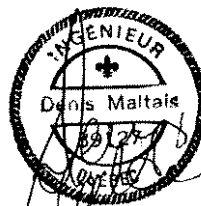


PRISE D'EAU BRUTE PERMANENTE
ÉTUDE PRÉLIMINAIRE - PHASE I
ÉTAT ACTUEL DE LA PRISE D'EAU

Ville de Sainte-Foy
Service du Génie



Novembre 1993

Notre dossier: R1-263

Préparé par:

SAUGER GROUPE-CONSEIL INC.
6499, boul. des Gradins
Québec (Québec)
G2J 1E6

Tél: (418) 626-2374
Fax: (418) 626-9352

TABLE DES MATIÈRES

I-	INTRODUCTION	I-1
	1.1 Problématique	I-1
	1.2 Objectifs visés	I-2
	1.3 Mandat	I-2
II-	BESOINS	II-1
	2.1 Horizon 1991	II-1
	2.2 Horizon 2011	II-1
III-	ÉTUDE D'AVANT-PROJET DE 1974	III-1
	3.1 Études hydrauliques	III-1
	3.1.1 Généralités	III-1
	3.1.2 Influence du cône de dispersion du diffuseur Sainte-Foy ...	III-3
	3.1.3 Influence de la rivière Cap-Rouge	III-3
	3.2 Qualité physico-chimique des eaux brutes	III-4
	3.2.1 Étude de la qualité des eaux du Saint-Laurent	III-4
	3.2.1.1 Automne 1974	III-4
	3.2.1.2 Avril 1975	III-5
	3.2.1.3 Mai 1975	III-6
	3.2.2 Qualité des eaux dans le tronçon inférieur de la rivière Cap-Rouge	III-7
	3.2.3 Choix d'une distance par rapport à la rive nord pour l'implantation d'une prise d'eau	III-7

TABLE DES MATIÈRES (suite)

3.3	Qualité de l'eau brute à l'usine de traitement	III-8
3.3.1	Les paramètres physiques	III-8
3.3.1.1	La température	III-8
3.3.1.2	La turbidité	III-9
3.3.1.3	La couleur apparente et la couleur vraie	III-9
3.3.2	Les paramètres chimiques	III-10
3.3.2.1	La conductivité	III-10
3.3.2.2	L'alcalinité	III-10
3.3.2.3	La dureté totale	III-11
3.3.2.4	Le pH	III-11
3.3.3	Les paramètres bactériologiques	III-11
3.4	Conclusions	III-11
3.5	Recommandations	III-12
3.5.1	Zones d'implantation et sites	III-12
3.5.2	Critères de comparaison	III-12
3.5.3	Choix du site recommandé	III-13
IV-	ÉTAT PHYSIQUE DE LA PRISE D'EAU	IV-1
4.1	Matériel et méthode	IV-1
4.1.1	La caméra	IV-1
4.1.2	La préparation sur le terrain	IV-1
4.2	Résultats	IV-2
4.2.1	Section comprise entre la prise d'eau et le regard de grève	IV-2
4.2.2	Section comprise entre la station de pompage et le regard de grève	IV-3
4.3	Conclusion	IV-3

TABLE DES MATIÈRES (suite)

V-	CAPACITÉ HYDRAULIQUE DE LA PRISE D'EAU DES CONDUITES D'ADDUCTION	V-1
5.1	Évaluation de la capacité de la prise d'eau	V-1
	5.1.1 Conduite équivalente	V-1
	5.1.2 Coefficient de frottement C	V-3
	5.1.3 Hauteur d'eau	V-3
	5.1.4 Capacité hydraulique	V-4
5.2	Essais sur le terrain	V-5
	5.2.1 Essai à marée haute (29 juin 1993)	V-5
	5.2.2 Essai à marée basse (14 juillet 1993)	V-7
5.3	Capacité hydraulique de la prise d'eau en fonction des besoins . . .	V-7
5.4	Capacité du système de pompage d'eau brute	V-8
VI-	ÉTUDE DU FRASIL	VI-1
6.1	Notions théoriques	VI-1
	6.1.1 Généralités	VI-1
	6.1.2 Mécanisme de formation	VI-2
6.2	Obstruction de la prise d'eau par le frasil	VI-6
	6.2.1 Fréquence des obstructions de la prise d'eau par le frasil . .	VI-6
	6.2.2 Autonomie des réservoirs d'eau de la Ville	VI-7
	6.2.3 Autonomie de la Ville pour la distribution d'eau potable en cas d'obstruction de la prise d'eau	VI-8
	6.2.4 Remise en opération de la prise d'eau	VI-8
6.3	Étude d'avant-projet de 1974 pour une nouvelle prise d'eau	VI-9

TABLE DES MATIÈRES (suite)

6.4	Expériences vécues dans diverses municipalités	VI-10
6.4.1	Ville de Sillery	VI-10
6.4.2	Ville de Lévis-Lauzon	VI-11
6.4.3	Ville de Saint-Romuald	VI-11
6.5	Conclusions	VI-12
VII-	PLANTES HERBACÉES ET SÉDIMENTS	VII-1
7.1	Plantes herbacées	VII-1
7.2	Expériences vécues dans diverses municipalités	VII-2
7.2.1	Ville de Sillery	VII-2
7.2.2	Ville de Lévis-Lauzon	VII-2
7.2.3	Ville de Saint-Romuald	VII-3
7.3	Sédiments	VII-3
VIII-	RÉHABILITATION PROJETÉE	VIII-1
8.1	Description des variantes de réhabilitation	VIII-1
8.1.1	Variante A	VIII-1
8.1.2	Variante B	VIII-2
8.2	Méthodes de construction	VIII-3
8.2.1	Variante A	VIII-3
8.2.2	Variante B	VIII-4
8.3	Estimation des coûts	VIII-5
8.4	Analyse comparative	VIII-6

TABLE DES MATIÈRES (suite)

IX-	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	IX-1
9.1	Conclusions	IX-1
9.2	Recommandations	IX-9
9.3	Études complémentaires	IX-10
LISTE DES FIGURES		
Figure 6.1	Formation de frasil	VI-14
Figure 6.2	Fréquence des arrêts de la prise d'eau dus à l'obstruction par le frasil pour le mois de décembre 1988	VI-15
Figure 6.3	Fréquence des arrêts de la prise d'eau dus à l'obstruction par le frasil pour le mois de décembre 1989	VI-16
Figure 6.4	Fréquence des arrêts de la prise d'eau dus à l'obstruction par le frasil pour le mois de décembre 1990	VI-17
Figure 6.5	Fréquence des arrêts de la prise d'eau dus à l'obstruction par le frasil pour le mois de décembre 1991	VI-18
Figure 6.6	Fréquence des arrêts de la prise d'eau dus à l'obstruction par le frasil pour le mois de décembre 1992	VI-19
Figure 6.7	Zone dans laquelle l'eau brute est acceptable pour le traitement	VI-20
Figure 8.1	Variantes de réhabilitation projetées	VIII-11
Figure 9.1	Variantes de réhabilitation projetées	IX-18
LISTE DES TABLEAUX		
Tableau 3.1	Tableau comparatif des sites et alternatives pour la prise d'eau projetée	III-14
Tableau 5.1	Capacité hydraulique de la prise d'eau et des conduites d'adduction pour différentes conditions de marée	V-9
Tableau 5.2	Évaluation du coefficient de frottement C de Hazen-Williams des conduites d'adduction et de la prise d'eau en condition de marée haute	V-10

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Tableau 5.3	Évaluation du coefficient de frottement C de Hazen-Williams des conduites d'adduction et de la prise d'eau en condition de marée basse	V-12
Tableau 6.1	Autonomie de la ville de Sainte-Foy pour la distribution d'eau potable en cas d'obstruction de la prise d'eau par le frasil	VI-21
Tableau 8.1	Variante A - Estimation des coûts	VIII-7
Tableau 8.2	Variante B - Estimation des coûts	VIII-8
Tableau 8.3	Avantages et désavantages de chaque variante de réhabilitation	VIII-9
Tableau 9.1	Capacité hydraulique de la prise d'eau et des conduites d'adduction pour différentes conditions de marée	IX-11
Tableau 9.2	Observations de différentes municipalités relativement au problème d'obstruction des prises d'eau par le frasil	IX-12
Tableau 9.3	Autonomie de la ville de Sainte-Foy pour la distribution d'eau potable en cas d'obstruction de la prise d'eau par le frasil	IX-13
Tableau 9.4	Variante A - Estimation des coûts	IX-14
Tableau 9.5	Variante B - Estimation des coûts	IX-15
Tableau 9.6	Avantages et désavantages de chaque variante de réhabilitation	IX-16

ANNEXES

Annexe I	Figures provenant de l'étude d'avant-projet de la prise d'eau de Sainte-Foy
Annexe II	Examen de la prise d'eau - Cédule
Annexe III	Rapport d'inspection télévisée de la prise d'eau
Annexe IV	Niveau de référence au poste d'eau brute

IV- ÉTAT PHYSIQUE DE LA PRISE D'EAU

Une inspection télévisée des conduites d'adduction a été effectuée de façon à visualiser l'état des conduites et ainsi, déceler toute anomalie pouvant influencer le rendement de la prise d'eau.

4.1 Matériel et méthode

4.1.1 La caméra

L'inspection a été effectuée au moyen d'une caméra submersible installée sur un dispositif motorisé. La caméra était reliée à un moniteur par un câble d'alimentation juxtaposé à un câble tracteur. La progression du véhicule était enregistrée automatiquement, de sorte que la distance parcourue à l'intérieur d'une conduite s'affichait à l'écran.

4.1.2 La préparation sur le terrain

L'inspection devait être réalisée dans des conduites vidangées afin d'être valable et visible. Il devenait donc nécessaire d'obstruer la prise d'eau principale de même que la prise d'eau d'urgence puis de vidanger les conduites à l'aide d'une pompe depuis la station de pompage. Le blocage des conduites était assuré à l'aide de ballons gonflables spécialement conçus pour ce genre d'usage. Les ballons étaient d'abord mis en place par des plongeurs avant d'être gonflés au moyen d'un compresseur portatif.

La cédule adoptée pour la réalisation des diverses étapes nécessaires est montrée à l'annexe II.

4.2 Résultats

L'inspection était prévue pour le vendredi 20 novembre 1992. À cette journée, la marée était basse à environ 8h a.m. et la température était stable à -10°C . Le froid persistant de cette matinée devait d'ailleurs être responsable d'un retard sur la cédule en raison des conditions de travail devenues difficiles pour les plongeurs. Des problèmes avec l'ouverture des grilles compliquaient de plus un travail déjà ardu.

4.2.1 Section comprise entre la prise d'eau et le regard de grève

Le retard accumulé sur l'horaire initial devait d'ailleurs résulter en l'examen d'une seule conduite (750 ϕ) entre la prise d'eau et le regard de grève. L'examen de cette conduite devait révéler que celle-ci était totalement emplie d'eau et qu'un certain débit y circulait. La très faible visibilité, due à la turbidité, a empêché toute interprétation.

Ces conditions ont soulevé les observations suivantes:

- la conduite présente une pente contraire à celle escomptée de sorte qu'elle ne peut se vider complètement vers le puits de pompage;
- des fuites sont présentes quelque part sur la conduite et/ou le ballon servant à boucher la conduite était mal ajusté et laissait fuir de l'eau.

Il est à noter que la caméra n'a pu parcourir la conduite sur toute sa longueur (205 m) en raison d'un obstacle rencontré à la distance 158 m. En effet, à cet endroit, la caméra motorisée heurtait un objet ou encore un joint déplacé et ne pouvait avancer au risque de basculer complètement.

4.2.2 Section comprise entre la station de pompage et le regard de grève

L'inspection réalisée sur les deux (2) conduites dans cette section (96 m) a permis une évaluation partielle de l'état des conduites de même qu'une appréciation de leur profil réel.

Les conduites n'ont pu être visionnées sur toute leur longueur puisque la caméra était submergée complètement (niveau d'eau plus haut que l'objectif) à trois (3) reprises (sur trois (3) longueurs distinctes) pour la conduite de 750 ϕ et à deux (2) reprises pour la conduite de 600 ϕ .

L'inspection de la conduite de 600 ϕ a, d'autre part, révélé la présence de deux (2) fuites apparentes (au-dessus du niveau d'eau résiduel) non loin de l'arrivée à la station de pompage (chaînage 8 m après le coude d'entrée). Ces fuites ne sont cependant pas jugées problématiques lorsque la conduite est en charge.

Le rapport d'inspection produit par la firme LCS est présenté à l'annexe III.

4.3 Conclusion

Le travail d'inspection visuelle n'a cependant pas réussi à fournir toute l'information attendue d'une telle opération. Cependant, les observations recueillies au cours de cet essai ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- la pente des conduites n'est pas vers la station de pompage mais bien vers le fleuve;
- des fuites sont probablement présentes sur le tronçon: prise d'eau - regard de grève et ce, pour les deux (2) conduites;

- un affaissement de certaines sections sur le tronçon station de pompage - regard de grève résultant en la présence de points hauts et bas, sont observables sur les deux (2) conduites;
- mis à part la présence de deux (2) fuites apparentes sur la conduite de 600 ϕ , l'état des conduites semble acceptable.

6.2.3 Autonomie de la Ville pour la distribution d'eau potable en cas d'obstruction de la prise d'eau

L'autonomie de la ville de Sainte-Foy, en cas d'obstruction de la prise d'eau, est évaluée sans incendie et avec un incendie majeur. Le facteur de consommation journalière maximale utilisé est de 1,14. Il s'agit du facteur de consommation maximale pour le mois de décembre établi à partir des statistiques des dernières années. Les résultats, montrés au tableau 6.1, indiquent des autonomies de 13,6 et 9,5 heures, respectivement pour les années 1991 et 2011. Les résultats montrent qu'un incendie majeur n'affecte pas de façon significative l'autonomie de la Ville en cas d'obstruction de la prise d'eau.

6.2.4 Remise en opération de la prise d'eau

Le dégagement de la prise d'eau obstruée par le frasil s'effectue par un débit d'eau plus chaude à contre-courant provenant d'un puits de 150 mm de diamètre. La conduite de refoulement est en fonte de 150 mm de diamètre et le débit du puits est de l'ordre de 38 l/s (500 gal.imp/m). La prise d'eau est munie de neuf (9) sorties de 25 mm de diamètre, soit trois (3) pour chacune des ouvertures de la prise d'eau. Toutefois, selon les plongeurs, il y en aurait six (6) de complètement obstruées, une (1) de partiellement obstruée et deux (2) en bon état. Il est à noter que cette déduction a été effectuée à l'aide du sens du toucher des plongeurs car ceux-ci ne voient rien lors des plongées.

Compte tenu du fait que le système de remise en opération de la prise d'eau ou système de "dégel" ne fonctionne que partiellement, il faut conclure que le moyen le plus efficace pour dégager la prise est la remontée de la marée, ce qui, à notre avis, ne semble pas sécuritaire.

IX- CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

9.1 Conclusions

- Objectif et problématique

La ville de Sainte-Foy s'alimente en eau potable dans le fleuve Saint-Laurent au moyen d'une prise d'eau construite en 1963, située à la hauteur de Cap-Rouge. Les eaux brutes sont pompées vers l'usine de filtration où un traitement est effectué.

Depuis plusieurs années, la ville de Sainte-Foy éprouve des difficultés d'opération avec la prise d'eau:

- obstruction par le frasil;
- obstruction par les herbes et le foin à tous les printemps à environ cinq (5) ou six (6) reprises;
- variation aléatoire de la qualité de l'eau brute (effet de la rivière Cap-Rouge) qui influence l'efficacité du traitement;
- obstruction continue de la prise d'eau d'urgence.

De ces difficultés d'opération, l'obstruction de la prise d'eau par le frasil est la plus problématique.

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer l'état physique et la capacité hydraulique de la prise d'eau incluant les conduites d'adduction en fonction des besoins pour l'horizon 2011. Le deuxième volet de l'étude concerne les difficultés d'opération de la prise d'eau. En effet, au début de la période hivernale, la prise d'eau est obstruée par le frasil pour des périodes allant jusqu'à six (6) heures, ce qui inquiète grandement les responsables de l'alimentation en eau de la Ville. De plus, les herbes et le foin obstruent également la prise d'eau au printemps à cinq (5) ou six (6) reprises.

- **Besoins**

Les besoins pour l'année 2011 ont été établis en considérant une augmentation annuelle de 2% de la demande pour les vingt (20) prochaines années, basée sur les statistiques de consommation de l'année 1991. Le facteur d'augmentation correspondant est de 1,486. Les besoins sont résumés sur le tableau suivant:

ANNÉE	CONSOMMATION JOURNALIÈRE MOYENNE (m ³ /d)	CONSOMMATION JOURNALIÈRE MAXIMALE ⁽¹⁾ (m ³ /d)
1991	53 945	75 523
2011	80 160	112 224

(1) Facteur de pointe journalier; 1,4

- **Étude d'avant-projet de Bernard Grondin**

L'étude d'avant-projet de M. Bernard Grondin pour l'aménagement d'une nouvelle prise d'eau, effectuée en 1974, a analysé plusieurs sites d'implantation et le site retenu a été celui qui a présenté le meilleur compromis entre les facteurs suivants:

- coûts comparatifs des ouvrages pour les quatre (4) types d'accès (jetée avec pont, pont, tunnel, bateau ou hélicoptère);
- qualité de l'eau brute (en limitant les effets de la rivière Cap-Rouge avec une valeur minimale de conductivité);
- distance minimale du cône de diffusion du diffuseur d'eaux usées de Sainte-Foy;
- distance par rapport à la ligne de navigation occasionnelle;
- nature du lit du fleuve.

Il est à noter que même si le site retenu pour la prise d'eau est à plus de 10 mètres de profondeur à marée basse, un système d'eau chaude est prévu pour combattre le frasil.

- **État physique de la prise d'eau**

L'état physique de la prise d'eau a été évalué à l'aide d'une inspection télévisée des conduites d'adduction. Compte tenu du fait que les ballons ont été installés à la tête de la prise d'eau et que la pente ne permettait pas la vidange des conduites et/ou présence de fuites, les sections de conduites de 600 et 750 mm ϕ du regard de grève à la tête de la prise d'eau n'ont pas été inspectées. Les résultats obtenus ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- la pente des conduites n'est pas vers la station de pompage mais bien vers le fleuve;
- des fuites sont probablement présentes sur le tronçon: tête de la prise d'eau - regard de grève et ce, pour les deux (2) conduites;
- un affaissement de certaines sections sur le tronçon station de pompage - regard de grève, résultant en la présence de points hauts et bas, sont observables sur les deux (2) conduites.

Ainsi, à la lumière des résultats de l'inspection télévisée et mise à part la présence de deux (2) fuites apparentes sur la conduite de 600 mm ϕ , l'état physique des conduites d'adduction est jugé satisfaisant.

- **Capacité hydraulique de la prise d'eau et des conduites d'adduction**

La capacité hydraulique des conduites d'adduction et de la prise d'eau a été évaluée et les résultats obtenus ont montré un coefficient de frottement C de Hazen-Williams variant de 103 à 96 respectivement pour des débits de 1 565 à 3 666 m³/h.

Ainsi, les coefficients de frottement C baissent légèrement avec l'augmentation du débit circulant dans les conduites d'adduction. Ceci s'explique par le fait que la perte de charge locale de la tête de la prise d'eau, qui augmente avec le débit, n'est pas incluse en longueur équivalente de conduites d'adduction. En effet, le coefficient C des conduites d'adduction et de la tête de la prise d'eau est évalué avec la longueur réelle des conduites d'adduction, soit 296 mètres.

De son côté, la ville de Sainte-Foy a également effectué des essais en 1987 et les résultats obtenus pour les coefficients de frottement C ont varié de 115 à 88.

Les capacités hydrauliques des conduites d'adduction et de la prise d'eau ont été évaluées pour différentes conditions de marée et les résultats sont montrés au tableau 9.1. Ces valeurs de capacité ont été établies à partir d'un coefficient de frottement C de 88. C'est la valeur la plus juste à utiliser pour évaluer les capacités hydrauliques, compte tenu que la capacité de pompage est de l'ordre de 4 500 m³/h. La capacité hydraulique minimale lors d'une grande marée basse est donc de 135 000 m³/d, ce qui est supérieure à la demande maximale journalière de l'année 2011 de 112 224 m³/d.

- **Capacité de pompage d'eau brute**

La capacité de pompage, de l'ordre de 4 500 m³/h (108 000 m³/d), sera légèrement insuffisante pour prendre la consommation maximale journalière de 112 224 m³/d projetée pour l'année 2011.

- **Étude de frasil**

L'obstruction de la prise d'eau par le frasil est le problème le plus préoccupant pour la ville de Sainte-Foy. Ces obstructions surviennent généralement au début du mois de décembre et le nombre d'obstruction pour les années 1988 à 1992 a varié de 5 à 25 par année, tandis que la durée de ces obstructions pouvait s'étendre jusqu'à six (6) heures.

Un résumé des observations recueillies suite à des discussions avec les villes de Sillery, Lévis-Lauzon et Saint-Romuald, relativement au problème de frasil, est montré au tableau 9.2. On note sur le tableau 9.2 que le système de déblocage utilisé par ces villes est le débit à contre-courant dans la conduite d'amenée ainsi que la remontée de la marée.

L'autonomie de la ville de Sainte-Foy pour la distribution en eau à partir des réservoirs, incluant la protection incendie, est évaluée à 13,6 heures pour l'année 1991 et à 9,5 heures pour l'année 2011 (voir tableau 9.3). Compte tenu de cette faible autonomie, il importe que le système de déblocage de la prise d'eau soit efficace. Or, ce n'est pas le cas présentement, puisque six (6) des neuf (9) sorties d'eau plus chaude de 25 mm de diamètre ne fonctionneraient pas. En fait, c'est la remontée de la marée qui dégage la prise d'eau lorsqu'elle est obstruée par le frasil. L'alimentation des sorties d'eau plus chaude de 25 mm de diamètre s'effectue via un puits de 150 mm de diamètre d'une capacité de 38 l/s (500 gal.imp.m).

Compte tenu de la complexité des mécanismes de formation du frasil (conditions hydrodynamiques du fleuve et de ses tributaires, température, type de frasil), rien ne nous permet de prédire, sur une base statistique rationnelle, les fréquences et les périodes à laquelle la prise d'eau s'obstrue par le frasil. Dans ces circonstances, la ville de Sainte-Foy est vulnérable à l'obstruction de sa prise d'eau par le frasil et s'expose par le fait même à des risques majeurs si jamais celle-ci devait demeurer obstruée pour une période supérieure à l'autonomie de ses réservoirs de distribution.

Compte tenu que le système de déblocage ou de "dégel" du frasil de la prise d'eau est inefficace, la ville de Sainte-Foy doit absolument y remédier:

- en réhabilitant, les sorties d'eau plus chaude existantes inopérantes de 25 mm de diamètre provenant du puits de 150 mm de diamètre et;
- en installant un système de grilles chauffantes à l'entrée de la prise d'eau.

De cette façon, la Ville disposera de deux (2) systèmes "mécaniques" en plus d'un système "naturel" (remontée de la marée) pour le déblocage de sa prise d'eau obstruée par le frasil.

D'autre part, l'analyse effectuée par M. Jean-Louis Verrette, ingénieur hydraulicien, a montré que le frasil n'est pas un facteur à considérer dans la prise de décision de la variante de réhabilitation de la prise d'eau à retenir, car peu importe sa localisation (site actuel ou sites où la qualité de l'eau est acceptable, voir figure 9.1), la quantité de frasil sera à peu près la même.

- **Plantes herbacées**

La seconde difficulté d'opération vécue par la ville de Sainte-Foy est l'obstruction de la prise d'eau par le foin durant la crue printanière, principalement en mai. En effet, la prise d'eau s'obstrue environ cinq (5) à six (6) fois par année par le foin et elle est alors nettoyée manuellement par des plongeurs. Durant la période où la prise d'eau s'obstrue par le foin, le nettoyage est effectué à la fréquence d'une (1) fois à tous les trois (3) à cinq (5) jours.

Une des raisons pourquoi le foin obstrue la prise d'eau est sa forme elle-même. En effet, les trois (3) entrées de la prise d'eau sont directement perpendiculaires à la ligne d'écoulement de l'eau ou au lit du fleuve. Une forme sphérique de la prise d'eau et de ses entrées permettrait aux plantes herbacées et au foin de moins accrocher aux entrées de la prise d'eau.

Quant à la présence d'herbe et de foin dans l'écoulement, leur concentration augmente généralement au fur et à mesure qu'on se rapproche de la zone intertidale.

Ainsi, une des meilleures façons de réduire la concentration des plantes herbacées et du foin, sans toutefois les éliminer complètement, est de construire une prise d'eau plus au large. Toutefois, on ne pourrait jamais justifier, du point de vue financier, d'installer une prise d'eau plus au large du fleuve uniquement basé sur le critère de réduire les plantes herbacées et le foin.

- **Sédiments**

La présence de sédiments du côté ouest de la prise d'eau s'explique en grande partie par la notion de vitesse moyenne du courant et du courant résiduel du fleuve dans la direction ouest vers l'est.

De plus, il faut également tenir compte de la vitesse d'entrée de l'eau brute à travers les grilles de la prise d'eau. Avec un débit pompé maximum de l'ordre de 4 500 m³/h, la vitesse d'entrée à chacune des trois (3) orifices de la prise d'eau est de l'ordre de 0,3 m/s, soit une vitesse inférieure à celle permettant la remise en suspension des sédiments. Ces vitesses d'entrée varient évidemment avec la vitesse du courant, un équilibre s'effectue entre l'érosion et la déposition de sédiments toujours avec une prépondérance pour la disposition du côté ouest par rapport au côté de la prise d'eau.

De façon à se prémunir de l'entraînement des sédiments dans les conduites d'adduction, il faut assurer une hauteur minimale de 0,75 m entre l'entrée d'eau et le lit du fleuve et avoir des vitesses maximales d'écoulement inférieures à 0,3 m/s à l'entrée de la prise d'eau.

- **Réhabilitation projetée**

Deux (2) variantes de réhabilitation ont été étudiées (voir figure 9.1):

- Variante A: aménagement d'une nouvelle tête de prise au site actuel, incluant la pose d'une (1) nouvelle conduite d'eau plus chaude provenant du puits existant de 150 mm de diamètre et d'un (1) conduit pour câble électrique (grille chauffante).

- Variante B: aménagement d'une nouvelle prise d'eau au site 9A (voir figure 9.1), incluant deux (2) conduites d'adduction de 1 050 mm de diamètre, une (1) conduite de dégel provenant du puits existant de 150 mm de diamètre et d'un (1) conduit pour câble électrique (grille chauffante).

L'estimation du coût des variantes est montrée aux tableaux 9.4 et 9.5 tandis que les avantages et désavantages de chacune de celles-ci sont présentés au tableau 9.6.

Compte tenu que le frasil n'est pas un facteur déterminant dans la prise d'eau de la variante à retenir, il se dégage à l'analyse comparative, des avantages et désavantages des deux (2) variantes; que la variante B est nettement plus avantageuse que la variante A. Seul le point de vue financier avantage la variante A par rapport à la variante B, avec un coût de 932 000,00\$ par rapport à 5 176 000,00\$. Il est à noter que ces montants incluent les imprévus, les frais contingents et les taxes.

9.2 Recommandations

L'étude a permis de montrer que la ville de Sainte-foy est vulnérable à l'obstruction de sa prise d'eau par le frasil et que le système de déblocage à l'eau plus chaude provenant du puits existant n'est plus fonctionnel. De plus, la présence de plantes herbacées et de foin, lors de la période de crue, obstrue également sa prise d'eau.

En conséquence, il est recommandé d'aménager une nouvelle prise d'eau au site 9A (variante B), tel que montré sur la figure 9.1.

La variante B consiste à aménager une prise d'eau à 635 m de la station de pompage actuelle, incluant deux (2) conduites d'adduction de 1 050 mm de diamètre, DR-21 en polyéthylène, une (1) conduite de 200 mm de diamètre et un (1) conduit électrique pour les grilles chauffantes. La capacité hydraulique de cette prise d'eau est plus du double de celle existante.

9.3 Études complémentaires

Dépendant de la solution qui sera retenue par la Municipalité (voir la variante A ou B), il y aurait lieu, avant de procéder à l'étude des plans et devis, de vérifier les répercussions environnementales et les exigences du MENVIQ concernant les ouvrages préconisés.

Par la suite, il y aurait lieu de fournir une estimation plus précise de la solution retenue en étudiant, entre autres, la forme requise de la tête de la prise d'eau, les besoins thermiques pour éliminer le frasil de même qu'une étude de la qualité des sols et de la bathymétrie au site proposé pour les ouvrages.

TABLEAU 9.1

**CAPACITÉ HYDRAULIQUE DE LA PRISE D'EAU ET
DES CONDUITES D'ADDUCTION POUR DIFFÉRENTES
CONDITIONS DE MARÉE**

Condition de marée	Hauteur (m)	Tête d'eau correspondante au poste de pompage	Capacité hydraulique ⁽¹⁾ (m ³ /d)
• Marée haute moyenne	4,62	7,58	225 000
• Marée haute grande marée	5,38	8,34	237 000
• Marée basse moyenne	0,78	3,74	154 000
• Marée basse grande marée	- 0,03	2,93	135 000

(1) Évaluée avec le coefficient Hazen Williams $C = 88$ provenant des expériences de la ville de Sainte-Foy effectuées en 1987 où les valeurs de C variaient de 88 à 115.

TABLEAU 9.2

OBSERVATIONS DE DIFFÉRENTES MUNICIPALITÉS RELATIVEMENT
AU PROBLÈME D'OBSTRUCTION DES PRISES D'EAU PAR LE FRASIL

ENDROIT	PROFONDEUR DE LA PRISE D'EAU À MARÉE BASSE	OBSTRUCTION DE LA PRISE D'EAU	DURÉE DES ARRÊTS	SYSTÈME DE DÉBLOCAGE
• Sillery	- < 3,0 mètres	- début du mois de décembre - au retour des grands froids suite à une période douce	- ≈ 2 heures - quelques fois 14 heures (attente du 2e cycle de marée)	- débit à contre-courant dans la conduite d'amenée - marée montante
• Lauzon	- 2,4 à 3,0 mètres	- durant toute la période hivernale	- ≈ 2 heures	- marée montante
• Lévis	- 11 mètres	- 3 à 4 fois	- ≈ 2 heures	- débit à contre-courant dans la conduite d'amenée
• Saint-Romuald	- 3 mètres (ancienne prise d'eau) - 9 mètres (nouvelle prise d'eau depuis 1986)	- aucune	- ---	- ---

TABLEAU 9.3

**AUTONOMIE DE LA VILLE DE SAINTE-FOY POUR LA DISTRIBUTION
D'EAU POTABLE EN CAS D'OBSTRUCTION DE LA PRISE D'EAU PAR LE FRASIL**

Année	Consommation moyenne journalière (m ³ /d)	Consommation journalière maximale ⁽¹⁾ (m ³ /d)	Débit incendie ⁽²⁾ (m ³ /d)	Débit total (m ³ /d)	Autonomie ⁽³⁾ (h)
1991	53 945	--	--	53 945	21,1
	53 945	61 500	--	61 500	18,5
	53 945	61 500	7 920	69 420	13,6
2011	80 160	--	--	80 160	14,2
	80 160	91 380	--	91 380	12,5
	80 160	91 380	7 920	99 300	9,5

- (1) Facteur de consommation journalière maximale pour le mois de décembre: 1,14 (statistique des cinq (5) dernières années)
- (2) Grand centre commercial (Ex: Place Laurier): 22 000 l/min pendant six (6) heures = 7 920 m³
- (3) Basée sur une réserve utile de 47 400 m³

TABLEAU 9.4

IX-14

VARIANTE A

ESTIMATION DES COÛTS

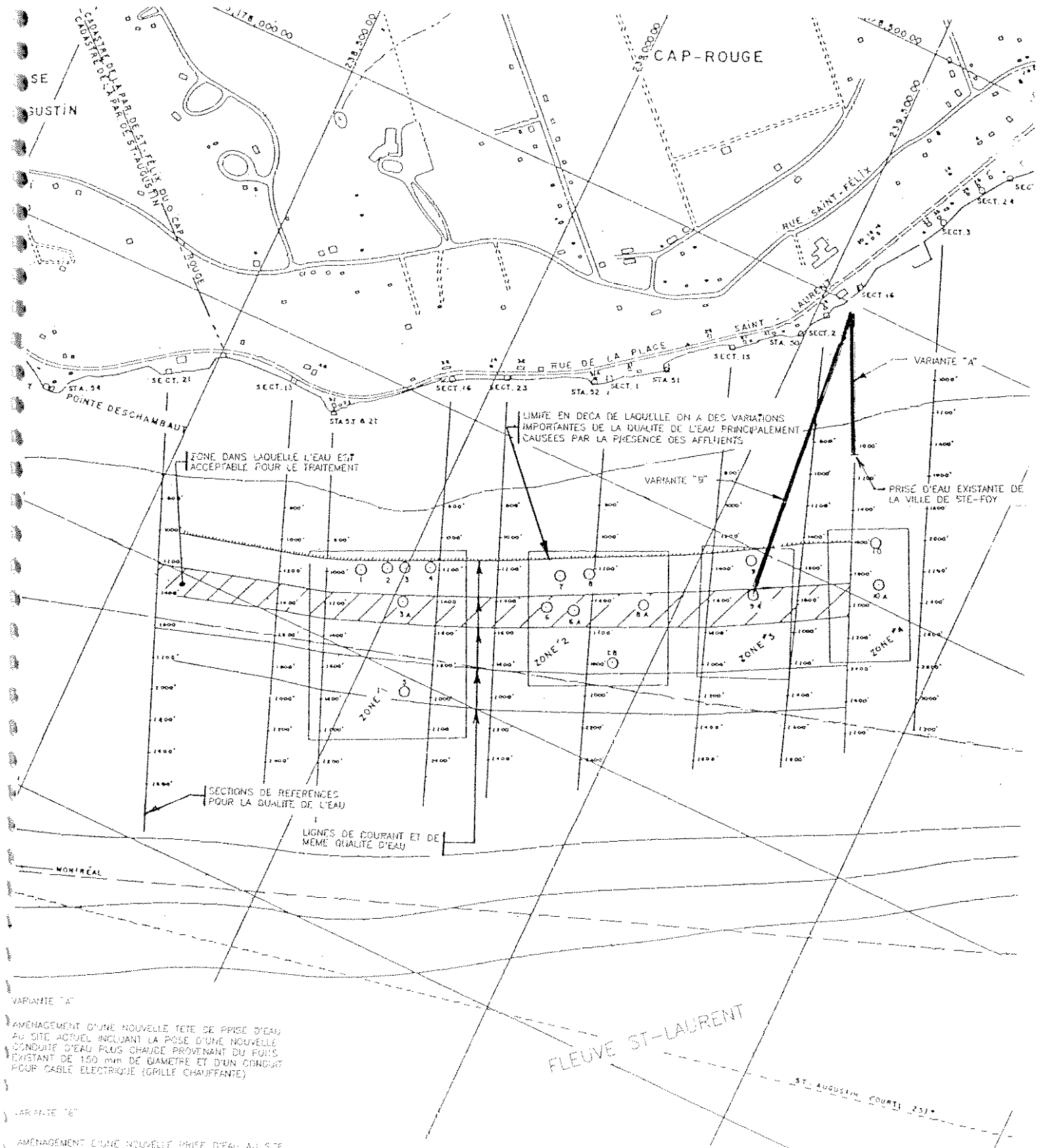
<ul style="list-style-type: none"> • Installation d'une conduite de 150 mm de diamètre pour l'eau provenant du puits et d'un conduit de 75 mm de diamètre pour câble électrique - 220 m @ 700,00\$/m (zone interdidaie) - 100 m @ 1 250,00\$/m (zone immergée) 	 154 000,00\$ 125 000,00\$
<ul style="list-style-type: none"> • Tête de prise d'eau en béton armé incluant métaux ouvrés - achat - mise en place 	 130 000,00\$ 100 000,00\$
<ul style="list-style-type: none"> • Réhabilitation du regard de grève (mur séparateur) 	10 000,00\$
<ul style="list-style-type: none"> • Système électrique incluant fil, contrôle et raccordement dans le bâtiment de pompage 	90 000,00\$
<ul style="list-style-type: none"> • Sous-total • Imprévus (10%) 	609 000,00\$ <u>61 000,00\$</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Sous-total • Frais contingents (25%) 	670 000,00\$ <u>167 000,00\$</u>
<ul style="list-style-type: none"> • T.P.S. (7%) • T.V.Q. (4%) 	837 000,00\$ 59 000,00\$ <u>36 000,00\$</u>
<ul style="list-style-type: none"> ◆ TOTAL 	932 000,00\$

TABLEAU 9.5

VARIANTE B

ESTIMATION DES COÛTS

<ul style="list-style-type: none"> • Installation de: <ul style="list-style-type: none"> - deux (2) conduites d'adduction parallèles en polyéthylène haute densité (H.P.D.E.) de 1 050 mm de diamètre DR-21; - une (1) conduite de 200 mm de diamètre pour l'eau plus chaude; - un (1) conduite H.P.D.E. de 75 mm de diamètre pour câble électrique; - 15 m @ 3 800,00\$/m (partie quai) 57 000,00\$ - 220 m @ 3 300,00\$/m (zone intertidale) 726 000,00\$ - 400 m @ 5 300,00\$/m (zone immergée) 2 120 000,00\$ - vanne de 1 000 mm de diamètre: 2 unités @ 55 000,00\$/unité 110 000,00\$ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Tête de prise d'eau en béton armé incluant métaux ouvrés <ul style="list-style-type: none"> - achat 130 000,00\$ - mise en place 140 000,00\$ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Système électrique incluant fil, contrôle et raccordement dans le bâtiment de pompage 100 000,00\$ 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sous-total 3 383 000,00\$ • Imprévus (10%) <u>338 000,00\$</u> 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sous-total 3 721 000,00\$ • Frais contingents (25%) <u>930 000,00\$</u> 	
<ul style="list-style-type: none"> • T.P.S. (7%) 4 651 000,00\$ • T.V.Q. (4%) 326 000,00\$ • T.V.Q. (4%) <u>199 000,00\$</u> 	
<ul style="list-style-type: none"> ◆ TOTAL 5 176 000,00\$ 	



VARIANTE "A"
 AMÉNAGEMENT D'UNE NOUVELLE TÊTE DE PRISE D'EAU
 AU SITE ACTUEL INCLUANT LA POSE D'UNE NOUVELLE
 CONDUITE D'EAU PLUS CHAUDE PROVENANT DU PUIS
 EXISTANT DE 150 mm DE DIAMÈTRE ET D'UN CONDUIT
 POUR CÂBLE ÉLECTRIQUE (GRILLE CHAUFFANTE)

VARIANTE "B"
 AMÉNAGEMENT D'UNE NOUVELLE PRISE D'EAU AU SITE
 ACTUEL INCLUANT DEUX (2) CONDUITES D'ADUCTION DE
 1050 mm DE DIAMÈTRE, UNE (1) CONDUITE DE CUIVRE
 PROVENANT DU PUIS DE 150 mm DE DIAMÈTRE ET D'UN
 (1) CONDUIT POUR CÂBLE ÉLECTRIQUE (GRILLE CHAUFFANTE)

VARIANTES DE REHABILITATION PROJÉTÉES
 ÉCHELLE 1:5000 FIG. 9.1