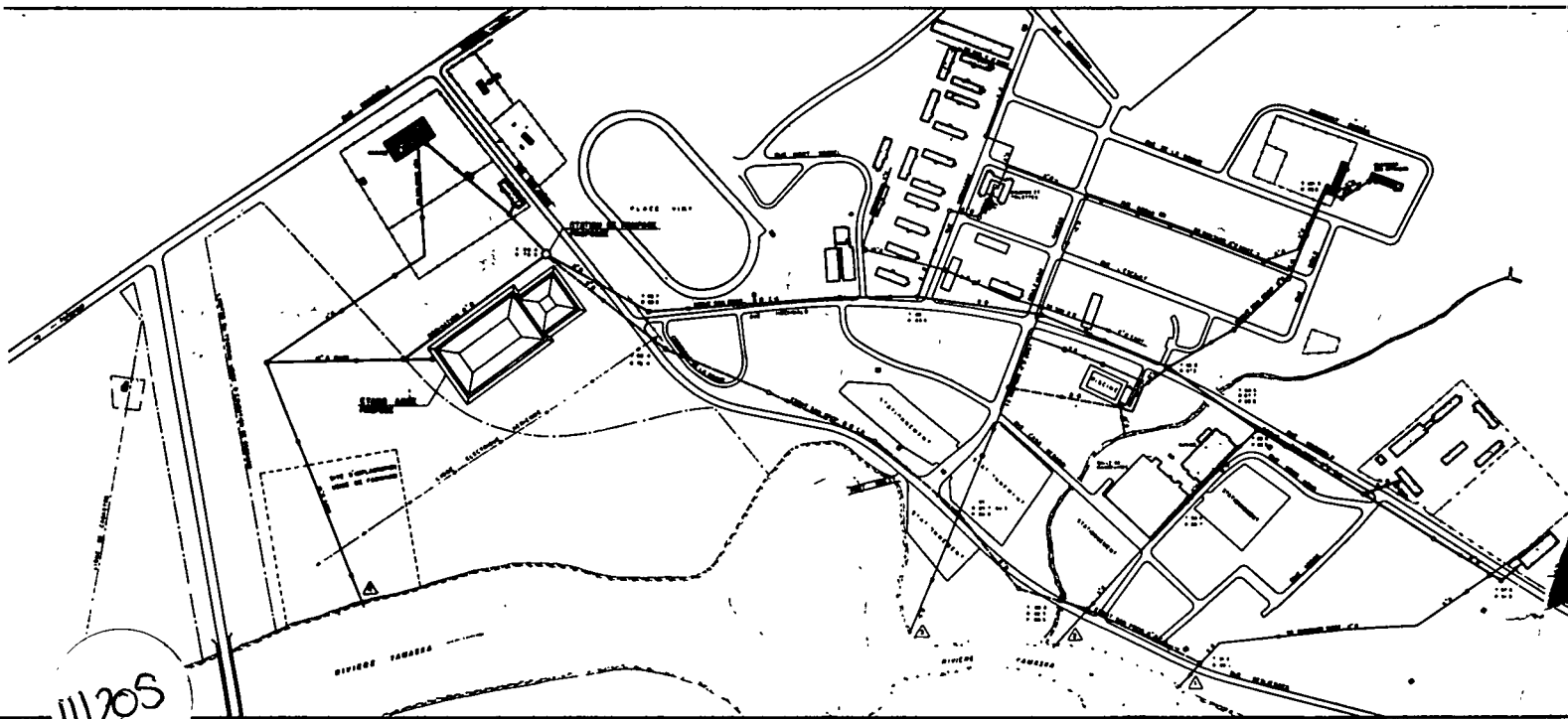

environnement canada

Etude de l'évacuation des eaux usées

détachement farnham, b.f.c. montréal

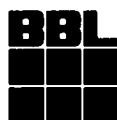


TD
745
E883
1974

Rég. Québec Biblio. Env. Canada Library



38 510 877



Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.
CONSULTANTS

1134 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal H3B-1H4, Québec

octobre 1974

666-1

1F40.04 622.3
B4102
21.1

Copie 12



Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.

CONSULTANTS

1134 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal, Canada H3B 1H4

Montréal, le 28 octobre 1974

Environnement Canada,
Service de Protection
de l'Environnement,
Région du Québec,
2020, rue Université,
Suite 502
Montréal, Québec
H3B 3K9

Objet: Evacuation des eaux usées
Détachement Farnham, B.F.C. Montréal
Ministère de la Défense Nationale
Notre référence: 666-001

Messieurs,

Nous avons le plaisir de vous présenter notre rapport final sur l'étude de l'évacuation des eaux usées du détachement Farnham, B.F.C. Montréal.

En se basant sur les caractéristiques physiques principales du camp militaire et en tenant compte des grandes fluctuations du débit des eaux usées, nous avons tenté de trouver la solution qui convienne le mieux pour l'évacuation des eaux usées du camp militaire.

Veuillez agréer, messieurs, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

HL/dp


pour: Henri Lapointe



RESUME

1. RESEAU D'EGOUTS ACTUEL

Le réseau d'égouts actuel du camp militaire de Farnham se compose de quatre lignes principales, chacune déversant les eaux usées sans traitement dans la rivière Yamaska; trois fosses septiques captent les eaux usées de certains bâtiments; la base du réseau fut construite au début des années 40 et plusieurs embranchements construits depuis ont été abandonnés par la suite. Le réseau laisse voir une importante infiltration de sable, ce qui laisse supposer que plusieurs tuyaux sont affaiblis.

2. OCCUPATION DU CAMP

La population maximale du camp est de 500 personnes; l'occupation du camp varie au cours de l'année, étant à son maximum au cours de l'été, alors que du mois de septembre au mois de juin, il y a 150 personnes sur semaine (de 9 hre à 5 hre) et 300 personnes en fin de semaine.

Aucun projet d'expansion du camp n'est envisagé.

3. CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES

Les débits des eaux usées sont estimés comme suit:

Eté	débit moyen	42,500 gal/jour
	débit max.	89,000 gal/jour

Hiver		
Sur semaine	débit moyen	4,000 gal/jour
Fin de semaine	débit moyen	40,000 gal/jour
Débit moyen de la semaine		14,200 gal/jour

Les concentrations de DBO_5 et de solides en suspension sont estimées à 235 et 280 mg/l respectivement.



4. USINE D'EPURATION DE LA VILLE DE FARNHAM

Les plans de l'usine d'épuration de la ville de Farnham sont complétés et celle-ci sera construite, sur une partie de terrain du camp militaire cédée à la ville, aussitôt que les Services de Protection de l'Environnement du Québec en ordonneront la construction et que les fonds nécessaires seront disponibles.

5. EGOUT COLLECTEUR

Le collecteur proposé longe l'avenue Hochwald et amène par gravité les eaux usées sur le site proposé d'une usine d'épuration, à proximité du site choisi par la ville de Farnham, mais sur le terrain de la base de Farnham.

En construisant le collecteur sur l'avenue Hochwald, le réseau d'égout actuel peut être abandonné en construisant à peu de frais quelques raccordements, ce qui est un avantage considérable vu l'état de ce réseau. Le coût de construction du nouveau réseau d'égout est estimé à 116,500 dollars.

6. USINE D'EPURATION

L'usine d'épuration est prévu pour effectuer un traitement secondaire.

Six modes de traitement ont été étudiés:

- étang d'oxydation
- étang aéré
- aération prolongée
- boues activées, mélange complet
- disques biologiques
- traitement physico-chimique

A cause de son coût de construction peu élevé et ses avantages marqués sur les autres modes de traitement (construction simple, flexibilité d'opération, opération réduite à son maximum), l'étang aéré est recommandé comme mode de traitement.



L'usine d'épuration comprend une station de pompage, un bassin d'aération, un étang de polissage et un système de chloration de l'effluent; le coût de construction prévu s'élève à \$76,000. et les coûts d'opération et d'entretien annuels ont été évalués à \$5,500.00.

7. CONCLUSION

Il est recommandé que la construction du réseau d'égouts soit entreprise le plus tôt possible et que les eaux usées du détachement Farnham soient traitées par un étang aéré construit sur la propriété du Ministère de la Défense Nationale, à moins qu'une décision ne soit prise incessamment quant à la construction de l'usine d'épuration de la ville de Farnham.

Les coûts de construction de l'étang aéré et du réseau d'égouts sont estimés à \$192,500 (coûts de 1974); si la ville de Farnham procède à la construction de son usine d'épuration, le coût de construction du réseau d'égout est évalué à \$155,500.



SUMMARY

1. EXISTING SEWER SYSTEM

Farnham's military camp sanitary sewer system is composed of four main lines, each one flowing into the Yamaska River without treatment; three septic tanks are also part of the system. The main part of the sewer system was built in the early forties, and many secondary sewers built since have been abandoned. There exists a major problem of sand sedimentation in the sewer which indicates that many pipes are broken.

2. POPULATION STUDY

The maximum population of the camp is 500 persons; this population varies during the year and reaches its peak during the summer season. From September to June, the population is 150 persons during the week (from 9. A.M. to 5. P.M.) and 300 persons during the week-ends.

No major camp expansion program is foreseen.

3. WASTEWATER STUDY

Wastewater flows have been estimated as follows:

SUMMER

average flow	42,500 GPD
maximum flow	89,000 GPD

WINTER

week	average flow	4,000 GPD
week-ends	average flow	40,000 GPD
average	weekly flow	14,200 GPD

BOD and suspended solids concentrations have been estimated at 235 and 280 mg/l respectively.



4. CITY OF FARNHAM'S SEWAGE TREATMENT PLANT

The plans for the City of Farnham's sewage treatment plant are complete. The plant will be built on a part of the military camp, recently transferred to the City of Farnham from the Department of National Defence, as soon as the Environmental Protection Services of the Province of Quebec authorizes the construction and as soon as necessary funds are available.

5. COLLECTOR STUDY

The proposed collector runs parallel to Hochwald Ave. and wastewaters are brought by gravity to the proposed site of the sewage treatment plant located on the military camp near the selected site of City of Farnham's sewage treatment plant.

By building the collector, the existing sewer lines can be abandoned by building a few secondary sewers at low cost, an advantageous proposition due to the present state of the existing sewer network. The estimated construction cost of the new sewer system is approximately \$116,500.

6. SEWAGE TREATMENT PLANT STUDY

The sewage treatment plant is designed for a secondary treatment.

Six treatment methods have been studied:

- oxidation pond
- aerated lagoon
- total oxidation activated sludge
- completely mixed activated sludge
- biological discs
- physical-chemical treatment

The aerated lagoon is proposed for the treatment of Farnham military camp wastewaters for its low construction cost and for many advantages it has over other treatment methods (simple construction, flexibility of operation, minimum maintenance).

The sewage treatment plant includes a pumping station, an aerated lagoon, a polishing lagoon and a chlorination system. The estimated construction cost is \$76,000. and the annual operation and maintenance costs are evaluated at \$5,500.



7. CONCLUSION

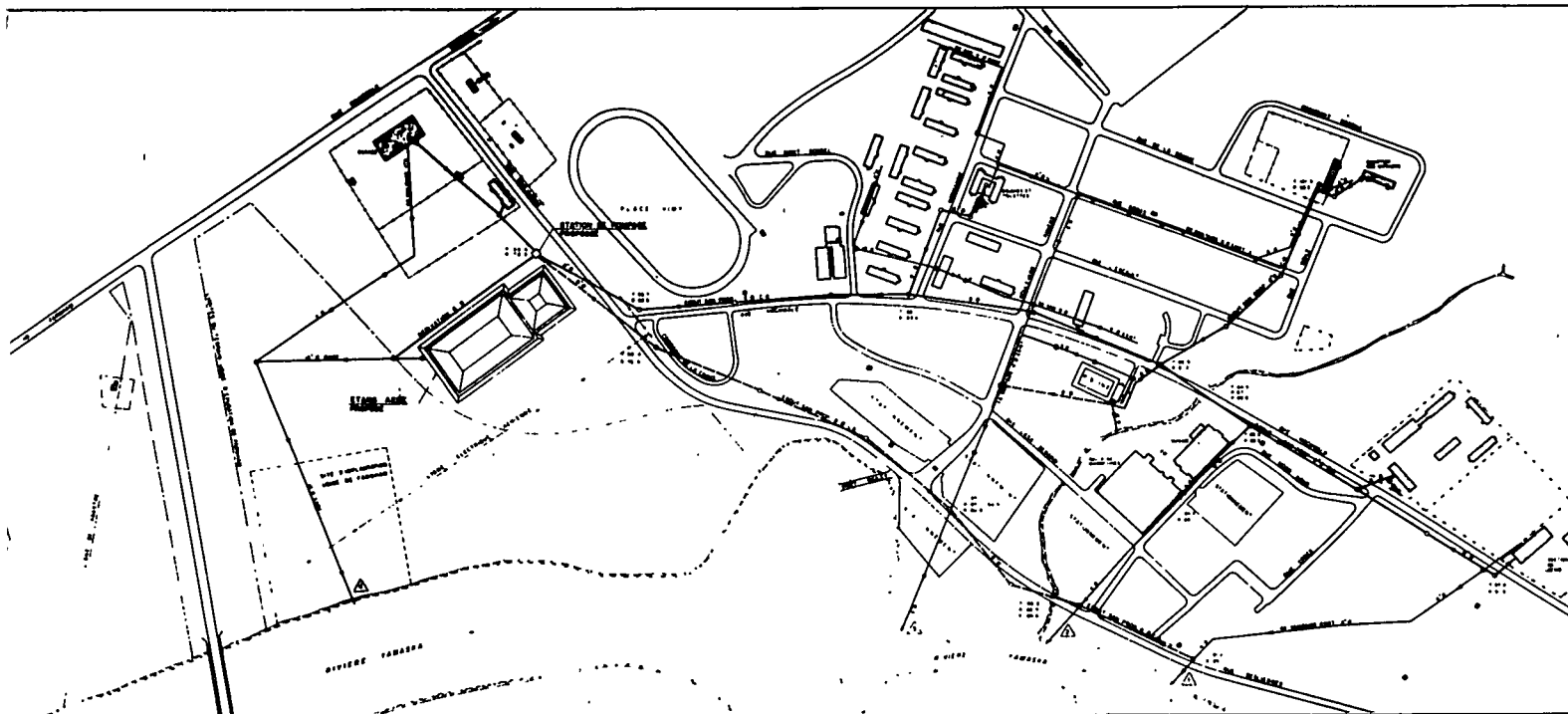
It is recommended that sewer system construction start as soon as possible and that the wastewaters be treated in an aerated lagoon built on Department of National Defence property unless immediate action is taken concerning the construction of the City of Farnham sewage treatment plant.

The estimated construction costs for the sewer system and the aerated lagoon are \$192,500.(1974 costs); if the City of Farnham proceeds with the construction of its sewage treatment plant, the estimated construction cost of the sewer system will be \$155,500.

environnement canada

Etude de l'évacuation des eaux usées

détachement farnham, b.f.c. montréal



Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc.
CONSULTANTS

1134 ouest, rue Ste-Catherine, Montréal H3B-1H4, Québec

octobre 1974

666-1



TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES		1
-	LEXIQUE	4
-	LISTE DES TABLEAUX	5
1.	INTRODUCTION	6
1.1.	Mandat	6
1.2.	Rapports existants	7
1.2.1.	Etude par le Service de la Protection de l'Environnement	7
1.2.2.	Rapport sur la rivière Yamaska	7
1.2.3.	Etude pour le Ministère de la Défense Nationale	7
1.3.	Normes de rejet	8
1.3.1.	Ministère de l'Environnement du Canada	8
1.3.2.	Services de Protection de l'Environnement du Québec	8
2.	EVALUATION DU RESEAU D'EGOUT ACTUEL	9
2.1.	Description du réseau	9
2.2.	Evaluation du réseau	10
3.	CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES	11
3.1.	Généralités	11
3.2.	Etude des populations	11
3.3.	Etude des consommations en eau	12
3.4.	Données utilisées pour la conception de l'intercepteur et de l'usine d'épuration	13
4.	CHOIX DU SITE DE L'USINE D'EPURATION ET ETUDE DE L'INTERCEPTEUR	17
4.1.	Choix du site de l'usine d'épuration	17
4.2.	Etude de l'intercepteur	18



5.	ETUDE DES TRAITEMENTS DES EAUX USEES	23
5.1.	Introduction	23
5.2.	Evaluation comparative des traitements	23
5.3.	Etang d'oxydation	24
5.4.	Etang aéré	28
5.5.	Aération prolongée	32
5.6.	Boues activées à mélange complet	34
5.7.	Disques biologiques	36
5.8.	Traitement physico-chimique	38
5.9.	Traitement et disposition des boues	40
5.10.	Désinfection de l'effluent	42
5.10.1.	Choix du désinfectant	42
5.10.2.	Chloration	42
5.10.3.	Ozonation	44
5.10.4.	Avantages de l'ozonation sur la chloration	44
5.10.5.	Evaluation économique	46
5.10.6.	Conclusion	46
6.	ESTIMATION DES COUTS	47
6.1.	Généralités	47
6.2.	Station de pompage et chloration de l'effluent	47
6.3.	Etang d'oxydation	49
6.4.	Etang aéré	49
6.5.	Aération prolongée	50
6.6.	Boues activées à mélange complet	51

6.7.	Disques biologiques	52
6.8.	Traitement physico-chimique	54
6.9.	Résumé des coûts de chaque mode de traitement	55
6.10.	Réseau d'égouts	58
7.	RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION	61
7.1.	Recommandations	61
7.2.	Conclusion	62
	ANNEXE "A": Etang aéré	63
	ANNEXE "B": Liste des réunions	71

LEXIQUE

DBO_5	:	Demande biochimique en oxygène à 5 jours
gal/pers/jour:	:	Gallons impériaux par personne par jour
gal/jour	:	Gallons impériaux par jour
M.G.	:	Millions de gallons impériaux
M.G.J.	:	Millions de gallons impériaux par jour
Q	:	Débit
S.S.	:	Solides en suspension
mg/l	:	Miligrammes par litres
Q_0	:	Débit du tuyau coulant plein
V	:	Vitesse d'écoulement
V_0	:	Vitesse d'écoulement du tuyau coulant plein
diam.	:	Diamètre
n	:	Coefficient de rugosité (formule de Manning)
po	:	Pouces
pi/sec	:	Pieds par seconde
HP	:	Horse Power
MLVSS	:	Solides volatils en suspension dans la liqueur mixte
MLSS	:	Solides en suspension dans la liqueur mixte
R	:	Débit recirculé
O.D.	:	Oxygène dissous



LISTE DES TABLEAUX

TABLERAU 1	Estimation théorique des consommations actuelles en eau	11
2	Consommation d'eau du camp militaire de Farnham de août 1973 à juillet 1974	12
3	Résumé des consommations actuelles en eau du camp militaire de Farnham	13
4	Estimation des débits des eaux usées pour conception de l'usine d'épuration	14
5	Estimation des charges de DBO_5 et de solides en suspension pour conception de l'usine d'épuration	15
6	Vitesses d'écoulement, tuyaux de béton, pente : 0.5%	19
7	Vitesses d'écoulement, tuyaux d'amiante-ciment, pente : 0.5%	20
8	Normes de conception d'un étang aéré	29
9	Estimation des coûts de construction et des coûts d'opération et d'entretien des modes de traitement étudiés	58
10	Estimation du coût de construction du réseau d'égouts sanitaires	60
11	Temps de rétention: étang aéré	65
12	Efficacité de traitement: étang aéré	66



CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1.1. Mandat

Le présent rapport est une étude préliminaire et une estimation des coûts relativement à la collection et au traitement des eaux usées du détachement Farnham, B.F.C. Montréal, à Farnham, Québec.

Plus précisément, le mandat confié au consultant demandait de:

- 1.1.1. Développer et évaluer le système de collection des eaux usées prenant leur origine dans le détachement Farnham.
- 1.1.2. Effectuer une étude des moyens pratiques de traitement des eaux usées, suivant les meilleurs techniques disponibles en prenant en considération les exigences et objectifs d'organismes gouvernementaux.
- 1.1.3. Evaluer les solutions possibles et recommander un traitement des eaux usées.
- 1.1.4. Préparer un schéma du traitement des eaux usées proposé et indiquer les paramètres de design et le site le plus propice pour le poste d'épuration.
- 1.1.5. Evaluer les coûts de design et d'installation du poste d'épuration proposé.
- 1.1.6. Evaluer les ressources humaines et financières nécessaires au bon fonctionnement des installations proposées.
- 1.1.7. Préparer un rapport en 15 copies et le soumettre au Service de la Protection de l'Environnement, Ministère de l'Environnement.



1.2. Rapports existants

Trois rapports ont été consultés avant de procéder à l'étude proprement dite. Ces rapports sont les suivants:

1.2.1. Etude par le Service de la Protection de l'Environnement.

En janvier 1973, le Service de la Protection de l'Environnement du Ministère de l'Environnement du Canada produisait une étude sommaire intitulée: "Etude sur l'Evacuation des Eaux-vannes des Installations du Ministère de la Défense Nationale, Camp Farnham, Province de Québec". Comme il s'agissait d'une étude sommaire, le consultant était tenu de prendre connaissance du rapport, mais n'était pas engagé par les recommandations de ce rapport.

1.2.2. Rapport sur la rivière Yamaska

L'Office de Planification et de Développement du Québec a dirigé une étude et produit récemment un rapport synthèse intitulé: "Utilisation des Eaux du Bassin Versant de la Yamaska". Ce rapport touche à tous les aspects de l'utilisation de l'eau du bassin, mais a été consulté principalement pour connaître la vocation de la rivière Yamaska dans la région de Farnham et les normes de rejets des eaux usées qui en découlent.

1.2.3. Etude pour le Ministère de la Défense Nationale.

En 1964, un consultant a procédé à une étude sur l'interception et le traitement des eaux usées du Camp Militaire de Farnham pour le compte du Ministère de la Défense Nationale. Ce rapport préconisait l'interception et le pompage des eaux usées sur la rue Deslieries, longeant le bord de la rivière et la construction de lagunes non aérées vers le nord. La vocation du camp ayant changée et des données plus récentes, comme le rapport mentionné précédemment et les projets de la ville de Farnham étant disponibles, les recommandations de ce rapport devaient être réévaluées; cependant, le consultant a pu retirer de cette étude des informations pertinentes à son étude.

1.3. Normes de rejet

Dans l'évaluation des différents traitements des eaux usées possibles, le consultant devait prendre en considération les normes de rejet du Ministère de l'Environnement du Canada et vérifier avec les normes de rejet des Services de Protection de l'Environnement du Québec.

1.3.1. Ministère de l'Environnement du Canada *

Les caractéristiques des eaux usées traitées doivent être les suivantes:

- DBO_5 20 mg/l.
- Solides en suspension 25 mg/l.
- Coliformes fécaux 400/100 ml.
- pH 6 - 9
- Chlore résiduel 0.5 mg/l. minimum (contact 30 min)

Comme l'effluent du camp militaire est déversé dans la rivière Yamaska, le problème de l'eutrophysation ne se pose pas, car l'écoulement normal de la rivière empêche la prolifération d'algues; les normes sur les nutriments ne s'appliquent donc pas dans ce cas.

1.3.2. Services de Protection de l'Environnement du Québec

Les normes de rejet de cet organisme sont spécifiées dans le rapport mentionné en 1.2.2. Ces normes sont les suivantes:

- réduction de la DBO_5 de 90%;
- réduction des solides en suspension sans spécifier de pourcentage;
- aucune réduction des nutriments.

* Réf: Canada, Department of Environment, Environmental Protection Service, Guidelines for Effluent Quality and Wastewater Treatment at Federal Establishments, June 1974.

CHAPITRE 2

2. Evaluation du réseau d'égout actuel

2.1. Description du réseau

Le réseau d'égout actuel comporte quatre collecteurs principaux qui déversent sans traitement les eaux usées du camp militaire dans la rivière Yamaska (voir plan du réseau).

La ligne no. 1 capte les eaux usées du bâtiment de la section génie par un tuyau de 6" de diamètre en grès et les rejette à la rivière quelque 1,000 pieds plus loin.

La ligne no. 2 déverse les eaux usées de la cuisine et de la salle de manoeuvres (Drill Hall) dans la rivière Yamaska par un tuyau de 6" de diamètre.

La ligne no. 3 suit l'avenue Arras et recueille les eaux usées du bâtiment des douches et toilettes ainsi que celles du quartier des officiers (ancien hôpital); cet égoût se jette ensuite à la rivière par un tuyau de 12" de diamètre longeant le boulevard Amiens.

La ligne no. 4 capte les eaux usées du garage et les déverse à une centaine de pieds en aval du pont de la rivière Yamaska, par un tuyau de 10" de diamètre.

Il existe trois fosses septiques, dont une, celle du bâtiment des douches et toilettes, est raccordée à la ligne no. 3.

2.2. Evaluation du réseau

La ligne no. 1 mesure environ 1,000 pieds et ne comporte aucun regard d'égout.

La ligne no. 2 comporte un seul regard d'égout au coin nord de la salle de manoeuvres et, de ce point au déversement dans la rivière (distance de 500 pieds), il n'y a aucun regard.

La ligne no. 3 est la plus importante du camp militaire. Les fonds de regards sont remplis de sable et le pavage de l'avenue Arras présente quelques affaissements, ce qui indique un affaissement probable de la conduite d'égout; pour ces raisons, une inspection à la télévision a été jugée inutile. A l'extrémité de la ligne, le tuyau de l'émissaire est effondré. Les solides des eaux usées se déposent dans le fond des regards.

La ligne no. 4 semble en bon état, mais en plus de l'égout du garage, plusieurs autres tuyaux d'égout s'y déversent; ce sont probablement les vestiges du camp de prisonniers qui existait à cet endroit durant la guerre.

La base du réseau d'égout fut construite au début des années 40 et les prolongements du réseau furent construits au fur et à mesure des besoins, sans qu'aucun plan et profil ne soit disponible; plusieurs de ces prolongements furent abandonnés par la suite, de sorte qu'aucun plan véritablement exact du réseau d'égout actuel n'existe.

En plus du réseau d'égout principal, il existe sur le camp plusieurs centres de lavage (wash-tables) abandonnés, dont les eaux usées étaient envoyées soit dans le sol, soit au réseau d'égout ou soit directement dans un ruisseau.

Les eaux usées provenant du lavage des filtres de la piscine sont envoyées directement dans un ruisseau se déversant dans la rivière Yamaska.

En conclusion, le réseau d'égout actuel nécessitera d'importantes améliorations en vue de le rendre opérationnel.

CHAPITRE 3

CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES

3.1. Généralités

Lors de l'étude des lieux, un déversoir a été installé sur le collecteur de la ligne no. 3, mais aucune information valable n'a pu être obtenue sur les débits, car il ne coulait qu'un mince filet d'eau par dessus le déversoir; ceci est dû au fait qu'au moment de l'étude, le camp des cadets était terminé et il n'y avait au camp que le personnel régulier et environ 80 soldats réguliers venus de St-Jean; de plus, l'étude a été faite lors d'une période de temps sec, de sorte que l'infiltration était à son minimum.

Les données de débits et de caractéristiques des eaux usées ont alors été évaluées à l'aide de renseignements obtenus auprès du personnel du camp et de données standards servant à la conception d'ouvrages d'épuration des eaux usées.

3.2. Etude des populations

Les renseignements suivants ont été obtenus sur l'occupation normale du camp:

Été (juin-août) : 400 personnes résidentes

Hiver(sept.-mai) : 150 personnes, de 9 heures à 5 heures, du lundi au vendredi;
300 personnes résidentes en fin de semaine.

A l'aide de ces données et en faisant une estimation de la consommation d'eau per capita pour un camp militaire, la consommation d'eau du camp peut être évaluée sommairement.

Période	Population	Consommation (gal/pers/jour)*	Consommation (gal/jour)*
été	400	100	40,000
hiver			
semaine	150	20	3,000
fin de semaine	300	100	30,000
moyenne			10,700

Tableau 1: Estimation théorique des consommations actuelles en eau.

* A moins d'indication contraire, tous les gallons mentionnés dans ce rapport sont des gallons impériaux.

3.3. Etude des consommations en eau

Une étude des consommations en eau du camp militaire de Farnham pour la période s'étendant du mois d'août 1973 au mois de juillet 1974 a donné les résultats suivants:

mois	consommation	débit minimum	débit moyen	débit maximum
	M.G.	gal/jour	gal/jour	gal/jour
août	1.012	24,137	32,660	35,952
septembre	0.999	19,622	33,312	68,159
octobre	1.055	10,000	34,025	69,900
novembre	0.430	8,540	14,342	34,970
décembre	0.298	1,180	9,632	15,830
janvier	0.309	4,820	9,988	19,254
février	0.240	7,130	8,570	11,353
mars	0.266	6,670	8,596	11,564
avril	0.417	4,724	13,913	24,137
mai	0.482	11,238	15,542	22,820
juin	0.916	11,510	30,559	83,930
juillet	0.833	14,261	26,879	36,984

Tableau 2: Consommations d'eau du camp militaire de Farnham de août 1973 à juillet 1974.

A la lumière de ces données, les résultats suivants peuvent être obtenus:

			Q/Q Moyen
ETE	Q maximum = 69,000 gal/jour = 173 gal/pers/jour		2.1
	Q moyen = 33,000 gal/jour = 82.5 gal/pers/jour		1.0
	Q minimum = 10,000 gal/jour = 25 gal/pers/jour		0.3
HIVER	Q maximum = 24,000 gal/jour	moyenne de la semaine	2.4
	Q moyen = 10,000 gal/jour		1.0
	Q minimum = 4,700 gal/jour		0.47

En examinant ces résultats, l'on constate qu'en été, la consommation moyenne est de 82.5 gal/pers./jour avec des facteurs de pointe de 2.1 et 0.3 respectivement pour le débit maximum et le débit minimum; une consommation de 85 gal/pers./jour sera adoptée pour le design de l'intercepteur et de l'usine d'épuration.

En hiver, l'on constate que le débit journalier (moyenne de la semaine) est sensiblement égal au débit estimé au tableau 1, avec des facteurs de pointe de 2.4 et 0.47 respectivement pour le débit maximum et pour le débit minimum. Les consommations d'eau per capita estimées au tableau 1 seront donc conservées.

Suite à ces observations, le tableau suivant des consommations d'eau actuelles peut être établi:

Population	Q minimum	Q moyen	Q maximum
	(gal/jour)	(gal/jour)	(gal/jour)
ETE - 400 résidents	10,000	33,000	69,000
HIVER - 150 externes	1,410	3,000	6,800
300 résidents	14,100	30,000	72,000

Tableau 3: Résumé des consommations actuelles en eau du camp militaire de Farnham.

3.4. Données utilisées pour la conception de l'intercepteur et de l'usine d'épuration.

Comme le camp militaire de Farnham, dans les conditions actuelles, peut accueillir 400 personnes dans une situation qualifiée de "confortable" et 500 personnes dans une situation dite "inconfortable", l'intercepteur et l'usine d'épuration seront conçus pour recevoir les eaux usées de 500 personnes en été alors qu'en hiver, la population serait de 200 personnes sur semaine et 400 personnes en fin de semaine.



Suivant les informations obtenues du Ministère de la Défense Nationale, de nouveaux barraquements seront construits le long de la rue Normandie, en remplacement de ceux déjà existants; il abriteront 250 personnes et seront pourvus de toilettes et douches. La capacité d'occupation du camp ne sera pas augmentée par ces nouvelles constructions. La consommation d'eau par personne sera légèrement modifiée par cette amélioration des facilités sanitaires, mais non de façon appréciable.

Aucun projet d'expansion du camp n'est envisagé pour le moment et advenant le besoin de loger de façon temporaire un nombre important de militaires (e.g. pour la durée des jeux olympiques), ceux-ci seraient logés dans des tentes et des toilettes chimiques seraient loués, ce qui ne créerait aucune surcharge à l'usine d'épuration.

Le débit des eaux usées a été considéré égal à la consommation en eau, le 20 à 30% de l'eau consommée qui ne retourne pas directement à l'égout étant considéré comme une infiltration normale dans le réseau d'égout.

Saison	Population	Consommation gal/per/jour	Q moyen gal jour	Q maximum gal jour	Facteur pointe	Q minimum gal jour	Facteur pointe
ETE	500	85	42,500	89,000	2.1	14,000	0.3
HIVER							
semaine	200	20	4,000	9,600	2.4	1,600	0.4
fin semaine	400	85	34,000	81,500	2.4	13,000	0.4
moyenne			12,500				

Tableau 4: Estimation des débits des eaux usées pour conception de l'usine d'épuration.



Au point de vue des caractéristiques des eaux usées, les critères de calcul généralement acceptés sont de 0.17 lb de DBO_5 /pers/jour et de 0.20 lb de SS/pers/jour; ces caractéristiques des eaux usées sont typiques des eaux usées municipales et représentent des valeurs moyennes pour une population (hommes et femmes, adultes et enfants). Des études récentes ont démontré que la charge de DBO /pers/jour est fonction du poids de la personne et du degré d'activité physique de celle-ci durant la journée.

Comme la population du camp militaire de Farnham est composée presque exclusivement d'hommes et que l'activité physique y joue un rôle important, il est justifié de prévoir un apport de DBO et de solides en suspension (per capita) plus important que pour une population civile normale.

Les charges de DBO sont estimées à 0.20 lb/pers/jour pour les personnes résidentes et à 0.05 lb/pers/jour pour les personnes présentes au camp de 9:00 heures à 5:00 heures; de la même façon, les charges de solides en suspension sont évaluées à 0.24 et 0.06 lb/pers/jour respectivement.

	Population	DBO_5			solides en suspension		
		lbs/pers/jour	lbs/jour	mg/l	lbs/pers/jour	lbs/j	mg/l
ETE	500	0.20	100	235	0.24	120	280
HIVER							
semaine	200	0.05	10	250	0.06	12	300
fin semaine	400	0.15	80	235	0.24	96	280

Tableau 5: Estimation des charges de DBO_5 et de solides en suspension pour conception de l'usine d'épuration.

Les eaux de lavage du filtre à terre diatomée de la piscine sont actuellement déversées dans le ruisseau coulant à proximité; elles devront être envoyées à l'usine d'épuration afin d'empêcher la pollution de ce ruisseau.

Le garage du camp militaire procède à l'occasion à la vidange du contenu de vieilles batteries; normalement ces batteries contiennent de 1 à 1.5 gallons d'acide sulfurique et le contenu est déversé sur le sol à l'extérieur du garage; occasionnellement, le contenu d'une batterie peut être déversée à l'égout; le contenu d'un maximum de trois batteries est vidé dans une de ces journées; les huiles usées provenant du garage sont envoyées à la base de Saint-Hubert pour disposition ultérieure.

Il y aurait lieu de prévoir dans le garage un petit réservoir où le contenu des batteries serait versé pour y être neutralisé à la chaux avant d'être déversé à l'égout.

RESUME DES CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES POUR CONCEPTION DE L'USINE D'EPUTATION

Q maximum	=	89,000 gal/jour
Q moyen	=	42,500 gal/jour
Q minimum	=	1,600 gal/jour
DBO ₅ maximum	=	100 lbs/jour
DBO minimum	=	10 lbs/jour
SS maximum	=	120 lbs/jour
SS minimum	=	12 lbs/jour

CHAPITRE 4

CHOIX DU SITE DE L'USINE D'EPURATION ET ETUDE DE L'INTERCEPTEUR

4.1. Choix du site de l'usine d'épuration

Suite à une rencontre avec les dirigeants de la ville de Farnham, il a été établi que celle-ci se propose de construire une usine d'épuration de ses eaux usées dans un avenir rapproché: les plans de l'usine sont complétés et la ville est prête à procéder aux travaux aussitôt qu'elle en aura reçu la demande officielle des Services de Protection de l'Environnement et que le gouvernement provincial aura mis les fonds nécessaires à sa disposition.

Après enquête auprès des Services de Protection de l'Environnement du Québec, il appert que l'épuration des eaux du bassin versant de la rivière Yamaska constitue une priorité, mais aucune date précise ne peut être avancée quant à la construction de l'usine d'épuration de la ville de Farnham.

A la lumière des faits énoncés plus haut, il est évident qu'il y aurait avantage à ce que le Ministère de la Défense Nationale déverse les eaux usées du camp militaire de Farnham dans l'usine d'épuration de la ville de Farnham, après entente avec les autorités de celle-ci; ceci éviterait les frais d'opération et les problèmes d'entretien d'une petite usine d'épuration pour le camp.

Vu l'incertitude existant quant à la date de construction de l'usine d'épuration de la ville de Farnham, la présente étude analysera deux solutions possibles pour traiter les eaux usées du camp militaire.

Solution 1 Construction d'un intercepteur des eaux usées avec traitement des eaux à l'usine d'épuration de la ville de Farnham, advenant qu'une décision soit prise quant à la construction prochaine de celle-ci.

Solution 2 Construction d'un intercepteur et d'une usine d'épuration pour le camp militaire, avec possibilité de traiter les eaux usées à l'usine d'épuration de la ville lorsque celle-ci sera construite.



Le Ministère de la Défense Nationale a cédé à la ville une partie du terrain du camp militaire pour la construction de son usine d'épuration (voir plan) et la portion de terrain choisie par les ingénieurs-conseils de la ville pour la construction de l'usine d'épuration est montrée sur le plan inclus à la fin du rapport.

A la lumière des faits énoncés plus haut, il s'avère préférable de construire l'usine d'épuration du camp militaire aussi près que possible du site choisi par la ville de Farnham, et un vaste terrain non boisé semble convenir parfaitement à cette fin entre la rue Deslierres et le terrain cédé à la ville de Farnham.

Un autre site a été envisagé pour la construction de l'usine, soit le terrain de stationnement situé à l'extrémité ouest du boulevard Amiens, entre la rivière Yamaska et la rue Deslierres; ce site a été finalement rejeté à cause du peu de terrain disponible et dû au fait qu'aucune économie appréciable ne peut être faite en choisissant ce site (nécessité d'intercepter les eaux usées du garage et advenant un traitement des eaux usées par la ville de Farnham, nécessité d'une station de pompage et installation d'une conduite pour amener les eaux usées jusqu'à l'usine de Farnham).

Comme aucun autre site n'était disponible, le terrain situé entre la rue Deslierres et le terrain cédé à la ville a été retenu comme site de l'usine d'épuration et l'intercepteur amènera les eaux usées du camp à ce site.

4.2. Etude de l'intercepteur

Trois solutions ont été envisagées pour la construction d'un intercepteur:

- 1- Intercepteur le long de la rue Deslierres avec écoulement gravitaire jusqu'au site de l'usine.
- 2- Intercepteur le long de la rue Deslierres avec station de pompage située à l'extrémité de la ligne no. 2, vis-à-vis la salle des manoeuvres (drill hall); les eaux usées des lignes 1, 2 et 3 seraient pompées par une conduite sous pression jusqu'au site de l'usine, tandis que la ligne numéro 4 y serait amenée par gravité.
- 3- Intercepteur le long de l'avenue Hochwald avec écoulement gravitaire jusqu'au site de l'usine.

Une étude sommaire de chacune de ces solutions a permis de rejeter la solution numéro 2 à cause de la présence de la station de pompage située loin du site de l'usine d'épuration; vu la présence en quantité appréciable de sable dans le réseau d'égout actuel, la station de pompage requerrait un entretien suivi (les pompes étant sujettes à une détérioration rapide); un entretien plus efficace peut être prévu si la station de pompage est située à proximité de l'usine d'épuration; de plus, advenant la construction de l'usine de la ville de Farnham, il faudrait pomper les eaux usées jusqu'à celle-ci, alors que les deux autres solutions permettent un écoulement gravitaire jusqu'à la station de pompage des eaux usées de la ville de Farnham.

Les solutions 1 et 3 ont donc été conservées et étudiées plus à fond.

Une étude des vitesses d'écoulement a été entreprise et une pente minimum de 0.5% a été utilisée afin de minimiser les effets de la sédimentation dans les conduites. La formule de Manning a été employée pour calculer les vitesses d'écoulement dans des tuyaux de béton ($n=0.013$) et d'amiante-ciment ($n=0.011$) et pour des débits de 10,000 et 100,000 gallons par jour. Les résultats de l'étude sont présentés dans les tableaux suivants, où l'indice 0 se rapporte au tuyau coulant plein.

DIAM	Q ₀	Q	Q/Q ₀	V ₀	V/V ₀	V
(po)	(MGJ)	(gal/jour)		(pi/sec)		pi/sec)
10	0.862	100,000	0.12	2.85	0.64	1.82
	0.862	10,000	0.012	2.85	0.28	0.76
8	0.462	100,000	0.22	2.45	0.80	1.96
	0.462	10,000	0.022	2.45	0.35	0.85
6	0.213	100,000	0.47	2.01	0.97	1.95
	0.213	10,000	0.047	2.01	0.48	0.96

Tableau 6: Vitesses d'écoulement, tuyaux de béton, pente = 0.5%



DIAM	Q ₀	Q	Q/Q ₀	V ₀	V/V ₀	V
(po)	(MGJ)	(gal/jour)		(pi/sec)		(pi/sec)
10	0.970	100,000	0.10	3.40	0.60	2.04
		10,000	0.010	3.40	0.25	0.85
8	0.546	100,000	0.18	2.89	0.75	2.16
		10,000	0.018	2.89	0.35	1.01
6	0.252	100,000	0.40	2.38	0.94	2.23
		10,000	0.040	2.38	0.48	1.14

Tableau 7: Vitesses d'écoulement, tuyaux d'amiante-ciment, pente = 0.5%

Un tuyau d'amiante-ciment de 10 pouces de diamètre a alors été choisi pour la construction de l'intercepteur; avec une pente de 0.5%, ce tuyau a une capacité de 970,000 gallons par jour et le débit maximum des eaux usées du camp militaire n'est que de l'ordre de 100,000 gallons par jour, ce qui représente 10% de la capacité de l'égoût; le tuyau d'amiante-ciment permet des vitesses d'écoulement plus grandes que le tuyau de béton; au débit de pointe de la journée de pointe, la vitesse d'écoulement sera 2.7 pi/sec et à la pointe horaire d'une journée d'été, la vitesse sera de 2.0 pi/sec; une vitesse de 2.0 pi/sec est nécessaire pour prévenir la sédimentation dans le réseau d'égoût; il y aura donc une certaine sédimentation dans le collecteur en dehors des heures de pointe en été, mais il y aura lavage de la conduite lors des heures de pointe; en hiver, il y aura sédimentation durant la semaine et lavage de la conduite durant les pointes de débit de la fin de semaine.

Le tuyau d'amiante-ciment de 10 pouces de diamètre a été préféré aux tuyaux de 6 et 8 pouces pour la construction du collecteur à cause de la facilité de nettoyage, de sa plus grande capacité et aussi dû au fait que les tuyaux de 6 et 8 pouces ne donnent pas des vitesses tellement plus élevées que le tuyau de 10 pouces.

Pour les collecteurs secondaires, le tuyau d'amiante-ciment de 8 pouces de diamètre est utilisé.

Un relevé d'arpentage a ensuite été fait le long de la rue Deslieries et le long de l'avenue Hochwald afin d'établir le profil de l'intercepteur pour chacune des solutions étudiées; lors de ce relevé, le seul problème rencontré pouvant nuire à la construction d'un intercepteur est le ruisseau qui coule entre la salle de manoeuvres et la piscine.

Le profil de chaque intercepteur a ensuite été établi et pour chacun de ceux-ci; il s'est avéré qu'il était possible de traverser le ruisseau en passant au-dessus du ponceau permettant de franchir le ruisseau. Une étude économique préliminaire a alors révélé que le collecteur longeant la rue Deslieries coûterait \$100,000 alors que celui longeant l'avenue Hochwald coûterait \$110,000.

Le collecteur longeant la rue Deslieries amène ses eaux usées à l'usine d'épuration en utilisant chacune des conduites 1, 2 et 3 du réseau d'égouts existant; au début du collecteur, ce tuyau est à une profondeur de 6.0 pieds sous le sol, alors qu'à la station de pompage de l'usine d'épuration, il est à une profondeur de 22 pieds.

Le collecteur longeant l'avenue Hochwald est sensiblement plus long (2530 pieds contre 1890 pieds pour celui de la rue Deslieries), mais n'utilise aucunement les lignes numéro 1 et 2 existantes et n'utilise qu'une partie de la ligne numéro 3. Le début du collecteur est à 5.0 pieds sous le niveau du sol et celui-ci arrive à l'usine d'épuration à une profondeur de 16 pieds. Le collecteur Hochwald permet de capter les eaux usées du bâtiment d'entrepôt situé sur l'avenue Hochwald et élimine ainsi une fosse septique.

En examinant attentivement chacun des tracés possibles pour l'intercepteur, le tracé longeant l'avenue Hochwald apparaît plus avantageux pour les raisons suivantes:

- Le \$10,000 de différence dans le coût de construction, en faveur du tracé Deslieries, devra être partiellement investi dans la construction d'une station de pompage plus profonde (6 pieds) à l'usine d'épuration.
- Le tracé de l'avenue Hochwald passe au centre du camp militaire, ce qui rend moins coûteux les raccordements futurs à l'intercepteur.

- Le tracé de l'avenue Hochwald n'utilise qu'une partie du réseau d'égout actuel, ce qui est un avantage, considérant l'état de celui-ci.
- Advenant la construction de l'usine d'épuration de la ville de Farnham, il en coûterait plus cher de raccorder par gravité l'intercepteur Deslieries que l'intercepteur Hochwald, à cause de la plus grande profondeur du premier.

Pour les raisons énumérées plus haut, le tracé de l'intercepteur longeant l'avenue Hochwald a été retenu.

Après examen du plan de l'intercepteur, il apparaît qu'une fois cet intercepteur construit, la majeure partie du réseau d'égout aura été refaite; la construction d'environ 1000 pieds additionnels d'égout permettrait, pour un déboursé additionnel d'environ \$10,000, d'avoir un réseau d'égout complètement neuf. Vu l'état du réseau d'égouts actuel, il est préférable de refaire le réseau en entier, ce qui éviterait des coûts d'entretien plus élevés pour le réseau d'égouts et éliminerait du même coup la nécessité de construire un dessableur à l'usine d'épuration, de même que les coûts d'opération et d'entretien que cela entraîne.

CHAPITRE 5

ETUDE DES TRAITEMENTS DES EAUX USEES

5.1. Introduction

Les buts du présent chapitre sont d'étudier et de comparer les différentes techniques possibles applicables à l'épuration des eaux usées d'une petite communauté telle que la base militaire de Farnham.

L'étude de chaque possibilité de traitement comprend la description du ou des procédés proposés, les avantages, les désavantages et les problèmes rencontrés en rapport avec la base de Farnham, de même que les paramètres de conception et le type d'équipement employé.

5.2. Evaluation comparative des traitements

Une étude comparative de six solutions possibles a été entreprise pour déterminer le genre de traitement qui s'avère le plus économique tant du point de vue de construction que de l'exploitation.

Le traitement choisi doit aussi répondre à d'autres exigences dont celles-ci:

- Flexibilité d'opération à l'égard de grandes variations de débit et de charge organique. Ainsi, le débit peut varier en hiver d'un point bas de 1,600 gal/jour à un point haut de 89,000 gal/jour en fin de semaine.
- Excellente efficacité de traitement. Le traitement doit pouvoir enlever 90% de la DBO_5 et l'effluent de l'usine d'épuration ne doit pas contenir plus de 20 mg/l DBO_5 et de 25 mg/l de solides en suspension suivant les normes d'Environnement Canada.
- Simplicité de conception, d'opération et d'entretien. Le système qui demande une attention minimale et qui ne requiert pas la présence continue d'opérateurs est attrayant. Le système doit aussi opérer avec le minimum d'analyses en laboratoire et de prises d'échantillon. En choisissant un procédé, on doit aussi s'assurer de la disponibilité des pièces de rechange pour maintenir le système en marche tout le temps ou le moins souvent possible arrêté.

Six hypothèses de traitement ont été examinées:

- étang d'oxydation
- étangs aérés
- aération prolongée
- boues activées à mélange complet
- disques biologiques
- traitement physico-chimique

Le procédé de stabilisation par contact a aussi été envisagé comme traitement possible. Mais comme il est prévu de fortes variations de charges et de débit (1 à 10), ce procédé serait difficile à opérer convenablement d'une part, et d'autre part le degré de traitement requis ne serait pas obtenu vu la réduction considérable du temps de retention dans le bassin d'aération. Ce procédé est surtout utilisé pour des installations d'envergure moyenne où la charge organique et le débit des eaux usées à traiter sont relativement constants.

Le procédé conventionnel de boues activées avec décantation primaire est très rarement employé dans les petites installations. Une variété de traitements modifiés ont été développés au cours des dernières années. Ceux-ci opèrent sans décantation primaire, à faible charge de DBO, avec des temps d'aération relativement longs pour stabiliser les boues. Cette pratique diminue les problèmes d'odeur, entraîne une réduction de la quantité de boues à disposer et permet de faire une économie importante sur les coûts d'équipement et les coûts d'opération et d'entretien.

5.3. Etang d'oxydation

L'utilisation des étangs d'oxydation est devenue un mode de traitement biologique classique dans les régions où le terrain est bon marché. On classe les étangs d'oxydation selon la présence ou l'absence d'oxygène dissous dans les eaux du bassin. Trois types d'étang peuvent être définis.

5.3.1 Description des procédés

a) Etang aérobie

C'est l'épuration naturelle des eaux usées dans des étangs peu profonds où la lumière peut pénétrer jusqu'au fond du bassin, où les algues se développent, fournissant ainsi par photosynthèse l'oxygène nécessaire aux organismes bactériens hétérotrophes qui vont détruire et consommer la pollution organique.

b) Etang anaérobie

Une profondeur de 8 à 12 pieds est généralement adoptée pour ce genre d'étang. Celui-ci opère obligatoirement sans oxygène dissous. L'anaérobisme est maintenu par une forte charge organique et la turbidité de l'eau est généralement un obstacle au développement des algues.

c) Etang facultatif aérobie-anaérobie

Sous une charge organique normale (de l'ordre de 20 lb/DBO/acre/jour), un étang de 2 à 5 pieds de profondeur liquide est désigné comme facultatif. C'est généralement ce type d'étang que l'on rencontre dans nos régions tempérées où, durant la saison d'hiver, une épaisse couche de glace recouvre la surface des nappes d'eau.

En principe l'étang d'oxydation facultatif est une combinaison des deux autres types d'étangs. La couche supérieure de l'étang travaille dans une ambiance d'oxygène tandis que la couche de fond suit le processus d'anaérobisme.

C'est ce procédé qui a été considéré dans le cas à l'étude comme une des six hypothèses de traitement.

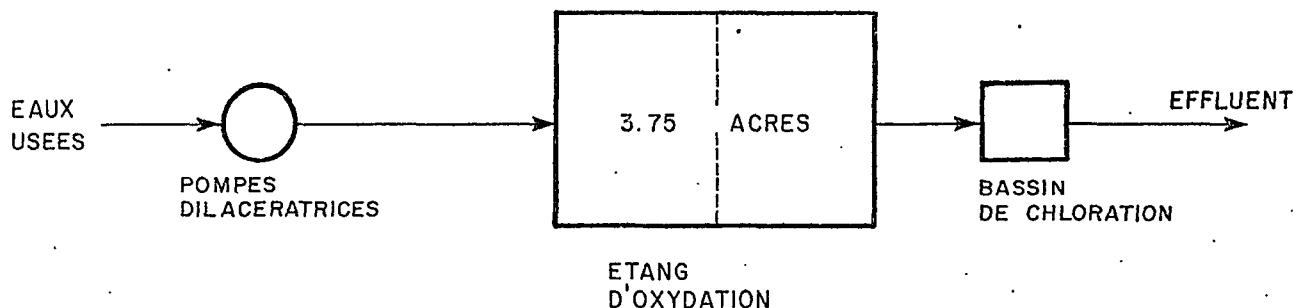


Figure 1: Schéma d'écoulement, étang d'oxydation aérobie-anaérobie

5.3.2 Critères de design

Les critères de design utilisés pour le calcul des étangs facultatifs sont surtout basés sur l'expérience. Au Québec, la norme acceptée se situe à 20 lbs de DBO_5 / acre/jour, ce qui correspond à un barème de 100 personnes à l'acre, la profondeur liquide de l'étang pouvant varier de 3 à 5 pieds.

Cette pratique considère que durant les saisons favorables, l'étang opère à une profondeur de 3 pieds. Les deux pieds supplémentaires sont disponibles pour une accumulation en période d'hiver alors que l'efficacité du traitement baisse considérablement. On estime normalement une réduction de DBO_5 , de l'ordre de 30% en hiver.

Il faut savoir qu'aux environs de 32°F la décomposition anaérobie est pratiquement arrêtée et que, par conséquent, les boues et la matière organique s'accumulent au fond de l'étang jusqu'à ce qu'une température propice permette l'action bactériologique anaérobie. C'est cette accumulation de solides qui occasionne au printemps une période plus ou moins longue de décomposition anaérobie qui crée des problèmes d'odeurs causés par le dégagement de gaz sulphydrique et de méthane.

5.3.3 Rendement de l'étang facultatif

L'étang d'oxydation facultatif constitue la méthode de traitement la plus courante lorsqu'on dispose de grandes superficies de terrain et qu'une excellente qualité d'effluent n'est pas exigée en permanence, puisque l'efficacité de traitement varie avec les saisons et la température. Dans des conditions climatiques favorables, une réduction moyenne de 90% de la DBO_5 , 80% des solides en suspension et de 90% de bactéries coliformes peut être obtenue. Cependant, en été, l'évacuation d'algues augmente la quantité de solides en suspension dans l'effluent. L'enlèvement des phosphates est favorable en mai et en juin.

5.3.4 Avantages

L'étang d'oxydation facultatif comporte les avantages suivants:

- Flexibilité à l'égard de grandes variations de débit ou de charges organiques.
- Simplicité de conception, d'opération et d'entretien.
- Aucune consommation d'énergie.
- Aucune manipulation de boue et aucun équipement de traitement requis.
- Des travaux en cours semblent démontrer que la croissance virale soit complètement mise en échec par ce mode de traitement.

5.3.5 Désavantages

Cette solution comporte les désavantages suivants:

- La superficie requise est environ 4 à 5 fois plus grande que celle d'un étang aéré. Elle dépasse les limites du terrain disponible du site proposé.
- Ce procédé n'offre pas la même garantie de traitement en hiver qu'en été; elle est très inférieure à celle qui est exigée en permanence (30% DBO_5 VS 90%).
- Le fonctionnement de l'étang d'oxydation est mal réglable; il faut contrôler le niveau des eaux pour maintenir au minimum le développement des mauvaises herbes et la croissance des insectes.
- L'entretien des bermes sujettes à l'érosion causée par le vent et les vagues est à surveiller.
- L'étang d'oxydation doit être situé suffisamment loin de toute habitation pour éviter les nuisances créées par le dégagement d'odeurs. L'intensité des odeurs est la plus forte au printemps lors de la fonte des glaces.

Il faut donc chercher une source d'oxygène (les algues produisant l'oxygène par photosynthèse) moins sensible, plus constante et un remède aux mauvaises odeurs, d'où la conception d'un étang aéré.

5.4. Etang aéré

5.4.1 Description du procédé

Un étang aéré est généralement défini comme un bassin de 5 à 15 pieds de profondeur dans lequel l'oxygène est appliqué artificiellement, soit par insufflation d'air ou brassage au moyen d'aérateurs mécaniques de surface. Il existe deux types d'étangs aérés bien définis: l'étang aérobie et l'étang aérobie-anaérobie, suivant l'intensité de l'aération.

a) Etang aérobie

L'étang aérobie est conçu pour opérer avec suffisamment d'énergie pour maintenir tous les solides en suspension.

Il est analogue à un système de boues activées à aération prolongée sans recyclage des boues. Il est beaucoup plus sensible aux variations de température qu'un système de boues activées parce qu'il n'y a pas de recyclage des boues. Il faut environ 100 HP/MG de bassin d'aération pour un brassage adéquat ou de 20 à 30 pi. cu. d'air/min/1000 pi. cu. de bassin d'aération pour un système d'aération à diffusion d'air.

b) Etang aérobie-anaérobie

L'étang aérobie-anaérobie est conçu pour opérer avec un taux de turbulence adéquat pour maintenir une concentration uniforme d'oxygène dissous dans l'étang au niveau désiré (2 mg/l O.D.). Dans ce cas, les solides ne sont pas maintenus en suspension mais décantent au fond du bassin où ils sont décomposés anaérobiquement. Les solides qui sont entraînés dans l'effluent décantent dans un deuxième étang moins intensément aéré où une zone de clarification suffisamment grande est prévue pour donner un effluent fortement clarifié n'ayant pas plus de 25 mg/l SS. La consommation d'énergie dans un étang aérobie-anaérobie est de l'ordre de 15-20 HP/MG de bassin d'aération pour des aérateurs mécaniques pour fins de comparaison avec celle d'un étang aérobie. Cette demande d'énergie doit toujours être vérifiée pour être capable de transférer tout l'oxygène requis. Le transfert d'oxygène peut se faire, soit à l'aide d'aérateurs de surface ou par insufflation d'air sous pression par tubes hydrauliques ou par diffusion d'air.

L'étang aérobie-anaérobie est employé de préférence à l'étang aérobie puisqu'il permet d'obtenir un bon rendement avec une consommation d'énergie beaucoup plus faible. Ce procédé a été envisagé comme une solution au traitement des eaux usées de la base militaire de Farnham.

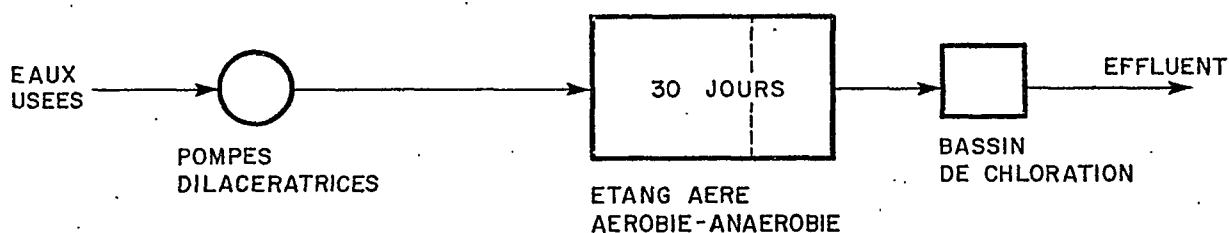


Figure 2: Schéma d'écoulement, étang aéré aérobie-anaérobie

5.4.2 Critères de design

Les normes ou directives émises par les Services de Protection de l'Environnement du Québec concernant les étangs aérés sont les suivantes:

Normes pour les étangs aérés		
temps de retention (jours)	28	28
profondeur liquide (pieds)	5	10
charge organique (lb DBO/acre/jour)	100	200
volume d'air requis (pi ³ /lb DBO)	900	720

Tableau 8: Normes de conception d'un étang aéré

De plus, les étangs aérés doivent être situés à 1000 pieds de toute habitation, pour prévenir les nuisances que pourrait créer le dégagement d'odeurs.

5.4.3 Rendement

Dans un étang aérobic-anaérobic, le degré d'enlèvement de la DBO est fonction du temps de rétention, de la concentration de la liqueur-mixte, de la température et de la nature des eaux à traiter. Eckenfelder * a formulé le degré de réduction de la DBO₅ comme suit:

$$E = \frac{K_T t}{1 + K_T t}$$

ou E = rendement ou le degré de réduction de la DBO₅
 K = coefficient de stabilisation de l'effluent dans le bassin, exprimé en 1/jour, à la température T en °C
 t = temps de séjour de l'effluent dans le bassin exprimé en jours.

Le coefficient de stabilisation K est lui-même fonction de la température et peut être représenté par:

$$K_T = K_{20} \times \theta^{(T-20)}$$

où K₂₀ = coefficient de stabilisation à 20°C
 K_T = coefficient de stabilisation à une température donnée
 T = température moyenne du bassin, en °C
 θ = constante.

Suivant la littérature, les valeurs de K₂₀ varient de 0.5 à 1.0 pour des eaux domestiques. Quant à la valeur de la constante θ, elle varie de 1.035 à 1.074. Si on prend une valeur de K₂₀ égale à 0.7 et de θ égale à 1.035, alors

$$K_T = 0.7 \times 1.035^{(T-20)}$$

Les rendements de l'étang aéré à des températures différentes sont présentés en annexe de ce rapport.

* Ref: Eckenfelder, Jr, W. Wesley; l'eau dans l'industrie, entreprise moderne d'édition, technique et documentation, Paris 1972.

5.4.4 Avantages

La solution des étangs aérés pour le traitement complet des eaux usées de la base militaire de Farnham comporte les avantages suivants:

- La nature du sol et la superficie de terrain disponible au site projeté de la future usine d'épuration se prête bien à la construction d'étangs aérés.
- Ce procédé offre la même garantie de traitement en hiver qu'en été (voir annexe) vu que le débit moyen des eaux à traiter en hiver est trois fois plus faible qu'en été et que le temps de séjour dans les étangs se trouve augmenté d'autant.
- Le système d'aération par insufflation d'air sous pression dans des tubes hydrauliques est facile à installer et requiert très peu d'entretien soit: l'entretien des surpresseurs et des moteurs, une inspection régulière et une lubrification de la mécanique quelques fois par année.
- L'effet de la température sur le rendement des étangs aérés est beaucoup moins prononcé que sur celui des étangs d'oxydation. Parce qu'une fois le couvert de glace formé sur les trois-quarts de l'étang aéré, il s'établit un équilibre thermique dû à la circulation de l'eau et l'isolation par la glace et la neige qui empêche l'épaississement du couvert de glace. A ce moment, la température moyenne de l'eau dans l'étang se situe entre 35 et 40°F et le niveau d'oxygène dissous est maintenu de façon uniforme dans le bassin assurant le degré de traitement requis. La formation de glace sur les étangs en hiver n'affectera pas le système d'aération, celui-ci étant submergé.
- Les étangs aérés offrent la flexibilité d'opération nécessaire à l'égard des grandes variations de débit et de charge organique prévues.
- Ils présentent simplicité de conception, d'opération et d'entretien.
- Il n'y a aucune manipulation de boues et aucun équipement de traitement des boues n'est requis parce que leur temps de séjour est suffisamment long pour les oxyder et les stabiliser. A la longue, il pourrait se former une accumulation de solides de 3 à 4 pouces au fond des étangs sur une période de 10 ans.

Les étangs aérés offrent enfin l'avantage d'être moins coûteux et moins dispendieux que les procédés d'aération prolongée compacts et ils requièrent beaucoup moins d'espace que l'étang d'oxydation conventionnel.

5.4.5 Désavantages

- La resolubilisation des dépôts de boues au printemps peut causer des problèmes d'odeur.
- Pour stabiliser les pentes soumises à l'érosion et pour imperméabiliser le fond des étangs, il peut être nécessaire d'appliquer certains produits comme la bentonite, ce qui peut contribuer à augmenter les coûts de construction.
- Lorsque le temps de rétention dans l'étang de polissage est trop long, il peut y avoir formation d'algues, ce qui entraîne une augmentation des concentrations de solides en suspension et de DBO dans l'effluent pris à la surface de l'étang.

5.5 Aération prolongée

La technique de l'aération prolongée est très employée, en particulier pour les petites installations, du fait de sa simplicité et du peu de main-d'oeuvre qu'elle nécessite. Pour ce genre d'application, un ensemble compact pré-fabriquée de tout l'équipement nécessaire au traitement pouvant être facilement installé et érigé sur le site de l'usine d'épuration est souvent employé.

5.5.1 Description du procédé

Dans le procédé d'aération prolongée, le temps de rétention ou le volume de bassin nécessaires sont ceux exigés pour oxyder toutes les boues dégradables produites par synthèse dans le système. La boue activée de ce système à faible charge est constituée essentiellement par des boues bien flocculées et lourdes qui décantent très bien. Toutefois, une partie de cette boue suroxydée se présente sous forme d'un floc très léger et très fin, qui décante difficilement; en conséquence, il faut prévoir des décanteurs assez importants, pour ne pas avoir dans l'effluent une concentration trop importante de matières en suspension.

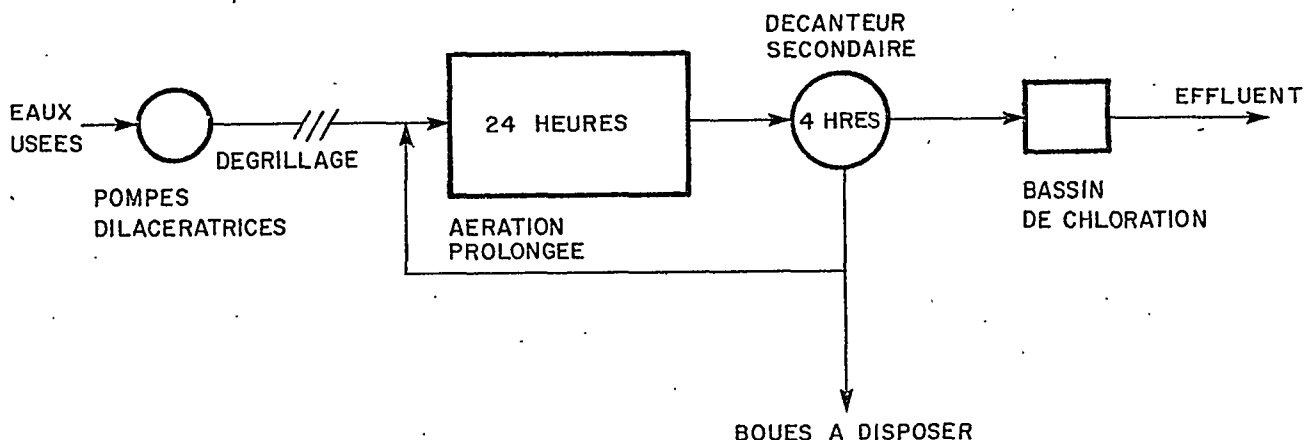


Figure 3: Schéma d'écoulement, aération prolongée.

5.5.2 Critères de design

L'aération prolongée s'effectue sans décantation primaire après un dégrillage soigné. L'installation comporte un bassin d'aération calculé sur un temps de retention de 24 heures au débit moyen de design et sur une base de 10 à 25 lb DBO/jour/1000 pi³, suivi d'un décanteur secondaire largement dimensionné sur une vitesse ascensionnelle de 300 gal US/jour/pi² et pour un temps de retention de 4 heures. Le taux de recirculation des boues est de l'ordre de 50% à 150% du débit de design. La quantité d'oxygène requise est environ 1.8 lb O₂/lb DBO appliquée à la température ambiante. La quantité de boue produite est de 0.15 lb boue/lb DBO enlevée. Les boues extraites du décanteur secondaire sont ensuite emmagasinées dans un bassin.

5.5.3 Rendement

Un rendement de 90% d'enlèvement de la DBO₅ peut être obtenu si un contrôle adéquat sur la production de boues est exercé et si le sous-tirage de ces boues du décanteur secondaire se fait à intervalles appropriées dans le but de produire un effluent suffisamment clarifié pour rencontrer les normes exigées.

L'efficacité du procédé n'est pratiquement pas affecté aux basses températures.

5.5.4 Avantages

La solution de l'aération prolongée comporte les avantages suivants:

- Les boues produites sont fortement minéralisées et peuvent être épandues directement sur le sol ou la pelouse sans risque d'odeur ni de fermentation parasite.
- L'exploitation d'un tel procédé est très simplifiée et l'on opère dans le même bassin l'épuration proprement dite et la stabilisation des boues produites, donc aucun digesteur aérobie n'est requis.
- L'implantation de cette usine requiert beaucoup moins de superficie que l'étang aéré.

5.5.5 Désavantages

Cette solution comporte les désavantages suivants:

- Ce procédé n'offre pas la flexibilité requise à l'égard des fortes variations saisonnières de débit et de charge organique prévues.
- Ce procédé consomme relativement plus d'énergie que les autres systèmes; la quantité d'air requise est de l'ordre de 2500 pi.cu. d'air/lb DBO enlevée.
- Il est nécessaire de vidanger les boues du décanteur secondaire lorsque la concentration de matières solides dans la liqueur-mixte dépasse la limite permise (8000 mg/l) de façon à ne pas détériorer la qualité de l'effluent.

5.6 Boues activées à mélange complet

A partir d'une certaine masse de pollution à éliminer, on peut avoir intérêt à séparer l'épuration de l'eau proprement dite et la minéralisation des boues produites. On fait alors un traitement par boues activées à moyenne charge et une digestion séparée des boues.

5.6.1 Description du procédé

Le procédé consiste essentiellement à induire un mélange homogène au sein du bassin d'aération de façon à maintenir une concentration uniforme des matières solides en suspension. L'oxygénation est effectuée par voie mécanique (aérateurs de surface ou turbines submergées) ou par insufflation d'air sous pression.

La charge organique et la demande d'oxygène sont réparties de façon uniforme d'un bout à l'autre du bassin. Ce système a l'avantage d'amortir et de minimiser les creux et les crêtes de concentrations et d'égaliser les variations des eaux usées à traiter.

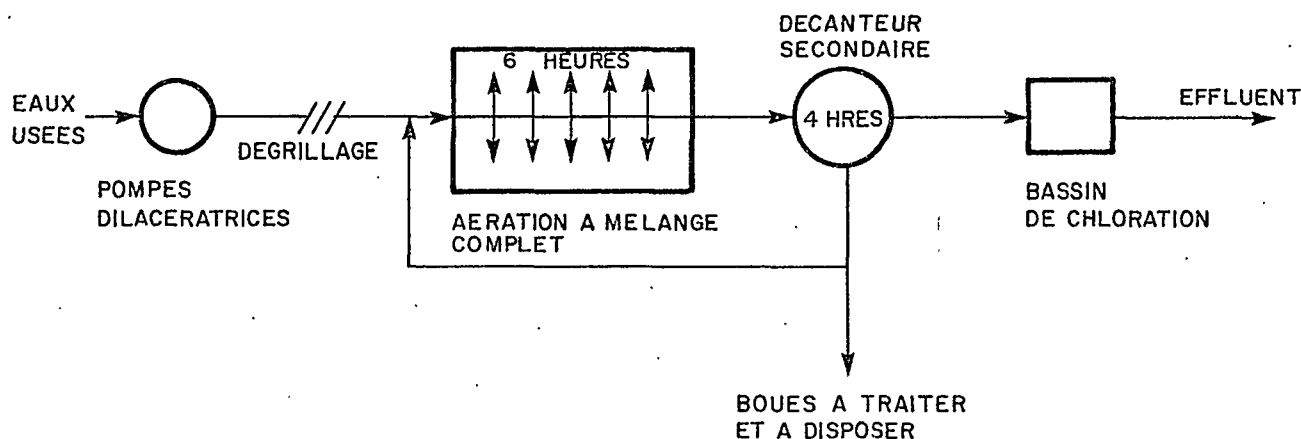


Figure 4: Schéma d'écoulement, boues activées à mélange complet.

5.6.2 Critères de design

La décantation primaire n'est pas requise. L'installation comporte un bassin d'aération dont le niveau d'oxygène dissous est de 2 mg/l calculé sur un temps de retention de 6 heures au débit moyen de design et sur une base de 50 lbs DBO/jour/1000 pi³, suivi d'un décanteur secondaire dimensionné pour un temps de retention de 4 heures et pour une vitesse ascensionnelle de 300 gal U.S./pi²/jour basés sur le débit moyen de design. Le taux de recirculation des boues peut varier de 25 à 100% du débit moyen de design. Les boues décantées sont ensuite pompées vers un digesteur aérobic. Une fois digérées, elles peuvent être épandues sur des lits de séchage.

5.6.3 Rendement

En général, un rendement de 90% d'enlèvement de la DBO₅ peut être obtenu. La nécessité primordiale pour une opération efficace consiste en une décantation et un tassement rapide des boues. Cela signifie que la charge massique doit se situer entre les limites du phénomène de floculation et en dessous de la valeur conduisant au développement d'organismes filamenteux. Le rendement est peu affecté par les basses températures vu le temps de retention relativement court.

5.6.4 Avantages

- Coûts de construction beaucoup moins élevés que ceux des autres systèmes.
- Peu d'espace requis.

5.6.5 Désavantages

Le système de boues activées à mélange complet comporte plusieurs désavantages:

- Les fortes fluctuations de charge organique et de débits prévues auront tôt fait de déséquilibrer le procédé d'épuration.

- Des analyses qualitatives et quantitatives sont nécessaires, de même que la surveillance et le contrôle de l'opération du décanteur secondaire et du taux de recyclage des boues pour éviter les risques de "bulking" et de la croissance des bactéries filamenteuses ainsi que les risques d'entraînement de floc bactérien au déversoir du décanteur.
- Le système produit des boues en excès qu'il faut évacuer, traiter et disposer économiquement.
- Sur ce genre d'installation, une équipe à plein temps est généralement requise pour s'en occuper.

5.7 Disques biologiques

Récemment, des matériaux synthétiques ont été développés et utilisés dans le traitement des eaux usées suivant le principe du lit bactérien. Le procédé des disques biologiques semble bien adapté au traitement des eaux usées des petites communautés à cause des nombreux avantages qu'il présente.

5.7.1 Description du procédé

La surface de fixation pour le film biologique comporte des disques en polyuréthane de 10 pieds de diamètre. Ces disques sont montés à $\frac{1}{4}$ de pouces d'intervalle sur un axe horizontal. L'élément ainsi formé est suspendu dans un bac semi-cylindrique, dans lequel on fait circuler l'eau résiduaire à épurer. Un petit moteur fait tourner l'ensemble des disques. Le film biologique qui se fixe sur les disques entre en contact intime avec l'eau résiduaire à traiter lorsqu'il s'immerge dans celle-ci. Pendant le temps où la partie opposée des disques se trouve hors de l'eau résiduaire, le film biologique a amplement la possibilité de satisfaire ses besoins en oxygène.

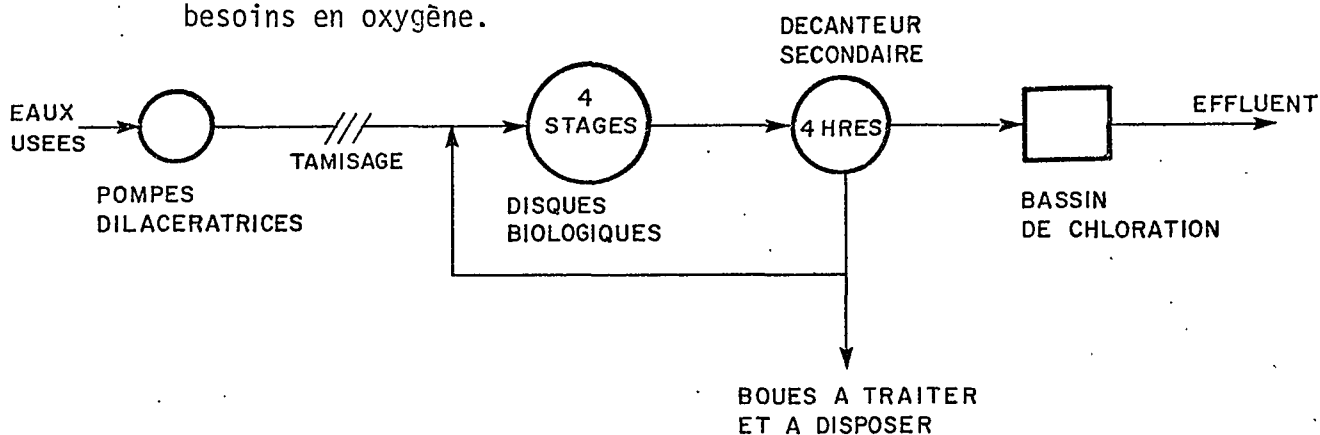


Figure 5: Schéma d'écoulement, disques biologiques

5.7.2 Critères de design

Les disques biologiques doivent être précédés d'un traitement primaire afin d'enlever les plus grosses particules en suspension; Le système comporte 4 stages (4 bacs avec agrégats de disques). La charge hydraulique moyenne est de 2 gal/pi²/jour au débit moyen de design. Le décanteur secondaire est dimensionné pour une vitesse ascensionnelle de 300 gal U.S./pi²/j. ce qui correspond à un temps de retention de 4 heures au débit moyen. Le système requiert un bassin de régularisation des eaux pour ne pas déséquilibrer le processus d'épuration lorsque le débit varie considérablement. Les boues en excès sont ensuite pompées vers un digesteur aérobie et devront ensuite être épandues sur des lits de séchage.

5.7.3 Rendement

L'opération des filtres biologiques est affectée considérablement par l'abaissement de la température en hiver, mais on peut parer à cet inconvénient en recouvrant les filtres. En temps normal, une réduction de 90% de la DBO₅ peut être obtenue si la température est maintenue au-dessus de 55°F.

5.7.4 Avantages

Les disques biologiques présentent les avantages suivants:

- Ils ne nécessitent que peu d'entretien (graissage, changement d'huile).
- Ils fonctionnent pratiquement sans perte de charge.
- Le temps de retention est relativement court.
- Ils peuvent accepter pendant un temps limité de fortes variations de débit (aucun problème lors des pointes horaires de débit).

5.7.5 Désavantages

- Chaque unité doit être couverte d'un toit semi-circulaire de fibre de verre, convenablement isolé de polyuréthane pour minimiser les pertes de chaleur et pour augmenter l'efficacité de traitement en hiver.

- Le système produit des boues en excès et requiert un système de traitement des boues supplémentaires: digestion aérobie et épandage sur des lits de séchage.
- Lors des débits de pointe des fins de semaine en hiver, le système requiert un bassin de régularisation de débit et de la concentration de charge organique pour ne pas déséquilibrer le processus d'épuration et laver la surface filtrante.

5.8. Traitement physico-chimique

Il est de plus en plus question de traitement physico-chimique des eaux usées. Cette solution a donc été envisagée pour le cas à l'étude.

La chaîne de traitements employés pourrait se comparer à celle d'une usine de traitement d'eau potable dont l'eau brute à traiter est de très mauvaise qualité.

5.8.1 Description des procédés

La suppression des solides en suspension, des phosphates, des huiles et des graisses et des autres impuretés coagulables se fait par coagulation-floculation à l'alun, puis est suivie d'une décantation par tubes inclinés à deux stages et d'une filtration multicouche. La suppression des matières organiques se fait par adsorption sur charbon activé en poudre ajouté au bassin de mélange rapide en tête du bassin de floculation. Les phases de coagulation, décantation, filtration et adsorption peuvent être intégrées dans un groupe compact. Cette unité compacte requiert encore des structures additionnelles de béton: un bassin collecteur des eaux brutes, un bassin d'eau de lavage des filtres, un bassin collecteur des eaux de lavage des filtres et un bassin d'accumulation des boues.

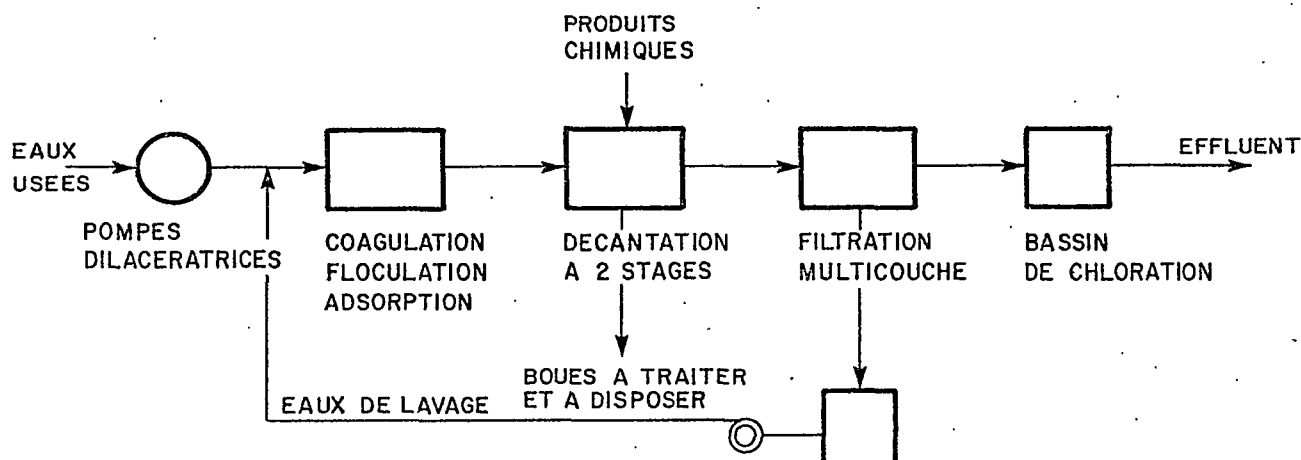


Figure 6: Schéma d'écoulement, traitement physico-chimique.

5.8.2. Rendement

Ce procédé est considéré comme un traitement tertiaire parce qu'il permet l'élimination des polluants non-enlevés par les procédés biologiques classiques (boues activées, disques biologiques, étangs aérés). Ce procédé permet l'enlèvement de 85 - 95% de DBO_5 , de S.S., et permet la réduction des phosphates à 1 mg/l en P. Il permet aussi de précipiter les métaux lourds et n'est pas affecté par les substances toxiques. Le rendement n'est pas affecté par l'abaissement de la température.

5.8.3 Avantages

Les avantages de ce procédé sont multiples

- Ce procédé permet d'obtenir un effluent de qualité supérieure lorsqu'il est opéré de façon adéquate.
- Le rendement n'est pas affecté par les variations importantes de débit et de charge polluante en autant que les dosages de produits chimiques sont ajustés en conséquence et que le système est opéré par un technicien compétent et qualifié.
- Ce procédé permet l'enlèvement des éléments nutritifs comme le phosphore.
- Ce procédé ne requiert pas beaucoup de superficie.
- Il offre beaucoup de flexibilité de conception et d'opération; de plus il donne un haut rendement dès la mise en marche de l'usine d'épuration contrairement au traitement biologique.

5.8.4. Désavantages

Les désavantages de ce procédé sont les suivants:

- L'utilisation de produits chimiques, tels que l'alun et le charbon activé en poudre contribue à grossir considérablement les coûts annuels d'opération et à augmenter le volume et la quantité de boues à traiter et à disposer.
- Ce procédé requiert l'apport supplémentaire d'un équipement de traitement de boues et de séchage.
- En considérant ce procédé, il faut s'assurer de la proximité de la source d'approvisionnement des produits chimiques, des facilités d'entreposage, et de la disponibilité des pièces de rechange d'équipement.
- Ce procédé n'est pas simple à opérer et requiert la présence d'un personnel qualifié pour la surveillance, le contrôle et l'entretien.
- L'utilisation de colonnes de charbon activé granulaire avec régénération de celui-ci dans un four n'est pas un procédé économique pour une petite usine.

5.9. Traitement et disposition des boues

Comme il a été mentionné précédemment dans ce chapitre, les boues en excès produites par les systèmes suivants:

- boues activées à mélange complet;
- disques biologiques;
- physico-chimique;

doivent être traitées et disposées adéquatement. Ces boues sont généralement digérées pour en retirer les bénéfices suivants:

- 1) réduction de 40-45% des matières solides volatiles
- 2) production d'un humus inodore, biologiquement stable, dont on peut disposer facilement et qui a des propriétés fertilisantes
- 3) production d'une boue ayant une bonne filtrabilité et une décantabilité accrue.

Dans les petites installations, la digestion aérobie est préférée à la digestion anaérobie pour sa simplicité d'opération et d'entretien et ses coûts de construction plus bas. Le seul inconvénient de la digestion aérobie est la consommation continue d'énergie pour aérer les boues et maintenir les solides en suspension.

Le temps de retention est de l'ordre de 16-18 jours et l'énergie requise pour l'aération mécanique est de l'ordre de 0.5-1.0 HP/1000 pi³ ou 20-30 pi. cu. d'air/1000 pi³ pour la diffusion d'air.

Les boues digérées sont ensuite pompées vers les lits de séchage; cette méthode est couramment utilisée pour ce genre d'application, étant donné les coûts prohibitifs d'équipement, d'exploitation et d'entretien des centrifugeuses ou des filtres à vide.

La superficie requise pour la construction des lits de séchage est de 2-3 pi²/personne et le taux de solides appliqué peut varier de 10-25 lb/pi²/an. Le rendement peut être amélioré par l'addition de polyélectrolytes. Les boues séchées (45-80% d'humidité) peuvent être utilisées comme fertilisant ou envoyées à l'enfouissement sanitaire.

Les boues liquides produites par le système d'aération prolongée sont déjà stabilisées et peuvent être épandues directement sur le sol ou la pelouse, ou pompées vers les lits de séchage.

5.10 Désinfection de l'effluent

Même après un traitement biologique ou physico-chimique des eaux usées, il est encore nécessaire de désinfecter l'effluent de l'usine d'épuration pour détruire les bactéries putrides et les germes pathogènes pouvant transmettre des maladies infectieuses par l'eau. C'est principalement en période d'étiage d'un cours d'eau, lorsque le taux de dilution est faible, que la désinfection de l'effluent prend toute son importance. Suivant les normes d'environnement Canada, l'effluent de l'usine d'épuration du camp militaire de Farnham sera désinfecté avant déversement dans la rivière Yamaska et devra dénombrer moins de 400 coliformes fécaux par 100 ml.

5.10.1 Choix du désinfectant

Les réactifs les plus généralement utilisés pour la désinfection des eaux usées sont depuis fort longtemps le chlore et ses composés. Mais, en raison de leurs inconvénients organoleptiques évidents et de la complexité croissante des modalités de leur emploi ainsi que des interférences qui se produisent avec d'autres corps présents dans les eaux usées traitées, l'ozonation prend une place de plus en plus importante. L'ozone a d'autre part, l'avantage, beaucoup plus que tous les autres réactifs oxydants, de permettre des actions complémentaires dans la destruction d'un grand nombre de micropolluants et dans l'élimination des odeurs et dans la destruction de la couleur.

Le choix du désinfectant est fonction de critères techniques (désinfection simple ou poussée) et économiques. Cette étude portera essentiellement sur la chloration et sur l'ozonation.

5.10.2 Chloration

La chloration est le mode de désinfection le plus employé parce que le coût d'achat du chlore est bas, parce qu'il est sûr, efficace et facile à manipuler. Le chlore a une action destructrice directe sur la structure même de la cellule vivante, à des doses résiduelles élevées, et cet effet bactéricide provient d'un effet d'inhibition enzymatique. L'effet désinfectant du chlore est d'autant plus efficace que le pH est bas et la température est élevée.

Le chlore est utilisé sous forme de chlore gazeux et sous forme de solution aqueuse d'hypochlorite de calcium ou de sodium. La désinfection par les hypochlorites est, d'une façon générale, réservée aux petites installations. Le problème d'entreposage est de faible importance. La mise en oeuvre demande un appareillage classique pour l'emploi de réactifs en solution aqueuse:

- un bac de dilution et d'entreposage de la solution diluée;
- une pompe doseuse;
- un dispositif d'injection du liquide dosé dans l'eau à traiter.

Une importance considérable doit être attachée à la dispersion rapide et violente de la solution désinfectante au sein de l'eau à traiter.

5.10.2.1 Dosage du chlore

Pour être efficace, elle nécessite un temps de contact minimal de 30 minutes au débit de pointe. Si on veut obtenir plus de 99.9% de réduction du nombre de coliformes, la dose à appliquer est la suivante:

- après boues activées 2-8 mg/l
- après filtration sur sable et adsorption sur charbon actif 1-5 mg/l

En général, il est requis pour fin de désinfection de maintenir une concentration de chlore résiduel de 0.5 à 2 mg/l dans l'effluent suivant la qualité de celui-ci.

Le système de chloration de la base militaire de Farnham devra maintenir une concentration de chlore résiduel minimum de 0.50 mg/l.

5.10.3 Ozonation

L'ozonation est une technique plus récente de désinfection des eaux. L'ozone, qui est en fait une molécule d'oxygène tri-atomique, est un oxydant très énergique. Il est produit par une décharge électrique à haut voltage dans une atmosphère contenant de l'air sec. L'ozone est peu stable et se décompose rapidement en oxygène naissant. L'absorption de l'ozone dans l'eau est fonction de la température et du pH de l'eau. Comme l'ozone est peu stable, il doit être produit sur place à la station d'épuration des eaux pour être utilisé immédiatement après sa fabrication. Pour de petites installations, il existe des ensembles "compacts" de tous les organes nécessaires à la production d'ozone utile au traitement. L'ozone peut être injecté par un système d'émulseur avec colonne de contact. La charge hydraulique requise est de 15-18 pieds.

5.10.3.1 Dosage de l'ozone

Le dosage de l'ozone dépend de la teneur en matières organiques, de la température de l'eau et du pH de l'eau. Pour être efficace et pour réduire les coliformes à une concentration inférieure à 200 coliformes fécaux par 100 ml., elle nécessite un temps de contact de 8 à 10 minutes au débit de pointe. La dose à appliquer est de l'ordre de 5 mg/l.

5.10.4 Avantages de l'ozonation sur la chloration.

- Les taux d'ozone à utiliser sont souvent nettement inférieurs aux taux de chlore, surtout si l'on effectue dans ce dernier cas un traitement au point critique avec des temps de contact prolongés.
- L'efficacité des désinfectants chlorés est faible vis-à-vis des micropollutions, vis-à-vis des qualités organoleptiques de l'eau, et nulle vis-à-vis de la couleur, alors que l'ozone apporte, dans ce domaine, un éventail d'action très complet:
 - amélioration des qualités organoleptiques;
 - élimination des odeurs;
 - ne produit pas de composés avec les phénols;
 - oxydation des substances toxiques (cyanures);
 - aération intense de l'eau;
 - diminution de la couleur.

- Il n'y a aucune contre-indication autre que du point de vue économique, à introduire un excès d'ozone dans l'eau à traiter, celui-ci étant automatiquement décomposé en oxygène; l'aération supplémentaire de l'eau qui en résulte ne peut avoir qu'un effet bénéfique.
- Il est de plus en plus question de la toxicité du chlore résiduel vis-à-vis des micro-organismes et de la faune aquatique des cours d'eau. Cette toxicité des effluents chlorés envers toute forme de vie aquatique ne dépend pas de la quantité de chlore appliquée mais de la concentration de chlore résiduel et des quantités relatives de chlore libre et des chloramines. Les chloramines sont moins efficaces comme désinfectants que le chlore libre mais elles sont plus toxiques parce que leur action dure plus longtemps.
- La présence de chlore résiduel dans l'effluent de l'usine d'épuration, en plus de désinfecter celui-ci, diminue de beaucoup la vie bactérienne de la rivière au point de déversement de l'effluent; il y a donc à ce point de la rivière un déversement de DBO, mais le processus d'auto-épuration de la rivière a été arrêté car le chlore résiduel a tué la population bactérienne responsable de ce processus; la qualité des eaux de la rivière sera donc acceptable au point de déversement de l'effluent, mais un problème de pollution sera créé quelques milles en aval du déversement, car, lorsque le chlore résiduel disparaîtra des eaux de la rivière, il y aura prolifération de la vie bactérienne à cet endroit à cause de l'abondante nourriture (DBO) qui y arrive.
- En général, on recommande des concentrations de chlore résiduel variant de 0.5 à 1.0 mg/l dans les effluents chlorés. Dans les régions où les conditions de vie biologique sont critiques, il est nécessaire de déchlorer l'effluent avant rejet.
- Enfin, en ce qui concerne les virus, le chlore nécessite pour être efficace, des temps de contact très longs, dont l'incidence économique est loin d'être négligeable, alors que l'ozone agit en quelques minutes seulement.
- Pour les raisons citées précédemment, le fait qu'il n'existe pas d'ozone résiduel dans l'eau traitée est un avantage dans le cas de la désinfection de l'effluent d'une usine d'épuration, mais un désavantage dans le cas de la désinfection des eaux de consommation, car il faut prévoir une unité de chloration en cas de contamination du réseau d'aqueduc.

5.10.5 Evaluation économique

a) coûts de la chloration

équipement	\$1,500.
génie civil	\$2,000.
coût total	\$3,500.

coûts d'opération \$0.60/lb chlore
 785 lb/an x \$0.60/lb = \$471/an

b) coûts de l'ozonation

équipement	\$14,000.
génie civil	\$2,300.
coût total	\$16,300.

coûts d'opération 10 kw-hre/lb ozone @ \$0.015/kw-hre
 \$0.15/lb ozone.
 490 lb/an x \$0.15/lb = \$74./an.

5.10.6 Conclusion

Il faudrait, dans le cadre d'une comparaison économique globale, tenir compte non seulement des différences de dosage entre ozone et chlore, mais encore du coût supplémentaire de structure nécessaire pour assurer au chlore une action virucide comparable à celle de l'ozone, et du coût des traitements complémentaires à adjoindre à la chloration pour obtenir une efficacité semblable du point de vue de "l'affinage" de l'eau.

Le choix du désinfectant dépend des exigences requises. Dans le cas qui nous intéresse, le chlore et ses composés donnent la garantie exigée. L'ozonation présente un coût élevé, et ne peut pas concurrencer le chlore malgré des avantages certains.

CHAPITRE 6

ESTIMATION DES COÛTS

6.1. Généralités

Le but du présent chapitre est de faire une estimation des coûts de construction, d'opération et d'entretien de chacun des modes de traitement dont il a été question au chapitre précédent afin de pouvoir choisir celui qui s'avère le plus avantageux tant au point de vue économique qu'au point de vue rendement et facilité d'entretien.

Les coûts de construction ont été divisés en coûts d'achat de l'équipement de traitement et en coûts pour travaux de génie civil, qui peuvent comprendre l'érection de l'équipement lorsque requis, l'excavation des bassins, la construction de digues, l'érection de bassins en béton, l'érection de bâtiments pour couvrir les équipements de traitement, les aménées d'aqueduc et d'électricité au site, divers raccordements de plomberie, construction de clôtures, gazonnement, etc.

Les coûts d'opération et d'entretien annuels ont été divisés en coûts de main-d'oeuvre et en autres coûts (produits chimiques, pièces de rechange, énergie).

Suite à l'estimation des coûts pour chacun des modes de traitement suivra une estimation des coûts pour la construction du réseau d'égout.

Tous les coûts mentionnés dans ce chapitre sont valables pour une construction à l'automne 1974; une augmentation de 5 à 10% doit être prévue pour une construction à l'été 1975.

6.2. Station de pompage et chloration de l'effluent

Etant donné que la station de pompage et le système de chloration de l'effluent se retrouvent dans chaque mode de traitement étudié, une estimation des coûts de construction de ces deux items sera d'abord faite.

- Station de pompage

La station de pompage consiste en un puits mouillé d'une profondeur de 18 pieds dans lequel sont installées deux pompes dilacératrices submersibles d'une capacité de 75 gal/min chacune; un système de flotteurs règle l'opération des pompes; en cas de panne d'électricité, un déversoir est installé à une dizaine de pieds au-dessus du fond de la station de pompage et les eaux usées coulent par gravité jusqu'à la rivière; un panier de broche est placé sous l'affluent de la station de pompage afin de retenir tout objet de dimension importante qui pourrait endommager les pompes.

Les coûts de construction se répartissent comme suit:

Equipement		\$6000.
Génie civil		
montage	\$1500.	
excavation et remplissage	\$3000.	
béton	\$4000	
	<u>\$8500.</u>	<u>\$8500.</u>
Total		<u>\$14500.</u>

- Chloration de l'effluent

La chloration de l'effluent est faite à l'aide d'hypochlorite de calcium ou de sodium; elle se fait proportionnellement au débit, de façon automatique, un système de mesure de débit ayant été prévu à cet effet; le prix du bassin de contact est aussi inclus à l'item chloration.

Les coûts du système de chloration se répartissent comme suit:

Equipement		\$1500.
Génie civil		
montage	\$1000.	
excavation et remplissage	\$500.	
béton	\$500.	
	<u>\$2000.</u>	<u>\$2000.</u>
Total		<u>\$3500.</u>

6.3. Etang d'oxydation

Ce mode de traitement comporte les trois étapes suivantes:

- station de pompage;
- étang d'oxydation;
- chloration de l'effluent.

La station de pompage et le système de chloration ont déjà été traités à l'article 6.2.

L'étang d'oxydation a une profondeur de 5 pieds et le critère de conception utilisé est de 20 livres de DBO_5 /acre/jour. L'exca-
vation est faite à une profondeur de 5 pieds et le matériel ex-
cavé sert à la construction des bermes tout autour de l'étang
ainsi qu'à la construction d'une digue afin de séparer l'étang
en deux; les pentes sont de 3:1 (horizontal:vertical) vers
l'étang et de 2:1 vers l'extérieur de l'étang.

L'étang d'oxydation ne comporte aucun équipement de traitement
et le coût de construction de l'étang est évalué à \$105,000.

Les coûts d'opération et d'entretien annuel sont évalués à
\$2,200 pour la main-d'oeuvre (entretien et opération des pompes
et du chlorateur et entretien des abords de l'étang) et à
\$1,500. pour le reste (énergie, chlore et pièces de rechange).

6.4. Etang aéré

L'étang aéré comporte les items suivants:

- station de pompage;
- étang d'aération;
- équipement d'aération;
- étang de polissage;
- chloration de l'effluent.

Les items station de pompage et chloration de l'effluent ont déjà
été traités à l'article 6.2.

L'étang d'aération et l'étang de polissage sont conçus avec des temps de rétention de 20 et 10 jours respectivement, au débit moyen; la profondeur d'eau est de 10 pieds et une surhauteur de 3 pieds est prévue pour les bermes; celles-ci ont des pentes de 3:1 (horizontal:vertical) vers le bassin et de 2:1 vers l'extérieur du bassin, avec une largeur au sommet de 8 pieds; l'excavation est prévue à 8.5 pieds de profondeur, le matériel excavé servant à la construction des bermes. Le coût de construction des étangs est évalué à \$38,000.

L'aération du bassin se fait par insufflation d'air sous pression dans des tubes hydrauliques; il y a cinq tubes hydrauliques dans le bassin d'aération et un dans l'étang de polissage; l'air est fourni par un surpresseur d'une capacité de 72 pieds cubes par minute et un second surpresseur est prévu en cas de panne du premier. Le prix d'équipement est évalué à \$10,000. et le coût de génie civil, incluant le montage, un bâtiment isolé et chauffé pour les surpresseurs, et la tuyauterie est évaluée à \$10,000.

Les coûts d'opération et d'entretien sont évalués à \$3600. pour la main-d'oeuvre (entretien et opération des pompes, du chlorateur, des surpresseurs et entretien des abords de l'étang aéré) et à \$1900. pour le reste (énergie, chlore et pièces de rechange).

6.5. Aération prolongée

Le système de traitement des boues activées avec aération prolongée comprend les étapes de traitement suivantes:

- station de pompage;
- bassin d'aération;
- décanteur secondaire;
- chloration de l'effluent.

Un prix global a été obtenu d'un manufacturier pour la fourniture d'une unité compacte de traitement et ce prix de \$60,000 comprend les bassins d'aération et de décantation, ainsi que l'équipement d'aération et de chloration. L'usine de traitement est préfabriquée et les coûts de génie civil incluant une dalle de béton, un toit pour couvrir le décanteur, un laboratoire, une clôture et divers raccords de tuyauterie sont évalués à \$22,000.

Les coûts d'opération et d'entretien sont évalués à \$4000. pour la main-d'oeuvre (opération et entretien des pompes, des aérateurs, du chlorateur et entretien des abords de l'usine) et à \$2700. pour le reste (chlore, énergie et pièces de rechange).

6.6. Boues activées à mélange complet

Le traitement par boues activées à mélange complet comprend:

- station de pompage;
- bassin d'aération;
- décanteur secondaire;
- digesteur aérobique;
- lit de séchage;
- chloration de l'effluent.

Les items station de pompage et chloration de l'effluent ont été traités à la section 6.2.

Le bassin d'aération est conçu pour un temps de rétention de 6 heures au débit moyen, ce qui équivaut à une charge de 50 livres de DBO/jour/1000 pi. cu. Le bassin a une profondeur de 10 pieds et l'aération est effectuée par un système de diffusion d'air.

Les coûts de construction se répartissent ainsi:

coût de l'équipement		\$6000.
coûts de génie civil		
montage de l'équipement	\$3000.	
bassin de béton	\$6000.	
	<u>\$9000.</u>	<u>\$9000.</u>
total		<u>\$15000.</u>

Le décanteur secondaire est conçu pour une période de rétention de 4 heures avec une charge superficielle de 300 gallons U.S./pi.ca./jour; il a une profondeur de 8 pieds et possède un système d'écumage de surface ainsi qu'un système de pompage des boues au digesteur.

Les coûts de construction se répartissent ainsi:

coût de l'équipement		\$1500.
coûts de génie civil		
montage de l'équipement	\$1000.	
bassin de béton	\$3500.	
	<u>\$4500</u>	<u>\$4500.</u>
total		<u>\$6000.</u>

Le digesteur aérobie est conçu pour une période de rétention de 20 jours et a une profondeur de 9 pieds; l'aération est assurée par un système de diffusion d'air.

Les coûts de construction sont répartis comme suit:

coût de l'équipement		\$6000.
coûts de génie civil		
montage de l'équipement	\$3000.	
bassin de béton	\$2500.	
	\$5500.	\$5500.
total		\$11500.

Le lit de séchage en sable est conçu avec un critère de 3 pi.ca. par personne et le coût de construction en est évalué à \$3000.

Aux coûts énumérés pour chacun des items, il faut rajouter les frais pour l'installation d'un bâtiment abritant les surpresseurs, le chlorateur et un laboratoire, ainsi que les frais pour l'installation d'une clôture, pour le gazonnement et pour le raccordement des services (aqueduc, électricité) et ces frais s'élèvent à \$10,000.

Les coûts d'opération et d'entretien du traitement par boues activées à mélange complet sont évalués à \$6000 pour la main-d'oeuvre (opération et entretien des pompes, du bassin d'aération, du digesteur et du chlorateur, entretien des abords de l'usine) et à \$2000 pour le reste (chlore, énergie et pièces de rechange).

6.7. Disques biologiques

Le traitement par disques biologiques comporte les items suivants:

- station de pompage;
- bassin de régularisation;
- tamisage;
- filtres biologiques;
- décanteur secondaire;
- digesteur aérobie;
- lit de séchage;
- chloration de l'effluent.

Les items station de pompage et chloration de l'effluent ont été traités à l'article 6.2.

Afin de régulariser le débit en hiver, il faut construire un réservoir de 50,000 gallons; ce réservoir doit être aéré afin de prévenir la digestion anaérobie et une pompe à débit constant alimente les disques biologiques. Le coût de l'équipement est évalué à \$2000 et le coût des travaux de génie civil à \$14,000 (montage de l'équipement et construction du bassin en béton).

Le coût d'un traitement primaire est évalué à \$3000 (incluant le montage).

Un manufacturier a été contacté pour une estimation budgétaire d'une unité compacte de traitement, incluant les disques biologiques et le décanteur secondaire; le prix de l'équipement est de \$50,000 et les coûts de génie civil sont évalués à \$30,000 (base de béton, montage, couvrir l'équipement).

Le digesteur aérobie est conçu pour une période de retention de 20 jours et l'aération est assurée par un système de diffusion d'air; le coût de l'équipement est évalué à \$4000 et les travaux de génie civil à \$4500 (montage de l'équipement et bassin de béton).

Le lit de séchage en sable est conçu avec un critère de 3 pi.ca. par personne et le coût de construction en est évalué à \$3000.

A ces items il faut rajouter le coût d'une clôture et du gazonnement dont le prix est évalué à \$2500.

Les coûts d'opération et d'entretien sont évalués à \$5000 pour la main-d'oeuvre (opération et entretien de la station de pompage, du bassin de régularisation, des disques biologiques, du décanteur, du digesteur, du chlorateur, nettoyage du tamis, entretien des abords de l'usine) et à \$3000 pour le reste (énergie, chlore et pièces de rechange).

6.8. Traitement physico-chimique

Le traitement physico-chimique comprend:

- station de pompage;
- coagulation-floculation;
- addition de charbon activé;
- décantation;
- filtration;
- digesteur aérobie;
- lit de séchage;
- chloration de l'effluent.

Les items station de pompage et chloration de l'effluent ont été traités à l'article 6.2.

Un manufacturier a été contacté pour une estimation budgétaire d'une usine de traitement préfabriquée et le coût de l'équipement pré-assemblé est de \$50,000.

A ce prix, il faut rajouter le prix de construction d'une dalle de béton, d'un bassin de régularisation, d'un bâtiment couvrant l'équipement, d'un bassin d'accumulation des résidus, d'un réservoir de lavage, d'un digesteur et d'un lit de séchage; les prix de construction de ces différents items s'établissent comme suit:

dalle	\$ 1,500
bassin de régularisation	\$16,000
bâtiment	\$ 8,500
bassin des résidus	\$ 700
réservoir de lavage	\$ 700
digesteur	
équipement	\$ 4,000
montage	\$ 2,000
bassin	\$ 5,000
lit de séchage	\$ 3,000
pompes et surpresseur	\$ 4,000
clôture et gazon	\$ 2,000

Les coûts d'opération et d'entretien sont évalués à \$5,000 pour la main-d'oeuvre et à \$18,000 pour le reste (produits chimiques, énergie et pièces de rechange).

6.9. Résumé des coûts de chaque mode de traitement.

6.9.1. Etang d'oxydation

- coûts de construction

	équipement	génie civil	total
station de pompage	\$6,000.	\$ 8,500	\$ 14,500
étang d'oxydation	--	\$105,000	\$105,000
chloration	\$1,500	\$ 2,000	\$ 3,500
total	\$7,500	\$115,500	\$123,000

- coûts d'opération et d'entretien

main-d'oeuvre	\$2,200.
autres	\$1,500.
total	\$3,700.

6.9.2. Etang aéré

- coûts de construction

	équipement	génie civil	total
station de pompage	\$ 6,000	\$ 8,500	\$14,500
étang d'aération	\$10,000	\$48,000	\$58,000
chloration	\$ 1,500	\$ 2,000	\$ 3,500
total	\$17,500	\$58,500	\$76,000

- coûts d'opération et d'entretien

main-d'oeuvre	\$ 3,600
autres	\$ 1,900
total	\$ 5,500

6.9.3. Aération prolongée

- coûts de construction

	équipement	génie civil	total
station de pompage	\$ 6,000	\$ 8,500	\$14,500
usine préfabriquée	\$60,000	\$15,000	\$75,000
total	\$66,000	\$23,500	\$89,500

- coûts d'opération et d'entretien

main-d'oeuvre	\$4,000
autres	\$2,700
total	\$6,700

6.9.4. Boues activées à mélange complet

- coûts de construction

	équipement	génie civil	total
station de pompage	\$ 6,000	\$ 8,500	\$14,500
bassin d'aération	\$ 6,000	\$ 9,000	\$15,000
décanteur secondaire	\$ 1,500	\$ 4,500	\$ 5,500
digesteur aérobie	\$ 6,000	\$ 5,500	\$11,500
lit de séchage	--	\$ 3,000	
chloration	\$ 1,500	\$ 2,000	\$ 3,500
divers		\$ 2,000	
total	\$21,000	\$34,500	\$55,500

- coûts d'opération et d'entretien

main-d'oeuvre	\$ 6,000
autres	\$ 2,000
total	\$ 8,000

6.9.5. Disques biologiques

- coûts de construction

	équipement	génie civil	total
station de pompage	\$6,000	\$ 8,500	\$14,500
bassin régularisation	\$2,000	\$14,000	\$16,000
tamissage	\$3,000	\$ ----	\$ 3,000
disques et décanteur	\$50,000	\$30,000	\$80,000
digesteur	\$4,000	\$ 4,500	\$ 9,500
lit de séchage		\$ 3,000	
chloration	\$1,500	\$ 2,000	\$ 3,500
divers		\$ 2,500	
total	\$66,500	\$64,500	\$131,000

- coûts d'opération et d'entretien

main-d'oeuvre	\$5,000
autres	\$3,000
total	\$8,000

6.9.6. Traitement physico-chimique

- coûts de construction

	équipement	génie civil	total
station de pompage	\$ 6,000	\$ 8,500	\$14,500
usine pré-fabriquée	\$50,000	\$31,400	\$81,400
digesteur aérobie	\$ 4,000	\$ 7,000	\$11,000
lit de séchage		\$ 3,000	\$ 3,000
divers		\$ 2,000	\$ 2,000
total	\$60,000	\$51,900	\$111,900

- coûts d'opération et d'entretien

main-d'oeuvre	\$ 5,000
autres	\$18,000
total	\$23,000

Le tableau 11 ci-dessous résume les coûts de construction et ceux d'opération et d'entretien de chacun des modes de traitement étudiés.

	Construction	opération
étang d'oxydation	\$123,000	\$ 3,700
étang aéré	\$ 76,000	\$ 5,500
aération prolongée	\$ 89,500	\$ 6,700
B.A. mélange complet	\$ 55,500	\$ 8,000
disques biologiques	\$131,000	\$ 8,000
physico-chimique	\$111,900	\$23,000

Tableau 9: Estimation des coûts de construction et des coûts d'opération et d'entretien des modes de traitement étudiés.

6.10. Réseau d'égouts

Le présent article traite du coût de construction d'un nouveau réseau d'égouts sanitaire pour le camp militaire.

Le réseau est composé de tuyaux d'amiante-ciment de 8 pouces de diamètre et la pente minimum est de 0.5%. Le prix de construction comprend l'achat et la pose des tuyaux. Le collecteur suit le tracé de l'avenue Hochwald et dirige les eaux usées au site de l'usine d'épuration.

Les coûts de construction se répartissent comme suit:

- collecteur Hochwald				
	longueur	diam	profondeur moyenne	coût
	1095 pi.	10 po.	8 pi.	\$13,500
	670 pi.	10 po.	10 pi.	\$10,000
	850 pi.	10 po.	14 pi.	\$15,000
	total			
	2615 pi.			\$38,500



- égouts secondaires

	longueur	diam.	profondeur moyenne	coût
section de génie	70 pi.	8 po	8 pi.	\$800
approvisionnements	100 pi.	8 po	8 pi.	\$1200
salle de manoeuvres	250 pi.	8 po	8 pi.	\$3000
quartier des officiers	750 pi.	10 po	8 pi.	\$10000
piscine	160 pi.	8 po	8 pi.	\$2000
toilettes et douches	420 pi.	8 po	8 pi.	\$5000
garage	690 pi.	8 po	8 pi.	\$8000
total	2440 pi.		8 pi.	\$30000

- regards d'égouts préfabriqués

nombre	profondeur	coût
15	8 pi.	\$22000
2	10	\$3000
1	12	\$1800
4	14	\$7200
total 22		\$34000

- réfection de rues \$8000

- déversoir de la station de pompage

longueur	profondeur moyenne	coût
450 pi.	8 pi.	\$6000

Le tableau 12 ci-dessous résume les coûts du réseau d'égouts sanitaire proposé.

collecteur	\$38,500
égouts secondaires	\$30,000
regards	\$34,000
réfection de rues	\$8,000
déversoir	\$6,000
Total	\$116,500

Tableau 10: Estimation du coût de construction du réseau d'égouts sanitaires.

Dans le cas où la ville de Farnham construirait son usine d'épuration, le coût de raccordement du réseau d'égout doit être ajouté au coût de construction indiqué au tableau précédent.

La station de pompage pour l'usine d'épuration de la ville de Farnham sera construite sur le site de l'usine et son radier sera à environ 20 pieds sous le niveau des eaux de la rivière Yamaska. Il y a donc avantage à avoir un écoulement gravitaire jusqu'au site de l'usine de Farnham, ce qui élimine le coût de construction d'une station de pompage et les frais d'opération et d'entretien de celle-ci.

Le coût de construction du raccordement à l'usine de Farnham est évalué à \$45,000, incluant le coût de 3 regards (1300 pieds de conduite à une profondeur moyenne de 20 pieds sous le niveau du sol).

CHAPITRE 7

RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

7.1. Recommandations

En se basant sur les critères de sélection énumérés à l'article 5.2, le type de traitement recommandé est l'étang aéré.

Les traitements par étang d'oxydation, par disques biologiques et le traitement physico-chimique, ont été rejetés à cause de leurs coûts de construction trop élevés par rapport aux trois autres types de traitement.

La comparaison du traitement par aération prolongée avec l'étang aéré révèle que l'aération prolongée est plus sensible aux fortes pointes de débit du camp militaire que l'étang aéré et celui-ci coûte \$20,500 de moins à construire tout en ayant un coût d'opération moins élevé; l'aération prolongée requiert beaucoup moins d'espace, mais comme le terrain est disponible et ne coûte rien, il n'y a pas d'avantage marqué pour l'aération prolongée à ce sujet; en conséquence, il y a avantage à choisir l'étang aéré plutôt que l'aération prolongée.

La comparaison du traitement par boues activées à mélange complet avec l'étang aéré révèle que les boues activées coûtent \$12,500 de moins à construire; toutefois, à cause du court temps de rétention, les boues activées sont sensibles aux grandes variations de débit et à un déversement temporaire de matières toxiques dans l'égout, ce qui peut nuire à la qualité de l'effluent; l'étang aéré, à cause de la longue période de rétention, offre un effluent stable et n'est pas sensible à un déversement temporaire d'éléments toxiques; pour l'étang aéré, les seuls équipements de traitement à entretenir sont les pompes de la station de pompage, les surpresseurs et le chlorateur; en plus de ces équipements, il faut entretenir, pour les boues activées, le digesteur, le décanteur, le système de recirculation et le lit de séchage; il faut de plus faire des analyses de laboratoire pour opérer convenablement un traitement par boues activées et il faut voir à la disposition des boues digérées.

A cause de sa simplicité, tant au point de vue construction que d'opération, et à cause du rendement plus fiable que l'étang aéré fournit, il est donc recommandé de construire un étang aéré.

7.2. Conclusion

Il est recommandé que la construction du réseau d'égouts soit entreprise le plus tôt possible et que les eaux usées du détachement Farnham soient traitées par un étang aéré construit sur la propriété du Ministère de la Défense Nationale, à moins qu'une décision ne soit prise incessamment quant à la construction de l'usine d'épuration de la ville de Farnham.

Les coûts de construction de l'étang aéré et du réseau d'égouts sont estimés à \$192,500 (coûts de 1974); si la ville de Farnham procède à la construction de son usine d'épuration le coût de construction du réseau d'égout sur le terrain du détachement Farnham est évalué à \$155,500.

ANNEXE A

ETANG AERE

A-1. EFFICACITE DE TRAITEMENT REQUISE

DBO₅ des eaux usées 235 mg/lDBO₅ à l'effluent 20 mg/lEnlèvement de DBO₅ 215 mg/lEfficacité de traitement requise : $\frac{215}{235} = 0.915 = 91.5\%$

A-2. DIMENSIONNEMENT DE L'ETANG AERE

Le traitement des eaux usées dans un étang aéré se fait dans le bassin d'aération; celui-ci est suivi d'un étang de polissage dont le rôle est de permettre la décantation des solides en suspension dans l'effluent du bassin d'aération; il se produit un certain enlèvement de DBO dans l'étang de polissage, mais il n'en est pas tenu compte dans le calcul du rendement de l'étang aéré.

L'efficacité de traitement (enlèvement de la DBO) est donnée par la formule:

$$E = \frac{K_T \times t}{1 + K_T t}$$

où E = efficacité de traitement
K_T = coefficient de stabilisation à T°C
t = temps de rétention

A 20°C, la valeur de K est de 0.7/jour pour une eau usée municipale.

L'étang aéré est dimensionné pour donner le rendement requis lors des conditions les plus défavorables; dans le cas du camp militaire de Farnham, ceci correspond aux débits d'été avec



une température de 15°C (59°F). La valeur de K est alors de 0.59/jour.

Le temps de rétention requis (t) est donc donné par la formule:

$$0.915 = \frac{0.59 \times t}{1 + 0.59 \times t}$$

Le calcul de cette expression donne une valeur de t égale à 19.6 jours.

Le dimensionnement de l'étang aéré sera donc fait pour un temps de rétention de 20 jours au bassin d'aération et de 10 jours au bassin de polissage.

- VOLUME DU BASSIN D'AERATION

42,500 gal/jour x 20 jours = 850,000 gal. = 136,000 pi.cu.

- VOLUME DU BASSIN DE POLISSAGE

42,500 gal/jour x 10 jours = 425,000 gal. = 68,000 pi.cu.

- DIMENSIONS DES BASSINS

Hauteur d'eau	:	10.0 pieds
Surhauteur	:	3.0 pieds
Pente des berges	:	3:1 (horizontal:vertical)

- BASSIN D'AERATION

Rétention	:	20 jours au débit moyen
Volume	:	850,000 gallons = 136,000 pi.cu.

fond du bassin	:	52' x 134'
niveau de l'eau	:	112' x 194'
haut de la digue	:	130' x 212'
encombrement	:	157' x 233'

- ETANG DE POLISSAGE

Rétention	:	10 jours au débit moyen
Volume	:	425,000 gallons = 68,000 pi.cu.

fond du bassin : 52' x 52'
 niveau de l'eau : 112' x 112'
 haut de la digue : 130' x 130'
 encombrement : 143' x 157'

A-3. EFFICACITE DE TRAITEMENT POUR DIFFERENTS DEBITS ET A DIFFERENTES TEMPERATURES

L'efficacité de traitement varie avec la température et la relation suivante tient compte de celle-ci dans le calcul de l'efficacité de traitement.

$$K_T = K_{20} \times \theta^{T-20}$$

où K_T = coefficient de stabilisation à $T^{\circ}\text{C}$
 K_{20} = constante de dégradation à 20°C
 θ = constante (1.035)
 T = température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$)

Le tableau suivant donne le temps de rétention de l'étang aéré à différents débits:

DEBIT	BASSIN I	BASSIN II
(gal/jour)	(jours)	(jours)
42,500	20.0	10.0
90,000	9.4	4.7
14,200	60.0	30.0
34,000	25.0	12.5

Tableau 11 temps de rétention: étang aéré

Le tableau suivant donne l'efficacité de traitement pour différents débits et pour différentes températures.

SAISON	DEBIT	TEMPERATURE		K	TRAITEMENT
	(gal/jour)	(°C)	(°F)	(jour ⁻¹)	BASSIN I
ETE	42,500	25	77	.83	94.3%
		20	68	.70	93.3%
		15	59	.59	92.2%
	90,000	25	77	.83	88.6%
		20	68	.70	86.8%
		15	59	.59	83.4%
HIVER	14,200	15	59	.59	97.2%
		10	50	.50	96.7%
		5	41	.42	96.2%
		2	36	.38	95.7%
	34,200	15	59	.59	93.7%
		10	50	.50	92.5%
		5	41	.42	91.3%
		2	36	.38	90.4%

Tableau 12: efficacité de traitement: étang aéré

Un examen des résultats de ce tableau permet de voir que même en hiver, l'efficacité de traitement sera supérieure à 91.5%, à cause des plus grandes périodes de rétention existant à cette époque de l'année.

Au débit maximum d'été (90,000 gal/jour), l'efficacité d'enlèvement de la DBO semble inférieure au rendement désiré; toutefois, comme ce débit ne se produit que sur deux ou trois jours consécutifs (au maximum), il en résultera une période de rétention plus longue que 9.4 jours et un meilleur rendement de l'étang aéré. De plus, il n'a pas été tenu compte de l'enlèvement de la DBO qui se fait dans l'étang de polissage, de sorte que les rendements réels peuvent être supérieurs à ceux donnés au tableau 15.

A-4. EQUIPEMENT D'AERATION

Les besoins normaux en oxygène sont calculés par la formule:

$$N.O.R. = D \times L \times E$$

où N.O.R. = besoins normaux d'oxygène (lb O₂/hre)
D = livres de DBO₅/hre à l'étang
L = rapport DBO ultime : DBO₅
E = efficacité de traitement

Pour le camp militaire de Farnham, la charge maximum de DBO₅ est de 100 livres/jour.

$$D = 100 \frac{\text{livres}}{\text{jour}} \times \frac{1 \text{ jour}}{24 \text{ hres}} = \frac{4.17 \text{ lb DBO}_5}{\text{hre}}$$

Pour un égout domestique, la DBO₅ représente environ 68% de la DBO ultime.

$$L = \frac{1}{0.68} = 1.47$$

~~L'efficacité de traitement maximum du bassin d'aération est de 95%; les besoins normaux d'oxygène du bassin d'aération sont donc:~~

$$N.O.R. = 4.17 \times 1.47 \times 0.95 = 5.82 \text{ lb O}_2/\text{HRE}$$

Cette valeur doit être corrigée avec un facteur de correction θ pour la ramener aux conditions réelles de transfert d'oxygène:

$$\theta = \frac{\alpha^{C_{sw} - C_l}}{C_s} \times 1.024^{T-20}$$

θ = facteur de correction

α = coefficient de transfert d'oxygène de l'eau usée (0.8)

β = coefficient de saturation d'oxygène de l'eau usée(0.9)

$$C_{sw} = \beta \times C_s = \beta \times \text{saturation d'oxygène de l'eau fraîche à } 25^{\circ}\text{C} \\ (0.9 \times 8.4 \quad 7.56 \text{ mg/l})$$

C_1 = concentration d'oxygène dans le bassin (2.0 mg/l)

T = température contrôlant le transfert d'oxygène (25°C)

C_s = saturation d'oxygène de l'eau fraîche à 20°C (9.2 mg/l)

Le calcul de cette expression donne une valeur de θ égale à 0.55

Les besoins d'oxygène du bassin d'aération sont donc:

$$\text{Besoin d'oxygène} = \frac{5.82}{0.55} = 10.58 \text{ lb } O_2/\text{hre}$$

Le fond du bassin d'aération ayant des dimensions de 52'x 134', huit tubes hydrauliques sont requis pour maintenir une concentration uniforme d'oxygène dissous dans tout le bassin; chaque tube hydraulique a une capacité de transfert d'oxygène de $10.58 \div 8 = 1.32 \text{ lb } O_2/\text{hre}$; afin de maintenir des conditions aérobies dans l'étang de polissage et pour prévenir les court-circuits, deux tubes hydrauliques de même capacité seront placés au début de celui-ci.

En consultant les informations techniques de manufacturiers* de tubes hydrauliques, il faut fournir 10 pieds cubes d'air par minute par tube hydraulique pour que chacun de ceux-ci ait une capacité de transfert de 1.4 lb O_2 /hre sous une hauteur d'eau de 10 pieds; deux surpresseurs sont donc requis, chacun ayant une capacité de 100 pi.cu. d'air/minute sous une pression de 5.9 lb/po.ca.

A-5. COÛTS DE CONSTRUCTION

Avant de faire une estimation des coûts de construction de l'étang aéré, trois sondages (test holes) d'une profondeur de 10 pieds ont été effectués sur le site proposé de l'usine d'épuration. Les résultats de ces sondages sont les suivants:

- * - Polcon Corporation : Helixors 12"Ø
- Aero-Hydraulics Corp. : Atara-Cascade 12"Ø
- Aqua-Aerobic Systems Inc.: Aquatube 20



0.75'	terre de surface (top soil)
2.5'	terre sablonneuse
1.5'	silt sableux
1.5'	argile sursaturée
4.0'	silt sableux

Le silt sableux, étant imperméable, convient à la construction d'un étang aéré; la terre sablonneuse excavée servira à la construction des digues tandis que le silt sableux servira à l'imperméabilisation de celles-ci; l'argile sursaturée, n'ayant aucune consistance, devra être transportée hors du site de l'usine.

L'étude a démontré qu'en creusant à 8.5 pieds, le matériel excavé suffirait à construire les digues imperméables, celles-ci ayant une largeur au sommet de 8 pieds et une pente extérieure de 2:1 (horizontal:vertical).

Sur le site proposé, il faudra déplacer une borne-fontaine existante ainsi qu'un petit bâtiment de bois servant au lavage des camions en été; ce bâtiment pourra être construit ailleurs.

Les coûts de construction de l'étang aéré se répartissent comme suit:

STATION DE POMPAGE

équipement	\$ 6,000.
génie civil	\$ 8,500.

ETANG AERE

équipement	\$10,000.
génie civil	
- montage de l'équipement	\$ 5,000.
- bâtiment des surpresseurs	\$ 5,000.
- construction des bassins	\$12,600.
- clôture	\$12,900.
- gazonnement	\$ 5,500.
- déplacement de services	\$ 5,000.

\$48,000. \$48,000.

-	CHLORATION DE L'EFFLUENT	
	équipement	\$ 1,500.
	génie civil	\$ 2,000.
-	COUT TOTAL	\$76,000.

A-6. OPERATION ET ENTRETIEN

L'opération d'un étang aéré ne requiert pratiquement pas de main d'oeuvre; les seules opérations à effectuer consistent à fournir l'hypochlorite au chlorateur et à voir à ce que les pompes de la station de pompage ainsi que les surpresseurs fonctionnent; il y a avantage à faire fonctionner alternativement chacune des pompes et chacun des surpresseurs de ces pièces d'équipement. Une vidange occasionnelle du panier de broche de la station de pompage est aussi requise.

L'entretien consiste à vérifier les pompes et à graisser les surpresseurs; les tubes hydrauliques ne requièrent aucun entretien; occasionnellement, il faut couper l'herbe autour des bassins et faire l'entretien normal de la clôture.

Aucune main d'oeuvre spécialisée n'est requise pour l'opération et l'entretien d'un étang aéré.

Les coûts d'opération et d'entretien annuels se répartissent comme suit:

main d'oeuvre (1.5 hre/jour)	\$ 3,600.
pièces de rechange	\$ 50.
chlore	\$ 500.
énergie	\$ 1,350.
total	\$ 5,500.

ANNEXE B

LISTE DES REUNION

Les personnes suivantes ont participé à l'étude de l'évacuation des eaux usées du détachement Farnham, B.F.C. Montréal.

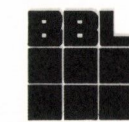
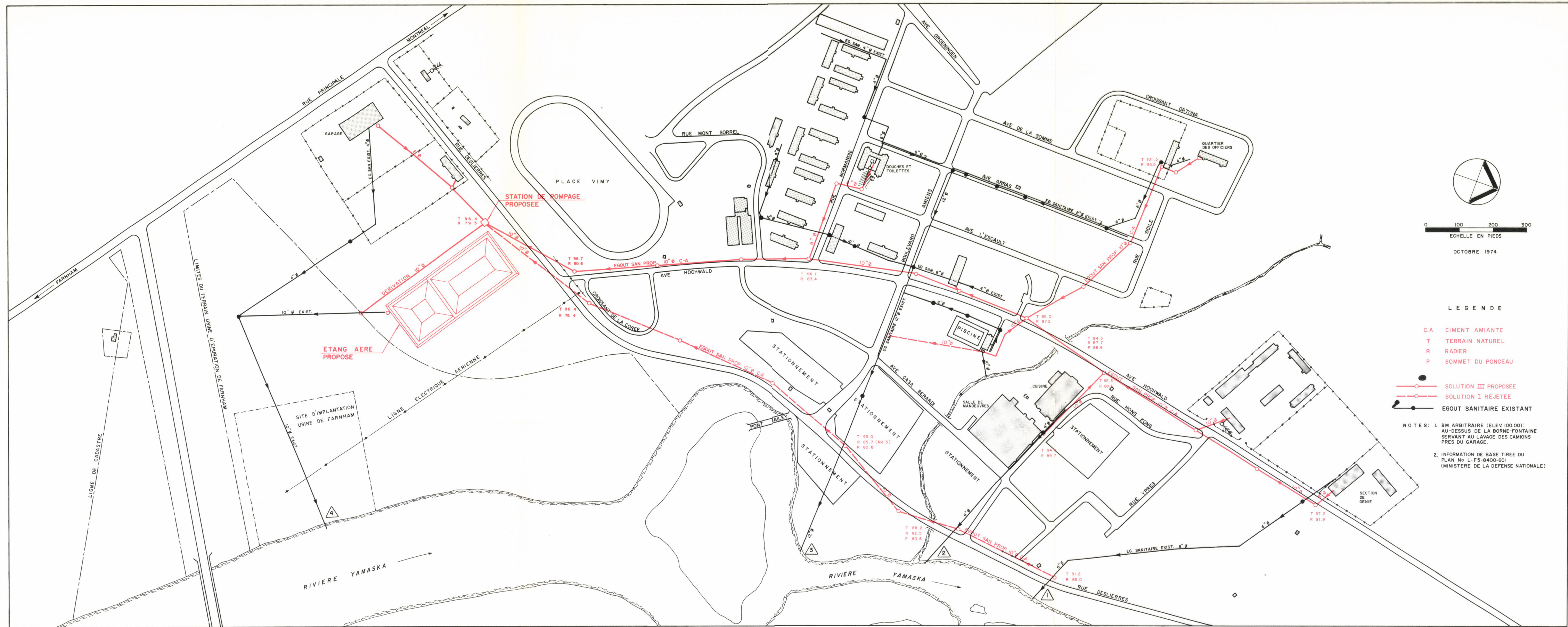
Environnement Canada : M. J.J.O. Gravel, ing.
M. C.G. Gautier, ing., M.Sc.A.
M. H. Alves, ing., M.Sc.A.

Ministère de la Défense Nationale : Major Bradbury
Capitaine Lepage
Sergent Mattes
Sergent Beauséjour

Beauchemin-Beaton-Lapointe Inc. : M. H. Lapointe, ing.
M. G. Marcil, ing.
M. G. Boucher, ing.
Mlle N. Nault, ing.
M. R. Bolduc, ing. M. Ing.

Les principales réunions ont eu lieu aux dates et endroits ci-dessous:

15/08/74	Base de St-Hubert (MDN-BBL)
15/08/74	Détachement Farnham (MDN-BBL)
30/08/74	Environnement Canada (Env. Canada - BBL)
06/09/74	Détachement Farnham (Env. Canada - MDN - BBL)
21/10/74	Environnement Canada (Env. Canada - BBL)



DETACHEMENT FARNHAM B.F.C. MONTREAL
RESEAU D'EGOUTS

