



Environnement
Canada

Environment
Canada



Environnement
Canada
0027411C S

Environnement
Canada

DEVELOPPEMENT DES TECHNIQUES (CANADA,
DIRECTION GENERALE DE LA LUTTE CONTRE
LA POLLUTION DES EAUX)
EPS 4-WP

Traitement par boues activées et au charbon actif des effluents d'une usine de préservation du bois contenant du pentachlorophénol

TD
182
R46
4-WP-80-2



Technologie
Rapport EPS 4-WP-80-2F

Direction générale de la lutte contre la pollution des eaux
Septembre 1981

LES RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports sur le développement des techniques décrivent l'équipement technique, les méthodes ainsi que les résultats des études de laboratoire, des usines-pilotes et des travaux de démonstration ou d'évaluation du matériel. Ils constituent la source principale d'information sur la recherche et les travaux de démonstration du Service de la protection de l'environnement.

Le Service publie nombre d'autres rapports dans les collections suivantes : Règlements, codes et méthodes d'analyse, Politique et planification, Analyse économique et technique, Surveillance, Exposés et mémoires soumis à des enquêtes publiques, Évaluation des incidences sur l'environnement et Guides de formation.

Pour tout renseignement, prière de s'adresser au Service de la protection de l'environnement, ministère de l'Environnement, Hull (Québec), Canada, K1A 1C8.

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Technology Development Reports describe technical apparatus and procedures, and results of laboratory, pilot plant, demonstration or equipment evaluation studies. They provide a central source of information on the development and demonstration activities of the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Regulations, Codes and Protocols; Policy and Planning; Economic and Technical Review; Surveillance; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Hull, Quebec, Canada, K1A 1C8.

7014895E

**TRAITEMENT PAR BOUES ACTIVÉES ET AU CHARBON ACTIF
DES EFFLUENTS D'UNE USINE DE PRÉSERVATION DU BOIS
CONTENANT DU PENTACHLOROPHÉNOL**

P.H.M. Guo, P.J.A. Fowle, V.W. Cairns et B.E. Jank
Centre technique des eaux usées
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada



DREI

Publication distribuée
par le ministère de l'Environnement
Ottawa
K1A 1C8

Édition française de
*Activated Sludge and Activated Carbon Treatment
of a Wood Preserving Effluent Containing Pentachlorophenol*
préparée par le Module d'édition française
du ministère de l'Environnement

©
Ministre des Approvisionnements et Services du Canada 1980
N° de catalogue: EN 43-4/1980-2F
ISBN 0-662-10978-3

REMERCIEMENTS

Les auteurs du présent rapport désirent remercier sincèrement MM. P. Gilbride et S. Farrow de la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited, à Thunder Bay (Ontario) pour l'aide et la collaboration qu'ils ont apportées à leur travail. Ils désirent également remercier M. E. Peterson et M. A. MacDiarmid, de la même compagnie, pour l'aide qu'ils leur ont apportée dans l'exploitation des stations de traitement (unité pilote et unité à l'échelle) au cours de l'étude.

Les auteurs désirent enfin remercier le personnel de la section des services de laboratoire du Centre technique des eaux usées, du Centre canadien des eaux intérieures, Burlington (Ontario), sous la direction de M. K. Conn, pour la précieuse assistance qu'ils ont apportée dans les analyses.

RÉSUMÉ

Un programme de surveillance et de traitement des effluents de la station d'épuration de l'Abitibi-Northern Wood Preservers Limited (Thunder Bay, Ontario) s'est poursuivi durant six mois. Cette firme utilise de la créosote, du pentachlorophénol (P.C.P.) et de l'arséniate de cuivre en présence d'un chromate comme agents de conservation du bois. Après séparation d'avec leur fraction huileuse et stabilisation par aération prolongée des boues activées, les eaux usées ont été débarrassées de la plupart de leurs substances organiques. Le P.C.P. n'ayant toutefois été éliminé qu'à 35 p. 100 en moyenne, l'effluent est demeuré toxique pour la truite arc-en-ciel, ce qui n'a plus été le cas après adsorption sur charbon actif. Ce traitement supplémentaire s'est avéré efficace pour éliminer les substances organiques et le P.C.P.

ABSTRACT

A six-month monitoring and wastewater treatment plant effluent upgrading program was carried out at Abitibi-Northern Wood Preservers Limited, Thunder Bay, Ontario, a plant which preserves wood with creosote, pentachlorophenol (PCP) and chromated copper arsenate (CCA). Treatment of the wastewater, after oil separation and flow equalization by the extended aeration activated sludge process, gave good removal of most organics; however, PCP removal averaged only 35 % and the effluent was toxic to rainbow trout. Treatment of the activated sludge effluent by carbon adsorption resulted in effective PCP removal and non-toxic effluents. Activated carbon treatment of wastewater, after oil separation and flow equalization, gave good removals of organics and PCP.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements		III
Résumé		IV
Liste des figures		VII
Liste des tableaux		IX
Conclusions		XI
1	INTRODUCTION	1
2	ÉQUIPEMENT ET MÉTHODES	2
2.1	Calendrier des expériences	2
2.2	Origine des eaux usées	2
2.3	Système de collecte et de traitement existant	3
2.4	Système-pilote d'adsorption sur charbon	5
2.5	Programme de surveillance	5
2.5.1	Étape 1	5
2.5.2	Étape 2	7
2.5.3	Étape 3	8
2.6	Méthodes d'analyse	8
2.7	Essais biologiques	8
2.7.1	Poissons	8
2.7.2	Essais	9
3	CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES	11
4	PARAMÈTRES D'OPÉRATION DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX	13
4.1	Étape 1	13
4.2	Étape 2	14
4.3	Étape 3	16
5	RÉSULTATS ET ANALYSE	17
5.1	Étape 1	17
5.2	Étude d'adsorption sur charbon en laboratoire	21
5.3	Étape 2	23
5.3.1	Traitement par boues activées	23
5.3.2	Traitement par adsorption sur charbon	28
5.4	Étape 3	31
5.5	Lavage des colonnes	39
5.5.1	Filtre à milieu granulaire	39
5.5.2	Colonnes d'adsorption sur charbon	40
5.6	Résultats des essais biologiques	41
5.6.1	Traitement par boues activées	41
5.6.2	Traitement sur charbon actif	47
Références		49
Annexe I	Données quotidiennes sur les eaux d'entrée et les effluents	51
Annexe II	Conditions d'exploitation	65
Annexe III	Données quotidiennes sur le liquide mixte	71

LISTE DES FIGURES

1	Système existant de collecte et de traitement des eaux usées	4
2	Circuits des opérations des trois étapes de l'expérience	6
3	Données sur la D.B.O. ₅ au cours de la première étape	18
4	Données sur la D.C.O. au cours de la première étape	18
5	Données sur le C.O.T. au cours de la première étape	18
6	Données sur les phénols au cours de la première étape	19
7	Données sur le P.C.P. au cours de la première étape	19
8	Données sur les matières en suspension au cours de la première étape	19
9	Données sur la température au cours de la première étape	20
10	Données sur le pH au cours de la première étape	20
11	Données sur les M.S.L.M. et sur l'oxygène dissous au cours de la première étape	20
12	Isotherme d'adsorption du P.C.P. (Filtrisorb 300)	22
13	Données sur la D.B.O. ₅ au cours de la deuxième étape	24
14	Données sur la D.C.O. au cours de la deuxième étape	24
15	Données sur le C.O.T. au cours de la deuxième étape	25
16	Données sur les phénols au cours de la deuxième étape	25
17	Données sur le pentachlorophénol au cours de la deuxième étape	26
18	Données sur les huiles et les graisses au cours de la deuxième étape	26
19	Données sur les matières en suspension au cours de la deuxième étape	27
20	Données sur les M.S.L.M. et sur l'oxygène dissous au cours de la deuxième étape	27
21	Courbe d'adsorption cumulative pour le C.O.T. et le P.C.P. au cours de la deuxième étape	32
22	Données sur la D.B.O. ₅ au cours de la troisième étape	35
23	Données sur la D.C.O. au cours de la troisième étape	35
24	Données sur le C.O.T. au cours de la troisième étape	35

VIII

25	Données sur les phénols au cours de la troisième étape	35
26	Données sur le P.C.P. au cours de la troisième étape	36
27	Données sur les huiles et les graisses au cours de la troisième étape	36
28	Données sur les matières en suspension au cours de la troisième étape	36
29	Données sur le pH au cours de la troisième étape	36
30	Courbes d'adsorption cumulative pour le C.O.T. et les phénols au cours de la troisième étape	37
31	Courbes d'adsorption cumulative pour la D.B.O. ₅ et la D.C.O. au cours de la troisième étape	37
32	Courbe d'adsorption cumulative pour le P.C.P. au cours de la troisième étape	37
33	Courbe d'adsorption cumulative pour les huiles et les graisses au cours de la troisième étape	37
34	Courbes de lavage du filtre à milieu granulaire au cours de la deuxième étape	38
35	Courbes de lavage du filtre à milieu granulaire au cours de la troisième étape	38
36	Courbes de lavage de la colonne d'adsorption sur charbon au cours de la deuxième étape	42
37	Courbes de lavage de la colonne d'adsorption sur charbon au cours de la troisième étape	42
38	Toxicité du pentachlorophénol pour les jeunes truites arc-en-ciel	46

LISTE DES TABLEAUX

1	Calendrier du programme	2
2	Variations des conditions au cours des essais	10
3	Caractéristiques des eaux usées	11
4	Paramètres d'opération au cours de la première étape de l'expérience	14
5	Paramètres d'opération au cours de la deuxième étape de l'expérience	15
6	Caractéristiques de l'effluent après traitement par boues activées au cours de la première étape	17
7	Caractéristiques de l'effluent après traitement par boues activées au cours de la deuxième étape	28
8	Caractéristiques de l'effluent après traitement par adsorption sur charbon au cours de la deuxième étape	29
9	Adsorption des matières organiques dans la station d'adsorption sur charbon actif au cours de la deuxième étape	30
10	Concentrations moyennes de P.C.P., de C.O.T. et de matières en suspension au cours de la deuxième étape (du 3 mars au 3 avril 1978)	31
11	Caractéristiques de l'effluent du système d'adsorption sur charbon au cours de la troisième étape	33
12	Adsorption des matières organiques par le système d'adsorption sur charbon au cours de la troisième étape	34
13	Toxicité aiguë et caractéristiques chimiques de l'effluent après traitement biologique	43
14	Caractéristiques chimiques moyennes de l'effluent traité biologiquement	45
15	Toxicité aiguë et caractéristiques chimiques de l'effluent traité par boues activées et sur charbon actif au cours de la deuxième étape	48
16	Caractéristiques chimiques moyennes de l'effluent traité par boues activées et sur charbon actif	48

CONCLUSIONS

- 1 Les eaux usées rejetées par la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited ont fait l'objet d'analyses pendant une période de six mois. Ces eaux, après déshuilage, présentaient des propriétés très variables. Les variations des principaux paramètres étudiés étaient les suivants: D.B.O.₅ de 370 mg/l à 3000 mg/l; D.C.O. de 1000 mg/l à 5400 mg/l; C.O.T. de 210 mg/l à 1800 mg/l; phénols de 180 mg/l à 1340 mg/l; pentachlorophénol (P.C.P.) de 0,30 mg/l à 14,9 mg/l; huiles et graisses de 23 mg/l à 210 mg/l; matières en suspension de 6 mg/l à 188 mg/l. Aucun biphényle polychloré (B.P.C.) n'a été décelé dans les eaux usées ($< 0,02 \mu\text{g/l}$).
- 2 Le traitement par boues activées avec aération prolongée des eaux ayant une charge organique variant entre 0,02 kg et 0,06 kg de D.B.O.₅ par kilogramme-jour de M.S.L.M. a permis d'éliminer les composés organiques contenus dans les effluents de l'usine de préservation du bois. Pendant les deux périodes de contrôle, les caractéristiques moyennes de l'effluent étaient les suivantes: D.B.O.₅ de 19 mg/l et 26 mg/l; D.C.O. de 265 mg/l et 300 mg/l; C.O.T. de 31 mg/l et 52 mg/l; phénols de 0,16 mg/l et 0,16 mg/l; P.C.P. de 5,5 mg/l et 3,6 mg/l; matières en suspension de 69 mg/l et 58 mg/l. Les huiles et les graisses, analysées au cours d'une seule période, affichaient une teneur moyenne de 14,5 mg/l. L'effluent de la station de traitement par boues activées était extrêmement toxique pour la truite arc-en-ciel.
- 3 Le traitement par boues activées avec aération prolongée, suivi d'une adsorption sur charbon actif en grains a produit un effluent présentant les caractéristiques suivantes: D.B.O.₅ de 23 mg/l; D.C.O. de 155 mg/l; C.O.T. de 13 mg/l; phénols de 0,08 mg/l; P.C.P. de 0,03 mg/l; huiles et graisses de 6 mg/l; matières en suspension de 16 mg/l. Cet effluent n'était pas toxique pour la truite arc-en-ciel. Le système d'adsorption sur charbon actif n'avait pas atteint le point de saturation après 42 jours de fonctionnement, ce qui équivaut au traitement de 500 fois le volume des bassins des lits bactériens dans le traitement par boues activées.
- 4 Lorsque les eaux usées n'ont été traitées qu'au seul charbon actif, l'effluent présentait les caractéristiques suivantes: D.B.O.₅ de 152 mg/l; D.C.O. de 264 mg/l; C.O.T. de 84 mg/l; phénols de 5,3 mg/l; P.C.P. de 0,02 mg/l; huiles et graisses de 6 mg/l; matières en suspension de 2 mg/l. Le système était saturé en D.B.O.₅, en D.C.O., en C.O.T., et en phénols après huit jours de fonctionnement, ce qui correspond au traitement de 96 fois le volume des bassins d'eaux usées sur la base d'un lit vide.

1 INTRODUCTION

Environnement Canada étudie, à l'heure actuelle, la possibilité d'émettre des règlements et directives relatifs au traitement des eaux usées provenant de l'industrie de la préservation du bois. Pour que de tels règlements et directives puissent être élaborés, il est nécessaire d'établir une base de données en vue de définir la meilleure technologie applicable au traitement des eaux usées provenant des installations de préservation du bois. À cette fin, le Centre technique des eaux usées de Burlington, en Ontario, a lancé un programme exhaustif d'échantillonnage et de contrôle à la station de traitement par boues activées de l'Abitibi-Northern Wood Preservers Limited, Thunder Bay (Ontario).

Ce programme, réalisé du 1^{er} novembre 1977 au 1^{er} mai 1978, comportait trois étapes. La première consistait à évaluer et à perfectionner la station existante (grandeur réelle) de traitement par boues activées. Au cours de la seconde étape, l'effluent du traitement par boues activées était traité une seconde fois sur colonne de charbon actif en grains. Enfin, dans la dernière étape, le traitement par boues activées a été omis et les eaux usées, après séparation des huiles et régularisation du débit, ont été traitées uniquement au charbon actif.

Le but précis de cette étude était de recueillir des informations susceptibles de servir à l'identification des meilleures techniques de traitement des eaux usées provenant des usines de préservation du bois et de fournir une base de données utilisable pour l'élaboration d'une réglementation limitant les rejets de substances nuisibles dans l'environnement.

2 ÉQUIPEMENT ET MÉTHODES

2.1 Calendrier des expériences

Durant la première étape de l'expérience, la station existante de traitement par boues activées a fonctionné six semaines à un débit de $13 \text{ m}^3/\text{d}$. Comme l'effluent obtenu était extrêmement toxique, une station-pilote de traitement au charbon actif a été installée, pour la deuxième étape, afin d'assurer un traitement supplémentaire de l'effluent du système biologique. Bien que le traitement biologique ait fonctionné au même débit que pendant la première étape, les colonnes de charbon actif ne fonctionnaient qu'à raison de $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$. Comme l'adsorption sur charbon actif désintoxiquait efficacement l'effluent, nous avons tenté de déterminer s'il était possible de traiter les eaux usées en utilisant seulement le système au charbon actif et en délaissant le traitement biologique. Ainsi, au cours de la dernière étape de l'étude, les eaux usées, après séparation des huiles et régularisation du débit, ont été traitées directement dans le système d'adsorption sur charbon, au même débit qu'à la deuxième étape (soit $0,6 \text{ m}^3/\text{d}$). Le calendrier des expériences est donné au tableau 1.

TABLEAU 1 Calendrier du programme

Étape	Durée de traitement	Type de traitement	Débit d'alimentation (m^3/d)
1	1 ^{er} nov. au 16 déc. 1977	Boues activées	13
2	3 mars au 13 avril 1978	Boues activées suivies d'une adsorption sur charbon actif	13 (boues activées) 0,6 (charbon actif)
3	20 avril au 1 ^{er} mai 1978	Charbon actif	0,6

2.2 Origine des eaux usées

La compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited de Thunder Bay en Ontario procède à la préservation de différents produits en bois, comme des poteaux de téléphone, traverses de chemin de fer et poutres destinées à la construction de quais et de

plates-formes. Trois stabilisants différents sont utilisés dans le procédé de préservation: le pentachlorophénol (P.C.P.), la créosote, et l'arséniate de cuivre et de chrome (A.C.C.). Les pylônes électriques sont traités avec du P.C.P., les traverses de chemin de fer avec de la créosote et les poutres destinées à la construction de quais et de plates-formes avec du A.C.C. Le conditionnement et le traitement du bois se font dans trois autoclaves: deux d'entre eux servent au traitement à la créosote, et le troisième sert au traitement au P.C.P. ou au A.C.C. L'usine traite environ 196 000 m³ de bois par année.

L'effluent rejeté par l'usine est le condensat produit pendant le conditionnement à la vapeur. Ce condensat est contaminé par des produits d'extraction du bois qui sont hydrosolubles, notamment par des hydrates de carbone. Comme le conditionnement et le traitement se font dans le même autoclave, le condensat produit par un traitement faisant appel à des produits de préservation solubles dans l'huile, à la créosote et au P.C.P. est fortement contaminé. Cela n'est pas le cas avec le traitement au A.C.C., car les produits de préservation hydrosolubles sont évacués du bassin et récupérés en entier. Les condensats produits par le conditionnement après un traitement au A.C.C. peuvent contenir des traces de chrome, de cuivre et d'arsenic mais sont généralement considérés comme non contaminés par les produits de préservation.

2.3 Système de collecte et de traitement existant

On trouvera à la figure I un schéma du système de collecte et de traitement des eaux usées. Les procédés à la créosote et au P.C.P. produisent en moyenne 13 m³/d d'eaux usées. Les vieilles eaux de refroidissement sont rejetées dans le lac Supérieur. Les eaux usées rejetées du procédé de traitement du bois sont d'abord recueillies dans une fosse de béton, puis pompées jusqu'à un bassin de séparation des huiles où les huiles flottantes sont récupérées. Les eaux s'écoulent ensuite par gravité dans un autre bassin de séparation des huiles, double cette fois-ci, et les huiles lourdes décantées sont retenues dans la première cellule. Le trop-plein est recueilli dans la seconde cellule et pompé dans le premier bassin du système de régularisation du débit, bassin de retenue d'une capacité de 14,1 m³. Ce bassin était à l'origine conçu pour emmagasiner les boues excédentaires produites par le traitement par boues activées. Mais, comme l'accumulation de boues est négligeable, le bassin a vu sa vocation changer et sert maintenant de bassin de retenue des liquides; il vient ainsi augmenter la capacité de l'installation originale de régularisation du débit. Les deux bassins sont reliés en série et offrent un volume de travail total de 34,2 m³.

La température des eaux usées est maintenue entre 29 °C et 40 °C par injection de vapeur. Après ajustement continu du pH à l'aide de NaOH et étalonnage continu du

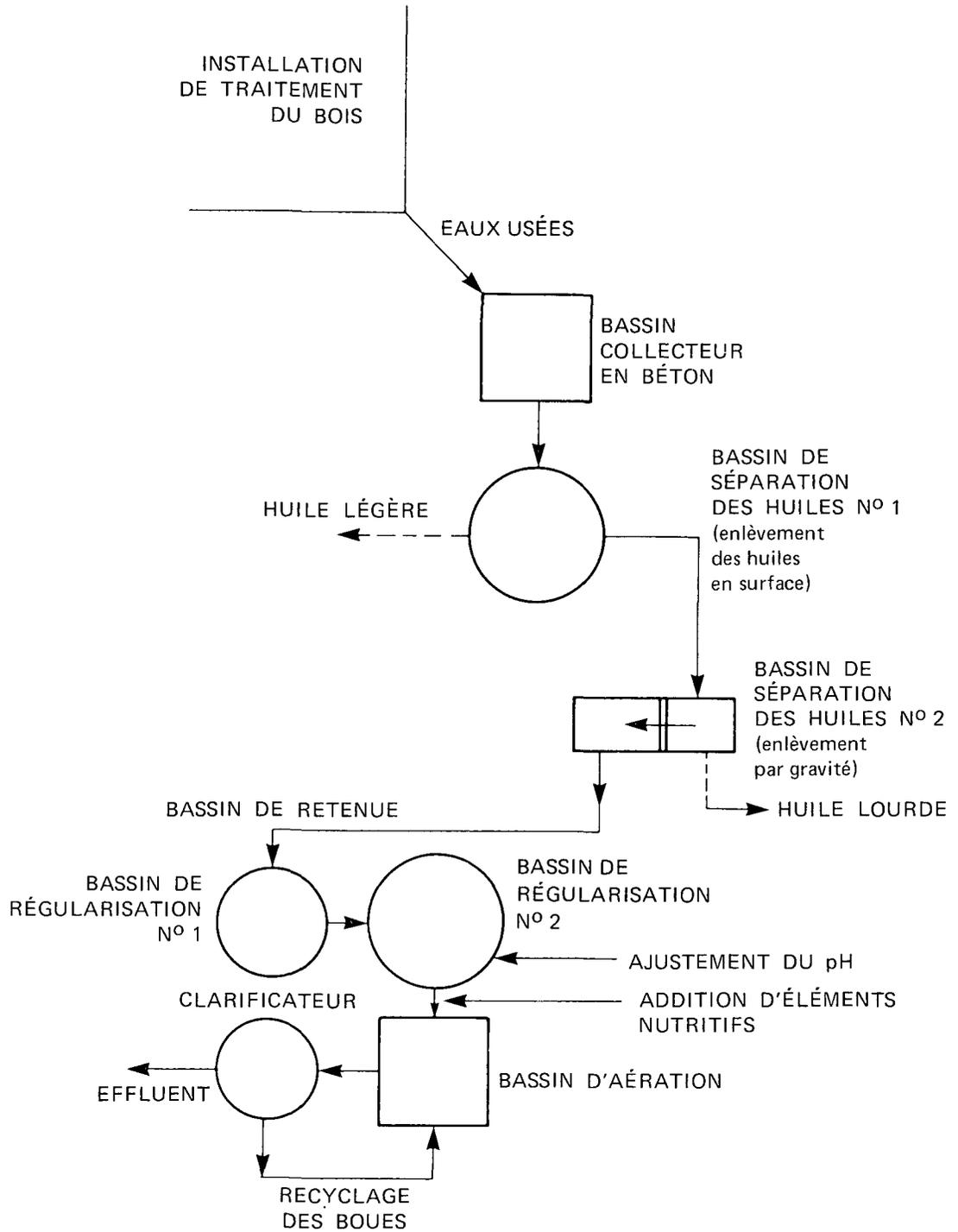


FIGURE 1 SYSTÈME EXISTANT DE COLLECTE ET DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

NH_4OH et du H_3PO_4 utilisés comme éléments nutritifs, les eaux usées sont pompées dans un bassin à charge constante qui alimente le bassin d'aération à un débit constant. Les doses de NH_4OH et de H_3PO_4 sont déterminées de façon à obtenir un rapport entre la D.B.O.₅, l'azote et le phosphore de 100/5/1 dans les eaux usées.

Le bassin d'aération, d'une capacité de $36,6 \text{ m}^3$, est pourvu d'un aérateur Simcar de 1,4 m de diamètre, actionné par un moteur de 3,8 kW. Les matières en suspension de la liqueur mixte s'écoulent par gravité vers un clarificateur de $3,8 \text{ m}^3$ et l'effluent clarifié est déversé dans le port. Le clarificateur est pourvu d'un mécanisme de raclage des boues. La boue décantée est constamment retournée au bassin d'aération au moyen d'une pompe centrifuge. L'ajustement ultérieur du pH à l'aide de chaux est effectué par addition directe du réactif dans le bassin d'aération, trois fois par semaine.

2.4 Système-pilote d'adsorption sur charbon

Le système d'adsorption sur charbon utilisé aux étapes 2 et 3 de l'expérience comporte trois colonnes en P.V.C. de 100 mm de diamètre et 3 m de hauteur, précédées par un filtre à milieu granulaire, une colonne en P.V.C. de 100 mm de diamètre et de 1,5 m de hauteur. Ces colonnes fonctionnent en série et sont alimentées de haut en bas. Le filtre à milieu granulaire contient 11 kg d'anthracite, milieu filtrant qui occupe 1 m de la colonne. Chacune des trois colonnes d'adsorption sur charbon contiennent 6,8 kg de charbon actif granulaire Filtrasorb 400* qui remplissent les colonnes jusqu'à une profondeur de 2,1 m. Les diagrammes d'écoulement pour les trois phases de l'expérience sont illustrés à la figure 2.

2.5 Programmes de surveillance

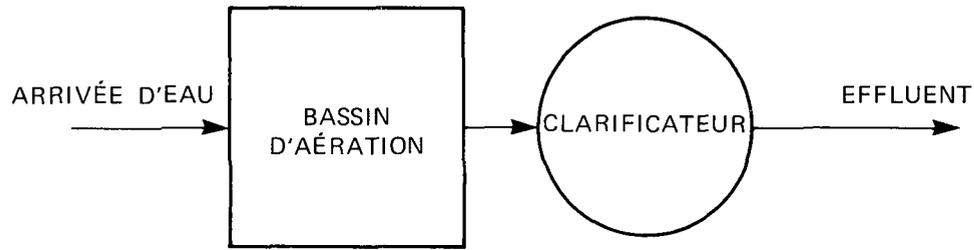
Les prochaines sections traitent du programme de surveillance de chacune des étapes de l'expérience.

2.5.1 ÉTAPE 1

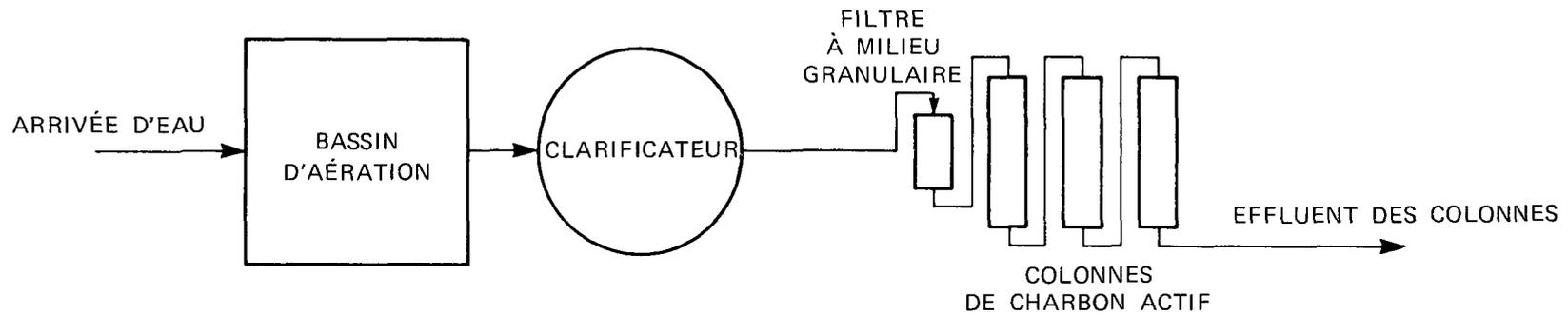
Au cours de la première étape, le contrôle de l'efficacité du traitement par boues activées s'est effectué de la façon suivante:

- a) Prélèvement d'échantillons composés de 24 heures dans les eaux d'entrée et dans l'effluent, cinq jours par semaine. La demande chimique en oxygène (D.C.O.), la demande biochimique de cinq jours en oxygène (D.B.O.₅), le pH,

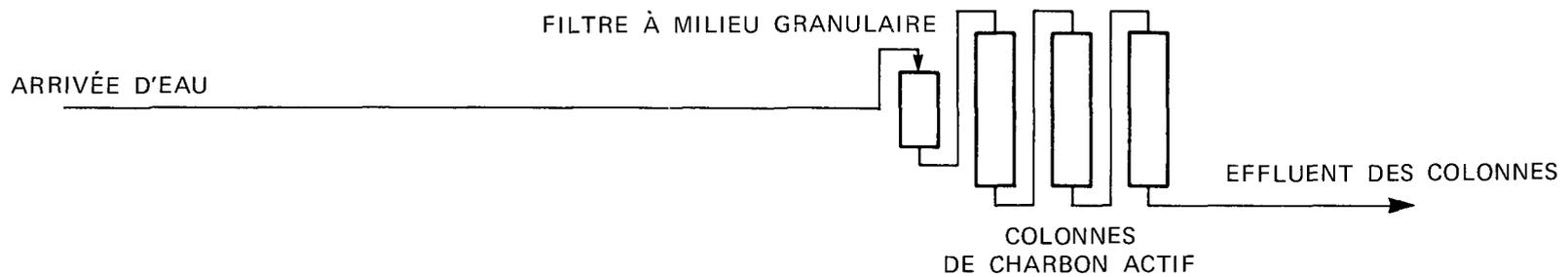
* Calgon Corporation, C.P. 1346, Pittsburgh, Pa. 15230.



ÉTAPE 1 - TRAITEMENT PAR BOUES ACTIVÉES



ÉTAPE 2 - TRAITEMENT PAR BOUES ACTIVÉES ET AU CHARBON ACTIF



ÉTAPE 3 - TRAITEMENT AU CHARBON ACTIF

FIGURE 2 CIRCUITS DES OPÉRATIONS DES TROIS ÉTAPES DE L'EXPÉRIENCE

ainsi que les teneurs en azote Kjeldahl total (N.K.T.), en phosphore total (P.T.) et en matières en suspension (M.S.) ont été déterminées à l'aide d'échantillons non filtrés. Les teneurs en ammoniac-azote ($\text{NH}_3 - \text{N}$) et en carbone organique total (C.O.T.) ont été déterminées à l'aide d'échantillons filtrés.

- b) Prélèvement d'échantillons instantanés trois ou quatre fois par semaine en vue de déterminer les teneurs en huile et en graisse, en phénols, en P.C.P. et en biphényles polychlorés (B.P.C.).
- c) Mesure quotidienne sur place du pH et de la température des eaux d'entrée, de l'effluent et de la liqueur mixte, et détermination de la teneur en oxygène dissous de la liqueur mixte et de l'indice du volume des boues (I.V.B.).
- d) Prélèvement d'un échantillon de l'effluent une ou deux fois par semaine en vue d'effectuer un essai de toxicité sur la truite arc-en-ciel.
- e) Mesure quotidienne du débit des eaux d'entrée et des boues en retour.

2.5.2 ÉTAPE 2

La station de traitement par boues activées a fait l'objet d'une surveillance sept jours par semaine, de la façon décrite à la section 2.5.1, à l'exception de l'essai de toxicité, qui n'a été effectué que cinq jours par semaine. Soulignons que les analyses des B.P.C. n'ont pas été effectuées au cours des étapes 2 et 3 puisqu'aucun B.P.C. n'a été décelé durant la première étape. L'unité de traitement par adsorption sur charbon actif a été contrôlée de la façon suivante:

- a) Prélèvement quotidien d'échantillons composés de l'effluent de la dernière colonne aux fins d'analyses du pH, du P.C.P., de la D.B.O.₅, de la D.C.O., du N.K.T., du phosphore total et des matières en suspension sur échantillons non filtrés et aux fins d'analyses du C.O.T. et de l'ammoniac sur échantillons filtrés.
- b) Prélèvement quotidien d'échantillons instantanés au même point de prélèvement qu'en (a) en vue d'une analyse des phénols, des huiles et des graisses et d'un test de toxicité.
- c) Prélèvement quotidien d'échantillons instantanés de l'effluent du filtre à milieu granulaire en vue d'une analyse du C.O.T. du P.C.P. et des matières en suspension.
- d) Prélèvement quotidien d'échantillons composés de l'effluent de la première et de la deuxième colonne de charbon actif en vue d'une analyse du C.O.T., du P.C.P. et des matières en suspension.

- e) Mesure quotidienne du débit et de la baisse de pression dans les colonnes de charbon. Lorsque la colonne est lavée à contre-courant, des échantillons sont prélevés à intervalles d'une minute en vue d'une analyse du P.C.P. et des matières en suspension.

2.5.3 ÉTAPE 3

Au cours de la dernière étape, étant donné que les eaux non traitées passaient directement dans le système d'adsorption sur charbon actif, la station de traitement par boues activées n'a pas fait l'objet d'une surveillance. Le programme de contrôle du système d'adsorption sur charbon était identique à celui qui est décrit à la section 2.5.2, sauf pour ce qui est du test de toxicité. Au cours des douze jours qu'a duré l'expérience, seulement deux échantillons ont été prélevés pour être soumis à des bio-essais.

2.6 Méthodes d'analyse

La D.B.O.₅, la D.C.O. ainsi que les concentrations de phénols, d'huiles et de graisses ont été déterminées suivant les méthodes décrites dans les Standard Methods (A.P.H.A., 1971). La mesure de la teneur en matières en suspension des eaux d'entrée, de l'effluent et de la liqueur mixte a été effectuée à l'aide de papier filtre en fibre de verre G.F./A. Les concentrations de phosphore total, de l'ammoniac et du N.K.T. ont été évaluées par la méthode colorimétrique chimique en milieu humide, établie par la Technicon Instruments Corporation. La concentration de P.C.P. a été évaluée à l'aide de la méthode décrite dans le Analytical Methods Manual (1974).

2.7 Essais biologiques

2.7.1 POISSONS

Des essais biologiques ont été effectués avec des jeunes truites arc-en-ciel (Salmo gairdneri) pesant en moyenne 2,7 g et dont le coefficient moyen de condition ($100 \times \text{poids}/\text{longueur}^3$) était de 1,4. Les poissons provenaient de la pisciculture de Goossens à Otterville en Ontario et ont été gardés au laboratoire des bio-essais du Centre technique des eaux usées pendant un minimum de quatre semaines avant les essais. Pendant ce temps, les truites ont été conservées à $15^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ dans l'eau municipale déchlorée de Burlington, la photopériode étant de quatorze heures de lumière et dix heures d'obscurité, et ont été nourries quotidiennement d'une ration de comprimés Silver Cup équivalant à 3 p. 100 de leur poids. La mortalité dans les bassins a été négligeable pendant cette période.

2.7.2 ESSAIS

La toxicité létale aiguë de l'effluent de la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited a été déterminée à l'aide de la méthode d'essai réglementaire actuellement reconnue par le Service de la protection de l'environnement. Des échantillons de 20 litres d'effluent ayant reçu un traitement biologique et de 60 litres d'effluent ayant reçu et un traitement biologique et un traitement au charbon actif ont été transportés par avion. À leur arrivée au Centre technique des eaux usées, ces échantillons ont été mélangés, et de nouveaux échantillons ont été prélevés pour mesurer la teneur en Cu total, en As^{+3} , en Cr total et en P.C.P., et la température a été ajustée à $15\text{ }^{\circ}C \pm 1\text{ }^{\circ}C$. Les essais ont commencé moins de quarante-huit heures après le prélèvement des échantillons.

Le contrôle habituel de la qualité de l'effluent s'est fait à l'aide d'essais en conditions statiques d'une durée de 96 heures au cours desquels cinq truites arc-en-ciel ont été exposées à une seule concentration d'effluent à 100 p. 100. Tous les essais ont été effectués à $15\text{ }^{\circ}C \pm 1\text{ }^{\circ}C$, l'eau étant aérée à raison de 6 cc/l . mn d'air afin de maintenir la concentration d'oxygène dissous au-dessus de 7,0 mg/l. Le pH des échantillons n'a pas été ajusté. Le rapport entre le volume de l'effluent et le poids des poissons s'élevait en moyenne à 0,4 l/gal . d dans le cas des échantillons traités biologiquement, et de 1,0 l/gal . d dans le cas des échantillons ayant subi un traitement biologique ainsi qu'un traitement au charbon actif. Lorsqu'il fallait obtenir des informations plus précises, on s'est servi de la C.L.₅₀ en 96 heures à partir d'une gamme de cinq concentrations d'effluent. La C.L.₅₀ en 96 heures est la concentration d'un effluent donné qui tue 50 p. 100 des poissons exposés en 96 heures; dans la présente étude, cette concentration a été calculée avec la méthode de Litchfield et Wilcoxon (1949).

Un essai biologique avec remplacement en conditions statiques a été utilisé pour déterminer la C.L.₅₀ en 96 heures du pentachlorophénol dans l'eau déchlorée. Les poissons ont été exposés à sept concentrations de pentachlorophénol variant entre 500 $\mu\text{g/l}$ et 23 $\mu\text{g/l}$. Les solutions étaient renouvelées toutes les 24 heures de façon à conserver un rapport volume/poids de 0,8 l/gal . d. Dix poissons ont été exposés à chaque concentration; les solutions étaient aérées à raison de 6 cc d'air par litre-minute. Les conditions dans lesquelles ont été effectuées les essais sont décrites au tableau 2.

TABLEAU 2 Variations des conditions au cours des essais

Essai	Oxygène dissous (mg/l)	pH	Température (°C)
Effluent (traitement biologique)	7,0 - 9,5	6,4 - 8,3	14 - 15
C.L. ₅₀ en 96 h de l'effluent (traitement biologique)	8,0 - 9,3	7,3 - 8,1	14 - 15
Effluent (traitement biologique et traitement au charbon actif)	7,0 - 9,5	6,9 - 8,6	14 - 15
Pentachlorophénol et eau	7,5 - 9,0	7,5 - 8,0	14 - 15

3 CARACTÉRISTIQUES DES EAUX USÉES

Comme nous l'avons déjà dit, le même autoclave sert, dans l'usine, au conditionnement et au traitement du bois; par conséquent; les principaux polluants des eaux étaient la créosote, l'huile, le goudron et le pentachlorophénol. Les caractéristiques moyennes des eaux usées pour les trois étapes de l'expérience sont données au tableau 3. Les valeurs quotidiennes des paramètres des eaux usées sont présentées à l'annexe I. Soulignons que pendant les étapes 1 et 2, les eaux d'entrée de la station de traitement biologique avaient déjà subi un déshuilage, un ajustement du pH, une adjonction d'éléments nutritifs et une régularisation du débit. À la troisième étape de l'expérience, les eaux brutes entraient directement dans l'unité d'absorption sur charbon sans ajustement du pH ou ajout d'éléments nutritifs; par conséquent, les valeurs du pH, de l'ammoniac-azote, de l'azote Kjeldahl total et du phosphore total étaient inférieures à celles des étapes 1 et 2.

Comme nous le voyons au tableau 3, la concentration des eaux usées au cours des deuxième et troisième étapes de l'expérience était de beaucoup supérieure à celle de la

TABLEAU 3 Caractéristiques des eaux usées*

Paramètre	Étape 1		Étape 2		Étape 3	
	Moy.	Gamme	Moy.	Gamme	Moy.	Gamme
pH		7,5 - 10,5		8,0 - 9,2		4,0 - 5,6
D.B.O. ₅	570	370 - 820	1 400	700 - 3 000	1 500	1 100 - 1 700
D.C.O.	1 330	1 000 - 1 700	2 800	1 830 - 5 400	3 050	2 800 - 3 400
C.O.T.	350	210 - 470	900	520 - 1 800	1 070	790 - 1 400
Phénols	225	180 - 290	570	250 - 1 340	700	540 - 840
P.C.P.	8,4	5,2 - 11,5	8,5	3,7 - 14,9	0,44	0,30 - 0,55
Huiles et graisses			95	23 - 210	60	23 - 100
NH ₃ - N	13,1	2,0 - 49,0	29,7	4,8 - 85	4,5	1,8 - 11,0
Azote Kjeldahl total	26,0	11,6 - 53,1	46,4	15,9 - 93	27,8	8,5 - 34,7
Phosphore total	16,1	1,3 - 40,0	6,0	1,5 - 16,0	0,4	<0,1 - 1,9
Matières en suspension	41	23 - 69	56	11 - 188	25	6 - 83
Température	35	29 - 40	37	32 - 41	34	31 - 38

* Toutes les données sont en milligrammes par litre, sauf celles du pH et de la température, qui sont exprimées en unités de pH et en degrés Celsius.

première étape. Cela peut s'expliquer par le fait que, pendant les deux dernières étapes, la plupart du bois conditionné et traité était vert, ce qui a entraîné le lessivage d'un plus grand nombre de matières organiques provenant du bois. Comme aucun P.C.P. n'a été utilisé dans l'usine de traitement du bois au cours de la troisième étape, sa concentration dans les eaux usées a baissé considérablement.

En se basant sur les valeurs données au tableau 3, le rapport entre la D.B.O.₅, l'azote et le phosphore était de 100/5/3 à la première étape de l'expérience. Compte tenu du rapport de 100/5/1 jugé optimal pour le traitement biologique, il semble donc que, si l'apport en azote était suffisant, l'apport en phosphore était excessif. Pendant la seconde étape de l'expérience, la dose de phosphore a donc été réduite et le rapport entre la D.B.O.₅ et le phosphore a été abaissé à 100/1. Par contre, à cause d'une augmentation de la concentration organique, le rapport entre la D.B.O.₅ et l'azote est passé à 100/4 au cours de la deuxième étape de l'expérience. Aucun problème de fonctionnement n'est survenu dans la station de traitement par boues activées pendant cette étape, même si le rapport entre la D.B.O.₅ et l'azote était inférieur au rapport jugé optimal.

4 PARAMÈTRES D'OPÉRATION DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX

4.1 Étape 1

Pendant cette première étape de l'expérience, le débit des eaux usées entrant dans la station de traitement par boues activées a été maintenu constant à $13 \text{ m}^3/\text{d}$, ce qui correspond à un temps de retenue de 2,8 jours dans le bassin d'aération. Avant de commencer l'étude, la station de traitement fonctionnait à raison d'une concentration de 11 300 mg de M.S.L.M. par litre et d'un taux de retour des boues de 550 p. 100 des eaux entrantes. L'addition de produits chimiques pour l'ajustement du pH et l'apport en éléments nutritifs a été effectuée de façon discontinue tous les deux jours. Comme, après les deux premières semaines d'étude, la teneur en matières solides de l'effluent était très élevée et extrêmement toxique pour la truite arc-en-ciel, les modifications suivantes ont dû être apportées afin d'améliorer les conditions d'exploitation de la station de traitement:

- a) réduction à environ 7000 mg/l de la concentration de M.S.L.M. dans le bassin d'aération,
- b) ajustement du pH et addition d'éléments nutritifs de façon continue,
- c) diminution du taux de retour des boues à 125 p. 100 des eaux entrantes.

Les dates auxquelles ont été effectués ces changements majeurs sont données dans l'annexe II. Les paramètres d'opération de la station de traitement, avant et après les modifications, sont donnés au tableau 4. Les données quotidiennes sur le liquide mixte sont présentées à l'annexe III.

La charge en matières organiques, avant et après les modifications apportées au processus, était respectivement de 0,02 kg et de 0,03 kg de D.B.O.₅ par kilogramme-jour de M.S.L.M. ce qui signifie que la station fonctionnait comme une station de traitement par boues activées avec aération prolongée. Le pH du bassin d'aération a varié entre 4,9 et 6,2 avant l'addition continue de NaOH, et entre 6,3 et 7,3 pendant l'addition. Au cours de la période d'échantillonnage, la concentration d'oxygène dissous a fluctué de 1,7 mg/l à 4,7 mg/l, soit une moyenne de 3,7 mg/l. La température de la liqueur mixte a varié de 23 °C à 31 °C, soit une moyenne de 28 °C.

Les paramètres de travail du clarificateur pour les deux pourcentages de retour des boues utilisés sont également présentés au tableau 4. L'abaissement de ce taux de 550 p. 100 à 125 p. 100 des eaux entrantes a accru le temps de retenue dans le clarificateur de 1 h 6 mn à 3 h 6 mn, les charges superficielles correspondantes étant

TABLEAU 4 Paramètres d'opération au cours de la première étape de l'expérience

	Avant modifications	Après modifications
Bassin d'aération		
Débit (m ³ /d)	13	13
M.S.M.L. (mg/l)	11 300	7 000
Temps de retenue (d)	2,8	2,8
Charge en matières organiques (kg de D.B.O. ₅ /kg.d de M.S.L.M.)	0,02	0,03
Oxygène dissous (mg/l)	1,7 - 4,7	1,7 - 4,7
Température (°C)	23 - 31	23 - 31
pH	4,9 - 6,2	6,3 - 7,3
Taux de retour des boues (% des eaux entrant dans la station)	550	125
Clarificateur		
Temps de retenue (h)*	1,1	3,1
Charge superficielle* (m ³ /m ² .d)	40,6	14,1
Charge en matières solides* (kg/m ² .d)	490	104

* Y compris le retour des boues.

respectivement de 40,6 m³/m².d et 14,1 m³/m².d. La charge en matières solides du clarificateur était de 490 kg/m².d avant modifications, et après modifications, elle a été réduite à 104 kg/m².d.

4.2 Étape 2

Les paramètres d'opération moyens de la station de traitement par boues activées au cours de la deuxième étape sont présentés au tableau 5. Le débit des eaux entrant dans la station est le même que pendant l'étape précédente. La concentration en M.S.L.M. s'élevait en moyenne à 8700 mg/l. L'addition d'éléments nutritifs et l'ajustement du pH ont été effectués de façon continue comme au cours de la première étape. Le taux de retour des boues a atteint 125 p. 100 des eaux d'entrée.

TABLEAU 5 Paramètres d'opération au cours de la deuxième étape de l'expérience

A. Station de traitement par boues activées	
BASSIN D'AÉRATION:	
Débit (m^3/d)	13
M.S.L.M. (mg/l)	8700
Temps de retenue (d)	2,8
Charge organique (kg de D.B.O. ₅ /kg.d de M.S.L.M.)	0,06
Température (°C)	23 - 31
pH	6,8 - 7,8
Taux de retour des boues (pourcentage des eaux d'entrée)	125
Oxygène dissous (mg/l)	0,7 - 2,4
CLARIFICATEUR:	
Temps de retenue (h) ^a	3,1
Charge superficielle ($m^3/m^2.d$) ^a	14,1
Charge de matières solides ($kg/m^2.d$) ^a	129
B. Filtre à milieu granulaire	
Débit (m^3/d)	0,6
Charge hydraulique ($m^3/m^2.d$)	76
Temps de contact (h) ^b	0,31
Charge de matières solides ($kg/m^2.d$) ^c	7,4
Charge de matières solides ($kg/m^2.d$) ^d	23,7
C. Station de traitement au charbon actif	
Débit (m^3/d)	0,6
Charge hydraulique ($m^3/m^2.d$)	76
Temps de contact (h) ^b	2,0
Charbon: Filtrasorb 400	
Taille effective des grains de charbon (mm)	0,55 - 0,65
Coefficient d'uniformité	1,9

^a Y compris le retour des boues.

^b Compte tenu d'un lit vide.

^c Avant le 3 avril.

^d Après le 4 avril.

La concentration accrue des eaux usées brutes au cours de cette étape a fait augmenter la charge organique à 0,06 kg de D.B.O.₅ par kilogramme-jour de M.S.L.M.; le système fonctionnait donc encore comme une station de traitement par boues activées avec aération prolongée. Le pH du bassin d'aération a varié entre 6,8 et 7,8. Le taux d'oxygène dissous a fluctué entre 0,7 mg/l et 2,4 mg/l, pour une moyenne de 1,5 mg/l, ce qui est considérablement inférieur aux taux observés au cours de la première étape de l'expérience. Ce phénomène est attribuable à l'augmentation de la charge organique provoquée par l'augmentation de la concentration des eaux brutes. La température dans le bassin d'aération a varié de 23 °C à 31 °C, pour une moyenne de 27 °C.

Le temps de retenue et la charge superficielle dans le clarificateur sont demeurés identiques à ceux de la première étape. Le clarificateur a fonctionné à raison d'une charge en matières solides de 129 kg/m².d.

Les paramètres de travail de la station d'adsorption sur charbon sont présentés au tableau 5. Le débit d'entrée dans les colonnes atteignait 0,6 m³/d ou 4,6 p. 100 du débit total de la station. La charge hydraulique s'élevait donc à 76 m³/m².d et le temps de contact, à deux heures (compte tenu d'un lit vide).

4.3 Étape 3

Avant de passer à cette dernière étape, le filtre à milieu granulaire et les trois colonnes d'adsorption sur charbon ont été rechargés avec de l'antracite et du charbon actif vierges. Les eaux brutes ont été envoyées directement dans la station de traitement au charbon actif à raison de 0,6 m³/d. La charge hydraulique et le temps de contact étaient identiques à ceux du système au charbon utilisé dans la deuxième étape; les chiffres à ce sujet sont présentés au tableau 5. Les paramètres d'opération du filtre à milieu granulaire étaient également les mêmes que ceux de l'étape 2, sauf en ce qui a trait à la charge en matières solides qui a été réduite à 3,2 kg/m².d à cause de la concentration plus faible en matières en suspension des eaux entrant dans le filtre.

5 RÉSULTATS ET ANALYSE

5.1 Étape 1

Les résultats obtenus dans la station de traitement par boues activées au cours de la première étape sont présentés au tableau 6. Un problème inhérent à la méthode d'analyse nous a empêché d'obtenir des données pour les huiles et les graisses au cours de cette étape. Les résultats quotidiens sont présentés aux figures 3 à 11 et dans l'annexe I. Comme en témoignent les chiffres présentés aux tableaux 3 et 6, les composés phénoliques sont passés de 225 mg/l à 0,16 mg/l, ce qui équivaut à une élimination supérieure à 99 p. 100. L'élimination de la D.B.O.₅, de la D.C.O. et du C.O.T. a atteint 80 p. 100 à 97 p. 100. Seulement 35 p. 100 du P.C.P. ont pu être éliminés; la concentration moyenne de ce produit dans l'effluent s'est élevée à 5,5 mg/l. L'élimination du P.C.P. à l'aide du traitement par boues activées n'a pas été aussi complète que dans l'expérience faite par Etzel et Kirsch (1975); ceux-ci ont en effet obtenu une dégradation biologique du P.C.P. de 20 mg/l à < 0,2 mg/l à 1,9 mg/l avec divers échantillons de P.C.P.

TABLEAU 6 Caractéristiques de l'effluent après traitement par boues activées au cours de la première étape*

Paramètre	Moyenne	Variation	Pourcentage d'élimination
pH		7,1 - 7,2	
D.B.O. ₅	19	9 - 41	97
D.C.O.	265	200 - 450	80
C.O.T.	31	13 - 54	91
Phénol	0,16	0,09 - 0,53	> 99
P.C.P.	5,5	0,79 - 8,6	35
NH ₃ - N	1,8	< 0,1 - 9,0	86
Azote Kjeldahl total	12,0	3,5 - 23,3	55
Phosphore total	15,8	3,3 - 21,8	2
Matières en suspension	69	32 - 112	
Température	27	22 - 31	

* Toutes les données sont en milligrammes par litre sauf celles du pH et de la température qui sont exprimées en unités de pH et en degrés Celsius. Ces données couvrent la période du 2 novembre au 9 décembre.

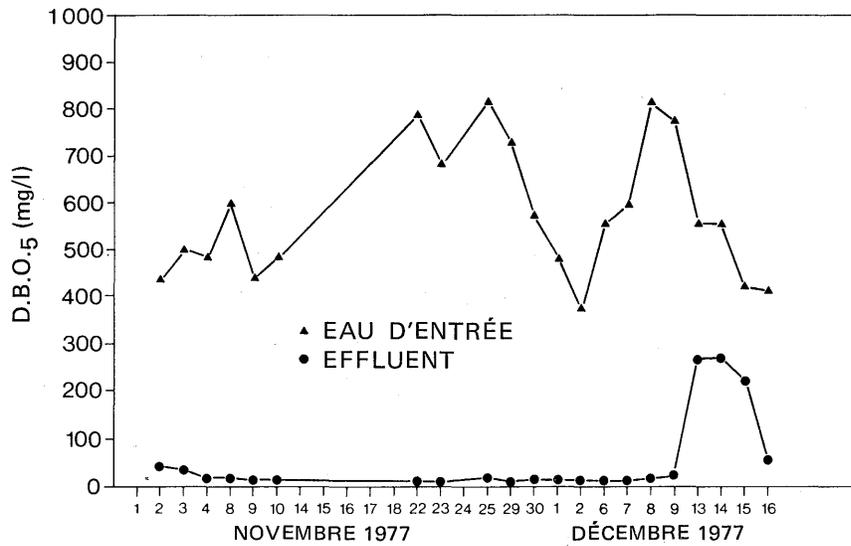


FIGURE 3 DONNÉES SUR LA D.B.O.₅ AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

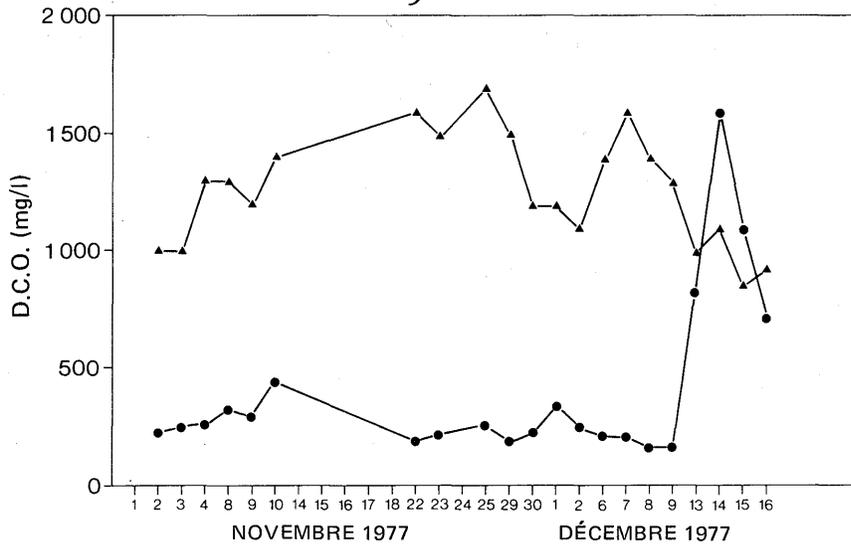


FIGURE 4 DONNÉES SUR LA D.C.O. AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

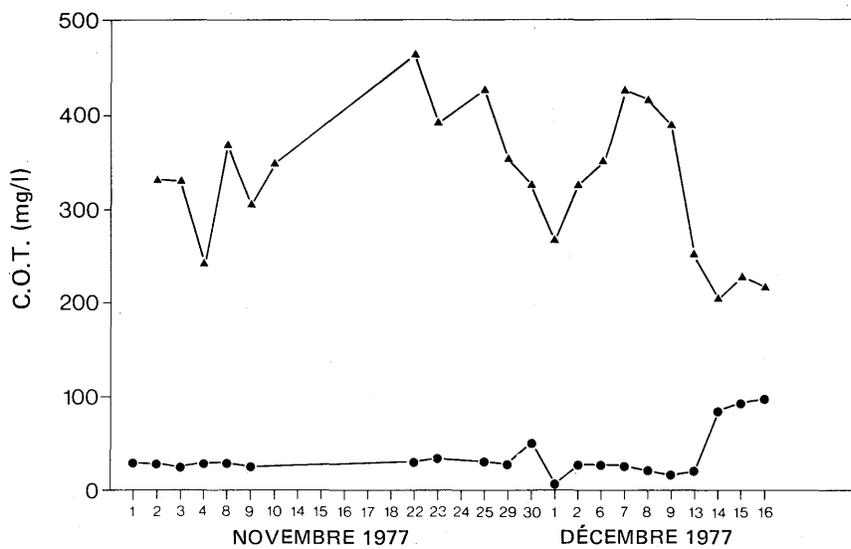


FIGURE 5 DONNÉES SUR LE C.O.T. AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

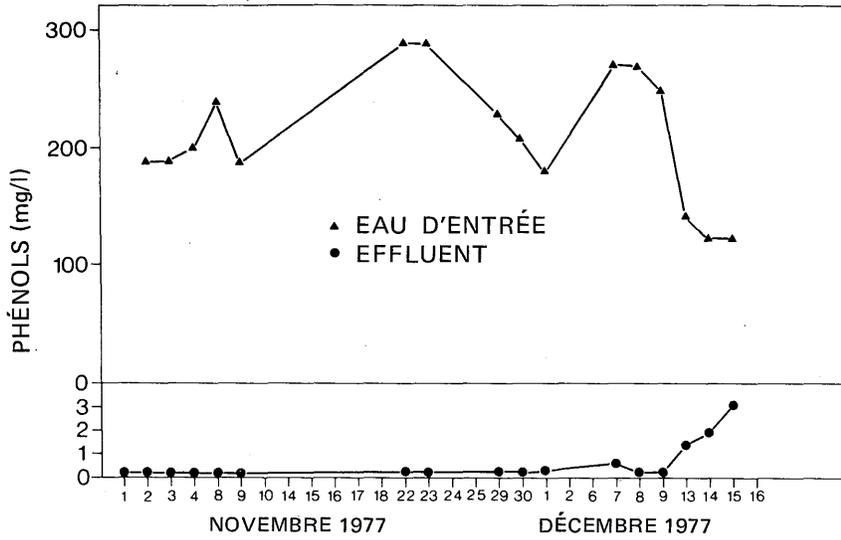


FIGURE 6 DONNÉES SUR LES PHÉNOLS AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

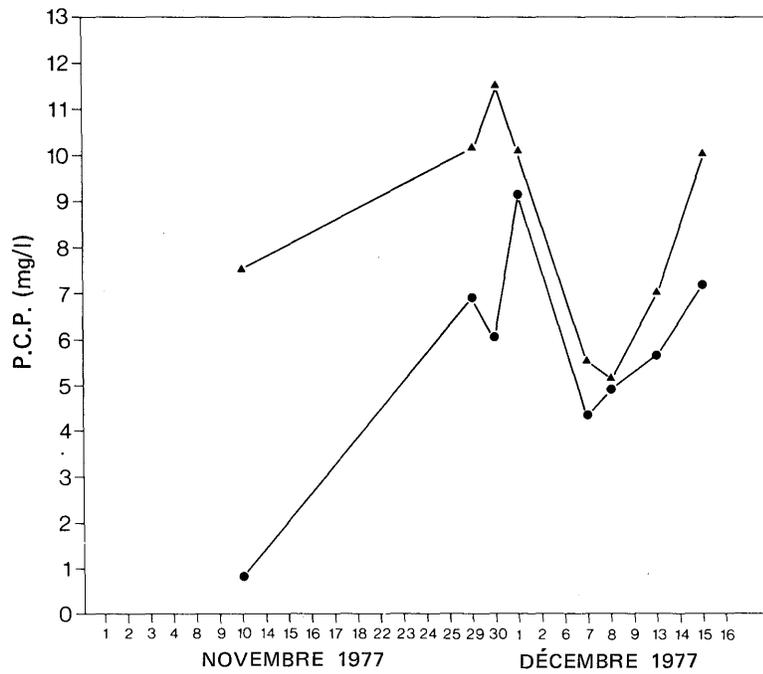


FIGURE 7 DONNÉES SUR LE P.C.P. AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

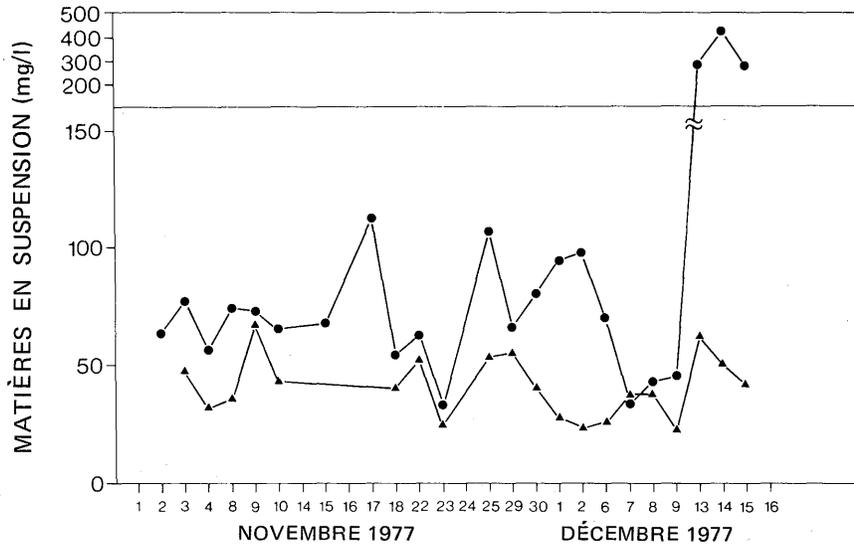


FIGURE 8 DONNÉES SUR LES MATIÈRES EN SUSPENSION AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

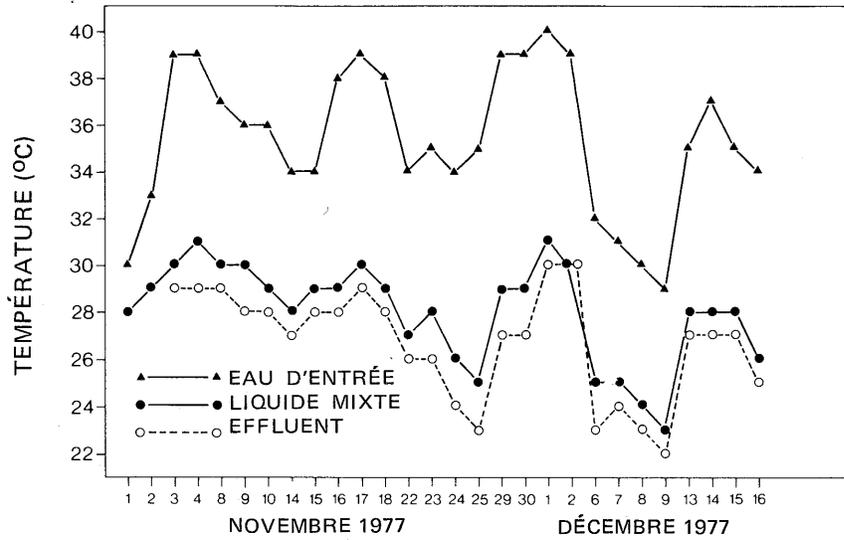


FIGURE 9 DONNÉES SUR LA TEMPÉRATURE AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

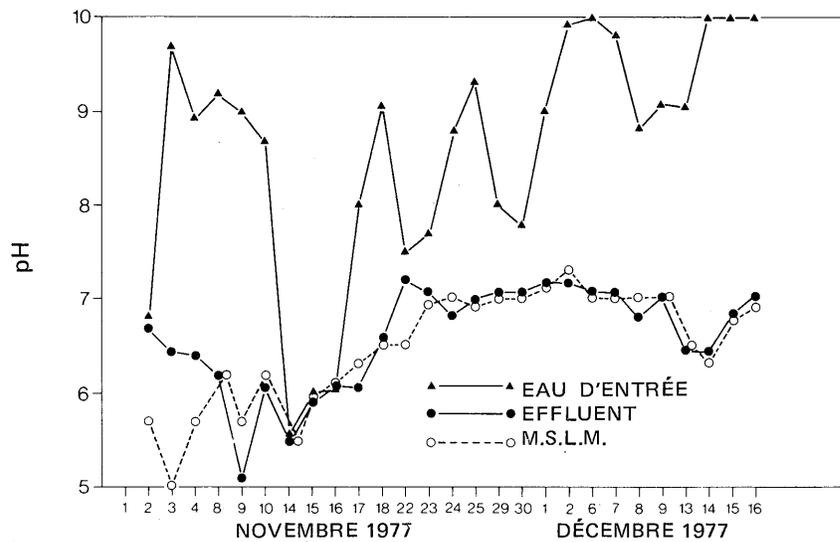


FIGURE 10 DONNÉES SUR LE pH AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

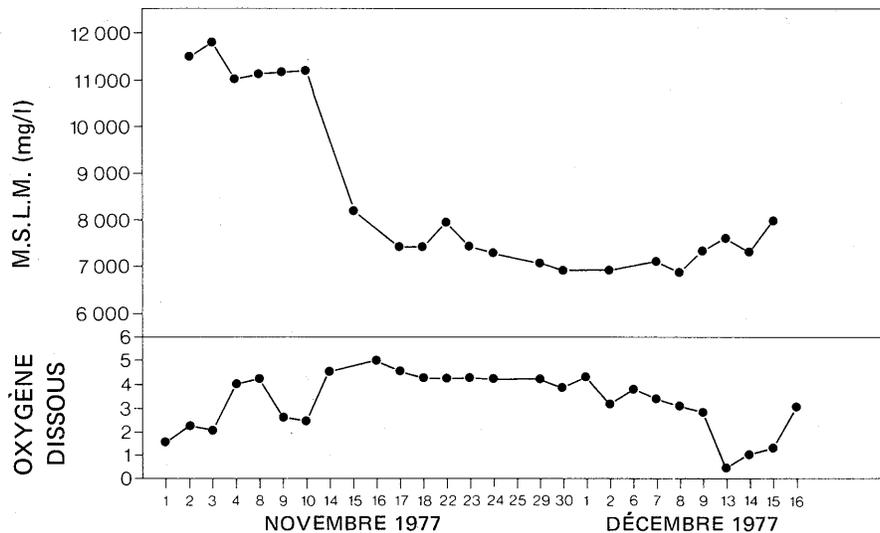


FIGURE 11 DONNÉES SUR LES M.S.L.M. ET SUR L'OXYGÈNE DISSOUS AU COURS DE LA PREMIÈRE ÉTAPE

Thompson *et al.* (1978), au cours d'une expérience de traitement d'eaux souterraines contaminées par le P.C.P. provenant de la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited, ont trouvé que le traitement par boues activées réduisait la concentration de P.C.P. de 3,35 mg/l à 2,15 mg/l. Ce taux d'élimination est comparable à celui obtenu dans la présente étude. La concentration de matières en suspension était plus élevée dans l'effluent traité par boues activées que dans les eaux d'entrée. D'après les résultats présentés aux figures 3 à 10, on peut voir que les modifications apportées à la station de traitement entre le 14 novembre et le 1^{er} décembre 1977 ont eu peu d'effet sur son rendement.

Le matin du 12 décembre 1977, le bassin n^o 1 de séparation des huiles était vide et le niveau des eaux dans le bassin de retenue était inférieur de moitié au niveau normal. Cette situation a été provoquée par une pénurie d'eaux usées au cours du week-end; les huiles flottantes qui se trouvaient dans le bassin de retenue ont probablement été pompées jusque dans le bassin d'aération. Comme en témoignent les figures 3 à 6, les échantillons d'effluent prélevés par la suite, entre le 13 et le 16 décembre, affichaient une concentration de composés organiques considérablement accrue. Pendant cette période, l'effluent avait une apparence huileuse, et sa concentration de matières en suspension est passée de 200 mg/l à 400 mg/l (figure 8). Le taux d'oxygène dissous a chuté considérablement (figure 11), et le pH des M.S.L.M. a légèrement baissé (figure 10).

5.2 Étude d'adsorption sur charbon en laboratoire

Les résultats obtenus au cours de la première étape de l'expérience indiquent que le traitement par boues activées permet d'éliminer efficacement les matières organiques contenues dans les eaux usées provenant du procédé de préservation du bois; toutefois, l'effluent traité était extrêmement toxique pour la truite arc-en-ciel. Bien que les causes de cette toxicité n'aient pas été déterminées, il a été jugé que le P.C.P. pouvait être la principale d'entre elles. L'effluent affichait en effet une concentration moyenne de P.C.P. de 5,5 mg/l, ce qui est 100 fois la concentration létale de 50 µg/l à 100 µg/l établie par Davis et Hoos (1975). Pour désintoxiquer l'effluent, il a fallu procéder à des expériences en laboratoires, au Centre technique des eaux usées à Burlington en Ontario, afin de déterminer la faisabilité d'un traitement au charbon actif en vue d'éliminer le P.C.P. de l'effluent de la station de traitement par boues activées.

Les résultats de l'étude de l'isotherme d'adsorption effectuée à l'aide de filtres Filtrasorb 300 sur l'effluent en question sont présentés à la figure 12. D'après la courbe présentée dans cette figure, le P.C.P. pourrait être efficacement éliminé par adsorption sur charbon actif, la teneur obtenue étant aussi faible que 11 µg/l. Toujours d'après la

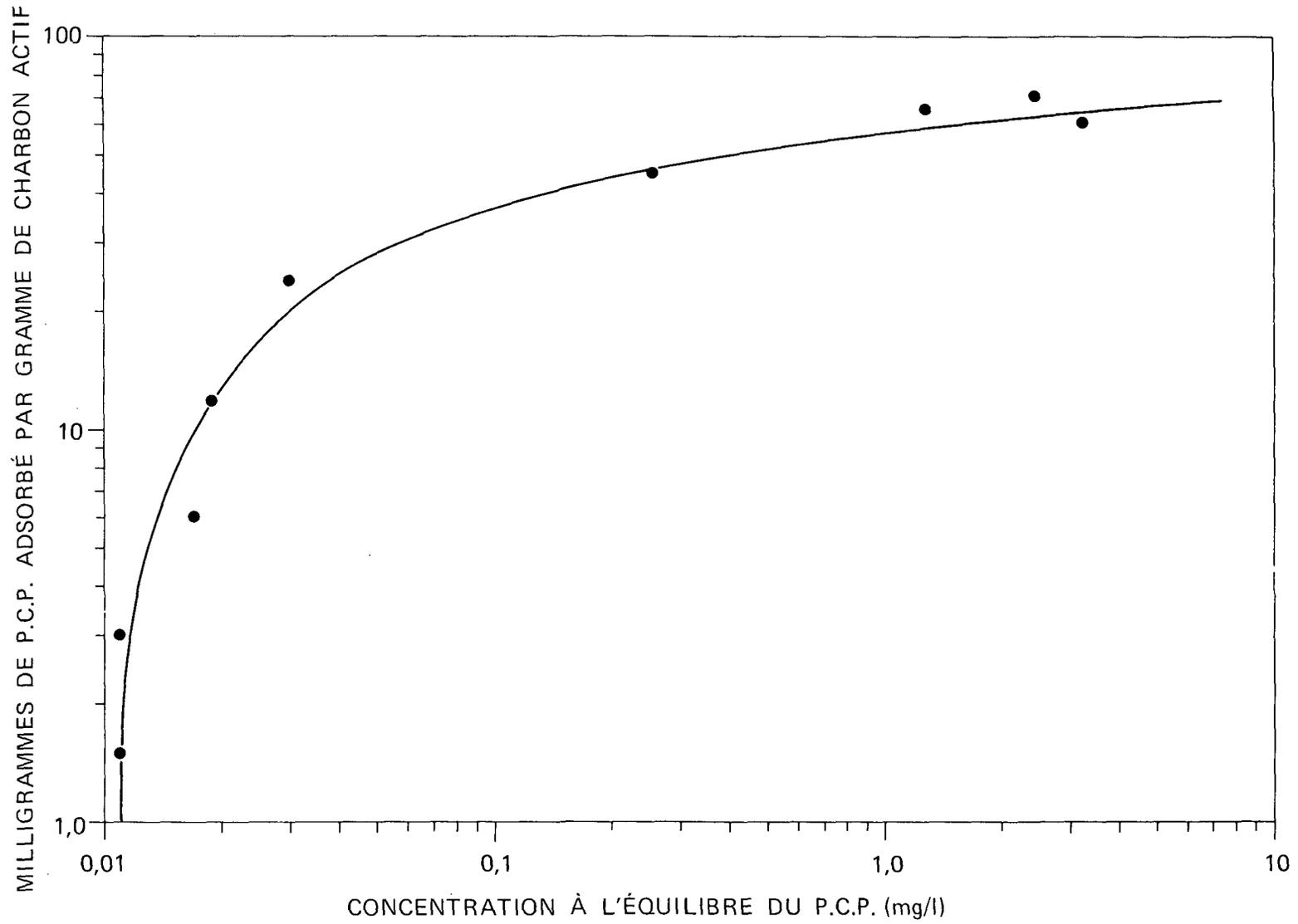


FIGURE 12 ISOTHERME D'ADSORPTION DU P.C.P. (Filtrasorb 300)

même courbe, un effluent dont la teneur en P.C.P. serait inférieure à 50 µg/l, teneur qui est considérée non toxique pour la truite arc-en-ciel, pourrait être obtenu à raison d'une charge de 26 mg de P.C.P. par gramme de charbon.

La station-pilote de traitement par adsorption sur charbon a été conçue en fonction des résultats obtenus par l'étude en laboratoire et a été installée sur le terrain pour traiter l'effluent après le traitement par boues activées. Soulignons que cette station-pilote a été pourvue de charbon actif de granulométrie inférieure, le Filtrasorb 400, au lieu du Filtrasorb 300 utilisé dans les expériences en laboratoire.

5.3 Étape 2

Au cours de cette étape du projet, les eaux usées ont été traitées à l'aide d'un procédé mixte de traitement par boues activées et au charbon actif. Le débit d'entrée des eaux brutes dans la station de traitement par boues activées était identique à celui de la première étape. Le système d'adsorption sur charbon actif, qui recevait l'effluent de la station de traitement par boues activées, fonctionnait à raison d'un débit constant de 0,6 m³/d. Les résultats de cette étape de l'expérience sont analysés dans les sections suivantes.

5.3.1 TRAITEMENT PAR BOUES ACTIVÉES

Les résultats quotidiens sont présentés aux figures 13 à 20. Comme en témoignent ces figures, les résultats peuvent être divisés en deux groupes. Le premier comprend la période allant du 3 mars au 3 avril pendant laquelle le fonctionnement de la station de traitement était normal. Le second groupe comprend les données recueillies après le 4 avril, au moment où la concentration des eaux non traitées a augmenté considérablement, entraînant un rendement insatisfaisant du traitement. Un résumé des deux groupes de résultats se trouve au tableau 7.

Comme le montrent les données pour la période du 3 mars au 3 avril, la réduction de la concentration de matières organiques variait de 58 p. 100 pour le P.C.P., à plus de 99 p. 100 pour les phénols. Par rapport aux résultats donnés au tableau 6, il semble que le rendement de la station de traitement par boues activées était légèrement meilleur au cours de la deuxième étape qu'au cours de la première.

L'apport d'acide phosphorique comme élément nutritif ajouté aux eaux brutes ayant été réduit à la deuxième étape de l'expérience, la teneur de l'effluent en phosphore était considérablement plus faible qu'à l'étape précédente.

L'accroissement considérable de la concentration des eaux usées après le 4 avril a provoqué une détérioration constante de la qualité de l'effluent. On ne trouve aucune explication de ce changement dans le rendement du procédé.

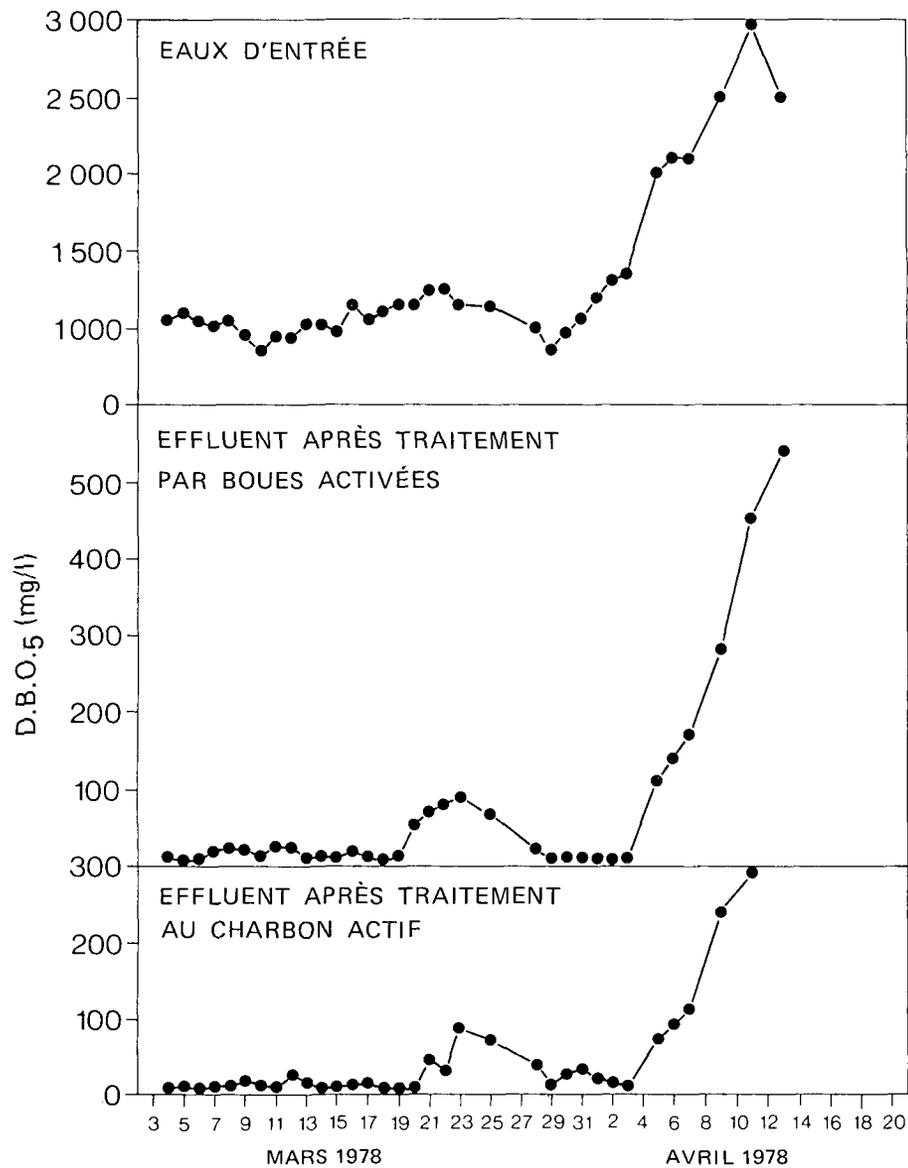


FIGURE 13 DONNÉES SUR LA D.B.O.₅ AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

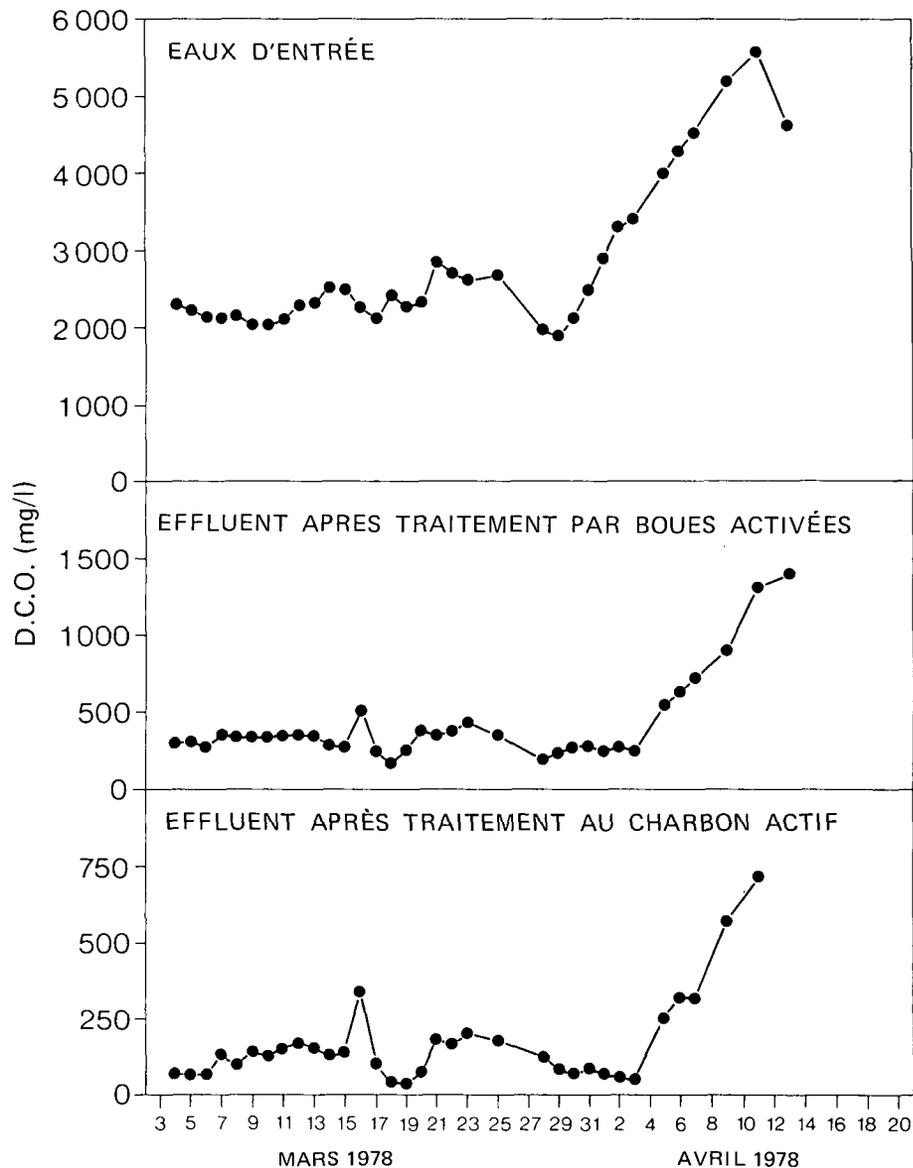


FIGURE 14 DONNÉES SUR LA D.C.O. AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

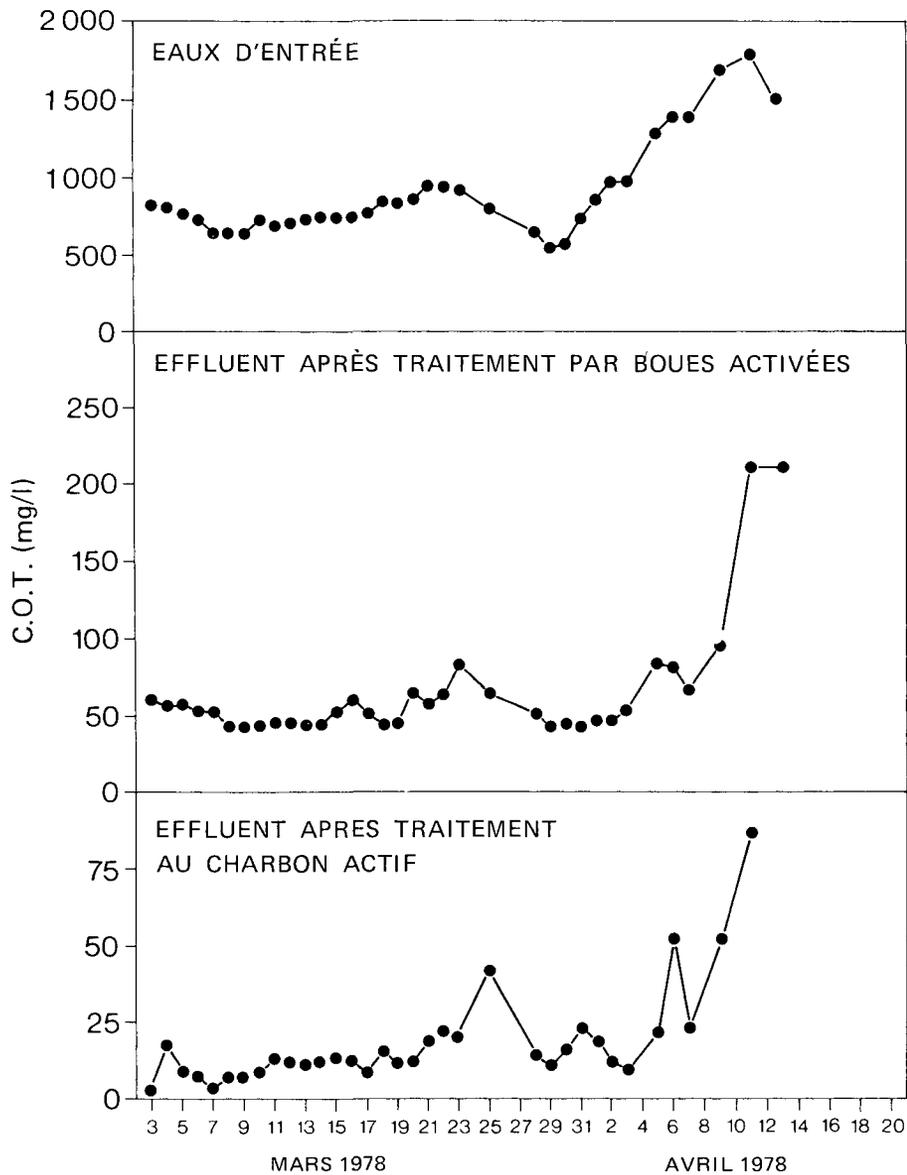


FIGURE 15 DONNÉES SUR LE C.O.T. AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

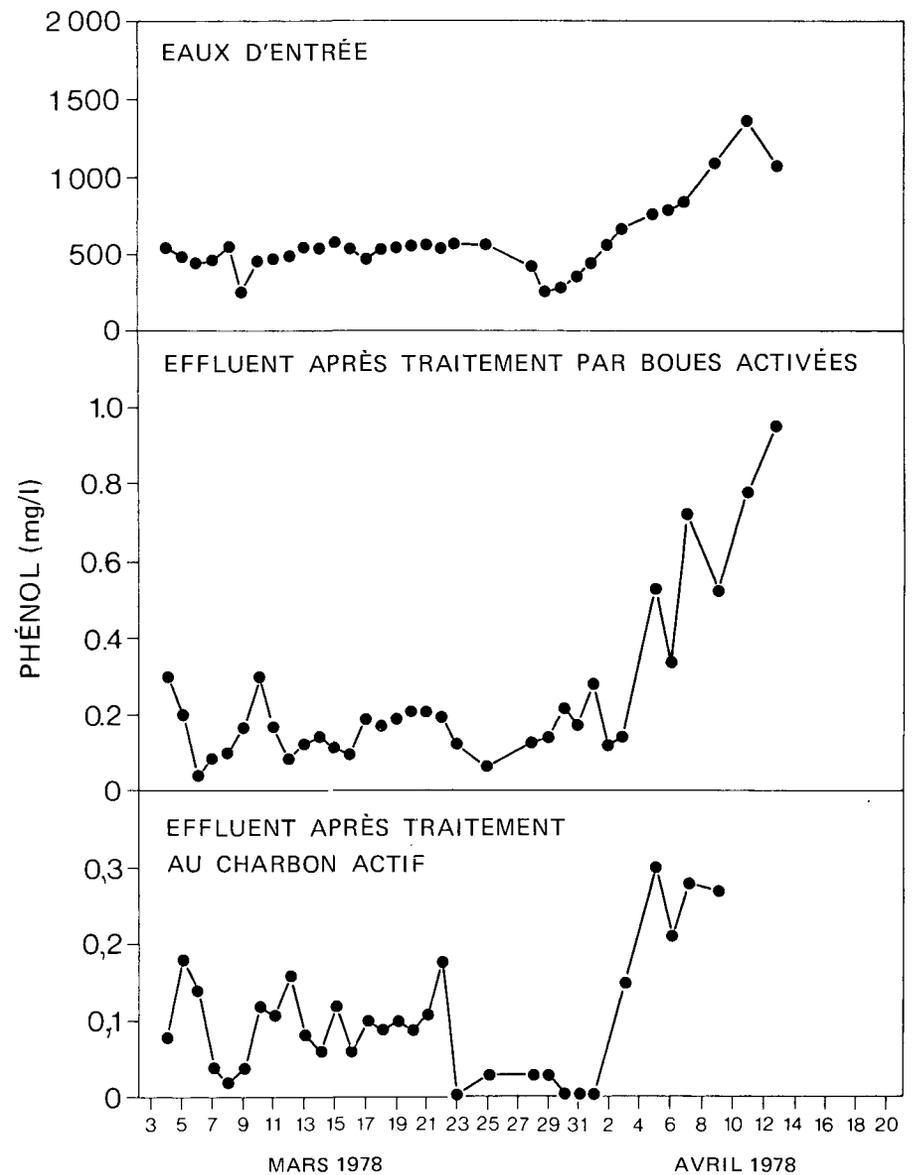


FIGURE 16 DONNÉES SUR LES PHÉNOLS AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

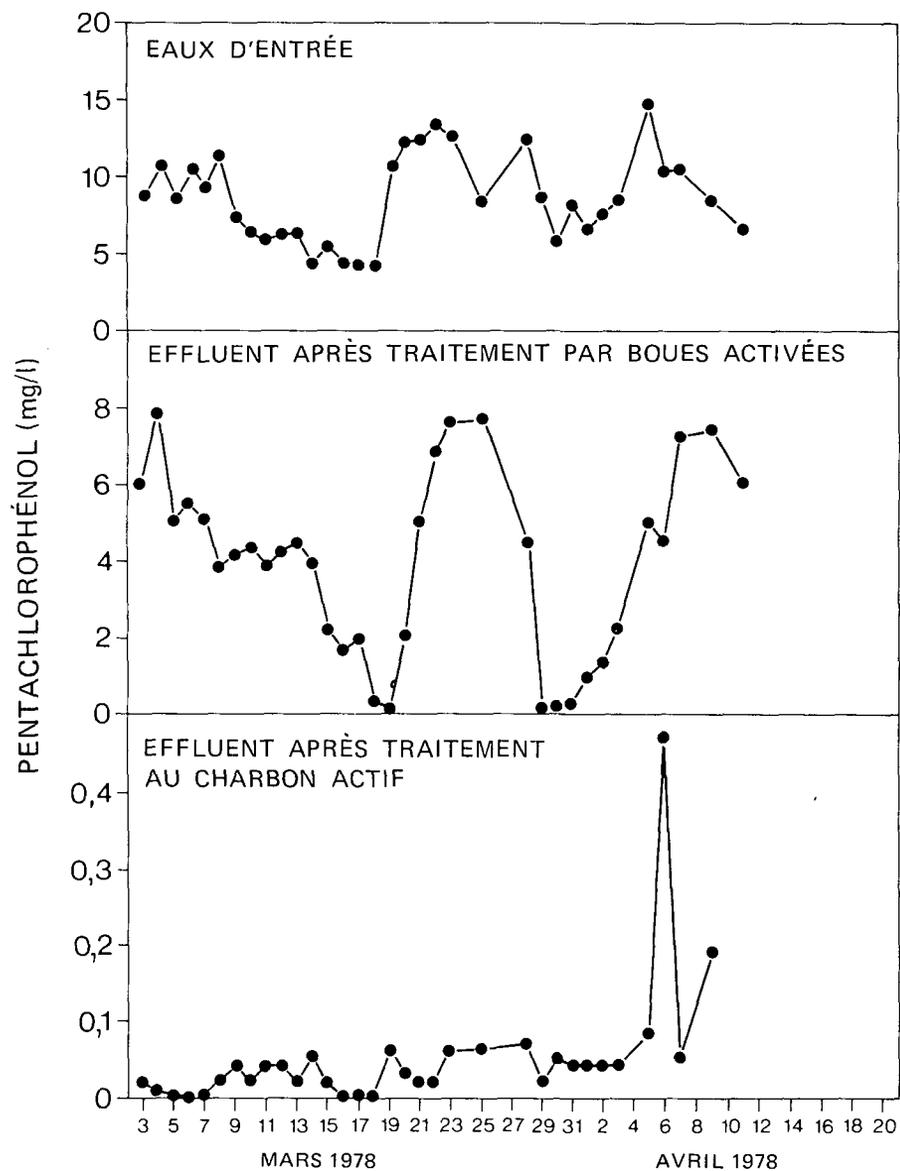


FIGURE 17 DONNÉES SUR LE PENTACHLOROPHÉNOL AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

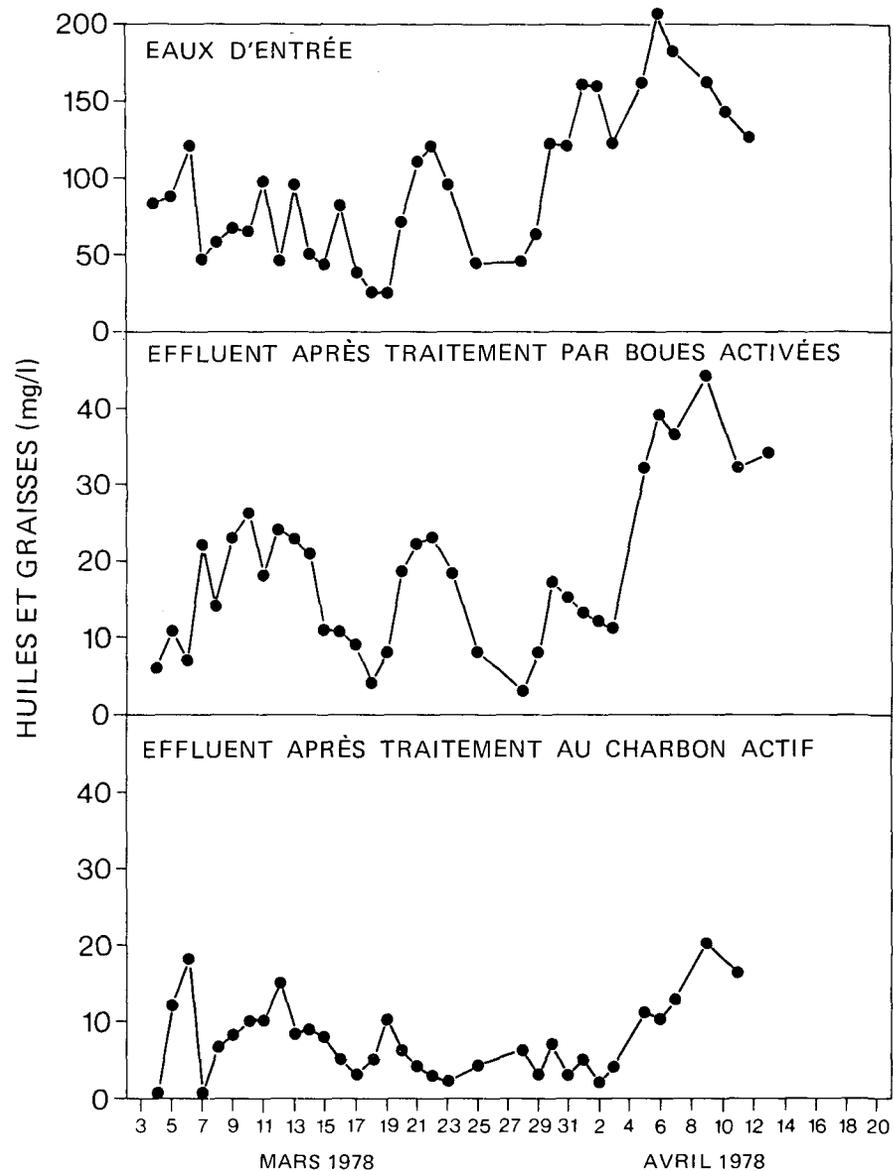


FIGURE 18 DONNÉES SUR LES HUILES ET LES GRAISSES AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

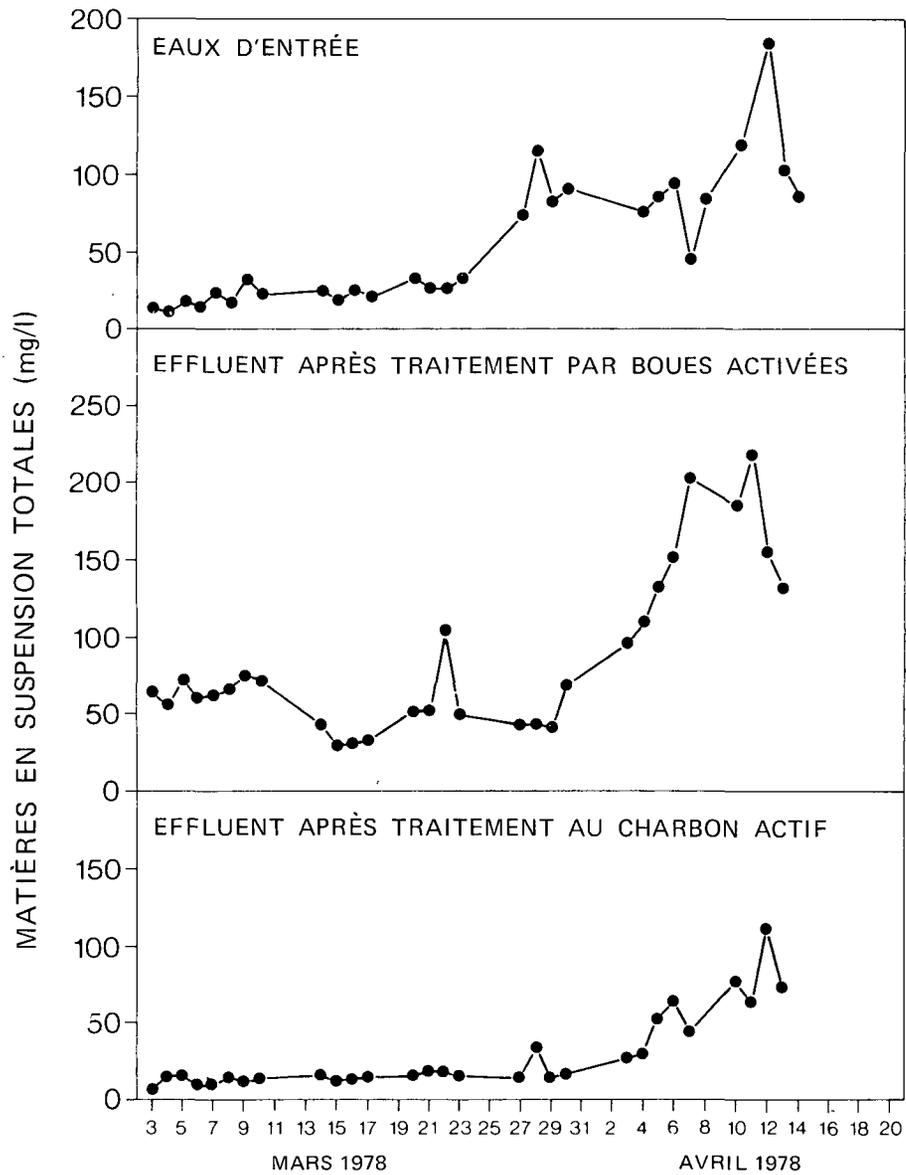


FIGURE 19 DONNÉES SUR LES MATIÈRES EN SUSPENSION AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

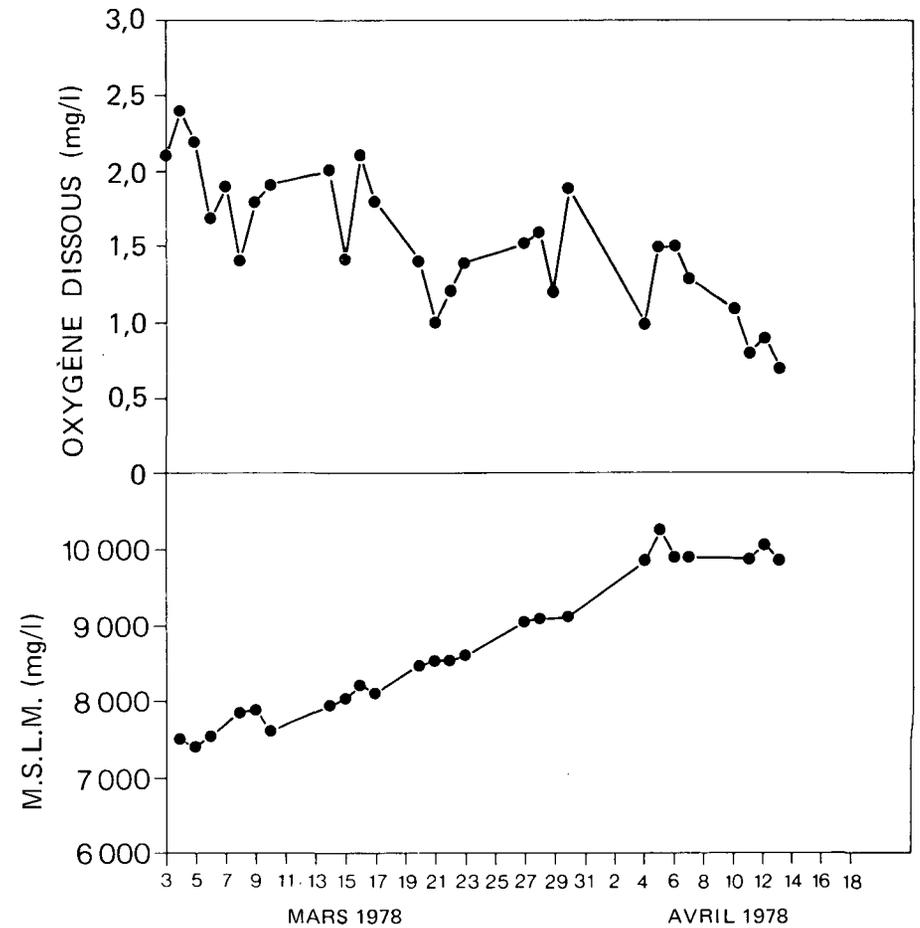


FIGURE 20 DONNÉES SUR LES M.S.L.M. ET SUR L'OXYGÈNE DISSOUS AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

TABLEAU 7 Caractéristiques de l'effluent après traitement par boues activées au cours de la deuxième étape*

Paramètre	Du 3 mars au 3 avril 1978			Du 4 avril au 13 avril 1978		
	Moyenne	Variation	Élimi- nation %	Moyenne	Variation	Élimi- nation %
pH		6,8 - 7,8			7,1 - 7,6	
D.B.O. ₅	26	7 - 87	98	282	110 - 540	88
D.C.O.	300	180 - 500	89	920	550 - 1400	80
C.O.T.	52	41 - 84	94	124	82 - 210	92
Phénol	0,16	0,04 - 0,30	> 99	0,65	0,36 - 0,95	> 99
P.C.P.	3,6	0,02 - 7,9	58	5,5	3,1 - 7,4	40
Huiles et graisses	14,5	9 - 26	85	36	32 - 44	78
NH ₃ - N	6,0	0,9 - 25,0	80	13,0	11,0 - 15,0	82
Azote Kjeldahl total	20,7	3,9 - 35,9	55	15,4	13,1 - 21,0	80
Phosphore total	2,7	0,8 - 5,8	55	2,2	1,1 - 3,1	19
Matières en suspension	58	30 - 107		186	110 - 220	
Température	26	21 - 30		25	22 - 28	

* Toutes les données sont en milligrammes par litre, sauf celles du pH et de la température qui sont exprimées en unités de pH et en degrés Celsius.

5.3.2 TRAITEMENT PAR ADSORPTION SUR CHARBON

Les résultats obtenus par le traitement par adsorption sur charbon sont présentés aux figures 13 à 19. Ces résultats sont divisés en deux groupes et résumés au tableau 8. D'après ces résultats, il semble que l'adsorption sur charbon ait considérablement amélioré la qualité de l'effluent de la station de traitement par boues activées. La teneur en P.C.P. de l'effluent du traitement par adsorption, entre le 3 mars et le 3 avril, s'élevait en moyenne à 0,03 mg/l, ce qui correspond à une efficacité de 98 p. 100. Pendant la même période, une réduction importante de la D.C.O., ainsi que des concentrations du C.O.T., des huiles et des graisses, du phénol et de l'azote Kjeldahl, variant entre 48 p. 100 et

Thompson *et al.* (1978), au cours d'une expérience de traitement d'eaux souterraines contaminées par le P.C.P. provenant de la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited, ont trouvé que le traitement par boues activées réduisait la concentration de P.C.P. de 3,35 mg/l à 2,15 mg/l. Ce taux d'élimination est comparable à celui obtenu dans la présente étude. La concentration de matières en suspension était plus élevée dans l'effluent traité par boues activées que dans les eaux d'entrée. D'après les résultats présentés aux figures 3 à 10, on peut voir que les modifications apportées à la station de traitement entre le 14 novembre et le 1^{er} décembre 1977 ont eu peu d'effet sur son rendement.

Le matin du 12 décembre 1977, le bassin n^o 1 de séparation des huiles était vide et le niveau des eaux dans le bassin de retenue était inférieur de moitié au niveau normal. Cette situation a été provoquée par une pénurie d'eaux usées au cours du week-end; les huiles flottantes qui se trouvaient dans le bassin de retenue ont probablement été pompées jusque dans le bassin d'aération. Comme en témoignent les figures 3 à 6, les échantillons d'effluent prélevés par la suite, entre le 13 et le 16 décembre, affichaient une concentration de composés organiques considérablement accrue. Pendant cette période, l'effluent avait une apparence huileuse, et sa concentration de matières en suspension est passée de 200 mg/l à 400 mg/l (figure 8). Le taux d'oxygène dissous a chuté considérablement (figure 11), et le pH des M.S.L.M. a légèrement baissé (figure 10).

5.2 Étude d'adsorption sur charbon en laboratoire

Les résultats obtenus au cours de la première étape de l'expérience indiquent que le traitement par boues activées permet d'éliminer efficacement les matières organiques contenues dans les eaux usées provenant du procédé de préservation du bois; toutefois, l'effluent traité était extrêmement toxique pour la truite arc-en-ciel. Bien que les causes de cette toxicité n'aient pas été déterminées, il a été jugé que le P.C.P. pouvait être la principale d'entre elles. L'effluent affichait en effet une concentration moyenne de P.C.P. de 5,5 mg/l, ce qui est 100 fois la concentration létale de 50 µg/l à 100 µg/l établie par Davis et Hoos (1975). Pour désintoxiquer l'effluent, il a fallu procéder à des expériences en laboratoires, au Centre technique des eaux usées à Burlington en Ontario, afin de déterminer la faisabilité d'un traitement au charbon actif en vue d'éliminer le P.C.P. de l'effluent de la station de traitement par boues activées.

Les résultats de l'étude de l'isotherme d'adsorption effectuée à l'aide de filtres Filtrasorb 300 sur l'effluent en question sont présentés à la figure 12. D'après la courbe présentée dans cette figure, le P.C.P. pourrait être efficacement éliminé par adsorption sur charbon actif, la teneur obtenue étant aussi faible que 11 µg/l. Toujours d'après la

la D.C.O. Ces valeurs étaient de beaucoup inférieures à celles obtenues au cours de la troisième étape (section 5.4), ce qui était prévisible, les concentrations de polluants dans l'effluent étant beaucoup plus élevées au cours de cette dernière étape.

La figure 21 illustre le rapport entre le temps et la quantité cumulative de P.C.P. et de C.O.T. adsorbée par gramme de charbon. Comme aucune réduction du taux d'accumulation de matières organiques adsorbées par gramme de charbon n'a pu être observée, on peut en conclure que le système d'adsorption sur charbon actif n'avait pas atteint le point de saturation.

TABLEAU 9 Adsorption des matières organiques dans la station d'adsorption sur charbon actif au cours de la deuxième étape

Paramètre	X/M (mg/g)	
	Du 3 mars au 3 avril 1978	Du 3 mars au 13 avril 1978
D.B.O. ₅	2,8	33,6
D.C.O.	138	311
C.O.T.	37,0	57
Phénol	0,08	0,17
P.C.P.	3,6	4,8
Huiles et graisses	8,1	12,5

L'augmentation de la concentration des eaux usées entre le 4 et le 13 avril a entraîné une détérioration de la qualité de l'effluent tant à la sortie de la station par boues activées qu'à celle de la station de traitement au charbon actif. Bien que le rapport F/M n'ait que doublé, passant de 0,03 kg à 0,06 kg de D.B.O.₅ par kilogramme de M.S.L.M. par jour, il est possible que la complexité des eaux usées, pendant cette période, ait fait diminuer considérablement le rendement du traitement par boues activées. Le rendement du traitement au charbon actif peut, lui, avoir été réduit par l'encrassement superficiel attribuable à l'augmentation de la concentration des matières en suspension et des huiles et graisses dans l'effluent du système de traitement par boues activées.

Comme nous l'avons déjà souligné, des échantillons ont également été prélevés dans les effluents du filtre à milieu granulaire et des trois colonnes de charbon actif en vue d'une analyse de la concentration des P.C.P., du C.O.T. et des matières en suspension. Les résultats analytiques moyens sont présentés au tableau 10. Le filtre à milieu granulaire fonctionnait comme un filtre dégrossisseur et n'a eu que peu d'effet sur les concentrations de P.C.P. et de C.O.T.; il a cependant permis d'éliminer 57 p. 100 des matières en suspension. L'élimination du P.C.P. et du C.O.T. se fait en grande partie dans la première colonne de charbon; l'élimination du P.C.P. est par la suite pratiquement nulle, et celle du C.O.T. est faible.

TABLEAU 10 Concentrations moyennes de P.C.P., de C.O.T. et de matières en suspension au cours de la deuxième étape (du 3 mars au 3 avril 1978)

Point d'échantillonnage	P.C.P. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)
Eaux d'entrée	8,4	768	39
Effluent (boues activées)	3,6	52	58
Effluent (unité de filtration)	3,4	54	25
Effluent (1 ^{re} colonne de charbon)	0,08	29	21
Effluent (2 ^e colonne de charbon)	0,05	24	18
Effluent (3 ^e colonne de charbon)	0,03	13	16

5.4 Étape 3

Au cours de cette étape, les eaux brutes entraient directement dans la station de traitement par adsorption fraîchement rechargée avec du charbon actif vierge. Les résultats ont été contrôlés après le passage dans la première et la troisième colonne. Les résultats finals pour cette étape sont présentés au tableau 11. Les valeurs moyennes données pour l'effluent dans ce tableau ont été calculées à partir des données relevées entre le 20 et le 27 avril et ne comprennent pas les données recueillies après saturation du filtre. Les données sur les eaux d'entrée et sur les effluents à la sortie des colonnes de charbon sont présentées sur diagramme aux figures 22 à 29. Les valeurs X/M obtenues pour la première colonne ainsi que pour la série des trois colonnes sont présentées au tableau 12.

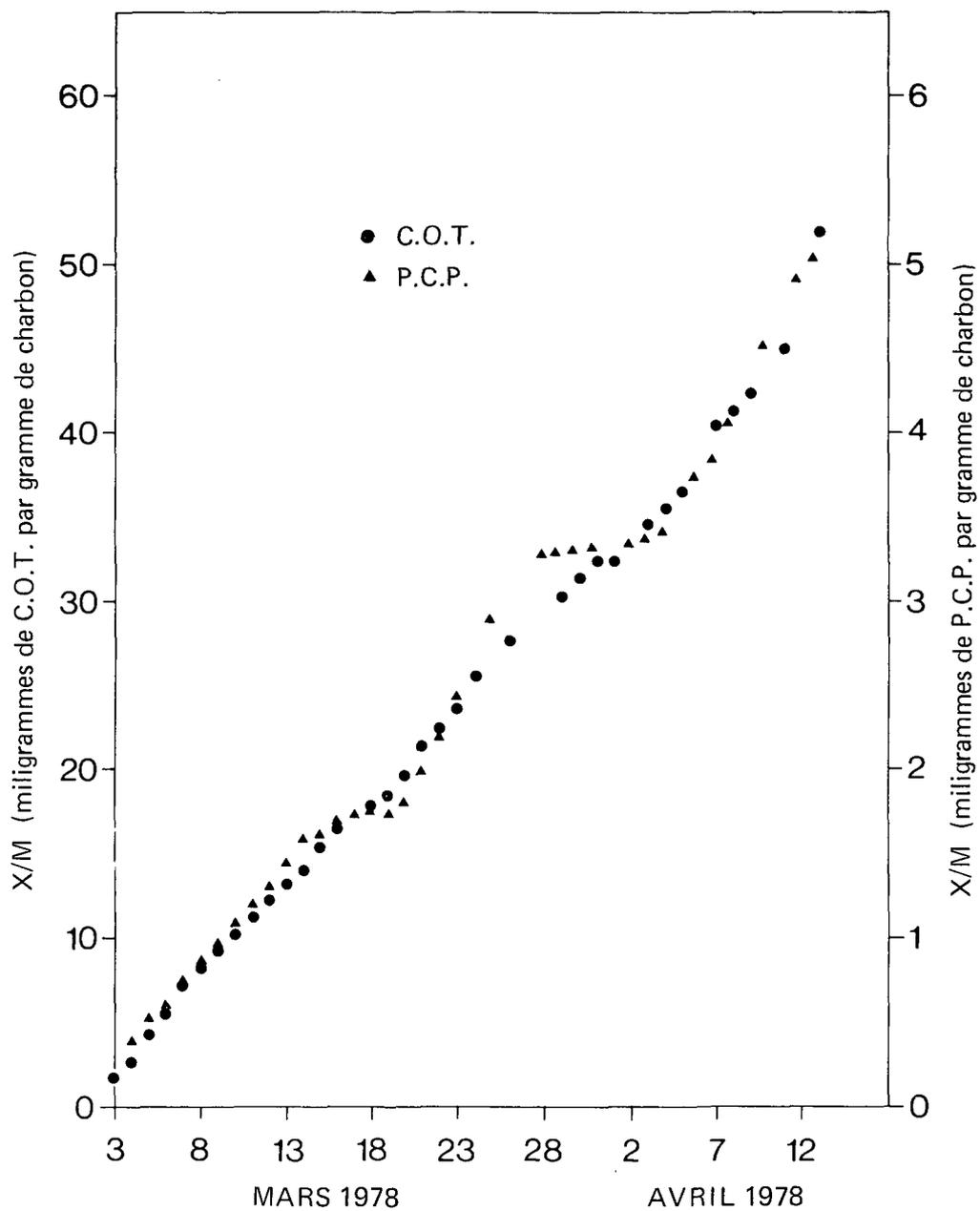


FIGURE 21 COURBE D'ADSORPTION CUMULATIVE POUR LE C.O.T. ET LE P.C.P. AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

D'après les données présentées aux figures 22 à 25, c'est après trois jours que la D.B.O.₅, la D.C.O., le C.O.T., et le phénol ont commencé à passer à travers la première colonne de charbon, et après huit jours pour ce qui est de la série des trois colonnes. Selon les courbes X/M cumulatives pour le C.O.T. et le phénol présentées à la figure 30, une adsorption pratiquement linéaire se fait jusqu'à la saturation, après quoi toute adsorption disparaît. Les courbes X/M pour la D.B.O.₅ et la D.C.O. sont semblables à celles du C.O.T. et sont présentées à la figure 31. L'examen des valeurs X/M pour la D.B.O.₅, la D.C.O., le C.O.T. et le phénol données au tableau 12 font ressortir l'excellente concordance entre l'adsorption sur une colonne et celle sur trois colonnes. Ces valeurs, qui varient de 156 mg/g pour le phénol à 694 mg/g pour la D.C.O., représentent le rendement d'adsorption maximal pour ces trois paramètres pour des eaux brutes présentant des concentrations comme celles de l'étape 3 (tableau 3).

TABLEAU 11 Caractéristiques de l'effluent après adsorption sur charbon au cours de la troisième étape

Paramètre	Moyenne	Variation	Pourcentage d'élimination
pH		4,0 - 5,2	
D.B.O. ₅	152	73 - 200	90
D.C.O.	264	150 - 400	91
C.O.T.	84	41 - 130	92
Phénol	5,3	< 0,01 - 14,0	< 99
P.C.P.	0,02	0,01 - 0,06	95
Huiles et graisses	6	< 1 - 29	90
NH ₃ - N	2,8	0,7 - 4,0	38
Azote Kjeldahl total	2,9	< 0,1 - 5,5	90
Phosphore total	0,2	< 0,1 - 0,9	50
Matières en suspension	2	1 - 8	92
Température	24	22 - 26	

* Toutes les données sont en milligrammes par litre, sauf celles sur le pH et la température, qui sont exprimées en unités de pH et en degrés Celsius; les données ne comprennent que les résultats obtenus avant saturation.

TABLEAU 12 Adsorption des matières organiques par le système d'adsorption sur charbon au cours de la troisième étape

Paramètre	X/M (mg/g)	
	Une colonne (6,8 kg de charbon)	Trois colonnes (20,4 kg de charbon)
D.B.O. ₅	313	319
D.C.O.	694	660
C.O.T.	238	233
Phénol	156	164
P.C.P.	0,42	0,15
Huiles et graisses	58,7	19,8

Les diagrammes présentés aux figures 26 et 27, de même que les courbes X/M présentées aux figures 32 et 33, montrent qu'aucun P.C.P. ni aucune huile ni graisse n'ont traversé le filtre pendant 12 jours. Les valeurs X/M pour le P.C.P. étaient de 0,42 mg/g dans la première colonne et de 0,15 mg/g à la sortie des trois colonnes; la majeure partie du P.C.P. est donc adsorbée dans la première colonne. Ces valeurs sont de beaucoup inférieures à celles obtenues pendant la deuxième étape, de même qu'aux 26 mg/g obtenus au cours des essais en laboratoire. Les valeurs X/M pour les huiles et graisses pendant la troisième étape étaient de 58,7 mg/g dans la première colonne et de 19,8 mg/g à la sortie des trois colonnes. Ces résultats montrent que pratiquement toutes les huiles et graisses ont été adsorbées dans la première colonne de charbon.

Comme en témoigne le tableau 11, le pourcentage d'élimination de tous les paramètres organiques des eaux usées a dépassé 90 p. 100. La concentration de P.C.P. est passée de 0,44 mg/l à 0,02 mg/l, soit une élimination de 95 p. 100. La concentration de l'effluent de la troisième étape peut se comparer favorablement aux résidus de 0,03 mg/l de P.C.P. obtenus au cours de la deuxième étape de l'expérience, alors que la teneur moyenne en P.C.P. des eaux d'entrée s'élevait à 3,6 mg/l. L'élimination des phénols a été supérieure à 99 p. 100, leur concentration passant de 700 mg/l à 5,3 mg/l; par contre la teneur en phénols résiduels de l'effluent était considérablement supérieure au 0,08 mg/l obtenu à l'étape antérieure. L'élimination de la D.B.O.₅, de la C.D.O. et du C.O.T. a

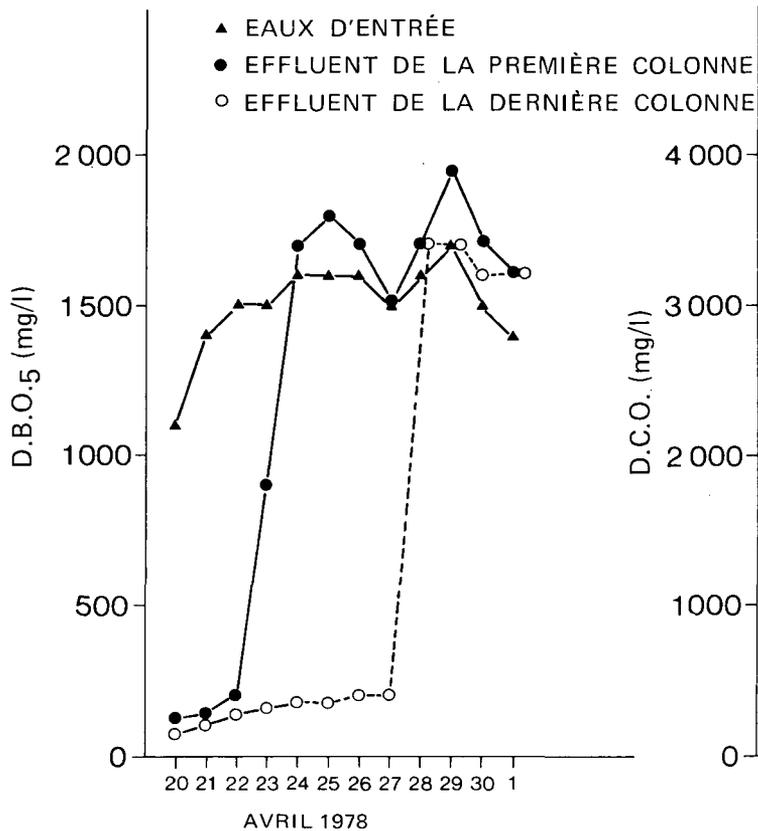


FIGURE 22 DONNÉES SUR LA D.B.O.₅ AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

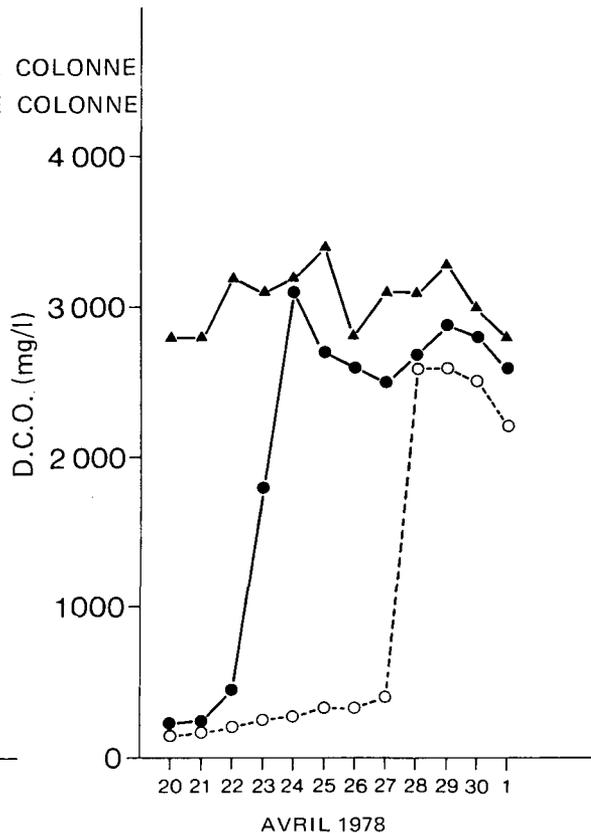


FIGURE 23 DONNÉES SUR LA D.C.O. AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

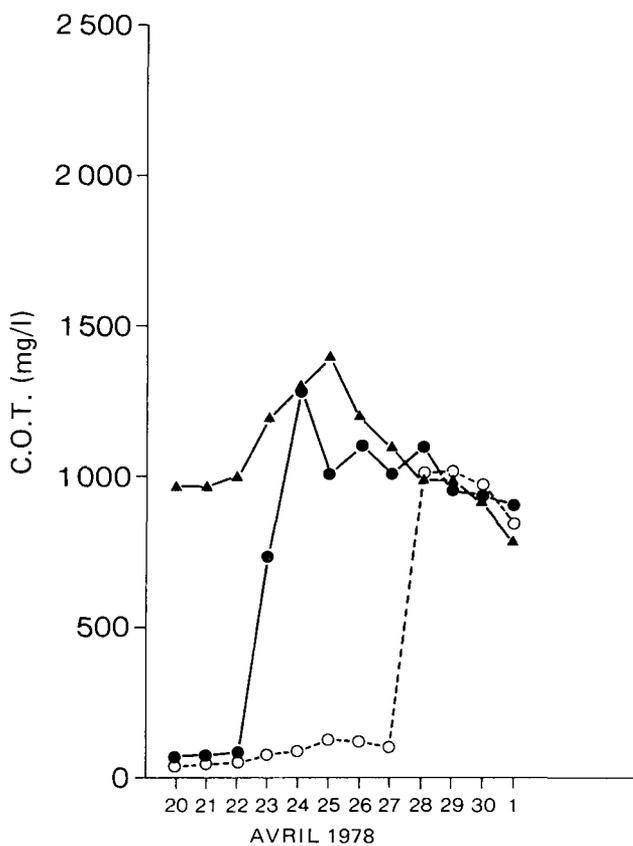


FIGURE 24 DONNÉES SUR LE C.O.T. AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

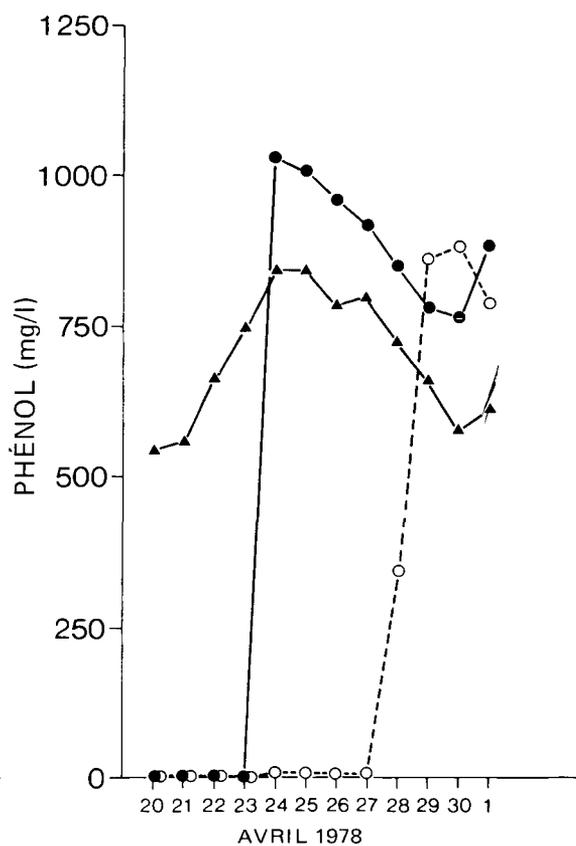


FIGURE 25 DONNÉES SUR LES PHÉNOLS AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

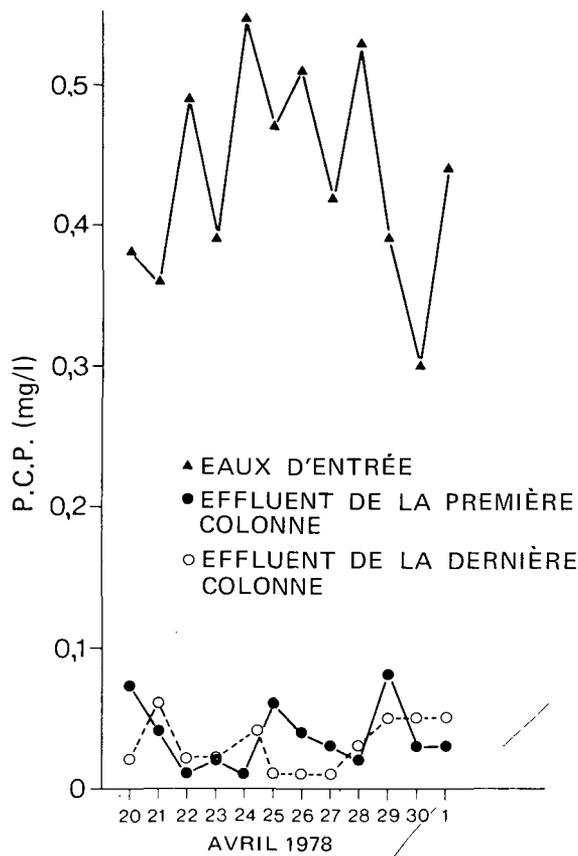


FIGURE 26 DONNÉES SUR LE P.C.P. AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

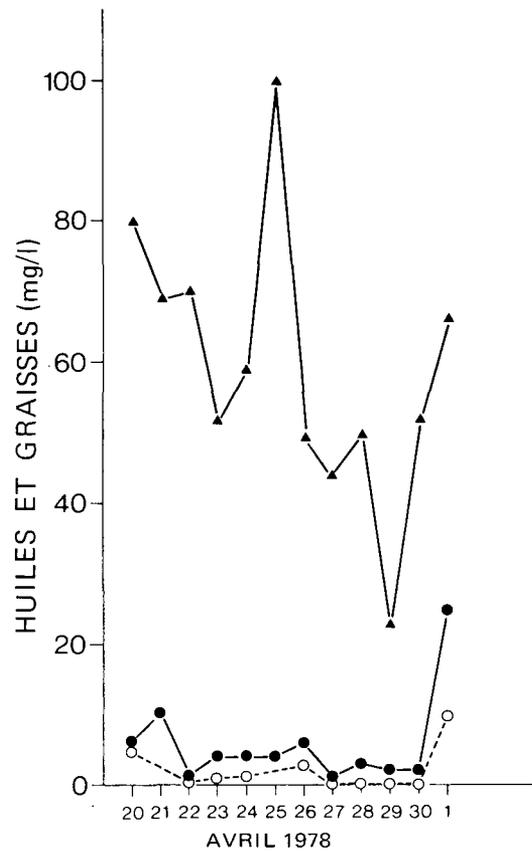


FIGURE 27 DONNÉES SUR LES HUILES ET LES GRAISSES AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

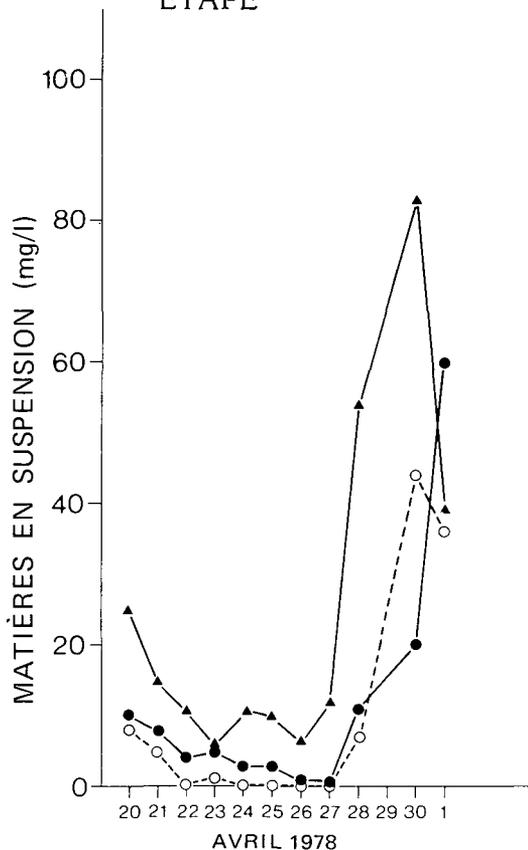


FIGURE 28 DONNÉES SUR LES MATIÈRES EN SUSPENSION AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

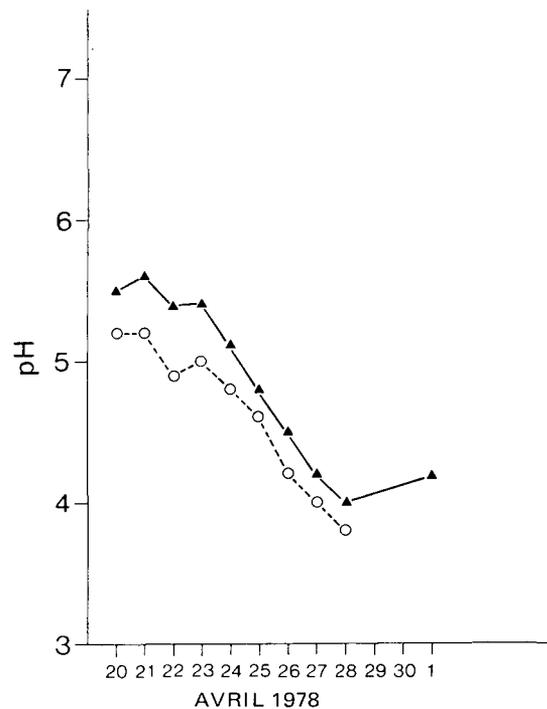


FIGURE 29 DONNÉES SUR LE pH AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

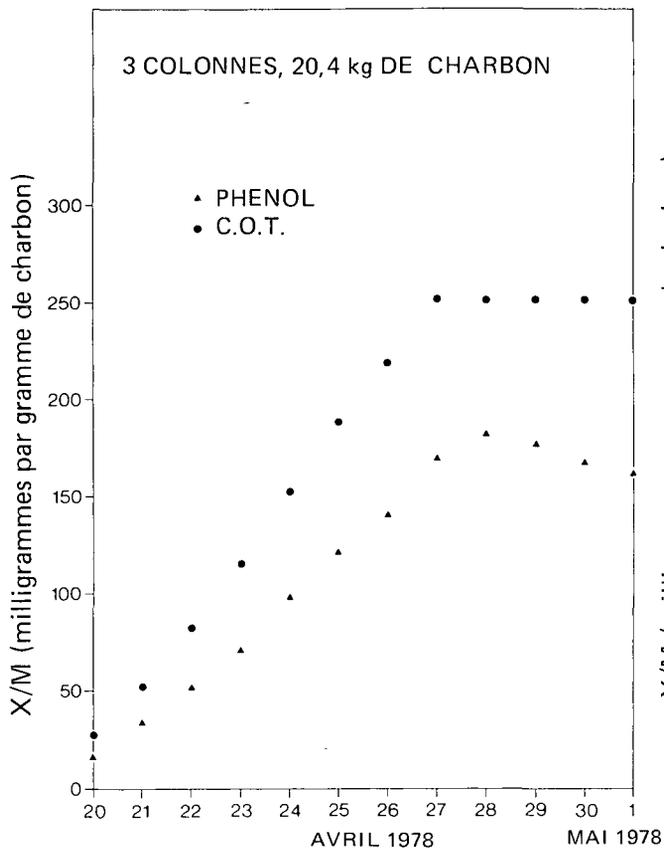


FIGURE 30 COURBES D'ADSORPTION CUMULATIVE POUR LE C.O.T. ET LES PHÉNOLS AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

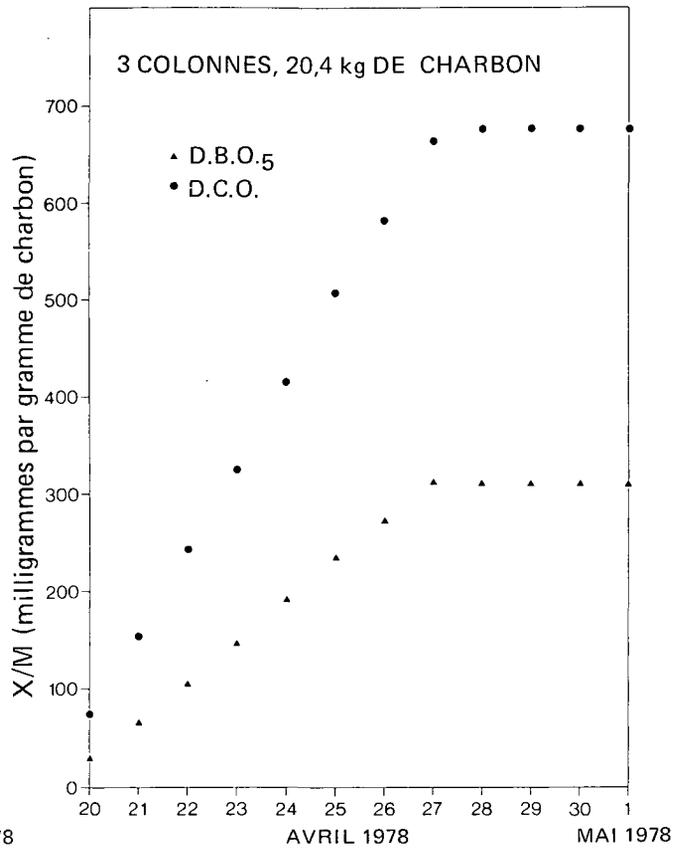


FIGURE 31 COURBES D'ADSORPTION CUMULATIVE POUR LA D.B.O.₅ ET LA D.C.O. AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

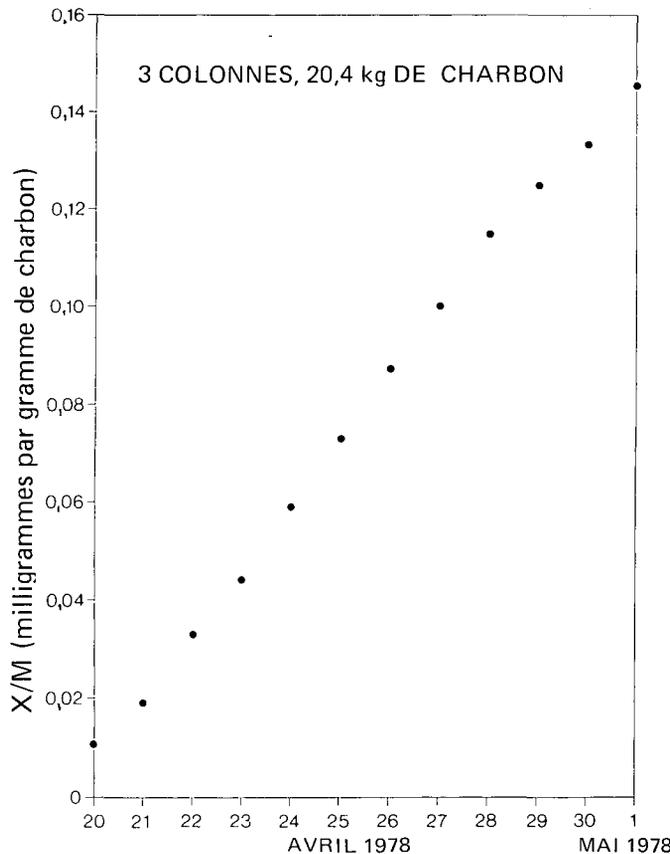


FIGURE 32 COURBE D'ADSORPTION CUMULATIVE POUR LE P.C.P. AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

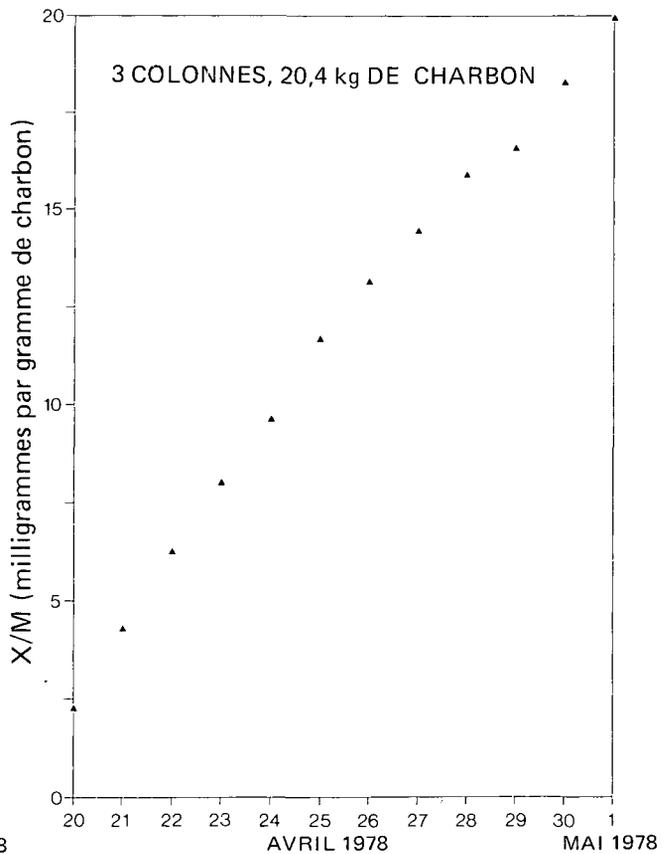


FIGURE 33 COURBE D'ADSORPTION CUMULATIVE POUR LES HUILES ET LES GRAISSES AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

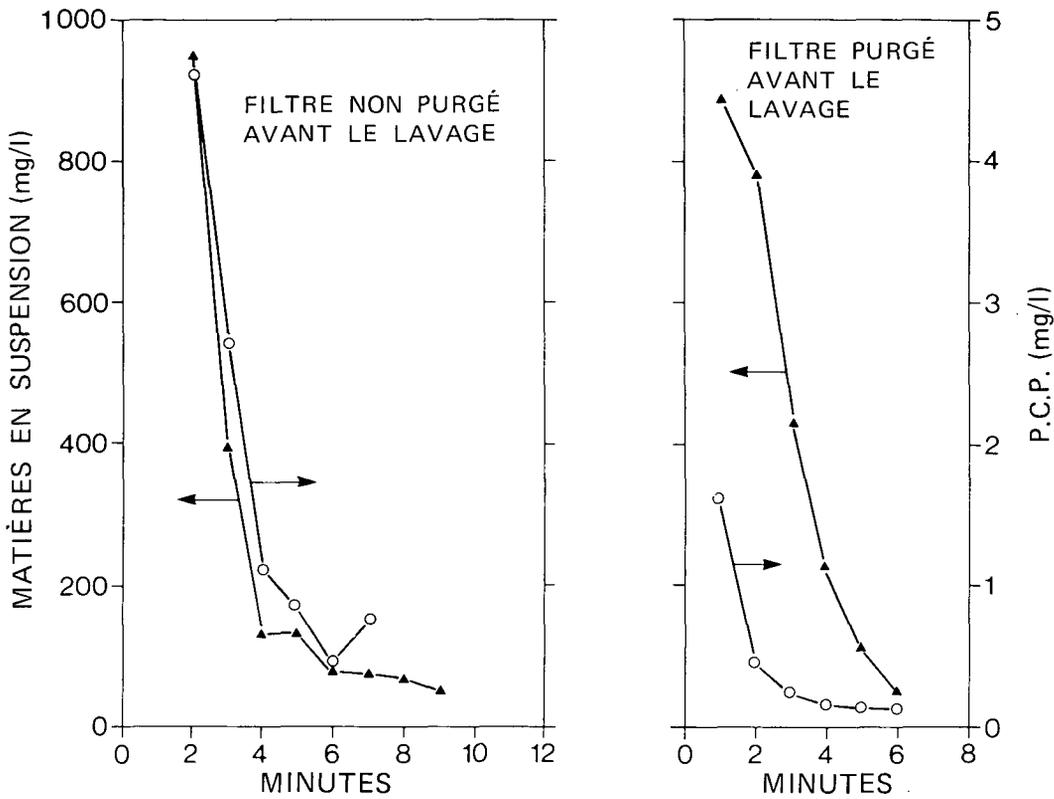


FIGURE 34 COURBES DE LAVAGE DU FILTRE À MILIEU GRANULAIRE AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

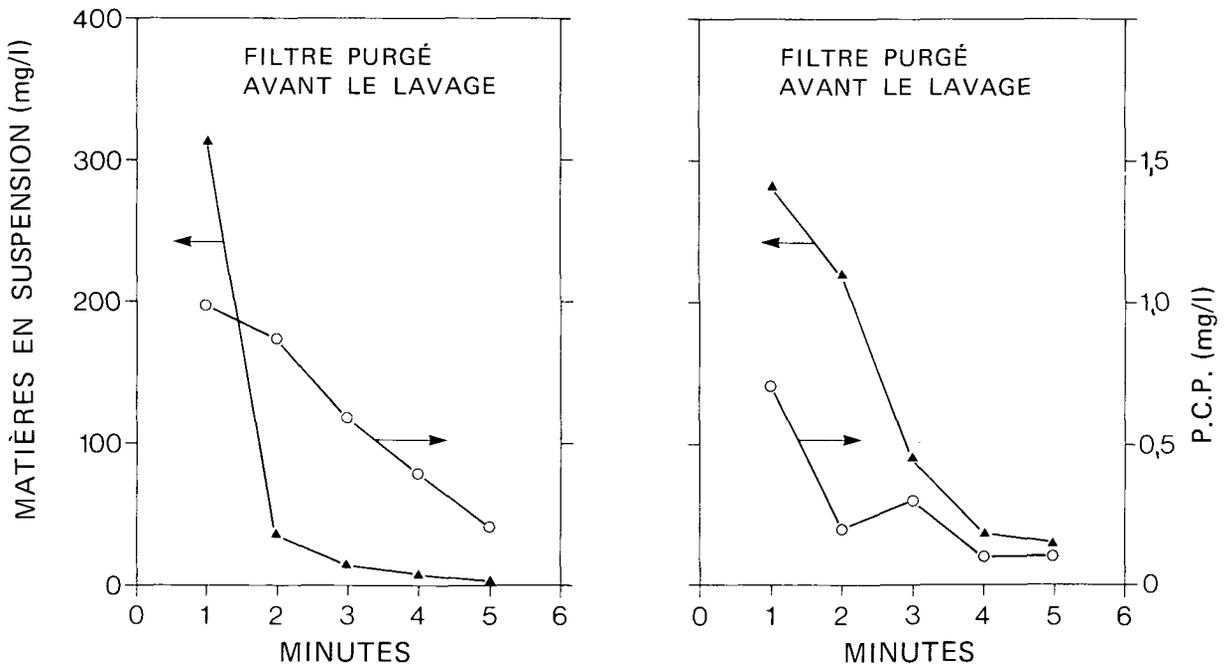


FIGURE 35 COURBES DE LAVAGE DU FILTRE À MILIEU GRANULAIRE AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

atteint respectivement 90 p. 100, 91 p. 100 et 92 p. 100, l'effluent affichant respectivement des concentrations de 152 mg/l, 264 mg/l et 84 mg/l, ce qui, pour chaque cas, est considérablement supérieur aux moyennes obtenues pour l'effluent au cours de la deuxième étape. La teneur en huiles et graisses de l'effluent s'élevait en moyenne à 6 mg/l, ce qui est inférieur à la concentration obtenue au cours de l'étape précédente. Les concentrations moyennes de l'effluent en NH_3 - N, en azote Kjeldahl total et en phosphore total s'élevaient respectivement à 2,8 mg/l, 2,9 mg/l et 0,2 mg/l, ce qui est inférieur aux concentrations obtenues au cours de l'étape 2, compte tenu qu'aucun ammoniac ni acide phosphorique n'ont été ajoutés aux eaux d'entrée pendant la troisième étape.

Thompson *et al.*, (1978) ont traité au charbon actif des eaux souterraines contenant 35,8 mg/l de phénols et 3,15 mg/l de P.C.P. provenant de la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited. Ils ont obtenu dans l'effluent des concentrations respectives de 0,3 mg/l et 0,05 mg/l. Les teneurs en phénols des eaux d'entrée et de l'effluent étaient supérieures aux teneurs observées pendant la deuxième étape, mais inférieures à celles observées pendant la troisième étape de la précédente étude. Les teneurs en P.C.P. des eaux d'entrée et des effluents étaient comparables à celles de la présente étude.

Richardson (1978) fait état d'une expérience de traitement des eaux usées d'une usine de préservation du bois par adsorption sur charbon, effectuée à l'aide de deux colonnes de 600 mm de diamètre et de 3 m de hauteur. Ces colonnes fonctionnaient en série à raison de $111 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$. Les teneurs des eaux d'entrée en phénol, en P.C.P., en huiles et en graisses, ainsi qu'en D.C.O. étaient respectivement de 81, 4,3, 128 et 921. La teneur en phénol de l'effluent peut être comparée à celle de l'effluent de la deuxième étape; toutefois, elle était de beaucoup inférieure à celle de la troisième étape de la présente étude, car la concentration des eaux d'entrée était plus faible. Les résultats de l'élimination du P.C.P. peuvent être comparés avec ceux obtenus pendant la deuxième étape. L'élimination des huiles et graisses ainsi que de la D.C.O. a été quelque peu supérieure à celle atteinte au cours de la présente étude.

5.5 Lavage des colonnes

5.5.1 FILTRE À MILIEU GRANULAIRE

Le lavage à contre-courant de toutes les colonnes a été effectué à la main avec l'effluent final du traitement au charbon actif, soit avec une eau de qualité satisfaisante ou avec l'eau du robinet lorsque la qualité de l'effluent s'était détériorée. Le filtre à

milieu granulaire a été nettoyé tous les jours à raison d'un débit de $0,64 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{mn}$. Ce débit est suffisant pour assurer une expansion de 20 p. 100 à 30 p. 100 du lit. La montée de pression attribuable à l'accumulation des matières solides n'a pas posé de problème puisque les matières contenues dans les eaux passant dans la colonne tendaient à percoler à travers le lit d'antracite. Après 24 heures, les matières solides avaient traversé environ la moitié de la profondeur du lit pour être ensuite enlevées au cours du lavage du filtre.

Les courbes de lavage à contre-courant du filtre à milieu granulaire de la deuxième étape sont présentées à la figure 34, et celles de la troisième étape, à la figure 35. D'après les résultats obtenus, il ressort avec évidence que les matières solides sont évacuées de la colonne en moins de cinq minutes. Il faut donc 26 l ou 4 p. 100 du volume quotidien des eaux qui passent dans les colonnes pour laver celles-ci.

La teneur en matières en suspension des eaux de lavage s'élevait, au cours de la deuxième étape, à environ 900 mg/l après une minute de lavage et baissait à moins de 50 mg/l après cinq minutes. Comme on peut le voir à la figure 35, la concentration de matières en suspension, était à la troisième étape, d'environ 300 mg/l après une minute et baissait à 30 mg/l après cinq minutes. Il y a peu de matières solides dans les eaux de lavage au cours de la troisième étape parce qu'elles se trouvent en faibles quantités dans les eaux d'alimentation des colonnes de charbon pendant cette étape.

Les eaux de lavage contenaient un peu de P.C.P. au cours des premières minutes du lavage, comme illustré aux figures 34 et 35. Ce phénomène n'est pas attribuable à la désorption du P.C.P. de la colonne d'antracite puisque (voir tableau 10) aucun P.C.P. n'a été éliminé par cette colonne. La présence du P.C.P. est attribuable à l'entraînement des résidus contenus dans les eaux d'alimentation de la colonne.

5.5.2 COLONNES D'ADSORPTION SUR CHARBON

Les colonnes d'adsorption sur charbon ont été lavées par retour de courant lorsque la pression mesurée au sommet de la colonne atteignait entre 172 kPa et 207 kPa. Les matières qui passaient dans le filtre dégrossisseur tendaient à s'accumuler au sommet de la première colonne de charbon et à provoquer une baisse de pression à cet endroit. À cause de la pression accumulée, il a fallu procéder au lavage de la première colonne le 22 mars, après dix-neuf jours de traitement, puis, par la suite, le 4 avril, après douze jours de traitement. Après le 4 avril, à cause de la forte concentration de matières en suspension dans les eaux entrant dans le système d'adsorption sur charbon, la colonne a dû être lavée plusieurs fois par semaine. Les matières solides qui passaient à travers la première colonne de charbon tendaient à s'accumuler au sommet de la deuxième colonne; celle-ci a

été lavée par retour de courant la première fois le 4 avril, après trente et un jours de traitement, puis le 7 et le 12 avril, à cause de la forte teneur en matières solides des eaux passant dans le système.

Les courbes de lavage de la deuxième colonne pendant la deuxième étape de l'expérience sont présentées à la figure 36; celles de la troisième étape sont présentées à la figure 37. Le lavage par retour de courant a été effectué à un débit de $0,55 \text{ m}^3/\text{m}^2$ par minute. Il semble que ce débit ait été suffisant pour assurer une expansion de 20 p. 100 à 30 p. 100 du lit. Il faut donc quinze minutes de lavage pour éliminer les matières accumulées dans la colonne. La durée prolongée de cette période de lavage, supérieure à la période normalement requise pour le lavage d'un filtre à milieu granulaire, est probablement attribuable au faible débit du lavage et à la grande hauteur de la colonne. D'après les données présentées aux figures 36 et 37, on peut constater qu'aucun P.C.P. n'a été désorbé de la colonne: la teneur en P.C.P. des eaux de lavage était en effet généralement inférieure à $0,05 \text{ mg/l}$, ce qui est comparable à celle de l'effluent de la colonne.

5.6 Résultats des essais biologiques

Les résultats des essais biologiques sur les effluents du traitement par boues activées au cours des étapes 1 et 2 sont présentés à la section 5.6.1. Les résultats obtenus pour l'effluent du traitement combiné biologique et sur charbon actif de la deuxième étape, et pour celui du traitement sur charbon actif sans traitement biologique de la troisième étape sont analysés à la section 5.6.2.

5.6.1 TRAITEMENT PAR BOUES ACTIVÉES

Les données sur la toxicité sont présentées au tableau 13. Le traitement biologique n'a pas permis d'éliminer les substances létales contenues dans les eaux usées. Trente-cinq des trente-sept échantillons prélevés au cours des étapes 1 et 2 de l'étude étaient létaux (toxicité aiguë) pour la jeune truite arc-en-ciel. Deux échantillons, prélevés au cours de l'étape 2 (les 18 et 19 mars) n'étaient pas létaux après 96 heures dans un effluent biologiquement traité à 100 p. 100.

Le temps de survie médian, c'est-à-dire le temps qu'il faut pour atteindre 50 p. 100 de mortalité dans un effluent non dilué (à 100 p. 100) a été calculé (Litchfield, 1949) pour la majorité des échantillons et variait de 12 mn à 5 h 12 mn; l'effluent était donc extrêmement toxique. Quatre $C.L._{50}$ de 96 heures ont été calculées pour la première étape, au moment où l'on croyait que le traitement biologique fonctionnait de façon

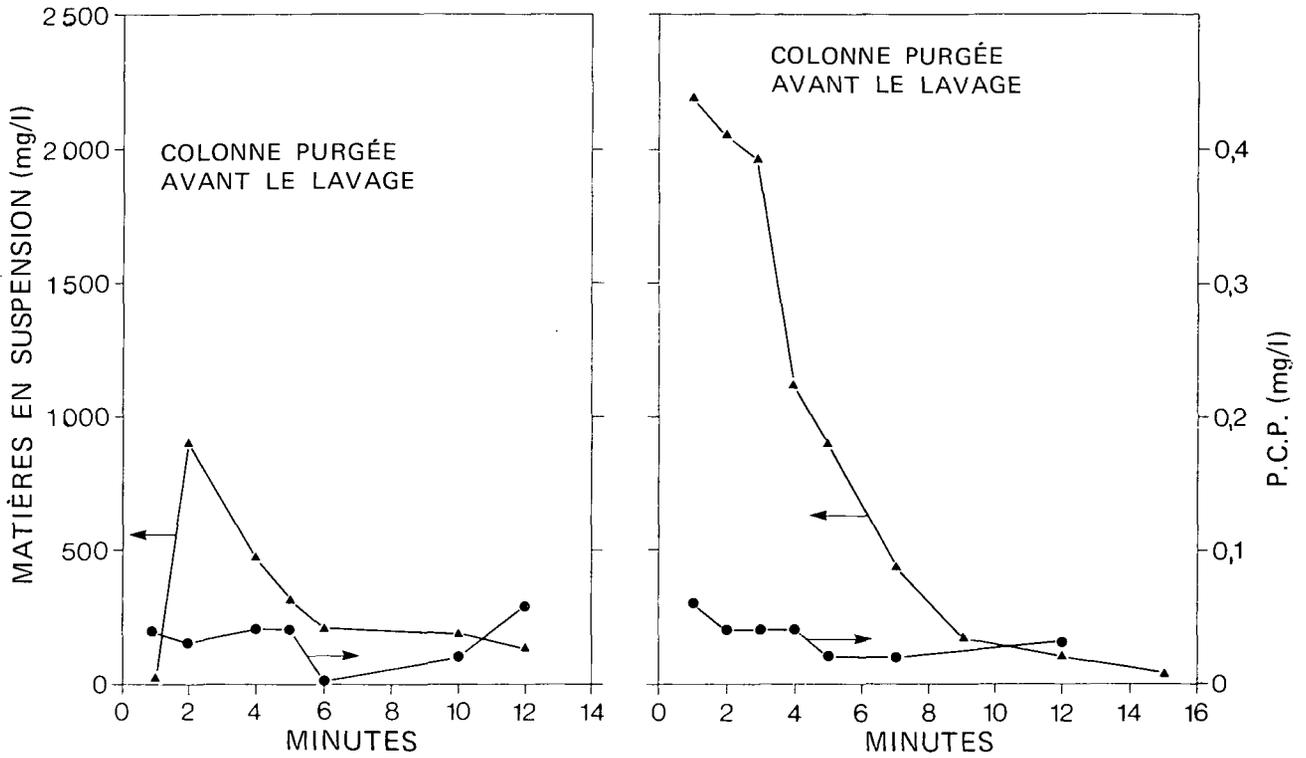


FIGURE 36 COURBES DE LAVAGE DE LA COLONNE D'ADSORPTION SUR CHARBON AU COURS DE LA DEUXIÈME ÉTAPE

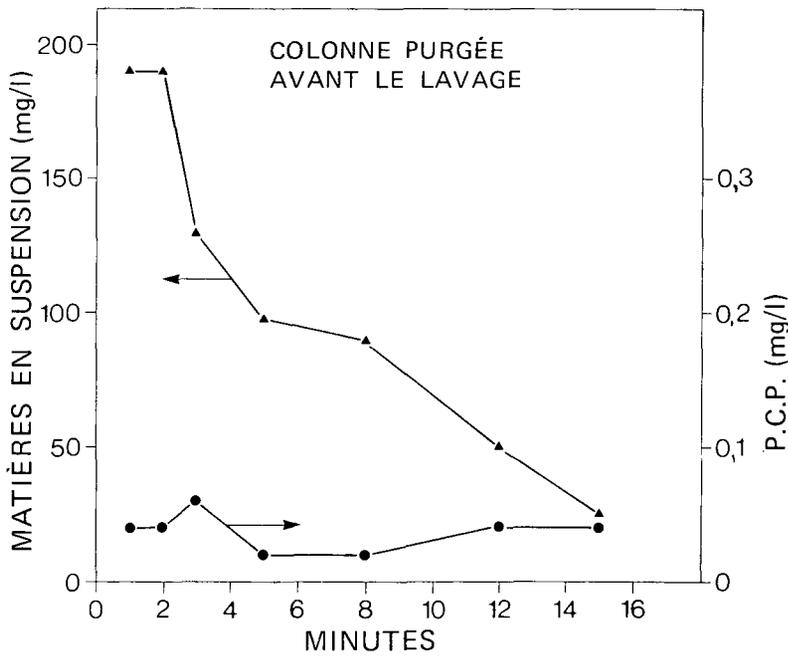


FIGURE 37 COURBES DE LAVAGE DE LA COLONNE D'ADSORPTION SUR CHARBON AU COURS DE LA TROISIÈME ÉTAPE

TABLEAU 13 Toxicité aiguë et caractéristiques chimiques de l'effluent après traitement biologique

Date	Nombre d'échantillons	Taux de mortalité		T.S.M. (heures)		Cu (mg/l)		Cr (mg/l)		As (mg/l)		P.C.P. (mg/l)	
		24 h	96 h	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations
Étape 1 25 oct. – 3 fév.	10	100	100	0,6	0,2 - 5,2	0,41	0,13 - 1,2	0,25	0,09 - 0,8	0,85	0,49 - 1,0	3,14	0,3 - 7,95
Étape 2 3-17 mars	11	100	100	0,3	0,2 - 0,4	0,57	0,40 - 0,64	0,44	0,22 - 0,61	0,43	0,24 - 0,55	4,7	2,0 - 6,7
18 mars	1	0	0	–		0,24		0,15		0,22		<0,02	
19 mars	1	0	0	–						0,57		<0,01	
20 mars	1	100	100	2,2		0,46		0,29		0,38		<0,07	
21 mars- 9 avril	13	100	100	0,8*	0,5 - 1,5	0,57*	0,49 - 0,77	0,39*	0,28 - 0,48	0,54	0,38 - 0,83	3,8	0,01 - 7,5

* Seulement cinq des 13 échantillons ont été analysés.

satisfaisante. Chacune de ces C.L.₅₀ de 96 heures s'inscrivait dans une gamme d'effluents qui allait de 1 p. 100 à 5 p. 100 sur une base de volume à volume, et le temps de survie médian moyen a été de 36 mn. Comme les temps de survie médians pour l'effluent traité biologiquement n'ont pas beaucoup changé au cours de ces deux étapes, il semble que la toxicité de l'effluent soit demeurée relativement constante sauf les 18 et 19 mars.

Les substances à l'origine de la toxicité de l'effluent biologiquement traité n'ont pu être déterminées de façon précise. De nombreuses substances qui pourraient être toxiques, notamment le cuivre, le chrome, l'arsenic, la créosote et le pentachlorophénol, ont été utilisées comme produits de préservation dans le procédé de traitement du bois. L'analyse chimique de l'effluent traité biologiquement révèle des concentrations moyennes de chrome et d'arsenic après filtration de 0,35 mg/l et 0,58 mg/l respectivement (tableau 14). Ces concentrations sont trop faibles pour expliquer le taux de mortalité observé. Le chrome est présent tant sous forme trivalente (Cr^{+3}) que sous forme hexavalente (Cr^{+6}) plus toxique. Selon une expérience effectuée par Benoit (1976), la C.L.₅₀ de 96 heures du chrome hexavalent est 69 mg/l pour la truite arc-en-ciel; il semble donc que les concentrations observées dans l'effluent biologiquement traité ne soient pas directement la cause de la toxicité aiguë. Selon Dixon (1978), l'arsenic commence à être toxique après une période d'exposition de 144 heures et à une dose de 13,4 mg/l pour la truite arc-en-ciel; il est, par conséquent, peu probable qu'il soit l'agent toxique dans le cas qui nous occupe.

La teneur totale en cuivre filtré de l'effluent traité biologiquement atteignait en moyenne 0,50 mg/l (tableau 14) et dépassait la teneur normalement associée à la toxicité. Le cuivre est létal à l'état de composés cuivriques (Cu^{+2}), et sa toxicité dépend du pH et de la dureté de l'échantillon (Howarth, 1976). L'effluent traité affichait une dureté totale relativement faible de 29 mg/l à l'état de CaCO_3 (tableau 14), qui, à un pH de 8,0, devrait produire une C.L.₅₀ de 96 heures d'environ 0,03 mg/l (Howarth, 1976). Bien que la concentration totale du cuivre ait excédé ce niveau, nous ignorons si le cuivre était présent dans un état absorbable par les poissons. Brown *et al.* (1974) ont conclu que ni les concentrations totales, ni les concentrations solubles de cuivre ne pouvaient être utilisées pour prédire la toxicité du cuivre dans un effluent contenant des agents de complexation du cuivre. La nature chimique précise du cuivre traité dans l'effluent n'a pas été déterminée, mais le traitement sur charbon actif a permis de réduire les concentrations moyennes de cuivre filtré dans l'effluent traité biologiquement de 0,50 mg/l à 0,19 mg/l (tableaux 14 et 16). Comme l'effluent du traitement sur charbon actif affichait des concentrations de cuivre filtré allant jusqu'à 0,39 mg/l (tableau 15) sans toxicité aiguë, il

TABLEAU 14 Caractéristiques chimiques moyennes de l'effluent traité biologiquement

Paramètre	Concentration (mg/l)
Ca	8,4*
Mg	5,5*
Dureté (à l'état de CaCO ₃)	29*
Na	67,3*
Zn	0,03*
Cu	0,52
Cr	0,38
As (total)	0,55
As ⁺³	0,06
P.C.P.	3,58

* n = 5.

n > 20 pour les autres paramètres.

semble donc que, dans ces effluents, des concentrations de cuivre total dépassant de beaucoup 0,03 mg/l pouvaient être tolérées par les poissons.

L'effluent traité biologiquement contenait suffisamment de pentachlorophénol pour produire la toxicité observée. Les concentrations de pentachlorophénol atteignaient en moyenne 3,58 mg/l et étaient environ 30 fois supérieures à la C.L.₅₀ de 96 heures nominale de 0,13 mg/l déterminée lors des essais biologiques en conditions statiques (figure 38). Ces données concordent raisonnablement bien avec les variations de 50 µg/l à 100 µg/l de la C.L.₅₀ de 96 heures dont font état Davis et Hoos (1975). Les deux effluents qui ont subi un traitement biologique et dont la toxicité n'était pas aiguë (18 et 19 mars), contenaient effectivement moins de 0,02 mg/l et 0,01 mg/l de pentachlorophénol (tableau 13). Toutefois des échantillons toxiques prélevés les 20 et 27 mars contenaient eux aussi respectivement moins de 0,07 mg/l et 0,01 mg/l, ce qui nous porte à croire que des produits toxiques autres que le pentachlorophénol se trouvent à l'occasion dans l'effluent traité biologiquement.

La créosote est un produit très utilisé dans la préservation du bois et affiche une C.L.₅₀ de 96 heures reconnue de 0,99 mg/l (Webb, 1975); toutefois la teneur en créosote de l'effluent traité biologiquement demeure inconnue.

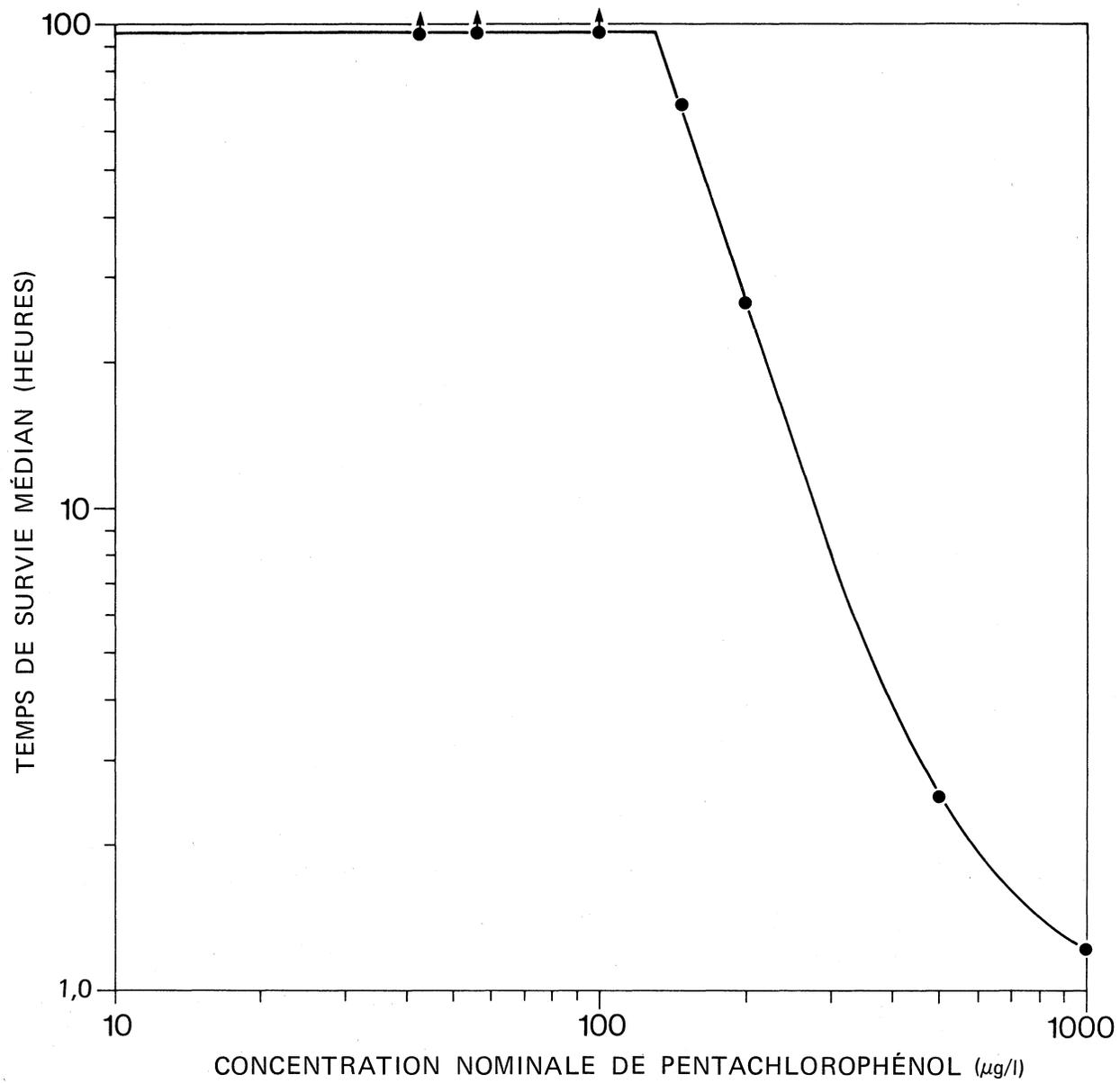


FIGURE 38 TOXICITÉ DU PENTACHLOROPHÉNOL POUR LES JEUNES TRUITES ARC-EN-CIEL

5.6.2 TRAITEMENT SUR CHARBON ACTIF

L'installation d'un système de traitement sur charbon actif à la suite du traitement biologique a permis d'éliminer efficacement la toxicité aiguë de 30 des 35 échantillons analysés (tableau 15). Les cinq échantillons restants (21, 22, 23, 28 mars et 9 avril) affichaient une toxicité aiguë, mais la cause de la mortalité n'a pu être confirmée. Les concentrations de chrome et d'arsenic étaient de beaucoup inférieures aux doses létales (tableau 15) et les concentrations de pentachlorophénol étaient inférieures à 0,01 mg/l, sauf pour ce qui est de l'échantillon prélevé le 9 avril; la station de traitement sur charbon actif fonctionnait donc encore de façon satisfaisante. Les concentrations de cuivre dans trois des échantillons toxiques en question excédaient les concentrations présentes dans les échantillons non létaux, mais encore une fois, la forme précise sous laquelle le cuivre était présent dans l'effluent est inconnue. Dans deux cas (les 21 et 28 mars), tous les paramètres mesurés étaient inférieurs aux valeurs affichées par les échantillons non toxiques, suggérant, par conséquent, que d'autres facteurs étaient responsables de la toxicité.

Au cours de la troisième étape, deux échantillons d'effluent traité au seul charbon actif ont été analysés les 20 et 27 avril. L'échantillon du 20 avril n'était pas extrêmement toxique, alors que celui du 27 avril l'était, mais la cause de la toxicité est inconnue, l'échantillon n'ayant pas été soumis à une analyse chimique.

Les résultats de cette étude nous portent à croire que le traitement par boues activées est incapable à lui seul d'éliminer toutes les substances toxiques, et notamment le pentachlorophénol, contenues dans les eaux usées provenant de l'usine de la compagnie Abitibi-Northern Wood Preservers Limited. Toutefois, si ce traitement biologique est suivi d'un traitement sur charbon actif, l'effluent en question peut perdre sa toxicité aiguë. Dans les quelques cas où l'effluent traité sur charbon actif était léthal, la mortalité n'était pas due seulement à la présence du pentachlorophénol, du chrome ou de l'arsenic. Aucun agent toxique précis n'a pu être identifié.

TABLEAU 15 Toxicité aiguë et caractéristiques chimiques de l'effluent traité par boues activées et sur charbon actif au cours de la deuxième étape

Date	Nombre d'échantillons	Taux de mortalité		Cu (mg/l)		Cr (mg/l)		As (mg/l)		P.C.P. (mg/l)	
		24 h	96 h	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations	Moy.	Variations
3-20 mars	18	0	0	0,15	0,06 - 0,39	0,15	0,05 - 0,69	0,28	0,09 - 0,55	<0,02	<0,01 - 0,09
21 mars	1	0	100	0,27		0,08		0,36		<0,01	
22 mars	1	0	100	0,41		0,10		0,45		<0,01	
23 mars	1	0	80	0,52		0,16		0,33		<0,01	
25-27 mars	2	0	0	0,19	0,18 - 0,21	0,07	0,05 - 0,08	0,31	0,27 - 0,34	<0,01	
28 mars	1	0	100	0,07		0,05		0,37		<0,01	
29 mars	10	0	0	—	0,05 - 0,31*	—	0,02 - 0,16*	0,44	0,29 - 0,61	<0,02	<0,01 - 0,06
7 avril											
9 avril	1	0	100	0,51		0,14		0,29		<0,10	

*Seuls deux échantillons ont été analysés pendant cette période.

TABLEAU 16 Caractéristiques chimiques moyennes de l'effluent traité par boues activées et sur charbon actif

Paramètre	Concentration (mg/l)
Zn	0,04
Cu	0,20
Cr	0,13
As (total)	0,33
As ⁺³	0,08*
P.C.P.	0,02

*n = 9.

n > 20 pour les autres paramètres.

RÉFÉRENCES

Analytical Methods Manual, Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada, Ottawa, Canada, 1974.

A.P.H.A., A.W.W.A. et W.P.C.F., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 13^e édition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 1971.

Benoît, D.A., "Toxic Effects of Hexavalent Chromium on Brook Trout (Salvelinus fontinalis) and Rainbow Trout (Salmo gairdneri)", Water Research, 10: 497-500, 1976.

Brown, V.M., T.L. Shaw et D.G. Shurben, "Aspects of Water Quality and the Toxicity of Copper to Rainbow Trout", Water Research, 8: 797-803, 1974.

Dixon, D.G., Département de biologie, Université de Guelph, Guelph (Ontario), communication privée, 1978.

Davis, J.C. et R.A.W. Hoos, "Use of Sodium Pentachlorophenate and Dehydroabiatic Acid as Reference Toxicants for Salmonoid Bioassays", Journal of the Fisheries Research Board, 32 (3): 411-416, 1975.

Etzel, J.E. et E.J. Kirsch, "Biological Treatment of Contrived and Industrial Wastewater Containing Pentachlorophenol", Developments in Industrial Microbiology, 16 : 287-295, 1975.

Howarth, R.S., "The Effects of Water Hardness and pH on the Acute Toxicity of Copper to Rainbow Trout (Salmo gairdneri R.)", thèse de maîtrise en science, Université de Guelph, Guelph (Ontario), p. 141, 1976.

Litchfield, J.T. Jr., "A Method of Rapid Graphic Solution of Time Percent Effect Curves", Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 97 : 399-408, 1949.

Litchfield, J.T. Jr. et F. Wilcoxon, "A Simplified Method of Evaluating Dose-Effect Experiments", Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics, 96 : 99-113, 1949.

Richardson, N.G., "Wood Preserving Effluents and Their Treatment", The Timber Processing Industry - Seminar Proceedings, Rapport n^o EPS 3-WP-78-1, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa, 1978.

Thompson, G.E., H. Husain, J. Parry et P.J. Gilbride, "Hydrogeological Control and Clean-up of Soil and Ground Contaminants at Northern Wood Preservers Ltd.", exposé présenté à la 25^e conférence sur les eaux usées industrielles de l'Ontario, 18 au 21 juin, 1978.

Webb, D.A., "Some Environmental Aspects of Creosote", Proceedings. American Wood-Preservers Association, 71 : 176-181, 1975.

ANNEXE I

**Données quotidiennes sur les
eaux d'entrée et les effluents**

TABLEAU I.1 Eaux d'entrée au cours de la première étape

Date (1977)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ³ -N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Nov.												
1	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	33	6,8	440	1 000	330	-	190	-	10,1	22,8	13,5	-
3	39	9,7	500	1 000	330	49	190	-	32,0	48,3	4,1	-
4	39	8,9	480	1 300	240	33	200	-	17,0	27,9	1,3	-
8	37	9,2	600	1 300	370	37	240	-	19,0	20,1	17,0	-
9	36	9,0	440	1 200	310	69	186	-	15,0	21,7	21,0	-
10	36	8,7	480	1 400	350	42	-	-	49,0	53,1	40,0	7,5
14	34	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	34	6,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	38	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	39	8,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	38	9,1	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-
22	34	7,5	780	1 600	470	52	289	-	13,3	19,0	33,0	-
23	35	7,7	680	1 500	390	26	290	-	9,0	18,9	9,1	-
24	34	8,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	35	9,3	820	1 700	430	54	-	-	20,0	36,7	12,0	-
29	39	8,0	730	1 500	360	56	230	2 500	6,3	16,1	17,0	10,2
30	39	7,8	580	1 200	330	40	210	2 500	11,0	24,6	25,0	11,5
Déc.												
1	40	9,0	480	1 200	270	28	180	970	2,0	-	-	10,2
2	39	9,9	370	1 100	330	23	-	-	11,0	-	-	-
6	32	10,0	560	1 400	360	27	-	-	2,0	11,6	1,8	-
7	31	9,8	600	1 600	430	37	270	1 740	6,0	24,8	14,6	5,5
8	30	8,8	820	1 400	420	38	270	549	8,4	21,0	9,9	5,2
9	29	9,1	780	1 300	390	23	250	-	12,7	27,2	9,8	-
13	35	9,1	570	1 000	260	62	140	-	3,4	10,7	3,0	6,9
14	37	10,5	560	1 100	210	50	120	-	7,7	26,4	5,0	-
15	35	10,2	430	870	230	41	120	-	7,0	24,9	4,3	10,1
16	34	10,2	420	940	220	-	-	-	13,0	27,7	5,5	-

TABLEAU I.2 Effluent après traitement par boues activées au cours de la première étape

Date (1977)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ³ -N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Nov.												
01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02	-	6,7	41	230	35	64	0,18	-	8,7	23,1	21,8	-
03	29	6,4	37	250	35	78	0,11	-	3,9	18,3	19,8	-
04	29	6,4	14	260	29	57	0,10	-	0,8	15,3	20,9	-
08	29	6,2	16	320	34	75	0,09	-	9,0	23,2	19,3	-
09	28	5,1	13	300	33	73	0,09	-	5,0	16,9	19,7	-
10	28	6,1	15	450	28	66	-	-	3,0	23,1	21,4	0,79
14	27	5,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	28	5,9	-	-	-	69	-	-	-	-	-	-
16	28	6,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	29	6,1	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-
18	28	6,6	-	-	-	54	-	-	-	-	-	-
22	26	7,2	9	200	30	62	0,10	-	0,1	3,5	16,6	-
23	26	7,1	13	220	38	32	0,14	-	1,0	5,5	13,6	-
24	24	6,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	23	7,0	23	270	35	108	-	-	0	7,3	10,0	-
29	27	7,1	17	200	33	67	0,12	620	0	5,7	16,0	6,9
30	27	7,1	16	240	54	80	0,15	530	0	6,2	20,0	6,0
Déc.												
01	31	7,2	19	340	13	94	0,12	506	0,2	-	-	8,6
02	30	7,2	18	260	29	98	-	-	0,5	-	-	-
06	23	7,1	15	220	31	70	-	-	0,5	4,7	3,6	-
07	24	7,1	13	220	29	35	0,53	410	0,2	3,5	3,3	4,3
08	23	6,8	23	190	25	41	0,06	133	0,1	1,4	3,3	4,9
09	22	7,0	20	190	23	45	0,08	-	0,1	0,9	3,7	-
13	28	6,4	280	830	25	281	1,3	-	0,6	29,7	13,0	5,6
14	27	6,4	270	1 600	91	418	1,9	-	1,7	34,5	13,4	-
15	27	6,8	230	1 100	98	276	3,0	-	1,5	24,2	9,8	7,2
16	25	7,0	69	720	100	-	-	-	0,8	22,5	8,5	-

TABLEAU I.3 Eaux d'entrée au cours de la deuxième étape

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Mars												
3	39	8,9	-	-	810	13	-	-	-	-	-	8,9
4	40	8,6	1 150	2 330	800	11	520	83	11,0	31,0	1,5	10,8
5	39	8,6	1 190	2 280	770	19	480	89	16,0	37,1	6,5	8,7
6	39	6,7	1 060	2 160	730	16	420	120	16,2	35,4	2,6	10,9
7	37	9,0	1 011	2 130	625	25	464	48	16,0	35,8	4,9	9,1
8	38	8,8	1 069	2 190	645	18	524	58	12,0	30,9	2,0	11,6
9	35	8,0	957	2 040	645	32	256	69	10,0	29,9	2,8	7,5
10	34	8,2	790	2 010	715	22	436	63	4,8	24,2	10,5	6,8
11	-	-	889	2 130	690	-	484	98	8,3	26,4	5,4	6,0
12	-	-	889	2 270	700	-	496	48	5,9	23,5	7,0	6,1
13	-	-	1 003	2 330	740	-	528	96	14,8	32,5	7,2	6,5
14	41	8,7	1 034	2 550	740	26	508	49	14,6	37,4	3,9	4,7
15	40	8,8	996	2 500	720	20	572	44	36,0	46,8	9,2	5,7
16	40	8,3	1 300	2 270	750	26	504	81	23,0	43,4	8,8	4,6
17	34	7,6	1 100	2 100	790	21	472	36	9,0	38,7	2,3	4,4
18	-	-	1 200	2 400	850	-	504	26	8,8	30,4	1,6	4,2
19	-	-	1 300	2 300	820	-	528	23	13,0	49,4	8,0	10,9
20	32	8,0	1 300	2 340	860	33	540	70	17,0	48,7	5,6	12,2
21	33	9,1	1 500	2 800	960	27	566	110	22,0	57,9	2,4	12,5
22	35	8,8	1 500	2 700	930	29	516	120	20,0	49,1	9,0	13,4
23	36	8,4	1 300	2 600	910	32	584	96	35,0	49,3	3,2	12,7
24												
25	-	-	1 300	2 700	800	-	536	42	30,0	41,8	16,0	8,3
26												
27	36	8,1	-	-	-	75	-	-	-	-	-	-
28	38	8,8	1 000	1 950	650	117	400	42	39,0	58,4	14,7	12,4
29	38	8,7	770	1 830	520	82	248	61	21,0	33,6	8,6	8,6
30	39	8,4	970	2 100	540	91	280	120	22,0	37,6	5,5	5,9
31	-	-	1 100	2 500	740	-	360	120	13,0	15,9	4,9	8,0

TABLEAU I.3 (suite)

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Avril												
1	-	-	1 400	2 900	870	-	456	160	38,0	49,0	5,7	6,6
2	-	-	1 600	3 300	980	-	570	157	45,0	53,2	4,9	7,4
3	38	8,2	1 700	3 400	990	79	660	120	67,0	74,3	5,4	8,2
4	40	8,4	-	-	-	88	-	-	-	-	-	-
5	40	8,6	2 000	4 000	1 300	96	748	160	75,0	81,5	6,9	14,9
6	34	8,6	2 200	4 300	1 400	49	780	210	73,0	76,0	5,9	10,2
7	35	8,6	2 200	4 500	1 400	88	838	180	72,0	76,0	5,9	10,3
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	2 500	5 200	1 700	-	1 088	160	85,0	93,0	6,8	8,4
10	36	9,2	-	-	-	120	-	-	-	-	-	-
11	35	8,4	3 000	5 400	1 800	188	1 340	140	74,0	81,0	5,5	6,8
12	34	8,8	-	-	-	104	-	-	-	-	-	-
13	34	8,6	2 500	4 600	1 500	89	1 056	122	42,0	49,7	3,9	3,7

TABLEAU I.4 Effluent après traitement par boues activées

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Mars												
3	28	7,3	-	-	60	64	-	-	-	-	-	6,0
4	29	7,3	17	300	57	56	0,30	6	0,9	9,5	1,5	7,9
5	28	7,2	13	300	59	72	0,20	11	0,9	10,5	1,6	5,0
6	29	7,0	17	290	53	60	0,04	7	1,1	10,3	0,8	5,7
7	30	7,1	20	350	53	61	0,08	22	1,2	9,3	1,5	5,3
8	26	7,8	26	330	42	67	0,09	14	0,9	10,0	1,0	3,7
9	27	6,9	21	340	41	77	0,16	23	1,2	8,7	1,0	4,1
10	24	6,8	18	330	42	72	0,29	26	1,0	12,9	5,0	4,3
11	-	-	21	350	48	-	0,16	18	1,9	16,1	4,0	3,8
12	-	-	21	340	44	-	0,08	24	3,0	15,9	4,9	4,2
13	-	-	13	330	42	-	0,12	23	4,4	16,3	3,2	4,4
14	28	7,6	17	290	45	45	0,14	21	5,3	17,6	2,5	3,9
15	27	7,5	13	270	52	30	0,11	11	5,3	16,5	2,4	2,1
16	26	7,1	20	500	60	31	0,09	11	5,8	21,8	2,7	1,6
17	25	7,5	13	210	50	35	0,18	9	4,7	13,8	2,2	1,9
18	-	-	7	180	43	-	0,16	4	3,0	12,0	1,6	0,05
19	-	-	12	210	46	-	0,18	8	2,1	13,2	3,2	0,02
20	21	7,1	54	370	67	52	0,20	19	10,0	29,7	4,0	2,0
21	22	7,6	70	350	59	53	0,20	22	10,0	32,0	2,4	6,8
22	22	7,7	80	380	64	107	0,19	23	11,0	35,9	3,6	6,8
23	24	7,3	87	420	84	50	0,12	18	22,0	35,4	2,8	7,6
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	67	360	64	-	0,06	8	18,0	34,5	3,7	7,7
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	23	7,2	-	-	-	44	-	-	-	-	-	-
28	25	7,4	20	200	50	43	0,12	3	25,0	33,5	5,8	4,4
29	25	7,5	13	220	43	41	0,14	8	16,0	20,1	3,6	0,08
30	26	7,5	13	270	45	70	0,23	17	4,0	5,8	1,1	0,27
31	-	-	16	260	42	-	0,18	15	3,0	4,6	2,3	0,29

TABLEAU I.4 (suite)

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Avril												
1	-	-	14	270	48	-	0,28	13	2,0	4,8	2,7	0,89
2	-	-	9	240	48	-	0,12	12	3,0	5,9	2,7	1,3
3	24	7,4	11	260	52	98	0,14	11	2,0	3,9	1,8	2,1
4	26	7,5	-	-	-	110	-	-	-	-	-	-
5	27	7,6	110	550	82	135	0,53	32	15,0	21,0	2,2	5,0
6	28		140	660	80	154	0,36	39	14,0	15,0	1,9	4,4
7	25	7,6	170	710	68	204	0,72	36	13,0	14,8	2,0	7,2
8	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-		280	900	94	-	0,53	44	11,0	13,1	3,1	7,4
10	22	7,2	-	-	-	187	-	-	-	-	-	-
11	23	7,1	450	1 300	210	220	0,78	32	13,0	15,0	1,7	6,0
12	23	7,3	-	-	-	157	-	-	-	-	-	-
13	25	7,5	540	1 400	210	132	0,95	34	12,0	13,6	2,2	3,1

TABLEAU I.5 Effluent après traitement sur colonne de charbon au cours de la deuxième étape

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Mars												
3	22	7,4	-	-	3	8	-	-	-	-	-	0,14
4	18	7,0	10	65	17	15	0,08	1	0,4	2,2	0,8	0,01
5	20	7,1	7	59	8	16	0,18	12	0,5	2,8	0,5	<0,01
6	21	6,9	10	66	6	10	0,14	18	0,6	2,5	0,7	<0,01
7	19	7,1	13	130	4	10	0,04	1	0,8	2,0	0,5	<0,01
8	20	7,6	13	100	7	14	0,02	7	0,4	2,5	0,5	0,02
9	17	7,0	19	140	7	11	0,04	8	1,0	2,5	1,0	0,04
10	16	7,0	14	120	9	14	0,12	10	1,2	5,7	2,8	0,02
11	-	-	16	150	13	-	0,11	10	1,9	8,0	2,6	0,04
12	-	-	25	160	13	-	0,16	15	3,1	10,2	2,2	0,04
13	-	-	19	150	12	-	0,08	8	4,6	9,3	2,2	0,02
14	22	7,7	14	130	12	18	0,06	9	5,7	10,8	2,1	0,05
15	22	7,3	15	140	14	13	0,12	8	4,8	13,7	2,4	0,02
16	20	7,3	18	340	13	14	0,06	5	5,4	11,2	1,7	<0,01
17	18	7,2	17	100	9	14	0,10	3	4,7	8,7	1,8	<0,01
18	-	-	10	46	15	-	0,09	5	2,8	6,1	1,6	<0,01
19	-	-	8	46	12	-	0,10	10	1,1	4,7	1,8	-
20	14	7,2	10	66	12	15	0,09	6	5,3	7,5	2,6	0,03
21	14	7,5	43	180	19	19	0,11	4	9,0	22,8	2,4	0,02
22	15	7,6	36	160	22	19	0,18	3	10,0	28,6	3,5	0,02
23	17	7,2	82	200	20	16	<0,01	2	20,0	26,3	2,8	0,06
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	73	180	42	-	0,03	4	18,0	25,2	2,4	0,06
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	18	7,0	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-
28	17	7,2	40	120	14	34	0,03	6	23,0	30,3	4,9	0,07
29	18	7,5	13	84	10	13	0,03	3	12,0	17,2	3,4	0,02
30	18	7,4	23	70	15	16	<0,001	7	8,0	8,1	1,2	0,05
31	-	-	39	94	23	-	<0,001	3	6,0	7,3	2,4	0,04

TABLEAU I.6 Eaux d'entrée au cours de la troisième étape

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Avril												
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	38	5,5	1 100	2 800	970	25	540	80	1,8	8,5	1,9	0,38
21	37	5,6	1 400	2 800	960	15	560	69	1,8	29,3	0,4	0,36
22	36	5,4	1 500	3 200	1 000	11	660	70	3,1	25,4	0,1	0,49
23	35	5,4	1 500	3 100	1 200	6	748	54	3,0	33,3	<0,1	0,39
24	35	5,1	1 600	3 200	1 300	11	844	59	4,1	34,4	<0,1	0,55
25	32	4,8	1 600	3 400	1 400	10	840	100	4,2	30,2	<0,1	0,47
26	32	4,5	1 600	2 800	1 200	7	786	49	4,0	23,4	<0,1	0,51
27	33	4,2	1 500	3 100	1 100	12	796	44	5,1	24,8	0,1	0,42
28	31	4,0	1 600	3 100	990	54	724	50	5,0	34,7	0,5	0,53
29	-		1 700	3 300	990	-	660	23	5,0	29,5	1,0	0,39
30	-		1 500	3 000	920	83	576	52	6,0	28,7	0,5	0,30
Mai												
01	33	4,1	1 400	2 800	790	39	612	66	11,0	31,9	0,2	0,44

TABLEAU I.7 Effluent à la sortie de la première colonne de charbon au cours de la troisième étape

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Avril												
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	120	240	67	10	0,06	6	0,8	7,4	1,4	0,07
21	-	-	140	250	76	8	0,02	10	1,8	5,6	0,3	0,04
22	-	-	200	480	92	4	0,22	<1	2,0	10,4	0,3	0,01
23	-	-	900	1 800	740	5	0,10	4	2,9	25,4	<0,1	0,02
24	-	-	1 700	3 100	1 300	3	1060	4	4,0	31,3	<0,1	0,01
25	-	-	1 800	2 700	1 000	3	1010	4	4,0	20,4	<0,1	0,06
26	-	-	1 700	2 600	1 100	1	960	6	3,9	19,7	<0,1	0,04
27	-	-	1 500	2 500	1 000	1	870	1	4,9	20,8	0,1	0,03
28	-	-	1 700	2 700	1 100	11	808	3	4,0	36,3	0,1	0,01
29	-	-	1 900	2 900	950	-	772	2	5,0	32,2	0,8	0,08
30	-	-	1 700	2 800	920	20	768	2	6,0	26,1	0,4	0,03
Mai												
1	-	-	1 600	2 600	900	60	880	25	9,0	29,1	0,2	0,03

TABLEAU I.8 Effluent à la sortie des trois colonnes de charbon au cours de la troisième étape

Date (1978)	Temp. (°C)	pH	D.B.O. ₅ (mg/l)	D.C.O. (mg/l)	C.O.T. (mg/l)	M.S. (mg/l)	Phénol (mg/l)	Huiles et graisses (mg/l)	NH ₃ - N (mg/l)	Azote Kjeldahl total (mg/l)	P total (mg/l)	P.C.P. (mg/l)
Avril												
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	26	5,2	73	150	41	8	0,03	5	0,7	5,5	0,9	0,02
21	25	5,2	100	180	52	5	14,0	-	1,7	4,5	0,1	0,06
22	24	4,9	130	200	55	<1	4,0	<1	1,8	4,9	0,1	0,02
23	22	5,0	150	250	78	1	<0,01	1	2,7	5,8	<0,1	0,02
24	24	4,8	180	280	93	<1	10,0	1	3,8	0,1	<0,1	0,04
25	22	4,6	180	330	130	<1	5,0	29	4,0	0,3	<0,1	0,01
26	22	4,2	200	320	120	<1	4,0	3	3,9	0,3	0,5	0,01
27	23	4,0	200	400	100	<1	5,0	<1	3,9	1,8	0,1	0,01
28	22	3,8	1 700	2 600	1 000	7	340	<1	4,0	37,3	<0,1	0,03
29	-	-	1 700	2 600	1 000	-	860	<1	4,0	29,1	0,5	0,05
30	-	-	1 600	2 500	970	44	880	<1	5,0	26,7	0,3	<0,05
Mai												
1	-	-	1 600	2 200	840	36	788	10	9,0	29,3	0,3	0,05

ANNEXE II
Conditions d'exploitation

TABLEAU II.1 Conditions d'exploitation au cours de la première étape

Date	Conditions d'exploitation
1 ^{er} nov.	Début du programme, traitement au P.C.P. dans l'autoclave n ^o 3, traitement à la créosote dans les autoclaves n ^{os} 1 et 2
2 nov.	Prélèvement du premier échantillon composé
14 nov.	Évacuation de 2400 gal de liquide mixte, début du traitement au C.C.A. dans l'autoclave n ^o 3
16 nov.	Rejet de 1000 gal de liquide mixte
17 nov.	Début de l'addition continue de NH ₃ , de H ₃ PO ₄ , de FeCl ₃ et de MgSO ₄
23 nov.	Rejet de 1000 gal de M.S.L.M.
25 nov.	Rejet de 1000 gal de M.S.L.M.
1 ^{er} déc.	Installation d'une nouvelle pompe de retour des boues en vue d'un fonctionnement à raison de 2,5 gal imp. par minute
8 déc.	Diminution de la production de l'usine de traitement du bois à cause d'une tempête de neige
9 déc.	Réduction de la production de l'usine de traitement du bois attribuable à l'absence de charges à traiter dans les autoclaves
12 déc.	Les opérateurs de l'usine remarquent que le niveau du liquide dans les bassins de retenue est bas
13 déc.	Présence d'huile et d'un fort taux de matières en suspension dans l'effluent de la station de traitement. Apparition de boues et d'une odeur huileuse. Le pH du liquide mixte chute à 6,3
14 déc.	Fin du traitement au C.C.A., début du traitement au P.C.P. dans l'autoclave n ^o 3
15 déc.	Rejet de 1000 gal de liquide mixte
16 déc.	Au cours du dernier jour d'échantillonnage, une légère amélioration est observée dans l'apparence de l'effluent

TABLEAU II.2 Conditions d'exploitation au cours de la deuxième étape

Date	Conditions d'exploitation
3 mars	Démarrage de la station-pilote de traitement sur colonnes. Traitement au C.C.A. dans l'autoclave n° 3
20 mars	Augmentation de la pression observée dans les colonnes
22 mars	Lavage par retour de courant dans la première colonne de charbon à cause de la forte pression (26 psi). Boue flottante observée à la surface du clarificateur
28 mars	Les eaux d'entrée deviennent brun foncé et affichent une concentration élevée de matières en suspension
1 ^{er} avril	Début du traitement au P.C.P. dans l'autoclave n° 3
4 avril	Lavage par retour de courant dans les première et deuxième colonnes de charbon attribuable à la forte pression (26 psi et 17 psi respectivement)
5 avril	Le liquide se trouvant au sommet des lits de charbon de la première et de la deuxième colonne est d'une couleur foncée
6 avril	Le pH du liquide mixte chute à 5,0. En doublant la dose de NaOH, le pH revient à la normale en douze heures
7 avril	Lavage par retour de courant dans les trois colonnes de charbon. Début du traitement au C.C.A. dans la colonne n° 3
11 avril	Lavage par retour de courant dans la première colonne de charbon. L'effluent est d'une couleur marron et affiche une concentration élevée de matières solides
12 avril	Lavage par retour de courant dans les première et deuxième colonnes de charbon
13 avril	Fin de la deuxième étape

TABLEAU II.3 Conditions d'exploitation au cours de la troisième étape

Date	Conditions d'exploitation
19 avril	Début de la troisième étape. Toutes les colonnes sont rechargées. Début du traitement au C.C.A. dans l'autoclave n° 3
21 avril	Détérioration de la qualité de l'effluent à la sortie de la première colonne de charbon
22 avril	L'effluent à la sortie des trois colonnes est absolument clair
28 avril	L'effluent à la sortie des trois colonnes est légèrement turbide
1 ^{er} mai	Fin de la troisième étape

ANNEXE III
Données quotidiennes sur le liquide mixte

TABLEAU III.1 Données quotidiennes sur le liquide mixte au cours de la première étape

Date (1977)	Temp. (°C)	pH	O.D. (mg/l)	I.V.B. (% des eaux d'entrée)	M.S. (mg/l)
Nov.					
1	28	-	1,7	-	-
2	29	5,7	2,2	81	11 520
3	30	4,9	2,1	81	11 800
4	31	5,7	4,0	86	11 020
8	30	6,0	4,2	85	11 200
9	30	5,7	2,8	84	11 300
10	29	6,2	2,8	85	11 360
14	28	5,5	4,6	-	-
15	29	5,9	-	85	8 210
16	29	6,1	5,0	-	-
17	30	6,3	4,7	85	7 450
18	29	6,5	4,3	84	7 470
22	27	6,5	4,3	80	7 730
23	28	6,9	4,3	86	7 470
24	26	7,0	4,3	-	7 285
25	25	6,9	-	-	-
29	29	7,0	4,1	-	7 030
30	29	7,0	3,9	73	6 920
Déc.					
1	30	7,2	4,3	-	-
2	30	7,3	3,1	130	6 920
6	25	7,0	3,8	-	-
7	25	7,0	3,4	117	7 070
8	24	7,0	3,0	94	6 900
9	23	7,0	2,9	93	7 310
13	27	6,4	0,6	92	7 620
14	28	6,3	1,0	101	7 310
15	28	6,8	1,3	88	7 740
16	26	6,9	3,0	-	-

TABLEAU III.2 Données quotidiennes sur le liquide mixte au cours de la deuxième étape

Date (1978)	M.S.L.M. (mg/l)	M.S.R.B. (mg/l)	pH	Temp. (°C)	I.V.B. (% des eaux d'entrée)	O.D. (mg/l)
Mars						
3	-	-	7,4	30	2,1	-
4	7 450	-	7,1	28	2,4	127
5	7 400	14 000	7,3	30	2,2	127
6	7 540	-	6,8	30	1,7	126
7	-	-	7,2	31	1,9	-
8	7 830	13 420	7,7	28	1,4	121
9	7 880	13 810	7,0	29	1,8	123
10	7 600	13 180	6,9	26	1,9	125
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-
14	7 960	13 610	7,4	30	2,0	118
15	8 030	-	7,5	27	1,4	117
16	8 200	13 910	7,0	28	2,1	115
17	8 100	14 100	7,5	25	1,8	117
18	-	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-
20	8 460	13 760	7,2	23	1,4	-
21	8 530	14 130	7,5	23	1,0	110
22	8 520	14 200	7,8	23	1,2	114
23	8 600	13 980	7,5	25	1,4	108
24	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-
27	9 020	14 860	7,2	25	1,5	103
28	9 160	15 020	7,4	26	1,6	106
29	7 830	15 000	7,5	27	1,2	120
30	9 240	15 020	7,4	25	1,8	-
31	-	-	-	-	-	-

TABLEAU III.2 (suite)

Date (1978)	M.S.L.M. (mg/l)	M.S.R.B. (mg/l)	pH	Temp. (°C)	O.D. (mg/l)	I.V.B. (% des eaux d'entrée)
Avril						
1	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
3	-	-	7,5	26		-
4	9 850	16 130	7,4	28	1,0	98
5	10 270	16 870	7,4	29	1,5	92
6	9 880	16 600	5,0	29	1,5	99
7	9 970	16 790	7,4	26	1,3	95
8	-	-		-		-
9	-	-		-		-
10	-	-	7,4	24	1,1	-
11	9 870	17 220	7,0	25	0,8	95
12	10 140	16 880	7,1	24	0,9	94
13	9 920	16 900	7,3	26	0,7	-