

OBTENTION D'AVANTAGES GRÂCE AU TRAITEMENT ET À LA RÉUTILISATION DES EAUX GRISES DANS LES BÂTIMENTS ET LES COLLECTIVITÉS DU NORD

Nicole A. Poirier^{1*} et Ramona Pristavita¹

¹ Terragon Environmental Technologies Inc., Montréal, Québec, Canada

* nicole_a_poirier@outlook.com

Terragon Technologies de l'environnement inc. est une entreprise de technologies propres primée qui a été fondée en 2004 et qui est basée à Montréal, au Québec. Terragon met au point des appareils simples pour les déchets solides, les eaux usées et les boues qui permettent à n'importe quel habitat de traiter ses propres déchets localement sans causer de dommages à l'environnement tout en retirant des avantages importants découlant de la récupération de ressources précieuses.

Résumé

Le traitement et la réutilisation des eaux grises (EG) sont habituellement associés à des régions aux prises avec des pénuries d'eau. Bien que certaines régions arctiques n'aient pas de sources d'eau, le traitement et la réutilisation des EG peuvent intéresser la plupart des régions, puisqu'elles doivent généralement gérer un coût élevé d'approvisionnement en eau potable par camion, une faible consommation par habitant et des problèmes de gestion des eaux usées. Un système de traitement des EG bien conçu qui tient compte des contraintes du Nord pourrait offrir des avantages importants. Les EG traitées pourraient être utilisées pour la chasse d'eau des toilettes et d'autres applications non potable, ce qui permettrait de réserver de l'eau potable coûteuse pour des utilisations nécessitant cette qualité tout en réduisant le volume d'eaux usées produites. En prévision d'un projet de démonstration de traitement des EG à Cambridge Bay, au Nunavut, un nouveau système de traitement des EG a été évalué sur une période de six mois. Le système traitait de véritables EG de douche et de lessive, dans certains cas ajustées pour ressembler davantage aux EG qui devraient se trouver dans le Nord. Le rendement du traitement a été comparé à la norme NSF/ANSI 350 pour les immeubles résidentiels et

commerciaux. On a constaté que le système de traitement des EG fonctionnait de façon fiable et pouvait satisfaire aux exigences de la norme NSF/ANSI 350 pour toutes les EG testées.

Introduction

Cambridge Bay est un hameau situé sur l'île Victoria, dans la région de Kitikmeot, au Nunavut, au Canada. En 2016, la population était de 1 716 habitants, la majorité d'entre eux étant des Autochtones (Inuits) (Statistique Canada, 2016). En raison du pergélisol et du climat rigoureux à Cambridge Bay, les réseaux de distribution d'eau par canalisation (souterrains ou en surface) et les réseaux de collecte des eaux usées sont extrêmement coûteux et peu pratiques. Ainsi, comme dans la plupart des collectivités du Nunavut, les maisons et les entreprises de Cambridge Bay sont équipées de réservoirs d'eau et d'eaux usées distincts pour la livraison d'eau potable et la collecte des eaux usées par camion. Ces services de camionnage sont fournis contre rémunération par le hameau, et les tarifs diffèrent pour les clients résidentiels et commerciaux. L'eau potable

Citation suggérée :

Poirier, N.A., et Pristavita, R. 2018. « Obtention d'avantages grâce au traitement et à la réutilisation des eaux grises dans les bâtiments et les collectivités du Nord », *Savoir polaire* : Aqhaliat 2018, *Savoir polaire Canada*, p. 131-137. Identificateur d'objet numérique : 10.35298/pkc.2018.32

provient des eaux de surface traitées et les eaux usées sont éliminées dans un étang d’épuration situé à proximité.

Le coût de l’eau à Cambridge Bay (taux économique) est de 75 \$/m3 (comprenant la livraison et le pompage), bien qu’avec les subventions gouvernementales, le coût soit réduit à 23 \$/m3 pour les clients commerciaux et à 6 \$/m3 pour les clients non commerciaux (Hameau de Cambridge Bay Règlement 232). À titre de comparaison, les tarifs et les frais combinés pour l’eau et les eaux usées dans les grandes villes canadiennes sont généralement inférieurs à 5 \$/m3 pour les clients résidentiels et commerciaux. La consommation résidentielle d’eau par habitant au Nunavut est généralement d’environ 100 L/jour, ce qui représente environ le tiers de la moyenne canadienne (Daley et coll. 2014). De plus, le coût de l’électricité produite au diesel au Nunavut est environ 5 à 10 fois plus élevé que dans les autres régions canadiennes.

Traiter les eaux grises des activités de bains et de lessives et les entreposer dans un réservoir de traitement séparé afin de les utiliser pour des activités qui ne nécessitent pas d’eau potable (p. ex., chasse d’eau de toilette et lessive) est une approche qui pourrait être envisagée en vue de réduire les coûts et de réserver de l’eau propre pour les applications qui exigent vraiment une qualité potable (c.-à-d., boire, cuisiner et se laver). La réutilisation des eaux grises peut également réduire le volume par habitant d’eau potable nécessaire et le volume d’eaux usées produit. Elle pourrait également alléger le fardeau sur les installations de traitement de l’eau potable et/ou les services de livraison par camion qui fonctionne presque à capacité maximale dans certaines collectivités. Les utilisateurs commerciaux d’eau peuvent être particulièrement intéressés par la réutilisation des eaux grises, étant donné qu’ils paient beaucoup plus pour leurs services de camionnage que leurs clients résidentiels.

Le traitement et la réutilisation des eaux grises suscitent un grand intérêt dans de nombreuses régions d’Amérique du Nord en raison des pénuries d’eau résultant de la sécheresse et/ou d’un décalage entre la disponibilité de l’eau et les besoins domestiques, agricoles et industriels. Toutefois, le traitement et la réutilisation des eaux grises ont rarement été envisagés pour le Nord en raison de divers défis, notamment techniques, pratiques et sociaux. Dans le cadre de ce projet, un nouveau système de traitement des eaux grises sera évalué et démontré

afin de déterminer s’il convient de traiter celles produites en milieu nordique. Par la suite, les meilleures options pour tirer profit du traitement et de la réutilisation des eaux grises dans le Nord seront déterminées à l’aide d’analyses techno-économiques et de commentaires des résidents de la collectivité locale, recueillis par des étudiants du Collège de l’Arctique du Nunavut.

Le présent article contient les résultats d’une évaluation de six mois du système de traitement des eaux grises effectué à Montréal en vue de l’installation du système dans une résidence triplex (fig. 1) à la Station canadienne de recherche dans l’Extrême-Arctique (SCREA).

Défis liés au traitement des eaux grises dans le Nord

De nombreuses initiatives de traitement et de réutilisation des eaux grises se déroulent dans des climats chauds où l’équipement de traitement peut être situé à l’extérieur. Dans le cas du Nord, il faut envisager l’installation de systèmes de traitement d’eaux grises à l’intérieur des bâtiments ou d’enceintes chauffées. De nombreuses maisons du Nord sont petites, parfois surpeuplées et construites sur des échasses (pieux) à cause du pergélisol. Par conséquent, les maisons unifamiliales résidentielles n’ont généralement aucun sous-sol et aucun espace



Figure 1 : Résidence triplex à la Station canadienne de recherche dans l’Extrême-Arctique(SCREA), où le système d’eaux grises sera installé en novembre 2018.

disponible pour recevoir l’équipement de traitement des eaux grises. Les systèmes de traitement des eaux grises peuvent être intégrés plus facilement et de préférence à d’autres types de bâtiments (c.-à-d. multioccupants, commerciaux, gouvernementaux, éducatifs) ou à un site

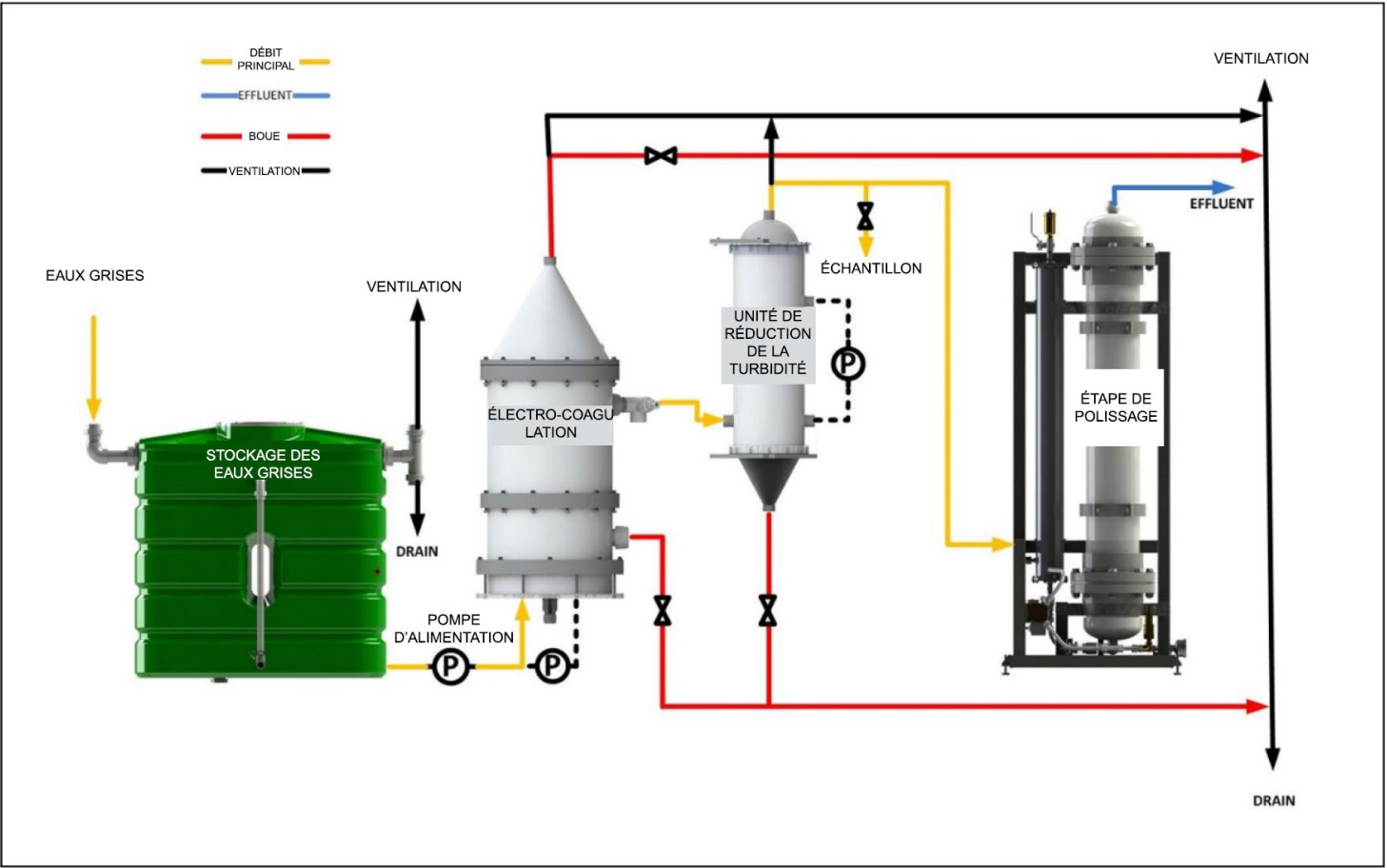


Figure 2 : Schéma du système de traitement des eaux grises.

de réception central où les eaux grises provenant de plusieurs sources distinctes sont acceptées et traitées. Enfin, certaines approches de traitement des eaux grises disponibles sur le marché reposent sur des chaînes de traitement qui ne sont pas compatibles avec l’exploitation dans le Nord, en raison des exigences en matière de consommables (p. ex., produits chimiques) et d’entretien ou de l’incapacité de traiter les eaux grises du Nord selon les normes de réutilisation acceptées.

Installation d’un système de traitement des eaux grises à des fins d’évaluation

Un nouveau système automatisé de traitement des eaux grises non fondé sur l’ajout de produits chimiques ou sur un traitement biologique a été évalué pendant six mois. Il fonctionnait du lundi au vendredi pendant la journée seulement. Il avait une capacité de 1,44 m3/jour, exigeait environ 0,5 kW pour fonctionner et est illustré de façon schématique à la figure 2. Il consistait en un réservoir de réception pour recueillir les eaux grises (de la douche et de la lessive), une unité d’électrocoagulation en instance de brevet servant à éliminer la majorité des

contaminants particuliers et des charges organiques, une unité d’élimination de la turbidité et, enfin, une colonne d’adsorption pour le polissage final. Les eaux grises traitées ont été recueillies dans un réservoir de stockage et désinfectées au moyen d’un procédé électrochimique sur place. Au cours de l’évaluation, les électrodes d’électrocoagulation ont été remplacées une fois, en utilisant une procédure de 10 minutes.

Le système de traitement des eaux grises a été installé dans le sous-sol d’un complexe sportif d’un collège de Montréal (fig. 3); le système qui sera installé à la SCREA sera plus compact et clos. Les eaux grises traitées provenaient de douches et de machines à lavées domestiques utilisées pour laver des uniformes d’équipe et des uniformes de travail. Les eaux grises traitées ont ensuite été utilisées pour la chasse d’eau de toilette tout près. Il s’agit d’un point important puisqu’une enquête précédente a indiqué qu’avec le temps, des eaux grises traitées de manière inappropriée peuvent entraîner des répercussions négatives sur les mécanismes des toilettes et créer un biofilm dans le réservoir (Kuru et Luettgen 2012).

Normes de réutilisation des eaux grises

En ce qui concerne le traitement décentralisé des eaux grises, NSF International a créé une norme en 2011 (NSF/ANSI 350 : *Onsite Residential and Commercial Water*



Figure 3 : Installation du système de traitement des eaux grises lors de l'évaluation effectuée à Montréal.

Reuse Treatment), qui décrit les critères exigés pour les systèmes de réutilisation des eaux. La norme a maintenant été adoptée par les codes de la plomberie et du bâtiment et a été utilisée dans le cadre de ce projet pour évaluer le rendement du nouveau système de traitement des eaux grises. Les seuils de traitement pour les applications résidentielles (≤5,678 L/jour) et commerciales (> 5,678 L/jour) sont présentés au tableau 1.

Caractérisation et composition des eaux grises

Les eaux grises mélangées provenant des douches et de la lessive, ainsi que les eaux grises provenant des douches seulement et de la lessive seulement, ont été échantillonnées sur une période de deux semaines et entièrement décrites. Les résultats sont présentés au tableau 2, où l'on peut voir que la force des eaux grises provenant de la lessive seulement est d'un ordre de grandeur plus élevée que celle des eaux grises provenant des douches seulement. À la suite de cette période initiale de caractérisation des eaux grises, certains paramètres des eaux grises ont été mesurés chaque semaine au cours de l'essai de six mois; en général, elles comprenaient, au minimum, la demande chimique en oxygène (DCO), la

Tableau 1 : NSF/ANSI 350, exigences en matière de traitement des eaux grises pour la réutilisation résidentielle (Classe R) et commerciale (Classe C).

		Classe R		Classe C	
Paramètre	Unités	Moyenne globale du test	Échantillon unique maximum	Moyenne globale du test	Échantillon unique maximum
CBOD5	(mg/L)	10	25	10	25
TSS	(mg/L)	10	30	10	30
Turbidité	(UTN)	5	10	2	5
E.coli ²	(NPP/100 mL)	14	240	2.2	200
pH	(SU)	6 - 9	S.O. ¹	6 - 9	S.O.
Désinfection des récipients d'entreposage	(mg/L) ³	≥0.5 - ≤2.5	S.O.	≥0.5 - ≤2.5	S.O.
Couleur		MC ⁴	S.O.	MC	S.O.
Odeur		Inoffensif	S.O.	Non-offensive	S.O.
Film huileux et mousse		Non détectable	Non détectable	Non détectable	Non détectable
Consommation d'énergie		MC	NA	MC	S.O.

¹S.O. = Sans objet
²Calculé comme moyenne géométrique
³Comme du chlore. D'autres désinfectants peuvent être utilisés.
⁴MC = Mesuré et communiqué seulement

Tableau 2 : Caractérisation des eaux grises provenant des eaux de douche (SW) et de lessive (LW).

		3-Sep-17	21-Sep-17	26-Sep-17	28-Sep-17	10-Oct-17
Paramètre	Unités	Échantillon 1 (ED)	Échantillon 2 (ED+EL)	Échantillon 3 (ED+EL)	Échantillon 4 (ED+EL)	Échantillon 5 (EL)
DCO	(mg/L)	122	208	133	218	1840
BOD ₅	(mg/L)	70	120	87,5	117,5	655
TSS	(mg/L)	19	36	23	15	340
PT	(mg/L PO ₄ ³⁻)	4,5	2,6	3,64	5,25	-
pH	-	7,69	7,94	7,84	8,46	7.51
Conductivité	(µs/cm)	512	496	465	554	621
Turbidité	UTN	13,2	38,7	20,9	15,3	483
Alcalinité	(mg/L CaCO ₃)	162	150	132	185	-
N-NH ₃	(mg/L)	16,4	11,3	10,25	18	-
TOC	(mg/L)	26,3	44,1	21,9	53,8	-
ATK	(mg/L)	-	15,1	-	26,7	42.4
Huile et graisse	(mg/L)	-	20	-	15	252
Coliformes fécaux	(UFC/100 mL)	-	72	-	-	170 000
Coliforme total	(UFC/100 mL)	-	800 000	-	-	800 000
E.coli	(UFC/100 mL)	-	60	-	-	5000

demande biochimique en oxygène (DBO5) et le total des solides en suspension (TSS).

d'eau de surface et le procédé de traitement de l'eau potable utilisé.

Les eaux grises générées au cours de l'essai de six mois provenaient des activités utilisant l'eau potable disponible à Montréal. Toutefois, l'eau potable disponible à Cambridge Bay (et dans de nombreuses autres régions du Nord) peut avoir des caractéristiques quelque peu différentes, contenant souvent une plus grande quantité de matières organiques naturelles (MON) provenant de la décomposition de la matière végétale et animale. La principale composante des MON est l'acide humique; les substances humiques représentent généralement 40 à 80 % de la matière organique dissoute dans l'eau, avec une contribution moindre de l'acide fulvique (Uyguner, 2007).

Au cours d'une visite à Cambridge Bay à la fin de juillet 2017, on a constaté que l'eau du robinet du triplex de la SCREA avait une demande chimique en oxygène (DCO) de 8 à 22 mg/L, déterminée par un analyseur Mantech PeCOD (limite de détection de 0,7 mg/L). On a également constaté que l'eau de source utilisée pour créer l'eau potable avait des valeurs de DCO semblables, qui seraient principalement attribuables aux matières organiques naturelles. L'eau du Nord peut aussi contenir des sous-produits de désinfection, des minéraux et des métaux lourds, selon la source

Pour étudier l'impact potentiel des matières organiques naturelles (MON) sur le traitement des eaux grises, le collège de Montréal a produit des eaux grises et les a ensuite enrichies de quantités connues d'acide humique (acide humique Ez-Gro à 80 %). L'eau potable de Montréal non contaminée par des eaux grises a également été enrichie de fortes concentrations d'acide humique, puis traitée par le procédé de traitement des eaux grises.

Résultats du traitement des eaux grises

Après plusieurs périodes d'essai au cours desquelles l'unité d'électrocoagulation a été exploitée à des intensités de courant différentes, une intensité de courant optimale a été sélectionnée et utilisée pour le reste de l'essai (novembre 2017 à la mi-février 2018). Les figures 4 et 5 présentent les valeurs des affluents et des effluents d'eaux grises pour la DCO, la demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO5), le total des solides en suspension (TSS) et la turbidité. Les normes de traitement NSF/ANSI 350 présentées au tableau 2 ont été respectées, et le pH (non indiqué) est demeuré dans la plage de 6 à 9, tel que requis.

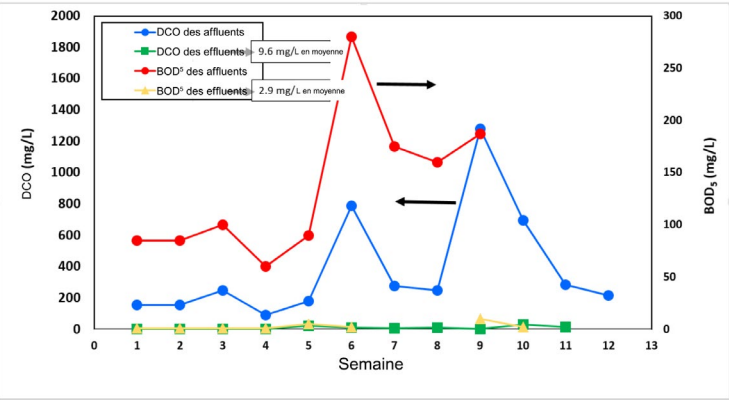


Figure 4 : DCO et BOD5 des influents et effluents d'eaux grises.

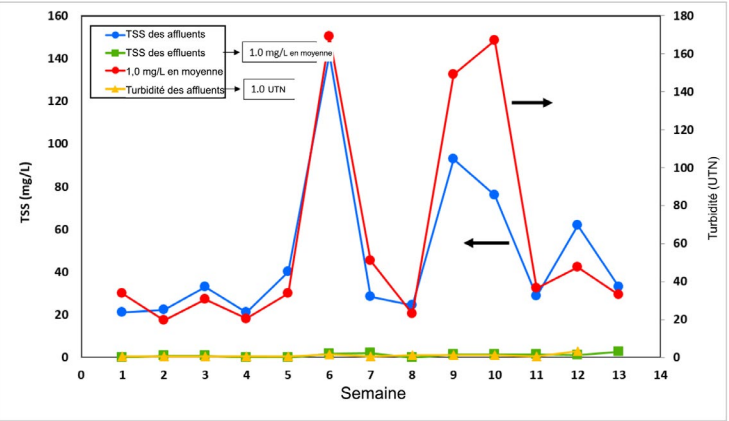


Figure 5 : Les affluents et les effluents d'eaux grises, le TSS et la turbidité

L’influence des MON sur le traitement des eaux grises a été étudiée en ajoutant de l’acide humique aux eaux grises dans le réservoir de collecte, en vue d’atteindre une concentration d’environ 30 mg/L. Une fois ajouté au réservoir de collecte des eaux grises, il n’a malheureusement pas été possible d’y mélanger le concentré de MON. La valeur de la DCO des eaux grises envoyées au système de traitement après l’ajout des MON a atteint une valeur maximale de 1 235 mg/L, et sur une période d’une heure, elle a graduellement diminué à 584 mg/L (encore beaucoup plus élevée que la valeur habituelle de la DCO des eaux grises des affluents). En dépit de cette DCO élevée de l’affluent d’eaux grises, le traitement a tout de même réussi à respecter les normes NSF/ANSI 350. Un autre essai a ensuite été mené pour voir si le procédé de traitement des eaux grises pouvait être utilisé pour traiter une solution hautement concentrée d’acide humique (150 ppm d’acide humique Ez-Gro à 80 %) dans de l’eau potable non contaminée par des eaux grises. La figure 6 montre que le procédé de traitement était encore très efficace et qu’il est donc possible de conclure que les eaux grises du nord peuvent être traitées selon les normes NSF/ANSI 350 même si elles sont produites à partir d’eau potable contenant une concentration de fond de MON.

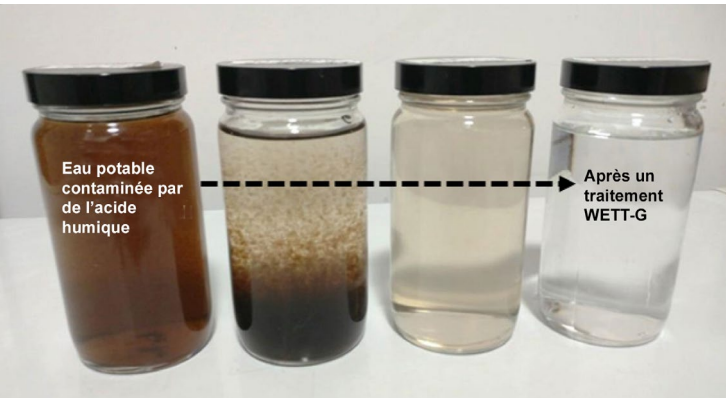


Figure 6 : L’eau potable de Montréal a été enrichie d’acide humique et traitée avec le système de traitement des eaux grises.

En ce qui concerne la désinfection, les paramètres microbiologiques ont été mesurés périodiquement, et les valeurs obtenues sont présentées au tableau 3. L’approche électrochimique utilisée pour produire des oxydants sur place dans le réservoir de rétention des effluents d’eaux grises a permis de créer un petit résiduel de chlore entre 0,5 et 2,5 mg/L et de réduire l’E. coli à 14 UFC/100 mL, comme l’exige la NSF/ANSI 350. Aucun biofilm n’a été observé dans la cuve de toilette au cours de la période de six mois et aucun problème n’a été rencontré avec le mécanisme de rinçage.

Préoccupations pour la collectivité

Au-delà des aspects techno-économiques, la réceptivité du concept par les résidents de la collectivité constitue un élément clé du succès d’une initiative de traitement des eaux grises, non seulement dans le Nord, mais partout. Les perceptions culturelles et sociales profondément enracinées des Inuits au sujet de l’eau seront étudiées au moyen d’une série de sondages et d’échanges avec les habitants locaux, menés par des étudiants du Collège de l’Arctique du Nunavut.

Conclusions

La nouvelle technologie de traitement des eaux grises a permis de traiter de façon fiable dans un collège de Montréal et sur une période de six mois les eaux grises réelles générées par les activités de douche et de lessive. Les caractéristiques des eaux grises traitées respectaient les exigences établies par la norme NSF/ANSI 350. Même lorsque l’eau grise ou l’eau potable était dopée avec de fortes concentrations de MON, sous forme d’acide humique, comme on peut le trouver dans les eaux grises du nord, ces mêmes résultats ont été obtenus.

Tableau 3 : Les résultats de la désinfection des eaux grises.

Échantillon	Analyse microbiologique	Unités	Eaux grises non traitées	Eaux grises non traitées	Après Désinfection	Chlore libre (mg/L)	Initial pH	Final pH
15-11-2017	Coliformes fécaux	(CFU/100 mL)	2900	<10	<10	-	7.81	7.4
	Coliformes totaux		CTN ¹	<10	<10			
	E. Coli		2400	200	81			
21-11a-2017	Coliformes fécaux	(CFU/100 mL)	30 000	<10	<10	-	7.03	7.66
	Coliformes totaux		>800 000	36000	<10			
	E. Coli		500	<10	<10			
28-11-2017	Coliformes fécaux	(CFU/100 mL)	210	<10	<10	1.34	7.37	7.6
	Coliformes totaux		>800 000	7900	<10			
	E. Coli		99	<10	<10			
5-12-2017	Coliformes fécaux	(CFU/100 mL)	1400	<10	<10	1.2	7.69	7.99
	Coliformes totaux		>800 000	550	<10			
	E. Coli		2400	<10	<10			
12-12-2017	Coliformes fécaux	(CFU/100 mL)	<10	<10	<10	0.11	6.69	7.55
	Coliformes totaux		>800 000	11000	310			
	E. Coli		98	<10	<10			
13-02-2018	Coliformes fécaux	(CFU/100 mL)	-	-	-	0.18	7.96	7.83
	Coliformes totaux		>600 000	-	<10			
	E. Coli		990	-	<10			

¹CTN = Colonies trop nombreuses pour être mesurées

Remerciements

Nous sommes très reconnaissants de la contribution de M. Rimeh Daghrir, du Cégep de Saint-Laurent, à ce projet et de l’appui financier de Savoir polaire Canada et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

Références

Daley K., Castleden, H., Jamieson, R., Furgal, C., and Ell, N. 2014. Municipal water quantities and health in Nunavut households: An exploratory case study in Coral Harbour, Nunavut, Canada. *International Journal of Circumpolar Health* 73:23843. doi:10.3402/ijch.v73.23843. Available from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3970036/> [accessed 29 March 2018].

Hamlet of Cambridge Bay, NU. By-law No. 232–Schedule A: Water and sewer rates for municipal services. 24 pp. Available from <http://www.cambridgebay.ca/sites/default/files/By-Law%20232%20-%20Water%20Sewer.pdf> [accessed 29 March 2018].

Kuru, B. and Luetngen, M. 2012. Is gray-water reuse ready for prime time? Available from https://www.us.kohler.com/webassets/kpna/pressreleases/2012/KOHLER-GRAYWATER_111412.pdf [accessed 30 March 2018].

Statistics Canada. Census profile, 2016 census, Cambridge Bay [population centre], Nunavut and Nunavut [Territory]. Available from <http://www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2016/dp-pd/prof/details/page>.

Uyguner, C.S., Bekbolet, M., and Swiétlik, J. 2007. Natural organic matter: Definitions and characterization. In *Advances in control of disinfection by-products*. Nikolau, A., Selcuk, H., and Rizzo, L. (eds.), Nova Science Publishers Inc., New York. pp. 419–446. Available from <https://www.researchgate.net/profile/Ceyda-Uyguner-Demirel/publication/286329976-Natural-organic-matter-Definitions-and-characterization/links/566ebc08aea0892c52a5df/Natural-organic-matter-Definitions-and-characterization.pdf> [accessed 25 April 2018].