

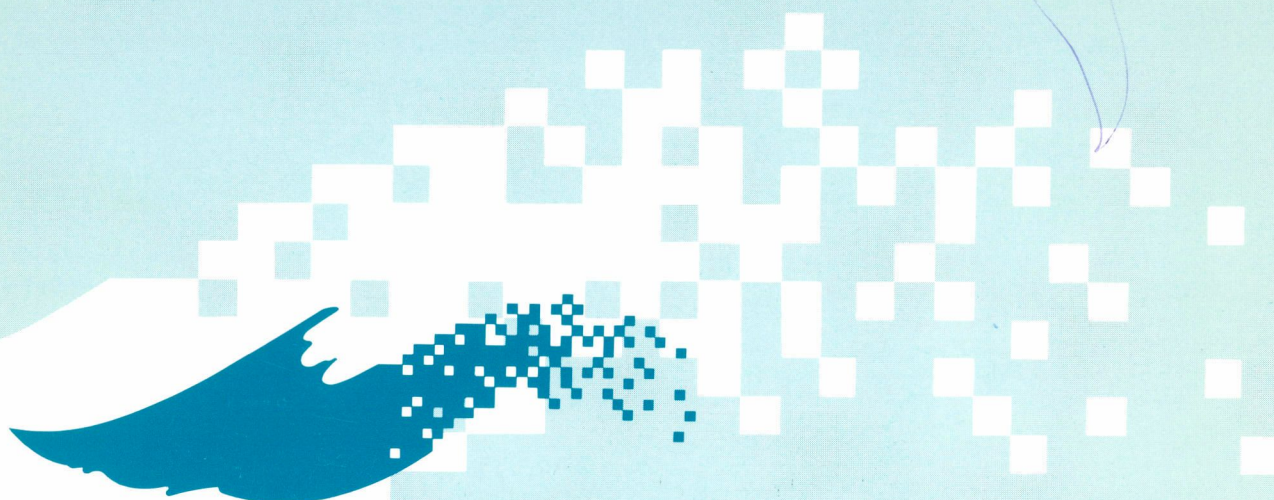
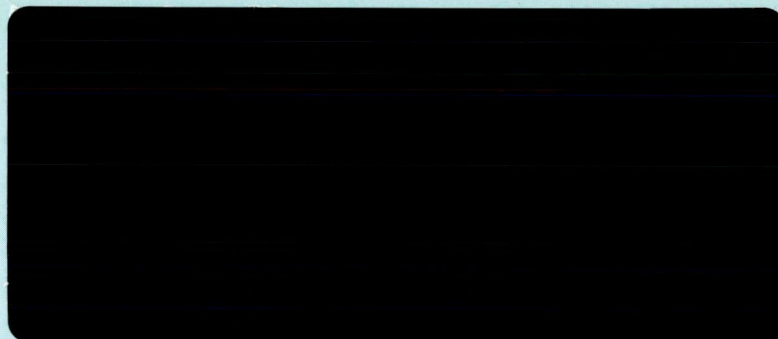


Environnement
Canada

Environment
Canada

Conservation et
Protection

Conservation and
Protection



PLAN D'ACTION SAINT-LAURENT ST. LAWRENCE ACTION PLAN

CENTRE SAINT-LAURENT
ST. LAWRENCE CENTRE

243051

SC350402
B47e
Rapp.synt.

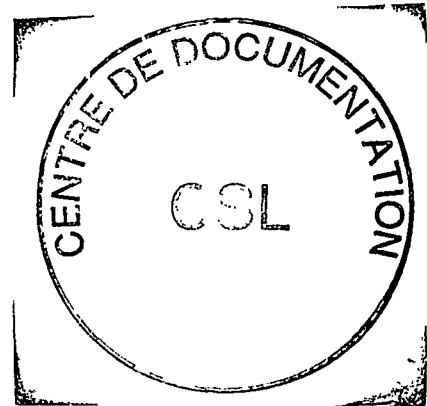
CSL-1887A
SC356402
B47e
Rapf. Synthèse
1EX.

19.9.96.

**ESSAIS DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS
DE L'USINE INTÉGRÉE DE PÂTES ET PAPIERS
DE DAISHOWA PAR LE PROCÉDÉ
DE BIOFILTRATION BIOFOR®**

RAPPORT SYNTHÈSE

Conrad Bernard, ing. chim.
Asseau Inc.
Carole Parent, ing., M.Sc.
Asseau Inc.



Rédigé pour le Centre Saint-Laurent
Environnement Canada

CENTRE DE DOCUMENTATION CSL
105, MCGILL, 2ième étage
MONTRÉAL (Québec) H2Y 2E7
Tél.: (514) 283-2762
Fax: (514) 283-9451

Février 1993

RÉSUMÉ

Le présent rapport synthèse résume les principaux résultats de quatre mois d'essais pilote de biofiltration ascendante (procédé BIOFOR® de la Société Degrémont) sur l'effluent d'une usine intégrée de pâtes et papiers, qui avaient pour objectif d'en évaluer l'applicabilité comme traitement secondaire. Une réduction de 80% de la DBO₅ peut être obtenue à une charge appliquée de 5 kg/m³d, et la toxicité aiguë, (CL50-96h truite et CL50-48h *Daphnia magna*) est éliminée dans toutes les conditions testées.

ABSTRACT

This condensed report summarizes the main results stemming from the four months pilot studies of an upflow biological filter (BIOFOR® process by Degrémont) on an integrated pulp and paper mill effluent. The applicability of the system as a secondary treatment is demonstrated with a BOD₅ reduction of 80% at a rate of 5 kg/m³d. Furthermore, the toxicity (trout LC50-96h and *Daphnia magna* LC50-48h) is removed in all conditions.

REMERCIEMENTS

Les organismes suivants ont participé financièrement à la réalisation et au suivi de l'étude:

- **DEGRÉMONT INFILCO LTÉE**
- **LE CENTRE SAINT-LAURENT - ENVIRONNEMENT CANADA**
- **LES PRODUITS FORESTIERS DAISHOWA LTÉE**
- **LA COMMUNAUTÉ URBAINE DE QUÉBEC (CUQ)**

La société d'ingénieurs-conseils Asseau a été mandatée par les promoteurs du projet pour compiler, analyser, interpréter les résultats et préparer les rapports hebdomadaires et le rapport final ainsi que pour participer aux décisions prises en cours d'opération.

LISTE DES TABLEAUX

1	Liste des différentes étapes d'opération	6
2	Méthodes analytiques utilisées	9
3	Tableau résumé des résultats d'opération du biofiltre obtenus au cours des essais	12
4	Résultats d'opération du biofiltre à l'étape V5	14
5	Compilation des résultats d'analyse de toxicité vs opération du biofiltre	16
6	Synthèse d'enlèvement (%) des acides gras et résiniques	17
7	Mesure des acides gras et résiniques pour les cycles V3-09 et V5-28	
8	Enlèvement des acides gras et résiniques d'après un bilan de masse sur le biofiltre pour le cycle V5-28	17
9	Variation de la concentration des matières en suspension dans les eaux sales de lavage	19
10	Equation pour la production de boues	20
11	Concentrations limites mensuelles de DBO_5 et de MES	22
12	Coûts reliés à l'opération des biofiltres BIOFOR®	25

LISTE DES FIGURES

1	Schéma du pilote	5
2	Suivi de la perte de charge et de l'enlèvement de la DBO_5 au cycle V5-01	13
3	Suivi dans le temps des différents paramètres d'opération et des rendements	21

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ / ABSTRACT	ii
REMERCIEMENTS	iii
LISTE DES TABLEAUX / LISTE DES FIGURES	iv
1 INTRODUCTION	1
2 MATÉRIEL ET MÉTHODES	3
2.1 Caractérisation de l'effluent	3
2.2 Montage du pilote BIOFOR®	3
2.2.1 Description du pilote	3
2.3 Programme expérimental	4
2.3.1 But de chacune des étapes	6
2.4 Programmes d'analyses et méthodes analytiques	7
2.5 Méthodes d'échantillonnage	9
2.6 Contrôle de la qualité	10
3 RÉSULTATS ET DISCUSSION	12
3.1 Enlèvement de la DBO ₅ tot et DCO tot	13
3.2 Enlèvement de la toxicité	15
3.3 Enlèvement des acides gras et résiniques	15
3.4 Lavage des biofiltres	18
3.4.1 Evolution de la perte de charge	18
3.4.2 Quantité d'eau de lavage	19
3.4.3 Traitement des eaux sales de lavage	19
3.5 Production de boues secondaires	19
3.6 Performances vs nouvelles réglementations	20
4 PARAMETRES DE CONCEPTION ET COUTS BUDGÉTAIRES	24
4.1 Critères de conception et de fonctionnement	24
4.2 Coûts du procédé	24
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	26
RÉFÉRENCES EXISTANTES EN BIOFILTRATION DEGRÉMONT EN PÂTES ET PAPIERS	27

1 INTRODUCTION

Le resserrement des normes environnementales, plus particulièrement les nouvelles réglementations s'appliquant aux effluents des fabriques de pâtes et papiers pour l'élimination de la DBO_5 , des MES et de la toxicité aiguë, a pour conséquence d'amener à courte échéance la majorité des exploitants de l'industrie à implanter des traitements secondaires à haute performance.

Le faible espace disponible pour l'implantation d'un système de traitement des effluents à l'usine Les Produits forestiers Daishowa Ltée à Québec (Québec) est à l'origine de la démarche entreprise pour évaluer la technique compacte de traitement par biofiltration. Ce procédé est particulièrement bien adapté dans les cas où, comme à l'usine Daishowa, l'effluent est relativement dilué ($\text{DBO}_5 < 300\text{-}400 \text{ mg/L}$) et où l'espace est restreint: en comparaison d'un procédé par boues activées conventionnel, l'installation BIOFOR dans son ensemble requiert 5 fois moins de superficie.

L'usine Daishowa est une usine intégrée de pâtes et papiers dont la production actuelle se situe à 1280 tonnes/d de papier journal à partir de pâte mécanique, de pâte thermo-mécanique (PTM) et de pâte désencrée; et à 120 tonnes/d de carton pour boîtes et emballage fabriqué principalement à partir de fibres recyclées de vieux papiers/cartons. L'usine produit aussi des classes de papiers pour annuaires et papiers minces. La matière première en bois utilisée se compose d'environ 99 % de conifères et 1 % de feuillus.

L'effluent combiné des différents secteurs de l'usine est actuellement traité au décanteur primaire existant; l'effluent décanté rencontre les normes sur les rejets en MES mais doit subir un traitement secondaire subséquent pour abaisser sous la norme les concentrations de DBO_5 et rendre l'effluent non-toxique. Considérant les caractéristiques actuelles de l'effluent à traiter en regard des normes à respecter, un rendement d'élimination de la DBO_5 de 67 % ou plus permettra de rencontrer la norme. Cependant, en prévision d'éventuelles modifications au profil de l'effluent de l'usine, un rendement d'élimination de 80 % sur la DBO_5 a été visé au cours des essais.

Le projet élaboré visait à réaliser une série d'essais sur pilote BIOFOR (biofiltration ascendante à co-courant), les principaux objectifs étant de:

- 1) démontrer la traitabilité de l'effluent par le procédé de biofiltration BIOFOR® en regard de l'enlèvement de la DBO₅, des MES, de la toxicité aiguë et des acides résiniques et gras,
- 2) optimiser les paramètres de conception en vue de l'implantation d'un système à pleine échelle, en évaluant les performances du BIOFOR sous une gamme de vitesses de filtration.

D'autres évaluations/caractérisations d'envergure réduite ont été réalisées lors des essais, entre autres sur les eaux sales de lavage générées par le procédé, ainsi que certaines simulations de conditions extrêmes (DBO₅, température et charge) en phase exploratoire.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Caractérisation de l'effluent

L'effluent total de l'usine après décantation primaire a présenté en moyenne¹ les caractéristiques suivantes et ce, pour une production quotidienne de l'ordre de 1400 tonnes de produit fini, de mai à septembre 1992, et pour un débit de 120 000 m³/d:

DCO _{tot}	: 68 760 kg/d (573 mg/L)
DBO _{5 tot}	: 21 240 kg/d (177 mg/L)
MES _{tot}	: 10 080 kg/d (84 mg/L)
Toxicité (truite CL50-96h)	: 8,3 @ 25,6 % V/V
Température	: 28 @ 34 °C (moy. 31,2 °C)
pH	: 6,1 @ 7,1 (moy. 6,7)

2.2 Montage du pilote BIOFOR®

2.2.1 Description du pilote

Le pilote était composé des éléments suivants:

- une pompe d'alimentation en eau brute décantée;
- un tamis tangentiel (ouverture de maille de 1 mm);
- un réservoir de transfert;
- une pompe doseuse pour la solution de nutriments;
- une pompe à déplacement positif pour l'alimentation du BIOFOR®;
- un rotamètre;
- une unité pilote filtre biologique BIOFOR®;
- une soufflante d'air de procédé;
- une pompe d'eau de lavage;
- un réservoir d'eau biofiltrée;
- un réservoir de boues de lavage;
- un lecteur et transmetteur de perte de charge dans le biofiltre;

¹

Moyenne des étapes V0 @ V5 incl.

- deux échantillonneurs automatiques;
- un réfrigérateur;
- un turbidimètre sur l'eau d'alimentation.

L'unité pilote BIOFOR® avait les caractéristiques suivantes:

- surface du biofiltre : 0,2 m²
- hauteur du média filtrant : 3 m
- taille effective du média filtrant (BIOLITE®, type P) : 3,5 mm
- hauteur du biofiltre (approximatif) : 5 m
- volume du média (incluant support) : 0,6 m³

Le pilote était alimenté en eau brute décantée à partir du clarificateur existant à l'usine de Daishowa. Cet effluent était acheminé au tamis tangentiel avant d'être pompé au biofiltre. Le tamis tangentiel avait pour but de protéger le faux plancher du biofiltre contre les solides du type plastique, filasse, etc. L'eau tamisée se déversait dans un réservoir de transfert en amont de la pompe à déplacement positif alimentant le biofiltre à un débit pouvant varier entre 0 et 1,6 m³/h. La solution de nutriments était dosée dans ce réservoir de transfert. Comme nutriments, l'urée (42-0-0) et le diammonium phosphate (DAP) (18-46-0) ont été utilisés. Une représentation schématique du pilote est montrée à la figure 1.

2.3 Programme expérimental

Les essais se sont déroulés à l'extérieur, sous abri non-chauffé, à l'usine Daishowa à Québec sur une période allant du 1er mai au 10 septembre 1992, comprenant les deux (2) semaines nécessaires au montage et au démantèlement des équipements, ainsi qu'une période de 1 ½ semaine d'arrêt de production de l'usine fin juin - début juillet.

Les principales conditions d'opération expérimentales sont présentées au tableau 1:

Figure 1 - Schéma du pilote

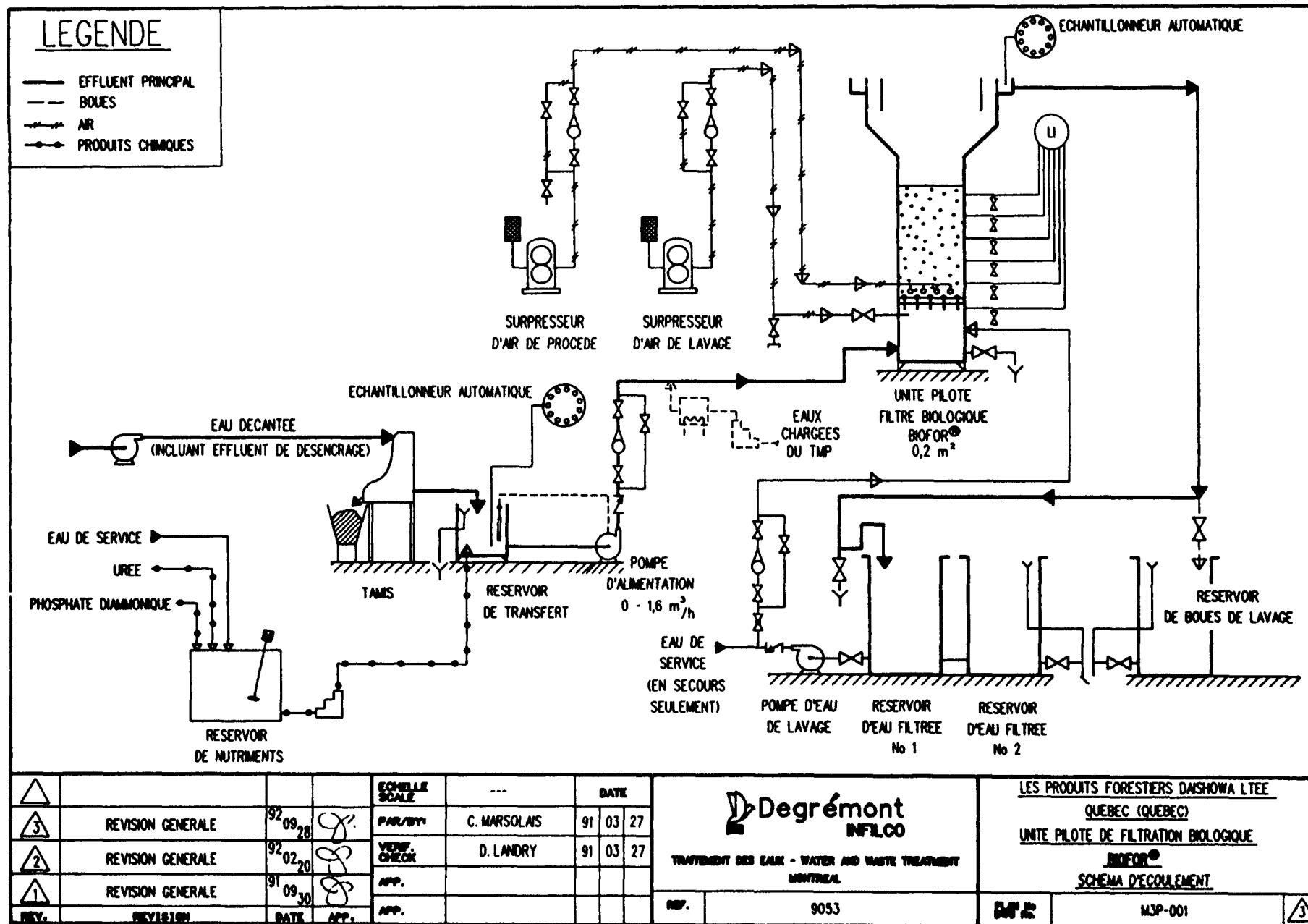


Tableau 1 Liste des différentes étapes d'opération

Étape	Description	# jours	# cycles
V0	Acclimatation du biofiltre (à un taux de filtration de 1,5m/h) ²	8	8
VI	Opération avec taux de filtration de 2 m/h	14	14
V2	Opération avec taux de filtration de 4 m/h	9	16
V3	Opération avec taux de filtration de 3,5 m/h	6	9
V4	Arrêt de production de l'usine de Daishowa	12	-
V5	Opération avec taux de filtration de 3,5 m/h à régime stable	28	34
V6 @ V9	Phase exploratoire	26	23

2.3.1 But de chacune des étapes

Étape V0: Acclimatation du biofiltre. Le but de l'acclimatation était de mettre la biomasse à l'état végétatif contenue sur le média filtrant en présence de l'effluent pour une période suffisamment longue pour que les bactéries présentes développent les enzymes nécessaires à la dégradation de la matière organique spécifique contenue dans l'effluent. Un taux de filtration suffisamment faible est requis à cette étape pour empêcher le décrochement et/ou l'entraînement de la biomasse nouvellement formée dans le média.

Étapes V1 @ V3. Le but des étapes VI, V2 et V3 était d'obtenir des données d'opération à différentes charges hydrauliques appliquées pour permettre de définir la charge optimale à retenir pour l'étape déterminante V5. Pour chaque étape, les conditions d'opération ont été modifiées de façon instantanée et non pas graduellement.

Étape V4. Pour la durée de l'arrêt planifié de production de l'usine de Daishowa, le biofiltre a été entièrement drainé et maintenu à sec sans aération.

² m/h = m³/m² de surface filtrante de média par heure.

Étape V5: Opération à régime stable. Le but principal de cette étape était d'obtenir une trentaine de cycles à opération stable avec la charge hydraulique et massique telle que l'eau traitée rencontre les normes de rejet avec un facteur de sécurité satisfaisant, soit un rendement d'élimination de la DBO₅ de 80 %. Avec les données statistiquement fiables obtenues, l'objectif principal était d'attester de l'applicabilité du BIOFOR et de la traitabilité des effluents de l'usine par biofiltration. Une observation intéressante de la capacité de récupération du biofiltre après arrêt prolongé a aussi pu être réalisée suite à l'arrêt de production en V4, non prévu au protocole initial du déroulement des essais.

Étapes V6 @ V9. Divers essais en phase exploratoire ont aussi été réalisés sur une période de près d'un mois avec comme objectif d'évaluer la capacité du biofiltre à encaisser des hausses de charge massique, de concentration en DBO₅ et de température ou des combinaisons de ces paramètres. La capacité de l'effluent biofiltré de la CUQ à refroidir l'effluent de l'usine Daishowa et les effets sur l'opération du biofiltre ont été évalués sommairement. Les données obtenues en phase exploratoire n'ont pas de réelle valeur statistique vu le petit nombre des essais réalisés mais fournissent des indications utiles.

2.4 Programme d'analyses et méthodes analytiques

Pour les essais pilotes, la prise d'échantillon était basée sur le cycle d'opération du biofiltre (espace de temps entre 2 lavages du biofiltre) plutôt que sur la journée de 24 heures. Chaque cycle s'étendait sur une durée allant de 10 @ 32 heures, dépendamment des conditions d'opération.

Le programme d'analyses incluait la mesure/analyse des paramètres suivants de façon systématique à chaque cycle d'opération, à l'affluent et à l'effluent du biofiltre:

- demande chimique en oxygène (DCO totale et soluble)
- demande biochimique en oxygène (DBO₅ totale)
- matières en suspension totales (MES totale)
- température

- pH
- oxygène dissous

D'autres paramètres ont été mesurés/analysés de façon occasionnelle à l'affluent et/ou à l'effluent du biofiltre:

- demande biochimique en oxygène soluble (DBO_5 sol)
- matières en suspension décantables (MES déc.)
- N-NH_4
- O-PO_4

À chaque étape, des mesures des acides résiniques et gras et des mesures de toxicité à la truite (CL50-96hr) et aux daphnies (CL50-48hr) ont été faites sur l'affluent et l'effluent ainsi qu'une mesure de sensibilité au Microtox à l'effluent. Une mesure de toxicité à l'algue *Celenastrum capricornutum* ainsi qu'une mesure de croissance et de survie sur *Ceriodaphnia dubia* ont été faites à l'étape d'opération à régime stable du biofiltre (étape V5) de façon à évaluer la toxicité sublétales.

Les différents paramètres d'opération suivants ont été mesurés pour chaque cycle:

- les débits d'eau et d'air de procédé;
- la perte de charge dans le biofiltre;
- la durée du cycle d'opération;
- le volume d'eau de lavage;
- la température et le pH de l'affluent;
- le débit de la solution de nutriments.

Pour les eaux sales de lavage, les MES totales ont été mesurées à tous les cycles alors que les autres paramètres (DBO_5 , DCO totale et soluble) étaient analysés une à deux fois par étape.

Le tableau 2 résume la liste des méthodes utilisées.

Tableau 2 Méthodes analytiques utilisées

PARAMÈTRES	MÉTHODE
● Physico-chimique* (analyses par laboratoire de l'Environnement LCQ à Québec)	
DCO totale et soluble DBO ₅ totale et soluble MES totales MES décantables Azote ammoniacal Ortho phosphate	5220C 5210B 2540D 2540F 4500 - NH ₃ D 4500 - P D
● Toxicité (analyses par laboratoire BEAK à Montréal)	
Truite arc-en-ciel (<i>Oncorhynchus Mykiss</i>) ⁽⁴⁾ CL50-96h et TL50	SPE 1/RM/13 (juillet 90) Environnement Canada
Daphnia magna ⁽⁵⁾ CL50-48h et TL50	SPE 1/RM/14 (juillet 90) Environnement Canada
Microtox (<i>Photobacterium phosphoreum</i>) ⁽³⁾ CE50 5, 15 et 30 min.	BNQ - 3600-205
Ceriodaphnia Dubia ⁽⁹⁾	SPE 1/RM/21 (février 92) Environnement Canada
Algue (<i>Celenastrum capricornutum</i>) ⁽¹⁰⁾	SPE (janvier 92)
● Acides gras et résiniques (analyses par laboratoire NOVALAB à Montréal)	
Acides gras et résiniques	EPS, Pacific + Yukon Region V2.0 Environnement Canada

* Toutes les méthodes analytiques pour la mesure des paramètres physico-chimiques sont tirées de la 17^{ème} édition de "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater"⁽⁷⁾

2.5 Méthodes d'échantillonnage

Au cours des essais, des échantillons composés étaient prélevés à l'affluent et l'effluent du biofiltre sur toute la durée et à chaque cycle d'opération à l'aide d'échantillonneurs automatiques, de marque ISCO. Pour les analyses physico-chimiques, des échantillons étaient composés par prélèvement automatique de 150 ml aux 15 minutes; pour les analyses de toxicité, les volumes unitaires prélevés étaient supérieurs pour permettre la composition d'un échantillon d'un volume total d'au moins 20 L.

Pour les eaux sales de lavage, le surnageant et les boues, l'échantillonnage était ponctuel et fait manuellement. Lors d'un lavage, les eaux sales se déversent dans un réservoir de récupération où elles sont agitées en continu par une pompe de recirculation pour maintenir une concentration homogène. Une fois le lavage complété, un échantillon était prélevé dans le réservoir à l'aide d'une chaudière. Pour

obtenir un échantillon de surnageant et de boues, le contenu de la chaudière était laissé au repos pendant deux (2) heures.

Une fois prélevés, les échantillons étaient entreposés au frais à 4 °C jusqu'à 8:00 h. le lendemain, moment où ils étaient expédiés au(x) laboratoire(s) pour fins d'analyses.

2.6 Contrôle de la qualité

Pour les analyses physico-chimiques, des échantillons contrôles provenant de matériel de référence ou autre source ont été analysés à toutes les 15 déterminations afin de vérifier sur une base régulière que la procédure analytique est sous contrôle. Des échantillons en duplicata ont aussi été préparés et analysés à la même fréquence pour assurer la validité de la méthode analytique et mettre en évidence la non-homogénéité de l'échantillon, le cas échéant. Des blancs de méthode analytique ont aussi été préparés à chaque étalonnage de la procédure, i.e. à chaque série d'analyses pour évaluer les concentrations potentielles inhérentes à la méthode analytique.

Pour les analyses d'écotoxicologie, des tests ont été effectués au moins deux (2) fois par mois avec des produits toxiques de référence afin de pouvoir ajuster certaines variables telles la sensibilité des espèces, les fluctuations saisonnières, les particularités génétiques et les eaux de dilution. Des tests en duplicata ont été également effectués au moins une fois par mois afin de vérifier la variabilité entre tests simultanés. Des tests inter-laboratoires multiples à partir du même échantillon ont aussi été réalisés sur une base mensuelle entre les laboratoires Beak de Montréal et de Brampton.

Les instruments servant aux analyses d'acides gras et résiniques par chromatographie en phase gazeuse avec spectromètre de masse (CG/SM) ont été soigneusement calibrés à chaque jour avec des solutions commerciales de référence.

Pour toutes les analyses en CG/SM, la reproductibilité des volumes d'injection est assurée par l'utilisation d'un échantillonneur automatique. Les

quantifications ont été effectuées en ajoutant aux échantillons à analyser un standard interne et la récupération a été quantifiée en ajoutant un étalon fortifié.

Des blancs de référence ont été préparés pour chaque groupe de 8-10 échantillons et des tests en duplicata ont été effectués à toutes les 20 déterminations d'un même lot.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 3 résume les résultats d'opération du biofiltre obtenus au cours des essais.

Tableau 3 *Tableau résumé des résultats d'opération du biofiltre obtenus au cours des essais*

# Cycle	Taux de fil. (m/h)	Durée cycle moy.(h)	Charge appliquée (kg/m ² d)			Affluent (mg/L)			Effluent (mg/L)		
			DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.	DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.	DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.
V0	1,58	29,50	2,24	8,04	0,96	169	638	76	37	322	22
V1	2,02	25,41	3,03	9,50	1,37	188	588	85	31	244	21
V2	4,00	13,79	5,81	17,90	2,41	182	559	75	56	302	37
V3	3,48	17,71	4,66	15,01	2,44	167	539	88	35	248	34
V5	3,47	16,88	4,94	14,97	2,54	177	538	91	38	249	30
V6	2,30	27,82	4,82	13,58	2,06	261	736	112	51	336	50
V7	2,24	34,04	7,24	17,23	1,89	404	963	106	129	543	64
V8	2,75	21,85	6,88	18,92	1,98	314	859	90	90	477	74
V9	3,19	24,44	6,22	16,85	1,84	244	660	72	67	341	53

# Cycle	Enlèvement (%)			d P max pour lav. (m eau)	Air de procédé (m/h)	Volume d'eau			Affluent	
	DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.			blaf. (m ³)	lav. (m ³)	lav/bio (%)	T (°C)	pH
V0	78	50	71	0,69	9,0	9,37	1,43	14%	30,3	6,9
V1	84	59	75	1,18	9,0	10,25	1,44	14%	30,3	6,7
V2	69	46	49	1,23	9,0	11,03	1,44	13%	31,1	6,5
V3	79	54	60	1,24	11,6	12,34	1,45	12%	32,3	6,8
V5	79	54	66	1,30	11,6	11,74	1,44	13%	31,8	6,6
V6	81	54	55	1,39	12,0	12,85	1,43	11%	30,7	6,4
V7	69	44	36	1,12	12,8	15,23	1,45	10%	40,2	6,5
V8	71	44	17	1,22	18,3	12,04	1,41	12%	41,3	6,5
V9	72	48	26	1,20	15,0	15,58	1,39	9%	31,5	6,5

Les performances obtenues du biofiltre aux étapes V1 à V3 visant essentiellement à permettre la définition des paramètres d'opération de l'étape V5, le présent chapitre traitera surtout des performances obtenues du biofiltre à l'étape V5 opération à régime stable.

L'étape V5 s'est déroulée sur 34 cycles, du 6 juillet au 3 août, et a débuté seulement quelques heures après le redémarrage de l'usine Daishowa après l'arrêt prolongé de production de 12 jours (étape V4).

La rapidité d'adaptation et de récupération du biofiltre lors d'un démarrage après un arrêt de production a pu être observée. Dans ce cas-ci, le biofiltre a atteint un rendement d'élimination de la DBO₅ supérieur à 75% deux (2) heures seulement après la remise en marche (figure 2).

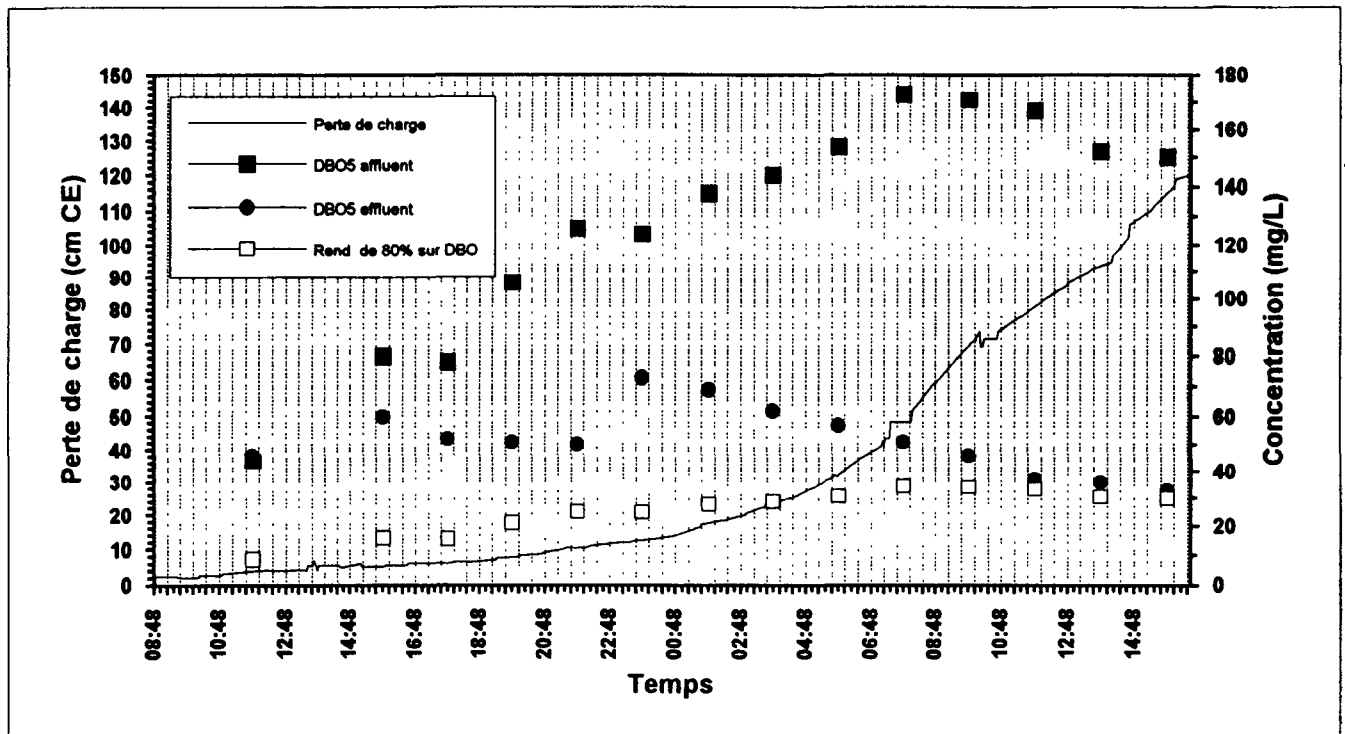


Figure 2 Suivi de la perte de charge et de l'enlèvement de la DBO₅ au cycle V5-01

Le tableau 4 présente les résultats d'opération du biofiltre à l'étape V5.

3.1 Enlèvement de la DBO₅ et DCO totale

Des difficultés intrinsèques au démarrage de l'usine ont entraînés des charges élevées atteignant jusqu'à 15 et 18,2 kg DCO/m³ d tout au cours des seize (16) premiers cycles d'opération de l'étape V5. Ces charges, appliquées de manière imprévisibles, ont entraîné un rendement d'enlèvement de la DBO₅ totale inférieur à 80 % (mais supérieur à 70%). Au moment où l'opération de l'usine s'est stabilisée, soit après le cycle V5-16, les rendements se sont rétablis au-dessus de la barre des 80%, soit un rendement d'enlèvement moyen de 83%.

De façon générale, la progression du rendement d'élimination de la DBO₅ et de la DCO au cours d'un cycle est telle que le rendement est inférieur en début de cycle et se stabilise à une valeur supérieure après quelques trois (3) ou quatre (4) heures de fonctionnement. Ce profil d'élimination est normal étant donné qu'après un lavage, le biofiltre ne conserve qu'une partie de la biomasse pour ne laisser qu'un film

Tableau 4 Résultats d'opération du biofiltre à l'étape V5

# Cycle	Taux de filt. (m³/h)	Durée (h)	Charge appliquée (kg/m³d)			Affluent (mg/L)			Effluent (mg/L)			Enlèvement (%)			d P max pour lev. (m eau)	Air de procédé (m³/h)	Volume d'eau			Affluent	
			DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.	DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.	DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.	DBO5 tot.	DCO tot.	MES tot.			biol. (m³)	lev. (m³)	lev/biol (%)	T (°C)	pH
ETAPE V5	(Opération À 3.5m³/h - régime stable)																				
V5-01*	3,47	31,67	4,19	12,10	2,44	151	436	88	56	218	45	63	50	49	1,20	11,6	21,98	1,39	6%	31,5	7,4
V5-02*	3,50	7,58	5,15	14,45	2,49	184	516	89	35	228	22	81	56	75	1,33	11,5	5,31	1,45	27%	30,6	7,1
V5-03	3,58	17,00	6,47	17,70	2,81	226	618	98	67	315	52	70	49	47	1,20	11,4	12,17	1,47	12%	32,1	7,0
V5-04	3,46	14,92	6,39	16,00	2,55	231	578	92	61	259	29	74	55	68	1,24	11,5	10,32	1,50	15%	32,6	6,9
V5-05	3,50	14,50	6,58	15,68	2,55	235	560	91	61	239	24	74	57	74	1,39	11,1	10,15	1,45	14%	32,2	6,7
V5-06	3,47	13,58	4,28	16,05	3,55	154	578	128	40	280	50	74	52	61	1,19	11,7	9,43	1,44	15%	31,4	6,7
V5-07	3,52	13,25	6,05	18,11	3,27	215	643	116	40	280	30	81	56	74	1,28	11,3	9,33	1,44	15%	34,0	6,5
V5-08	3,40	13,17	4,08	14,39	2,72	150	529	100	31	249	37	79	53	63	1,20	11,4	8,95	1,44	16%	32,3	6,8
V5-09	3,48	13,67	4,54	15,62	3,01	163	561	108	37	269	40	77	52	63	1,20	11,4	9,51	1,45	15%	33,0	6,5
V5-10	3,41	13,08	3,98	13,53	2,13	146	496	78	34	229	22	77	54	72	1,20	11,6	8,92	1,44	16%	32,4	6,7
V5-11	3,52	14,50	4,96	15,57	2,11	176	553	75	38	244	44	78	56	41	1,21	11,3	10,21	1,41	14%	32,6	6,6
V5-12	3,44	13,67	4,90	16,15	2,61	178	587	95	48	305	36	73	48	62	1,21	11,5	9,40	1,46	16%	32,8	6,5
V5-13	3,43	13,50	4,61	14,08	2,17	168	513	79	46	274	31	73	47	61	1,20	11,6	9,26	1,44	16%	32,1	6,7
V5-14	3,43	13,50	4,66	16,96	2,61	170	618	95	41	274	32	76	56	66	1,22	11,4	9,26	1,46	16%	31,5	6,7
V5-15	3,43	14,75	4,56	15,61	2,47	166	569	90	41	274	37	75	52	59	1,20	11,6	10,12	1,47	15%	31,5	6,6
V5-16	3,47	16,25	5,44	15,63	2,08	196	563	75	40	331	34	80	41	55	1,20	11,8	11,28	1,45	13%	31,7	6,8
V5-17	3,44	15,00	4,90	13,43	2,04	178	488	74	32	224	19	82	54	74	1,21	11,4	10,32	1,46	14%	30,8	-
V5-18	3,47	15,25	5,05	13,99	1,80	182	504	65	38	224	24	79	56	63	1,20	11,6	10,58	1,45	14%	30,5	6,3
V5-19	3,53	14,08	5,08	14,49	2,26	180	513	80	30	214	23	83	58	71	1,20	11,5	9,94	1,46	15%	31,3	6,1
V5-20	3,46	17,08	5,56	14,42	1,69	201	521	61	34	244	23	83	53	62	1,20	11,8	11,82	1,45	12%	32,9	6,3
V5-21	3,45	17,00	4,89	14,13	2,68	177	512	97	26	229	30	85	55	69	1,21	11,7	11,73	1,49	13%	31,4	6,8
V5-22	3,45	17,08	4,55	14,13	2,40	165	512	87	29	259	28	82	49	68	1,20	11,8	11,79	1,43	12%	32,0	6,6
V5-23	3,44	19,75	4,35	13,43	2,45	158	488	89	34	224	28	78	54	69	1,20	11,8	13,59	1,45	11%	31,4	6,6
V5-24	3,47	21,58	4,28	14,24	2,39	154	513	86	28	233	25	82	55	71	1,50	11,8	14,98	1,43	10%	30,4	6,8
V5-25*	3,55	21,25	4,15	14,54	5,71	146	512	201	40	245	58	73	52	71	1,50	11,8	15,09	1,43	9%	30,7	6,8
V5-26	3,54	24,50	4,81	14,95	3,20	170	528	113	38	240	31	78	55	73	1,50	11,9	17,35	1,43	8%	32,0	6,6
V5-27	3,42	23,75	5,09	14,45	2,68	186	528	98	39	240	32	79	55	67	1,50	12,0	16,25	1,44	9%	33,2	6,4
V5-28	3,44	21,83	5,53	15,41	2,56	201	560	93	31	220	22	85	61	76	1,54	12,3	15,02	1,46	10%	32,1	6,6
V5-29	3,54	19,75	4,64	14,61	2,52	164	516	89	33	230	31	80	55	65	1,56	11,8	13,98	1,29	9%	30,2	6,7
V5-30	3,54	20,83	4,62	15,41	3,00	163	544	106	32	230	28	80	58	74	1,50	11,8	14,75	1,43	10%	30,9	6,7
V5-31	3,43	22,92	3,73	12,51	2,83	136	456	103	24	193	22	82	58	79	1,50	11,9	15,72	1,45	9%	30,6	6,6
V5-32	3,59	19,83	4,54	13,33	2,44	158	464	85	27	190	20	83	59	76	1,50	11,8	14,24	1,43	10%	31,2	6,4
V5-33a*	3,47	19,83	4,19	13,77	2,22	151	496	80	26	180	18	83	64	78	1,50	12,1	13,76			30,0	6,6
V5-34a*	3,54	18,58	4,39	13,93	3,00	155	492	106	33	227	43	79	54	59	1,50	11,8	13,16			30,7	6,6
V5-33b*	3,44	47,42							28	207	26				4,65	12,1	32,62	1,68	5%	30,2	6,6
V5-34b*	3,55	42,08	4,86		2,70	171		95	44		34	74		64	3,55	11,8	29,88	1,83	6%	30,9	6,6
MIN	3,40	13,08	3,73	12,51	1,69	136	456	61	24	190	19	70	41	41	1,19	11,1	8,92	1,29	8%	30,2	6,1
MAX	3,59	24,50	6,58	18,11	3,55	235	643	128	67	331	52	85	61	79	1,56	12,3	17,35	1,50	16%	34,0	7,0
MEDIANNE	3,46	15,25	4,81	14,61	2,55	170	528	91	37	240	30	79	55	68	1,21	11,6	10,58	1,45	14%	32,0	6,6
MOYENNE	3,47	16,88	4,94	14,97	2,54	177	538	91	38	249	30	79	54	66	1,30	11,6	11,74	1,44	13%	31,8	6,6
* Valeurs non-représentatives exclues de MOYENNE, MIN, MAX ET MEDIANNE																					

biologique accroché au média. L'efficacité de la filtration de l'effluent est récupérée progressivement à mesure que les organismes épurateurs se multiplient.

3.2 Enlèvement de la toxicité

Le tableau 5 présente les résultats de toxicité sur l'affluent et l'effluent obtenus à toutes les étapes en parallèle avec le profil de l'affluent et les rendements. Toutes les mesures de toxicité ont été prises lorsque l'atelier d'écorçage était en fonction, ce qui a pour effet de générer plus d'acides résiniques pouvant ainsi augmenter la toxicité de l'affluent.

Malgré les valeurs de toxicité allant de 8 à 26% (CL50-96h) pour le bioessai à la truite et de 15 à 100% (CL50-48h) pour le bioessai avec *Daphnia magna*, les mesures de toxicité à l'effluent du biofiltre n'ont démontré aucune toxicité létale aiguë à la truite arc-en-ciel ni aux daphnies et ce, sur toute la période des essais. Aucune toxicité létale aiguë n'a également été enregistrée sur le surnageant des eaux sales de lavage.

Tous les essais d'inhibition de 50% de la bioluminescence du Microtox n'ont démontré aucune inhibition sauf un, au cycle V2-02, où on a obtenu une concentration inhibitrice de 79%. Un seul essai de toxicité chronique 7d avec le *Ceriodaphnia dubia* a démontré l'absence de toxicité chronique au cycle V5-28. Un autre essai de toxicité sur l'effluent avec l'algue *Celenastrum capricornutum* a démontré une concentration inhibitrice 25-96 h de 64,5% V/V.

3.3 Enlèvement des acides résiniques et gras (ARG)

Les acides résiniques sont reconnus depuis plus d'une cinquantaine d'années comme étant une cause majeure de toxicité aquatique. Dans le cas à l'étude, la toxicité reliée aux ARG devrait provenir en majeure partie de l'effluent de l'atelier d'écorçage humide et du PTM. Au cours des essais pilotes, la présence de ces acides a été mesurée sur huit (8) cycles de biofiltration correspondant à des conditions d'opérations variées.

Les tableaux 6, 7 et 8 résument les données obtenues, en concentration et en masse.

Tableau 5 Compilation des résultats des analyses de toxicité vs opération du biofiltre

No CYCLE	TRUITE CL50 (96 h) (% volume)	DAPHNIA MAGNA CL50 (48 h) (% volume)	MICROTOX CE50 (% volume)			Caractéristiques				Rendement d'enlèvement		
			5 min	15 min	30 min	Taux fil. (m/h)	DBO5 tot (mg/L)	DCO tot (mg/L)	MES tot (mg/L)	DBO5 tot (%)	DCO tot (%)	MES tot (%)
Cycle V1-09	Début: 31-05 à 07:00 Fin: 01-06 à 09:45					2.00				83	56	72
Affluent	14.1	70.7	—	—	—		218	632	86			
Effluent	>100	>100	>100	>100	>100		38	279	24			
Cycle V1-12	Début: 03-06 à 04:45 Fin: 04-06 à 10:15					2.00				85	65	75
Affluent	18.4	30.8	—	—	—		151	628	119			
Effluent	>100	Non valide	>100	>100	>100		22	220	30			
Cycle V1-14	Début: 05-06 à 18:00 Fin: 06-06 à 23:45					2.00				87	65	61
Affluent	24.5	15.4	—	—	—		198	621	67			
Effluent	>100	>100	>100	>100	>100		25	217	26			
Cycle V2-09	Début: 11-06 à 18:20 Fin: 12-06 à 04:50					4.00				69	47	49
Affluent	14.1	25.0	—	7.5	Non disp.		226	584	74			
Effluent	>100	>100	Non disp.	Non disp.	79.4		70	310	38			
Cycle V2-11	Début: 12-06 à 18:10 Fin: 13-06 à 11:40					4.00				76	44	35
Affluent	21.9 et 24.5(dupl.)	27.7	—	—	—		205	618	65			
Effluent	>100 et >100(dupl.)	>100	>100	>100	>100		50	344	42			
Cycle V2-13	Début: 14-06 à 05:15 Fin: 14-06 à 21:00					4.00				72	47	34
Affluent	19.7	33.2	—	—	—		173	576	64			
Effluent	>100 et >100(dupl.)	>100	>100	>100	>100		48	303	42			
Cycle V3-09	Début: 23-06 à 07:00 Fin: 23-06 à 15:28					3.50				—	—	—
Affluent	8.3	37.8	—	—	—		—	—	—			
Effluent	>100	>100	>100	>100	>100		—	—	—			
Cycle V6-29	Début: 25-07 à 22:05 Fin: 26-07 à 19:55					3.44				85	61	76
Affluent	25.6	>100	—	—	—		201	560	93			
Effluent	>100	>100	>100	>100	>100		31	220	22			
Cycle V8-05	Début: 11-08 à 06:35 Fin: 13-08 à 01:00					2.35				73	49	41
Affluent	—	—	—	—	—		274	710	116			
Effluent	—	—	—	—	—		73	360	69			

Tableau 6 Synthèse d'enlèvement (%) des acides gras et résiniques

PARAMÈTRES	% d'enlèvement à travers la biofiltration							
	Cycle V1-09	Cycle V1-12	Cycle V1-14	Cycle V2-11	Cycle V2-13	Cycle V3-09	Cycle V5-28	Cycle V6-06
Acides gras								
Palmitoléique	34	37	36	-100	-206	36	38	-7
Palmitique	89	94	89	6	78	71	43	41
Linoléique	92	92	79	83	>88	96	>82	76
Linoléinique	—	—	—	—	—	—	—	—
Oléique	96	96	85	>93	82	93	93	89
Stéarique	80	87	83	>86	79	86	85	78
9,10-Dichlorostéarique	—	>67	—	—	—	—	—	—
Acides résiniques								
Pimarique	>82	>90	>93	59	86	79	>84	>83
Sandaracopimarique	>94	>94	>96	73	91	>93	>88	>89
Isopimarique	90	94	>96	30	69	88	91	91
Palustrique + Léropimarique	94	96	>99	85	89	96	94	84
Déhydroabietique	96	96	97	90	94	99	94	94
Abietique	92	95	92	83	86	96	88	87
Néobietique	>95	>95	>95	>83	67	>84	>79	60
14-Chlorodéhydroabietique	—	—	—	—	—	—	—	—
12-Chlorodéhydroabietique	—	>95	>95	55	>70	—	—	—
12,14-Dichlorodéhydroabietique	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	92 - 94	94 - 96	93 - 94	70 - 73	83 - 85	92 - 94	89 - 90	80 - 83

Tableau 7 Mesure des acides gras et résiniques pour les cycles V3-09 et V5-28

PARAMÈTRES	Cycle V3-09		Cycle V5-28			
	A	E	A	E	L	LS
Acides gras						
Palmitoléique	33	21	68	42	1400	440
Palmitique	310	89	110	63	1000	370
Linoléique	520	21	190	<15	180	94
Linoléinique	<15	<15	—	—	—	—
Oléique	470	33	250	18	700	250
Stéarique	190	26	86	30	170	77
9,10-Dichlorostéarique	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Total acides gras (µg/L)	1523	190	704	153	3450	1231
% acides gras / total	24%	51%	21%	47%	60%	64%
Acides résiniques						
Pimarique	140	29	98	<15	120	32
Sandaracopimarique	220	<15	130	<15	94	30
Isopimarique	530	64	340	30	890	250
Palustrique + Léropimarique	780	32	370	24	120	29
Déhydroabietique	2200	25	1100	61	870	210
Abietique	820	36	520	60	350	110
Néobietique	86	<15	73	<15	66	17
14-Chlorodéhydroabietique	<15	<15	<15	<15	<15	<15
12-Chlorodéhydroabietique	<15	<15	<15	<15	<15	<15
12,14-Dichlorodéhydroabietique	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Total acides résiniques (µg/L)	4786	186	2629	175	2310	678
% acides résiniques / total	76%	49%	79%	53%	40%	36%
Total	6309	376	3333	328	5760	1909

A - Affluent

E - Effluent

L - Eaux sales de lavage

LS - Surmargeant des eaux sales de lavage

Tableau 8 Enlèvement des acides gras et résiniques un bilan de masse sur le biofiltre pour le cycle V5-28

PARAMÈTRES	Cycle V5-28				
	A (µg)	E (µg)	L (µg)	A-(E+L) (µg)	éliminé %
Acides gras					
Palmitoléique	1021	631	2044	-1653	-162%
Palmitique	1652	946	1460	-754	-46%
Linoléique	2854	0	263	2591	91%
Linoléinique	0	0	0	0	0%
Oléique	3755	270	1022	2463	66%
Stéarique	1292	451	248	593	46%
9,10-Dichlorostéarique	0	0	0	0	0%
Total acides gras (µg)	10674	2298	5037	3239	31%
% acides gras / total	21%	47%	60%	9%	
Acides résiniques					
Pimarique	1442	0	175	1267	88%
Sandaracopimarique	1953	0	137	1815	93%
Isopimarique	5107	451	1299	3357	66%
Palustrique + Léropimarique	5557	360	175	5022	90%
Déhydroabietique	16522	916	978	14628	89%
Abietique	7810	901	511	6398	82%
Néobietique	1096	0	96	1000	91%
14-Chlorodéhydroabietique	0	0	0	0	0%
12-Chlorodéhydroabietique	0	0	0	0	0%
12,14-Dichlorodéhydroabietique	0	0	0	0	0%
Total acides résiniques (µg)	39488	2629	3373	33486	85%
% acides résiniques / total	79%	53%	40%	91%	
Total	50062	4927	8410	36726	73%

En résumé, les acides gras sont peu dégradés au cours du traitement (% d'élimination variant de 0 à 55%). On observe aussi que l'acide palmitoléique se retrouve systématiquement en plus grande quantité dans des eaux de lavage que dans l'affluent, ce qui porte à croire que la dégradation des autres acides amène la formation d'acide palmitoléique. L'enlèvement absolu des acides résiniques a été par contre beaucoup plus élevé que les acides gras: 74 à 93% des acides résiniques ont été éliminés à travers le traitement c'est-à-dire qu'ils ne sont pas présents ni dans l'effluent ni dans les eaux de lavage. Les concentrations à l'effluent du biofiltre sont toujours largement inférieures aux concentrations seuils pouvant causer une toxicité aiguë à la truite (CL50-96h)⁽¹⁾ qui pourrait expliquer le fait qu'aucun échantillon de l'effluent ne présente de toxicité à la truite.

L'enlèvement global des acides gras et résiniques entre l'affluent et l'effluent du biofiltre varie de 70% à 96% ce qui rend la biofiltration comparable à cet égard à des traitements secondaires par étangs aérés ou par boues activées. Aucune corrélation n'a pu être établie entre la concentration en acides gras et résiniques et la toxicité à la truite (CL50-96h).

3.4 Lavage des biofiltres

3.4.1 Évolution de la perte de charge

Pour le procédé de biofiltration BIOFOR, les cycles de lavage sont déclenchés lorsque la perte de charge à travers le filtre atteint une valeur de consigne. Deux (2) consignes pour le déclenchement des lavages ont été appliqués au cours des essais représentatifs de l'étape V5 soit 1,2 m de V5-01 à V5-23 et 1,5 m de V5-24 à V5-32. Inférieure à la consigne de 1,5 m généralement utilisée comme valeur opérationnelle pour le BIOFOR®, la première consigne de 1,2 m avait été retenue pour diminuer la longueur des cycles et ainsi générer un plus grand nombre de données à l'intérieur d'un temps donné. Ce choix a incidemment eu pour effet de diminuer la concentration en MES des eaux sales de lavage.

La modification de la consigne pour le déclenchement des lavages à 1,5 m de perte de charge dans le filtre avait pour but d'obtenir la progression complète de

la perte de charge ainsi que des données sur l'augmentation de la concentration des boues produites. Dans les deux (2) cas, la progression de la perte de charge est continue et linéaire au cours d'un cycle.

Le tableau 9 compare les valeurs obtenues pour les MES dans les eaux sales de lavage.

Tableau 9 Variation de la concentration des matières en suspension dans les eaux de lavage

Étape	Taux de filt. (m/h)	Charge appl. kg DBO ₅ /m ³ /d	Durée du cycle (h)	MES aux sales de lavage (mg/l)	Consigne pour lavage (m CE)
V5-03 à 23	3.5	5.04	15.0	850	1.20
V5-24 à 32	3.5	4.57	21.3	1380	1.50

3.4.2 Quantité d'eaux de lavage

Le volume d'eau de lavage s'est toujours situé à environ 1,45 m³ d'eau par lavage avec une variation d'environ 10%. Le ratio entre la quantité d'eau utilisée pour les lavages et la quantité d'eau biofiltrée entre deux (2) lavages n'a guère dépassée 15% pour tous les essais et se situe en moyenne entre 10% et 12%.

3.4.3 Traitement des eaux sales de lavage

Quelques essais de décantation et de flottation ont été effectués à l'étape V6 de façon à évaluer l'aptitude à la décantation et à la flottation des boues. Les résultats sont présentés au rapport principal.

3.5 Production de boues secondaires

Pour les procédés de biofiltration, la production de boues s'évalue par la rétention des matières en suspension présentes dans l'affluent ainsi que par la conversion du substrat soluble en biomasse par synthèse.

La production de boues a été évaluée à l'étape V5 en insérant les données obtenues à l'aide d'un bilan de masse sur un cycle complet dans l'équation suivante:

MES totales dans les eaux sales de lavage = A* masse de substrat (exprimé en DBO₅ tot, DCO tot ou DCO sol) fixé dans le biofiltre + B* masse de MES totales fixées dans le biofiltre

où A: taux de conversion par synthèse du substrat en biomasse

B: facteur de rétention des matières en suspension

Le tableau 10 présente les différentes corrélations obtenues.

Tableau 10 *Equation pour la production de boues*

MES dans eaux sales de lavage = A x X + B x MES tot fixées

où X = DBO₅ tot fixée, DCO tot fixée ou DCO sol fixée

	A	B	Coeff. corrélation R*
Selon DBO ₅ tot fixée	0,485	0,84	0,84
Selon DCO tot fixée	0,327	0,42	0,84
Selon DCO sol fixée	0,400	0,83	0,81

* Corrélation obtenue en utilisant les données du cycle V5-03 à V5-32 en excluant le cycle V5-25 où il y a eu un problème d'opération

À titre comparatif, l'équation recommandée par Degremont en eaux résiduelles municipales est: MES dans eaux sales = 0.54* DCO sol. fixée + 0.80* MES fixée.

On évalue à environ 15 à 17,5 tonnes la quantité de boues produites et à disposer quotidiennement pour les caractéristiques futures de l'effluent étudié.

3.6 Performances vs nouvelles réglementations

L'étude des courbes de rendement et des charges appliquées correspondantes pour les mesures réalisées aux cycle V1 à V6 (figure 3) révèle qu'une charge massique appliquée d'environ 5 kg DBO₅/m³-d permettrait d'atteindre un enlèvement de 80% et plus de la DBO₅ totale. A cette charge massique appliquée et aux concentrations de DBO₅ présentes dans l'affluent, la charge hydraulique correspondante est de 1 m/h. Il est à noter cependant que même si une moyenne de 80% d'enlèvement était visée durant les essais et que les paramètres d'opération de l'étape V5 étaient

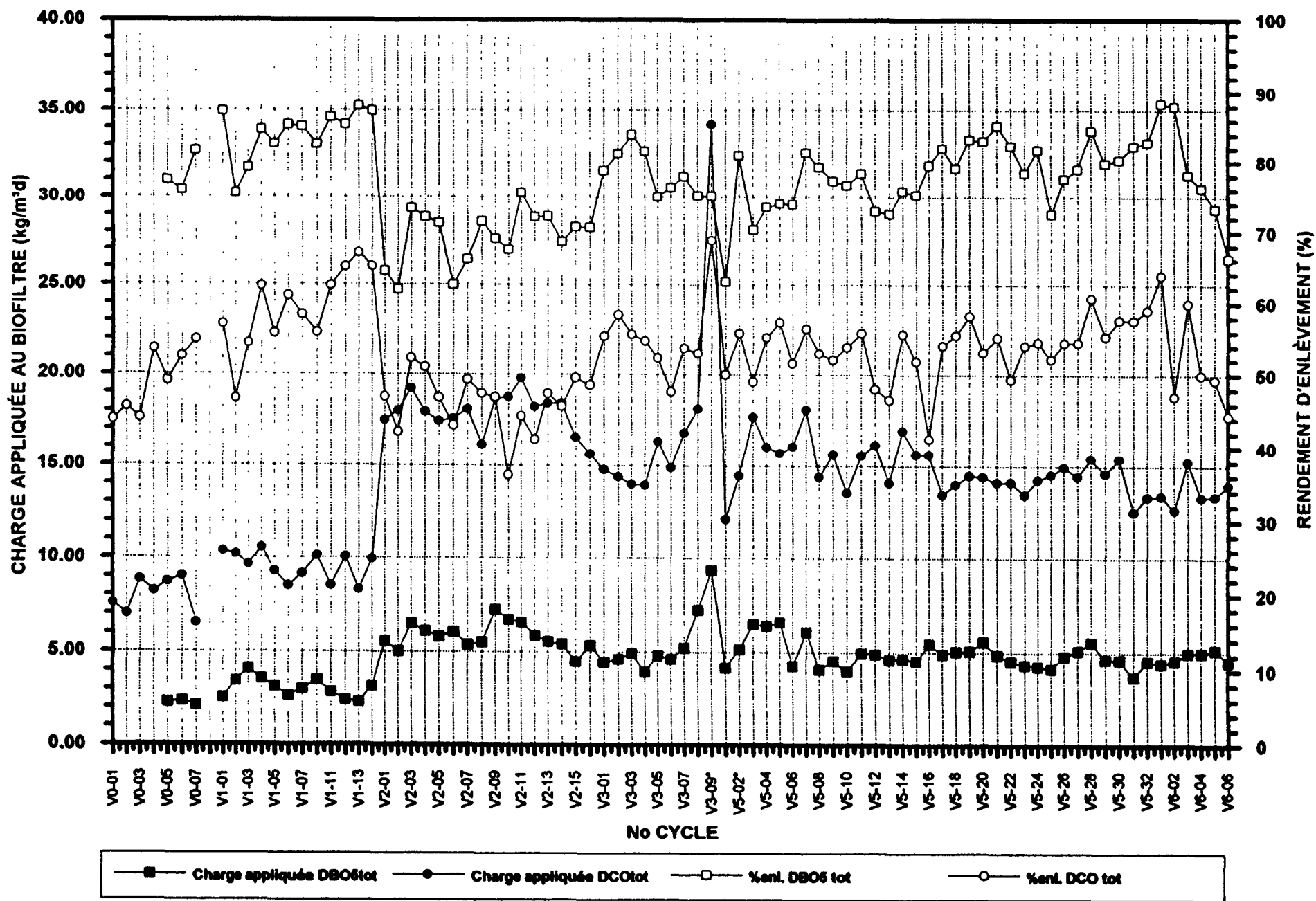


Figure 3 Suivi dans le temps de différents paramètres d'opération des rendements

réglés de façon à rencontrer cet objectif, la norme gouvernementale est beaucoup moins exigeante.

Le tableau 11 présente un résumé de la réglementation relative aux concentrations limites mensuelles (moyenne 30 jours) de DBO_5 et MES:

Tableau 11 Concentrations limites mensuelles de DBO_5 et de MES

	UNITÉ	FÉDÉRAL ⁽¹⁴⁾			PROVINCIAL (QUÉBEC) ⁽¹⁵⁾		
		LIMITE MENSUELLE	ÉQUIVALENT EN MG/L **		LIMITE MENSUELLE	ÉQUIVALENT EN MG/L **	
			Base 100 000 m ³ /d	Base 120 000 m ³ /d		Base 100 000 m ³ /d	Base 120 000 m ³ /d
DBO_5	kg/tonne de produit fini	≤ 7,5	105 ^(*)	87,5	≤ 5	70	58
MES	kg/tonne de produit fini	≤ 11,25	157,5	131	≤ 8	112	93

* Exemple de calcul:

$$\frac{7,5 \text{ kg } \text{DBO}_5}{\text{tonne de produit fini}} \times \frac{1400 \text{ t de produit fini}}{\text{d}} \times \frac{\text{d}}{100\,000 \text{ m}^3} \times \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}} \times \frac{10^6 \text{ mg}}{\text{kg}} = 105 \text{ mg/L}$$

** Base 1400 tonnes de produit fini par jour.

En considérant strictement les normes de rejets de la réglementation provinciale (plus sévères que la réglementation fédérale), l'usine Daishowa doit produire un rejet (moyenne sur 30 jours) inférieur à 5 kg de DBO_5 /tonne de produit fini ce qui, pour le débit actuel de 120 000 m³/d et une production de 1 400 t/d, correspond à 58 mg/l. Exprimé en % d'enlèvement, ceci se traduit par une efficacité minimale d'enlèvement requise de 67%.

Ainsi, même à un taux de filtration de 4 m/h et une charge moyenne appliquée de 5,8 kg de DBO_5 /m³/d tel que testé à l'étape V2, le rendement d'élimination atteint permettrait de rencontrer la norme de rejet les trois quarts du temps (variation de 62 à 71%).

Malgré un temps de contact assez court entre l'effluent et le média filtrant (de 30 à 60 minutes), tous les résultats de toxicité obtenus au cours de tous les essais révèlent que le traitement par biofiltration rend l'effluent conforme aux règlements applicables aux fabriques de pâtes et papiers.

En ce qui a trait aux matières en suspension, leur concentration dans l'effluent, soit 29 mg/l en moyenne pour l'ensemble des étapes V0 à V5, est systématiquement très inférieure au seuil de rejet de la réglementation la plus sévère.

L'ensemble des résultats de la phase exploratoire (étapes V6 à V9) a fourni de précieuses indications quant au comportement du biofiltre dans les conditions extrêmes. Il apparaît que pour l'effluent étudié, une température de 42°C peut être supportée plusieurs jours tout en conservant un rendement de 70% sur l'enlèvement de la DBO₅. Le système peut aussi supporter des pointes de température (45°C) et récupérer son rendement nominal quelques heures après le retour aux conditions normales de l'effluent.

À haute concentration ([DBO₅] = 315 mg/l), haute charge appliquée (6,3 à 7,7 kg DBO₅/m³-d) et haute température (41 à 42°C), une détérioration importante du rendement sur les matières en suspension a été observée et celles-ci sont presque essentiellement constituées de floccs biologiques décrochés du média.

4 PARAMÈTRES DE CONCEPTION ET COÛTS BUDGÉTAIRES

4.1 Critères de conception et de fonctionnement

Les critères de conception suivants ont été établis à partir de l'analyse des résultats de fonctionnement à régime stable et sur les prévisions d'un débit moyen de 100 000 m³/d et d'une charge massique moyenne de 25 tonnes de DBO₅/d, avec une pointe de 30 tonnes. À noter que le principal paramètre de conception est la charge massique en DBO₅ tot.

Les principaux paramètres de conception sont:

- hauteur du média: 3 m
- charge massique: 5 kg DBO₅/m³d
- charge hydraulique: 2.5 m/h
- débit air de procédé: 15 m/h
- débit air de lavage: 30 à 70 m/h
- débit eau de lavage: 10 à 20 m/h
- production de boues: 0,7 à 0,8 kg/kg de DBO₅ fixée (incluant les MES tot)

4.2 Coûts du procédé

Les coûts directs d'immobilisation et d'équipements reliés à l'implantation du système de traitement par biofiltration à l'usine de la compagnie Les Produits forestiers Daishowa Ltée à Québec s'élèvent à 31 millions de dollars en considérant les critères de conception précédents. Cette prévision budgétaire englobe les coûts directs pour les items reliés à la biofiltration, soit:

- tous les travaux de préparation de terrain pour l'installation de la nouvelle station de biofiltration;
- tout le génie civil des bassins (biofiltres, cuvier d'eaux sales, cuvier d'eau biofiltrée, décanteurs d'eau de lavage) incluant canaux, caniveaux et galeries;
- tout le génie civil du bâtiment abritant la biofiltration incluant la mécanique de bâtiment, électricité, etc.;

- tous les équipements mécaniques nécessaires au bon fonctionnement de la station incluant les biofiltres et leur tuyauterie de façade, surpresseurs d'air de procédé, surpresseurs d'air de lavage, pompes de lavage, pompes à boues, etc.;
- les tamis automatiques en amont des biofiltres;
- tous les contrôles et l'instrumentation nécessaires au fonctionnement automatisé de la station;
- toutes la tuyauterie d'interconnection entre les biofiltres, les cuiviers d'eaux sales et d'eau biofiltrée, les décanteurs secondaires d'eau de lavage;
- tous les systèmes de préparation et de dosage des produits chimiques (nutriments, polymères, floculants).

Les coûts reliés à la construction d'un bassin d'urgence et au traitement des boues ne sont pas inclus.

Les coûts d'opération s'élèvent à 0.092\$/kg de DBO₅ éliminée et incluent les coûts associés aux produits chimiques, à l'aération et au pompage de l'eau de lavage. Les coûts de main d'oeuvre, d'entretien et de disposition des boues ne sont pas inclus. Le tableau 12 présente la ventilation des coûts considérés pour l'opération.

Tableau 12 Coûts reliés à l'opération des biofiltres BIOFOR®

	kW-h/d	\$ / an*
Nutriments (urée et diammonium phosphate)	_____ -	\$ 455 250
Aération (air de procédé)	21 770	\$ 188 800
Aération (air de lavage)	2 380	\$ 20 670
Pompage aux décanteurs d'eau de lavage	490	\$ 4 270
Total:	24 640	\$ 668 990

* Base de calculs: \$23.76/MW d'électricité, efficacité de 90 %.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Leach, J.M. et A.N. Thakore. *Toxic Constituents in Mechanical Pulping Effluent*, TAPPI Journal, 59 (2): 129, 1976.
2. Easty, D.B., L.G. Borchardt et B.A. Waberts. *Removal of Wood-Derived Toxics from Pulping and Bleaching Wastes*, EPA Report, No. EPA 600/2-78-031, Cincinnati, OH, février 1978.
3. Bureau de Normalisation du Québec. *Eaux - Détermination de la toxicité, méthode avec la bactérie bioluminescente photobacterium phosphoreum*, NQ3600-205, 1987.
4. Environnement Canada. *Méthode d'essai biologique: méthode de référence pour la détermination de la létalité aiguë d'effluents chez la truite arc-en-ciel*, Service de la Protection de l'Environnement, SPE 1/RM/13, 1990.
5. Environnement Canada. *Méthode d'essai biologique: méthode de référence pour la détermination de la létalité aiguë d'effluents chez Daphnia magna*, Service de la Protection de l'Environnement, SPE 1/RM/14, 1990.
6. Environnement Canada. *Document d'orientation sur le contrôle de la précision des essais de toxicité au moyen de produits toxiques de référence*, Service de la Protection de l'Environnement, SPE 1/RM/12, 1990.
7. APHA, AWWA, WPCF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 17th edition, Washington, D.C., 1989.
8. Degremont. *Mémento technique de l'eau*, 9ième édition française, Tomes I et II, Evreux, 1989.
9. Environnement Canada. *Méthode d'essai biologique: essai de reproduction de survie sur le cladocère Ceriodaphnia dubia*, Service de Protection de l'Environnement, SPE 1/RM/21, 1992.
10. Environnement Canada. *Biological test method: Growth inhibition test using the fresh water algae Celenastrum capricornutum*, Environmental Protection Service, 1992.
11. Coulson, J.M., Richardson, J.F. *Chemical Engineering Volume Two*, Pergamon Press, third edition, Oxford U.K., 1978.
12. Eckenfelder, W.W. *Gestion des eaux usées urbaines et industrielles*, Lavoisier, Paris, 1982.

13. Gaudy, A.F., Gaudy, E.T. Microbiology for environmental scientists and engineers, McGraw Hill, 1980.
14. *Règlement sur les effluents des fabriques de pâtes et papiers*, Loi sur les pêches, Gazette du Canada, Partie II, Vol. 126, No 11, le 20 mai 1992.
15. *Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers*, Q-2,r.12, Gazette officielle du Québec, partie 2, 124^e année, no 43, le 7 octobre 19

RÉFÉRENCES EXISTANTES EN BIOFILTRATION DEGRÉMONT EN PÂTES ET PAPIERS.

Projet	Pays	Type de fibre	Production T/an	Pré-traitement	Type de filtre	Surface des filtres	Débit m ³ /h
Subiaco	Italie	Pâte neuve Pap. autocopiant	8 000	Décanteur	Biofor	4 x 9,6 m ²	250
Delligser	Allemagne	Vieux papiers Cartonnerie	20 000	Décanteur & lit bactérien	Biodrof	3 x 7,1 m ²	125
Julius Glatz	Allemagne	Pâte neuve Pap. spéciaux	25 000	Flottateur	Biofor	6 x 32 m ²	850
PWA-Dekor	Allemagne	Papiers et panneaux décoratifs	-	Décanteur (Accelator)	Biofor	5 x 21 m ²	700
Haindl	Allemagne	Pap.journal Pap.mince couché Pâte PTM blanchie au H ₂ O ₂	-	Décanteur primaire Boues activées	Biofor	5 x 22 m ²	800
Mochenwangen	Allemagne	Pap.mince imprimerie Pap. usages spéc. Edition à catalogue	-	Déc. primaire Turbocirculator Lit bactérien Décanteur Densadeg	Biofor	4 x 17,6 m ²	300
Porcari	Italie	Pap. emballage Pap. fins	-	Déc. primaire Turbocirculator Boues act. à l'air	Biofor	10 x 32,7 m ²	2 500
Peter Temming	Allemagne	Pap. recyclés	-	Déc. primaire Boues act. à l'air	Biofor	4 x 17,6 m ²	250
Guérimand-Voiron	France	Pap. fins	100 000	Déc. primaire Turbocirculator	Biofor	4 x 22,8 m ²	340
PWA-Stockstadt	Allemagne	Pâte neuve Pap. couché à faible grammage	1 440	Déc. primaire	Biofor à 2 stades	5 x 40,9 m ² (chaque stade)	1 000

