

Ville de Waterloo

Évaluation de la capacité résiduelle de la station d'épuration

Étude



Émis pour : version finale

2024-11-06

Révision : 0

N/Réf. Tetra Tech : 46478TT

Évaluation de la capacité résiduelle de la station d'épuration

N/Réf. Tetra Tech : 46478TT

2024-11-06

PRÉSENTÉ À :

Ville de Waterloo
350, avenue du Parc
Waterloo (Québec) J0E 2N0

PRÉSENTÉ PAR :

Tetra Tech QI inc.
155, rue Saint-Jacques, bureau 404
Granby (Québec) J2G 9A7

Tél. 450 378-3779
Télec. 450 378-4106

tetrattech.com

Préparé par :

Philippe Chouinard, ing.
Directeur de service –
Traitement des eaux
No OIQ : 134420

2024-11-06

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	1
3	RESPECT DES EXIGENCES DE REJET	2
4	CONDITIONS D'EXPLOITATION	3
4.1	Détermination des débits et charges de l'affluent actuels.....	3
4.2	Débit et charges futurs	5
4.3	Boues accumulées dans les étangs.....	5
5	ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ RÉSIDUELLE	6
5.1	Abattement de la DBO ₅ C	6
5.1.1	Condition actuelle.....	6
5.1.2	Capacité résiduelle des étangs aérés facultatifs.....	7
5.2	Capacité de l'aération.....	8
5.3	Abattement des coliformes totaux.....	8
5.4	Abattement des MES	9
5.5	Abattement du phosphore (P _{tot})	9
5.6	Capacité hydraulique.....	9
6	CONCLUSION	10

Liste des figures

Figure 1 : STEP de la Ville de Waterloo	1
---	---

Liste des tableaux

Tableau 1 : Description des étangs et des aérateurs à la STEP	2
Tableau 2 : Débits et charges de conception	2
Tableau 3 : Exigences de rejet de la STEP	2
Tableau 4 : Caractéristiques de l'effluent de la STEP de 2019 à 2023 (SOMAEU)	3
Tableau 5 : Caractéristiques de l'affluent de la STEP (SOMAEU).....	3
Tableau 6 : Débits et charges typiques (source : MELCCFP)	4
Tableau 7 : Comparaison affluent (caractérisation vs valeur typique)	4
Tableau 8 : Débits et charges affluent actuels	4
Tableau 9 : Comparaison débits et charges conception, actuels et futurs.....	5
Tableau 10 : Résumé des rapports d'accumulation de boues dans les étangs aérés.....	6
Tableau 11 : Modélisation de l'enlèvement de la DBO ₅ aux débits et charges actuels	7

Tableau 12 : Modélisation de la capacité résiduelle définie par l'enlèvement de la DBO₅7
Tableau 13 : Temps de rétention hydraulique8

ANNEXES

- ANNEXE 1. ABATTEMENT DBO₅**
ANNEXE 2. SYSTÈME D'AÉRATION

SUIVI DES RÉVISIONS

Révision	Date	Description	Préparé par
A	2024-08-22	Pour commentaires	VS/PC/vb
0	2024-11-06	Version finale	PC/vb

LISTE DES ABRÉVIATIONS

DBO ₅ C :	Demande biologique carbonée en oxygène sur 5 jours
Démarche :	Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station d'épuration des étangs aérés facultatifs dépassant ses critères de conception, MELCCFP
Guide :	Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées domestiques, MELCCFP
kg/j :	Kilogramme par jour
L/pers-j :	Litre par personne par jour
MES :	Matières en suspension
m ³ /j :	Mètre cube par jour
mg/kg :	Mg de contaminant par kg de boues sèches
mg/L :	Milligramme par litre
MELCCFP :	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
OER :	Objectifs environnementaux de rejet
pH :	Potentiel hydrogène
P _{TOT} :	Phosphore total
ROMAEU :	Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées
SCFM :	Pied cube standard par minute (« standard cubic feet per minute »)
SOMAEU :	Système de suivi d'exploitation des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées
STEP :	Station d'épuration
TRH :	Temps de rétention hydraulique
UFC :	Unités formatrices de colonies

1 INTRODUCTION

La Ville de Waterloo a mandaté Tetra Tech afin d'évaluer la capacité résiduelle de la station d'épuration (STEP) et d'évaluer si les installations actuelles sont en mesure de répondre à la demande future. L'évaluation a été réalisée conformément aux recommandations énoncées par le ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs (MELCCFP) dans le *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées d'origine domestique* (« Guide ») et dans la *Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station de type étangs aérés facultatifs dépassant ses critères de conception* (« Démarche ») du MELCCFP.

2 DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

La population raccordée à la STEP est estimée à 5 318 habitants selon les données publiées par le MAMH. La station d'épuration, conçue en 1980, comporte quatre étangs. Le volume total liquide des étangs est de 110 713 m³ en ne tenant pas compte des boues et glaces. L'aération est assurée par des diffuseurs de fond de type Atara 1218. **La distribution des bulles dans les étangs montre une certaine usure/désuétude des diffuseurs dans les étangs.**

La **Figure 1** présente une photo satellite de la station d'épuration, alors que le **Tableau 1** présente les caractéristiques des étangs.



Figure 1 : STEP de la Ville de Waterloo

Tableau 1 : Description des étangs et des aérateurs à la STEP

Étang	Volume d'eau (m ³)*	Profondeur d'eau (m)	Temps de rétention (j)**	Diffuseurs
1	28 174	3,85	4	83 diffuseurs de fond Atara
2	28 174	4,20	4	49 diffuseurs de fond Atara
3	27 093	4,08	4	27 diffuseurs de fond Atara
4	27 272	4,20	4	18 diffuseurs de fond Atara
Total	110 713	-	16	177 diffuseurs

* Ce volume ne considère pas les boues ni les glaces.

** Le temps de rétention au débit de conception (6 919 m³/j).

Initialement, la station d'épuration était équipée d'un dégrilleur et de deux dessableurs pour le prétraitement. Le dégrilleur a été démantelé et les dessableurs sont désormais utilisés en mode manuel. Le bâtiment de service abrite les quatre surpresseurs et les pompes doseuses de coagulant. Trois des surpresseurs ont une puissance de 75 HP et une capacité de 1 200 CFM chacun, le quatrième de 40 HP a une capacité de 700 CFM. Un système de pompes doseuses permet l'injection de sulfate ferrique toute l'année en amont de l'étang 3 pour la déphosphatation. Ces informations sont tirées du chapitre 2 : *Cahier des exigences Ville de Waterloo* ainsi que des observations faites lors d'une visite des installations.

Les débits, charges et la population de conception présentés dans le **Tableau 2** sont extraits du Sommaire *Conception/Exigence* du SOMAEU.

Tableau 2 : Débits et charges de conception

Débits m ³ /j	Charges (kg/j)		
	DBO ₅ C	MES	P _{tot}
6 919	528	608	33

3 RESPECT DES EXIGENCES DE REJET

Les exigences de rejet pour l'effluent de la STEP sont tirées de la description de l'ouvrage municipal d'assainissement des eaux usées et sont présentées au **Tableau 3**. La STEP de Waterloo est une station d'épuration de moyenne taille, telle que définie par le ROMAEU.

Tableau 3 : Exigences de rejet de la STEP

Paramètre	Période de suivi	kg/j	mg/L	Rendement minimal
DBO ₅ C	1 ^{er} janv. au 31 mars	199	25	50 %
	1 ^{er} juil. au 30 sept.	158	25	70 %
	Annuelle	199	25	60 %
P _{tot}	15 mai au 15 nov.	2,08	0,3	60 %
Coliformes fécaux	1 ^{er} juin au 30 sept.	Moyenne géométrique : 5 000 UFC/100 mL		
Toxicité	Annuelle	Absence (truite arc-en-ciel et daphnie)		
Normes de rejet réglementaires				
MES	Annuelle	25 mg/L		
pH		6,0 à 9,5		

À noter que l'exigence de rejet sur la concentration en phosphore total de l'effluent est de 0,3 mg/L, puisque le milieu récepteur est considéré un lac préoccupant par le MELCCFP.

Les caractéristiques de l'effluent de la STEP sont présentées au **Tableau 4**. Les données à l'effluent de la station d'épuration sont tirées du système de *Suivi des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées* (SOMAEU) pour les années 2019 et 2023. L'effluent de la STEP a été conforme aux exigences de rejet relatives à la DBO₅C, aux coliformes fécaux, aux MES et au pH au cours des quatre dernières années. Le seul dépassement des normes de rejet constaté est la concentration en phosphore total en 2023 qui est de 0,4 mg/L, alors que la norme est de 0,3 mg/L.

Tableau 4 : Caractéristiques de l'effluent de la STEP de 2019 à 2023 (SOMAEU)

Paramètre	Période	2019			2020			2021			2022			2023		
		kg/j	mg/L	R%												
DBO ₅ C	Hiver	27	5,8	91,9	17,6	4,1	97,7	21,6	4,6	96,1	26,5	5,7	94,8	30	6,7	-
	Été	10,3	3	97,6	8	2,7	96,4	16,6	4,4	96,8	11,7	3,7	89,1	12	3,1	-
	Année	23,1	4,3	96,1	11,3	2,9	97,8	16,4	3,7	96,9	20,2	5,0	94,3	20,1	4,4	91,5
MES	Année	68,8	12,8	87,6	44,1	11,4	96,7	45,2	10,4	90,7	39,3	9,4	89,8	37,5	8,1	91,6
P _{tot}	Année	1,5	0,28	81,9	0,9	0,22	92	1,2	0,27	87,7	1,3	0,3	85,1	1,8	0,4	80,8
Coliformes fécaux	Année	34 UFC/100 mL			60 UFC/100 mL			26 UFC/100 mL			38 UFC/100 mL			76 UFC/100 mL		

4 CONDITIONS D'EXPLOITATION

4.1 Détermination des débits et charges de l'affluent actuels

Les débits et charges moyens à l'affluent de la STEP de Waterloo pour les années 2017 à 2023 sont présentés au **Tableau 5**. Ces données sont tirées du système de suivi SOMAEU et des rapports d'exploitation.

Tableau 5 : Caractéristiques de l'affluent de la STEP (SOMAEU)

		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Moyenne
Débit (m ³ /j)		4 672	5 395	5 269	4 062	4 299	3 822	4 421	4 563
DBO ₅ C	mg/L	120,8	102,8	135,8	126	147,8	101,2	56	-
	kg/j	495,8	552,5	595,6	507,4	526,1	354,8	238	467
MES	mg/L	108,3	110,8	127,5	344	136,5	115,3	87	-
	kg/j	429,9	651,2	550,7	1 327,7	487,8	385,6	445,7	611,2
P _{tot} *	mg/L	2,84	2,04	2,05	2,88	2,57	2,65	2,22	-
	kg/j	10,4	11,8	8,5	10,8	9,6	8,8	9,24	9,9

* Les moyennes annuelles en P_{tot} ne couvrent que les mois de mai à novembre, soit les mois pour lesquels le phosphore est normé.

L'analyse du tableau indique une diminution significative de la charge en DBO₅C en 2023. Ceci s'explique par la fermeture d'une laiterie, dont les rejets étaient fortement chargés en matière organique. Pour obtenir un meilleur aperçu de la situation actuelle sans les contributions de la laiterie, une caractérisation de l'affluent de la STEP a été réalisée entre le 16 et le 20 février 2024. Le **Tableau 7** compare les résultats obtenus lors de cette caractérisation avec les valeurs attendues pour la Ville, lesquelles sont établies en fonction des charges unitaires typiques présentées dans le **Tableau 6**.

Il est à noter que les concentrations observées en 2023 et lors de la caractérisation sont plus faibles que ce à quoi l'on devrait s'attendre d'une eau usée typique. Ceci est un signe d'une présence importante d'eau parasite, infiltration et captage dans le réseau.

Tableau 6 : Débits et charges typiques (source : MELCCFP)

Paramètre	Valeur
Débit (L/personne/j)	360
DBO ₅ C (g/personne/j)	50
MES (g/personne/j)	60
NTK (g/personne/j)	10
P _{tot} (g/personne/j)	1,5

Tableau 7 : Comparaison affluent (caractérisation vs valeur typique)

	Charges (kg/j)			
	DBO ₅ C	MES	N-NTK	P _{tot}
Valeur typique (5 318 pers.)	266	319	53,2	8,0
Caractérisation	215	323	54,9	7,4

Pour les biens de la présente étude, il a été retenu d'utiliser les charges typiques pour effectuer l'évaluation de la capacité résiduelle étant donné que ces charges sont plus sécuritaires que les charges obtenues lors de la caractérisation. De plus, comme la caractérisation ne représente que cinq (5) jours de valeur, il serait risqué de baser entièrement l'étude sur la portée limitée de cette caractérisation. Bien que la laiterie soit fermée, les valeurs historiques de débits ont été utilisées, car le débit de la laiterie représentait ± 1 % du débit total de la STEP, donc peu significatif. Le **Tableau 8** ci-après présente les débits et charges considérés pour l'étude.

Tableau 8 : Débits et charges affluent actuels

	Débit (m ³ /j)	Charges (kg/j)			
		DBO ₅ C	MES	N-NTK	P _{tot}
Affluent étude	4 563	266	319	53,2	8,0

4.2 Débit et charges futurs

La Ville nous a transmis les projections de croissance immobilière et la densification du parc résidentiel. Ces projets devraient augmenter le nombre de logements de 2 738, soit environ 6 000 nouveaux habitants (2,2 pers./logement). Avec une population actuelle de 5 318 personnes, le total d'habitants atteindrait 11 320 personnes raccordées à la STEP. En nous basant sur ces projections et les valeurs unitaires typiques (**Tableau 6**), les futurs débits et charges à traiter ont été évalués. Les résultats de cette estimation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Comparaison débits et charges conception, actuels et futurs

	Population	Débit (m ³ /j)	Charges (kg/j)			
			DBO ₅	MES	N-NTK	P _{tot}
Conception	-	6 919	528	608	-	33
Affluent actuel	5 318	4 563	266	319	53,2	8,0
Affluent futur (actuel + développement)	11 320	6 731	567	680	113	17

L'analyse du tableau ci-haut montre qu'une fois la construction des 2 378 nouvelles unités, la qualité de l'eau à traiter sera très similaire à la capacité de conception originalement prévue.

4.3 Boues accumulées dans les étangs

Des mesures d'accumulation des boues dans les étangs aérés ont été réalisées annuellement ces dernières années. Le **Tableau 10** résume les résultats obtenus. Lors de la conception, le volume des boues considéré est généralement établi à 10 % du volume total utile des étangs pour évaluer les performances de traitement. Bien que le taux d'occupation des boues soit supérieur à la valeur de conception, les charges et concentrations de l'effluent restent en dessous des exigences de rejet, à l'exception du phosphore. L'exigence de rejet a été dépassée en 2023.

Le *Guide pratique de mesure des boues dans les étangs d'épuration* liste les facteurs suivants pour indiquer la nécessité d'une vidange des boues :

- 1) Si la qualité de l'effluent se dégrade;
- 2) Si le pourcentage de boues approche 15 % du volume total théorique de l'étang ou d'une cellule, ce qui a pour effet de diminuer le temps de rétention des eaux usées;
- 3) Si le système de traitement ne permet plus la nitrification en période estivale;
- 4) Si le niveau des boues est à moins de 0,5 m du niveau du radier de la conduite de sortie du dernier bassin pour une station de type étangs aérés conventionnels;
- 5) S'il y a une accumulation importante de boues dans le regard d'effluent;
- 6) Si des remontées de boues surviennent fréquemment dans l'étang ou dans la cellule;
- 7) S'il n'y a plus d'accroissement de l'épaisseur de boues entre deux séquences de mesure aux trois ans.

Tableau 10 : Résumé des rapports d'accumulation de boues dans les étangs aérés

Année	Étang	Volume de boues (m ³)	Taux d'occupation des boues (%)	Épaisseur de boues (m)
2020	1	-	37,8	-
	2	-	20,3	-
	3	-	23,5	-
	4	-	13,7	-
2021	1	-	43,7	-
	2	-	23,1	-
	3	-	27,2	-
	4	-	-	-
2022	1	13 908	56,26	1,66
	2	9 648	34,81	1,10
	3	9 067	33,99	1,05
	4	7 455	26,90	0,85
2023	1	12 400	50,16	1,48
	2	9 736	35,12	1,11
	3	8 031	30,11	0,93
	4	7 455	26,90	0,85

Le tableau montre qu'une vidange devait être effectuée dans tous les étangs 1 et 4. Cette vidange a eu lieu l'été 2023 et le prochain rapport de mesure de boues devrait présenter des niveaux de boues à l'intérieur des recommandations du MELCCFP.

5 ÉVALUATION DE LA CAPACITÉ RÉSIDUELLE

5.1 Abattement de la DBO₅C

5.1.1 Condition actuelle

Les débits et charges utilisés pour l'étude sont les valeurs présentées dans le **Tableau 8**. La modélisation de l'enlèvement de la DBO₅ a été réalisée conformément au Guide. Dans un premier temps, les cinétiques théoriques de traitement ont été utilisées. Les résultats de la modélisation avec l'affluent actuel déterminé par le Guide sont synthétisés dans le **Tableau 11** ci-après.

Tableau 11 : Modélisation de l'enlèvement de la DBO₅ aux débits et charges actuels

Saison	Affluent		Effluent modélisé		Exigences		Volume total utile m ³	Temps de séjour (TRH) j
	Débit	DBO ₅	DBO ₅		DBO ₅			
	m ³ /j	kg/j	mg/L	kg/j	mg/L	kg/j		
Été (16 °C)	4 563	266	1,5	6,93	25	158	99 642	21,8
Hiver (0,5 °C)	4 563	266	5,1	23,09	25	199	94 106	20,6
Annuel (4 °C)	4 563	266	4,4	20,10	25	199	94 106	20,6

Pour effectuer cette modélisation, ainsi que les autres de cette étude, le volume réel des étangs est réduit pour tenir compte du volume occupé par les boues dans les étangs (10 %) ainsi que du volume des glaces en hiver (5 %). La procédure usuelle de validation de la capacité résiduelle d'une station d'épuration requiert qu'une calibration des cinétiques d'abattement soit effectuée à partir des données historiques des installations. Compte tenu de la fermeture récente de la laiterie qui représentait une part très importante des charges à traiter, l'utilisation des données historiques ne sera pas représentative des performances réelles de la station d'épuration. Ainsi, le coefficient Thêta a été posé à 1,04 qui est représentatif d'une cinétique d'abattement pour des étangs traitant des eaux usées de nature résidentielle principalement. Cette hypothèse devra être vérifiée et validée lors d'une future étude de capacité résiduelle des installations.

On constate qu'au vu de l'affluent actuel, la qualité de l'effluent modélisé est loin d'atteindre l'exigence limite de rejet. Il reste donc de la capacité de traitement de la DBO₅ des étangs. À noter que les résultats modélisés sont cohérents avec les valeurs consignées dans les registres du SOMAEU (voir **Tableau 4**).

5.1.2 Capacité résiduelle des étangs aérés facultatifs

Une modélisation afin de déterminer la qualité limite de l'affluent a été effectuée. Les résultats sont présentés dans le **Tableau 12**. Le facteur limitant pour la capacité résiduelle est la concentration en DBO₅ de l'effluent en hiver. Ceci est généralement le cas pour des étangs aérés, car la performance épuratoire des étangs diminue durant cette saison en raison d'une activité microbienne réduite à basse température.

Tableau 12 : Modélisation de la capacité résiduelle définie par l'enlèvement de la DBO₅

Saison	Affluent		Effluent modélisé		Exigences		Volume total utile m ³	Temps de séjour (TRH) j
	Débit	DBO ₅	DBO ₅		DBO ₅			
	m ³ /j	kg/j	mg/L	kg/j	mg/L	kg/j		
Été (16 °C)	9 125	900	11,8	107,5	25	158	99 642	10,9
Hiver (0,5 °C)	9 125	900	25	228,1	25	199	94 106	10,3
Annuel (4 °C)	9 125	900	23,8	217,4	25	199	94 106	10,3

Cette modélisation indique que la capacité résiduelle de la STEP est de 12 671 personnes, soit 5 750 habitations en supposant 2,2 personnes par habitation. Ainsi, la dimension actuelle des étangs est suffisante pour assurer le traitement des futurs 2 738 logements prévus.

Le détail des calculs est présenté à l'**Annexe 1**.

5.2 Capacité de l'aération

Suite à la vérification de la dimension des étangs, il importe de valider que le système de diffusion d'air est adéquat pour répondre à la demande. Le système d'aération de la STEP est composé de 177 diffuseurs d'air de marque Ataras 1218 et de 3 surpresseurs d'une capacité de 1 200 SCFM, et un dernier d'une capacité de 700 SCFM. Ainsi, la capacité d'aération disponible est de 3 100 SCFM lorsqu'un des plus gros surpresseurs est à l'arrêt.

Les modélisations indiquent que la capacité résiduelle du système d'aération permettrait l'ajout d'environ 3 000 personnes additionnelles, soit environ 1 365 nouveaux logements (2,2 pers./log.). Les contraintes imposées par le MELCCFP pour l'évaluation de la capacité d'aération prévoient une nitrification complète de l'eau. En réalité, les étangs aérés ne sont pas en mesure d'effectuer un enlèvement complet de l'azote. La capacité réelle du système d'aération actuel permettra donc fort probablement un raccordement supérieur aux 1 365 logements calculés. Toutefois, il serait surprenant que la capacité résiduelle permette le raccordement des 2 378 nouveaux logements prévus. Une nouvelle évaluation de la capacité résiduelle de l'aération est recommandée suivant le raccordement de 750 à 1 000 nouveaux logements par rapport à la situation actuelle.

L'Annexe 2 présente le détail des calculs de la capacité résiduelle pour le système d'aération.

5.3 Abattement des coliformes totaux

Les étangs sont également conçus pour effectuer une désinfection de l'eau et obtenir un abattement des coliformes fécaux. Le principe est simple. Il s'agit des rayonnements UV provenant du soleil qui, pour une exposition d'une durée de temps suffisante, permet d'effectuer la désinfection de l'eau. Le taux d'abattement théorique est tabulé dans le *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles* en fonction du nombre de cellules et du temps de rétention hydraulique (TRH).

Les normes de rejet de la station pour la période du 1^{er} juin au 30 septembre sont de 5 000 UFC/100 mL. Le Guide indique que la cible de 2 500 UFC/100 mL est atteinte avec 95 % de certitude dans les étangs aérés dont le TRH est compris entre 13 et 20 jours. Comme le montre le **Tableau 13** ci-dessous, le TRH sera supérieur à 13 jours suivant le raccordement des 2 378 logements projetés. Le Guide n'assure aucune performance d'abattement des coliformes fécaux dans le cas d'un TRH inférieur à 13 jours.

Tableau 13 : Temps de rétention hydraulique

Temps de rétention	Population	Été (jours)	Hiver (jours)	Annuel (jours)
Conception	-	13,9	24,5	-
Situation actuelle	5 318	21,8	20,6	20,6
Développement futur	11 320 (2 378 logements)	14,8	14,0	14,0

La Ville devra suivre avec attention la progression de ces développements, car une fois la construction des 2 378 nouveaux logements, le TRH atteint au minimum 14 jours, se rapprochant ainsi de la limite définie par le Guide. En outre, si le taux d'occupation des nouveaux logements s'avère être supérieur à 2,2 personnes par logement, et donc que les débits d'eaux rejetées par habitation sont supérieurs à ceux estimés, le temps de rétention dans les étangs sera plus faible que celui évalué et il est possible qu'un manque soit observé au niveau de la désinfection. À l'opposé, si la Ville améliore son bilan au niveau des débits parasites (infiltration et captage), ceci réduira la quantité d'eau traitée, augmentant ainsi le temps de rétention dans les étangs.

5.4 Abattement des MES

Afin d'assurer l'abattement des MES, il y a principalement trois conditions à respecter.

Premièrement, il est fortement recommandé d'avoir un temps de rétention hydraulique (TRH) total supérieur à douze (12) jours. Comme démontré dans la section précédente, cette condition sera respectée suivant le raccordement des 2 378 nouveaux logements.

Deuxièmement, il est requis de prévoir une zone sans brassage à la fin du dernier étang. Cette zone doit représenter un volume d'environ deux jours de rétention au débit de conception et ne devrait pas dépasser trois à quatre jours. Le TRH total du dernier étang est d'environ quatre (4) jours, ce qui est donc adéquat pour le besoin.

Troisièmement, un système de dosage de coagulant adéquat est requis. Aucune évaluation n'a été faite à ce niveau, car, si avec le temps, les pompes de dosage n'ont plus la capacité requise, il suffira de remplacer les pompes par des modèles de plus grande capacité.

Ainsi, les installations actuelles sont adéquates pour répondre à la situation actuelle ainsi qu'au futur développement de 2 378 logements. L'historique des données d'opération présenté au **Tableau 4** montre également une excellente performance des installations actuelles concernant l'abattement des MES.

5.5 Abattement du phosphore (P_{tot})

Le milieu récepteur de l'effluent de la Ville est jugé préoccupant par le MELCCFP. Ainsi, une norme de rejet plus restrictive qu'usuelle pour une station d'épuration de type étangs aérés est en vigueur pour la Ville, soit 0,3 mg/L P_{tot} . Selon les observations du MELCCFP et tel que présenté dans son Guide de conception, la performance observée moyenne des étangs aérés est une concentration de 0,7 mg/L à l'effluent. La littérature technique en traitement des eaux supporte également les observations du MELCCFP et aucune référence ne supporte les faits qu'il est possible de respecter un effluent avec une concentration en phosphore inférieure à 0,3 mg/L pour des étangs.

Cependant, d'après les résultats obtenus par la Ville entre 2019 et 2023 à l'effluent, une concentration de l'ordre de 0,3 mg/L a été maintenue. Les résultats étaient tout juste conformes aux exigences pour 2019 à 2022. En 2023, les résultats furent non conformes à l'exigence, mais cela s'explique par une problématique avec le système de dosage de coagulant qui a été corrigée. Bien que la station performe beaucoup mieux que ce qui est attendu et ce qui est reconnu pour des étangs, il n'est pas possible présentement d'établir combien de logements supplémentaires peuvent être ajoutés avant d'observer de façon continue l'exigence de rejet.

Le MELCCFP a préparé une procédure permettant d'évaluer la capacité résiduelle d'étangs aérés pour respecter une exigence de rejet de 0,3 mg/L de phosphore. Cette procédure implique une prise d'échantillon et d'analyse en laboratoire très importante, pendant plusieurs mois, afin de mieux démontrer scientifiquement les performances de l'usine. Ce protocole représente une dépense de plusieurs dizaines de milliers de dollars pour un résultat qui ne permettra fort probablement pas de rencontrer les attentes de développement de la Ville. Si l'année 2023 est exclue du calcul, la moyenne obtenue est de 0,27 mg/L, ce qui est déjà très près de l'exigence.

Sans pouvoir quantifier le nombre de logements additionnels pouvant être raccordés, la Ville doit permettre la construction de nouvelles habitations avec précaution et doit envisager la mise en place d'une chaîne de traitement tertiaire à la sortie des étangs afin de garantir le respect de l'exigence de rejet de phosphore. À priori, ce traitement tertiaire consisterait en la mise en place d'un système de filtres à disques. La réalisation d'une étude de faisabilité confirmera ce choix. Ces travaux de mise aux normes de la station d'épuration devraient être admissibles à un financement du MAMH, étant donné que cette exigence de rejet révisée ne permet plus à la Ville d'atteindre la capacité de conception d'origine de l'usine.

5.6 Capacité hydraulique

Le débit maximum déterminé par le raccordement des 2 378 nouveaux logements représente un débit de 6 731 m³/j. Or, le débit moyen de conception est de 6 919 m³/j. Le débit maximum déterminé par les raccordements projetés représente donc 97,3 % du débit de conception. Comme aucune problématique hydraulique n'a été observée à ce jour, le raccordement des futurs logements ne devrait pas être problématique.

6 CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de déterminer la capacité résiduelle de la STEP de Waterloo pour l'abattement des polluants, conformément aux critères du MELCCFP, comme énoncé dans le *Guide pour l'étude des technologies conventionnelles du traitement des eaux usées domestiques* et dans la *Démarche d'évaluation de la capacité de traitement résiduelle d'une station de type étangs aérés facultatifs*. La Ville souhaite desservir 2 378 nouveaux logements qui devront être traités à la STEP.

Actuellement, il n'est pas possible de quantifier la capacité résiduelle de la STEP concernant l'abattement du phosphore. En effet, l'effluent de la STEP se rejette dans un cours d'eau jugé préoccupant par le MELCCFP et une norme restrictive (0,3 mg/L P_{tot}) a été imposée il y a quelques années. Les stations d'épuration de type étangs aérés ne sont pas prévues pour respecter une telle exigence. À ce jour, les résultats sont bons et respectent tout juste la limite. Plus il y aura de développement, plus près de la limite la qualité de l'effluent sera. Considérant que l'effluent est présentement conforme, il y a assurément une capacité à permettre de nouveaux raccordements. Cependant, cette capacité résiduelle ne peut être évaluée dans le cadre de la présente étude. Pour connaître cette capacité, le MELCCFP a publié un protocole à cet effet. L'exécution de ce protocole représente une dépense de plusieurs milliers de dollars et il y a peu de chance que les résultats obtenus permettront de justifier le raccordement des 2 378 nouveaux logements attendus. La mise en place d'un traitement additionnel donnerait plus de certitude à la Ville de respecter en tout temps l'exigence de rejet. Considérant qu'il s'agit d'un changement de norme qui ne permet plus à la Ville d'atteindre sa capacité de traitement de conception, cette mise aux normes de la station d'épuration devrait être admissible à un financement par le MAMH.

En dehors de la limitation du traitement du phosphore, le système d'aération n'aura pas la capacité pour répondre aux besoins d'aération pour reprendre les 2 378 nouveaux logements prévus. Cette limitation sera atteinte suivant le raccordement d'environ 1 365 nouveaux raccordements. Il est recommandé de faire une nouvelle vérification suivant le raccordement d'environ 750 à 1 000 nouveaux raccordements pour valider si la tendance est bonne ou pas.

Pour les autres contaminants à contrôler, les étangs actuels ont la dimension requise pour reprendre les 2 378 nouvelles constructions. La capacité hydraulique de l'usine devrait également être adéquate, puisqu'elle demeure sous la capacité de conception d'origine.

Il est à noter que l'évaluation a été réalisée en considérant un taux d'occupation de 2,2 personnes par logement, tel que la situation actuelle dans la Ville. S'il s'avérait que le taux d'occupation était plus élevé, certaines des conclusions présentées dans cette étude pourraient être légèrement différentes et limiter un peu la capacité résiduelle évaluée. En contrepartie, si la Ville corrige certaines de ses entrées d'eau parasites, cela réduirait les débits à traiter et améliorerait la situation.

En conclusion, nous sommes d'avis que, considérant l'incertitude quant à la capacité résiduelle d'abattement du phosphore, la Ville doit entamer les prochaines étapes visant l'ajout d'un traitement tertiaire. Les étapes à venir seraient :

- Réalisation d'une étude d'avant-projet afin de déterminer la solution de traitement à mettre en place et les coûts associés;
- Prise de contact avec le MAMH afin de valider l'admissibilité à une subvention financière.

ANNEXE 1. ABATTEMENT DBO₅

ÉTANGS AÉRÉS FACULTATIFS
ENLÈVEMENT DBO₅

TEMPS DE RÉTENTION - ÉTANGS AÉRÉS

Les données historiques ne permettent pas la réalisation d'une calibration de la cinétique de traitement étant donné que la fermeture de la laiterie entraîne une modification importante des caractéristiques de l'eau. La valeur de Theta a été posée à 1,04 pour tenir compte de valeur typique dans d'autres étangs. Cette hypothèse devra être validée dans le futur.

Description	Population	Débit (m ³ /j)	DBO ₅ (kg/j)
situation actuelle	5 318	4 563	266
Ajout de population	12 671	4 562	634

TEMPS DE RÉTENTION SELON LA DBO₅

PARAMÈTRE	unité	PÉRIODE		
		ÉTÉ	HIVER	ANNUEL
Température	°C	16	0,5	4
Ke ¹	d ⁻¹	0,316	0,172	0,198
AFFLUENT				
Débit moyen	m ³ /d	9125	9125	9125
DBO ₅	kg/d	900	900	900
DBO ₅	mg/L	99	99	99
ÉTANG 1				
Temps de rétention	d	2,8	2,6	2,6
Facteur de correction		1,2	1,05	1,12
Enlèvement		36,1%	27,7%	26,2%
Se (DBO ₅)	mg/L	63,0	71,3	72,7
	kg/d	574,5	650,5	663,5
Rendement sous-total		36,1%	27,7%	26,2%
ÉTANG 2				
Temps de rétention	d	2,8	2,6	2,6
Facteur de correction		1,2	1,05	1,12
Enlèvement		36,1%	27,7%	26,2%
Se (DBO ₅)	mg/L	40,2	51,6	53,6
	kg/d	366,9	470,4	489,4
Rendement sous-total		59,2%	47,7%	45,6%
ÉTANG 3				
Temps de rétention	d	2,7	2,5	2,5
Facteur de correction		1	1	1
Enlèvement		45,8%	30,3%	33,3%
Se (DBO ₅)	mg/L	21,8	35,9	35,8
	kg/d	198,9	327,9	326,6
Rendement sous-total		77,9%	63,5%	63,7%
ÉTANG 4				
Temps de rétention	d	2,7	2,5	2,5
Facteur de correction		1	1	1
Enlèvement		46,0%	30,4%	33,4%
Se (DBO ₅)	mg/L	11,8	25,0	23,8
	kg/d	107,4	228,1	217,4
Rendement sous-total		88,1%	74,6%	75,8%
EFFLUENT				
DBO ₅	mg/L	11,8	25,0	23,8
DBO ₅	kg/d	107,45	228,12	217,44
Rendement total		88,1%	74,6%	75,8%
EXIGENCES DE REJETS²		E2	E2	E2
DBO ₅	mg/L	25,0	25,0	25,0
DBO ₅	kg/d	158,0	199,0	199,0
Rendement		80%	60%	60%

Volume utile des étangs		
Été - 10% de boues		
1	25357	m ³
2	25357	m ³
3	24384	m ³
4	24545	m ³
Total	99642	m³

Volume utile des étangs		
Hiver/Annuel - 10 % boues 5% glace		
1	23948	m ³
2	23948	m ³
3	23029	m ³
4	23181	m ³
Total	94106	m³

Facteur de correction :
1e et 2e d'une série d'au moins
3 bassins

Modèle utilisé :
W. W. Eckenfelder
$$\frac{S_e}{S_o} = \frac{1}{1 + K_d t} \times F.C.$$

Modèle utilisé :
W. W. Eckenfelder
$$\frac{S_e}{S_o} = \frac{1}{1 + K_d t} \times F.C.$$

TEMPS DE RÉTENTION

ÉTÉ	10,9 jours
HIVER	10,3 jours
ANNUEL	10,3 jours

Référence:

Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique (MELCCFP, 2024)

Note 1 : Coefficient de correction de la température à 1.04, K_d (20°C) = 0.37 d⁻¹

Note 2 : Exigences E2, la concentration peut être dépassée si on respecte le rendement et la charge maximale (Démarche)

Volumes des étangs basés sur les données du Ch.2

ANNEXE 2. SYSTÈME D'AÉRATION

CALCULS
1. DÉBITS ET CHARGES DE CONCEPTION

Population équivalente	8318 personnes			Note :
Débit	5 643 m ³ /d			
DBO ₅	416,0 kg/d	73,7	mg/L	
Azote Kjeldahl (N-NTK)	83,2 kg/d	14,7	mg/L	
Azote ammoniacal (N-NH ₄)	83,2 kg/d	14,7	mg/L	

Description	Population	Débit (m ³ /j)	DBO5 (kg/j)	NTK (kg/j)
Situation actuelle	5 318	4 563	266	53,2
Ajout de population	3 000	1 080	150,0	30,0

2. CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Élévation du site	208 m	(Élévation moyenne du terrain naturel)
-------------------	--------------	--

Nombre d'étangs	4 unité	(Le nombre de cellules)
Profondeur des étangs (SWD)	4,08 m	(Hauteur d'eau)

	Étang	1	2	3	4	5	6	Total	
Volume liquide des étangs									
volume en été		28 174	28174	27093	27272	0	0	110713	m ³
volume en hiver		0%	Volume occupé par les glaces					110713	m ³
Temps de rétention (t)									
été		4,99	4,99	4,80	4,83	0,00	0,00	19,62	jour(s)
hiver		4,99	4,99	4,80	4,83	0,00	0,00	19,62	jour(s)

3. PARAMÈTRES

Coefficient de température (θ)	1,04
--------------------------------	-------------

	20 °C	T max	T moy	T min	
Température (T)	n/a	16	4	0,5	°C
Taux d'enlèvement DBO ₅ (K _L)	0,37	0,316	0,198	0,172	d ⁻¹

	Étang	1	2	3	4	5	6	
Facteur de correction (F.C.)								(F.C. = 1,00)
T max		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
T moy		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
T min		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

	T max	T moy	T min	
Taux d'oxygène à fournir				
demande carbonée	1,6	2,25	1,5	kg d'O ₂ / kg de DBO ₅ enlevée
demande azotée	4,6	0,0	0,0	kg d'O ₂ / kg de N-NH ₄ ⁺ appliqué

Oxygène résiduel requis	2,0 mg/L
-------------------------	-----------------

	étang 1	étang 2	étang 3	étang 4	étang 5	étang 6
Alpha (α)	0,75	0,80	0,85	0,90		

Beta (β)	0,95
----------	-------------

CALCULS

4. ENLÈVEMENT DE LA DBO

DEMANDE CARBONÉE

Modèle utilisé :		$S_e = \frac{1}{1 + K_d \cdot t} \times F \cdot C$					
W.W. Eckenfelder							
		Affluent (So) [kg/d]			Affluent (So) [mg/L]		
		T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	416,0	416,0	416,0	73,7	73,7	73,7
Étang 2	i=2	161,3	209,4	223,7	28,6	37,1	39,6
Étang 3	i=3	62,5	105,4	120,3	11,1	18,7	21,3
Étang 4	i=4	24,8	54,1	65,8	4,4	9,6	11,7
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

		Effluent (Se) [kg/d]			Effluent (Se) [mg/L]		
		T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	161,3	209,4	223,7	28,6	37,1	39,6
Étang 2	i=2	62,5	105,4	120,3	11,1	18,7	21,3
Étang 3	i=3	24,8	54,1	65,8	4,4	9,6	11,7
Étang 4	i=4	9,8	27,7	35,9	1,7	4,9	6,4
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

		Enlèvement par étang [kg/d]			Enlèvement par étang [mg/L]		
		T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	254,7	206,6	192,3	45,1	36,6	34,1
Étang 2	i=2	98,8	104,0	103,4	17,5	18,4	18,3
Étang 3	i=3	37,7	51,3	54,4	6,7	9,1	9,6
Étang 4	i=4	15,0	26,4	29,9	2,7	4,7	5,3
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total		406,2	388,3	380,1	72,0	68,8	67,4

		Enlèvement par étang [%]			Rendement cumulatif [%]		
		T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	61%	50%	46%	61%	50%	46%
Étang 2	i=2	24%	25%	25%	85%	75%	71%
Étang 3	i=3	9%	12%	13%	94%	87%	84%
Étang 4	i=4	4%	6%	7%	98%	93%	91%
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total		98%	93%	91%			

5. NITRIFICATION

DEMANDE AZOTÉE

HYPOTHÈSE : 100% de nitrification de l'azote ammoniacal
 La nitrification s'effectue seulement à des températures supérieures à : **10 °C** Voir [GRAPHIQUE 1](#)

		Rapport DBO ₂ /NTK			Bactéries nitrifiantes		
		T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	5,0	pas d'activité	pas d'activité	0,051	0,000	0,000
Étang 2	i=2	1,9	pas d'activité	pas d'activité	0,116	0,000	0,000
Étang 3	i=3	0,8	pas d'activité	pas d'activité	0,265	0,000	0,000
Étang 4	i=4	0,3	pas d'activité	pas d'activité	0,612	0,000	0,000
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total					1,044	0,000	0,000

		Nitrification [%]			Nitrification [kg N-NH ₄ / d]		
		T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	0,0%	0,0%	0,0%	0,00	0,00	0,00
Étang 2	i=2	33,3%	0,0%	0,0%	27,71	0,00	0,00
Étang 3	i=3	33,3%	0,0%	0,0%	27,71	0,00	0,00
Étang 4	i=4	33,3%	0,0%	0,0%	27,71	0,00	0,00
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total		99,9%	0,0%	0,0%	83,12	0,00	0,00

CALCULS

6. DEMANDE EN OXYGÈNE AUX CONDITIONS RÉELLES

AOR

	AOR								
	ENLÈVEMENT DE LA DBO Demande carbonée [kg O ₂ /h]			NITRIFICATION Demande azotée [kg O ₂ /h]			TOTALE Demande carbonée et azotée [kg O ₂ /h]		
	T max	T moy	T min	T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	16,98	19,37	12,02	0,00	0,00	0,00	16,98	19,37	12,02
Étang 2	6,58	9,75	6,46	5,28	0,00	0,00	11,86	9,75	6,46
Étang 3	2,51	4,81	3,40	5,28	0,00	0,00	7,79	4,81	3,40
Étang 4	1,00	2,48	1,87	5,28	0,00	0,00	6,28	2,48	1,87
Étang 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total	27,08	36,40	23,75	15,83	0,00	0,00	42,91	36,40	23,75

7. OXYGÈNE DISSOUS À SATURATION

SYSTÈME D'AÉRATION STATIQUE ECO ATARA 18-3V

$$C_{sw} = C_{ST} \frac{(Pb + 9.78 DWD f)}{P_s}$$

$$C_{ss} = C_{s20} \frac{(P_s + 9.78 DWD f)}{P_s}$$

où

- C_{sw} = Concentration d'oxygène dissous à saturation dans l'eau de procédé corrigée pour la température, la pression barométrique et la profondeur (mg/L)
- C_{ST} = Concentration d'oxygène dissous à saturation en eau claire pour une température donnée et une pression de 1 atm (mg/L)
- C_{ss} = Concentration d'oxygène dissous à saturation en eau claire aux conditions standard, corrigée pour la profondeur (mg/L)
- C_{s20} = Concentration d'oxygène dissous à saturation en eau claire pour une température de 20°C et une pression de 1 atm (mg/L)

Pression standard (P _s)	101,35 kPa	14,70 PSI
Pression barométrique (Pb)	98,87 kPa	14,34 PSI
Profondeur de relâche des bulles d'air (DWD)	3,7825 m	12,4 pi
Facteur profondeur effective(f)	0,4	

	T max	T moy	T min
C _{ST}	9,85	13,10	14,40 mg/L
C _{sw}	11,05	14,69	16,15 mg/L

C_{ST} et C_{s20} voir [GRAPHIQUE 2](#)

C _{s20}	9,092 mg/L
C _{ss}	10,42 mg/L

8. FACTEUR AOR/SOR

SYSTÈME D'AÉRATION STATIQUE ECO ATARA 18-3V

$$\frac{AOR}{SOR} = \frac{OTR_f}{SOTR} = \alpha F \theta^{(T-20)} \frac{(\beta C_{sw} - C_L)}{C_{ss}}$$

où

- AOR = Demande en oxygène aux conditions réelles (kg O₂/h)
- SOR = Demande en oxygène aux conditions standard (kg O₂/h)
- OTR_f = Taux de transfert d'oxygène de l'appareil d'aération aux conditions réelles (kg O₂/h)
- SOTR = Taux de transfert d'oxygène de l'appareil d'aération aux conditions standard (kg O₂/h)
- CL = Oxygène dissous à maintenir dans le liquide (mg/L) = 2,0 mg/L

	étang 1	étang 2	étang 3	étang 4	étang 5	étang 6
Facteur de correction (F)	1	1	1	1	1	1

Coefficient (θ) 1,024

	i	AOR/SOR		
		T max	T moy	T min
Étang 1	i=1	0,556	0,589	0,605
Étang 2	i=2	0,593	0,628	0,645
Étang 3	i=3	0,630	0,667	0,685
Étang 4	i=4	0,667	0,706	0,726
Étang 5	i=5	n/a	n/a	n/a
Étang 6	i=6	n/a	n/a	n/a

9. DEMANDE EN OXYGÈNE AUX CONDITIONS STANDARD

SOR

	SOR								
	ENLÈVEMENT DE LA DBO Demande carbonée [kg O ₂ /h]			NITRIFICATION Demande azotée [kg O ₂ /h]			TOTALE Demande carbonée et azotée [kg O ₂ /h]		
	T max	T moy	T min	T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
Étang 1	30,53	32,90	19,88	0,00	0,00	0,00	30,53	32,90	19,88
Étang 2	11,10	15,53	10,02	8,89	0,00	0,00	19,99	15,53	10,02
Étang 3	3,99	7,21	4,96	8,37	0,00	0,00	12,36	7,21	4,96
Étang 4	1,50	3,51	2,58	7,90	0,00	0,00	9,40	3,51	2,58
Étang 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total	47,11	59,14	37,44	25,17	0,00	0,00	72,28	59,14	37,44

CALCULS

10. SYSTÈME D'AÉRATION

DIFFUSEURS STATIQUES ATARA-CASCADE 1218

10.1. Taux de transfert d'oxygène de l'appareil d'aération aux conditions standard (SOTR)

Facteur appliqué aux valeurs des taux de transfert d'oxygène des appareils d'aération :

90% d'efficacité

Débit moyen d'air [SCFM/orifice]	SOTR	
	[lb O ₂ /h/orifice]	[kg O ₂ /h/orifice]
10	0,690	0,31
12	0,757	0,34
15	0,857	0,39
17	0,924	0,42
19	0,990	0,45
21	1,056	0,48

Plage de validité
Diffuseurs variant de 5 à 30 SCFM
DWD variant de 5 à 25 pieds

Voir
[GRAPHIQUES 3 ET 4](#)

10.2. Nombre d'appareil nécessaire

10.2.a. RÉPARTITION DES APPAREILS REQUIS EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Débit moyen d'air [SCFM/orifice]	Cellule 1 (réel 83 diff.)			Cellule 2 (réel 49 diff.)		
	T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
10	97,5	105,0	63,5	63,8	49,6	32,0
12	88,9	95,8	57,9	58,2	45,2	29,2
15	78,5	84,6	51,1	51,4	39,9	25,8
17	72,9	78,5	47,4	47,7	37,1	23,9
19	68,0	73,2	44,2	44,5	34,6	22,3
21	63,7	68,7	41,5	41,7	32,4	20,9

Débit moyen d'air [SCFM/orifice]	Cellule 3 (réel 27 diff.)			Cellule 4 (réel 18 diff.)		
	T max	T moy	T min	T max	T moy	T min
10	39,5	23,0	15,9	30,0	11,2	8,2
12	36,0	21,0	14,5	27,4	10,2	7,5
15	31,8	18,5	12,8	24,2	9,0	6,6
17	29,5	17,2	11,8	22,4	8,4	6,1
19	27,5	16,1	11,1	20,9	7,8	5,7
21	25,8	15,1	10,4	19,6	7,3	5,4

10.2.b. RÉPARTITION DES APPAREILS EN FONCTION DES DÉBITS

Température maximale	Débit moyen d'air [SCFM/orifice]					
	10	12	15	17	19	21
Étang 1	97,5	88,9	78,5	72,9	68,0	63,7
Étang 2	63,8	58,2	51,4	47,7	44,5	41,7
Étang 3	39,5	36,0	31,8	29,5	27,5	25,8
Étang 4	30,0	27,4	24,2	22,4	20,9	19,6
Étang 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total	230,8	210,5	185,9	172,5	160,9	150,9

Température moyenne	Débit moyen d'air [SCFM/orifice]					
	10	12	15	17	19	21
Étang 1	105,0	95,8	84,6	78,5	73,2	68,7
Étang 2	49,6	45,2	39,9	37,1	34,6	32,4
Étang 3	23,0	21,0	18,5	17,2	16,1	15,1
Étang 4	11,2	10,2	9,0	8,4	7,8	7,3
Étang 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total	188,9	172,3	152,1	141,1	131,7	123,5

Température minimale	Débit moyen d'air [SCFM/orifice]					
	10	12	15	17	19	21
Étang 1	63,5	57,9	51,1	47,4	44,2	41,5
Étang 2	32,0	29,2	25,8	23,9	22,3	20,9
Étang 3	15,9	14,5	12,8	11,8	11,1	10,4
Étang 4	8,2	7,5	6,6	6,1	5,7	5,4
Étang 5	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Étang 6	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Total	119,5	109,0	96,3	89,3	83,3	78,2

TOTAL SCFM	Débit moyen d'air [SCFM/orifice]					
	10	12	15	17	19	21
Température maximale	2308,0	2526,1	2788,0	2932,2	3057,0	3169,5
Température moyenne	1888,5	2067,0	2281,3	2399,3	2501,4	2593,4
Température minimale	1195,5	1308,5	1444,1	1518,8	1583,5	1641,7

Tous les calculs sont basés sur le Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique (MELCCFP, 2024)