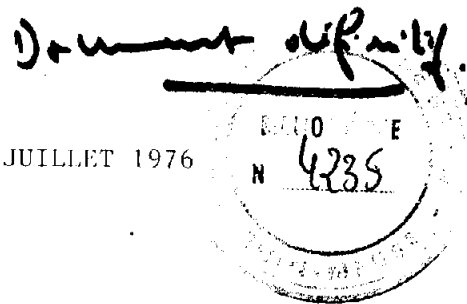


JUILLET 1976



DIVISION "ECHAUFFEMENT ET POLLUTION
DES EAUX ET ECOLOGIE"

6, Quai Watier - 78400. CHATOU.
Tél : 977-02-44.

R. GRAS, P. MARTIN

MODELE DE SIMULATION DU COMPORTEMENT
THERMIQUE DE LA MOSELLE :
AJUSTEMENT ET PREMIERS RESULTATS

Rapport E31-76/N° 18
A.R.D. E3.A22

28 Pages
2 Annexes incluses

Résumé

La présente note présente les bases théoriques, la structure et l'ajustement du modèle de simulation du comportement thermique de la MOSELLE. Les résultats des calculs concernant le tronçon français présentés en seconde partie permettent de préciser l'état thermique actuel de la MOSELLE et de prévoir l'impact sur celui-ci des rejets provenant de la future centrale de CATTENOM, supposée équipée de 4 tranches P.W.R. (2 tranches de 900 MW + 2 tranches de 1300 MW).

S O M M A I R E

	Pages
I - <u>AJUSTEMENT DU MODELE POUR LE TRONCON FRANCAIS</u> <u>(CONFLUENT MEURTHE - FRONTIERE FRANCO-LUXEM-</u> <u>BOURGEOISE)</u>	2
I-1 - <u>Rappels théoriques</u>	
I-1-1 - Evolution de la température d'une masse d'eau	2
I-1-2 - Génération de la température naturelle d'un cours d'eau	3
I-1-3 - Simulation du comportement thermique d'un réseau hydrographique équipé d'un ensem- ble de centrales	4
I-2 - <u>Structures du modèle</u>	5
I-3 - <u>Etude des données de température disponibles :</u>	6
I-4 - <u>Ajustement du modèle</u>	7
1-4-1 - Ajustement de la formule de bouc age du bilan d'énergie.	10
1-4-2 - Ajustement des coefficients d'évaporation	11
1-4-3 - Vérification de l'ajustement sur une année autre que 1973	12
II - <u>RESULTATS DES CALCULS DE SIMULATION POUR LE TRONCON</u> <u>FRANCAIS</u>	13
II-1 - <u>Etat thermique naturel de la MOSELLE</u>	14
II-2 - <u>Etat thermique de la MOSELLE pour l'équipement</u> <u>actuel (1976).</u>	15
II-2-1 - Etude de la température de la MOSELLE à la frontière franco-luxembourgeoise	16
II-2-2 - Etude de l'échauffement au dessus de l'état naturel de la MOSELLE à la fron- tière franco-luxembourgeoise	16

	Pages
II-2-3 - Etudes de deux années particulières (1972,1973) sur données réelles	17
II - 3 - <u>Caractéristiques de la future centrale de CATTENOM</u>	18
II-3-1 Circuits d'eau brute de refroidissement des tranches	18
II-3-2 Principes de fonctionnement	19
II-3-3 Détermination des caractéristiques des rejets des tranches dans la retenue	19
II-3-4 Génération de la température perturbée de la retenue.	21
II - 4 - <u>Effet de la centrale de CATTENOM</u>	22
II-4-1 Etude du gain obtenu par la retenue	22
II-4-2 Etude du surcroît d'échauffement de la MOSELLE à CATTENOM	23
II-4-3 Etude de l'influence de la future centrale de CATTENOM sur l'échauffement de la MOSELLE à la frontière	25
II-4-4 Etat thermique futur de la MOSELLE à la frontière	25
III - CONCLUSIONS	27
<u>A N N E X E S A (INCLUDES)</u>	
	N° d'Annexe
- Calcul des éléments du bilan énergétique	A1
- Tableau des caractéristiques des tronçons du modèle	A2
- Schéma de situation	A3
- Comparaison à METZ des températures calculées avec et sans simulation de la boucle de BLENOD	A4
- Corrélations des chronologies de températures mesurées dans les différentes stations	A5
- Comparaison des températures calculées avec les données des stations météorologiques de NANCY et METZ	A6
- Ajustement du terme de bouclage du bilan d'énergie : écarts moyens mensuels entre température mesurée et calculée	A7
- Détermination de l' ajustement optimal du terme de bouclage du bilan d'énergie.	A8

Dans le cadre du groupe de travail ad hoc "charge en chaleur et en radioactivité de la MOSELLE et de la SARRE" des Commissions Internationales pour la Protection de la MOSELLE et de la SARRE contre la Pollution le Sous-groupe "Calcul de charge thermique et technologie des centrales" a décidé de procéder à l'établissement de modèles de simulation du comportement thermique de la MOSELLE. Dans une première étape, les délégations allemande et française établissent, suivant leurs méthodes habituelles, chacune séparément un modèle. La délégation française a confié cette tâche au Département "Environnement Aquatique et Atmosphérique" de la Direction des Etudes et Recherches d'E.D.F.

La première phase de l'étude, objet du présent rapport, vise à étudier l'état thermique actuel de la MOSELLE à la frontière franco-germano-luxembourgeoise et l'incidence sur celui-ci de la construction de la centrale nucléaire de CATTENOM ; les résultats obtenus au cours de cette étude serviront également aux procédures, internes à la FRANCE, relatives à la centrale de CATTENOM et aux échanges de vue franco-luxembourgeois pour l'examen de la compatibilité des centrales de CATTENOM et de REMERSCHEN.

Dans une seconde phase, ce modèle sera étendu à l'ensemble de la MOSELLE jusqu'à COBLENCE et prendra en compte les centrales éventuelles du LUXEMBOURG et de la République Fédérale d'ALLEMAGNE.

I - AJUSTEMENT DU MODELE POUR LE TRONCON FRANCAIS

(CONFLUENT MEURTHE - FRONTIERE FRANCO LUXEMBOURGEOISE).

I-1 Rappels Théoriques.

I-1-1 Evolution de la température d'une masse d'eau.

La variation de la température d'une masse d'eau résulte des échanges d'énergie entre cette masse et le milieu environnant. Pour une rivière d'une certaine importance, ces échanges d'énergie ont lieu principalement à la surface libre avec l'atmosphère : dans la plupart des cas, les échanges avec le sol sont négligeables. D'autre part, dans une rivière naturelle se produit un brassage continu qui entraîne une homogénéisation des températures dans la masse : au niveau de précision que nous recherchons on pourra considérer que toute section de rivière non perturbée est homogène en température ; s'il n'en est pas ainsi le modèle donnera la température moyenne dans une section.

Si V est le volume de la masse d'eau considérée et S l'aire de la surface libre, le bilan énergétique pendant le temps dt s'écrit alors :

$$\rho c V \frac{dT}{dt} = (RS + RA + P - RE - CV - CE) S \quad (1)$$

où :

- ρ est la masse spécifique de l'eau (kg/m³)
- c est la chaleur spécifique de l'eau (J/kg)
- T est la température de la masse d'eau (°C)
- RS est le flux de chaleur dû au rayonnement solaire (W/m²)
- RA est le flux de chaleur dû au rayonnement atmosphérique (W/m²)
- P est le flux de chaleur artificiel introduit dans la masse d'eau (W/m²)
- RE est le flux de chaleur dû au rayonnement du plan d'eau (W/m²)
- CV est le flux de chaleur dû à la convection (W/m²)
- CE est le flux de chaleur dû à l'évaporation (W/m²)

Le calcul des différents termes entrant dans le bilan énergétique est précisé dans l'annexe A.1. Parmi les termes énumérés ci-dessus, certains dépendent uniquement de la température de la surface du plan d'eau tel que RE , d'autres dépendent en outre de paramètres climatologiques tels que CV et CE , d'autres enfin (RS , RA , P) sont indépendants des conditions thermiques de la masse d'eau.

On notera en outre que les deux termes CV et CE sont calculés par une formule empirique comportant deux coefficients a et b (cf. annexe A.1) ceux-ci ont des valeurs ajustées à chaque cils à l'aide de relevés de température le long de la rivière.

III - CONCLUSIONS

Le modèle mathématique de simulation du comportement thermique la MOSELLE a été établi et ajusté sur le tronçon français (confluent frontière franco-luxembourgeoise).

Son ajustement a été effectué à partir d'observations de tempé in situ en diverses sections (MILLERY, METZ, LA MAXE, PALZEM), après fication de la cohérence et de la validité de ce lot de données. La m utilisée a consisté à rechercher des coefficients d'évaporation et un terme de bouclage du bilan d'énergie tels que les critère glage pris en considération aient des niveaux les plus proches possibl leurs minima. Les formules retenues ont été les suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Coefficient d'évaporation : } e(u) = 0,0025 (1 + u) \\ \text{Terme de bouclage du bilan d'énergie : } R_a = 0,8 \sigma T_a^4 \end{array} \right.$$

Les tronçons luxembourgeois et allemands (frontière franco-luxembourg - confluent RHIN) sont actuellement en cours d'élaboration leur ajustement pourra être effectué dès que l'ensemble des données nécessaires à la simulation sera disponible.

Ce modèle a été utilisé pour effectuer une simulation du comportement thermique du tronçon français de la MOSELLE à l'aide des données hydrométéorologiques enregistrées au cours de la période 1961-1973.

Le tableau ci-dessous fournit une synthèse des principaux résultats obtenus :

Hypothèses	Température à la frontière dépassée durant			Echauffement à la frontière dépassé durant		
	50 % du temps	10 % du temps	1 % du temps	50 % du temps	10 % du temps	1 % du temps
Etat thermique naturel	13 °C	22,5 °C	25,8 °C	-	-	-
Etat thermique pour l'équipement actuel	15 °C	24,1 °C	27 °C	1,8 °C	3 °C	4,5 °C
Etat thermique futur (CATTENOM en fonction)	15,3 °C	24,2 °C	27 °C	1,9 °C	3,1 °C	4,5 °C
centrales amont à 80% de la charge nominale	15,3 °C	24,2 °C	27 °C	1,9 °C	3,1 °C	4,5 °C
centrales amont à l'arrêt	13,3 °C	22,6 °C	26 °C	0,18 °C	0,5 °C	1,2 °C

Les rejets de la centrale de CATTENOM transiteront par une retenue artificielle de volume 7,9 Millions de M³. L'abaissement de leur température du fait de ce transit sera de 4 à 5 °C.

Le surcroît d'échauffement de la MOSELLE à CATTENOM dû à ces rejets restera très limité. Le tableau ci-dessous fournit une synthèse de sa courbe de répartition annuelle.

Hypothèses	Échauffement dépassé durant		
	50 % du temps	10 % du temps	1 % du temps
Les centrales amont fonctionnent à 80 % de leurs charges nominales	0,08°C	0,33°C	0,94°C
Les centrales amont sont supposées à l'arrêt	0,20°C	0,70°C	1,81°C

Dans la première hypothèse, le surcroît d'échauffement de la MOSELLE n'aurait dépassé 1,5°C que durant 4 jours sur les 13 x 365 jours de la période simulée. Les surcroîts d'échauffement les plus importants se produiront durant les mois de Septembre à Décembre, période d'étiage de la MOSELLE.