

gbi

Être où le génie sera.



Augmentation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux



**Rapport
technique**

Date : Le 23 juin 2022
Dossier **gbi** : E12023-01



Augmentation de la capacité
résiduelle de la station de traitement
des eaux usées

Préparé par :

Maxime Noël, ing.

Ingénieur procédé

OIQ #5031138

Et :

Claudia Rebohle, ing., M. Sc. A.

Chef technique - Études

OIQ #136064

	Émission : 2022-04-21	Version préliminaire	Révision : 00
✓	Émission : 2022-06-23	Version finale	Révision : 00

Dossier **gbi** : E12023-01

Table des matières

1.0	Introduction.....	1
1.1	Mise en contexte	1
1.2	Mandat.....	1
2.0	Interception des eaux usées et description des installations de traitement	2
2.1	Réseau d'égout sanitaire et station de traitement des eaux usées	2
2.2	Boues accumulées au fond des étangs.....	2
3.0	Mise à jour des données d'opération - Débit et charges actuels	3
3.1	Paramètres de conception	3
3.2	Exigences de rejet.....	4
3.3	Débit des eaux usées traitées.....	5
3.4	Débordement de l'ouvrage de surverse	8
3.5	Charges des eaux usées.....	9
3.5.1	Échantillonnage.....	9
3.5.2	DBO ₅	9
3.5.3	MES.....	11
3.5.4	Phosphore.....	13
4.0	Mesures compensatoires.....	14
4.1	Introduction	14
4.2	Ouvrage de surverse et exigence de débordement.....	14
4.3	Liste des mesures compensatoires projetées	15
4.3.1	Campagne de débranchement des gouttières et des drains de toit	15
4.3.2	Augmentation de la capacité des ouvrages.....	16
5.0	Performance épuratoire de la station de traitement	17
5.1	Paramètres analysés.....	17
5.2	Enlèvement de la DBO ₅	17
5.3	Nitrification et toxicité de l'effluent de la station	18

5.4	Enlèvement des MES	20
5.5	Enlèvement du phosphore	21
5.6	Inactivation des coliformes fécaux.....	22
5.7	Rendement épuratoire observé et théorique	22
6.0	Performance du système d'aération – Mise à jour	24
6.1	Oxygène dissous dans les étangs	24
6.2	Calcul de la demande en oxygène et en air	25
6.3	Demande en oxygène - Conception.....	26
6.4	Demande en oxygène – Conditions actuelles	26
7.0	Évaluation de la capacité résiduelle de traitement – Mise à jour	28
7.1	Démarche de l'évaluation	28
7.2	Détermination des trimestres critiques.....	29
7.3	Détermination des paramètres de calcul	30
7.4	Résultats des calculs d'itération et vérifications	31
7.5	Calcul de la capacité maximale de traitement.....	31
7.6	Vérification de la capacité du système de l'aération.....	32
8.0	Besoins futurs en traitement des eaux usées – Mise à jour.....	34
8.1	Population future à desservir	34
8.2	Débit futur des eaux usées	34
8.3	Charges futures	35
8.4	Résumé des besoins futurs en traitement des eaux usées	36
9.0	Résumé des travaux à prévoir pour l'augmentation de la capacité de la station	37
10.0	Augmentation de capacité de l'émissaire.....	38
11.0	Ajout d'un dégrilleur.....	39
12.0	Augmentation de capacité du poste de pompage	42
13.0	Ajout d'un troisième étang	43
14.0	Évaluation préliminaire des coûts.....	44

15.0 Conclusions et recommandations	45
15.1 Conclusions	45
15.2 Recommandations	45

Liste des tableaux

Tableau 2.1 : Boues dans les étangs	3
Tableau 3.1 : Paramètres de conception (2003)	3
Tableau 3.2 : Exigences de rejet.....	4
Tableau 4.1 : Ouvrage de surverse et exigence des débordements	15
Tableau 4.2 : Mesures compensatoires potentielles / Campagne de débranchement de gouttières de surverse et exigence des débordements	16
Tableau 6.1 : Rendement épuratoire théorique et observé.....	23
Tableau 6.1 : Rapport AOR/SOR.....	25
Tableau 6.2 : Demande en oxygène et en air – Conception	26
Tableau 6.3 : Demande en oxygène et en air – Été actuel.....	27
Tableau 7.1 : Volume utile disponible dans les étangs	30
Tableau 7.2 : Données utilisées pour le calcul pour k_e et θ	30
Tableau 7.3 : Résultats des calculs de vérification (nouvelles valeurs k_e et θ).....	31
Tableau 7.4 : Rendement épuratoire futur théorique	32
Tableau 7.5 : Demande en oxygène et en air – Capacité maximale.....	33
Tableau 8.1 : Population future	34
Tableau 8.2 : Débit des eaux usées à traiter	35
Tableau 8.3 : Charges des eaux usées à traiter	35
Tableau 8.4 : Résumé des besoins futurs.....	36
Tableau 14.1 : Résumé des coûts des travaux	44

Liste des figures

Figure 3.1 : Débit moyen à l'affluent	6
Figure 3.2 : Débit journalier maximal à l'affluent.....	7
Figure 3.3 : Charge en DBO ₅ à l'affluent.....	9
Figure 3.4 : Concentration en DBO ₅ à l'affluent	10
Figure 3.5 : Charge en MES à l'affluent.....	11
Figure 3.6 : Concentration en MES à l'affluent	12
Figure 3.7 : Charges en phosphore à l'affluent	13
Figure 5.1: Concentration en DBO ₅ à l'effluent	17
Figure 5.2 : Concentration en azote ammoniacal et VAF à l'effluent.....	19
Figure 5.3: Concentration en MES à l'effluent	20
Figure 5.4: Concentration en phosphore total à l'effluent.....	21
Figure 5.5: Concentration des coliformes fécaux à l'effluent.....	22
Figure 6.1: Oxygène dissous dans les étangs.....	24
Figure 11.1 : Dégrilleur à panier perforé (source : Huber).....	40

Liste des annexes

Annexe A

Rapport gbi E12023-00

Annexe B

Calculs de capacité actuelle - Eckenfelder

Annexe C

Calculs d'aération

Annexe D

Calculs de capacité maximale - Eckenfelder

Annexe E

Schéma conceptuel : Implantation d'un 3^e étang

Annexe F

Estimations préliminaires des coûts

1.0 Introduction

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre des projets de développement, la municipalité de Sainte-Élisabeth (Municipalité) désire augmenter la capacité de sa station de traitement des eaux usées et de mettre à niveau les ouvrages de traitement afin de planifier le raccordement d'environ une centaine de nouvelles résidences, une (1) maison pour aînés et trois (3) commerces. Une précédente étude réalisée en 2019-2020 par **gbi** a mené à plusieurs recommandations pour des travaux au niveau des installations du réseau et de la station de traitement des eaux usées afin de respecter les exigences de rejets aux conditions d'exploitation futures.

En 2021, la Municipalité a reçu des commentaires de la part du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) quant à l'acceptabilité des solutions techniques recommandées.

1.2 Mandat

La municipalité de Sainte-Élisabeth a mandaté **gbi** afin de mettre à jour les données d'exploitation en intégrant les valeurs des deux (2) dernières années (de septembre 2019 à septembre 2021), de réviser le rapport en fonction des commentaires du MELCC et de réaliser la conception préliminaire des futures installations.

Le présent rapport comprend les points suivants :

- Compilation et analyse des données d'exploitation actuelle de la station des deux (2) dernières années de septembre 2019 à septembre 2021 et mise à jour des informations pertinentes sur les installations;
- Conception préliminaire de la mise en place d'un troisième étang;
- Conception préliminaire de l'augmentation de la capacité de la conduite de l'émissaire;
- Recommandation pour la mise en place d'un dégrilleur;
- Recommandation pour la mise aux normes et l'augmentation de la capacité du poste de pompage principal;

- Dessins et croquis conceptuels;
- Mise à jour des estimations des coûts d'investissement;

Le rapport inclut également un chapitre concernant les mesures compensatoires mises en place par la Municipalité visant à limiter la fréquence des débordements.

2.0 Interception des eaux usées et description des installations de traitement

2.1 Réseau d'égout sanitaire et station de traitement des eaux usées

Le rapport rédigé par **gbi** (E12023-00) en juillet 2020 décrit de manière détaillée le réseau et les installations de la station de traitement des eaux usées. Entre la période 2019 et 2021, aucune modification significative n'a impacté ces installations. Le rapport en question est présenté en **Annexe A**.

Dans le présent rapport, nous avons procédé une mise à jour des données d'opération incluant la période de septembre 2019 à septembre 2021.

Par ailleurs, des travaux de vidange de l'étang 2 ont été réalisés en septembre 2020. Les informations sur les boues accumulées dans les étangs sont reprises dans la section suivante.

2.2 Boues accumulées au fond des étangs

Antérieurement à ces travaux de vidange dans l'étang 2, une mesure du niveau des boues dans les deux (2) étangs a eu lieu le 22 novembre 2017. Une autre mesure d'accumulation des boues dans l'étang 2 a été réalisée le 7 août 2019. Selon les informations obtenues par la Municipalité, aucune vidange des boues n'a eu lieu dans les étangs depuis la mise en opération en 2003.

Le **Tableau 2.1** montre les hauteurs et les pourcentages de boues mesurés.

Tableau 2.1 : Boues dans les étangs

Paramètres	Étang	1 (2017)	2 (2017)	2 (2019)	2 (2020)
Hauteur moyenne des boues	m	0,23	0,74	0,91	Vidange de 42,188 TMS (987,110 TMH) Siccité moyenne : 4.28%
Volume des boues (fond et bermes)	m ³	151	559	710	
Pourcentage des boues	%	5,4	20,0	25,4	
Hauteur des boues près de la sortie	m		1,30	1,40	
Radier de la conduite de sortie p/r du fond	m		1,15	1,15	

3.0 Mise à jour des données d'opération - Débit et charges actuels

3.1 Paramètres de conception

La station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth a été mise en opération en 2003 pour desservir une population de 646 personnes.

Les paramètres de conception retenus par le ministère des Affaires Municipales et de l'Habitation (MAMH) pour la station de traitement de la Municipalité sont résumés au **Tableau 3.1**.

Tableau 3.1 : Paramètres de conception (2003)

Débit moyen		245	m ³ /d
Paramètres		mg/L	kg/d
Demande biochimique en oxygène	DBO ₅	145	35,6
Matières en suspension	MES	174	42,7
Phosphore total	P _{tot}	5,7	1,4

Les paramètres de conception des étangs et du système d'aération sont ceux recommandés aujourd'hui par le « *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique* » émis par le MELCC. Il s'agit des paramètres suivants :

Calcul d'enlèvement de la DBO₅ :

- Taux d'enlèvement k_e : k_e à 20°C = 0,37 d⁻¹
- Coefficient de température θ : $\theta = 1,07$

Calcul de l'aération :

- Besoin en oxygène en été = 2,25 kg O₂/kg DBO₅ enlevée
- Besoin en oxygène en hiver = 1,50 kg O₂/kg DBO₅ enlevée

3.2 Exigences de rejet

Les exigences de rejets pour les installations de la municipalité de Sainte-Élisabeth sont résumées dans le **Tableau 3.2**.

Tableau 3.2 : Exigences de rejet

Paramètre	Période	Concentration	Charge	Rendement
		mg/L	kg/d	%
DBO ₅	Hiver - 1 janvier au 31 mars	30	14,2	60
	Printemps - 1 avril au 30 juin	30	12,5	65
	Été - 1 juillet au 30 septembre	25	7,1	80
	Automne - 1 octobre au 31 décembre	30	12,5	65
DBO ₅ *	Année	25	6,1	
MES	Année	25	6,1	
Phosphore	15 mai - 14 novembre	0,8	0,20	80
Coliformes fécaux	1 mai - 31 octobre	5 000 UFC/100 ml		

En janvier 2014, le gouvernement du Québec a adopté le *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (ROMAEU) qui découle de la stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents des eaux usées municipales.

Les équipements d'assainissement devront permettre de respecter, au minimum, les normes pancanadiennes suivantes :

- 25 mg/L pour la demande biochimique en oxygène après cinq (5) jours, partie carbonée (DBO_{5C});
- 25 mg/L pour les matières en suspension (MES).

Il s'agit de normes minimales. Lorsque justifiées par l'établissement, d'objectifs environnementaux de rejets (OER) plus restrictifs, en tenant compte de la capacité de support du milieu récepteur, des exigences de rejet plus sévères peuvent être établies par le Ministère, en tenant compte des technologies disponibles et économiquement réalisables.

3.3 Débit des eaux usées traitées

Les données de septembre 2019 à septembre 2021 ont été compilées, analysées et intégrées au graphique réalisé dans la précédente étude. La **Figure 3.1** montre les débits moyens traités à la station pour la période en question. À noter que les débits ont été obtenus à partir du temps d'opération des pompes.

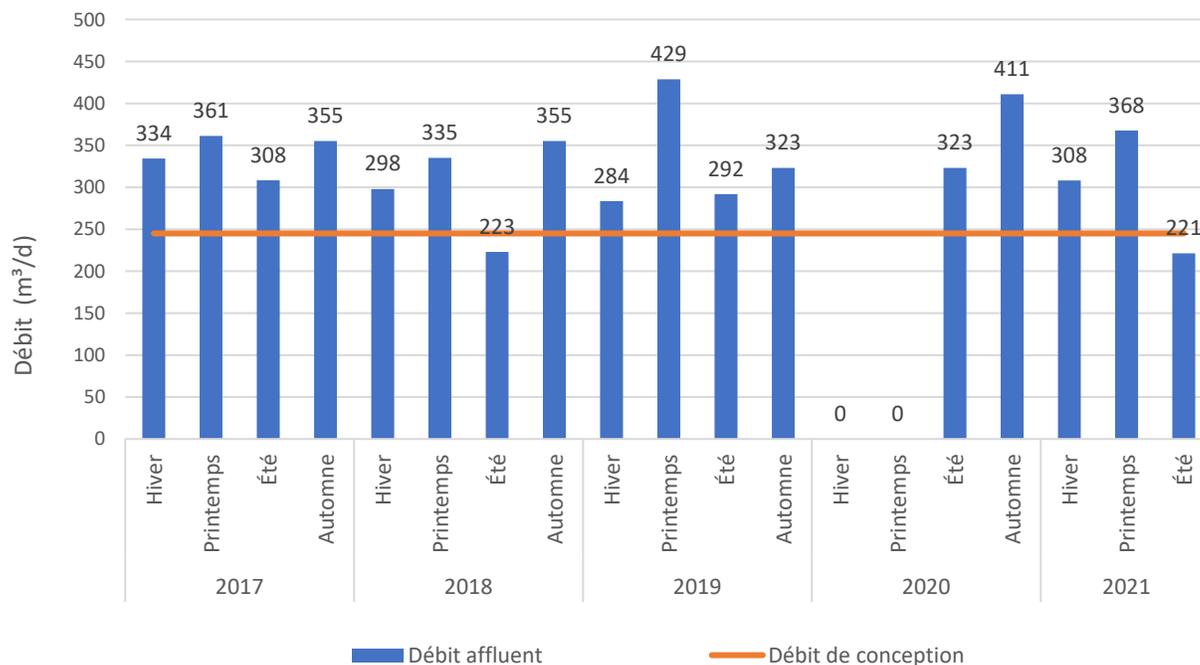


Figure 3.1 : Débit moyen à l'affluent

La **Figure 3.1** montre que le débit de conception de la station de traitement de 245 m³/d est dépassé très régulièrement. À noter que les données pour les périodes hiver et printemps 2020 ne sont pas disponibles.

En moyenne, les débits acceptés à la station sont les suivants :

- Période 2017 – 2021 324 m³/d
- Période sèche (hiver et été) 288 m³/d
- Période de pluie et de fonte (printemps) 373 m³/d

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, le débit des eaux usées unitaire est de 459 L/personne*d. Ceci est une valeur significativement élevée.

Pour rappel les valeurs obtenues avec l'exploitation des données de 2017 à 2019 et présentées dans le rapport de l'**Annexe A** sont sensiblement différentes :

- Période 2017 – 2019 222 m³/d

- Période sèche (hiver et été) 199 m³/d
- Période de pluie et de fonte (printemps) 258 m³/d

Les données d'opération fournies à l'époque pour la période 2017 à 2019 ont été révisées ce qui explique la différence dans les résultats obtenus. C'est le temps d'opération des pompes qui a fourni les débits d'opération utilisée dans ce rapport.

La **Figure 3.2** montre le débit journalier maximal à l'entrée de la station pour la période observée.

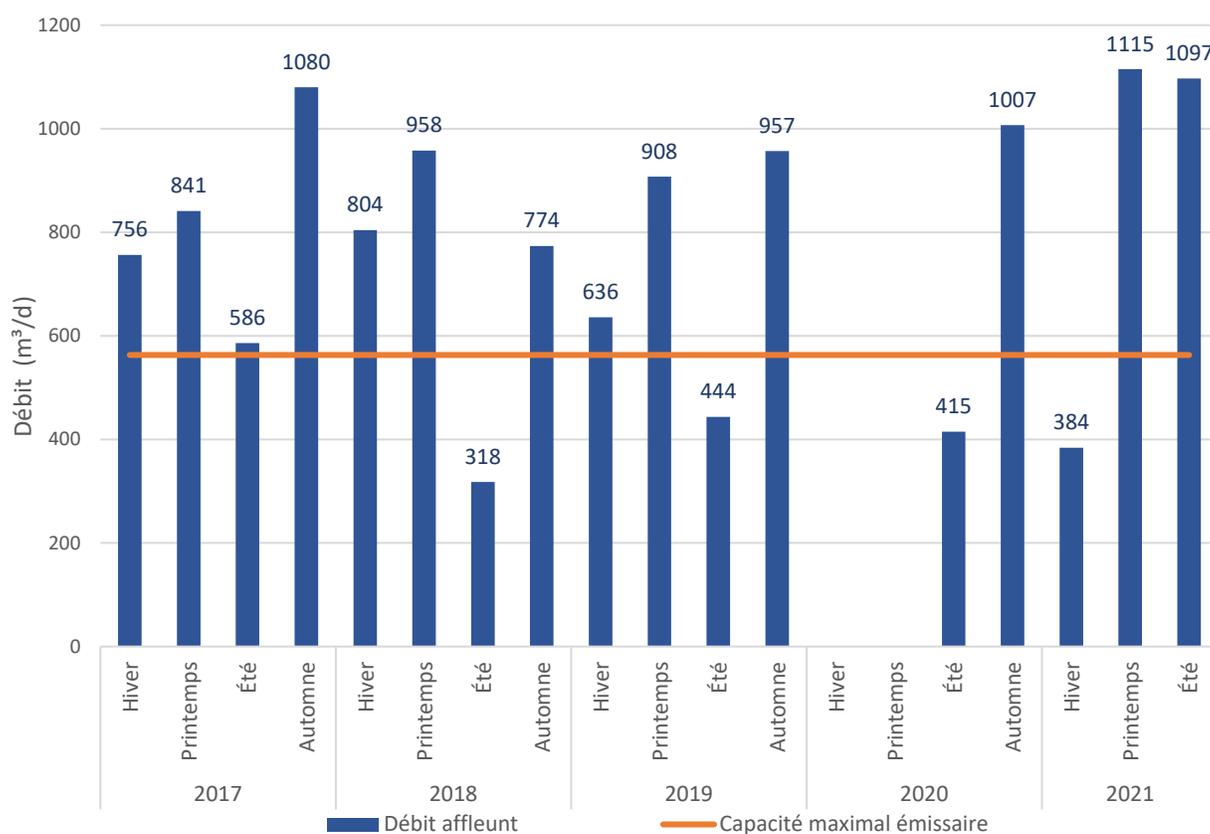


Figure 3.2 : Débit journalier maximal à l'affluent

On peut observer que la capacité maximale de la conduite de l'émissaire de 563 m³/d est largement dépassée quasiment en tout temps excepté en été et plus significativement au printemps et à l'automne et manière plus importante depuis les deux (2) dernières années.

3.4 Débordement de l'ouvrage de surverse

Durant les périodes au cours desquelles le débit à l'affluent de la station dépasse la capacité de la conduite de l'émissaire, l'opérateur fait d'abord monter le niveau d'eau dans les étangs jusqu'au niveau maximal. Afin d'éviter un débordement des étangs, l'opérateur arrête ensuite les pompes du poste de pompage ce qui cause le débordement des eaux usées non traitées vers la rivière Bayonne via le trop-plein en amont du poste.

Notons que les étangs peuvent atténuer une certaine fluctuation du débit d'affluent. Comme pour la période de janvier 2017 à août 2019, aucun débordement du trop-plein n'a été enregistré par temps sec pour la période de septembre 2019 à 2021. Des débordements d'urgence (en condition de pluie avec ruissellement et/ou période de fonte des neiges) ont cependant eu lieu et sont référencés dans le chapitre suivant mesures compensatoires. Ce chapitre reprend les mesures mises ou à mettre en place par la Municipalité visant à limiter la fréquence des débordements.

Les valeurs de débit moyen et de débit journalier maximal à l'affluent obtenues à partir des données d'opération sont significativement élevées. Leur fiabilité peut être questionnable. Il serait donc primordial de les consolider en procédant à une campagne de mesure de débit et valider la calibration régulière des pompes des postes de pompage et suivi des débits acheminés à la station de traitement des eaux usées par le poste de pompage.

Toute l'étude de la capacité des installations est basée sur ces valeurs.

3.5 Charges des eaux usées

3.5.1 Échantillonnage

Afin d'évaluer les charges en DBO₅, en MES et en phosphore acheminées à la station de traitement, nous avons compilé et analysé les données accumulées à l'affluent de la station en intégrant les données de septembre 2019 à septembre 2021. Pour la période observée, un échantillon par mois est analysé.

3.5.2 DBO₅

Les **figures 3.3 et 3.4** montrent les charges et concentrations en DBO₅ à l'affluent de la station de traitement.

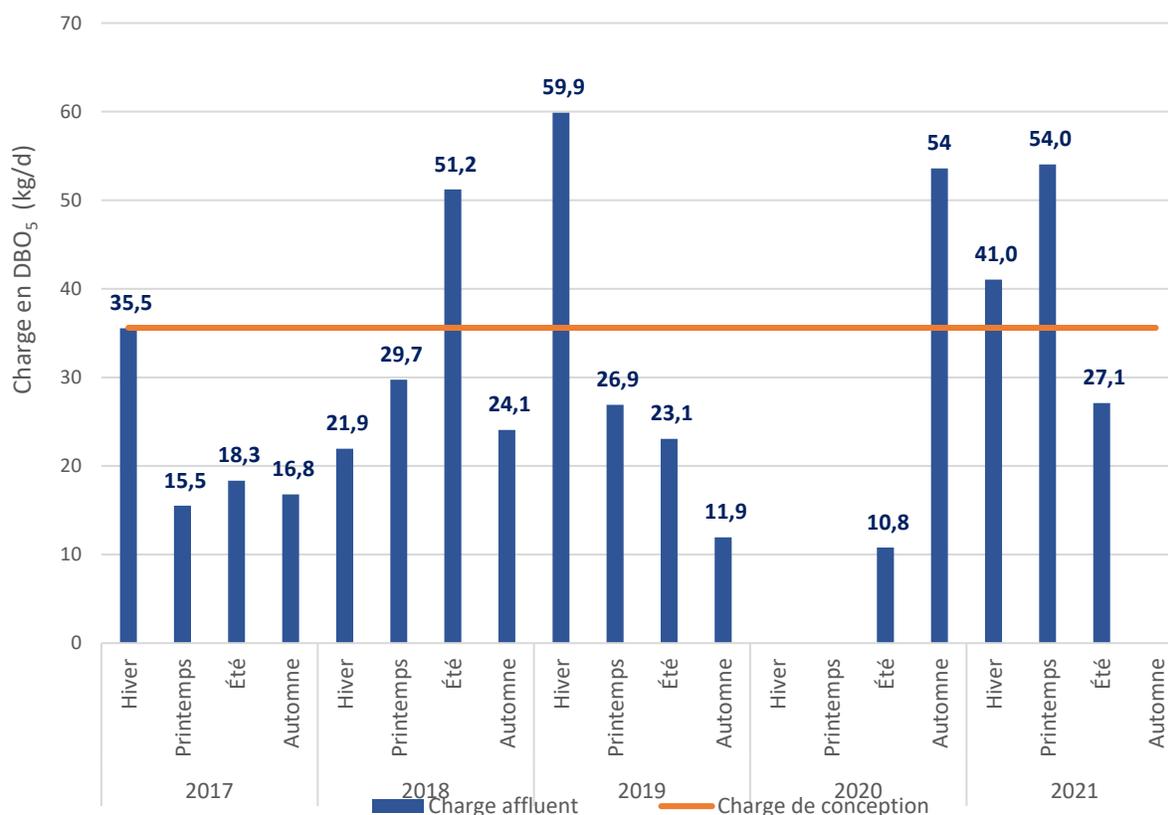


Figure 3.3 : Charge en DBO₅ à l'affluent

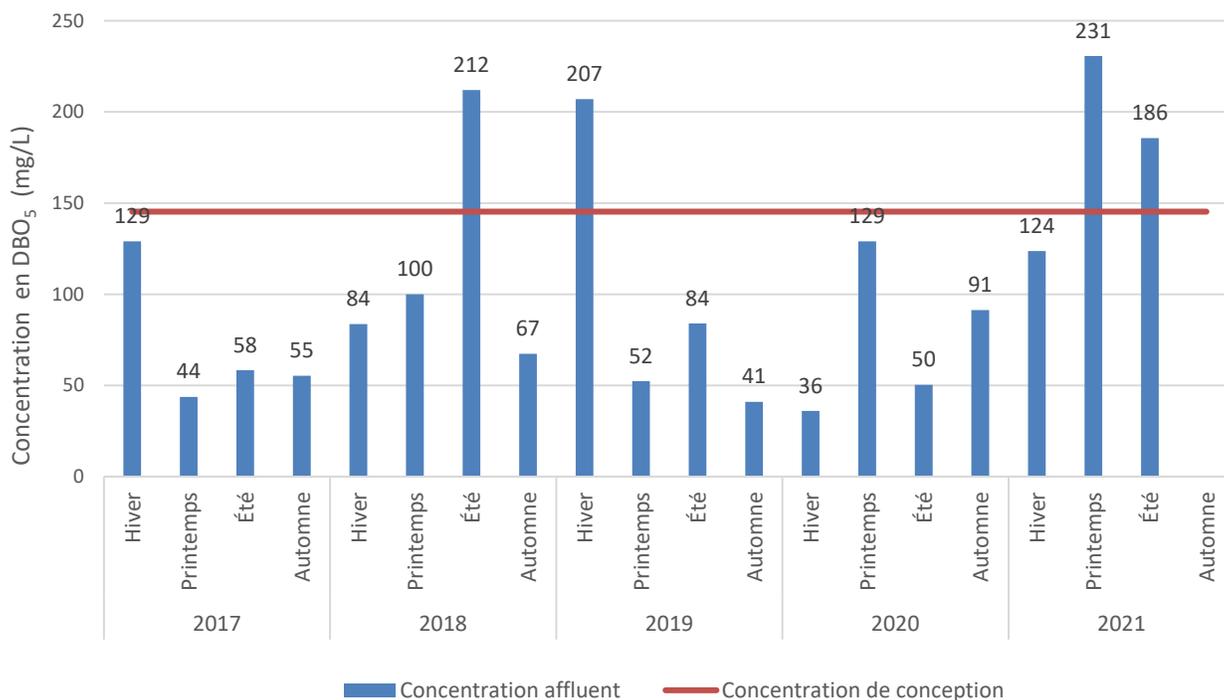


Figure 3.4 : Concentration en DBO₅ à l'affluent

On peut constater que la charge et la concentration de conception de la DBO₅ ont été dépassées à plusieurs reprises.

Pendant la période observée, en temps sec (hiver et été), la charge moyenne en DBO₅ à l'affluent de la station est de 32 kg/d. La concentration moyenne en DBO₅ est de 126 mg/L.

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, la charge unitaire en DBO₅ est de 45 g/personne*d.

Le *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique* (Guide) émis par le MELCC note une charge unitaire résidentielle en DBO₅ de 50 g/personne*d.

3.5.3 MES

Les **Figures 3.5** et **3.6** montrent la charge et la concentration en MES à l’affluent de la station de traitement.

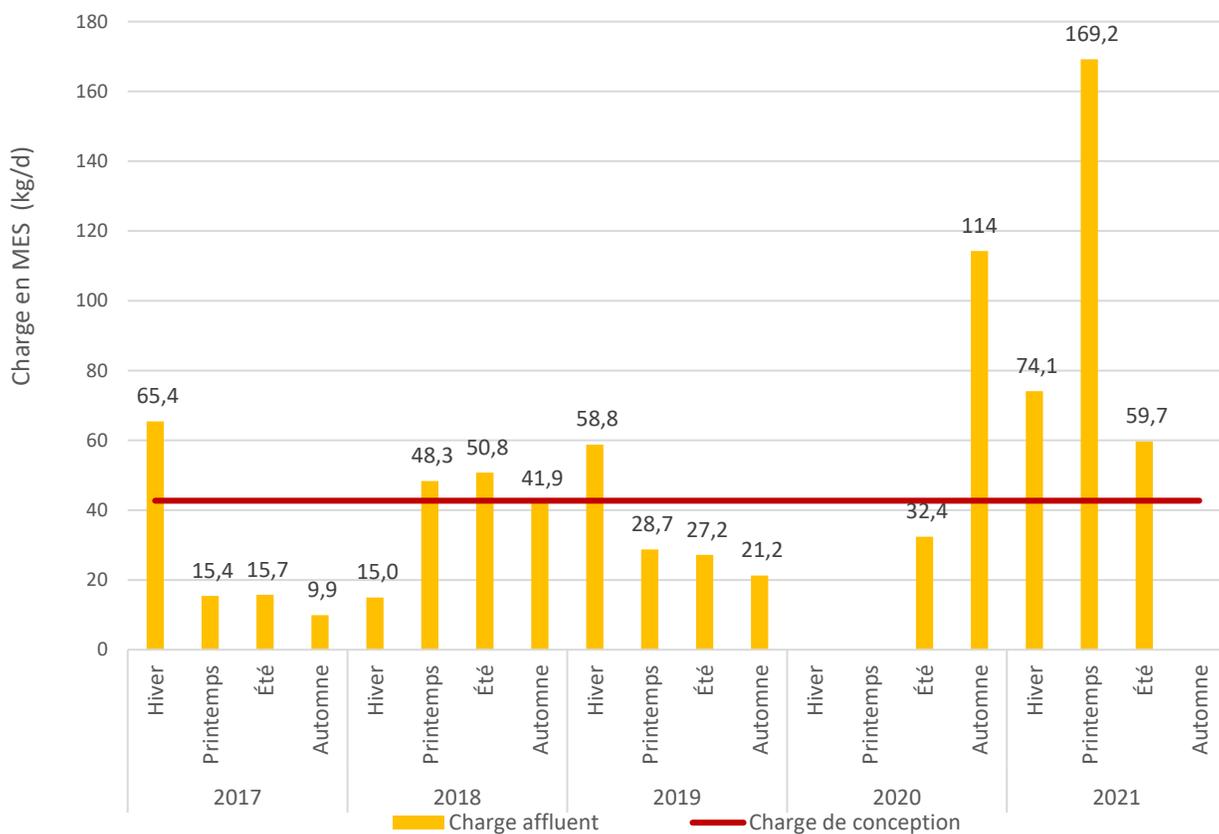


Figure 3.5 : Charge en MES à l’affluent

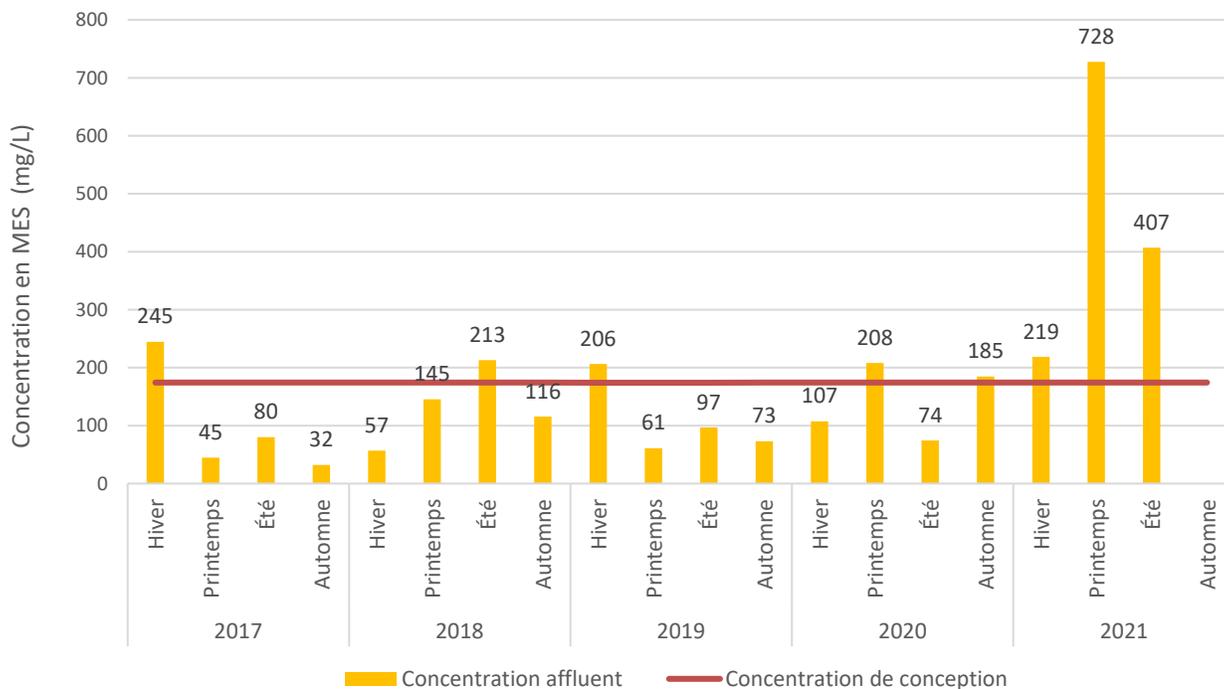


Figure 3.6 : Concentration en MES à l'affluent

On peut constater que la charge et la concentration de conception pour les MES ont été dépassées à plusieurs reprises

Pendant la période observée, en temps sec, la charge moyenne en MES à l'affluent de la station est de 44 kg/d. La concentration moyenne en MES est de 178 mg/L. Ces valeurs ne dépassent pas les valeurs de conception.

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, **la charge unitaire en MES est de 62 g/personne*d.**

Le Guide émis par le MELCC note une charge unitaire résidentielle en MES de 60 g/personne*d.

3.5.4 Phosphore

La concentration en phosphore total à l'affluent de la station de traitement est mesurée une fois par mois entre le 15 mai et le 14 novembre de chaque année. La charge en phosphore est montrée à la **Figure 3.7**.

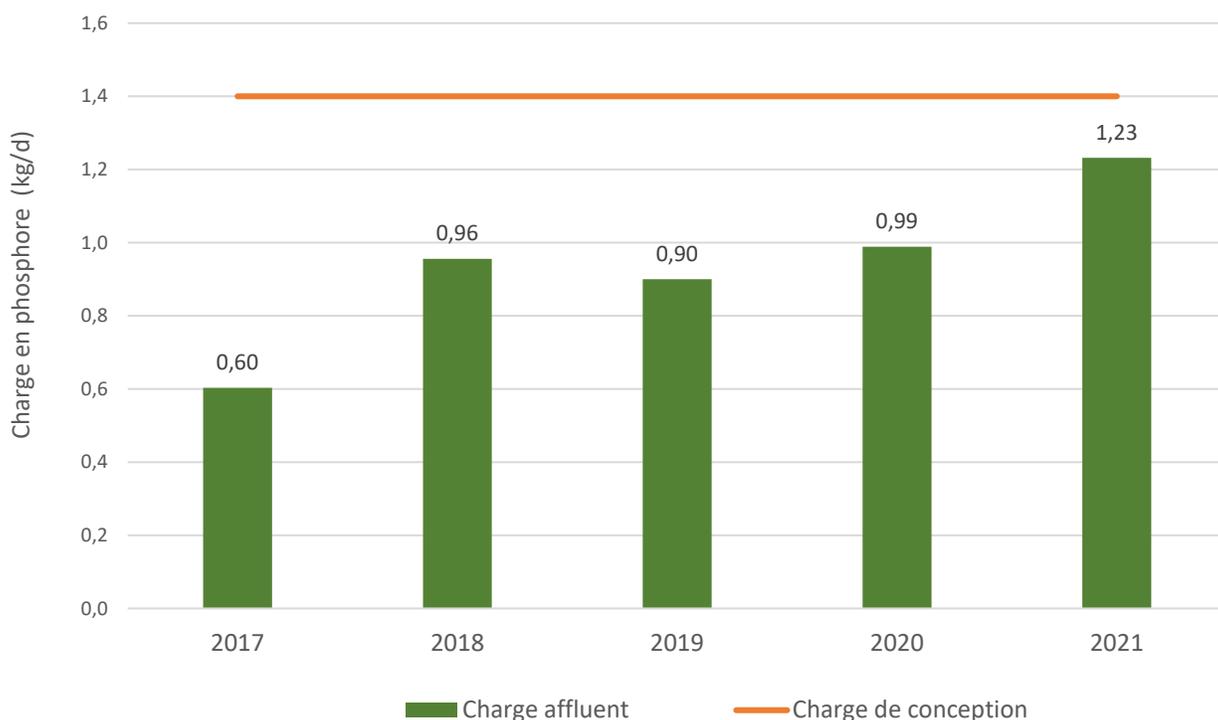


Figure 3.7 : Charges en phosphore à l'affluent

Nous pouvons constater que la charge de conception fixée pour le phosphore de 1,4 kg/d n'est pas dépassée.

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, **la charge unitaire en phosphore est de 1,29 g/personne*d.**

Le Guide émis par le MELCC note une charge unitaire résidentielle en phosphore de 2 g/personne*d.

4.0 Mesures compensatoires

4.1 Introduction

Depuis le 1^{er} avril 2014, le MELCC n'autorise aucun projet d'extension du réseau d'égout susceptible de faire augmenter la fréquence des débordements d'égouts unitaires, sanitaire ou pseudo-sanitaires sans que des mesures compensatoires ne soient prévues. Les mesures compensatoires peuvent être regroupées selon les objectifs suivants :

- Retirer minimalement du réseau d'égout sanitaire les débits équivalant au projet de développement ou de redéveloppement prévu, exemple ;
 - Débranchement des drains de fondation de l'égout sanitaire;
 - Débranchement de gouttières et de drains de toit;
 - Réhabilitation et étanchéisation des conduites sanitaires existantes;
- Contrôler les débits de pointe en temps de pluie de façon à ne pas augmenter la fréquence des débordements dans un ouvrage de surverse, exemple ;
 - Application des pratiques optimales de gestion des eaux pluviales;
 - Bassin de rétention des eaux usées afin de stocker temporairement les débits excédentaires à la capacité des ouvrages d'assainissement municipaux;
- Augmenter la capacité d'interception dans le réseau d'égout sanitaire ou la capacité de traitement à la station de traitement des eaux usées, ou les deux, exemple ;
 - Augmentation de la capacité des postes de pompage et/ou de la station de traitement.

4.2 Ouvrage de surverse et exigence de débordement

La municipalité de Sainte-Élisabeth compte un ouvrage de surverse avec trop-plein. Cet ouvrage doit satisfaire aux exigences de débordement du MELCC. L'objectif de débordement permet de planifier le développement (prolongement) ou le redéveloppement (densification) du territoire en favorisant la réduction des débordements des eaux usées.

Plusieurs situations peuvent causer des débordements, soit des situations d'urgences (U), des périodes de fonte des neiges (F) ou encore une pluie avec ruissellement (P). Le **Tableau 4.1** résume les caractéristiques de l'ouvrage Principal. L'état des débordements a été évalué selon l'information SOMAEU 2018 à 2021 disponible.

Tableau 4.1 : Ouvrage de surverse et exigence des débordements

Nom	Débit SOMAEU	Norme Débordement Réglementaire/ Supplémentaire	SOMAEU			
			2018	2019	2020	2021
P.P Principal	14,8 l/s (100%)	TS0 / PF10	0 / 0	0 / 0	0 / 4	0 / 8

TS_i : Nombre de journées où un débordement a été observé ou enregistré en temps sec et où la cause est reliée directement à une sous-capacité de l'ouvrage.

PF_i : Urgence, pluie avec ruissellement et période de fonte des neiges, avec une limite de i fois

4.3 Liste des mesures compensatoires projetées

4.3.1 Campagne de débranchement des gouttières et des drains de toit

La Municipalité dispose d'un réseau d'égout sanitaire de type pseudo-séparatif datant de la fin des années 1990. Ces infrastructures sont relativement récentes et ont été construites avec des exigences d'étanchéités standardisées. Toutefois, il demeure que les réseaux pseudo-séparatif offrent un branchement d'égout unique auprès des différents usagers. Ce type de branchement génère beaucoup d'apports en eaux parasites de captage via le raccord des drains de fondation, des gouttières et des drains de toit.

Une sensibilité du réseau est donc attribuable en partie par le niveau piézomètre élevé de la nappe phréatique, ainsi que par la présence de sol peu perméable. Afin de consolider la situation, il est recommandé de mettre en place un règlement interdisant le raccord de gouttières, de drains de toit et de drains de fondation aux branchements privés sanitaires. Il n'en demeure pas moins que ce type de mesure, et plus particulièrement, le volet des drains de fondations, impacte directement les résidents.

Le **Tableau 4.2** présente sommairement les gains attribuables à la réalisation d'une campagne de débranchement des gouttières sans l'enlèvement des drains de fondation.

Tableau 4.2 : Mesures compensatoires potentielles / Campagne de débranchement de gouttières de surverse et exigence des débordements

Superficie toiture débranchée (ha) [A]	Pluie seuil INRS	Intensité (mm/h) [I]	Calcul rationnel (m ³ /s) [Q]	Débit Compensé (L/s)
À VALIDER	27.7mm / 12h	2.31	$Q = A * I / 360$	Compensation = $Q * 1000 / 24$

4.3.2 Augmentation de la capacité des ouvrages

La réalisation des travaux d'augmentation de la capacité d'un ouvrage de surverse demeure une alternative envisageable pour générer une mesure compensatoire. Ce type d'intervention dépend des horizons de développement de la Municipalité, des travaux correctifs requis pour une mise aux normes de l'ouvrage et des débits engendrés dans leur bassin sanitaire respectif.

Typiquement, ces modifications ont pour effet d'augmenter le débit acheminé à la station de traitement. Il demeure qu'aucun dépassement des exigences de rejets pour la station de traitement des eaux usées ne doit être susceptible d'être observé à la suite de la mise en place des mesures compensatoires.

5.0 Performance épuratoire de la station de traitement

5.1 Paramètres analysés

Pour évaluer la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth, nous avons compilé et analysé les concentrations et les charges en DBO₅, en azote ammoniacal, en MES, en coliformes fécaux et en phosphore à l'effluent de la station de traitement. La période de janvier 2017 à septembre 2021 a été prise en considération.

5.2 Enlèvement de la DBO₅

Dans les étangs aérés, les microorganismes vivent suspendus dans le mélange eaux usées – boues et se nourrissent de la matière élevée en DBO₅ qui est contenue dans les eaux usées entrant dans les étangs. Ces microorganismes consomment de l'oxygène qui est injecté dans les étangs par le système d'aération. La **Figure 5.1** montre les concentrations en DBO₅ observées à l'effluent de la station de traitement.

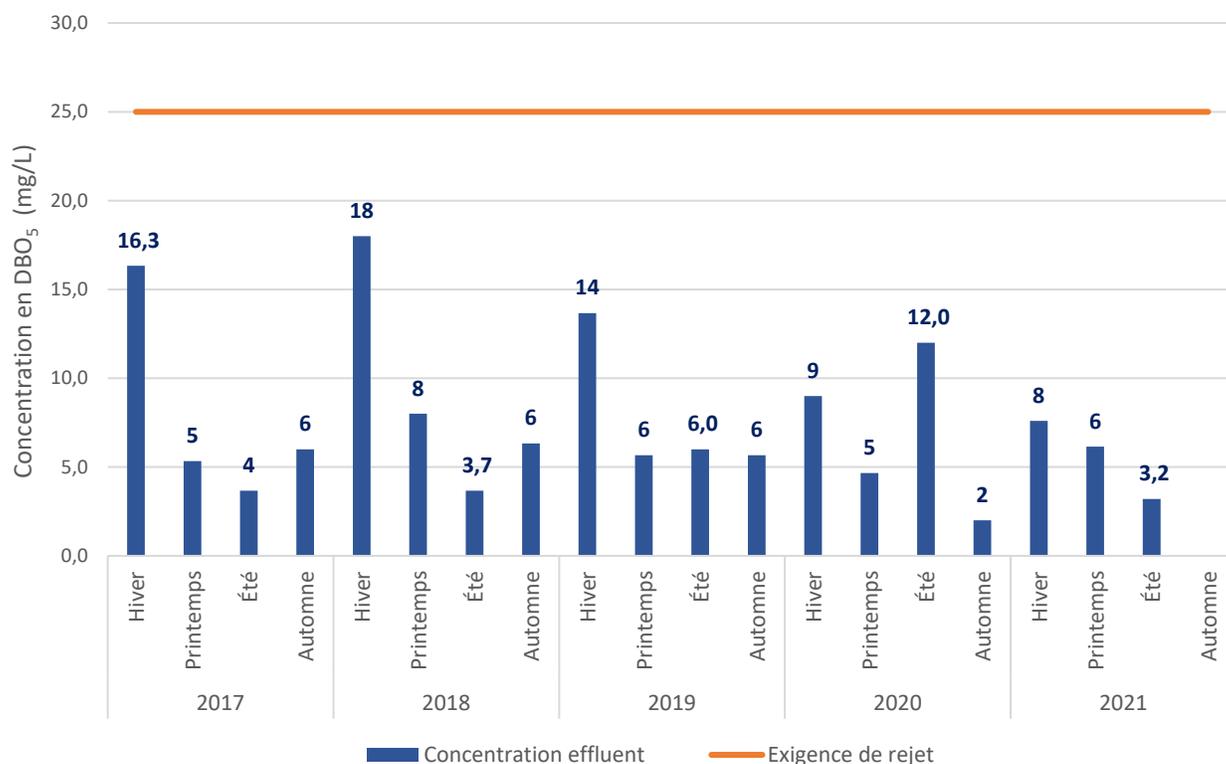


Figure 5.1: Concentration en DBO₅ à l'effluent

En ce qui concerne la concentration en DBO₅, nous pouvons constater que le procédé de traitement est performant. L'exigence de rejet est respectée en tout temps.

5.3 Nitrification et toxicité de l'effluent de la station

La **Figure 5.2** montre la concentration en azote ammoniacal à l'effluent de la station de traitement. On y observe que la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate (nitrification) a partiellement lieu dans les étangs à l'été et à l'automne 2018. Cependant, l'absence de la nitrification ne veut pas automatiquement dire que l'effluent de la station est toxique.

La valeur aiguë finale (VAF) correspond à la concentration théorique en azote ammoniacal dans l'eau pouvant entraîner la mortalité de 50 % des organismes sensibles exposés. Un résultat d'essai de toxicité aiguë est positif si le taux de mortalité des organismes exposés à l'eau non diluée est de plus de 50 %. La VAF dépend du pH et de la température de l'eau. L'incidence de l'ammoniac sur la toxicité et le taux de mortalité des poissons dépendent de plusieurs facteurs de l'eau, notamment :

- pH;
- Température;
- Oxygène dissous;
- Force ionique (présence des ions);
- Salinité;
- Acclimatation antérieure à l'ammoniac;
- Exposition intermittente à l'ammoniac;
- Présence d'autres substances toxiques.

À l'effluent de la station de traitement, les résultats de l'azote ammoniacal, de la VAF et du pH pour les années de 2017 à 2021 ont été compilés.



Figure 5.2 : Concentration en azote ammoniacal et VAF à l'effluent

On peut noter que l'effluent de la station ne respecte pas la VAF (ligne rouge) en hiver 2017, 2018 et 2021

Il est à noter qu'actuellement, la Municipalité n'a pas l'obligation d'effectuer des tests de toxicité à l'effluent de la station. Cependant, cette exigence pourrait être ajoutée par les autorités après des travaux d'augmentation de la capacité de la station ou lors de l'émission de l'attestation d'assainissement.

Dans le cas de traitement par étangs aérés, le Ministère considère un effluent toxique au printemps, à l'été et à l'automne comme une non-conformité à la réglementation en vigueur (ROMAEU).

5.4 Enlèvement des MES

La **Figure 5.3** montre la concentration en MES observées à l'effluent de la station de traitement.

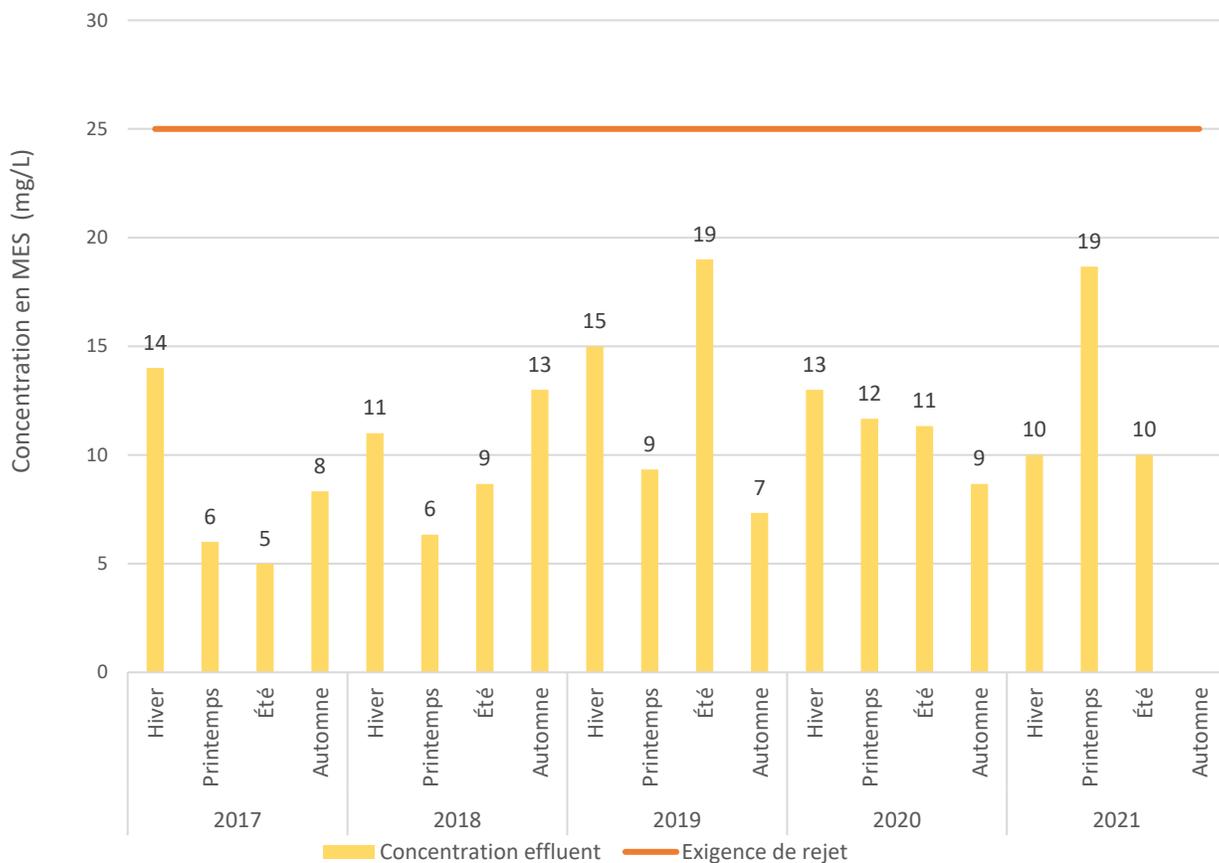


Figure 5.3: Concentration en MES à l'effluent

Nous pouvons constater que le procédé de traitement est performant en ce qui concerne l'enlèvement des MES. L'exigence de rejet est respectée en tout temps malgré le niveau des boues élevé à la sortie de l'étang 2.

5.5 Enlèvement du phosphore

La **Figure 5.4** montre les concentrations en phosphore total observées à l'effluent de la station de traitement.



Figure 5.4: Concentration en phosphore total à l'effluent

Nous pouvons constater que pendant la période observée, l'exigence de rejet en ce qui concerne le phosphore a été respectée.

L'analyse de la fraction soluble en phosphore peut donner les indications sur la nature d'un dépassement de l'exigence de rejet :

- Une concentration élevée en phosphore soluble (orthophosphate) traduit un manque de coagulant ou un mauvais mélange de celui-ci;
- Une concentration élevée en phosphore particulaire traduit un problème de décantation du phosphore coagulé.

5.6 Inactivation des coliformes fécaux

La **Figure 5.5** montre la concentration en coliformes fécaux à l'effluent de la station de traitement.

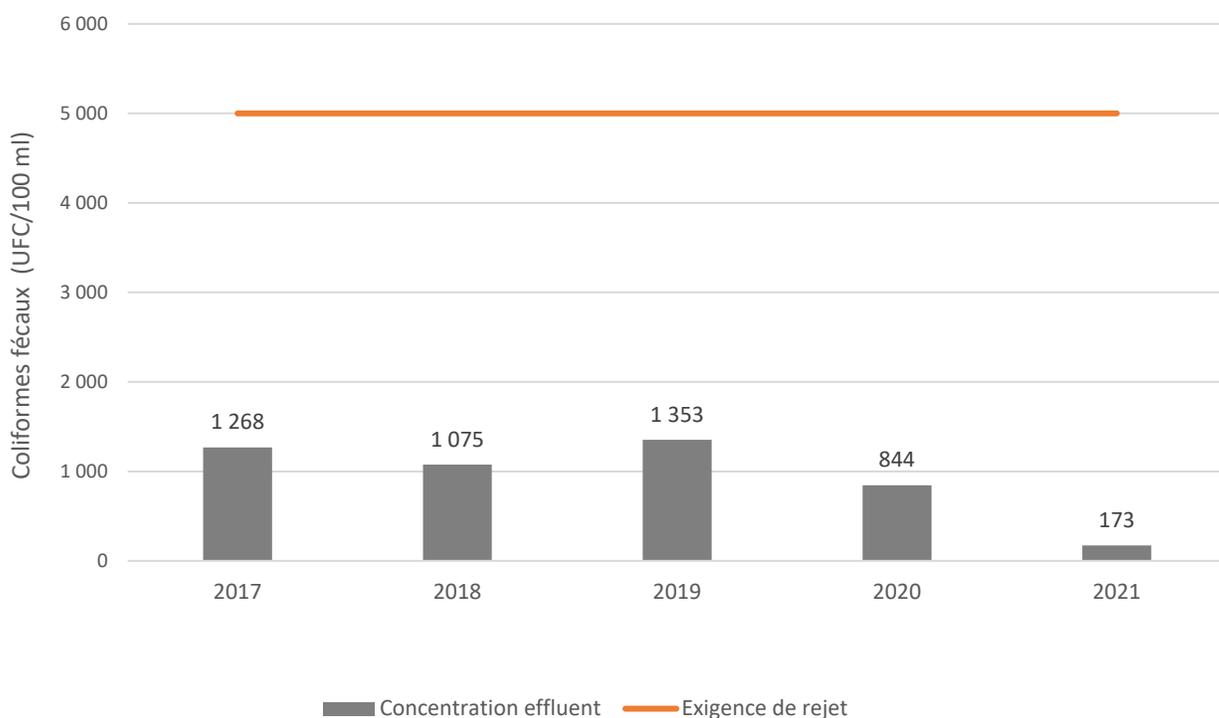


Figure 5.5: Concentration des coliformes fécaux à l'effluent

À noter que la valeur de juillet 2020 (60 000 UFC/100ml) et celle de juillet 2021 (23 000 UFC/100ml) ont été retirées des données.

L'exigence de rejet pour les coliformes fécaux de 5 000 UFC/100 ml est respectée.

5.7 Rendement épuratoire observé et théorique

Afin d'évaluer la performance actuelle de la station de traitement des eaux usées, nous avons effectué des calculs de rendement épuratoire théorique en appliquant les formules d'Eckenfelder. Les conditions suivantes ont été étudiées :

- Opération d'été et d'hiver – conditions de conception;
- Opération d'été et d'hiver – conditions actuelles.

Les résultats de calculs ainsi que les valeurs qui ont été observés réellement sont montrés au **Tableau 6-1**. Les calculs détaillés se trouvent à l'**Annexe B**.

Tableau 6.1 : Rendement épuratoire théorique et observé

Condition		Débit	DBO ₅					
			Affluent		Effluent			
					théorique		observée	
m ³ /d	mg/L	kg/d	mg/L	kg/d	mg/L	kg/d		
Conception	Hiver	245	145,2	35,6	37,6	9,2	-	-
	Été				8,5	2,1	-	-
2017 - 2021	Hiver	306	136	39.6	37,6	11,5	12.9	2,9
	Été	273	118	26.1	5,1	1,4	5,7	0,8

On peut constater que théoriquement, sous les conditions de conception, la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth ne rencontrerait pas les exigences de rejet. Selon les calculs théoriques, sous les conditions d'exploitation actuelle, la station ne répond pas aux exigences.

Nous pouvons constater que selon les calculs théoriques, la capacité maximale de la station de traitement des eaux usées a été dépassée. Cependant, selon les valeurs observées, la station répond aux exigences de rejet.

Actuellement, le temps de rétention hydraulique dans les étangs est de **17 jours** en hiver et de **21 jours** en été. Le temps de rétention hydraulique considéré lors de la conception des étangs est de 20 jours.

Les temps de rétention limités laissent à penser que la station ne possède pas de capacité résiduelle.

Notons que le niveau d'eau actuel dans les étangs est de 2,70 mètres.

6.0 Performance du système d'aération – Mise à jour

6.1 Oxygène dissous dans les étangs

Afin d'évaluer la performance actuelle du système de l'aération, nous avons compilé et analysé les données de la concentration en oxygène dissous dans les étangs. Les données accumulées de janvier 2017 à août 2019 ont été considérées. La **Figure 6.1** montre les concentrations en oxygène dissous.

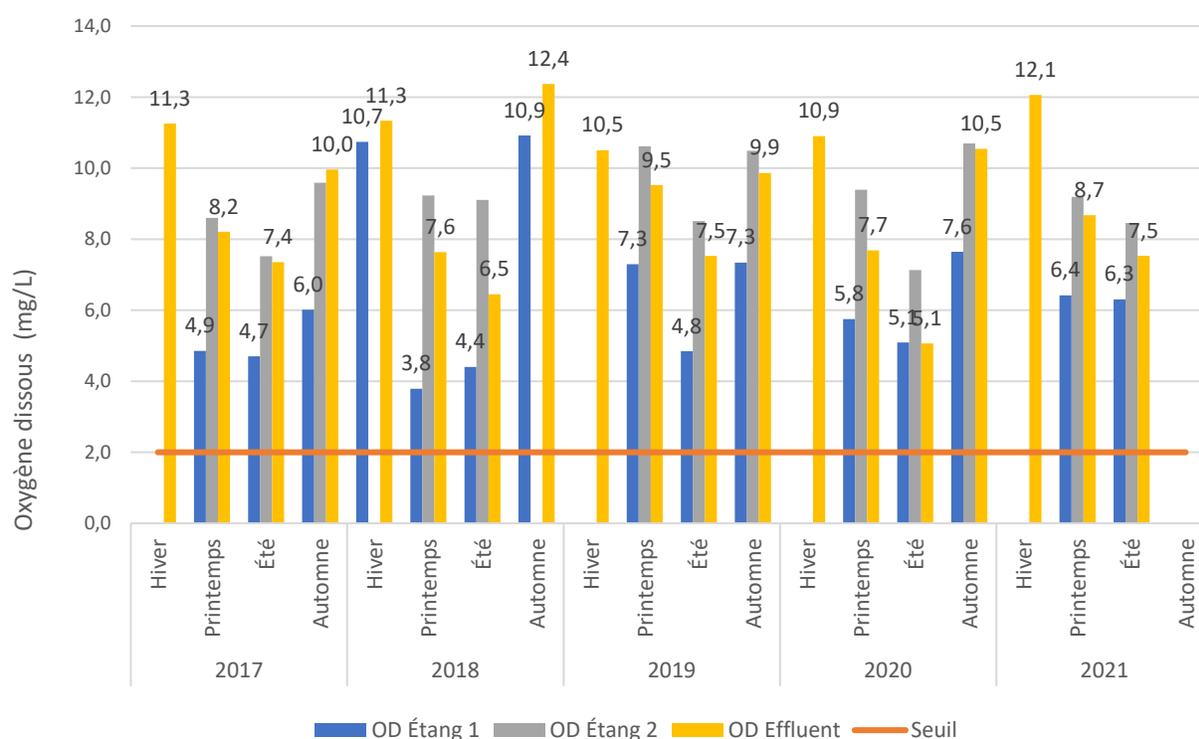


Figure 6.1: Oxygène dissous dans les étangs

On peut observer que la concentration de l'oxygène dissous est toujours supérieure au seuil minimum de 2 mg/L. Durant la période d'observation, le système de diffusion d'air a été efficace.

6.2 Calcul de la demande en oxygène et en air

La demande en oxygène dans l'étang dépend de la charge en DBO_5 qui y est enlevée. Le calcul de la demande en oxygène permettra de voir si le système d'aération en place est performant et si une capacité résiduelle est disponible.

La demande en oxygène pour chaque kilogramme de DBO_5 enlevée est de 2,25 kg O_2 /kg DBO_5 et de 6,0 kg O_2 /kg NH_3-N pour chaque kilogramme d'azote ammoniacal enlevé. De cette façon, on obtient la demande en oxygène aux conditions de procédé (AOR).

En réalité, la demande en oxygène dans l'étang est plus grande que l'AOR. La demande en oxygène aux conditions standards (SOR) avec laquelle la capacité du système d'aération est déterminée est calculée à l'aide du rapport AOR/SOR. Ce rapport tient compte des facteurs suivants :

- Type de diffuseur d'air;
- Nature et température de l'eau;
- Profondeur de relâche des bulles d'air.

Pour les étangs de la station de traitement de la municipalité de Sainte-Élisabeth, le rapport AOR/SOR de conception est présenté au **Tableau 6.1**. Les calculs détaillés se trouvent à l'**Annexe C**.

Tableau 6.1 : Rapport AOR/SOR

Étang	AOR/SOR
1	0,495
2	0,594

6.3 Demande en oxygène - Conception

Le **Tableau 6.2** montre la demande en oxygène requis pour les conditions de conception de la station. Les conditions d'été (température de l'eau = 23 °C) ont été considérées puisque celles-ci sont les plus contraignantes pour le système d'aération. Avec l'augmentation de la température, le taux de saturation de l'oxygène dissous dans l'eau diminue. De plus, à une température plus élevée, le métabolisme des microorganismes et leur demande en oxygène augmentent.

Tableau 6.2 : Demande en oxygène et en air - Conception

Conception	AOR/SOR	DBO ₅	Demande en oxygène		Débit d'air	
		enlevée	AOR	SOR	requis	disponible
		kg/d	kg O ₂ /d	kg O ₂ /d	m ³ /min	m ³ /min
Étang 1	0,495	28,4	64	129	3,6	7,6
Étang 2	0,594	5,7	13	22	0,6	3,0
Total		34,1	77	151	4,2	10,6

Exploité aux **conditions de conception**, avec une (1) soufflante et 25 diffuseurs d'air en fonction, le débit d'air est **amplement suffisant pour assurer l'apport en oxygène requis** pour le traitement des eaux usées.

6.4 Demande en oxygène - Conditions actuelles

Le **Tableau 6.3** montre la demande en oxygène requis pour les conditions d'exploitation actuelles pendant l'été (température de l'eau = 23 °C).

Tableau 6.3 : Demande en oxygène et en air – Été actuel

Actuel	AOR/SOR	DBO ₅	NH ₃ -N	Demande en oxygène		Débit d'air	
		enlevée	enlevée	AOR	SOR	requis	disponible
		kg/d	kg/d	kg O ₂ /d	kg O ₂ /d	m ³ /min	m ³ /min
Étang 1	0,496	25,5	0,5	60	122	3,4	7,6
Étang 2	0,595	5,3	1,7	22	37	1,0	3,0
Total		30,8	2,18	82	159	4,4	10,6

Exploité aux **conditions actuelles estivales**, avec une soufflante et 25 diffuseurs d'air en fonction, le débit d'air est **suffisant pour assurer l'apport en oxygène requis** pour le traitement des eaux usées.

Le système d'aération possède une capacité résiduelle.

7.0 Évaluation de la capacité résiduelle de traitement – Mise à jour

7.1 Démarche de l'évaluation

Afin de déterminer la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth, la « *Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station d'épuration de type étangs aérés facultatifs dépassant ses critères de conception* » émis par le MELCC, 2015 a été appliquée. L'approche utilisée consiste à ajuster les constantes biocinétiques de modèle mathématique à partir des concentrations observées à l'affluent et l'effluent de la station de traitement, de la température des cellules et du temps de rétention hydraulique observé.

La performance de la station de traitement des eaux usées est établie par la formule d'Eckenfelder. Cette équation comporte une constante, soit le taux d'enlèvement de la DBO₅C (k_e) qui est variable en fonction de la température de l'eau usée. L'équation est la suivante :

Formule d'Eckenfelder :

$$\frac{S_e}{S_0} = \frac{1}{1+k_e*t} * FC$$

Où :

S₀ = Concentration en DBO₅ à l'affluent de l'étang en mg/L

S_e = Concentration en DBO₅ à l'effluent de l'étang en mg/L

t = Temps de rétention hydraulique dans l'étang en d

FC = Facteur de correction (Hiver = 1,05; Été = 1,2)

k_e(T) = k_e(20°C) * θ^(T-20) (Valeur variant entre 0,12 à 0,8 d⁻¹ à 20°C)

T = Température de l'eau en °C

θ = coefficient de la température (Valeur variant entre 1,03 et 1,08)

Dans le cadre de l'évaluation de la capacité de traitement résiduelle de la station, les constantes **biocinétiques k_e et θ** seront ajustées aux conditions observées in situ. La démarche comprend les étapes suivantes :

- 1) Détermination de la charge en DBO₅ maximale à l'affluent pour chaque trimestre;
- 2) Détermination des paramètres suivants qui correspondent à ces trimestres :
 - a. Débit;
 - b. Concentration en DBO₅ à l'affluent;
 - c. Concentration en DBO₅ à l'effluent;
 - d. Temps de rétention hydraulique dans les étangs;
 - e. Température de l'eau.
- 3) Détermination du taux d'enlèvement de la DBO₅ (k_e) et du coefficient de la température (θ) par itération;
- 4) Vérification du respect des exigences de rejet et des autres conditions d'exploitation.

7.2 Détermination des trimestres critiques

À l'aide de la **Figure 3.3**, nous pouvons identifier les trimestres démontrant les charges maximales en DBO₅. Les trimestres critiques choisis pour les calculs sont les suivants :

- Hiver 2019 DBO₅ = 59,9 kg/d
- Automne 2020 DBO₅ = 54 kg/d
- Printemps 2021 DBO₅ = 54 kg/d

7.3 Détermination des paramètres de calcul

La formule pour le calcul d'itération comporte les deux (2) constantes, soit k_e et θ . La formule est la suivante :

$$\left[\left(1 + (t_1 * k_e * \theta^{(T_1 - 20)}) \right) * \left(1 + (t_2 * k_e * \theta^{(T_2 - 20)}) \right) \right] - \frac{S_0}{S_e} = 0$$

Le temps de rétention hydraulique dans les étangs est déterminé à l'aide du volume utile disponible dans chaque étang et du débit des eaux usées. Les volumes utiles disponibles tiennent compte du volume des boues actuellement accumulées au fond et d'une couche de glace couvrant les étangs en hiver. Les volumes utiles disponibles pour les trimestres critiques sont montrés au **Tableau 7.1**.

Tableau 7.1 : Volume utile disponible dans les étangs

Étang	Hiver	Été
	m ³	m ³
1	2 632	2 786
2	2 632	2 786
Total	5 264	5 572

Le **Tableau 7.2** résume les paramètres qui sont utilisés pour le calcul des constantes k_e et θ .

Tableau 7.2 : Données utilisées pour le calcul pour k_e et θ

Année	Trimestre	Débit	DBO ₅		Temps rétention		Température	
		Q	S _o	S _e	t ₁	t ₂	T ₁	T ₂
		m ³ /d	mg/L	mg/L	d	d	°C	°C
2019	Hiver	287	207	14,0	9,2	9,2	3,0	3,5
2020	Automne	603	91	2,0	4,6	4,6	10,6	8,2
2021	Printemps	275	231	6,0	9,6	9,6	16,5	16,7

7.4 Résultats des calculs d'itération et vérifications

Le taux d'enlèvement de la DBO₅, k_e et le coefficient de température θ sont ajustés en fonction des données d'opération des trimestres critiques. Les itérations ont convergé vers les valeurs suivantes :

- Taux d'enlèvement de la DBO₅ : $k_e = 0,580$
- Coefficient de la température : $\theta = 1,030$

Ensuite, les nouvelles constantes ont été appliquées dans les calculs théoriques en utilisant la formule d'Eckenfelder. Les résultats des calculs de vérification sont montrés au **Tableau 7.3**. Les valeurs pour l'automne 2020 ont été abandonnées.

Tableau 7.3 : Résultats des calculs de vérification (nouvelles valeurs k_e et θ)

Année	Trimestre	Débit	Affluent - DBO ₅	Effluent - DBO ₅		Erreur
				Q	S _o	
		m ³ /d	mg/L	mg/L	mg/L	%
2019	Hiver	287	207	14,0	11,5	-18%
2020	Automne	603	91	2,0	10,4	419%
2021	Printemps	275	231	6,0	6,4	6%

7.5 Calcul de la capacité maximale de traitement

Pour la détermination de la capacité de traitement maximale, nous avons considéré qu'une vidange des boues des étangs soit effectuée. Ainsi, dans les calculs théoriques nous appliquons de nouvelles valeurs pour k_e et pour θ . De plus, nous considérons un pourcentage de 10 % pour les boues et en hiver, un pourcentage de 5 % supplémentaire pour la glace.

Le **Tableau 7.4** montre le rendement théorique pour l'exploitation de la station à sa capacité maximale à la suite de la vidange des boues. Les calculs détaillés se trouvent à l'**Annexe D**.

Tableau 7.4 : Rendement épuratoire futur théorique

Condition		Débit	DBO ₅				Temps de rétention
			Affluent		Effluent		
		m ³ /d	mg/L	kg/d	mg/L	kg/d	d
Capacité maximale	Hiver	432	109	47,1	12,7	5,5	12,2
	Été				6,1	2,6	12,9

Bien que théoriquement le rendement épuratoire des étangs au débit maximal permettrait de respecter les normes de rejets, ces performances ne peuvent pas être validées, car les constantes utilisées dans la formule d'Eckenfelder n'autorisent pas une augmentation du débit de plus de 25 % par rapport au débit de conception.

Par ailleurs, le temps de rétention hydraulique dans les étangs en été est limitant pour l'enlèvement des coliformes fécaux et ainsi pour l'exploitation maximale de la station. Le temps de rétention hydraulique aux conditions d'exploitation maximale sera de seulement 13 jours. L'exigence de rejet pour les coliformes fécaux est de 5 000 UFC/100 ml. Selon le Guide, pour une station de traitement comportant deux (2) étangs, le temps de rétention doit être de 20 à 25 jours afin d'atteindre l'exigence de rejet pour les coliformes fécaux de 5 000 UFC/100 ml.

La mise à jour des données d'exploitation de la station avec les valeurs de septembre 2019 à septembre 2021 permet d'affirmer que la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth ne possède de capacité résiduelle.

7.6 Vérification de la capacité du système de l'aération

Dans le cas de traitement par étangs aérés, le Ministère considère un effluent toxique au printemps, été et automne comme une non-conformité à la réglementation en vigueur (ROMAEU). En conséquence, nous avons considéré la demande future en oxygène pour la nitrification dans les calculs de vérification du système d'aération.

Le **Tableau 7.5** montre la demande en oxygène requis pour les conditions d'exploitation futures maximales pendant l'été (température de l'eau = 23 °C).

Tableau 7.5 : Demande en oxygène et en air – Capacité maximale

Capacité maximale	AOR/SOR	DBO ₅	NH ₃ -N	Demande en oxygène		Débit d'air	
		enlevée	enlevée	AOR	SOR	requis	disponible
		kg/d	kg/d	kg O ₂ /d	kg O ₂ /d	m ³ /min	m ³ /min
Étang 1	0,496	36,0	0,59	85	170	4,8	7,6
Étang 2	0,595	8,5	1,77	30	50	1,4	3,0
Total		44,5	2,35	114	220	6,2	10,6

Exploité aux conditions futures maximales estivales, une soufflante en opération sera suffisante pour assurer l'apport en oxygène requis pour le traitement des eaux usées (enlèvement de la DBO₅ et la nitrification).

8.0 Besoins futurs en traitement des eaux usées – Mise à jour

8.1 Population future à desservir

Pour le calcul de la population supplémentaire, la municipalité de Sainte-Élisabeth nous a fourni les données montrées au **Tableau 8.1**.

Tableau 8.1 : Population future

Horizon	Logements	Population
	unités	personnes
Logements actuels (2019)	246	597
Centre d'hébergement	1	108
Total - Actuel		705
Logements futurs	104	252
Maison des aînés	1	40
Commerces	3	7
Total - Futur		1 005

Taux d'occupation = 2,428 personnes/logement (Statistiques Canada, 2016)

8.2 Débit futur des eaux usées

Afin de déterminer les débits futurs à traiter par la station de traitement des eaux usées, les valeurs suivantes ont été considérées pour la population actuelle et future :

- Débit unitaire actuel 459 L/personne*d
- Débit sanitaire unitaire, nouveau développement 250 L/personne*d
- Débit unitaire des eaux parasites, nouveau développement :
 - ↳ Captage 50 L/personne*d
 - ↳ Infiltration 60 L/personne*d
- Facteur de pointe actuel pour le débit journalier maximal 2,36
- Facteur de pointe future pour le débit journalier maximal 2,00

Le **Tableau 8.2** montre les débits actuels et futurs à traiter.

Tableau 8.2 : Débit des eaux usées à traiter

Horizon	Débit	
	moyen	journalier maximal
	m ³ /d	m ³ /d
Actuel	324	1037
Futur supplémentaire	108	216
Total - Futur	432	1253

8.3 Charges futures

Puisqu'il s'agit des futurs développements résidentiels, les charges unitaires du Guide du MELCC ont été utilisées afin de déterminer les charges futures en DBO₅, MES, phosphore et en azote ammoniacal à traiter par la station de traitement des eaux usées. Les valeurs suivantes ont été considérées :

- Charge unitaire en DCO 125 g/personne*d
- Charge unitaire en DBO₅ 50 g/personne*d
- Charge unitaire en azote total, NTK 10 g/personne*d
- Charge unitaire en azote ammoniacal, NH₃-N 7,5 g/personne*d
- Charge unitaire en MES 60 g/personne*d
- Charge unitaire en phosphore 2 g/personne*d

Le **Tableau 8.3** résume les charges actuelles et futures à traiter.

Tableau 8.3 : Charges des eaux usées à traiter

Horizon	DBO ₅	MES	Phosphore	NH ₃ -N	NTK	DCO
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Actuel (2017-2021)	32,0	44,0	0,91	6,8	9,1	110
Futur supplémentaire	15,0	18,0	0,60	2,2	3,0	37
Total - Futur	47,0	62,0	1,51	9,0	12,1	147

8.4 Résumé des besoins futurs en traitement des eaux usées

Le **Tableau 8.4** résume les données de conception pour l'augmentation de la capacité de la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth afin de pouvoir répondre aux besoins futurs en traitement des eaux usées.

Tableau 8.4 : Résumé des besoins futurs

Paramètre		Valeur	Unité
Population		1 005	personnes
Débit moyen	Q_m	432	m ³ /d
<i>Facteur de pointe</i>	<i>FP1</i>	2,90	
Débit journalier maximal	Q_{jmax}	1 253	m ³ /d
<i>Facteur de pointe</i>	<i>FP2</i>	4,23	
Débit de pointe horaire	Q_{ph}	1 825	m ³ /d
		76	m ³ /h
		21,1	L/s
Paramètre		Charge	Concentration
		kg/d	mg/L
Demande chimique en oxygène	DCO	147	341
Demande biochimique en oxygène	DBO ₅	47,0	109
Matières en suspension	MES	62,0	144
Phosphore total	P _{tot}	1,51	3,49
Azote total	NTK	12,1	27,9
Azote ammoniacal	NH ₃ -N	9,0	20,9

9.0 Résumé des travaux à prévoir pour l'augmentation de la capacité de la station

La mise à jour des données d'exploitation de la station avec les valeurs de septembre 2019 à septembre 2021 permet de confirmer que la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth ne possède pas la capacité résiduelle afin de pouvoir desservir la population actuelle et future. Le raccordement de logements supplémentaires au réseau n'est donc pas envisageable dans les conditions actuelles d'opération et ne permettrait pas un traitement épuratoire conforme.

L'ajout d'un 3e étang doit donc être réalisé pour l'augmentation de la capacité des installations.

En parallèle les travaux suivants sont à prévoir :

- Augmentation de capacité de l'émissaire;
- Mise en place d'un dégrilleur fin en amont du poste de pompage;
- Remplacement de la mécanique de procédé et augmentation de la capacité des pompes du poste de pompage.

10.0 Augmentation de capacité de l'émissaire

À la sortie de la station, les eaux traitées s'écoulent dans la conduite d'émissaire. Cette conduite fonctionne en charge et possède un diamètre de 150 mm et une longueur de 1 037 m. Les eaux sont rejetées au regard pluvial RP-05 à l'intersection des rues Principale et St-Thomas. L'égout pluvial se déverse dans la rivière Bayonne à la hauteur de la cour du garage municipal. La pente moyenne de la conduite de l'émissaire est de 0,18 % ce qui limite la capacité de l'émissaire à un débit de 6,5 L/s (563 m³/d).

Durant les périodes au cours desquelles le débit à l'affluent de la station dépasse la capacité de la conduite de l'émissaire, l'opérateur fait d'abord monter le niveau d'eau dans les étangs jusqu'au niveau maximal. Afin d'éviter un débordement des étangs, l'opérateur arrête ensuite les pompes du poste de pompage ce qui cause le débordement des eaux usées non traitées vers la rivière Bayonne via le trop-plein en amont du poste de sorte que les eaux usées non-traitées sont déversées dans la rivière Bayonne.

Les recommandations émises dans le précédent rapport préconisaient l'installation d'un émissaire d'urgence vers le ruisseau Grand Fossé situé à proximité des installations de traitements des eaux usées. Cette solution n'est pas acceptée par le MELCC.

L'émissaire actuel ayant une capacité limitée il est nécessaire d'installer un nouvel émissaire d'un diamètre de 300 mm en parallèle de l'émissaire existant. L'émissaire actuel pourra être conservé.

Le débit de conception futur pour l'émissaire serait de 1 253 m³/d.

Un émissaire de diamètre 300 mm dans la configuration actuelle permettrait un débit maximal de 3 577 m³/d.

11.0 Ajout d'un dégrilleur

Nous recommandons à la municipalité de Sainte-Élisabeth de mettre en place un dégrilleur pour le prétraitement des eaux usées. Le dégrilleur sera installé en amont du poste de pompage dans un nouveau bâtiment de service et sera muni d'un compacteur-laveur et d'un système d'ensachage des déchets.

La présence d'un dégrilleur en amont des étangs aérés et du poste de pompage comprend les avantages suivants :

- Protège les pompes submersibles du poste de pompage et y réduit l'entretien;
- Réduit l'entretien requis des diffuseurs d'air et des étangs;
- Permet la mise en place des diffuseurs d'air de type fines bulles ayant une meilleure performance;
- Réduit la quantité des boues accumulées dans les étangs;
- Améliore la qualité de l'effluent;
- Permet la valorisation des boues puisque celles-ci ont une meilleure qualité;
- Réduit la fréquence et les coûts de vidange des boues.

Notons que dans un futur rapproché, la disposition des boues provenant du traitement des eaux usées municipales dans un site d'enfouissement ne sera plus permise. La valorisation de ces boues devient donc obligatoire.

La **Figure 11.1** montre un dégrilleur fin de type panier perforé, installé en amont d'un poste de pompage.

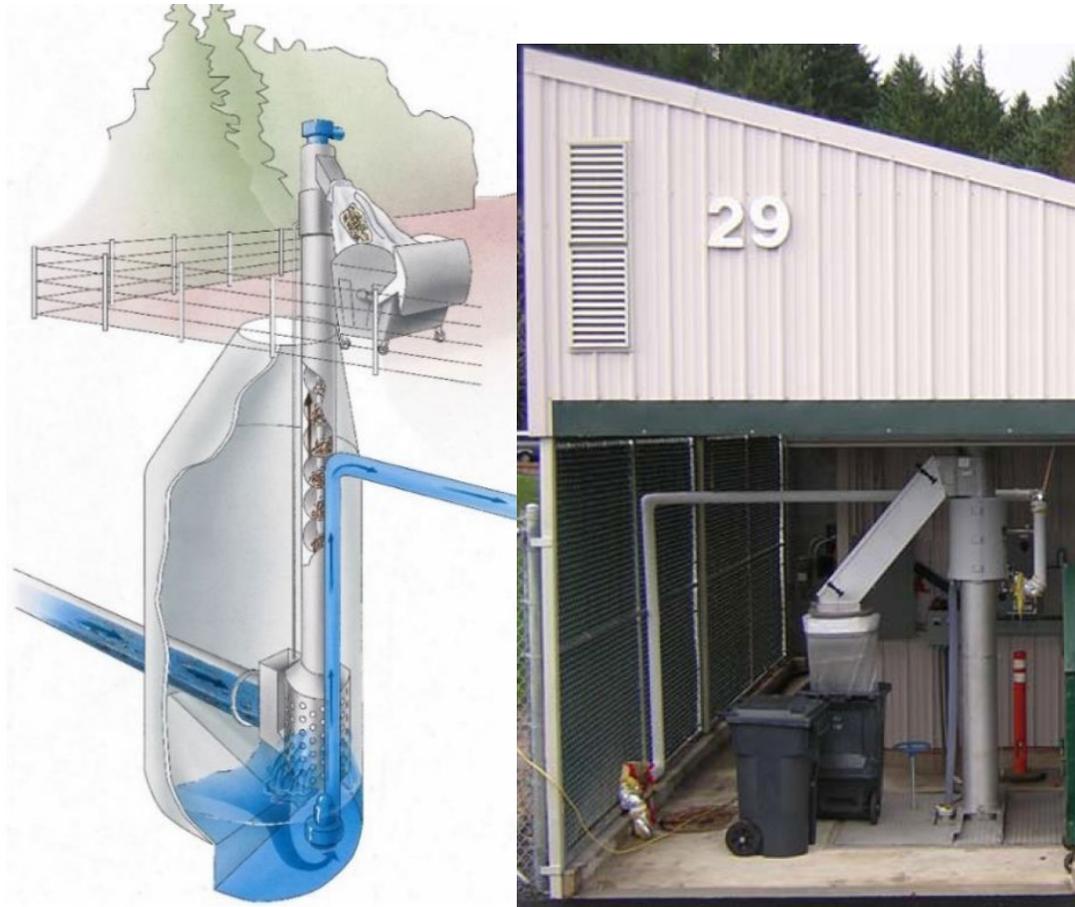


Figure 11.1 : Dégrilleur à panier perforé (source : Huber)

La mise en place d'un système de dégrillage fin requiert les travaux suivants :

- Construction d'un bâtiment de service comprenant le système de dégrillage et son panneau de contrôles;
- Achat et installation des équipements de dégrillage;
- Travaux périphériques de mécanique de bâtiment, d'électricité et de contrôles.

La mise en place d'un dégrilleur comprend la conception suivante :

- Équipements électriques du bâtiment de prétraitement antidéflagrant classe I, division 2;

- Équipements de la mécanique de bâtiment du bâtiment de prétraitement conformément à la norme NFPA 820;
- Mécanique de procédé du dégrilleur et de ses équipements périphériques;
- Conception du panneau de contrôle du dégrilleur et de son intégration à l'automate de la station de traitement.

12.0 Augmentation de capacité du poste de pompage

Le réseau d'égout sanitaire comprend un poste de pompage principal qui est situé dans la cour du garage municipale. Le poste intercepte l'ensemble du débit des eaux usées du réseau d'égout sanitaire et les achemine à la station de traitement des eaux usées via une conduite de refoulement d'une longueur de 1 200 mètres et d'un diamètre de 100 mm.

Le poste de pompage est muni de deux (2) pompes submersibles de la marque Flygt, modèle CP3152 SH63-269 d'une capacité de conception de 14,8 L/s (1 279 m³/d).

La capacité des pompes du poste de pompage doit être augmentée afin de pouvoir répondre au débit de pointe horaire futur prévu.

Lors du précédent rapport, le débit de pointe horaire futur prévu avait été estimé à 16,0 L/s (1 386 m³/d) basé sur les données d'opération de 2017 à 2019.

En se basant sur les nouvelles données d'opération le nouveau débit de pointe horaire futur prévu serait à 21.1 L/s (1 825 m³/d) ce qui représente un écart significatif.

Nous recommandons de valider les données de débit de pointes horaires actuelles pour pouvoir estimer de manière fiable les besoins futurs. Minimalement les pompes, la mécanique de procédé (flottes de niveau, barre-guides, vannes, échelles, etc.) ainsi que le panneau de contrôles du poste seront à remplacer.

Un nouveau poste de pompage complet serait une solution à privilégier.

À ce stade et pour l'estimation budgétaire des travaux, nous avons considéré le remplacement des pompes pour une augmentation de débit à 16,0 L/s (1 386 m³/d) et en conservant le poste de pompage actuel.

13.0 Ajout d'un troisième étang

L'ajout d'un 3e étang doit être réalisé pour l'augmentation de capacité des installations et pour respecter les exigences de rejet.

Du fait des contraintes d'espace sur le terrain actuel des étangs, un futur étang 3 ne pourrait pas avoir les mêmes dimensions que les étangs existants. Le volume serait cependant identique. En considérant le débit de conception futur à 432 m³/d le temps de rétention hydraulique dans les trois (3) étangs serait de 19,5 jours. Un plan conceptuel d'implantation est présenté en **Annexe E**.

Les soufflantes existantes auront la capacité requise pour l'aération des trois (3) étangs. L'installation de cinq (5) diffuseurs d'air à moyenne bulle dans la première partie de l'étang 3 sera requise.

14.0 Évaluation préliminaire des coûts

Nous avons évalué les coûts des travaux suivants pour l'augmentation de la capacité de la station de traitement des eaux usées :

- Ajout d'un dégrilleur en amont du poste de pompage;
- Ajout d'un émissaire d'urgence vers le ruisseau Grand Fossé adjacent à la station;
- Augmentation de la capacité du poste de pompage;
- Ajout d'un 3e étang et son système de diffusion d'air.

Les coûts d'investissement requis pour les travaux à la station de traitement des eaux usées sont résumés au **Tableau 14.1**. L'estimation détaillée se trouve à l'**Annexe F**.

Tableau 14.1 : Résumé des coûts des travaux

	Étape	Coût des travaux
1	Travaux au niveau de l'émissaire	1 152 500 \$
2	Ajout d'un dégrilleur	457 000 \$
3	Augmentation de la capacité du poste de pompage	177 500 \$
4	Ajout d'un étang 3	530 000 \$
	Total des travaux	2 317 000 \$
	Frais indirects = 20%	463 400 \$
	Sous-total	2 780 400 \$
	Taxes	
	TPS = 5%	139 020 \$
	TVQ = 9,975%	277 345 \$
	Grand - Total	3 196 765 \$

15.0 Conclusions et recommandations

15.1 Conclusions

Le présent rapport évalue le rendement actuel ainsi que la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth.

L'évaluation de la capacité résiduelle a été effectuée conformément à la « *Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station d'épuration de type étangs aérés facultatifs dépassant ses critères de conception* » du MELCC.

Nous avons pu constater que la station de traitement des eaux usées de la municipalité de Sainte-Élisabeth ne possède pas la capacité résiduelle afin de pouvoir desservir la population actuelle et future.

Une augmentation de la capacité de la station est requise.

Actuellement, la station de traitement dessert une population de 705 personnes et reçoit un débit moyen en eaux usées de 324 m³/d. La charge moyenne en DBO₅ est de 32 kg/d.

Les exigences de rejet sont actuellement respectées pour tous les paramètres.

15.2 Recommandations

Nous recommandons à la municipalité de Sainte-Élisabeth la réalisation des travaux suivants, afin de mettre aux normes et d'améliorer la performance de la station de traitement des eaux usées :

- Vidange des boues dans l'étang 1.
- Augmentation de capacité de l'émissaire;
- Mise en place d'un dégrilleur fin en amont du poste de pompage;
- Remplacement de la mécanique de procédé et augmentation de la capacité des pompes du poste de pompage.
- Ajout d'un troisième étang aéré.

De plus, nous recommandons à la Municipalité d'entreprendre les mesures suivantes :

- Vidange complète et régulière des boues;
- Enlèvement des lentilles d'eau de la surface des étangs;
- Calibration régulière des pompes des postes de pompage et suivi des débits acheminés à la station de traitement des eaux usées par le poste de pompage;
- Suivi des débits d'eaux usées déversées à l'ouvrage de surverse;
- Suivi des débits des eaux traitées rejetées par l'émissaire d'urgence;
- Poursuite de la recherche et de l'élimination des sources d'eaux parasites;
- Débranchement du drainage de surface de l'égout sanitaire.

De plus, pour rappel les recommandations faites à la Municipalité dans le précédent rapport incluait les mesures suivantes :

- Enlèvement des lentilles d'eau de la surface des étangs;
- Calibration régulière des pompes des postes de pompage et suivi des débits acheminés à la station de traitement des eaux usées par le poste de pompage;
- Suivi des débits d'eaux usées déversées à l'ouvrage de surverse;
- Suivi des débits des eaux traitées rejetées par l'émissaire d'urgence;
- Poursuite de la recherche et de l'élimination des sources d'eaux parasites;
- Débranchement du drainage de surface de l'égout sanitaire.

Fin de la section



ANNEXE A

Rapport gbi E12023-00

gbi

Être où le génie sera.



Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées



**Rapport
technique**

Date : Le 22 juillet 2020
Dossier GBi : E12023-00



Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Préparé par :

Claudia Rebohle, ing., M.Sc.A.

Chef d'équipe, Études

OIQ #136064

	Émission : 2019-10-21	Version préliminaire	Révision : 00
✓	Émission : 2020-07-22	Version finale	Révision : 00

Dossier GBi : E12023-00

Table des matières

1.0	Introduction.....	1
1.1	Mise en contexte	1
1.2	Mandat.....	1
2.0	Interception des eaux usées	2
2.1	Réseau d'égout sanitaire	2
2.2	Poste de pompage et ouvrage de surverse	2
2.3	Population desservie	3
3.0	Description de la station de traitement des eaux usées	4
3.1	Généralités.....	4
3.2	Étangs aérés.....	4
3.3	Boues accumulées au fond des étangs.....	7
3.4	Système d'aération	8
3.5	Système de déphosphatation	10
3.6	Émissaire	11
4.0	Paramètres de conception et exigences de rejet	12
4.1	Paramètres de conception	12
4.2	Exigences de rejet	13
4.3	Suivi de l'exploitation de la station de traitement des eaux usées	14
5.0	Débit et charges actuels	15
5.1	Débit des eaux usées traitées	15
5.2	Débordement de l'ouvrage de surverse	16
5.3	Charges des eaux usées	17
5.3.1	Échantillonnage	17
5.3.2	DBO ₅	17
5.3.3	MES.....	18

5.3.4	Phosphore	19
6.0	Performance épuratoire de la station de traitement.....	21
6.1	Paramètres analysés	21
6.2	Enlèvement de la DBO ₅	21
6.3	Nitrification et toxicité de l'effluent de la station.....	22
6.4	Enlèvement des MES	24
6.5	Enlèvement du phosphore.....	25
6.6	Inactivation des coliformes fécaux	26
6.7	Rendement épuratoire observé et théorique	26
7.0	Performance du système d'aération	28
7.1	Oxygène dissous dans les étangs	28
7.2	Calcul de la demande en oxygène et en air	29
7.3	Demande en oxygène - Conception.....	29
7.4	Demande en oxygène - Conditions actuelles	30
8.0	Évaluation de la capacité résiduelle de traitement	31
8.1	Démarche de l'évaluation.....	31
8.2	Détermination des trimestres critiques.....	32
8.3	Détermination des paramètres de calcul	32
8.4	Résultats des calculs d'itération et vérifications.....	33
8.5	Calcul de la capacité maximale de traitement.....	34
8.6	Vérification de la capacité du système de l'aération	35
9.0	Besoins futurs en traitement des eaux usées	36
9.1	Population future à desservir	36
9.2	Débit futur des eaux usées.....	36
9.3	Charges futures	37
9.4	Résumé des besoins futurs en traitement des eaux usées.....	38
10.0	Augmentation de la capacité de la station de traitement des eaux usées.....	39

10.1	Capacité maximale de la station	39
10.2	Résumé des mesures pour l'augmentation de la capacité.....	39
10.3	Ajout d'un dégrilleur	39
10.4	Ajout d'un émissaire d'urgence vers le ruisseau Grand Fossé.....	42
10.5	Augmentation de la capacité du poste de pompage.....	42
10.6	Ajout d'un troisième étang.....	43
11.0	Évaluation préliminaire des coûts	44
12.0	Conclusions et recommandations	45
12.1	Conclusions	45
12.2	Recommandations.....	45

Liste des tableaux

Tableau 3.1	: Dimensions et volumes des étangs	5
Tableau 3.2	: Boues dans les étangs.....	7
Tableau 3.3	: Diffuseurs d'air et débit d'air disponible	9
Tableau 4.1	: Paramètres de conception	12
Tableau 4.2	: Exigences de rejet.....	13
Tableau 6.1	: Rendement épuratoire théorique et observé	27
Tableau 7.1	: Demande en oxygène et en air – Conception	30
Tableau 7.2	: Demande en oxygène et en air – Été actuel	30
Tableau 8.1	: Volume utile disponible dans les étangs.....	33
Tableau 8.2	: Données utilisées pour le calcul pour k_e et θ	33
Tableau 8.3	: Résultats des calculs de vérification (nouvelles valeurs k_e et θ)	34
Tableau 8.4	: Rendement épuratoire futur théorique	34
Tableau 8.5	: Demande en oxygène et en air – Capacité maximale.....	35
Tableau 9.1	: Population future.....	36
Tableau 9.2	: Débit des eaux usées à traiter	37
Tableau 9.3	: Charges des eaux usées à traiter	37
Tableau 9.4	: Résumé des besoins futurs.....	38
Tableau 11.1	: Résumé des coûts des travaux.....	44

Liste des figures

Figure 3.1 : Étang 1	6
Figure 3.2 : Étang 2	6
Figure 3.3 : Accumulation des boues (Écho-Tech, août 2019)	8
Figure 3.4 : Surpresseurs d'air	9
Figure 3.5 : Étangs aérés, 25 août 2016 (source : Google Earth)	10
Figure 3.6 : Réservoir d'entreposage du coagulant	11
Figure 5.1 : Débit moyen à l'affluent	15
Figure 5.2 : Débit journalier maximal à l'affluent	16
Figure 5.3 : Charge en DBO ₅ à l'affluent	17
Figure 5.4 : Charge en MES à l'affluent	18
Figure 5.5 : Charges en phosphore à l'affluent	19
Figure 6.1: Concentration en DBO ₅ à l'effluent	21
Figure 6.2 : Concentration en azote ammoniacal et VAF à l'effluent	23
Figure 6.3: Concentration en MES à l'effluent	24
Figure 6.4: Concentration en phosphore total à l'effluent	25
Figure 6.5: Concentration des coliformes fécaux à l'effluent	26
Figure 7.1: Oxygène dissous dans les étangs	28
Figure 10.1 : Dégrilleur à panier perforé (source : Huber)	41

Liste des annexes

Annexe 1

Schéma d'écoulement du réseau d'égout sanitaire

Annexe 2

Schéma d'écoulement de la station de traitement des eaux usées

Annexe 3

Calculs de capacité actuelle - Eckenfelder

Annexe 4

Calculs d'aération

Annexe 5

Calculs de capacité maximale - Eckenfelder

Annexe 6

Estimations préliminaires des coûts

1.0 Introduction

1.1 Mise en contexte

Dans le cadre des projets de développement, la Municipalité de Sainte-Élisabeth désire augmenter la capacité de sa station de traitement des eaux usées et de mettre à niveau les ouvrages de traitement afin de planifier le raccordement d'environ quarante (40) nouvelles résidences et une (1) maison pour aînés. Les données d'exploitation de la station d'épuration laissent penser que la capacité actuelle des étangs sera dépassée.

1.2 Mandat

La Municipalité de Sainte-Élisabeth a mandaté GBI afin d'évaluer la pérennité et de l'efficacité de sa station de traitement des eaux usées et de déterminer les travaux requis pour l'augmentation de la capacité et la mise à niveau des équipements de traitement ainsi que l'estimation des coûts concernant les travaux requis.

Le présent rapport comprend les points suivants :

- Description des infrastructures de l'interception et de traitement des eaux usées existantes;
- Compilation et analyse des débits et charges des eaux usées actuellement acheminées à la station de traitement;
- Détermination des débits et charges futurs;
- Établissement des critères de conception pour l'augmentation de la capacité de la station;
- Évaluation de la capacité résiduelle de traitement de la station;
- Étude des technologies disponibles pour l'augmentation de la capacité;
- Évaluation des coûts des travaux requis;
- Recommandations.

2.0 Interception des eaux usées

2.1 Réseau d'égout sanitaire

Le réseau d'égout sanitaire de la Municipalité de Sainte-Élisabeth comporte un seul bassin de drainage qui est intercepté par le poste de pompage principal. Le réseau d'égout sanitaire est de type pseudo-séparatif, c'est-à-dire que les drains de fondations des bâtiments y sont raccordés.

Le réseau d'égout sanitaire comprend une longueur totale des conduites de 3 310 mètres des diamètres variant entre 200 mm et 300 mm. Le réseau dessert le cœur du village, soit les rues suivantes :

- Rue Principale : numéros civiques de 2161 à 2500;
- Rang du Ruisseau : numéros civiques de 2250 à 2575;
- Rue St-Thomas : numéros civiques de 31 à 240;
- Rues Mercier, Casaubon, Laporte et Pelland en entier.

2.2 Poste de pompage et ouvrage de surverse

Le réseau d'égout sanitaire comprend un poste de pompage principal qui est situé dans la cour du garage municipale. Le poste intercepte l'ensemble du débit des eaux usées du réseau d'égout sanitaire et les achemine à la station de traitement des eaux usées via une conduite de refoulement d'une longueur de 1 200 mètres et d'un diamètre de 100 mm.

Le poste de pompage est muni de deux (2) pompes submersibles de la marque Flygt, modèle CP3152 SH63-269 d'une capacité de conception de 14,8 L/s (1 279 m³/d).

Le réseau d'égout sanitaire comporte un ouvrage de surverse, soit le trop-plein du poste de pompage qui se trouve en amont du poste au regard sanitaire RS-28.

Le déversement du trop-plein a lieu dans une conduite d'égout pluvial à proximité qui se rejette dans la rivière Bayonne.

Le schéma d'écoulement du réseau d'égout sanitaire se trouve à l'annexe 1.

2.3 Population desservie

La station de traitement des eaux usées dessert actuellement 246 logements et un centre d'hébergement pour 108 personnes âgées. Selon Statistique Canada, 2016, le taux d'occupation des logements à Sainte-Élisabeth est de 2,428 personnes par logement. La population desservie actuellement est de 705 personnes.

Selon le plan de développement de la Municipalité, 104 logements supplémentaires, trois (3) commerces et une maison d'aînés accueillant 40 résidents devraient être raccordés au réseau d'égout dans les prochaines années. Il s'agit d'une augmentation de la population de 293 personnes.

3.0 Description de la station de traitement des eaux usées

3.1 Généralités

La station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth est de type étangs aérés facultatifs. Elle a été mise en service en 2003 et se trouve sur la rue St-Thomas à l'extérieur du périmètre urbain. Les eaux usées entrent à la station par pompage. Les eaux traitées sont déversées dans la rivière Bayonne via l'émissaire et les conduites d'égout pluvial.

Le débit de l'affluent à la station est déterminé à l'aide de temps de marche des pompes des postes de pompage refoulant des eaux usées à la station. À la station, il n'existe ni de débitmètre d'affluent ni de système de dégrillage.

Une visite de la station de traitement des eaux usées a eu lieu le 26 septembre 2019 en présence de Monsieur Yan Benoit de la Municipalité, opérateur de la station et de Madame Claudia Rebohle, ingénieure de GBI.

Le schéma de l'aménagement actuel de la station de traitement des eaux usées se trouve à l'annexe 2.

3.2 Étangs aérés

Les eaux usées sont traitées dans deux (2) étangs aérés aménagés en série. La hauteur d'eau de conception dans les étangs est de 2,50 m. La hauteur d'eau actuelle est de 2,70 m. La hauteur totale des bassins est de 3,30 m. La pente des bermes intérieures est de 3 (horizontal) et de 1 (verticale). Les dimensions et volumes des étangs sont résumés au tableau 3.1.

Tableau 3.1 : Dimensions et volumes des étangs

Étang	Fond		Hauteur	Ligne d'eau		Volume	
	Longueur m	Largeur m		Longueur m	Largeur m	m ³	V
1	35,0	18,0	2,50	50,0	33,0	2 756	eau - conception
			2,70	51,2	34,2	3 096	eau - actuel
			3,30	54,8	37,8	4 242	total
2	35,0	18,0	2,50	50,0	33,0	2 756	eau - conception
			2,70	51,2	34,2	3 096	eau - actuel
			3,30	54,8	37,8	4 242	total
Volume utile total						5 513	eau - conception
						6 193	eau - actuel

Le niveau d'eau dans les étangs peut être ajusté à l'aide d'un déversoir en V de 45° qui se trouve dans le regard R-4 à la sortie de l'étang 2. Les niveaux d'eau sont les suivants :

- Niveau d'eau minimal 1,90 m (50,60 m);
- Niveau d'eau de conception / opération 2,50 m (51,20 m);
- Niveau d'eau maximal 2,80 m (51,50 m).

La figure 3.1 montre l'étang 1 et la figure 3.2 montre l'étang 2.



Figure 3.1 : Étang 1



Figure 3.2 : Étang 2

Dans les étangs a lieu l'enlèvement de la matière organique exprimée en demande biologique en oxygène (DBO₅) et, pendant l'été, l'inactivation des coliformes fécaux. De la mi-mai à la mi-novembre de chaque année, le phosphore est enlevé chimiquement par le dosage d'alun dans le regard R-3 en amont de l'étang 2. La décantation du phosphore a lieu dans la deuxième partie de l'étang 2.

3.3 Boues accumulées au fond des étangs

Une mesure du niveau des boues dans les deux étangs a eu lieu le 22 novembre 2017. Une autre mesure d'accumulation des boues dans l'étang 2 a été réalisée le 7 août 2019. Selon les informations obtenues par la Municipalité, aucune vidange des boues n'a eu lieu dans les étangs depuis la mise en opération en 2003.

Le tableau 3.2 montre les hauteurs et les pourcentages de boues mesurés.

Tableau 3.2 : Boues dans les étangs

Paramètres	Étang	1 (2017)	2 (2017)	2 (2019)
Hauteur moyenne des boues	m	0,23	0,74	0,91
Volume des boues (fond et bermes)	m ³	151	559	710
Pourcentage des boues	%	5,4	20,0	25,4
Hauteur des boues près de la sortie	m		1,30	1,40
Radier de la conduite de sortie p/r du fond	m		1,15	1,15

On constate que le pourcentage maximal de boue recommandé de 10 % est largement dépassé dans l'étang 2. De plus, le niveau de boues accumulées près de la sortie de l'étang dépasse le radier de la conduite de sortie. La figure 3.2 montre que la zone de forte accumulation des boues se trouve dans la deuxième partie de l'étang 2, soit la zone sans aérateurs.

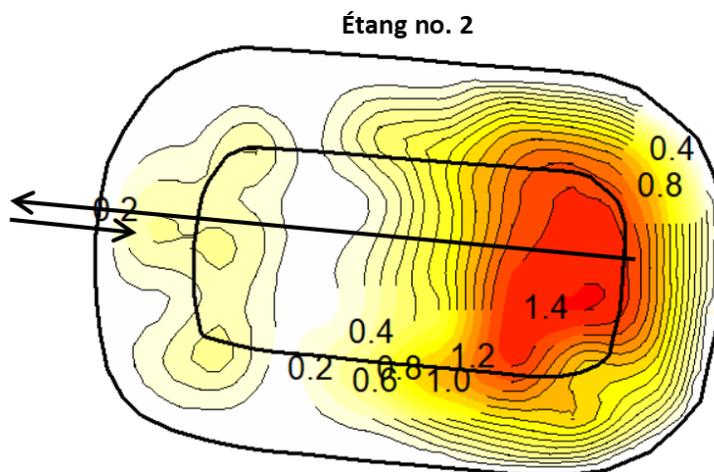


Figure 3.3 : Accumulation des boues (Écho-Tech, août 2019)

3.4 Système d'aération

L'aération est assurée par deux (2) soufflantes d'une capacité nominale de 10,6 m³/min d'air. Les soufflantes sont de la marque HIBON, le modèle SNH804MA. Elles sont situées dans le bâtiment de service. Une unité est en fonction à la fois afin de fournir la demande en oxygène. La deuxième soufflante sert de redondance. Les soufflantes fonctionnent en alternance.

Les jeux de poulies permettent d'opérer la soufflante à différentes capacités. L'hiver, une soufflante peut être opérée à 50 % (5,30 m³/min) ou à 75 % (7,95 m³/min). Habituellement, la soufflante est opérée à sa capacité nominale durant l'été. La figure 3.3 montre les surpresseurs d'air.



Figure 3.4 : Surpresseurs d'air

La distribution d'air dans les étangs est assurée par un nombre total de 25 diffuseurs d'air statiques à moyenne bulle. La conduite d'air principale possède un diamètre de 150 mm, les conduites latérales qui sont installées au fond des étangs ont un diamètre de 50 mm. Les diffuseurs de la marque ATARA 1218 sont installés au fond des étangs.

Chaque diffuseur possède une capacité maximale de 0,424 m³/min d'air et un taux de transfert d'oxygène au débit d'air maximal de 0,450 kg O₂/h. La distribution des diffuseurs dans les étangs ainsi que le taux de transfert d'oxygène maximal disponible sont montrées au tableau 3.3.

Tableau 3.3 : Diffuseurs d'air et débit d'air disponible

Étang	Diffuseurs nombre	Débit d'air		
		unitaire m ³ /min*diff.	total disponible m ³ /min	m ³ /h
1	18	0,424	7,6	458
2	7		3,0	178
Total	25		10,6	636

Il est à noter qu'à la conception du système d'aération seulement la demande en oxygène pour l'enlèvement de la DBO₅ a été considérée. Durant les mois d'été, la nitrification peut avoir lieu dans les étangs. Le processus de la nitrification est assuré par les microorganismes qui consomment de l'oxygène. Lors de la conception du système de traitement, la demande en oxygène pour la nitrification n'a pas été considérée.

La figure 3.4 montre une photo aérienne des étangs. On y voit les diffuseurs d'air et on peut constater que tous les diffuseurs sont en fonction. La partie aval de l'étang 2 ne comporte pas de diffuseur puisqu'elle sert de décantation des boues.



Figure 3.5 : Étangs aérés, 25 août 2016 (source : Google Earth)

3.5 Système de déphosphatation

Les pompes doseuses utilisées pour le dosage du sulfate ferrique (coagulant) pour l'enlèvement du phosphore sont de la marque US Filter, modèle Premia 75 et possèdent une capacité de 4,73 L/h à 7 bar (100 PSI).

Le sulfate ferrique liquide est entreposé un réservoir en PVC à double parois. Le réservoir a un volume utile de 10 000 L. La figure 3.5 montre le réservoir d'entreposage.



Figure 3.6 : Réservoir d'entreposage du coagulant

3.6 Émissaire

À la sortie de la station, les eaux traitées s'écoulent dans la conduite d'émissaire. Cette conduite fonctionne en charge et possède un diamètre de 150 mm et une longueur de 1 037 m. Les eaux sont rejetées au regard pluvial RP-05 à l'intersection des rues Principale et St-Thomas. L'égout pluvial se déverse dans la rivière Bayonne à la hauteur de la cour du garage municipal. La pente moyenne de la conduite de l'émissaire est de 0,18 % ce qui limite la capacité de l'émissaire à un débit de 6,5 L/s (563 m³/d).

4.0 Paramètres de conception et exigences de rejet

4.1 Paramètres de conception

La station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth a été mise en opération en 2003 pour desservir une population de 646 personnes.

Les paramètres de conception retenus par le Ministère des Affaires municipales et de l'Habitation (MAMH) pour la station de traitement de Sainte-Élisabeth sont résumés au tableau 4.1.

Tableau 4.1 : Paramètres de conception

Débit moyen		245	m ³ /d
Paramètres		mg/L	kg/d
Demande biochimique en oxygène	DBO ₅	145	35,6
Matières en suspension	MES	174	42,7
Phosphore total	P _{tot}	5,7	1,4

Les paramètres de conception des étangs et du système d'aération sont ceux recommandés aujourd'hui par le « *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique* » émis par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre le changement climatique (MELCC). Il s'agit des paramètres suivants :

Calcul d'enlèvement de la DBO₅ :

- Taux d'enlèvement k_e : k_e à 20°C = 0,37 d⁻¹
- Coefficient de température θ : $\theta = 1,07$

Calcul de l'aération :

- Besoin en oxygène en été = 2,25 kg O₂/kg DBO₅ enlevée
- Besoin en oxygène en hiver = 1,50 kg O₂/kg DBO₅ enlevée

4.2 Exigences de rejet

Les exigences de rejets fixés en 2003 par le MAMH pour l'effluent de la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth sont résumées au tableau 4.2.

Tableau 4.2 : Exigences de rejet

Paramètre	Période	Concentration	Charge	Rendement
		mg/L	kg/d	%
DBO ₅	Hiver - 1 janvier au 31 mars	30	14,2	60
	Printemps - 1 avril au 30 juin	30	12,5	65
	Été - 1 juillet au 30 septembre	25	7,1	80
	Automne - 1 octobre au 31 décembre	30	12,5	65
DBO ₅ *	Année	25	6,1	
MES	Année	25	6,1	
Phosphore	15 mai - 14 novembre	0,8	0,20	80
Coliformes fécaux	1 mai - 31 octobre	5 000 UFC/100 ml		

En janvier 2014, le gouvernement du Québec a adopté le *Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (ROMAEU) qui découle de la stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents des eaux usées municipales.

Les équipements d'assainissement devront permettre de respecter minimalement les normes pancanadiennes suivantes :

- 25 mg/L pour la demande biochimique en oxygène après cinq jours, partie carbonée (DBO₅C);
- 25 mg/L pour les matières en suspension (MES).

De plus, il s'agit de normes minimales. Lorsque justifiées par l'établissement d'objectifs environnementaux de rejets (OER) plus restrictifs, en tenant compte de la capacité de support du milieu récepteur, des exigences de rejet plus sévères peuvent être établies par le Ministère, en tenant compte des technologies disponibles et économiquement réalisables.

4.3 Suivi de l'exploitation de la station de traitement des eaux usées

Selon le guide concernant le « Suivi d'exploitation des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées, SOMAEU » émis par le MELCC, la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth est catégorisée 2 (très petite).

Pour une telle installation, le MELCC demande un échantillonnage de l'affluent à raison d'une fois par mois, pour un total de 12 échantillons par année. Les échantillons de l'affluent doivent être composés sur 24 heures et les paramètres suivants doivent être analysés :

- Demande chimique en oxygène DCO;
- Demande biochimique carbonée en oxygène DBO₅-C;
- Matières en suspension MES;
- Phosphore total P_{tot}.

À l'effluent de la station de traitement, un échantillon par mois doit être prélevé de façon instantanée et les paramètres suivants doivent être analysés :

- Demande chimique en oxygène DCO;
- Demande biochimique carbonée en oxygène DBO₅-C;
- Matières en suspension MES;
- Phosphore total P_{tot};
- Azote ammoniacal NH₃-N;
- pH
- Coliformes fécaux.

Les essais de toxicité aiguë ne sont pas requis.

5.0 Débit et charges actuels

5.1 Débit des eaux usées traitées

Afin d'évaluer les débits des eaux usées actuellement traitées à la station, nous avons compilé et analysé les données accumulées à l'affluent de la station de traitement durant la période de janvier 2017 à août 2019. Le débit est mesuré par le débitmètre installé sur la conduite de refoulement du poste de pompage. La figure 5.1 montre les débits moyens traités à la station pour la période observée.

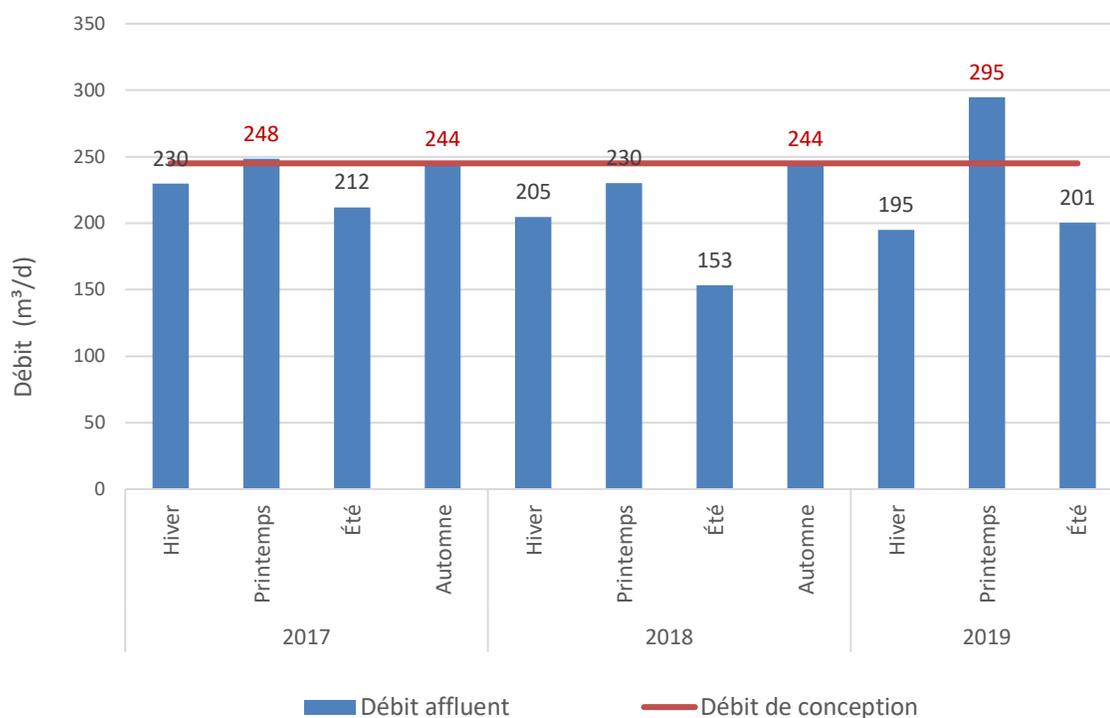


Figure 5.1 : Débit moyen à l'affluent

La figure 5.1 montre que le débit de conception de la station d'épuration de 245 m³/d est dépassé ou atteint au printemps et à l'automne.

En moyenne, les débits acceptés à la station sont les suivants :

- Période 2017 – 2019 222 m³/d
- Période sèche (hiver et été) 199 m³/d
- Période de pluie et de fonte (printemps) 258 m³/d

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, le débit des eaux usées unitaire est de 315 L/personne*d. Ceci est une valeur normale.

La figure 5.2 montre le débit journalier maximal à l'entrée de la station pour la période observée.

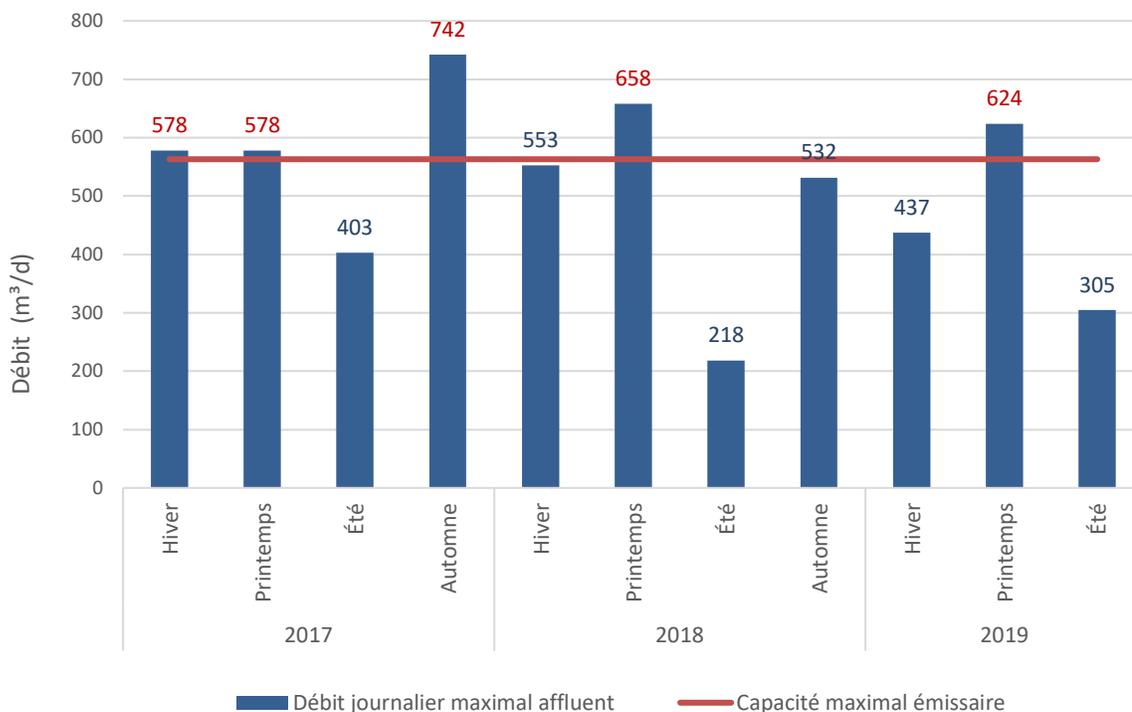


Figure 5.2 : Débit journalier maximal à l'affluent

On peut observer que la capacité maximale de la conduite de l'émissaire de 563 m³/d est dépassée au printemps et à l'automne.

5.2 Débordement de l'ouvrage de surverse

Durant les périodes quand le débit à l'affluent de la station dépasse la capacité de la conduite de l'émissaire, l'opérateur fait d'abord monter le niveau d'eau dans les étangs jusqu'au niveau maximal. Afin d'éviter un débordement des étangs, l'opérateur arrête ensuite les pompes du poste de pompage ce qui cause le débordement des eaux usées non traitées vers la rivière Bayonne via le trop-plein en amont du poste.

Notons que les étangs peuvent atténuer une certaine fluctuation du débit d'affluent. Durant la période observée de janvier 2017 à août 2019, aucun débordement du trop-plein n'a été enregistré.

5.3 Charges des eaux usées

5.3.1 Échantillonnage

Afin d'évaluer les charges en DBO₅, en MES et en phosphore acheminées à la station de traitement, nous avons compilé et analysé les données accumulées à l'affluent de la station de janvier 2017 à août 2019. Pour la période observée, un échantillon par mois est analysé.

5.3.2 DBO₅

La figure 5.3 montre les charges en DBO₅ à l'affluent de la station de traitement.

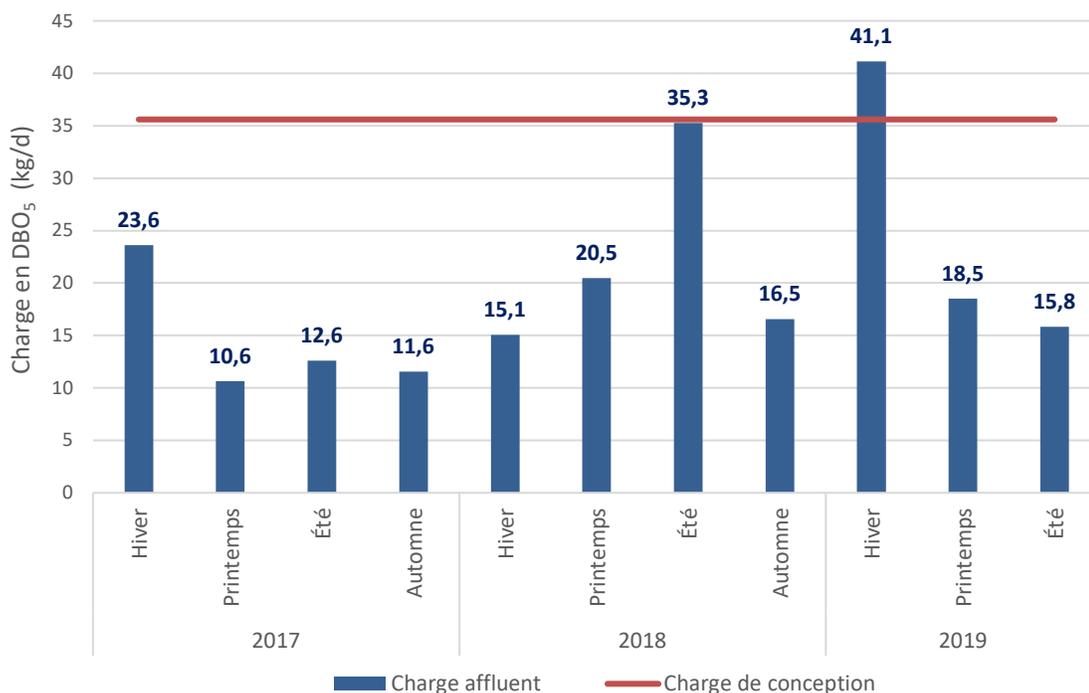


Figure 5.3 : Charge en DBO₅ à l'affluent

On peut constater que la charge de conception de la DBO₅ est dépassée en hiver 2019.

Pendant la période observée, en temps sec (hiver et été), la charge moyenne en DBO5 à l'affluent de la station est de 23,9 kg/d. La concentration moyenne en DBO5 est de 129 mg/L.

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, **la charge unitaire en DBO5 est de 34 g/personne*d.**

Le Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique (Guide) émis par le MELCC note une charge unitaire résidentielle en DBO₅ de 50 g/personne*d.

5.3.3 MES

La figure 5.4 montre la charge en MES à l'affluent de la station de traitement.

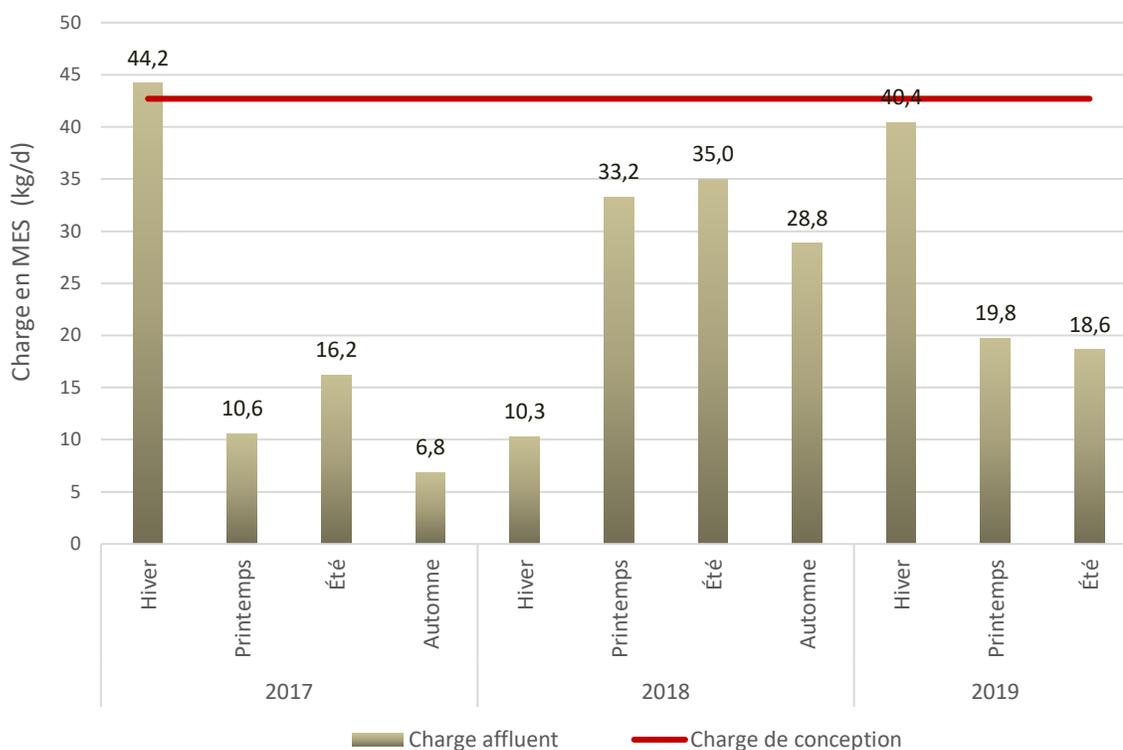


Figure 5.4 : Charge en MES à l'affluent

On peut constater que la charge de conception pour les MES est dépassée en hiver 2017.

Pendant la période observée, en temps sec, la charge moyenne en MES à l'affluent de la station est de 27,4 kg/d. La concentration moyenne en MES est de 150 mg/L. Ces valeurs ne dépassent pas les valeurs de conception.

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, **la charge unitaire en MES est de 39 g/personne*d.**

Le Guide émis par le MELCC note une charge unitaire résidentielle en MES de 60 g/personne*d.

5.3.4 Phosphore

La concentration en phosphore total à l'affluent de la station de traitement est mesurée une fois par mois entre le 15 mai et le 14 novembre de chaque année. La charge en phosphore est montrée à la figure 5.5.

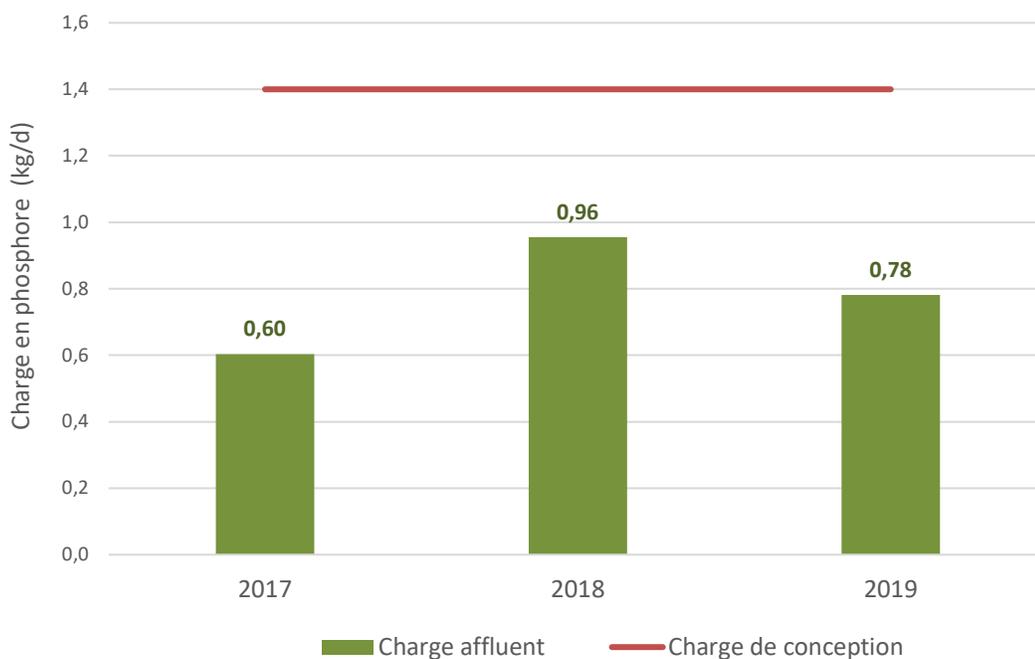


Figure 5.5 : Charges en phosphore à l'affluent

Nous pouvons constater que la charge de conception fixée pour le phosphore de 1,4 kg/d n'est pas dépassée.

Considérant une population actuelle desservie de 705 personnes, **la charge unitaire en phosphore est de 1,11 g/personne*d.**

Le Guide émis par le MELCC note une charge unitaire résidentielle en phosphore de 2 g/personne*d.

6.0 Performance épuratoire de la station de traitement

6.1 Paramètres analysés

Pour évaluer la performance épuratoire de la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth, nous avons compilé et analysé les concentrations et les charges en DBO₅, en azote ammoniacal, en MES, en coliformes fécaux et en phosphore à l'effluent de la station de traitement. La période de janvier 2017 à août 2019 a été prise en considération.

6.2 Enlèvement de la DBO₅

Dans les étangs aérés, les microorganismes vivent suspendus dans le mélange eaux usées – boues et se nourrissent de la matière élevée en DBO₅ qui est contenue dans les eaux usées entrant dans les étangs. Ces microorganismes consomment de l'oxygène qui est injecté dans les étangs par le système d'aération. La figure 6.1 montre les concentrations en DBO₅ observées à l'effluent de la station de traitement.

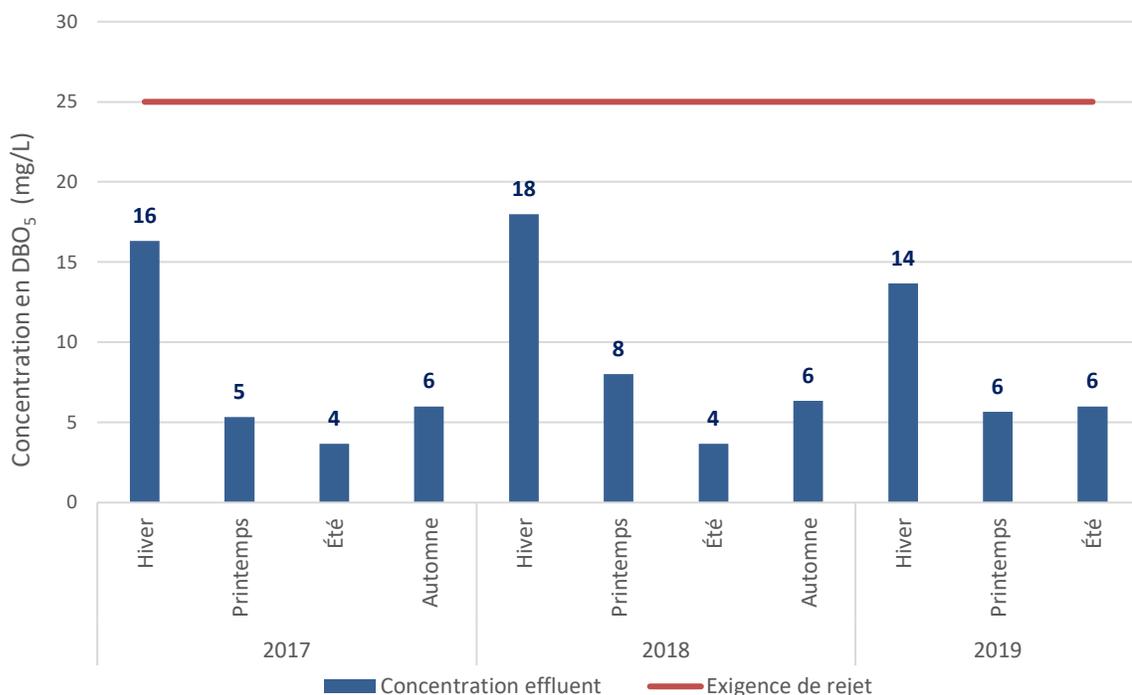


Figure 6.1: Concentration en DBO₅ à l'effluent

En ce qui concerne la concentration en DBO₅, nous pouvons constater que le procédé de traitement est performant. L'exigence de rejet est respectée en tout temps.

6.3 Nitrification et toxicité de l'effluent de la station

La figure 6.2 montre la concentration en azote ammoniacal à l'effluent de la station de traitement. On y observe que la transformation de l'azote ammoniacal en nitrate (nitrification) a partiellement lieu dans les étangs à l'été et à l'automne 2018. Cependant, l'absence de la nitrification ne veut pas automatiquement dire que l'effluent de la station est toxique.

La valeur aiguë finale (VAF) correspond à la concentration théorique en azote ammoniacal dans l'eau pouvant entraîner la mortalité de 50 % des organismes sensibles exposés. Un résultat d'essai de toxicité aiguë est positif si le taux de mortalité des organismes exposés à l'eau non diluée est de plus de 50 %. La VAF dépend du pH et de la température de l'eau. L'incidence de l'ammoniac sur la toxicité et le taux de mortalité des poissons dépendent de plusieurs facteurs de l'eau, notamment :

- pH;
- Température;
- Oxygène dissous;
- Force ionique (présence des ions);
- Salinité;
- Acclimatation antérieure à l'ammoniac;
- Exposition intermittente à l'ammoniac;
- Présence d'autres substances toxiques.

À l'effluent de la station de traitement, les résultats de l'azote ammoniacal, de la VAF et du pH pour les années de 2017 à 2019 ont été compilés.



Figure 6.2 : Concentration en azote ammoniacal et VAF à l'effluent

On peut noter que l'effluent de la station ne respecte pas la VAF (ligne rouge) en hiver 2017 et 2018.

Il est à noter qu'actuellement, la Municipalité n'a pas l'obligation d'effectuer des tests de toxicité à l'effluent de la station. Cependant, cette exigence pourrait être ajoutée par les autorités après des travaux d'augmentation de la capacité de la station ou lors de l'émission de l'attestation d'assainissement.

Dans le cas de traitement par étangs aérés, le Ministère considère un effluent toxique au printemps, été et automne comme une non-conformité à la réglementation en vigueur (ROMAEU).

6.4 Enlèvement des MES

La figure 6.3 montre la concentration en MES observées à l'effluent de la station de traitement.

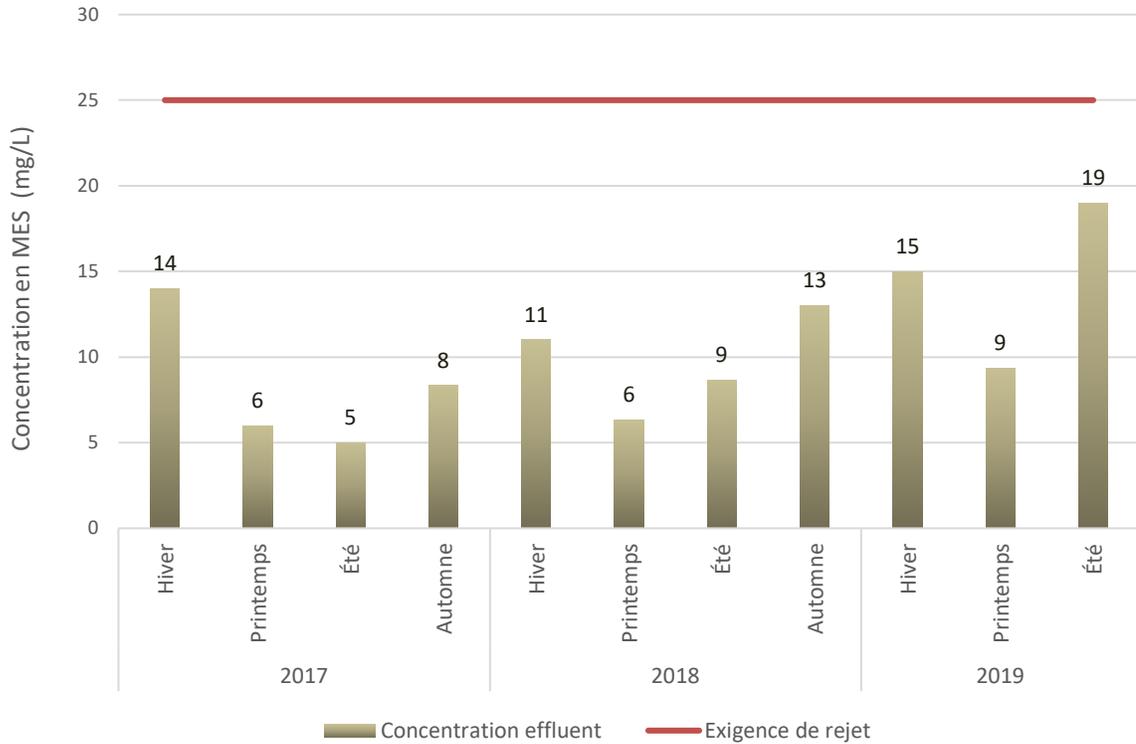


Figure 6.3: Concentration en MES à l'effluent

Nous pouvons constater que le procédé de traitement est performant en ce qui concerne l'enlèvement des MES. L'exigence de rejet est respectée en tout temps malgré le niveau des boues élevé à la sortie de l'étang 2.

6.5 Enlèvement du phosphore

La figure 6.4 montre les concentrations en phosphore total observées à l'effluent de la station de traitement.



Figure 6.4: Concentration en phosphore total à l'effluent

Nous pouvons constater que pendant la période observée, l'exigence de rejet en ce qui concerne le phosphore a été respectée.

L'analyse de la fraction soluble en phosphore peut donner les indications sur la nature d'un dépassement de l'exigence de rejet :

- Une concentration élevée en phosphore soluble (orthophosphate) traduit un manque de coagulant ou un mauvais mélange de celui-ci;
- Une concentration élevée en phosphore particulaire traduit un problème de décantation du phosphore coagulé.

6.6 Inactivation des coliformes fécaux

La figure 6.5 montre la concentration en coliformes fécaux à l'effluent de la station de traitement.

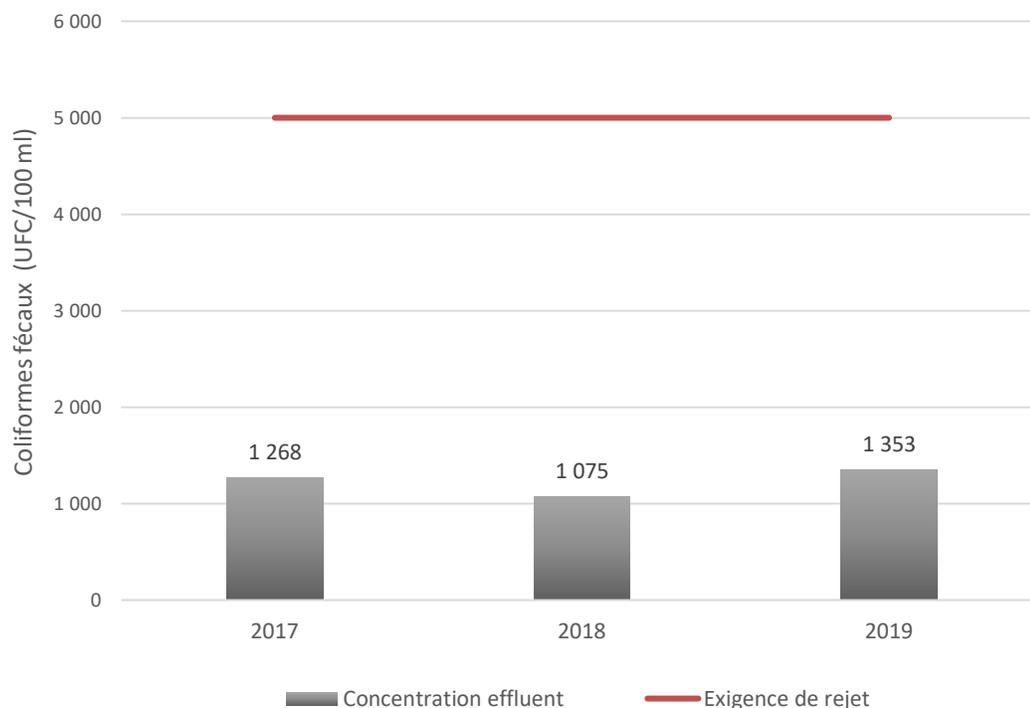


Figure 6.5: Concentration des coliformes fécaux à l'effluent

L'exigence de rejet pour les coliformes fécaux de 5 000 UFC/100 ml est respectée.

6.7 Rendement épuratoire observé et théorique

Afin d'évaluer la performance actuelle de la station de traitement des eaux usées, nous avons effectué des calculs de rendement épuratoire théorique en appliquant les formules d'Eckenfelder. Les conditions suivantes ont été étudiées :

- Opération d'été et d'hiver – conditions de conception;
- Opération d'été et d'hiver – conditions actuelles.

Les résultats de calculs ainsi que les valeurs qui ont été observés réellement sont montrés au tableau 6-1. Les calculs détaillés se trouvent à l'annexe 3.

Tableau 6.1 : Rendement épuratoire théorique et observé

Condition		Débit m ³ /d	DBO ₅					
			Affluent		Effluent			
					théorique		observée	
		mg/L	kg/d	mg/L	kg/d	mg/L	kg/d	
Conception	Hiver	245	145,2	35,6	37,6	9,2		
	Été				8,5	2,1		
2017 - 2019	Hiver	210	140	26,6	28,0	5,9	16,0	3,0
	Été	189	118	21,2	3,4	0,6	4,4	0,8

On peut constater que théoriquement, sous les conditions de conception, la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth ne rencontrerait pas les exigences de rejet. Selon les calculs théoriques, sous les conditions d'exploitation actuelle, la station ne répond pas aux exigences. Cependant, selon les valeurs observées, la station répond aux exigences de rejet.

Nous pouvons constater que selon les calculs théoriques, la station de traitement des eaux usées rencontre sa capacité maximale. Cependant, la performance actuelle laisse croire que la station possède une certaine capacité résiduelle.

Actuellement, le temps de rétention hydraulique dans les étangs est de 23 jours en hiver et de 28 jours en été. Le temps de rétention hydraulique considéré lors de la conception des étangs est de 20 jours.

Notons que le niveau d'eau actuel dans les étangs est de 2,70 mètres.

7.0 Performance du système d'aération

7.1 Oxygène dissous dans les étangs

Afin d'évaluer la performance actuelle du système de l'aération, nous avons compilé et analysé les données de la concentration en oxygène dissous dans les étangs. Les données accumulées de janvier 2017 à août 2019 ont été considérées. La figure 7.1 montre les concentrations en oxygène dissous.

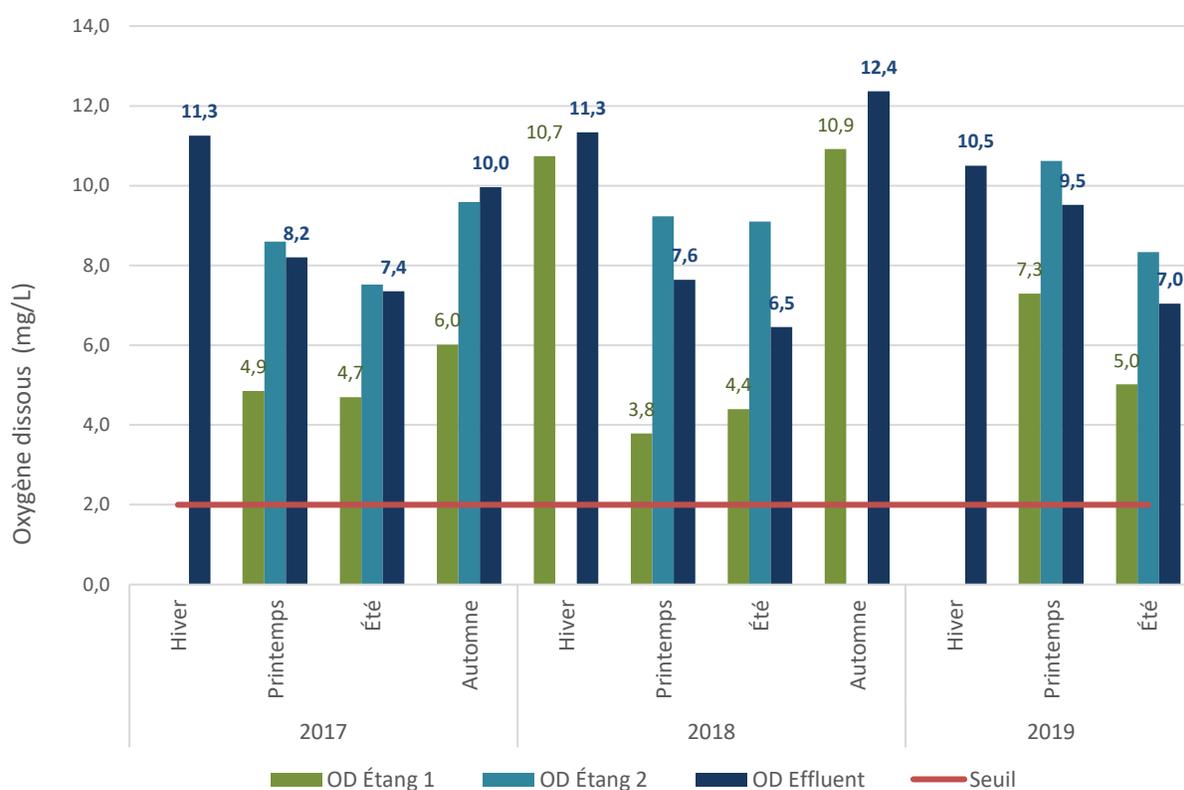


Figure 7.1: Oxygène dissous dans les étangs

On peut observer que la concentration de l'oxygène dissous est toujours supérieure au seuil minimum de 2 mg/L. Durant la période d'observation, le système de diffusion d'air a été efficace.

7.2 Calcul de la demande en oxygène et en air

La demande en oxygène dans l'étang dépend de la charge en DBO_5 qui y est enlevée. Le calcul de la demande en oxygène permettra de voir si le système d'aération en place est performant et si une capacité résiduelle est disponible.

La demande en oxygène pour chaque kilogramme de DBO_5 enlevée est de 2,25 kg O_2/kg DBO_5 et de 6,0 kg O_2/kg $\text{NH}_3\text{-N}$ pour chaque kilogramme d'azote ammoniacal enlevé. De cette façon, on obtient la demande en oxygène aux conditions de procédé (AOR).

En réalité, la demande en oxygène dans l'étang est plus grande que l'AOR. La demande en oxygène aux conditions standards (SOR) avec laquelle la capacité du système d'aération est déterminée est calculée à l'aide du rapport AOR/SOR. Ce rapport tient compte des facteurs suivants :

- Type de diffuseur d'air;
- Nature et température de l'eau;
- Profondeur de relâche des bulles d'air.

Pour les étangs de la station de traitement de la Municipalité de Sainte-Élisabeth, le rapport AOR/SOR de conception est présenté au tableau suivant. Les calculs détaillés se trouvent à l'annexe 4.

Étang	AOR/SOR
1	0,495
2	0,594

7.3 Demande en oxygène - Conception

Le tableau 7.1 montre la demande en oxygène requis pour les conditions de conception de la station. Les conditions d'été (température de l'eau = 23 °C) ont été considérées puisque celles-ci sont les plus contraignantes pour le système d'aération. Avec l'augmentation de la température, le taux de saturation de l'oxygène dissous dans l'eau diminue. De plus, à une température plus élevée, le métabolisme des microorganismes et leur demande en oxygène augmentent.

Tableau 7.1 : Demande en oxygène et en air - Conception

Conception	AOR/SOR	DBO ₅	Demande en oxygène		Débit d'air	
		enlevée	AOR	SOR	requis	disponible
		kg/d	kg O ₂ /d	kg O ₂ /d	m ³ /min	m ³ /min
Étang 1	0,495	28,4	64	129	3,6	7,6
Étang 2	0,594	5,7	13	22	0,6	3,0
Total		34,1	77	151	4,2	10,6

Exploité aux **conditions de conception**, avec une (1) soufflante et 25 diffuseurs d'air en fonction, le débit d'air est **amplement suffisant pour assurer l'apport en oxygène requis** pour le traitement des eaux usées.

7.4 Demande en oxygène - Conditions actuelles

Le tableau 7.2 montre la demande en oxygène requis pour les conditions d'exploitation actuelles pendant l'été (température de l'eau = 23 °C).

Tableau 7.2 : Demande en oxygène et en air - Été actuel

Actuel	AOR/SOR	DBO ₅	NH ₃ -N	Demande en oxygène		Débit d'air	
		enlevée	enlevée	AOR	SOR	requis	disponible
		kg/d	kg/d	kg O ₂ /d	kg O ₂ /d	m ³ /min	m ³ /min
Étang 1	0,496	19,2	0,41	46	92	2,6	7,6
Étang 2	0,595	2,6	1,62	16	26	0,7	3,0
Total		21,8	2,03	61	118	3,3	10,6

Exploité aux **conditions actuelles estivales**, avec une soufflante et 25 diffuseurs d'air en fonction, le débit d'air est **suffisant pour assurer l'apport en oxygène requis** pour le traitement des eaux usées.

Le système d'aération possède une capacité résiduelle.

8.0 Évaluation de la capacité résiduelle de traitement

8.1 Démarche de l'évaluation

Afin de déterminer la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth, la « *Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station d'épuration de type étangs aérés facultatifs dépassant ses critères de conception* » émis par le MELCC, 2015 a été appliquée. L'approche utilisée consiste à ajuster les constantes biocinétiques de modèle mathématique à partir des concentrations observées à l'affluent et l'effluent de la station d'épuration, de la température des cellules et du temps de rétention hydraulique observé.

La performance de la station de traitement des eaux usées est établie par la formule d'Eckenfelder. Cette équation comporte une constante, soit le taux d'enlèvement de la DBO₅C (k_e) qui est variable en fonction de la température de l'eau usée. L'équation est la suivante :

Formule d'Eckenfelder :

$$\frac{S_e}{S_0} = \frac{1}{1+k_e*t} * FC$$

Où :

S₀ = Concentration en DBO₅ à l'affluent de l'étang en mg/L

S_e = Concentration en DBO₅ à l'effluent de l'étang en mg/L

t = Temps de rétention hydraulique dans l'étang en d

FC = Facteur de correction (Hiver = 1,05; Été = 1,2)

k_e(T) = k_e(20°C) * θ^(T-20) (Valeur variant entre 0,12 à 0,8 d⁻¹ à 20°C)

T = Température de l'eau en °C

θ = coefficient de la température (Valeur variant entre 1,03 et 1,08)

Dans le cadre de l'évaluation de la capacité de traitement résiduelle de la station, les constantes **biocinétiques k_e et θ** seront ajustées aux conditions observées in situ. La démarche comprend les étapes suivantes :

- 1) Détermination de la charge en DBO₅ maximale à l'affluent pour chaque trimestre;
- 2) Détermination des paramètres suivants qui correspondent à ces trimestres :
 - a. Débit;
 - b. Concentration en DBO₅ à l'affluent;
 - c. Concentration en DBO₅ à l'effluent;
 - d. Temps de rétention hydraulique dans les étangs;
 - e. Température de l'eau.
- 3) Détermination du taux d'enlèvement de la DBO₅ (k_e) et du coefficient de la température (θ) par itération;
- 4) Vérification du respect des exigences de rejet et des autres conditions d'exploitation.

8.2 Détermination des trimestres critiques

À l'aide de la figure 5.2, nous pouvons identifier les trimestres démontrant les charges maximales en DBO₅. Les trimestres critiques choisis pour les calculs sont les suivants :

- Hiver 2017 DBO₅ = 23,6 kg/d
- Été 2018 DBO₅ = 35,3 kg/d
- Hiver 2019 DBO₅ = 41,1 kg/d

8.3 Détermination des paramètres de calcul

La formule pour le calcul d'itération comporte les deux (2) constantes, soit k_e et θ . La formule est la suivante :

$$\left[\left(1 + (t_1 * k_e * \theta^{(T1-20)}) \right) * \left(1 + (t_2 * k_e * \theta^{(T2-20)}) \right) \right] - \frac{S_0}{S_e} = 0$$

Le temps de rétention hydraulique dans les étangs est déterminé à l'aide du volume utile disponible dans chaque étang et du débit des eaux usées. Les volumes utiles disponibles tiennent compte du volume des boues actuellement accumulées au fond et d'une couche de glace couvrant les étangs en hiver. Les volumes utiles disponibles pour les trimestres critiques sont montrés au tableau 8.1.

Tableau 8.1 : Volume utile disponible dans les étangs

Étang	Hiver m ³	Été m ³
1	2 632	2 786
2	2 229	2 384
Total	4 861	5 170

Le tableau 8.2 résume les paramètres qui sont utilisés pour le calcul des constantes k_e et θ .

Tableau 8.2 : Données utilisées pour le calcul pour k_e et θ

Année	Trimestre	Débit	DBO ₅		Temps rétention		Température	
		Q m ³ /d	S ₀ mg/L	S _e mg/L	t ₁ d	t ₂ d	T ₁ °C	T ₂ °C
2017	Hiver	230	129	16,3	11,4	9,7	3,0	3,5
2018	Été	153	212	3,7	18,2	15,6	22,0	22,6
2019	Hiver	195	207	13,7	13,5	11,4	3,0	3,5

8.4 Résultats des calculs d'itération et vérifications

Le taux d'enlèvement de la DBO₅, k_e et le coefficient de température θ sont ajustés en fonction des données d'opération des trimestres critiques. Les itérations ont convergé vers les valeurs suivantes :

- **Taux d'enlèvement de la DBO₅ :** $k_e = 0,362$
- **Coefficient de la température :** $\theta = 1,034$

Ensuite, les nouvelles constantes ont été appliquées dans les calculs théoriques en utilisant la formule d'Eckenfelder. Les résultats des calculs de vérification sont montrés au tableau 8.3.

Tableau 8.3 : Résultats des calculs de vérification (nouvelles valeurs k_e et θ)

Année	Trimestre	Débit	Affluent - DBO ₅	Effluent - DBO ₅		Erreur
				Q	S _o	
		m ³ /d	mg/L	mg/L	mg/L	%
2017	Hiver	230	129	16,3	12,8	-22%
2018	Été	153	212	3,7	3,7	0%
2019	Hiver	195	207	13,7	16,2	19%

8.5 Calcul de la capacité maximale de traitement

Pour la détermination de la capacité de traitement maximale, nous avons considéré qu'une vidange des boues des étangs soit effectuée. Ainsi, dans les calculs théoriques nous appliquons de nouvelles valeurs pour k_e et pour θ . De plus, nous considérons un pourcentage de 10 % pour les boues et en hiver, un pourcentage de 5 % supplémentaire pour la glace.

Le tableau 8.4 montre le rendement théorique pour l'exploitation de la station à sa capacité maximale à la suite de la vidange des boues. Les calculs détaillés se trouvent à l'annexe 5.

Tableau 8.4 : Rendement épuratoire futur théorique

Condition		Débit	DBO ₅				Temps de rétention
			Affluent		Effluent		
		m ³ /d	mg/L	kg/d	mg/L	kg/d	d
Capacité maximale	Hiver	330	118	38,9	19,5	6,4	16
	Été				8,9	2,9	17

Notons que c'est le temps de rétention hydraulique dans les étangs en été qui est limitant pour l'enlèvement des coliformes fécaux et ainsi pour l'exploitation maximale de la station. **Le temps de rétention hydraulique aux conditions d'exploitation maximale sera de seulement 17 jours. L'exigence de rejet pour les coliformes fécaux est de 5 000 UFC/100 ml. Selon le Guide, pour une station de traitement comportant 2 étangs, le temps de rétention doit être de 20 à 25 jours afin d'atteindre l'exigence de rejet pour les coliformes fécaux de 5 000 UFC/100 ml.**

8.6 Vérification de la capacité du système de l'aération

Dans le cas de traitement par étangs aérés, le Ministère considère un effluent toxique au printemps, été et automne comme une non-conformité à la réglementation en vigueur (ROMAEU). En conséquence, nous avons considéré la demande future en oxygène pour la nitrification dans les calculs de vérification du système d'aération.

Le tableau 8.6 montre la demande en oxygène requis pour les conditions d'exploitation futures maximales pendant l'été (température de l'eau = 23 °C).

Tableau 8.5 : Demande en oxygène et en air – Capacité maximale

Capacité maximale	AOR/SOR	DBO ₅	NH ₃ -N	Demande en oxygène		Débit d'air	
		enlevée kg/d	enlevée kg/d	AOR kg O ₂ /d	SOR kg O ₂ /d	requis m ³ /min	disponible m ³ /min
Étang 1	0,496	38,9	0	88	177	4,9	7,6
Étang 2	0,595	8,9	2,42	35	58	1,6	3,0
Total		47,8	2,42	122	235	6,6	10,6

Exploité aux conditions futures maximales estivales, une soufflante en opération sera suffisante pour assurer l'apport en oxygène requis pour le traitement des eaux usées (enlèvement de la DBO5 et la nitrification).

Notons qu'un temps de rétention hydraulique de 17 jours permet une nitrification partielle seulement.

9.0 Besoins futurs en traitement des eaux usées

9.1 Population future à desservir

Pour le calcul de la population supplémentaire, la Municipalité de Sainte-Élisabeth nous a fourni les données montrées au tableau 9.1.

Tableau 9.1 : Population future

Horizon	Logements	Population
	unités	personnes
Logements actuels (2019)	246	597
Centre d'hébergement	1	108
Total - Actuel		705
Logements futurs	104	252
Maison des aînés	1	40
Commerces	3	7
Total - Futur		1 005

Taux d'occupation = 2,428 personnes/logement (Statistiques Canada, 2016)

9.2 Débit futur des eaux usées

Afin de déterminer les débits futurs à traiter par la station de traitement des eaux usées, les valeurs suivantes ont été considérées pour la population actuelle et future :

- Débit unitaire actuel 315 L/personne*d
- Débit sanitaire unitaire, nouveau développement 250 L/personne*d
- Débit unitaire des eaux parasites, nouveau développement :
 - › Captage 50 L/personne*d
 - › Infiltration 60 L/personne*d
- Facteur de pointe actuel pour le débit journalier maximal 2,36
- Facteur de pointe future pour le débit journalier maximal 2,00

Le tableau 9.2 montre les débits actuels et futurs à traiter.

Tableau 9.2 : Débit des eaux usées à traiter

Horizon	Débit	
	moyen	journalier maximal
	m ³ /d	m ³ /d
Actuel	222	523
Futur supplémentaire	108	216
Total - Futur	330	739

9.3 Charges futures

Puisqu'il s'agit des futurs développements résidentiels, les charges unitaires du Guide du MELCC ont été utilisées afin de déterminer les charges futures en DBO₅, MES, phosphore et en azote ammoniacal à traiter par la station de traitement des eaux usées. Les valeurs suivantes ont été considérées :

- Charge unitaire en DCO 125 g/personne*d
- Charge unitaire en DBO₅ 50 g/personne*d
- Charge unitaire en azote total, NTK 10 g/personne*d
- Charge unitaire en azote ammoniacal, NH₃-N 7,5 g/personne*d
- Charge unitaire en MES 60 g/personne*d
- Charge unitaire en phosphore 2 g/personne*d

Le tableau 9.3 résume les charges actuelles et futures à traiter.

Tableau 9.3 : Charges des eaux usées à traiter

Horizon	DBO ₅	MES	Phosphore	NH ₃ -N	NTK	DCO
	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Actuel	23,9	27,4	0,78	5,3	7,1	78
Futur supplémentaire	15,0	18,0	0,60	2,2	3,0	37
Total - Futur	38,9	45,4	1,38	7,6	10,1	116

9.4 Résumé des besoins futurs en traitement des eaux usées

Le tableau 9.4 résume les données de conception pour l'augmentation de la capacité de la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth afin de pouvoir répondre aux besoins futurs en traitement des eaux usées.

Tableau 9.4 : Résumé des besoins futurs

Paramètre		Valeur	unité
Population		1 005	personnes
Débit moyen	Q_m	330	m ³ /d
<i>Facteur de pointe</i>	<i>FP1</i>	2,24	
Débit journalier maximal	Q_{jmax}	739	m ³ /d
<i>Facteur de pointe</i>	<i>FP2</i>	4,20	
Débit de pointe horaire	Q_{ph}	1 386	m ³ /d
		58	m ³ /h
		16,0	L/s
Paramètre		Charge	Concentration
		kg/d	mg/L
Demande chimique en oxygène	DCO	116	351
Demande biochimique en oxygène	DBO ₅	38,9	118
Matières en suspension	MES	45,4	138
Phosphore total	P _{tot}	1,38	4,18
Azote total	NTK	10,1	30,6
Azote ammoniacal	NH ₃ -N	7,6	22,9

10.0 Augmentation de la capacité de la station de traitement des eaux usées

10.1 Capacité maximale de la station

Comme constaté aux sections 8.5 et 8.6, la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth possède la capacité résiduelle afin de pouvoir desservir la population actuelle et future.

Cependant, le temps de rétention hydraulique aux conditions d'exploitation futures sera de seulement 17 jours ce qui est limitant pour l'enlèvement des coliformes fécaux.

De plus, un temps de rétention hydraulique de 17 jours permet une nitrification partielle seulement.

Aux conditions d'exploitation futures, il se peut alors que la station ne répondra pas aux exigences de rejet pour les coliformes fécaux et la toxicité de l'effluent.

10.2 Résumé des mesures pour l'augmentation de la capacité

Afin d'assurer la pérennité et d'augmenter la capacité de la station de traitement des eaux usées, des solutions suivantes sont proposées :

- Vidange des boues des étangs;
- Ajout d'un dégrilleur en amont du poste de pompage;
- Ajout d'un émissaire d'urgence vers le ruisseau Grand Fossé adjacent à la station;
- Augmentation de la capacité du poste de pompage;
- Ajout d'un 3e étang et son système de diffusion d'air.

10.3 Ajout d'un dégrilleur

Nous recommandons à la Municipalité de Sainte-Élisabeth de mettre en place un dégrilleur pour le prétraitement des eaux usées. Le dégrilleur sera installé en amont du poste de pompage dans un nouveau bâtiment de service et sera muni d'un compacteur-laveur et d'un système d'ensachage des déchets.

La présence d'un dégrilleur en amont des étangs aérés et du poste de pompage comprend les avantages suivants :

- Protège les pompes submersibles du poste de pompage et y réduit l'entretien;
- Réduit l'entretien requis des diffuseurs d'air et des étangs;
- Permet la mise en place des diffuseurs d'air de type fines bulles ayant une meilleure performance;
- Réduit la quantité des boues accumulées dans les étangs;
- Améliore la qualité de l'effluent;
- Permet la valorisation des boues puisque celles-ci ont une meilleure qualité;
- Réduit la fréquence et les coûts de vidange des boues.

Notons que dans un futur rapproché, la disposition des boues provenant du traitement des eaux usées municipales dans un site d'enfouissement ne sera plus permise. La valorisation de ces boues devient donc obligatoire.

La figure 10.1 montre un dégrilleur fin de type panier perforé, installé en amont d'un poste de pompage.



Figure 10.1 : Dégrilleur à panier perforé (source : Huber)

La mise en place d'un système de dégrillage fin requiert les travaux suivants :

- Construction d'un bâtiment de service comprenant le système de dégrillage et son panneau de contrôles;
- Achat et installation des équipements de dégrillage;
- Travaux périphériques de mécanique de bâtiment, d'électricité et de contrôles.

La mise en place d'un dégrilleur comprend la conception suivante :

- Équipements électriques du bâtiment de prétraitement antidéflagrant classe I, division 2;
- Équipements de la mécanique de bâtiment du bâtiment de prétraitement conformément à la norme NFPA 820;

- Mécanique de procédé du dégrilleur et de ses équipements périphériques;
- Conception du panneau de contrôle du dégrilleur et de son intégration à l'automate de la station de traitement.

10.4 Ajout d'un émissaire d'urgence vers le ruisseau Grand Fossé

Le ruisseau Grand Fossé se trouve à proximité immédiate de la station de traitement des eaux usées. L'ajout d'un émissaire d'urgence des eaux traitées vers ce cours d'eau permettrait un soulagement de la conduite de l'émissaire existante lors des périodes prolongées de forts débits (fonte de la neige au printemps).

Le ruisseau Grand-Fossé est un cours d'eau à faible débit, tributaire de la rivière La Chaloupe. Notons que ce nouvel émissaire fonctionnera uniquement lors des périodes prolongées de forts débits à un moment quand le cours d'eau Grand Fossé véhicule un débit suffisant permettant un bon taux de dilution.

Actuellement, lorsque le trop-plein en amont du poste de pompage déborde, les eaux usées non-traitées sont déversées dans la rivière Bayonne.

Afin de construire un émissaire d'urgence vers le Grand Fossé, des travaux suivants sont requis :

- Aménagement d'un nouveau regard déversoir à la sortie de l'étang 2, muni d'un repère de débit;
- Installation d'une conduite d'émissaire entre le nouveau regard de sortie de l'étang 2 et le ruisseau;
- Aménagement du point de rejet au cours d'eau.

10.5 Augmentation de la capacité du poste de pompage

La capacité des pompes du poste de pompage doit être augmentée afin de pouvoir répondre au débit de pointe horaire futur prévu de 16,0 L/s (1 386 m³/d). La capacité de conception des pompes est de 14,8 L/s (1 279 m³/d).

Nous recommandons de renouveler les pompes ainsi que la mécanique de procédé (flottes de niveau, barre-guides, vannes, échelles, etc.) et le panneau de contrôles du poste.

10.6 Ajout d'un troisième étang

Dans l'éventualité que la station ne rencontre pas les exigences de rejet à la suite de l'ajout des débits et charges futurs, l'agrandissement de la station de traitement des eaux usées, voir l'ajout d'un troisième étang devient nécessaire.

L'étang 3 aura les mêmes dimensions que les étangs existants. Considérant un temps de rétention hydraulique dans les trois étangs de 22,5 jours, le débit moyen de conception est de 372 m³/d.

Les soufflantes existantes auront la capacité requise pour l'aération des trois étangs. L'installation de cinq (5) diffuseurs d'air à moyenne bulle dans la première partie de l'étang 3 sera requise.

11.0 Évaluation préliminaire des coûts

Nous avons évalué les coûts des travaux suivants pour l'augmentation de la capacité de la station de traitement des eaux usées :

- Ajout d'un dégrilleur en amont du poste de pompage;
- Ajout d'un émissaire d'urgence vers le ruisseau Grand Fossé adjacent à la station;
- Augmentation de la capacité du poste de pompage;
- Ajout d'un 3e étang et son système de diffusion d'air.

Les coûts d'investissement requis pour les travaux à la station de traitement des eaux usées sont résumés au tableau 11.1. L'estimation détaillée se trouve à l'annexe 6.

Tableau 11.1 : Résumé des coûts des travaux

	Étape	Coût des travaux
1	Ajout d'un dégrilleur	347 300 \$
2	Ajout d'un émissaire d'urgence	39 215 \$
3	Augmentation de la capacité du poste de pompage	112 125 \$
4	Ajout d'un étang 3	400 430 \$
	Total des travaux	899 070 \$
	Frais indirects = 20%	179 814 \$
	Sous-total	1 078 884 \$
	Taxes	
	TPS = 5%	53 944 \$
	TVQ = 9,975%	107 619 \$
	Grand - Total	1 240 447 \$

12.0 Conclusions et recommandations

12.1 Conclusions

Le présent rapport évalue le rendement actuel ainsi que la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth.

L'évaluation de la capacité résiduelle a été effectuée conformément à la « *Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station d'épuration de type étangs aérés facultatifs dépassant ses critères de conception* » du MELCC.

Nous avons pu constater que la station de traitement des eaux usées de la Municipalité de Sainte-Élisabeth possède la capacité résiduelle afin de pouvoir desservir la population actuelle et future.

Cependant, le temps de rétention hydraulique aux conditions d'exploitation futures sera de seulement 17 jours ce qui est limitant pour l'enlèvement des coliformes fécaux. De plus, un temps de rétention hydraulique de 17 jours permet une nitrification partielle seulement.

Aux conditions d'exploitation futures, il se peut alors que la station ne rencontrera pas les exigences de rejet pour les coliformes fécaux et la toxicité de l'effluent.

Actuellement, la station de traitement dessert une population de 705 personnes et reçoit un débit moyen en eaux usées de 222 m³/d. La charge moyenne en DBO₅ est de 23,9 kg/d.

Les exigences de rejet sont actuellement respectées pour tous les paramètres.

12.2 Recommandations

Nous recommandons à la Municipalité de Sainte-Élisabeth la réalisation des travaux suivants, afin de mettre aux normes et d'améliorer la performance de la station de traitement des eaux usées :

Étape 1 - Travaux immédiats :

- Vidange des boues dans les deux étangs.

Étape 2 - Travaux à court terme

- Construction d'un émissaire d'urgence à la sortie de l'étang 2;
- Mise en place d'un dégrilleur fin en amont du poste de pompage;
- Remplacement de la mécanique de procédé et augmentation de la capacité des pompes du poste de pompage.

Étape 3 - Travaux à moyen terme

- Ajout d'un troisième étang aéré.

De plus, nous recommandons à la Municipalité d'entreprendre les mesures suivantes :

- Vidange complète et régulière des boues;
- Enlèvement des lentilles d'eau de la surface des étangs;
- Calibration régulière des pompes des postes de pompage et suivi des débits acheminés à la station de traitement des eaux usées par le poste de pompage;
- Suivi des débits d'eaux usées déversées à l'ouvrage de surverse;
- Suivi des débits des eaux traitées rejetées par l'émissaire d'urgence;
- Poursuite de la recherche et de l'élimination des sources d'eaux parasites;
- Débranchement du drainage de surface de l'égout sanitaire.

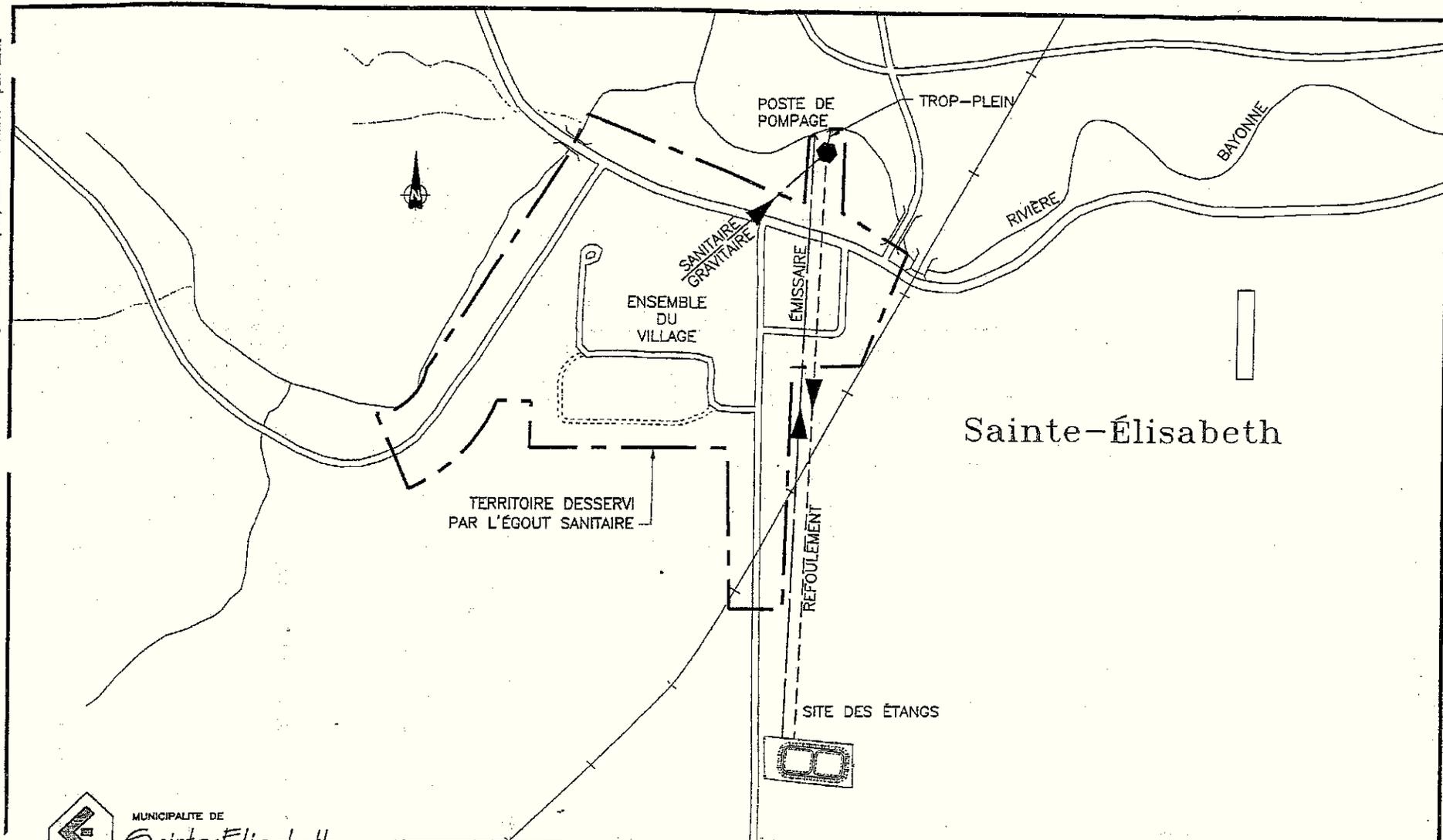
Fin de la section



ANNEXE 1

Schéma d'écoulement du réseau d'égout sanitaire

Fichier : ESM, \SEL ... 200, v.assin\... p19p1c... \Se... 17 par. Litre



comtoispoupart
INGÉNIEURS CONSEILS

220, rue Fabre
JOLIETTE (Québec) J6E 2J2
T: 450.756.8111
F: 450.756.4128
C: info@comtoispoupart.com

MUNICIPALITE DE STE-ELISABETH
SCHEMA D'ECOLEMENT

Echelle	AUCUNE	No. dossier	SEL-011
Date	6 MAI 2005	No. croquis	Cr-1

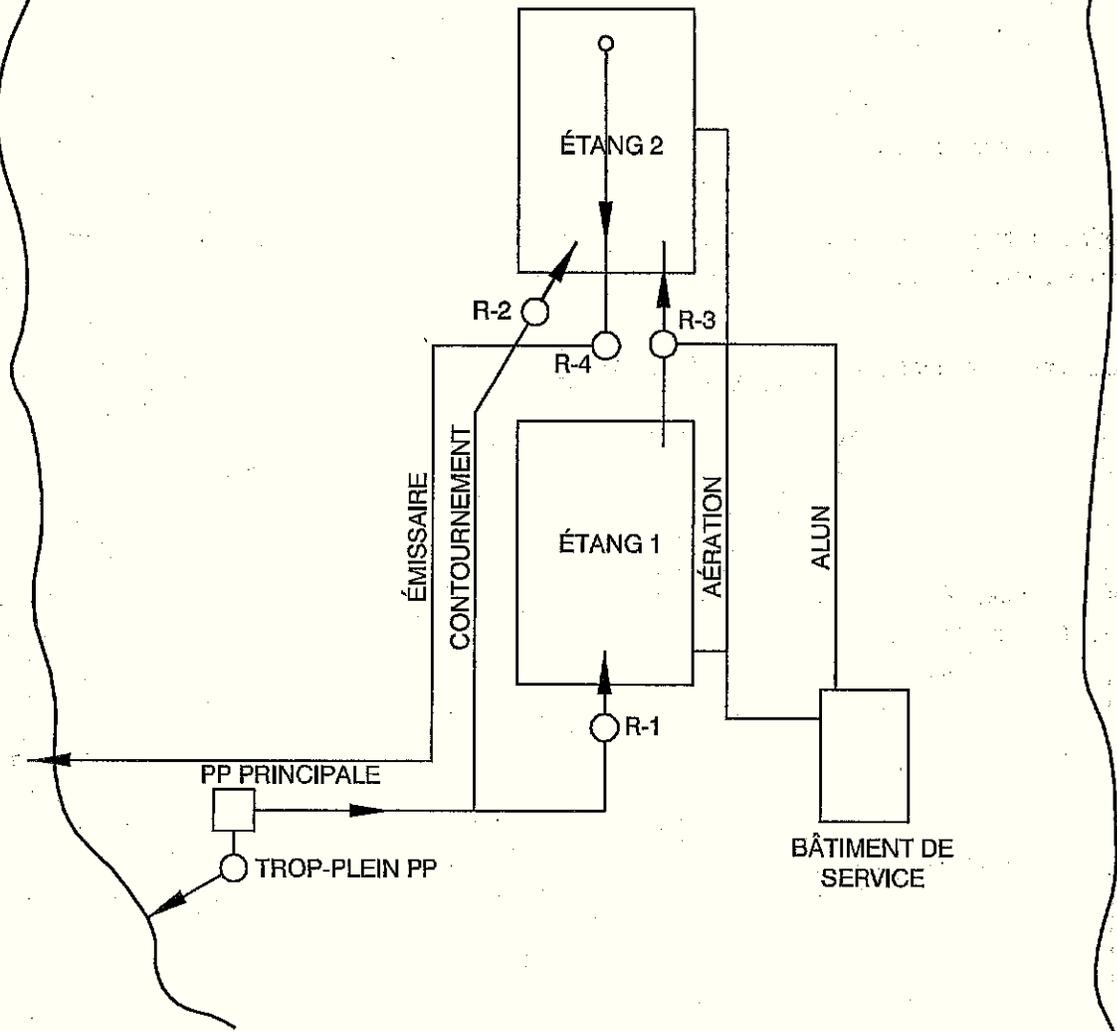
ANNEXE 2

**Schéma d'écoulement de la station
de traitement des eaux usées**

R-4: MUNI DE VANNE DÉVERSOIR

RIVIÈRE BAYONNE

GRAND FOSSE



Les Services exp inc.



La nouvelle fiabilité de Tokina HPA Inc.

Projet: **PROBLÉMATIQUE DE DÉVERSEMENT AUX ÉTANGS AÉRÉS
MUNICIPALITÉ DE STE-ÉLISABETH**

Titre: **SCHÉMA DE PROCÉDÉ
ACTUEL**

Préparé par : C. REBOHLE, Ing.	Dossier no : SESM-00050906	Date : 2013-01-16	Plan : -
Dessiné par : L. LATENDRESSE	Fichier électronique : SESM-00050906-CR	Échelle : AUCUNE	Feuille no: Révision : Cr-01 A

AutoCAD Civil 3D 2011



ANNEXE 3

Calculs de capacité actuelle - Eckenfelder

Caractéristiques :	Conception	HIVER
---------------------------	-------------------	--------------

Données de conception à l'affluent

Température	T	1 °C
Débit	Q	245 m ³ /d
Temps de rétention total	t	19,1 d
Charge à l'entrée		35,6 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	145 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbienr Ke		0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,05 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,111$$

Étang 1	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 343 m ³
	Temps de rétention	9,6 d
	Charge en DBO entrée	36 kg/d
	Se(1) =	74 mg/L
	Rendement =	49 %
	Enlèvement =	17,5 kg/d
	Effluent étang 1 =	18 kg/d

Étang 2	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 343 m ³
	Temps de rétention	9,6 d
	Charge en DBO entrée	18 kg/d
	Se(2) =	38 mg/L
	Rendement =	49 %
	Enlèvement =	8,9 kg/d
	Effluent étang 2 =	9 kg/d

Concentration DBO₅	108 mg/L	REJET =	37,6 mg/L	25
Rendement	74 %			
Charge DBO₅	26 kg/d	REJET =	9,2 kg/d	

Caractéristiques :	Conception	ÉTÉ
---------------------------	-------------------	------------

Données de conception à l'affluent		
---	--	--

Température	T	21 °C
Débit	Q	245 m ³ /d
Temps de rétention total	t	20,2 d
Charge à l'entrée		35,6 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	145 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbienne Ke		0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,2 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$Ke_x = Ke (20^{\circ}C) * q^{(T-20)}$	$Ke_x = 0,392$
--	----------------

Étang 1	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 480 m ³
	Temps de rétention	10,1 d
	Charge en DBO entrée	36 kg/d
	Se(1) =	35 mg/L
	Rendement =	76 %
	Enlèvement =	27,0 kg/d
	Effluent étang 1 =	9 kg/d

Étang 2	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 480 m ³
	Temps de rétention	10,1 d
	Charge en DBO entrée	9 kg/d
	Se(2) =	8,5 mg/L
	Rendement =	76 %
	Enlèvement =	6,5 kg/d
	Effluent étang 2 =	2 kg/d

Concentration DBO₅	137 mg/L	REJET =	8,5 mg/L	25
Rendement	94 %			
Charge DBO₅	33 kg/d	REJET =	2,1 kg/d	

Caractéristiques :	Opération actuelle	HIVER
--------------------	--------------------	-------

Données de conception à l'affluent

Température	T	2 °C
Débit	Q	210 m ³ /d
Temps de rétention total	t	22,9 d
Charge à l'entrée		29,4 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	140 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbienr Ke		0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,05 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^{\circ}C) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,118$$

Étang 1		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 632 m ³	
Temps de rétention	12,5 d	
Charge en DBO entrée	29 kg/d	
Se(1) =	59 mg/L	
Rendement =	58 %	
Enlèvement =	17,0 kg/d	
Effluent étang 1 =	12 kg/d	

Étang 2		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 167 m ³	
Temps de rétention	10,3 d	
Charge en DBO entrée	12 kg/d	
Se(2) =	28 mg/L	
Rendement =	53 %	
Enlèvement =	6,6 kg/d	
Effluent étang 2 =	6 kg/d	

Concentration DBO₅	112 mg/L	REJET =	28,0 mg/L	25
Rendement	80 %			
Charge DBO₅	24 kg/d	REJET =	5,9 kg/d	

Caractéristiques :	Opération actuelle	ÉTÉ
--------------------	--------------------	-----

Données de conception à l'affluent		
------------------------------------	--	--

Température	T	23 °C
Débit	Q	189 m ³ /d
Temps de rétention total	t	27,7 d
Charge à l'entrée		22,3 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	118 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbienne Ke		0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,2 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^{\circ}\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,445$$

Étang 1		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 910 m ³	
Temps de rétention	15,4 d	
Charge en DBO entrée	22 kg/d	
Se(1) =	18 mg/L	
Rendement =	85 %	
Enlèvement =	18,9 kg/d	
Effluent étang 1 =	3 kg/d	

Étang 2		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 322 m ³	
Temps de rétention	12,3 d	
Charge en DBO entrée	3 kg/d	
Se(2) =	3,4 mg/L	
Rendement =	81 %	
Enlèvement =	2,8 kg/d	
Effluent étang 2 =	1 kg/d	

Concentration DBO₅	115 mg/L	REJET =	3,4 mg/L	25
Rendement	97 %			
Charge DBO₅	22 kg/d	REJET =	0,6 kg/d	



ANNEXE 4

Calculs d'aération

 N/D E12023-00 Note de calcul	Client : Sainte-Élisabeth		Préparé par Claudia Rebohle ing.	
	Projet : Station de traitement des eaux usées		# OIQ: 136 064	
	Objet : Calcul d'aération - Conception		17 septembre 2019	
	Rapport AOR/SOR		$\frac{AOR}{SOR} = \alpha * F * \theta^{(T-20)} * \frac{(\beta * C_{SW} - C_L)}{C_{SS}}$	
Description	Symbol	Unité	Valeur	Notes
Demande en oxygène aux conditions du procédé	AOR	kg O ₂ /h		
Demande en oxygène aux conditions standards	SOR	kg O ₂ /h		
Facteur de correction tenant compte de la nature de l'eau le type d'équipement = moyenne bulle	α		0,75 - 0,9 0,750 0,900	typique moyenne bulle étang 1 étang 2 étang 3
Facteur de correction pour la perte d'efficacité	F		0,8 - 1,0 0,9	fourni par le manufacturier
Facteur de correction pour la température	θ		1,024	
Température de l'eau	T	°C	23	valeur entrant été
Facteur de correction de la concentration en O ₂ dissous à saturation pour la nature d'eau	β		0,95	typique
Concentration d'oxygène dissous résiduelle à maintenir dans l'eau	C _L	mg/L	2,0	
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau de procédé corrigée pour Température de l'eau Pression barométrique Profondeur de l'eau	C _{sw}	mg/L	8,921	$C_{sw} = C_{ST} * \frac{(P_b + 9,78 * DWD * f)}{P_s}$
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau claire corrigée pour la profondeur	C _{ss}	mg/L	9,478	$C_{ss} = C_{S20} * \frac{(P_s + 9,78 * DWD * f)}{P_s}$
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau claire pour une température donnée et une pression de 101,3 kPa (1 atm)	C _{ST}	mg/L	8,56	voir tableau 1
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau claire à 20 °C et une pression de 101,3 kPa (1 atm)	C _{S20}	mg/L	9,092	
Pression barométrique	P _b	kPa	101,3	
Pression standard	P _s	kPa	101,325	
Profondeur de relâche des bulles d'air	DWD	m	2,2	valeur entrant
Facteur de profondeur effective	f		0,2 - 0,4 0,2	fourni par le manufacturier
Required air flow $Air = \frac{SOR}{E * 0,2318 * \delta}$	Air	m ³ /h m ³ /min		
Efficacité de transfert d'oxygène	E		0,090	coarse bubble
Pourcentage massique de O ₂ dans l'air			0,2318	
Densité d'air pour une température x et une pression de 101,3 kPa (1 atm)	δ	kg/m ³	1,192	voir tableau 1

Tableau 1

T °C	O ₂ dissous mg/L	δ kg/m ³
0	14,60	1,293
1	14,20	1,288
2	13,81	1,283
3	13,45	1,279
4	13,09	1,274
5	12,76	1,269
6	12,44	1,265
7	12,13	1,260
8	11,83	1,256
9	11,55	1,251
10	11,28	1,247
11	11,02	1,243
12	10,77	1,238
13	10,53	1,234
14	10,29	1,230
15	10,07	1,225
16	9,86	1,221
17	9,65	1,217
18	9,45	1,213
19	9,26	1,209
20	9,08	1,204
21	8,90	1,200
22	8,73	1,196
23	8,56	1,192
24	8,40	1,188
25	8,24	1,184
26	8,09	1,180
27	7,95	1,176
28	7,81	1,172
29	7,67	1,169
30	7,54	1,165
31	7,41	1,161
32	7,29	1,157

pressure
mole of air
gas constant

$$\delta = \frac{P * M}{R * T}$$



ANNEXE 5

Calculs de capacité maximale - Eckenfelder

Caractéristiques :	Opération future	HIVER
---------------------------	-------------------------	--------------

Données de conception à l'affluent

Température	T	2 °C
Débit	Q	330 m ³ /d
Temps de rétention total	t	15,9 d
Charge à l'entrée		38,9 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	118 mg/L
Coefficient de température	θ	1,034
Coefficient de décomposition microbienne Ke		0,362 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,05 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,198$$

Étang 1	Volume total	3 096 m ³
	Volume utile fixe	2 632 m ³
	Temps de rétention	8,0 d
	Charge en DBO entrée	39 kg/d
	Se(1) =	48 mg/L
	Rendement =	59 %
	Enlèvement =	23,1 kg/d
	Effluent étang 1 =	16 kg/d

Étang 2	Volume total	3 096 m ³
	Volume utile fixe	2 632 m ³
	Temps de rétention	8,0 d
	Charge en DBO entrée	15,8 kg/d
	Se(2) =	19,5 mg/L
	Rendement =	59 %
	Enlèvement =	9,4 kg/d
	Effluent étang 2 =	6,4 kg/d

Concentration DBO₅	98 mg/L	REJET =	19,5 mg/L
Rendement	83 %		
Charge DBO₅	32 kg/d	REJET =	6,4 kg/d

Caractéristiques :	Opération future	ÉTÉ
--------------------	------------------	-----

Données de conception à l'affluent

Température	T	23 °C
Débit	Q	330 m ³ /d
Temps de rétention total	t	16,9 d
Charge à l'entrée		38,9 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	118 mg/L
Coefficient de température	θ	1,034
Coefficient de décomposition microbienne Ke		0,362 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,2 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^{\circ}\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,400$$

Étang 1		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 786 m ³	
Temps de rétention	8,4 d	
Charge en DBO entrée	39 kg/d	
Se(1) =	32 mg/L	
Rendement =	73 %	
Enlèvement =	28,3 kg/d	
Effluent étang 1 =	11 kg/d	

Étang 2		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 786 m ³	
Temps de rétention	8,4 d	
Charge en DBO entrée	11 kg/d	
Se(2) =	8,9 mg/L	
Rendement =	73 %	
Enlèvement =	7,7 kg/d	
Effluent étang 2 =	2,9 kg/d	

Concentration DBO₅	109 mg/L	REJET =	8,9 mg/L	25
Rendement	92 %			
Charge DBO₅	36 kg/d	REJET =	2,9 kg/d	



ANNEXE 6

Estimations préliminaires des coûts



16 octobre 2019

Estimation préliminaire

Ajout d'un émissaire d'urgence

Projet : Évaluation de la station de traitement des eaux usées

Client : Municipalité de Sainte-Élisabeth

N /Réf.: E12023-00

Description	Qté	Unité	Prix unitaire	Coût	Total
1,0 Travaux civils					24 600 \$
1,1 Aménagement d'une sortie à l'étang 2		Forfaitaire		6 500 \$	
1,2 Regard déversoir émissaire		Forfaitaire		5 500 \$	
1,3 Conduite d'émissaire	60	m.lin.	210,00 \$	12 600 \$	
2,0 Mécanique de procédé					9 500 \$
2,1 Vanne déversoir		Forfaitaire		6 000 \$	
2,2 Lecteur/enregistreur de débordement		Forfaitaire		2 000 \$	
2,3 Accessoires et métaux ouvrés		Forfaitaire		1 500 \$	
Sous-total					34 100 \$
Imprévus	15%				5 115 \$
Total des travaux					39 215 \$
Frais indirects	20%				7 843 \$
Sous-total					47 058 \$
Taxes					
TPS	5,0%				2 353 \$
TVQ	9,975%				4 694 \$
				Total	54 105 \$

Notes:

- Cette estimation est basée sur l'avancement du projet en date du 16 octobre 2019. Il représente l'opinion de l'ingénieur sur les coûts approximatifs que devrait coûter la réalisation des travaux.

GBi

Préparé par : Claudia Rebohle, ing., M.Sc.A.



16 octobre 2019

Estimation préliminaire

Ajout d'un dégrilleur

Projet : Mise aux normes de la station de traitement des eaux usées

Client : Municipalité de Sainte-Élisabeth

N /Réf.: E12023-00

Description	Qté	Unité	Prix unitaire	Coût	Total
1,0 Bâtiment de service					172 000 \$
1,1 Architecture et structure		Forfaitaire		80 000 \$	
1,2 Électricité		Forfaitaire		30 000 \$	
1,3 Instrumentation et contrôles		Forfaitaire		12 000 \$	
1,4 Mécanique de bâtiment		Forfaitaire		45 000 \$	
1,5 Aménagement extérieur		Forfaitaire		5 000 \$	
2,0 Dégrilleur fin					130 000 \$
2,1 Dégrilleur gravitaire complet		Forfaitaire		115 000 \$	
2,2 Regard sanitaire pour dégrilleur		Forfaitaire		5 000 \$	
2,3 Accessoires et métaux ouvrés		Forfaitaire		10 000 \$	
Sous-total					302 000 \$
Imprévus	15%				45 300 \$
Total des travaux					347 300 \$
Frais indirects	20%				69 460 \$
Sous-total					416 760 \$
Taxes					
TPS	5,0%				20 838 \$
TVQ	9,975%				41 572 \$
				Total	479 170 \$

Notes:

- Cette estimation est basée sur l'avancement du projet en date du 16 octobre 2019. Il représente l'opinion de l'ingénieur sur les coûts approximatifs que devrait coûter la réalisation des travaux.

GBi

Préparé par : Claudia Rebohle, ing., M.Sc.A.



16 octobre 2019

Estimation préliminaire

Rénovation du poste de pompage

Projet : Mise aux normes de la station de traitement des eaux usées

Client : Municipalité de Sainte-Élisabeth

N /Réf.: E12023-00

Description	Qté	Unité	Prix unitaire	Coût	Total
1,0 Poste de pompage					97 500 \$
1,1 Système de pompage duplex		Forfaitaire		85 000 \$	
1,2 Métaux ouvrés		Forfaitaire		6 500 \$	
1,3 Électricité		Forfaitaire		2 500 \$	
1,4 Instrumentation et contrôles		Forfaitaire		3 500 \$	
Sous-total					97 500 \$
Imprévus	15%				14 625 \$
Total des travaux					112 125 \$
Frais indirects	20%				22 425 \$
Sous-total					134 550 \$
Taxes					
TPS	5,0%				6 728 \$
TVQ	9,975%				13 421 \$
				Total	154 699 \$

Notes:

- Cette estimation est basée sur l'avancement du projet en date du 16 octobre 2019. Il représente l'opinion de l'ingénieur sur les coûts approximatifs que devrait coûter la réalisation des travaux.

GBi

Préparé par : Claudia Rebohle, ing., M.Sc.A.

M:\12000-19999\12023-00\F) Conception (Sable)\Traitement\S2 - Estimation\[12023-00 Estimations préliminaires.xlsx]poste de pompage

Estimation préliminaire

Ajout d'un étang 3

Projet : Évaluation de la station de traitement des eaux usées

Client : Municipalité de Sainte-Élisabeth

N /Réf.: E12023-00

Description	Qté	Unité	Prix unitaire	Coût	Total
1,0 Travaux civils					101 800 \$
1,1 Organisation du chantier		Forfaitaire		20 000 \$	
1,2 Enlèvement de la terre végétale	3000	m ²	3,00 \$	9 000 \$	
1,3 Conduites inter-connectrices PVD DR-35 250mm	120	m.lin.	160,00 \$	19 200 \$	
1,4 Regard sanitaire complet	3	unité	6 500,00 \$	19 500 \$	
1,5 Conduites d'aération Fonte 100mm	70	m.lin.	180,00 \$	12 600 \$	
PE 25mm	60	m.lin.	50,00 \$	3 000 \$	
1,6 Clôture	180	m.lin.	65,00 \$	11 700 \$	
1,7 Fossé à construire	120	m.lin.	15,00 \$	1 800 \$	
1,8 Ensemencement hydraulique	1000	m ²	5,00 \$	5 000 \$	
2,0 Construction de l'étang 3					186 400 \$
2,1 Excavation et profilage des digues	2200	m ³	20,00 \$	44 000 \$	
2,2 Mise en forme et compactage des bermes - intérieures	1500	m ²	10,00 \$	15 000 \$	
- extérieures	1500	m ²	10,00 \$	15 000 \$	
2,3 Membrane géotextile	2200	m ²	4,00 \$	8 800 \$	
2,4 Enrochement de pierre 100 - 150	1600	t.m.	25,00 \$	40 000 \$	
0 - 50	900	t.m.	20,00 \$	18 000 \$	
0 - 20	600	t.m.	20,00 \$	12 000 \$	
2,5 Cousin drainant en sable classe A	1000	t.m.	18,00 \$	18 000 \$	
2,6 Sol compacté pour bermes extérieures	800	t.m.	12,00 \$	9 600 \$	
2,7 Terre végétale pour bermes extérieures	400	m ²	15,00 \$	6 000 \$	
3,0 Mécanique de procédé					60 000 \$
3,1 Vannes de contournement	3	unité	3 500,00 \$	10 500 \$	
3,2 Tuyauterie de distribution d'air étang 3		Forfaitaire		22 000 \$	
3,3 Diffuseurs d'air ATARA	5	unité	4 500,00 \$	22 500 \$	
3,4 Mise en opération		Forfaitaire		5 000 \$	



16 octobre 2019

Estimation préliminaire

Ajout d'un étang 3

Projet : Évaluation de la station de traitement des eaux usées

Client : Municipalité de Sainte-Élisabeth

N /Réf.: E12023-00

Sous-total		348 200 \$
Imprévus	15%	52 230 \$
Total des travaux		400 430 \$
Frais indirects	20%	80 086 \$
Sous-total		480 516 \$
Taxes		
TPS	5,0%	24 026 \$
TVQ	9,975%	47 931 \$
		Total 552 473 \$

Notes:

- Cette estimation est basée sur l'avancement du projet en date du 16 octobre 2019. Il représente l'opinion de l'ingénieur sur les coûts approximatifs que devrait coûter la réalisation des travaux.

GBi

Préparé par : Claudia Rebohle, ing., M.Sc.A.



ANNEXE B

Calculs de capacité actuelle - Eckenfelder

Caractéristiques :	Conception	HIVER
---------------------------	-------------------	--------------

Données de conception à l'affluent		
---	--	--

Température	T	1 °C
Débit	Q	245 m ³ /d
Temps de rétention total	t	19,1 d
Charge à l'entrée		35,6 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	145 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbien Ke		0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,05 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad RE\text{ND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,111$$

Étang 1	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 343 m ³
	Temps de rétention	9,6 d
	Charge en DBO entrée	36 kg/d
	Se(1) =	74 mg/L
	Rendement =	49 %
	Enlèvement =	17,5 kg/d
	Effluent étang 1 =	18 kg/d

Étang 2	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 343 m ³
	Temps de rétention	9,6 d
	Charge en DBO entrée	18 kg/d
	Se(2) =	38 mg/L
	Rendement =	49 %
	Enlèvement =	8,9 kg/d
	Effluent étang 2 =	9 kg/d

Concentration DBO₅	108 mg/L	REJET =	37,6 mg/L	25
Rendement	74 %			
Charge DBO₅	26 kg/d	REJET =	9,2 kg/d	

Caractéristiques : Conception **ÉTÉ**

Données de conception à l'affluent

Température	T	21 °C
Débit	Q	245 m ³ /d
Temps de rétention total	t	20,2 d
Charge à l'entrée		35,6 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	145 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbienne	Ke	0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,2 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)}$$

$$Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)}$$

$$REND. = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^{\circ}C) * q^{(T-20)}$$

$$Ke_x = 0,392$$

Étang 1	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 480 m ³
	Temps de rétention	10,1 d
	Charge en DBO entrée	36 kg/d
	Se(1) =	35 mg/L
	Rendement =	76 %
	Enlèvement =	27,0 kg/d
	Effluent étang 1 =	9 kg/d

Étang 2	Volume total	2 756 m ³
	Volume utile fixe	2 480 m ³
	Temps de rétention	10,1 d
	Charge en DBO entrée	9 kg/d
	Se(2) =	8,5 mg/L
	Rendement =	76 %
	Enlèvement =	6,5 kg/d
	Effluent étang 2 =	2 kg/d

Concentration DBO₅	137 mg/L	REJET =	8,5 mg/L	25
Rendement	94 %			
Charge DBO₅	33 kg/d	REJET =	2,1 kg/d	

Caractéristiques :	Opération actuelle	HIVER
--------------------	--------------------	-------

Données de conception à l'affluent

Température	T	2 °C
Débit	Q	306 m ³ /d
Temps de rétention total	t	17,2 d
Charge à l'entrée		42,5 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	139 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbien Ke		0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,05 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad RE\text{ND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,118$$

Étang 1		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 632 m ³	
Temps de rétention	8,6 d	
Charge en DBO entrée	43 kg/d	
Se(1) =	72 mg/L	
Rendement =	48 %	
Enlèvement =	20,4 kg/d	
Effluent étang 1 =	22 kg/d	

Étang 2		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 632 m ³	
Temps de rétention	8,6 d	
Charge en DBO entrée	22 kg/d	
Se(2) =	38 mg/L	
Rendement =	48 %	
Enlèvement =	10,6 kg/d	
Effluent étang 2 =	12 kg/d	

Concentration DBO₅	101 mg/L	REJET =	37,6 mg/L	25
Rendement	73 %			
Charge DBO₅	31 kg/d	REJET =	11,5 kg/d	

Caractéristiques :	Opération actuelle	ÉTÉ
--------------------	--------------------	-----

Données de conception à l'affluent		
------------------------------------	--	--

Température	T	23 °C
Débit	Q	273 m ³ /d
Temps de rétention total	t	21,4 d
Charge à l'entrée		32,2 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	118 mg/L
Coefficient de température	θ	1,065
Coefficient de décomposition microbienne	Ke	0,368 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,2 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,445$$

Étang 1		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 910 m ³	
Temps de rétention	10,7 d	
Charge en DBO entrée	32 kg/d	
Se(1) =	25 mg/L	
Rendement =	79 %	
Enlèvement =	25,5 kg/d	
Effluent étang 1 =	7 kg/d	

Étang 2		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 941 m ³	
Temps de rétention	10,8 d	
Charge en DBO entrée	7 kg/d	
Se(2) =	5,1 mg/L	
Rendement =	79 %	
Enlèvement =	5,3 kg/d	
Effluent étang 2 =	1 kg/d	

Concentration DBO₅	113 mg/L	REJET =	5,1 mg/L	25
Rendement	96 %			
Charge DBO₅	31 kg/d	REJET =	1,4 kg/d	



ANNEXE C

Calculs d'aération



N/D E12023-01	Client : Sainte-Élisabeth	Préparé par Maxime Noel
	Projet : Station de traitement des eaux usées	# OIQ: 5031138
	Objet : Calcul d'aération - Conception	1 avril 2022

Rapport AOR/SOR	$\frac{AOR}{SOR} = \alpha * F * \theta^{(T-20)} * \frac{(\beta * C_{SW} - C_L)}{C_{SS}}$
------------------------	--

Description	Symbol	Unité	Valeur	Notes
Demande en oxygène aux conditions du procédé	AOR	kg O ₂ /h		
Demande en oxygène aux conditions standards	SOR	kg O ₂ /h		
Facteur de correction tenant compte de la nature de l'eau le type d'équipement = moyenne bulle	α		0,75 - 0,9 0,750 0,900	typique moyenne bulle étang 1 étang 2 étang 3
Facteur de correction pour la perte d'efficacité	F		0,8 - 1,0 0,9	fourni par le manufacturier
Facteur de correction pour la température	θ		1,024	
Température de l'eau	T	°C	23	valeur entrant été
Facteur de correction de la concentration en O ₂ dissous à saturation pour la nature d'eau	β		0,95	typique
Concentration d'oxygène dissous résiduelle à maintenir dans l'eau	C _L	mg/L	2,0	
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau de procédé corrigée pour Température de l'eau Pression barométrique Profondeur de l'eau	C _{sw}	mg/L	8,921	$C_{sw} = C_{ST} * \frac{(P_b + 9,78 * DWD * f)}{P_s}$
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau claire corrigée pour la profondeur	C _{ss}	mg/L	9,478	$C_{ss} = C_{s20} * \frac{(P_s + 9,78 * DWD * f)}{P_s}$
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau claire pour une température donnée et une pression de 101,3 kPa (1 atm)	C _{ST}	mg/L	8,56	voir tableau 1
Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau claire à 20 °C et une pression de 101,3 kPa (1 atm)	C _{s20}	mg/L	9,092	
Pression barométrique	P _b	kPa	101,3	
Pression standard	P _s	kPa	101,325	
Profondeur de relâche des bulles d'air	DWD	m	2,2	valeur entrant
Facteur de profondeur effective	f		0,2 - 0,4 0,2	fourni par le manufacturier
Required air flow	$Air = \frac{SOR}{E * 0,2318 * \delta}$			
Efficacité de transfert d'oxygène	Air	m ³ /h m ³ /min		
Pourcentage massique de O ₂ dans l'air	E		0,090	coarse bubble
Densité d'air pour une température x et une pression de 101,3 kPa (1 atm)	δ	kg/m ³	1,192	voir tableau 1

Tableau 1

T °C	O ₂ dissous mg/L	δ kg/m ³
0	14,60	1,293
1	14,20	1,288
2	13,81	1,283
3	13,45	1,279
4	13,09	1,274
5	12,76	1,269
6	12,44	1,265
7	12,13	1,260
8	11,83	1,256
9	11,55	1,251
10	11,28	1,247
11	11,02	1,243
12	10,77	1,238
13	10,53	1,234
14	10,29	1,230
15	10,07	1,225
16	9,86	1,221
17	9,65	1,217
18	9,45	1,213
19	9,26	1,209
20	9,08	1,204
21	8,90	1,200
22	8,73	1,196
23	8,56	1,192
24	8,40	1,188
25	8,24	1,184
26	8,09	1,180
27	7,95	1,176
28	7,81	1,172
29	7,67	1,169
30	7,54	1,165
31	7,41	1,161
32	7,29	1,157

pressure
mole of air
gas constant

$$\delta = \frac{P * M}{R * T}$$



ANNEXE D

Calculs de capacité maximale - Eckenfelder

Caractéristiques :	Opération future	HIVER
--------------------	------------------	-------

Données de conception à l'affluent		
------------------------------------	--	--

Température	T	2 °C
Débit	Q	432 m ³ /d
Temps de rétention total	t	12,2 d
Charge à l'entrée		47,1 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	109 mg/L
Coefficient de température	θ	1,03
Coefficient de décomposition microbien Ke		0,58 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,05 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad RE\text{ND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,341$$

Étang 1		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 632 m ³	
Temps de rétention	6,1 d	
Charge en DBO entrée	47 kg/d	
Se(1) =	37 mg/L	
Rendement =	66 %	
Enlèvement =	31,0 kg/d	
Effluent étang 1 =	16 kg/d	

Étang 2		
Volume total	3 096 m ³	
Volume utile fixe	2 632 m ³	
Temps de rétention	6,1 d	
Charge en DBO entrée	16,1 kg/d	
Se(2) =	12,7 mg/L	
Rendement =	66 %	
Enlèvement =	10,6 kg/d	
Effluent étang 2 =	5,5 kg/d	

Concentration DBO₅	96 mg/L	REJET =	12,7 mg/L	25
Rendement	88 %			
Charge DBO₅	42 kg/d	REJET =	5,5 kg/d	

Caractéristiques :	Opération future	ÉTÉ
--------------------	------------------	-----

Données de conception à l'affluent		
------------------------------------	--	--

Température	T	23 °C
Débit	Q	432 m ³ /d
Temps de rétention total	t	12,9 d
Charge à l'entrée		47,1 kg/d
Concentration à l'affluent	S ₀	109 mg/L
Coefficient de température	θ	1,03
Coefficient de décomposition microbienne Ke		0,58 d ⁻¹ à 20 °C
Facteur de correction	FC	1,2 (hiver = 1.05, été = 1.2)

Étangs facultatifs, calculs basés sur les formules de ECKENFELDER

$$Se(2) = \frac{Se(1) * FC}{1 + (Ke * t)} \quad Se(3) = \frac{Se(2)}{1 + (Ke * t)} \quad \text{REND.} = \frac{Se(1) - Se(2)}{Se(1)}$$

Variation de Ke en fonction de la température de l'eau

$$Ke_x = Ke (20^\circ\text{C}) * q^{(T-20)} \quad Ke_x = 0,634$$

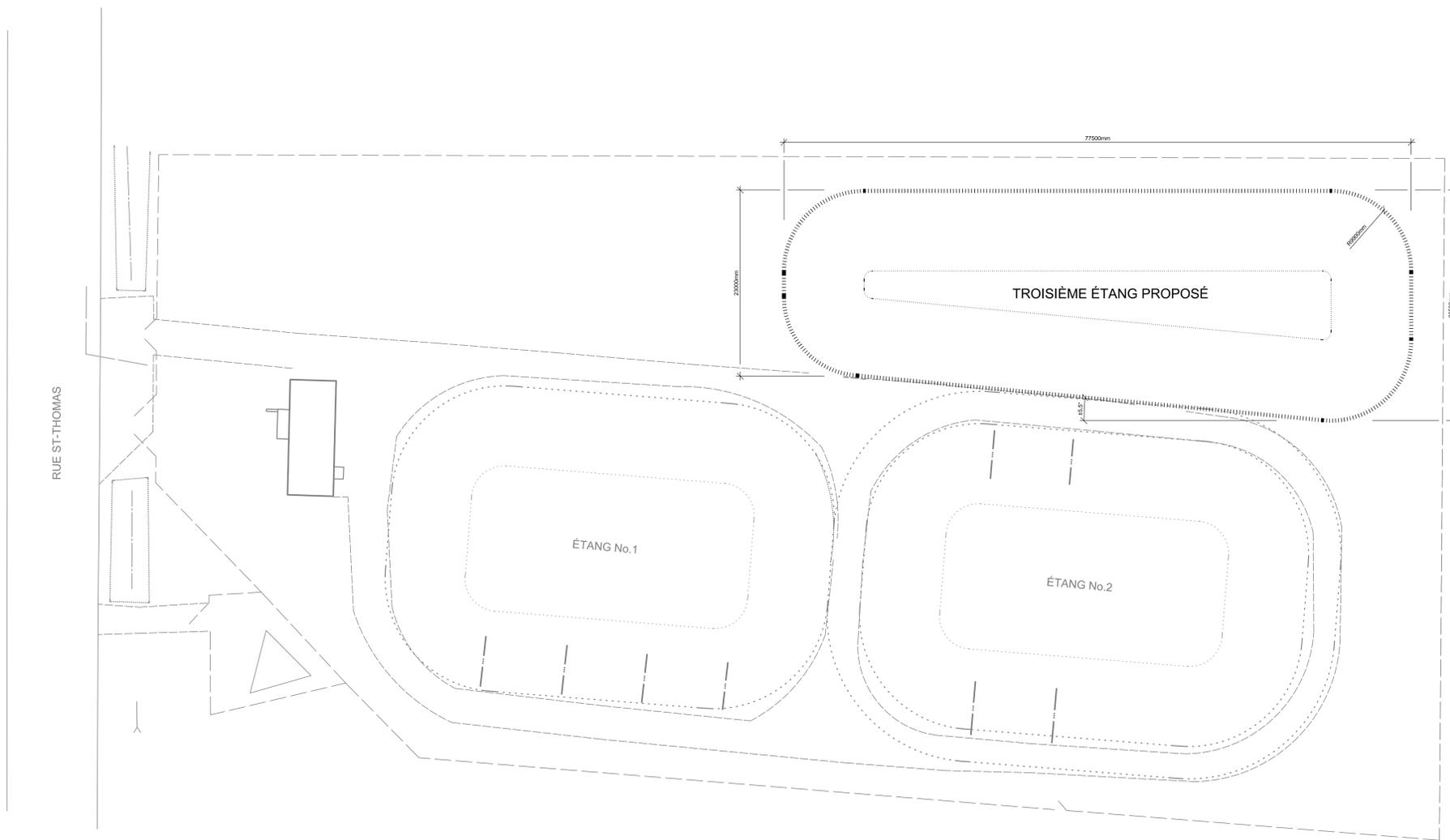
Étang 1	Volume total	3 096 m ³
	Volume utile fixe	2 786 m ³
	Temps de rétention	6,5 d
	Charge en DBO entrée	47 kg/d
	Se(1) =	26 mg/L
	Rendement =	76 %
	Enlèvement =	36,0 kg/d
	Effluent étang 1 =	11 kg/d

Étang 2	Volume total	3 096 m ³
	Volume utile fixe	2 786 m ³
	Temps de rétention	6,5 d
	Charge en DBO entrée	11 kg/d
	Se(2) =	6,1 mg/L
	Rendement =	76 %
	Enlèvement =	8,5 kg/d
	Effluent étang 2 =	2,6 kg/d

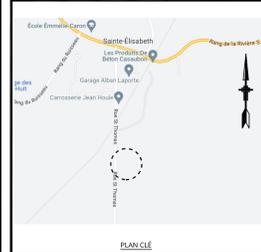
Concentration DBO₅	103 mg/L	REJET =	6,1 mg/L	25
Rendement	94 %			
Charge DBO₅	44 kg/d	REJET =	2,6 kg/d	

ANNEXE E

Schéma conceptuel : Implantation d'un 3^e étang

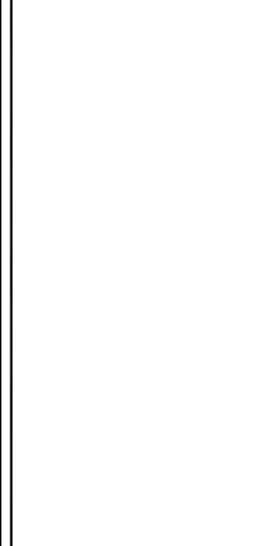


VUE EN PLAN
TROISIÈME ÉTANG PROPOSÉ
ECHELLE: 1:250



L'INTÉRESSÉ DOIT VÉRIFIER TOUTES LES DIMENSIONS ET CONDITIONS SUR LE SITE, ET AVANT L'INGÉNIEUR EN TOUTE IRREGULARITE OU OMISSION AVANT LE DÉBUT DES TRAVAUX. AUCUNE DIMENSION NE DOIT ÊTRE MESURÉE À L'ÉCHELLE SUR LES PLANS.

TOUTS LES PLANS DEMEURENT LA PROPRIÉTÉ DE L'INGÉNIEUR. CE PLAN REPRODUCTIBLE INCLUANT SON FICHIER SOURCE NE PEUVENT ÊTRE MODIFIÉS OU UTILISÉS SANS LE CONSENTEMENT ÉCRIT DE GBI. TOUTS DROITS RÉSERVÉS.



No.	DATE	RÉVISION	ING.	#	QIQ
A	2022-04-05	ÉMIS POUR PRELIMINAIRE	MLN	50311	38



PROJET:
AUGMENTATION DE LA CAPACITÉ DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

CLIENT:
MUNICIPALITÉ DE SAINTE-ÉLISABETH

DOSSIER CLIENT:

ARCHITECTE:

TITRE:
AMÉNAGEMENT TROISIÈME ÉTANG PROPOSÉ - VUE EN PLAN

DISCIPLINE:
MÉCANIQUE DE PROCÉDÉ

DESSIN: M. FORTIN ing.	INGÉNIEUR: M. NOËL ing.
CHARGÉ DE PROJET: M. NOËL ing.	ECHELLE: INDIQUÉ
DOSSIER: E12023-01	PLAN NO. : MP-01



ANNEXE F

Estimations préliminaires des coûts

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Dossier **gbi** : E12023-01

Date : Le 21 avril 2022

Coûts estimés

1.0	Ajout d'un 3eme étang	529 687,50 \$
2.0	Travaux sur l'émissaire	1 152 500,00 \$
3.0	Ajout d'un dégrilleur	456 875,00 \$
4.0	Rénovation poste de pompage	177 500,00 \$

Grand sous-total	2 316 562,50 \$
Frais indirect (20%)	463 312,50 \$
Total	2 779 875,00 \$
T.P.S. 5 %	138 993,75 \$
T.V.Q. 9,975 %	277 292,53 \$

Grand total de l'estimation préliminaire 3 196 161,28 \$

Notes : Les estimations globales du coût des travaux préparées par nos professionnels sont émises au meilleur de leurs connaissances et tiennent compte des éléments relevant de la compétence professionnelle de nos ingénieurs. Elles sont basées sur des conditions de marché historiques pour un concept, un échancier de construction et une évaluation des coûts de main-d'œuvre et de matériaux pour des projets comparables, le tout évalué au jour de l'estimation.

Nos professionnels ne peuvent être tenus responsables de tout écart dû à des conditions particulières qui dépassent les compétences professionnelles d'ingénierie ou qui dérogeraient à cet historique, tels la surchauffe du marché de la construction, la disponibilité des matériaux, la variation du taux de change, une situation de pandémie ou autrement.

gbi

Préparé par :

Et:



Claudia Rebole, ing., M. Sc.A.
Chef technique - Études
/cb

Maxime Noël, ing.
Ingénieur procédé

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Dossier gbi : E12023-01

Date : Le 21 avril 2022

Coûts estimés

1.0 Génie civil	124 650,00 \$
2.0 Construction de l'étang 3	226 500,00 \$
3.0 Mécanique de procédé	72 600,00 \$

Grand sous-total	423 750,00 \$
Imprévus 25 %	105 937,50 \$
Total	529 687,50 \$
T.P.S. 5 %	26 484,38 \$
T.V.Q. 9,975 %	52 836,33 \$

Grand total de l'estimation préliminaire 609 008,21 \$

Notes : Les estimations globales du coût des travaux préparées par nos professionnels sont émises au meilleur de leurs connaissances et tiennent compte des éléments relevant de la compétence professionnelle de nos ingénieurs. Elles sont basées sur des conditions de marché historiques pour un concept, un échancier de construction et une évaluation des coûts de main-d'œuvre et de matériaux pour des projets comparables, le tout évalué au jour de l'estimation.

Nos professionnels ne peuvent être tenus responsables de tout écart dû à des conditions particulières qui dépassent les compétences professionnelles d'ingénierie ou qui dérogeraient à cet historique, tels la surchauffe du marché de la construction, la disponibilité des matériaux, la variation du taux de change, une situation de pandémie ou autrement.

gbi

Préparé par :

Et:



Claudia Rebohle, ing., M. Sc.A.
Chef technique - Études
/cb

Maxime Noël, ing.
Ingénieur procédé

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Date : Le 21 avril 2022

Art.	Description	Qté	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix global
1.0	Génie civil				
1.1	Organisation de chantier et préparation du site		Forfaitaire		25 000,00 \$
1.2	Enlèvement de la terre végétale	3000	m ²	4,00 \$	12 000,00 \$
1.3	Conduites inter-connectrices PVD DR-35 250mm	120	m.lin.	195,00 \$	23 400,00 \$
1.4	Regard sanitaire complet	3	Unités	7 800,00 \$	23 400,00 \$
1.5	Conduites d'aération				
1.5.1	Fonte 100mm	70	m.lin.	215,00 \$	15 050,00 \$
1.5.2	PE 25mm	60	m.lin.	60,00 \$	3 600,00 \$
1.6	Clotûre	180	m.lin.	78,00 \$	14 040,00 \$
1.7	Fossé à construire	120	m.lin.	18,00 \$	2 160,00 \$
1.8	Ensemencement hydraulique	1000	m ²	6,00 \$	6 000,00 \$
Total article 1.0					124 650,00 \$
2.0	Construction de l'étang 3				
2.1	Excavation et profilage des digues	2200	m ³	24,00 \$	52 800,00 \$
2.2	Mise en forme et compactage des bermes				
2.2.1	Intérieures	1500	m ²	12,00 \$	18 000,00 \$
2.2.2	Extérieures	1500	m ²	12,00 \$	18 000,00 \$
2.3	Membrane géotextile	2200	m ²	5,00 \$	11 000,00 \$
2.4	Enchement de pierre				
2.4.1	100-150	1600	t.m.	30,00 \$	48 000,00 \$
2.4.2	0-50	900	t.m.	25,00 \$	22 500,00 \$
2.4.3	0-20	600	t.m.	25,00 \$	15 000,00 \$
2.5	Coussin drainant en sable classe A	1000	t.m.	22,00 \$	22 000,00 \$

Art.	Description	Qté	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix global
2.6	Sol compacté pour bermes extérieures	800	t.m.	15,00 \$	12 000,00 \$
2.7	Terre végétale pour bermes extérieures	400	m ²	18,00 \$	7 200,00 \$
Total article 2.0					226 500,00 \$

3.0 Mécanique de procédé

3.1	Vannes de contournement	3	Unités	4 200,00 \$	12 600,00 \$
3.2	Tuyauterie de distribution d'air étang 3		Forfaitaire		27 000,00 \$
3.3	Diffuseurs d'air ATARA	5	Unités	5 400,00 \$	27 000,00 \$
3.4	Mise en opération		Forfaitaire		6 000,00 \$
Total article 3.0					72 600,00 \$

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Dossier **gbi** : E12023-01

Date : Le 21 avril 2022

Coûts estimés

1.0 Génie civil

922 000,00 \$

Grand sous-total	922 000,00 \$
Imprévus 25 %	230 500,00 \$
Total	1 152 500,00 \$
T.P.S. 5 %	57 625,00 \$
T.V.Q. 9,975 %	114 961,88 \$
Grand total de l'estimation préliminaire	1 325 086,88 \$

Notes : Les estimations globales du coût des travaux préparées par nos professionnels sont émises au meilleur de leurs connaissances et tiennent compte des éléments relevant de la compétence professionnelle de nos ingénieurs. Elles sont basées sur des conditions de marché historiques pour un concept, un échéancier de construction et une évaluation des coûts de main-d'œuvre et de matériaux pour des projets comparables, le tout évalué au jour de l'estimation.

Nos professionnels ne peuvent être tenus responsables de tout écart dû à des conditions particulières qui dépassent les compétences professionnelles d'ingénierie ou qui dérogeraient à cet historique, tels la surchauffe du marché de la construction, la disponibilité des matériaux, la variation du taux de change, une situation de pandémie ou autrement.

gbi

Préparé par :

Et:



Claudia Rebohle, ing., M. Sc.A.
Chef technique - Études
/cb

Maxime Noël, ing.
Ingénieur procédé

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Date : Le 21 avril 2022

Art.	Description	Qté	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix global
1.0	Génie civil				
1.1	Organisation de chantier				
1.1.1	Organisation de chantier et préparation du site		Forfaitaire		50 000,00 \$
1.1.2	Pompage temporaire et dérivation		Forfaitaire		10 000,00 \$
1.2	Travaux d'installation d'émissaire				
1.2.1	Conduite d'égout de diamètre 300 mm et type PVC DR-25	1100	m.lin.	400,00 \$	440 000,00 \$
1.2.2	Fourniture et installation de regard en béton préfabriqué	12	Unités	8 500,00 \$	102 000,00 \$
1.3	Travaux de voirie				
1.3.1	Réflexion surface	1100	ml	200,00 \$	220 000,00 \$
1.3.2	Réflexion de bordure	500	ml	200,00 \$	100 000,00 \$
Total article 1.0					922 000,00 \$

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Dossier gbi : E12023-01

Date : Le 21 avril 2022

Coûts estimés

1.0 Bâtiment de service	207 500,00 \$
2.0 Dégrilleur fin	158 000,00 \$

Grand sous-total	365 500,00 \$
Imprévus 25 %	91 375,00 \$
Total	456 875,00 \$
T.P.S. 5 %	22 843,75 \$
T.V.Q. 9,975 %	45 573,28 \$
Grand total de l'estimation préliminaire	525 292,03 \$

Notes : Les estimations globales du coût des travaux préparées par nos professionnels sont émises au meilleur de leurs connaissances et tiennent compte des éléments relevant de la compétence professionnelle de nos ingénieurs. Elles sont basées sur des conditions de marché historiques pour un concept, un échéancier de construction et une évaluation des coûts de main-d'œuvre et de matériaux pour des projets comparables, le tout évalué au jour de l'estimation.

Nos professionnels ne peuvent être tenus responsables de tout écart dû à des conditions particulières qui dépassent les compétences professionnelles d'ingénierie ou qui dérogeraient à cet historique, tels la surchauffe du marché de la construction, la disponibilité des matériaux, la variation du taux de change, une situation de pandémie ou autrement.

gbi

Préparé par :

Et:



Claudia Rebohle, ing., M. Sc.A.
Chef technique - Études
/cb

Maxime Noël, ing.
Ingénieur procédé

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Date : Le 21 avril 2022

Art.	Description	Qté	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix global
1.0	Bâtiment de service				
1.1	Architecture et structure		Forfaitaire		96 000,00 \$
1.2	Électricité		Forfaitaire		36 000,00 \$
1.3	Instrumentation et contrôle		Forfaitaire		14 500,00 \$
1.4	Mécanique de bâtiment		Forfaitaire		55 000,00 \$
1.5	Aménagement extérieur		Forfaitaire		6 000,00 \$
				Total article 1.0	207 500,00 \$
2.0	Dégrilleur fin				
2.1	Dégrilleur gravitaire complet		Forfaitaire		140 000,00 \$
2.2	Regard sanitaire pour dégrilleur		Forfaitaire		6 000,00 \$
2.3	Accessoires et métaux ouvrés		Forfaitaire		12 000,00 \$
				Total article 2.0	158 000,00 \$

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Dossier **gbi** : E12023-01

Date : Le 21 avril 2022

Coûts estimés

1.0 Poste de pompage

142 000,00 \$

Grand sous-total	142 000,00 \$
Imprévus 25 %	35 500,00 \$
Total	177 500,00 \$
T.P.S. 5 %	8 875,00 \$
T.V.Q. 9,975 %	17 705,63 \$

Grand total de l'estimation préliminaire 204 080,63 \$

Notes : Les estimations globales du coût des travaux préparées par nos professionnels sont émises au meilleur de leurs connaissances et tiennent compte des éléments relevant de la compétence professionnelle de nos ingénieurs. Elles sont basées sur des conditions de marché historiques pour un concept, un échéancier de construction et une évaluation des coûts de main-d'œuvre et de matériaux pour des projets comparables, le tout évalué au jour de l'estimation.

Nos professionnels ne peuvent être tenus responsables de tout écart dû à des conditions particulières qui dépassent les compétences professionnelles d'ingénierie ou qui dérogeraient à cet historique, tels la surchauffe du marché de la construction, la disponibilité des matériaux, la variation du taux de change, une situation de pandémie ou autrement.

gbi

Préparé par :

Et:

Claudia Rebohle, ing., M. Sc.A.
Chef technique - Études
/cb

Maxime Noël, ing.
Ingénieur procédé

Municipalité de St-Élisabeth
Évaluation de la capacité résiduelle de la station de traitement des eaux usées

Date : Le 21 avril 2022

Art.	Description	Qté	Unité de mesure	Prix unitaire	Prix global
1.0	Poste de pompage				
1.1	Démantèlement de l'existant		Forfaitaire		6 000,00 \$
1.2	Fourniture et installation des pompes et système de levage		Forfaitaire		110 000,00 \$
1.3	Systèmes de flottes et sonde de niveau		Forfaitaire		6 000,00 \$
1.4	Métaux ouvrés		Forfaitaire		10 000,00 \$
1.5	Électricité		Forfaitaire		4 000,00 \$
1.6	Instrumentation et Contrôle		Forfaitaire		6 000,00 \$
Total article 1.0					142 000,00 \$