe n° 2 - Echauffement prévisible non dépassé 90 % du temps
- Courbe n° 3 - Valeur médiane ^(x) mensuelle de la température naturelle du Rhône
- Courbe n° 4 - Valeur médiane ^(x) mensuelle prévisible de la température après mélange, compte tenu des équipements de Bugey et des équipements d'Amont. (Le mélange correct réalisé en très grande partie à l'échelle de 10 à 20 km à l'aval du rejet)
- Courbe n° 5 - Valeur médiane ^(x) mensuelle de la température naturelle de la Garonne à Bordeaux. Cette courbe, donnée à titre d'information, doit être comparée à la courbe n° 4
- Courbe n° 6 - Débits moyens mensuels du Rhône à Sault-Brenaz.

(x) la valeur médiane est par définition la valeur telle qu'il existe autant de valeurs supérieures que de valeurs inférieures, c'est la valeur dépassée (ou non dépassée) 50 % du temps.

Commentaires :

a) Echauffements prévisibles

Les échauffements les plus forts se produiraient à l'étiage (automne ou hiver) c'est-à-dire suivant les années de septembre à Mars.

Ce point est particulièrement bien mis en évidence pour le site du Bugey par les courbes d'échauffement (courbes n° 1 et 2).

Les échauffements prévisibles sont à comparer aux variations aléatoires des températures moyennes mensuelles ou journalières qui ont été indiquées au chapitre du régime thermique du Rhône dans son état actuel ; ils seraient du même ordre de grandeur.

Les fluctuations des échauffements d'un jour à l'autre (ce qui n'apparaît pas sur les courbes de valeurs mensuelles) seraient, en moyenne, de 1 à 2° C , elles pourraient atteindre 4° C ; on obtient là aussi des variations du même ordre de grandeur que les variations naturelles.

Les variations, suivant les années, des valeurs moyennes citées dans le tableau 1, atteindraient environ 50 %.

b) Les températures les plus élevées

Elles se produiraient aux mois de Juillet et Août.

Les périodes chaudes constituent des épisodes groupés et peu fréquents dans l'année (par exemple le dépassement de 25° C se produit suivant l'année en une ou deux fois).

Les fréquences de dépassement d'un seuil donné, varient beaucoup d'une année sur l'autre (allant de 0 à 2 fois la valeur moyenne citée dans le tableau n° 1).

A titre de comparaison, la courbe n° 5 donne les valeurs médianes des températures naturelles de la Garonne à Bordeaux ; cette courbe est très proche de celle représentant les valeurs médianes mensuelles de la température du Rhône, après mélange (courbe n° 4). Cette comparaison permet donc de juger très concrètement de l'état thermique futur du Rhône, à l'aval du site du Bugey.

./...

III - CONSEQUENCES ECOLOGIQUES EVENTUELLES DE L'IMPLANTATION DE CENTRALES

Pour estimer quelles pourraient être les conséquences écologiques éventuelles de l'implantation des centrales, il convient de préciser les principales caractéristiques hydrobiologiques et écologiques du Rhône, dans son état actuel ; ces caractéristiques intègrent, en effet, l'état de pollution du Rhône et son régime hydraulique.

- Sur le plan du régime hydraulique, le Rhône est une rivière de type nival en amont de Lyon (avec étiage d'automne ou d'hiver suivant les années) et de type pluvionival (avec étiage normal d'automne) plus à l'aval, du fait de l'influence des affluents de rive droite.

Le Rhône, contrairement aux autres fleuves français, se différencie par la relative constance de son débit.

- Sur le plan de l'état actuel de pollution, si l'on constate une certaine dégradation de la qualité des eaux du Rhône, surtout à l'aval de l'agglomération lyonnaise et du confluent avec la Saône, il convient de noter que cette dégradation est limitée du point de vue de la consommation d'oxygène, la teneur en oxygène dissous ne descendant pas en-dessous de 60 à 70 %.

- Sur le plan écologique et hydrobiologique, la situation actuelle peut se schématiser en disant que le Rhône,

- . à l'amont de Lyon, est du type salmonicole
- . à l'aval, du type cyprinicole

- Les études approfondies qui ont été confiées au C.T.G.R.E.F. (Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts (Ministère de l'Agriculture)), devraient permettre de préciser, en premier lieu, l'état écologique actuel ; la connaissance de cet état de référence est, en effet, la condition nécessaire d'une bonne appréciation des modifications ultérieures. Ces études devraient permettre ensuite de suivre dans le détail l'évolution éventuelle.

- En gros, les conséquences écologiques éventuelles peuvent être considérées de deux points de vue :

- . d'une part, en fonction du "choc thermique" que subissent les débits dérivés dans les condenseurs ; ce choc thermique n'ayant vraisemblablement d'incidence possible que sur le plancton
- . d'autre part, en fonction de l'échauffement moyen général du fleuve.

./...

- Concernant le choc thermique, sans préjuger les conclusions définitives des études en cours, et en se référant en particulier aux premiers résultats des études conduites à Bugey et à Loire-sur-Rhône et Chinon, il n'apparaît pas de détérioration notable des caractéristiques écologiques et piscicoles.

- Pour ce qui concerne l'échauffement moyen général, le problème est plus difficile puisque, pour l'instant, du fait de l'échelle des équipements prévus, on ne peut se référer à une expérience comparable.

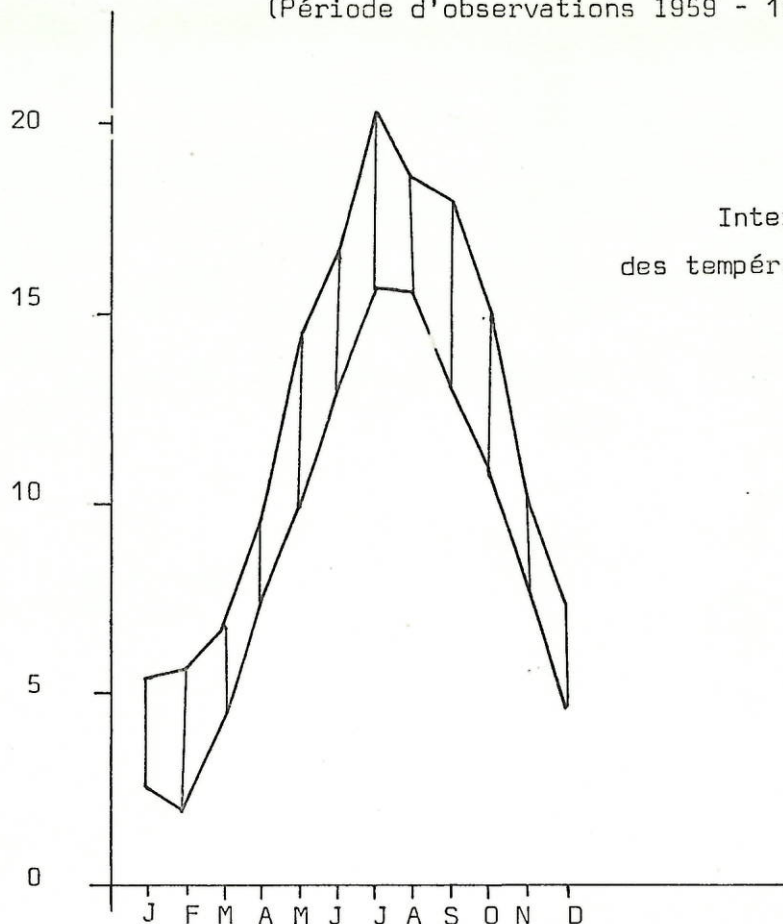
Sans doute l'exemple de la Garonne à Bordeaux est-il assez rassurant, mais il faut être prudent car, si les conditions thermiques sont analogues, les conditions hydrauliques et écologiques sont différentes.

C'est pourquoi, l'administration et plus spécialement son organisme de coordination au niveau du bassin - la Mission Déléguée de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse - ont décidé de contrôler attentivement et, au besoin, de renforcer le programme d'études écologiques actuellement engagé.

Ces études devraient permettre d'aboutir vers 1978 à de premières conclusions à partir des conséquences de l'aménagement du Bugey, conclusions qui pourront être mises à profit pour prendre la décision essentielle du programme envisagé, savoir :

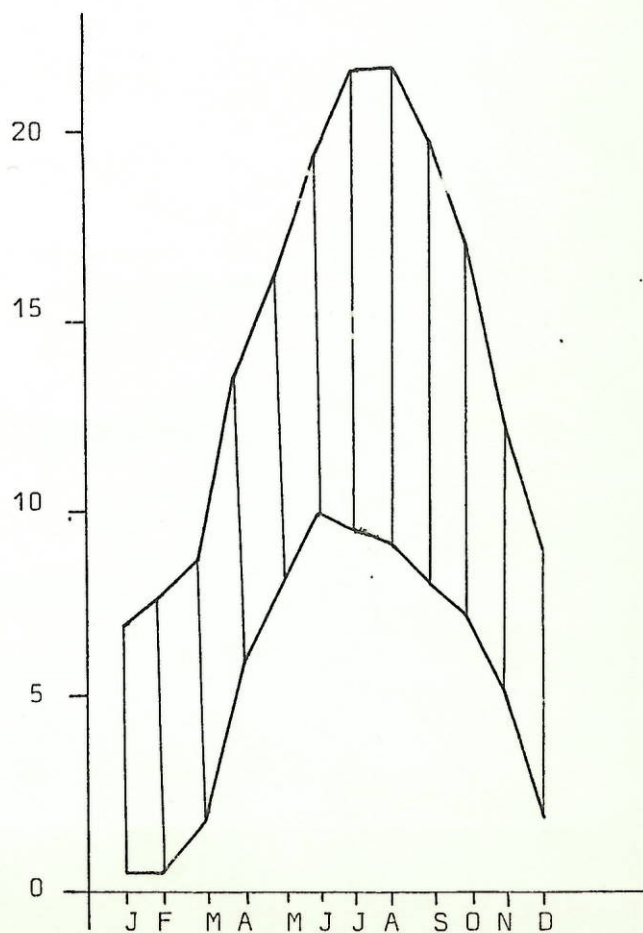
la mise en circuit ouvert de 0, 2 ou 4 tranches sur le site de Rhône central.

TEMPERATURES DU RHONE A SEYSSEL
(Période d'observations 1959 - 1972)



Intervalle de variation
des températures moyennes mensuelles

Températures minimales et
maximales journalières pour les différents mois



FREQUENCES MOYENNES DE DEPASSEMENT DE DIFFERENTS SEUILS
DE TEMPERATURE ET ECHAUFFEMENTS AU-DESSUS DE L'ETAT NATUREL
RESULTATS PROVISOIRES AU 15 NOVEMBRE 1974

LIEU	Fréquence de dépassement de		Echauffement non dépassé pendant l'année	
	25° C	30° C	50 % du temps	90 % du temps
CREYS				
Etat naturel	0 %	0 %	-	-
Etat échauffé	1 %	0 %	2,2° C	3° C
BUGEY x				
Etat naturel	0 %	0 %	-	-
Etat échauffé	3 %	0 %	4° C	7° C
LYON - avant confluent SAONE				
Etat naturel	0 %	0 %	-	-
Etat échauffé	3 %	0 %	2,8° C	4,6° C
TRICASTIN xx				
Etat naturel	0 %	0 %	-	-
Etat échauffé :				
(0 Tr. Rhône central)	< 3 %	0 %	2,3° C	3,8° C
(2 Tr. Rhône central)	< 5 %	0 %	3° C	5° C
(4 Tr. Rhône central) en circuit ouvert	< 9 %	0 %	3,7° C	6,2° C
ARAMON xxx				
Etat naturel	0 %	0 %	-	-
Etat échauffé :				
(0 Tr. Rhône central)	< 6 %	0 %	2° C	2,9° C
(2 Tr. Rhône central)	< 9 %	0 %	2,6° C	3,8° C
(4 Tr. Rhône central) en circuit ouvert	< 12 %	< 1 %	3,2° C	4,7° C

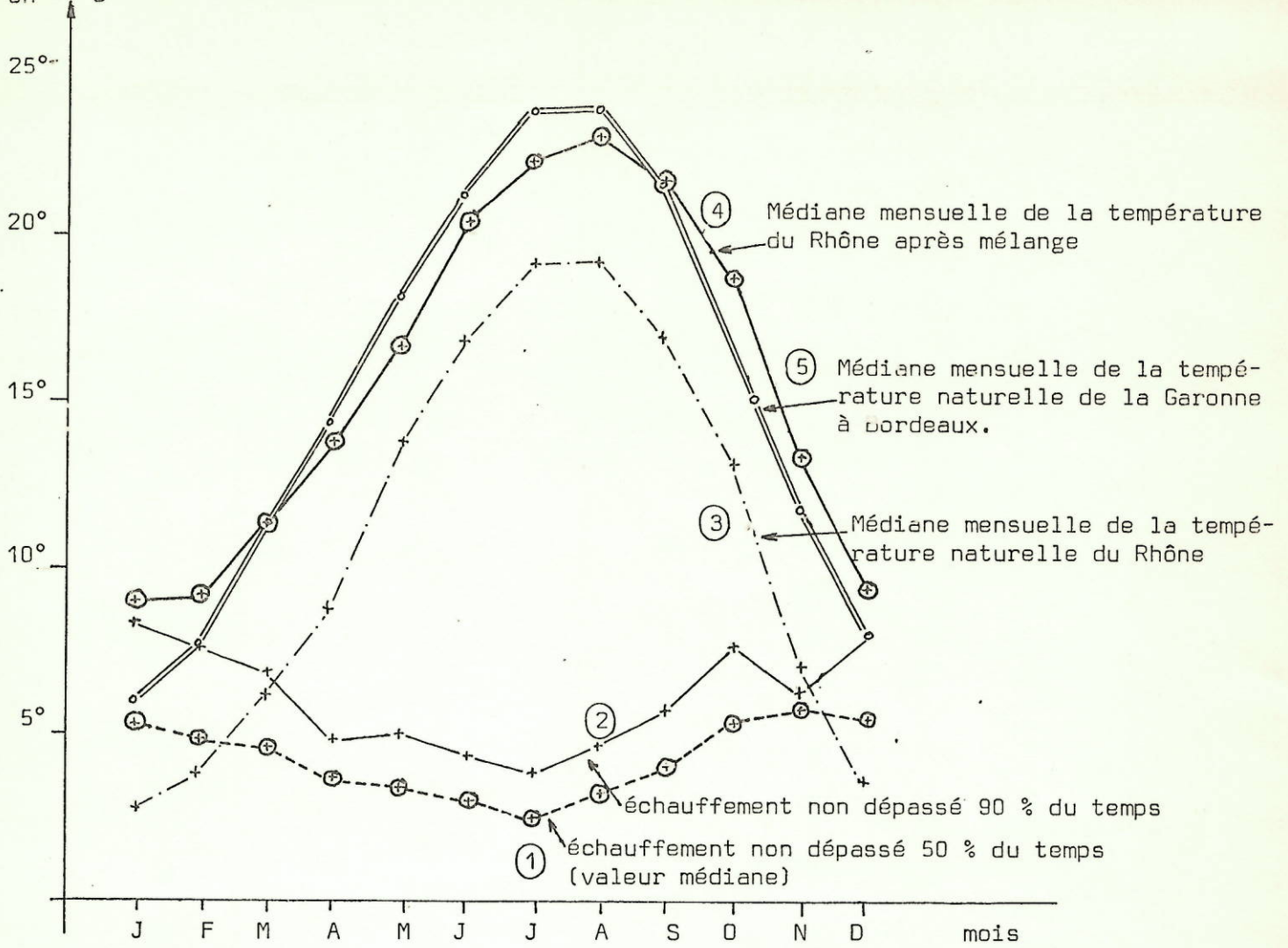
x : température après mélange en aval du rejet avant confluent de l'Ain.

xx : température après mélange en aval de la centrale hydraulique de Donzère

xxx : température après mélange en aval de la centrale d'Aramon.

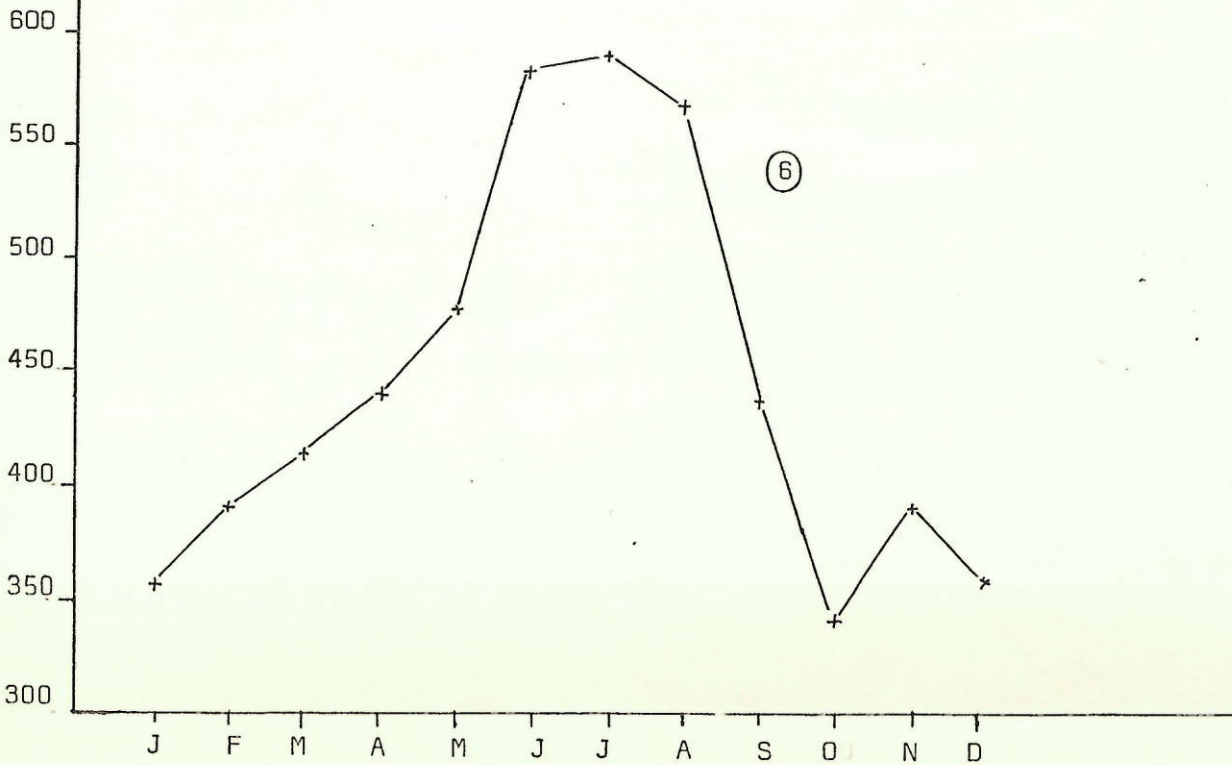
Le signe < indique que les fréquences obtenues sont certainement surestimées compte tenu des hypothèses faites.

Température en ° C



Q m³/s

DEBITS MOYENS MENSUELS DU RHONE A SAULT - BRENAZ (Période d'observations 1920 - 1972)



15 mm/50 m³/s