

Chatou, le 1^{er} juillet 1977

Division "Échauffement et
Pollution des Eaux, Écologie"

6, quai Watier - 78400 CHATOU

Tél. : 977.02.44 (postes : 7304-7609-7611)



n° 4888-1

E. CHALON - D. MOMAL - C. SABATON

EFFETS DE L'ÉCHAUFFEMENT DES EAUX SUR
LE BILAN D'OXYGÈNE DISSOUS DU RHIN

c
Étude préliminaire

Rapport E.31-77/N° 14
Imputation E31 D13
ARD E3D02

15 Pnges
1 Annexe en
Volume séparé

Résumé

L'influence des rejets thermiques des centrales nucléaires de Fessenheim, Philippsburg et Biblis sur le bilan d'oxygène dissous du Kliin est calculée pour un nombre limitc' de situations hydrologiques à l'aide du modèle élémentaire de Çtreeter et Phelpç.

Le calcul montre que, malgré une baisse des teneurs en oxygène dissous, le gain d'auto'épuratim est en été supérieur ou égal à la perte d'oxygène.

TARLC DES MATIÈRES

Pages

NOTATIONS.

CARTE DU RHIN.

1 - <u>INTRODUCTION.</u>	1
2 - <u>MODÈLE DE CALCUL DU BILAN D'OXYGÈNE DISSOUS.</u>	
2.1 - Le modèle élémentaire de Streeter et Phelps	2
2.2 - Découpage du Rhin en biefs de calcul	3
2.3 - Application à un bief de calcul.	3
2.4 - Définition des conditions initiales pour chaque bief de calcul.	5
3 - <u>DONNÉES DE L'ÉTUDE.</u>	6
3.1 - Données géométriques et hydrauliques du Rhin.	6
3.2 - Données de températures du Rhin.	6
3.3 - Données d'oxygène dissous et de demande en oxygène du Rhin.	6
3.4 - Estimation des rejets de matières organiques le long du Rhin en fonction des données démographiques.	6
4 - <u>SÉLECTION DES HYPOTHÈSES ET DES SITUATIONS HYDROLOGIQUES.</u>	6
4.1 - Hypothèses de fonctionnement des trois centrales nucléaires	6
4.2 - Situations hydrologiques.	7
4.3 - Calage du modèle.	7

5 - <u>RÉSULTATS DU CALCUL.</u>	8
5.1 - Présentation des résultats.	8
5.2 - Effets de l'échauffement sur le bilan d'oxygène du Rhin.	9
5.2.1 - Allure des perturbations dues à l'échauffement.	9
5.2.2 - Ordre de grandeur des valeurs maximales des perturbations.	10
5.2.3 - Bilan comparé des pertes d'oxygène dissous et des gains d'autoépuration.	11
6 - <u>CRITIQUE DES RÉSULTATS.</u>	13
6.1 - Validité du calage du modèle de Streeter et Phelps .	13
6.2 - Validité du modèle de Streeter et Phelps.	13
7 - <u>CONCLUSIONS.</u>	14

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

1 - INTRODUCTION

L'impact des rejets de chaleur par les centrales thermiques sur la qualité des eaux d'une rivière revêt des aspects multiples et complexes. L'un d'eux, souvent cité, a trait au processus d'auto-épuration et peut se résumer à la question suivante : quel est l'effet d'un échauffement sur le bilan d'oxygène dissous d'une rivière et sur la dégradation des matières organiques qu'elle transporte ?

Pour tenter de répondre à cette question, trois états du Rhin ont été étudiés :

- un état dit "actuel" (ou "Rhin actuel") dans lequel de nombreuses centrales thermiques sont déjà en fonctionnement ;
- un état aménagé dit "uerturhé 1" ou "hypothèse 1" dans lequel, outre les centrales fonctionnant dans le cas actuel, les centrales nucléaires de Fessenheim en France de Biblis et de Philippsburg en Allemagne sont supposées en service [les charges électriques et les rejets thermiques retenus comme hypothèse sont précisés au paragraphe (4.111) ;
- un état dit "perturbé 2" ou "hypothèse 2" dans lequel le Rhin subit au droit des sites d'implantation des trois centrales précitées un échauffement de 5 °C par rapport au "Rhin actuel".

Le modèle élémentaire de Streeter et Phelps [12] est utilisé dans cette étude pour estimer les variations des concentrations en **oxygène** dissous et en matières organiques biodégradables (DBO₅) qui résultent de l'échauffement du Rhin entre la frontière suisse (Kembs) et la frontière hollandaise (Lobith). Le modèle consiste à faire, en régime permanent, le bilan entre les apports d'oxygène par réaération atmosphérique et les pertes d'oxygène par biodégradation de la matière organique (demande biochimique en oxygène DBO₅) en tenant compte de l'influence de la température sur les cinétiques de la biodégradation et de la réaération atmosphérique, et sur la concentration en oxygène dissous à saturation.

Les calculs sont menés pour quatre situations hydrologiques de l'année 1970 à l'aide des données de la Commission Internationale pour la Protection contre la Pollution du Rhin [3]. La comparaison entre les résultats des calculs menés dans le cas actuel et ceux des calculs menés dans l'hypothèse d'un échauffement du Rhin permet alors de donner, dans la limite de validité du modèle, un ordre de grandeur des effets de l'échauffement sur le bilan d'oxygène dissous.

Le calage du coefficient de biodégradation k_1 (cf. f 4.3) conduit à une formulation empirique de la biodégradation : il n'est alors pas certain que le coefficient de température θ_1 de la formule (2-5) (p. 2) soit celui qui convienne. Ainsi, par exemple, une seule constante de biodégradation k_1 peut correctement représenter une consommation d'oxygène par les bactéries hétérotrophes de la dégradation carbonée et par les bactéries autotrophes de la nitrification alors que les constantes de température θ de ces deux phénomènes sont différentes [6].

Compte-tenu de l'imprécision de la relation (2-4) (p. 2) entre la charge organique totale L_0 et la DBO_5 il n'a pas été tenu compte de l'influence de la température sur la charge organique totale qui aurait pu être évaluée avec une formule du type suivant [7] :

$$L_{T^{\circ}C} = L_{20^{\circ}C} [1 + 0,02(T-20)] \quad (6-1)$$

Parmi les termes négligés dans le modèle de Streeter et Phelps il y a la demande benthique en oxygène et la photosynthèse. Cette dernière mériterait d'être estimée afin de déterminer si elle constitue un terme important du bilan. Dans ce cas il conviendrait en outre de disposer d'une expression correcte de la production photosynthétique en fonction du rayonnement solaire et de la température.

7 - CONCLOSTONS

Le calcul du bilan d'oxygène dissous du Rhin entre les frontières suisse (Kembs) et hollandaise (Lohith) permet d'évaluer les effets de l'échauffement des eaux par les centrales nucléaires de Fessenheim, Philippsburg et Bihlis pour les deux hypothèses retenues.

Pour la première hypothèse de fonctionnement des centrales [Fessenheim 1800 MWe, Philippsburg 860 MWe et Bihlis 1200 MWe] on notera :

- dans un cas d'étiage hivernal, une diminution maximale de la concentration en **oxygène** dissous (observée à Lohith) de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 11 % par rapport à la concentration en oxygène dissous calculée dans le cas non perturbé en période estivale, une diminution maximale (observée à Braubach) de $0,27 \text{ mg.l}^{-1}$, soit 8 % par rapport à la valeur calculée dans le cas non perturbé

- cette **baisse** de la teneur en oxygène dissous dans le Rhin est le résultat de l'augmentation de l'auto-épuration qui se traduit en fin de parcours, à Lohith, par une diminution de la DBO_5 résiduelle de $4,4 \times (0,4 \text{ mg.l}^{-1})$ dans le cas de l'étiage hivernal, et de $6,2 \text{ L } (0,3 \text{ mg.l}^{-1})$ en période estivale ;

- globalement, entre Fessenheim et Lohith, l'échauffement du Rhin permet d'auto-épurer en hiver un surplus de **70 3 80** tonnes par jour de DBO_5 au prix d'une perte de **90** à **110** tonnes par jour de la réserve d'oxygène dissous de la rivière. En été le gain d'auto-épuration de l'ordre de **40** à **60** tonnes par **jour** de DBO_5 est **égal voire** supérieur à la perte d'oxygène qui est de l'ordre de **40** à **50** tonnes par jour.

Dans l'hypothèse fictive où le Rhin est échauffé de **5 °C** à l'aval des trois sites de Fessenheim, Philippsburg et Bihlis, la diminution d'oxygène dissous est maximale au voisinage de Rraubach et est comprise entre **0,9** et **1,3 mg.l⁻¹**. Les gains d'auto-épuration sont alors compris entre **140** et **170** tonnes par **jour** et donc plus ou supérieurs aux pertes correspondantes d'oxygène dissous comprises entre **69** et **160** tonnes par jour.

Ces résultats établis à partir de quatre **cas** hydrologiques de l'année 1970 et à l'aide d'un modèle de calcul rudimentaire ne constituent qu'une première approche du problème. Il conviendrait de reprendre ces calculs avec l'ensemble des données de la Commission Internationale pour la Protection contre la Pollution du Rhin afin d'établir statistiquement un bilan des pertes d'oxygène et des gains d'auto-épuration analogue à celui présenté au paragraphe 5.2.3. Les critiques formulées au paragraphe 6 incitent à améliorer la méthode de calcul c'est-à-dire principalement à faire l'inventaire **des** rejets de pollution le long du Rhin, à tenir compte des processus de photosynthèse et de nitrification, et à rechercher un ajustement du **modèle** séparément **sur** les tronçons Kembs-Braubacli et Braubach-Lohith.