

La revue
des spécialistes de
l'environnement
au Québec

Volume 55 • Numéro 2
Juin 2022

Vecteur Environnement



DOSSIER VILLE INTELLIGENTE POUR CATALYSER L'ÉCONOMIE VERTE

- Innovations technologiques :
les solutions pour soutenir le secteur de l'eau
- Collecte intelligente et tarification incitative :
où en sommes-nous au Québec ?
- Infrastructures naturelles :
pour adapter les villes aux changements climatiques

PUBLIÉE PAR :

 **Réseau
Environnement**
60 ans

Un Québec en pleine action

pour lutter contre les changements
climatiques.



**Convertir nos industries aux énergies propres,
c'est l'une de nos actions.**

[Québec.ca/actionclimatique](https://Quebec.ca/actionclimatique)

CHRONIQUES

Emploi vert	28
Tour d'horizon	40
L'exploitant	42
Innovation	44
AWWA	46
WEF	48
SWANA	50
Actualité internationale	52
À lire	53
À l'agenda	54

Vecteur

Environnement

est publiée par :

Réseau Environnement

295, place D'Youville
Montréal (Québec) H2Y 2B5
CANADA
Téléphone : 514 270-7110
Ligne sans frais : 1 877 440-7110
vecteur@reseau-environnement.com
www.reseau-environnement.com

Éditeur

Salomé Lemarquant

Comité de direction

Michel Beaulieu, secteur Sols et Eaux souterraines
Pierre Benabides, secteur Matières résiduelles
Marie-Hélène Gravel, secteur Matières résiduelles
Joëlle Roy Lefrançois, secteur Biodiversité
Nicolas Trotter
Céline Vaneeckhaute, secteur Eau
Avec la collaboration de :
Jean-François Audy, Candice Baan, Antoine Bianchi, Bernard Bigras,
Florence Blouin, Alexandre Bonaldi, Nadia Bouhaine, Marie-Caroline Bourg,
Pauline Chevalier, Clémentine Chevalier, Fabien Comby, Marie-Noëlle
Côté, Bruno Courtemanche, Dominique Dodier, Martine Gariépy, France
Gautrais, Peter Gaydon, Abdelaziz Gherrou, Jordan Gosseries, Alexandre
Guindon, Hélène Hélias, Mohamed Jebri, Noémie Lampron, Charles
Leclerc, Elisabeth Levac, Valérie Léveillé, Jean-François Martel, Francis
Nicol, Sylvain Perron, Daniel Riviere, John Riviere, Jennifer Shimmin, Jean
Theroux, Wendy Vasquez Gutierrez.

Financé par le
gouvernement
du Canada



Abonnement annuel papier (55 \$) ou numérique (25 \$)
Les auteurs des articles publiés dans Vecteur Environnement sont libres de leurs opinions. La forme masculine est
privilégiée sans intention discriminatoire et uniquement dans le but d'alléger les textes. Le contenu de Vecteur
Environnement ne peut être reproduit, traduit ou adapté, en tout ou en partie, sans l'autorisation écrite de l'éditeur.

Imprimé sur Rolland Enviro® (Enviro SATIN texte blanc base 140M). Ce papier contient 100 % de fibres recyclées
durables, est fabriqué avec un procédé sans chlore et à partir d'énergie biogaz. Il est certifié FSC® et désigné par
Garant des forêts intactes®.



100%

FSC position
pour Maska

PCF



PERMANENT

Dossier

Ville intelligente pour catalyser l'économie verte

5

INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES

Les solutions pour soutenir le secteur de l'eau

6

COLLECTE INTELLIGENTE ET TARIFICATION INCITATIVE

Où en sommes-nous au Québec ?

10

INFRASTRUCTURES NATURELLES

Pour adapter les villes aux changements climatiques

14

ENTREVUE

Rencontre avec Bernard Bigras
Tourné vers le développement durable

18

EAU

Ancien site d'enfouissement Sambault
Un défi pour la gestion des eaux souterraines

20

AIR, CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ÉNERGIE

Décarbonation des transports
Électrifier et optimiser les parcs de véhicules !

22

BIODIVERSITÉ

Contrôle des PAEE dans les lacs de l'Estrie
Une méthode efficace pour le myriophylle à épis

24

MULTISECTORIEL

Traitement in situ
Pour réduire les gaz à effet de serre

26

ARTICLE SCIENTIFIQUE

Traitement des effluents industriels
Nouvelle technologie de récupération et recyclage du chrome

30

ARTICLE TECHNIQUE

Balayures de rue printanières au Québec
Faisabilité de l'intégration de l'économie circulaire

34

Photo de la couverture
ShutterstockPhoto de la page 5
ShutterstockRéalisation graphique
Passerelle bleue, 514 278-6644Impression
Imprimerie Maska, 1 800 361-3164Révision linguistique
Véronique Philibert, Révision CEIL félinDépôt légal
Bibliothèques nationales du Québec
et du Canada
Revue trimestrielle ISSN 1200-670XEnvois de publications canadiennes
Contrat de vente n° 40069038
Réseau Environnement
Prix à l'unité : 15 \$ au Québec

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE RÉSEAU ENVIRONNEMENT

Président
Martin Beaudry
ASI Services Techniques Inc.Président sortant
Nicolas Turgeon
Investissement Québec – CRIQSecrétaire-trésorier
Yves GauthierVice-président, secteur Air,
Changements climatiques et Énergie
Dominic Aubé
Ville de QuébecVice-président, secteur Biodiversité
Hugo Thibaut-Robitaille
T² EnvironnementVice-président, secteur Eau
Daniel Lessard
Ville de QuébecVice-président,
secteur Matières résiduelles
Simon Naylor
Viridis EnvironnementVice-président,
secteur Sols et Eaux souterraines
Philippe Glasson
Enutech Inc.Administratrice
Karine Boies
Cain LamarreAdministrateur
Robert Dubé
Atout RecrutementAdministratrice
Céline Vaneeckhaute
BioEngineAdministratrice Relève
Marion HarveyPrésident du comité régional
Abitibi-Témiscamingue
Hassine Bouaff
Centre technologique des résidus
industrielsPrésidente du comité régional
Bas-Saint-Laurent /
Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine
Geneviève Pigeon
Ville de Rivière-du-LoupPrésident du comité régional
Capitale-Nationale / Chaudière-
Appalaches
Jean-Louis Chamard
GMR International Inc.Présidente du comité régional
Côte-Nord
Natacha Sénéchal
EnglobePrésidente du comité régional
Estrie
Léonie Lepage-Ouellette
Ville de SherbrookePrésident du comité régional
Outaouais
Stéphane Maillet
EpursolPrésidente du comité régional
Mauricie / Centre-du-Québec
Jeanne Charbonneau
CNTEPrésident du comité régional
Montréal
Mathieu Guillemette
Eco Entreprises QuébecPrésident du comité régional
Saguenay-Lac-Saint-Jean
Poste vacantPrésident-directeur général
de Réseau Environnement
Mathieu Laneuville

TOUS LES AVANTAGES. SANS LES INFRASTRUCTURES.



Compteur à disque à nutation
avec antenne cellulaire ORION®



Logiciel BEACON® en tant que service (SaaS) avec
l'application pour contribuable EyeOnWater®



Compteur ultrasonique E-Series®
avec antenne cellulaire ORION®

Les réseaux cellulaires d'aujourd'hui sont plus sécurisés et plus fiables que jamais, ce qui rend les déploiements de système de lecture à distance sans infrastructure faciles, flexibles et qui s'adaptent parfaitement au marché québécois.

- Solution clé-en-main à un prix fixe et prévisible
- Intervalle de lectures aux 15 minutes, 4 transmissions par jour
- Analyse de données pour une gestion optimale de votre consommation d'eau
- Déploiement rapide
- Antennes garanties 20 ans
- Application pour contribuable unique et agréable à utiliser



Badger Meter

LES COMPTEURS

LECOMTE LIÉE

DÉJÀ
40
ANS

TROIS GÉNÉRATIONS, UNE HISTOIRE, UNE ÉQUIPE!



Ville intelligente pour catalyser l'économie verte

Aujourd'hui, plus de 55 % de la population mondiale vit en ville et, d'ici 2050, ce sera près de 7 personnes sur 10 (Banque mondiale, 2020). L'adaptation des villes aux contraintes environnementales que génère cette croissance est donc devenue d'une importance capitale.

Ainsi, pour relever les défis de réduction des gaz à effet de serre et de préservation des ressources naturelles, il est nécessaire de prendre en compte les contraintes sociales, économiques, spatiales et environnementales des villes.

Le terme « ville intelligente » étant souvent utilisé pour parler de technologie et de connectivité, il faut retenir qu'une telle ville se veut résiliente aussi grâce à des aménagements urbains, à l'optimisation des ressources ou encore à un changement des habitudes citoyennes.

Dans ce dossier, différentes innovations sont présentées pour des villes plus durables : des solutions pour soutenir le secteur de l'eau menant à une économie d'eau potable considérable, le verdissement des infrastructures pour augmenter la présence de la biodiversité en ville, et la mise en place de la collecte intelligente. Bonne lecture !

Référence

Banque mondiale (2020). *Développement urbain – Vue d'ensemble*. En ligne : banquemondiale.org/fr/topic/urbandevelopment/overview#1.



Innovations technologiques

Les solutions pour soutenir le secteur de l'eau

L'industrie de l'eau du Québec fait face à des défis uniques pour soutenir la stratégie gouvernementale de réduction des pertes d'eau, visant une meilleure gestion et distribution de l'eau potable. L'innovation a propulsé ce secteur dans l'ère de la technologie, ouvrant ainsi la porte à une multitude d'avantages, allant d'une efficacité et d'une précision accrues à des économies d'eau, de temps et de coûts.



PAR **MARIE-NOËLLE CÔTÉ**
Directrice de territoire – Québec,
Neptune Technology Group



ET PAR **JEAN THÉROUX**
Vice-président, Croissance,
vente et innovation, Énergère

Entrez dans l'avenir du relevé des compteurs

La Stratégie québécoise d'économie d'eau potable souscrit aux principes de développement durable et favorise l'optimisation des investissements gouvernementaux et municipaux dans les infrastructures d'eau. Réseau Environnement a fourni des outils modernes et adaptés aux municipalités afin de les aider à gérer leurs systèmes de distribution et à évoluer vers un système de « recouvrement complet des coûts ». Un élément fondamental de la réduction des pertes d'eau est la comptabilisation complète de l'eau dans un système de distribution. Cette dernière est effectuée à l'aide d'outils de collection et d'analyse précise de données.

Bien que la technologie avancée de comptage permette de tirer le meilleur parti d'un investissement tout en respectant les

« Les progrès réalisés dans la technologie des compteurs, les capacités de lecture et la gestion des données ont considérablement élargi les capacités des services publics, ce qui a permis d'améliorer le service à la clientèle, les efforts de conservation et les économies de coûts. »

exigences gouvernementales et en fournissant une eau saine aux clients, il n'existe pas de solution unique.

En raison des exigences croissantes du secteur et de l'innovation, les relevés mobiles de compteurs, qu'ils soient effectués à pied ou en voiture, appartiennent désormais au passé. Les services publics doivent trouver un équilibre entre la fourniture d'une eau saine et propre à leurs clients et la demande d'efficacité et de croissance, tout en maximisant le rendement des investissements dans les actifs existants.

Les progrès réalisés dans la technologie des compteurs, les capacités de lecture et la gestion des données ont considérablement élargi les capacités des services publics, ce qui a permis d'améliorer le service à la clientèle, les efforts de conservation et les économies de coûts. La conception innovante des compteurs modernes d'aujourd'hui réduit les entretiens et offre une précision accrue, ce qui se traduit par des économies de temps et d'argent importantes. En outre, ils nécessitent moins d'énergie, ce qui préserve la durée de vie des piles, en plus d'offrir des taux d'échantillonnage améliorés et des débits faibles supérieurs à ceux des compteurs précédents. Les compteurs les plus récents sont plus légers, ce qui rend leur installation plus facile et plus sûre. En investissant dans cette technologie de pointe, vous êtes certains de pouvoir maximiser des revenus, tout en offrant des performances exceptionnelles.

Se rendre à l'échelle cellulaire

Offrant une solution à l'infrastructure traditionnelle des compteurs avancés (*Advanced Metering Infrastructure* ou AMI), la technologie des réseaux cellulaires offre des communications longue portée supérieures, un déploiement facile et flexible, une sécurité robuste, et garantit une disponibilité élevée et une évolutivité pour les besoins de l'AMI.

Conçu pour réduire les investissements dans l'infrastructure de réseau étendu – nécessaires à l'établissement et à la migration vers les réseaux AMI –, le déploiement de terminaux cellulaires peut répondre aux problèmes de capacité en permettant aux services publics de tirer parti de la couverture du réseau cellulaire sur l'ensemble d'un territoire de service. Cela améliore grandement l'accès aux relevés de compteurs sans l'entretien du réseau et la charge opérationnelle, d'autant plus que les municipalités du Québec commencent généralement leurs initiatives de comptage dans les secteurs commerciaux et industriels. Ces emplacements ont tendance à être dispersés sur le territoire de service, ce qui peut rendre un réseau AMI traditionnel coûteux à déployer et à gérer.

Tirant profit d'un réseau sans fil en l'absence d'une infrastructure de réseau, un réseau AMI cellulaire offre une solution AMI sur mesure, abordable et flexible, qui prend en charge des déploiements ciblés à grande échelle, assure une sécurité intégrée et fournit une qualité de service fiable. L'une des caractéristiques uniques qu'offrent les réseaux cellulaires est la possibilité de collecter avec précision et efficacité les données dont vous avez besoin lorsque vos investissements en actifs sont dispersés. La technologie cellulaire ne nécessite pas d'infrastructure de réseau, ce qui permet de profiter des avantages de l'AMI sans les coûts associés à la conception, au déploiement et à l'entretien.

Un moyen d'arriver à ses fins

Les terminaux cellulaires interrogent le registre du compteur pour obtenir des données sur la consommation et les événements (tels que l'inversion du débit et les événements de détection continue des fuites) afin d'aider à mieux gérer les données sur la consommation d'eau. Les terminaux cellulaires minimisent les coûts et les frustrations associés à l'installation, à l'entretien et au dépannage des infrastructures AMI. Idéalement, ils doivent être compatibles avec les terminaux existants d'un service public, ce qui permet une certaine souplesse et facilite la surveillance de compteurs précis ou de grande valeur; cela réduit l'investissement initial pour les données AMI et permet de s'adapter à toute croissance.

Les terminaux cellulaires, associés à des applications logicielles conçues pour le secteur des compteurs d'eau, prennent en charge le relevé des compteurs AMI et automatiques mobiles de secours sans nécessiter de reprogrammation, quelle que soit la méthode de relevé. En outre, ils peuvent être utilisés pour les déploiements précis et les remplacements nécessaires pour soutenir une solution AMI complète.

« L'une des caractéristiques uniques qu'offrent les réseaux cellulaires est la possibilité de collecter avec précision et efficacité les données dont vous avez besoin lorsque vos investissements en actifs sont dispersés. »

Un logiciel qui facilite la gestion

Les applications logicielles fournissent des données exploitables en donnant les informations essentielles pour répondre aux demandes de facturation des clients et améliorer le temps de résolution. Le logiciel fait partie intégrante d'un réseau cellulaire efficace (figure 1). Il sert de tableau de bord pour surveiller toutes les opérations de votre service public et s'assurer qu'elles fonctionnent adéquatement. Les applications logicielles fournissent un accès à des informations critiques plus précises et une visibilité entre les départements pour aider à repérer rapidement les fuites potentielles, la consommation excessive et les flux inversés. Cela entraîne une amélioration du temps de réponse ainsi qu'une détermination et une résolution proactives et efficaces des problèmes, rendant les données plus significatives.

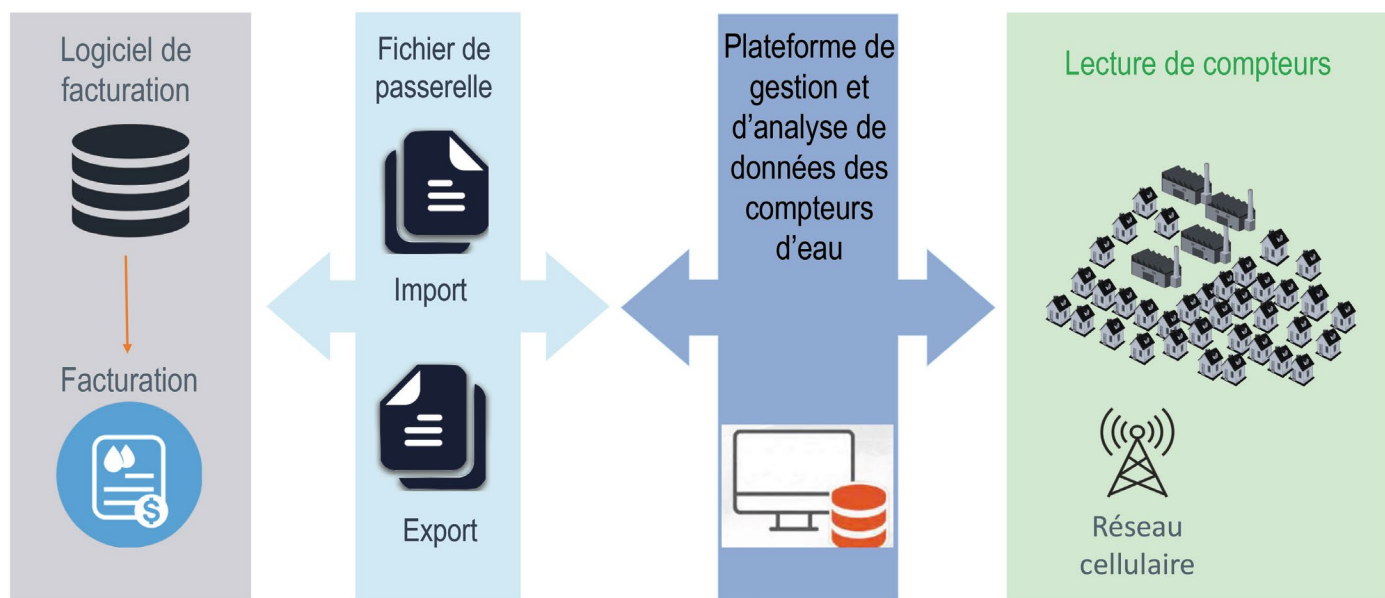
La bonne application logicielle permet également d'accéder à toutes les données de n'importe où depuis une source unique, sécurisée et évolutive. Il est important de trouver un logiciel qui communique avec différentes méthodes de lecture. Que le système soit AMI, automatique ou une combinaison des deux, les données peuvent être visualisées dans une interface utilisateur unique pour n'importe quelle méthode de lecture, ce qui offre une grande flexibilité. Les applications logicielles conviviales basées sur l'infonuagique évoluent, et elles permettent de gérer, de partager et de sécuriser facilement les données sans coûts d'infrastructure informatique supplémentaires.

Laissez-vous porter par le courant

Les progrès technologiques dans le secteur de l'eau permettent de faire plus avec moins et de travailler plus intelligemment pour répondre à des besoins plus poussés sans sacrifier les revenus. Le choix de la bonne technologie permettra non seulement d'améliorer l'efficacité opérationnelle et la satisfaction des clients, mais aussi d'offrir une solution rentable à l'épreuve du temps, avec un coût total de possession réduit à terme. ●

« Le choix de la bonne technologie permettra non seulement d'améliorer l'efficacité opérationnelle et la satisfaction des clients, mais aussi d'offrir une solution rentable à l'épreuve du temps, avec un coût total de possession réduit à terme. »

FIGURE 1
Schéma du processus de collection de données et de facturation



Recycler ses Serpuariens^{MD} : un petit geste qui compte gros !

RECycler
MES
ÉLECTRONIQUES

DEPUIS
10
ANS

Programme géré par l'ARPE-Québec



175 000 TONNES EN 10 ANS

Merci de participer au programme
québécois de recyclage des produits électroniques.

recyclerMESelectroniques.ca/qc



Collecte intelligente et tarification incitative Où en sommes-nous au Québec ?

Les hausses de coûts et les dernières recommandations du BAPE relancent l'intérêt pour la tarification incitative (TI). Si les bénéfices dépassent les inconvénients, l'offre insuffisante des technologies freine son implantation. Certaines mesures gouvernementales contribueraient à catalyser son déploiement et permettraient à l'industrie de la gestion des données de se positionner comme chef de file en Amérique du Nord.



PAR MARIE-CAROLINE BOURG, ing., M. Sc.
Cofondatrice et associée, EnviroRcube

Collecte intelligente : incontournable !

Pour Nathalie Drapeau, directrice générale de la Régie intermunicipale de traitement des matières résiduelles de la Gaspésie (RITMRG), la collecte intelligente (CI) est « incontournable, même s'il faut monter la marche pour sa mise

en œuvre. On ne peut plus y aller à l'aveugle si on souhaite améliorer notre performance ». Les villes de Beaconsfield et de Lorraine ainsi que la RITMRG sont parmi les rares municipalités ayant mis en place la CI pour une TI des déchets. Dans les trois cas, les bacs sont munis de puces RFID (*radio frequency identification*) et le camion enregistre les données à chaque collecte. Au lieu d'être un montant fixe, les coûts des services de gestion des matières résiduelles incluent un montant variable en fonction du nombre de fois que le bac est mis à la rue (levée). Les deux montants peuvent être modulés selon la taille du bac, comme c'est le cas à Beaconsfield. « La CI permet de connaître les pratiques de nos usagers, de cibler nos interventions d'information, de sensibilisation et d'éducation, et donc de mieux les encadrer », précise Mme Drapeau, qui a aussi instauré la CI pour les industries, les commerces et les institutions (ICI).

En Europe, la preuve est faite. L'ACR+, le regroupement européen des municipalités, rapportait en 2016 que « la TI a le potentiel de bien s'adapter aux conditions locales, d'encourager la réduction des déchets, d'augmenter considérablement le recyclage et le compostage, et d'être bien accueillie [par les usagers] » (ACR+, 2016). Selon Citeo, homologue français de Éco Entreprises Québec, « dans les territoires où la TI est en place, le tri progresse en moyenne de 30 % et les ordures baissent entre 20 % et 50 % » (Citeo, 2022).

Pour l'ADEME, « la tarification incitative repose sur la reconnaissance individuelle des comportements. Elle est un catalyseur pour le succès des autres mesures » (ADEME, 2018). Pour Mme Drapeau, « c'est aussi un outil pour convaincre les élus et les usagers pour l'atteinte de nos cibles, tant pour les secteurs résidentiels que pour celui des ICI ». « Les citoyens sont beaucoup plus disposés au système pollueur-payeur qu'on le croit », rappelle-t-elle.

À la Ville de Lorraine, l'opposition a été presque inexistante. Les aînés, aux prises avec des revenus fixes et des taxes en augmentation, l'ont particulièrement adoptée, « contrairement aux idées reçues », mentionne Louis Tremblay, directeur du Service de l'urbanisme et de l'environnement à la Ville de Lorraine. C'est l'occasion d'avoir un contrôle sur sa taxation.

Gestion des données de collecte

L'implantation de la TI requiert une mise en œuvre et des ressources qui devront être bien planifiées. L'un des enjeux les plus critiques est l'acquisition et la gestion des données de collecte.

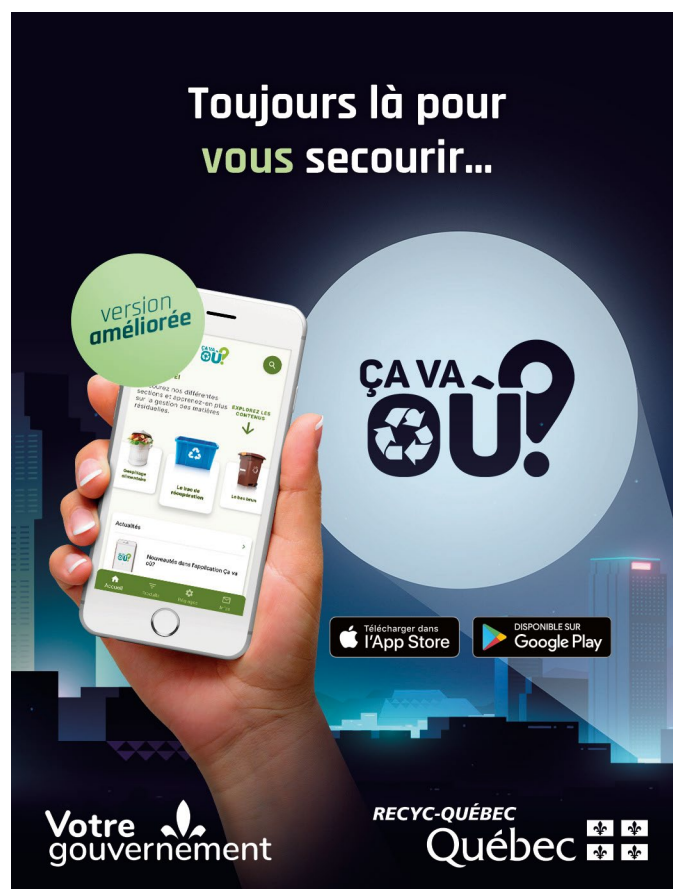
La CI génère beaucoup de données qui doivent passer du logiciel de l'entrepreneur à celui de facturation de la Ville. Entre-temps, elles doivent être manipulées et vérifiées. Les collectivités européennes utilisent des logiciels de traitement des données spécifiquement adaptés à la tarification incitative, dans lesquels les automatisations sont déjà développées et éprouvées. Ces systèmes permettent d'optimiser les corrections et les interventions sur le terrain. Ils facilitent aussi la gestion des requêtes et la visualisation des informations pour le service à la clientèle, ainsi que la préparation de la facturation. Au

Québec, les villes n'ont pas encore accès à de telles options clés en main, si bien que la surcharge de travail qui en découle peut conduire au découragement et à l'abandon de la TI. À la RITMRG, Mme Drapeau déplore devoir passer autant de temps à la manipulation de données – un processus qui pourrait être automatisé.

Les municipalités pionnières ont dû imposer aux entrepreneurs – dans leur cahier des charges – un système de camion spécifique (d'acquisition des données RFID), pour qu'il soit compatible avec leur logiciel. Si cette façon de faire était inévitable dans les débuts (pour cause de fournisseur unique), elle est contre-productive, puisqu'à chaque changement de contrat, l'achat dudit système doit être prévu. Il en résulte un risque d'augmentation des coûts de contrat de collecte, alors que la CI avec la TI a pour objectif la diminution des coûts de service par la réduction du nombre de levées.

L'entrepreneur est en première ligne de l'acquisition des données. C'est lui qui est responsable des équipements de CI, de leur installation sur ses camions, de leur maintenance et de leur utilisation. Il est donc essentiel qu'il puisse utiliser ses propres outils d'un contrat à l'autre, surtout que ceux-ci sont destinés, en premier lieu, à l'optimisation des opérations de collecte (prises de photo, suivi GPS, signalement des anomalies d'usagers, etc.).

« L'implantation de la TI requiert une mise en œuvre et des ressources qui devront être bien planifiées. L'un des enjeux les plus critiques est l'acquisition et la gestion des données de collecte. »



Plus la TI va se développer, plus les solutions vont être adaptées aux besoins. La municipalité va pouvoir faire l'acquisition de son propre logiciel de traitement des données et exiger seulement – dans son devis – le format dans lequel elle veut recevoir les données (sans imposer les équipements). C'est l'approche choisie à la Ville de Québec qui est en train d'implanter une CI pour ses ICI et le secteur résidentiel. La Ville a fait l'acquisition d'un logiciel belge qui laisse les entrepreneurs libres du choix de leur système de camion. Ils sont aussi responsables de la programmation de l'interface (API) pour le transfert des données.

Aux considérations technologiques s'ajoutent celles liées à l'application des processus opérationnels permettant l'acquisition de données conformes (par exemple, les chauffeurs doivent être formés adéquatement). Il est donc essentiel que la rémunération de l'entrepreneur soit liée, au moins partiellement, à l'acquisition conforme des données. À la Ville de Québec, pour chaque levée non documentée conformément aux exigences, une déduction est effectuée sur la facture de l'entrepreneur.

Multilogements et ICI

Si le secteur unifamilial est le plus facile à convertir à la TI, celui des multilogements peut être réalisé à l'aide de conteneurs enfouis ou de conteneurs semi-enfouis (CSE) sur lesquels sont installés des tambours à accès contrôlé. L'ouverture est activée à l'aide d'une carte ou d'une application téléphonique et chaque « dépôt » est comptabilisé. Les CSE sont accessibles en tout temps aux usagers. Ils permettent donc d'éviter l'entreposage sur un balcon ou directement sur le trottoir avec toutes les nuisances associées. C'est aussi une source d'embellissement considérable du paysage urbain, qui à elle seule peut justifier la transition vers la TI. Les mécanismes de contrôle d'accès sont très courants en Europe, mais encore en développement au Canada.

Pour les municipalités en transition vers la TI, la municipalisation du secteur des ICI avec tarification incitative est encore plus justifiable puisqu'elle permet de rentabiliser les coûts d'implantation. C'est d'ailleurs par le secteur des ICI que la RITMRG a commencé la TI; le résidentiel va suivre, mais les

deux secteurs seront gérés avec les mêmes règles, outils et objectifs.

Un rôle pour l'IA ?

L'intelligence artificielle (IA), qui est déjà utilisée pour la gestion des données, va permettre dans un futur proche d'évaluer le niveau de contamination des déchets par les matières valorisables et, par le fait même, d'identifier les contrevenants. Cette pratique est déjà réalisée par des opérateurs ou des patrouilleurs, mais de façon beaucoup plus laborieuse.

Dans un futur un peu plus lointain, l'IA pourrait aussi permettre d'éviter l'identification des contenants par puce RFID, en combinant les paramètres de géolocalisation à ceux d'identification visuelle et d'autres de la base de données. Actuellement, la TI requiert encore un identifiant unique de type RFID par bac – la mise à jour du parc est donc incontournable. Dans tous les cas, l'accès à ces technologies dépend de leur rentabilité au Québec, elle-même conditionnelle à la demande.

Comment assurer le virage au Québec ?

En Suisse, la TI est inscrite dans la loi. En Belgique, l'obligation du « coût-vérité » contraint les municipalités à déployer la CI pour faire payer la juste part des coûts à leurs résidents. Dans les deux cas, il en résulte un déploiement de la TI à presque 100 %. En Allemagne, ce sont les restrictions sur les installations de traitement qui ont entraîné son développement. En France, les coûts d'implantation ont été subventionnés jusqu'à 19 \$ par habitant. Selon l'ADEME, il existe un lien très direct entre les subventions et le nombre d'implantations, mais l'incitatif économique seul demeure insuffisant si les options de valorisation ne sont pas en place.

Au Québec, il n'existe aucun incitatif réglementaire ou économique à la TI; pourtant, les options de valorisation que sont les collectes porte-à-porte pour le recyclage et les matières organiques y sont largement déployées comparativement à la France. De plus, la gestion des données y est un axe de développement économique prioritaire. L'implantation d'incitatifs gouvernementaux permettrait



© Shutterstock



© Marie-Caroline Bourg, EnviroRcube

Remplacer la collecte à la rue par des conteneurs enfouis ou semi-enfouis avec contrôle d'accès permet la disposition des déchets et du compost en tout temps, sans entreposage sur le balcon ou accumulation sur la rue les jours de collecte. Un nettoyage des abords des CSE doit être prévu, mais ce système a l'avantage de concentrer les endroits à entretenir et de limiter ceux à risques de dépôt, comme le sont toutes les ruelles (à gauche : déchets sur la rue à Montréal; à droite : conteneurs à Etten-Leur aux Pays-Bas).

ainsi de catalyser le développement de cette industrie pour offrir des solutions adaptées et accessibles aux municipalités d'ici, tout en lui permettant de devenir chef de file du marché nord-américain.

Prochaines étapes pour la TI

Les bénéfices de la tarification incitative sont nombreux et clairement établis tant par la littérature que par nos expériences locales. Dans son dernier rapport, le BAPE (2022) a même recommandé de privilégier sa mise en œuvre. Cependant, l'implantation de la TI au Québec est encore lourde, car les solutions technologiques pour son implantation ne sont pas assez matures et compétitives. Un tel écosystème requiert de coûteux développements qui ne se réaliseront qu'avec un seuil critique de demandes que notre petit marché francophone de 8,5 millions d'habitants peine à offrir sur une base spontanée.

Le gouvernement peut jouer un rôle de catalyseur pour encourager les municipalités à faire le saut, en mettant en place une combinaison d'incitatifs réglementaires et économiques. En plus de permettre l'atteinte des objectifs environnementaux de réduction des déchets, cette mesure d'écofiscalité permettrait à toute une industrie des technologies de l'information de devenir chef de file en Amérique du Nord. ●

Figure de la page 10 : propriété d'EnviroRcube.

Références

ACR+ (2016). *Cross-analysis of 'Pay-As-You-Throw' schemes in selected EU municipalities*. En ligne : acrplus.org/images/technical-reports/ACR_2016_PAYT_Executive_Summary.pdf.

ADEME (2018). « Tarification incitative : ça fonctionne! ». *ADEME & vous : le mag*, n° 113.

BAPE (2022). *L'état des lieux et la gestion des résidus ultimes*. En ligne : bape.gouv.qc.ca/fr/dossiers/etat-lieux-et-gestion-residus-ultimes.

Citeo (2022). *Tarification incitative : on fait le point*. En ligne : www.citeo.com/le-mag/infographie-tarification-incitative-fait-le-point.

« En plus de permettre l'atteinte des objectifs environnementaux de réduction des déchets, cette mesure d'écofiscalité permettrait à toute une industrie des technologies de l'information de devenir chef de file en Amérique du Nord. »

Notre équipe-conseil pour vos projets en ÉCONOMIE CIRCULAIRE



M. Jean-Pierre
Lévesque



M. Karine
Boies



M. Marc-Alexandre
Poirier



M. Kurt
Doyle



M. Dominique
Delisle



M. Mathieu
Fournier



CAIN LAMARRE



Infrastructures naturelles

Pour adapter les villes aux changements climatiques

Au cours des dernières années, le terme « résilience des communautés » a été très utilisé, tant dans le contexte de la pandémie que dans le domaine climatique. La résilience, cette fameuse aptitude à surmonter les chocs, est une qualité très importante lorsqu'on parle d'adaptation aux changements climatiques et d'aménagement urbain viable dans les villes.



PAR SYLVAIN PERRON
Directeur général, Alliance canadienne
des organismes de conservation

Comment peut-on augmenter la résilience de nos villes et s'adapter davantage aux changements climatiques? La réponse pourrait se résumer ainsi : nature, aménagement durable et villes plus intelligentes.

On ne compte plus les multiples bénéfices de la présence de la nature en ville. Que ce soit des forêts urbaines ou encore des

milieux humides à proximité des villes, leurs différents rôles – régulation du climat, approvisionnement en eau, pollinisation des champs, régulation des crues et des inondations, contrôle de l'érosion, régulation de la température et de la qualité de l'air, etc. – sont essentiels et il serait grandement difficile de les reproduire de manière technique (Fondation David Suzuki, 2018). C'est pourquoi nous avons besoin de la nature en ville.

Mais comment une ville comme Montréal, par exemple, peut-elle avoir plus de nature, pensée dans une perspective de ville intelligente? Dans des secteurs très denses où peu de place au sol est disponible, il est clair qu'une autre stratégie doit être réfléchie. Comment une ville dite intelligente pourrait-elle bénéficier des données disponibles et utiliser les infrastructures naturelles comme outil d'adaptation? À ce propos, les villes québécoises peuvent accéder à des outils gratuits :

« Avoir davantage de toits verts peut être une stratégie intéressante surtout pour les insectes et les oiseaux. En effet, si l'objectif est d'augmenter la biodiversité en milieu urbain, les toits verts peuvent jouer un rôle important pour compenser la perte de milieux naturels au sol. »

- Carte des îlots de chaleur de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) (voir figure 1; PDQ, 2016) cette carte – couvrant plusieurs villes au Québec – permet de connaître la localisation des îlots de chaleur et de faciliter certaines interventions (telles que les prochaines plantations d'arbres) pour avoir le plus de bénéfices possible;
- Carte des milieux humides de l'organisme Canards Illimités Canada (CIC, 2021) : en inventoriant les milieux humides, les professionnels de l'aménagement ainsi que le public en général peuvent savoir où se trouvent tous les milieux humides du Québec.

Bref, les villes intelligentes peuvent aisément rendre accessible ce type d'information aux élus et aux professionnels pour guider les stratégies à utiliser afin d'avoir plus de nature en ville.

Verdissement des toits

Cette stratégie a déjà été pensée par d'autres, par exemple à Leicester, en Angleterre : celle-ci a décidé de verdir le toit de 479 abribus pour faire revenir les abeilles dans son centre-ville (Ecoeur, 2021). Résultat ? Les abeilles et les papillons font leur

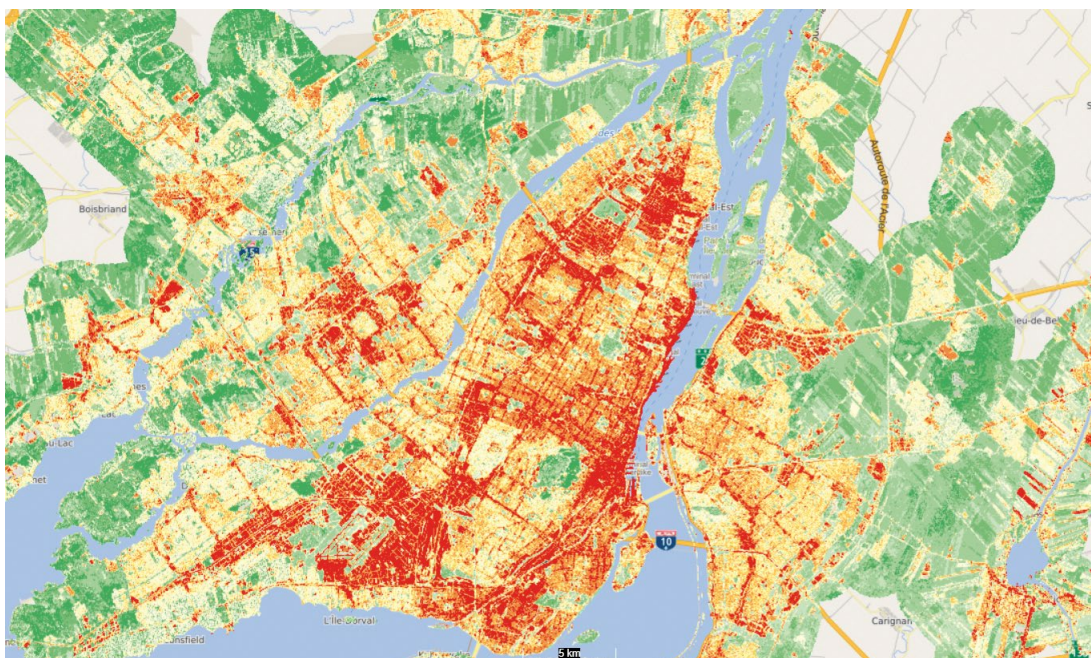
retour en ville ! Assez pour que la Ville de Leicester prévoie lancer sa propre gamme de miel (Klecinski, 2021).

Avoir davantage de toits verts peut être une stratégie intéressante surtout pour les insectes et les oiseaux. En effet, si l'objectif est d'augmenter la biodiversité en milieu urbain, les toits verts peuvent jouer un rôle important pour compenser la perte de milieux naturels au sol. Toutefois, leur impact réel est surtout prouvé dans les milieux hautement densifiés où les espaces verts au sol sont limités (Dunnett, 2006). L'idéal est que le toit ait la même végétation et le même sol que les autres espaces verts ou toits environnants.

Leur présence est donc très importante ! Par exemple, à Londres en Grande-Bretagne, avec les bonnes conditions de sol, il a été possible de retrouver divers invertébrés ayant un statut d'espèce menacée sur les toits verts en ville (Kadas, 2006). Ainsi, ces endroits fournissent un habitat efficace pour un grand nombre d'entre eux, à l'abri de plusieurs prédateurs.

En somme, la présence de toits verts ajoute un habitat important pour des espèces très localisées et ayant un rayon de distribution

FIGURE 1
Carte des îlots de chaleur de l'INSPQ – région métropolitaine de Montréal (PDQ, 2016)





Toit vert d'un abribus permettant, entre autres, de diversifier la biodiversité.

limitée. Grâce aux données du concept de la ville intelligente, une agglomération urbaine pourrait inventorier l'ensemble des toits verts sur son territoire et ainsi aider la population pratiquant l'agriculture urbaine pour déterminer, par exemple, si une pollinisation artificielle est nécessaire pour leur pommier.

Biodiversité sur un toit vert

La recherche nous démontre que les toits verts peuvent jouer un rôle important dans la création de nouveaux habitats dans les zones urbaines, mais aussi dans la conservation d'espèces rares ou menacées. Toutefois, cette affirmation n'est pas sans limite.

Par exemple, il a été noté que plus la végétalisation est mince, moins la faune aviaire investira les toits – contrairement aux surfaces offrant un habitat plus intensif en termes de végétalisation. De plus, l'installation d'un grand toit végétalisé pourrait attirer davantage d'oiseaux et une plus grande diversité biologique que des toitures végétalisées plus petites. En effet, certains oiseaux ont besoin d'un plus grand habitat que ce que la toiture peut fournir (Partridge et Clark, 2022).

C'est donc dire qu'un toit vert ne remplacera jamais un milieu naturel, mais il peut venir en aide à la résilience en milieu urbain. Les écosystèmes naturels sont très complexes et souvent impossibles à imiter. Ainsi, détruire un milieu naturel et espérer compenser la perte d'habitat par une toiture végétalisée n'est pas une solution.

Infrastructure naturelle : que reste-t-il dans les villes ?

Les saillies de trottoirs végétalisées peuvent également accueillir leur lot de biodiversité. En plus de faire partie des mesures d'apaisement de la circulation, elles sont également utilisées comme ouvrages de gestion des eaux pluviales. Le substrat utilisé permettrait également de rediriger l'eau de pluie dans le

sol plutôt que vers l'égout. Par la même occasion, on ajoute un couvert végétal pour la biodiversité. À certains endroits, chaque mètre carré de végétation compte. On peut également s'en servir comme moyen de s'adapter aux changements climatiques en réduisant les risques d'inondations lorsque cet outil est utilisé à grande échelle. Lorsque la végétation est jumelée aux données de pluviométrie d'une ville intelligente, il est possible d'établir une réelle stratégie de gestion des eaux pluviales et d'implanter des infrastructures naturelles aux bons endroits.

Milieux humides : indispensables en zone urbaine

Évidemment, lorsqu'on parle d'adaptation aux changements climatiques, il est difficile de passer à côté de l'importance des milieux humides, surtout en ce qui a trait à la biodiversité. Ces derniers donnent d'intéressants services aux villes, par exemple en prévenant les inondations (Moudrak et collab., 2017). En effet, durant la fonte des neiges, les milieux humides viennent donner un sérieux coup de main aux infrastructures municipales de gestion des eaux pluviales en captant et en faisant percoler dans le sol d'importantes quantités d'eau qui auraient ultimement dû être gérées par la municipalité (Fondation David Suzuki, 2015). Il y a donc un intérêt pour tous de les inventorier avec des outils de ville intelligente.

Selon les dernières études d'adaptation aux changements climatiques, le maintien de milieux humides à proximité des zones urbaines diminue de 38 % le coût des inondations (Moudrak et collab., 2017). Il est donc essentiel de garder davantage de milieux humides naturels dans les zones urbaines.

Milieux naturels : répertoire pour mieux les conserver

Afin de bien édifier un plan de développement d'infrastructures naturelles, il est primordial de cataloguer les milieux naturels sur les territoires urbains. La Ville de Québec, par exemple, a identifié et répertorié tous ses 87 milieux naturels d'intérêt (Ville de Québec, 2022).



Les milieux humides en zone urbaine sont importants pour la biodiversité et l'adaptation aux changements climatiques.

La Communauté métropolitaine de Montréal (CMM), quant à elle, a également passé à l'action pour identifier les milieux naturels d'intérêt, afin de les conserver et d'accroître la superficie du territoire protégé. En effet, avec son Répertoire métropolitain des initiatives municipales de conservation (CMM, 2022) – disponible en ligne –, la CMM a recensé tous les milieux naturels sur son territoire ainsi que l'ensemble des contributions municipales à la conservation des milieux naturels. À titre d'exemple, la protection contre l'abattage d'arbres est une initiative de conservation qui se retrouve dans le répertoire. En somme, la recension est la première étape à réaliser pour la protection des milieux naturels.

Libérez les données

Les bienfaits d'avoir de la nature en ville sont nombreux. Or, les initiatives pour augmenter la biodiversité doivent être multipliées, que ce soit des toits verts sur les abribus, les immeubles à logements, les écoles, etc.; il est plus que jamais important de faire preuve de créativité, par exemple, par la démocratisation des données. En rendant l'information accessible à la population, cela facilitera la protection de toutes les infrastructures sur le territoire. Face au réchauffement climatique, il est de plus important de miser particulièrement sur la protection des milieux humides pour se protéger contre les inondations. Enfin, afin de protéger les infrastructures naturelles de manière systémique en milieux urbains, il est important de retenir que la toute première étape consiste à faire la recension sur le territoire.

Ultimement, la nature en ville permet de s'adapter davantage aux changements climatiques. La diversité biologique a toujours joué un rôle important pour optimiser les services écosystémiques. Bien que des maladies ciblant des espèces spécifiques existent actuellement (l'agrile du frêne, la maladie hollandaise de l'orme, etc.), en diversifiant les espèces d'arbres et la végétation urbaine, les villes ont la possibilité de développer des infrastructures naturelles pour favoriser leur adaptation. ●

Références

CIC (2021). *Carte interactive des milieux humides – sud du Québec*. En ligne : ducksunlimited.maps.arcgis.com/apps/MapTools/index.html?appid=77c2d088f93d44a1b2ef3edaf030ec30&extent=-75.6491,44.6145,-68.3981,47.5066.

CMM (2022). *Répertoire métropolitain des initiatives municipales de conservation*. En ligne : cmm.qc.ca/projets/repertoire-metropolitain-des-initiatives-municipales-de-conservation.

Dunnett, N. (2006). *Green roofs for biodiversity: reconciling aesthetics with ecology*. En ligne : citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1038.879&rep=rep1&type=pdf.

Ecoeur, R. (2021). *En Angleterre, ces arrêts de bus deviennent des jardins pour les abeilles*. En ligne : detours.canal.fr/en-angleterre-ces-arrets-de-bus-deviennent-des-jardins-pour-les-abeilles.

Fondation David Suzuki (2015). *Les infrastructures vertes : un outil d'adaptation aux changements climatiques pour le Grand Montréal*. En ligne : fr.davidsuzuki.org/wp-content/uploads/sites/3/2015/11/Infrastructures-vertes-outil-adaptation-changements-climatiques-Montre%CC%81al.pdf.

Fondation David Suzuki (2018). *La fin du gazon – Comment complexifier les espaces verts du Grand Montréal pour s'adapter aux changements globaux*. En ligne : fr.davidsuzuki.org/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/DSF-La-fin-du-gazon_Final_2018-11-22.pdf.

Kadas, G. (2006). « Rare Invertebrates Colonizing Green Roofs in London ». *Urban habitats*, vol. 4, n° 1, p. 66-86. En ligne : urbanhabitats.org/v04n01/invertebrates__pdf.pdf.

Kleczinski, N. (2021). *La ville de Leicester végétalise les toits de ses abribus pour faire revenir les abeilles en centre-ville*. En ligne : neozone.org/ecologie-planete/la-ville-de-leicester-vegetalise-les-toits-de-ses-abribus-pour-faire-revenir-les-abeilles-en-centre-ville.

Moudrak, N., A.-M. Hutter et B. Feltmate (2017). *When the Big Storms Hit: The Role of Wetlands to Limit Urban and Rural Flood Damage*. Intact Centre on Climate Adaptation. En ligne : intactcentreclimateadaptation.ca/wp-content/uploads/2017/07/When-the-Big-Storms-Hit.pdf.

Partridge, D. R., et J. A. Clark (2022). « Small Urban Green Roof Plots Near Larger Green Spaces May Not Provide Additional Habitat for Birds ». *Frontiers in Ecology and Evolution*. En ligne : frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2022.779005/full.

PDQ (2016). *Carte interactive*. En ligne : donneesquebec.ca/recherche/dataset/ilots-de-chaleur-fraicheur-urbains-et-temperature-de-surface/resource/82a3e8be-45d2-407e-8803-fcc994830fcc.

Ville de Québec (2022). *Répertoire des milieux naturels d'intérêt*. En ligne : ville.quebec.qc.ca/citoyens/environnement/milieux-naturels/repertoire-milieux-naturels.aspx.

ÉTUDIER EN ENVIRONNEMENT à Longueuil



SÉANCES D'INFORMATION
Formation continue
Mercredi 15 juin, 12 h 15
Maîtrise en environnement
Mardi 14 juin, 12 h 15

- Temps partiel et temps complet
- Programmes de 2^e et 3^e cycles
- Cours et programmes à distance

USherbrooke.ca/environnement

UdS Université de Sherbrooke

Rencontre avec Bernard Bigras

Tourné vers le développement durable



PAR FRANCE GAUTRAIS
Coordonnatrice adjointe au secteur Eau,
Réseau Environnement

En novembre 2021, dans l'attente d'une stratégie gouvernementale sur les marchés publics, l'Association des architectes en pratique privée du Québec (AAPPQ) et l'Association des firmes de génie-conseil – Québec (AFG) ont rendu publiques leurs recommandations pour améliorer la réalisation des projets publics. À ce sujet, Réseau Environnement a eu la chance de s'entretenir avec Bernard Bigras, PDG de l'AFG.

Pourriez-vous nous parler de votre parcours ?

Je résume souvent mon parcours professionnel en trois temps et un mouvement; le mouvement étant celui du développement durable, par mon engagement envers des principes environnementaux.

Dans un premier temps, j'ai travaillé pendant 15 ans à titre de député fédéral à la Chambre des communes du Canada, où j'ai agi en tant que porte-parole et vice-président du Comité permanent de l'environnement et du développement durable de la Chambre des communes. Au cours de ces années, j'ai pu participer à plus d'une quinzaine de conférences des parties (COP) sur les changements climatiques, dont celle qui a mené à la ratification du Protocole de Kyoto en décembre 1997. Je vous dirais que cette mission a probablement teinté l'ensemble de ma carrière.

Dans un deuxième temps, j'ai œuvré pendant quatre ans dans le milieu municipal, en débutant à titre de chef du bureau de l'environnement et du développement durable à la Ville de Longueuil, avec comme principale mission d'élaborer et de mettre en œuvre le plan stratégique de développement durable de la Ville.

Dans un troisième temps, de 2016 à 2021, j'ai occupé les fonctions de directeur général de l'Association des architectes paysagistes du Québec. Au sein de cette organisation, j'ai eu l'occasion de travailler avec des professionnels qui partagent le souci du



développement durable dans leurs travaux, que ce soit pour la conception de parcs, d'espaces verts ou d'espaces publics.

Pour finir, j'ai accepté en juin 2021 le mandat de président-directeur général de l'AFG et j'ai pris, par le fait même, un engagement : celui de nous assurer que les principes de développement durable sont intégrés à la conception de nos infrastructures dans les prochaines années! En effet, le secteur du génie-conseil est incontournable quand on se donne cette mission plus personnelle et professionnelle.

Quels sont les grands défis auxquels vous devez faire face actuellement ?

Un premier défi qui reste à relever est la valorisation de l'étape de conception de nos ouvrages. En effet, malgré la mise en place de nouveaux principes et mécanismes de gestion environnementale dans les dernières années, la conception est un élément de

« [...] il est important de préciser que cette feuille de route propose de privilégier l'innovation, l'achat local et l'intégration des principes de développement durable dans les politiques gouvernementales. »

fonctionnalité non négligeable pour pouvoir réaliser des projets plus résilients.

Un autre défi que les firmes de génie-conseil sont vivement appelées à relever concerne la multidisciplinarité. Pourquoi en a-t-on besoin? Parce qu'elle va influencer directement la pérennité de nos infrastructures. En effet, on ne peut concevoir des infrastructures sans prendre en compte la totalité des éléments de l'écosystème qui nous entoure. De fait, les firmes de génie-conseil sont appelées à intégrer une diversité de disciplines et de professionnels au sein de leurs équipes, afin de pouvoir proposer à leurs clients des solutions techniques complètes qui vont être adaptées à l'ensemble des conditions climatiques futures. L'ingénieur n'est plus le seul à détenir la clé; dorénavant, la solution doit être multidisciplinaire, complémentaire et plus équilibrée.

Pourriez-vous nous en dire un peu plus sur les recommandations que vous avez présentées l'automne dernier dans la Feuille de route pour améliorer la réalisation des projets d'infrastructure publique (AAPPQ et AFG, 2021) ?

Tout d'abord, il est important de préciser que cette feuille de route propose de privilégier l'innovation, l'achat local et l'intégration des principes de développement durable dans les politiques gouvernementales.

Actuellement, les mandats publics dans le domaine municipal sont essentiellement octroyés en fonction du prix. Toutefois, en procédant ainsi, on empêche l'innovation de se développer, car aucune firme ne va être en mesure de proposer des solutions innovantes à valeur ajoutée lorsqu'on favorise essentiellement le plus bas soumissionnaire. Il est alors primordial de poursuivre nos efforts afin de promouvoir la qualité et la compétence comme critères prédominants dans les paramètres d'octroi de contrat.

Depuis quelques années, les municipalités disposent de tous les outils réglementaires nécessaires pour pouvoir modifier leurs règlements de gestion contractuelle, et ainsi placer la qualité et l'innovation en tête de ce processus. Par conséquent, il est essentiel qu'elles aient recours à ces outils, car plus on laissera place à l'innovation, plus on s'éloignera du prix comme facteur déterminant dans la prise de décision chez le donneur d'ouvrage, et plus on réalisera des ouvrages résilients face aux changements climatiques.

En outre, quand je suis entré en fonction l'été dernier, il m'est tout de suite apparu important de placer les recommandations concernant l'achat local et le développement durable en tête de liste de notre feuille de route. En effet, bien que privilégier l'achat local peut coûter plus cher, si on continue à chercher le prix le plus bas, on ne sera pas en mesure d'atteindre nos objectifs en matière de développement durable au Québec.

Est-ce que la publication de la Stratégie gouvernementale des marchés publics, dévoilée le 3 février dernier, a répondu à vos attentes ?

Nous sommes satisfaits, car elle constitue certainement un pas dans la bonne direction! Un des éléments intéressants dans cette nouvelle stratégie, c'est que l'on constate pour la première fois un lien entre l'approvisionnement public et la Loi sur le développement durable. En effet, de nouvelles obligations en matière d'approvisionnement des marchés publics et d'octroi des contrats ont été mises en place, et cela en ayant eu le souci de proposer des solutions novatrices et ambitieuses en matière de développement durable.

Pouvez-vous nous en dire un peu plus sur les trois chantiers de réflexion de l'AFG pour l'année 2022 ?

Notre premier chantier de réflexion se concentre sur la main-d'œuvre. Selon une étude de l'Ordre des ingénieurs du Québec, d'ici 2030, nous allons être à la recherche de plus de 50 000 professionnels en génie. C'est pourquoi nous allons continuer à encourager les jeunes à faire le choix du génie, entre autres en ciblant nos interventions dans les écoles secondaires.

Notre deuxième chantier concerne l'innovation. Au sein de celui-ci, nous allons principalement nous concentrer sur les projets BIM (*Building Information Modeling*) de modélisation d'infrastructures. Au cours des prochaines années, il va devenir essentiel que tous les intervenants se mettent à jour et intègrent le processus BIM.

Finalement, notre dernier chantier cherche à revoir le cadre législatif, réglementaire et contractuel qui régit la pratique des firmes de génie-conseil, afin qu'il soit mieux adapté à notre réalité.

Ces trois chantiers de réflexion ne doivent jamais perdre de vue l'objectif principal, qui est celui du développement durable. ●

Référence

AAPPQ et AFG (2021). *Feuille de route pour améliorer la réalisation des projets d'infrastructure publique*. En ligne : aappq.qc.ca/content/filemanager/Autre/AAPPQ_AFG_Feuille_de_route_2021.pdf.

« Ces trois chantiers de réflexion [main-d'œuvre; innovation; cadre législatif, réglementaire et contractuel] ne doivent jamais perdre de vue l'objectif principal, qui est celui du développement durable. »

Ancien site d'enfouissement Sambault

Un défi pour la gestion des eaux souterraines



PAR **FABIEN COMBY**, ing.
Directeur des opérations, Solutions appliquées
Terre et Environnement, WSP Golder



ET PAR **VALÉRIE LÉVEILLÉ**, ing.
Consultante sénior en traitement des eaux,
WSP Golder

Dans un lieu de déchargement illégal de divers déchets, le cocktail chimique créé peut engendrer de graves risques pour les propriétés et les communautés adjacentes. C'est le cas de l'ancien site d'enfouissement Sambault, où environ 365 000 m³ de déchets y ont été enfouis entre 1965 et 1986. Un plan de gestion environnemental était donc nécessaire pour protéger, entre autres, les eaux souterraines !

Par où commencer ?

Depuis 2010, Services publics et Approvisionnement Canada (SPAC) gère ce site – situé à 30 km au sud de Montréal – qui contient des matières résiduelles dangereuses et autres déchets à l'origine d'une contamination des sols, des eaux souterraines et des eaux de surface, en particulier par des solvants chlorés, des hydrocarbures pétroliers et des métaux lourds. Dans le cadre du plan de gestion environnemental, la principale priorité était de veiller à la protection de la ressource en eau souterraine qui servait aux activités agricoles avoisinantes. La situation soulevait également des inquiétudes quant aux effets de la potentielle migration du panache d'eaux souterraines contaminées vers les sources d'eau qui approvisionnent la communauté de Saint-Isidore-de-Laprairie, située à moins de 2 km du site.

Élaborée par SPAC et TechnoRem et appliquée par l'équipe de WSP Golder, l'approche de gestion environnementale était axée sur la prévention de la migration des solvants chlorés dans l'aquifère du substratum rocheux et à l'extérieur des limites du site. Les principaux produits chimiques visés par ces efforts étaient le perchloroéthylène (PCE) et le trichloroéthylène (TCE).



Les mesures mises en œuvre pour empêcher leur migration comprennent :

- Le profilage et le recouvrement des cellules des déchets par un ensemble composite imperméable afin d'éliminer les résurgences de lixiviat dans le réseau d'eau de surface ;
- L'installation d'un système de pompage hydraulique à pompes pneumatiques pour confiner le panache d'eaux souterraines contaminées à l'intérieur des limites du site et hors de l'aquifère du substratum rocheux ;
- La construction d'une usine de traitement de l'eau pompée avant son rejet dans le ruisseau traversant le site.

Mettre à profit l'innovation au bénéfice de Sambault

Il peut être complexe de traiter un large éventail de contaminants présents dans l'eau, tels que le PCE, le TCE ainsi que d'autres composés chimiques dont les concentrations dépassent les critères de rejet applicables (fluorures, métaux lourds, matières en suspension, phosphore, azote ammoniacal, soufre, etc.), à moins de mettre en œuvre la technologie appropriée. Dans le cadre de ce projet, le choix s'est arrêté sur un système innovant d'électrocoagulation, suivi par un train de polissage par filtration puis adsorption sur médias, tels que le charbon activé et l'alumine activée.

Cette technologie innovante a été choisie, car il s'agit d'un système compact et automatisé qui n'est pas affecté par la toxicité de l'eau ni par les importants et rapides changements de concentrations

« [...] l'électrocoagulation n'exige pas l'ajout de produits chimiques, ce qui simplifie la logistique et réduit les risques en matière de sécurité, en plus de diminuer les coûts associés au transport et à la manipulation de ces produits. »

des contaminants, et qui peut traiter simultanément une vaste gamme de contaminants, notamment l'azote ammoniacal. De plus, l'électrocoagulation n'exige pas l'ajout de produits chimiques, ce qui simplifie la logistique et réduit les risques en matière de sécurité, en plus de diminuer les coûts associés au transport et à la manipulation de ces produits.

Le système permet d'éliminer avec efficacité de nombreux contaminants : matières en suspension totales, métaux, phosphore, hydrocarbures aromatiques polycycliques, 50 % à 60 % des fluorures, calcaire, phénols, hydrocarbures C_{10} - C_{50} , et environ 50 % des composés organiques volatils. Il permet également le traitement de l'azote ammoniacal par le processus de formation de struvite. Enfin, il est composé de six lignes de trois réacteurs, et a pu être adapté en fonction de la variabilité saisonnière des concentrations de certains contaminants et des débits. Voici comment fonctionne le système :

- Un courant électrique est induit entre une anode et une cathode. Des ions métalliques quittent alors l'anode et se combinent avec des ions hydroxyles pour former des hydroxydes métalliques ;
- Ces hydroxydes métalliques absorbent et adsorbent ensuite les contaminants ;
- Les contaminants à charge négative (anions) se lient aux ions métalliques à charge positive (cations), ce qui entraîne la neutralisation des charges ;
- Les contaminants chargés dissous dans l'eau sont ainsi attirés par la cathode ;
- Maintenant sous forme de flocons, les contaminants produisent une boue qui est séparée de l'eau au moyen de processus traditionnels de séparation de solide-liquide et de déshydratation. Dans ce cas-ci, un décanteur lamellaire est utilisé, suivi d'un système de déshydratation des boues par sac Drimad.

Le système d'électrocoagulation est rentable et très efficace pour éliminer tous les contaminants énumérés précédemment des eaux pompées. Une partie des contaminants se retrouve dans la boue ; depuis la mise en marche du système, il y a trois ans, les boues ont toujours réussi les essais TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*). Les sacs de boues déshydratées sont placés dans un conteneur en vue de leur élimination ultérieure comme matières résiduelles non dangereuses. Enfin, le système crée un effluent de grande qualité. En outre, puisqu'il utilise un courant électrique de faible intensité, les électrodes ne nécessitent d'être changées qu'environ une fois par an.

Les applications de la technologie d'électrocoagulation sont nombreuses. Le système peut servir à traiter le lixiviat des sites d'enfouissement, l'eau de mine et les eaux usées industrielles (par exemple, les eaux provenant d'installations d'entretien de locomotives et de wagons). En fait, l'électrocoagulation s'applique à toutes les formes de traitement des eaux et fonctionne pour une vaste gamme de contaminants à des concentrations élevées à traiter. Elle permet également de réduire la quantité de consommables utilisée (notamment les produits chimiques et les médias adsorbants) et la production de déchets qui y est associée.

Certaines leçons ont été tirées lors des phases d'installation, d'exécution et d'exploitation du projet. Par exemple, un nettoyage en place au moyen d'acide citrique est bénéfique pour conserver l'efficacité de traitement des électrodes. Ensuite, l'électrocoagulation après optimisation peut servir à extraire les fluorures de l'eau, réduisant ainsi le coût relié à l'usage de médias adsorbants plus tard dans le processus. Ces deux précieuses découvertes ont permis de maximiser la qualité de l'eau traitée et de réduire les coûts d'exploitation.

Un projet de gestion durable réussi

Depuis l'installation de l'unité de traitement des eaux pompées et du système de confinement hydraulique à l'automne 2019, les deux systèmes fonctionnent 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, et satisfont aux critères de performance établis. Saluant sa réussite jusqu'à ce jour, le prix Léonard (catégorie Environnement) a récemment été décerné au projet dans le cadre des Grands Prix du génie-conseil québécois de 2021.

Grâce au plan de gestion environnementale mis en œuvre au site d'enfouissement Sambault, les risques potentiels pouvant affecter les propriétés avoisinantes ont été minimisés. Les environs du site sont maintenant protégés d'une migration de substances toxiques qui risquerait d'avoir des conséquences négatives sur la qualité des sols et de l'eau, assurant ainsi la continuité de l'activité agricole locale. ●

Photo de la page 20 : Site d'enfouissement Sambault quelques mois après l'achèvement du projet, indiquant la reprise d'un nouvel écosystème. Crédit : WSP Golder.



Construction du système de pompage et de couverture de la cellule de déchets.

Décarbonation des transports

Électrifier et optimiser les parcs de véhicules!



PAR ALEXANDRE BONALDI
Conseiller directeur sénior,
Énergie et Environnement, Sia Partners

Le Québec fait de l'électrification des transports un fort levier de décarbonisation de la province. Les gestionnaires de parcs de véhicules publics et privés ont alors un important rôle à jouer dans cette transition, et l'électrification doit s'inscrire dans une politique plus large d'optimisation des parcs dans l'optique d'éviter l'écueil « 1 véhicule thermique = 1 véhicule électrique ».

Portrait du secteur des transports au Québec

Le Québec compte sur ses routes 5,2 millions de véhicules de promenade (hors parcs institutionnels et professionnels), dont 2,6 % sont des véhicules entièrement électriques ou hybrides rechargeables (SAAQ, 2021 ; AVEQ, 2022).

Le parc de véhicules institutionnels et professionnels représente environ 750 000 véhicules (voir les détails dans la figure 1). Les automobiles et les camions légers représentent 64 % du



parc public-privé au Québec. Ces derniers sont électrifiés à environ 1,5 % et l'expansion actuelle du marché rend ces types de véhicules de plus en plus candidats à l'électrification. Pour les véhicules lourds et spécialisés, les offres du marché sont limitées, et de nombreux projets restent encore à l'état de démonstrateur.

FIGURE 1
Typologie du parc de véhicules institutionnels et professionnels



« L'électrification des transports fait donc partie d'une « boîte à outils » de solutions ayant pour objectifs d'optimiser et de moderniser un parc de véhicules donné afin, ultimement, de réduire les émissions de GES tout en améliorant le service rendu aux utilisateurs finaux. »

Freins structurels liés à l'électrification des transports

L'électrification d'un parc – en tout ou en partie – a un impact direct sur les émissions de gaz à effet de serre (GES), mais cela vient avec un lot d'enjeux à maîtriser. Par exemple :

- Coûts d'investissement plus élevés des véhicules électriques : il s'agit du premier frein à l'adoption de la technologie, tant pour les particuliers que pour les gestionnaires de parcs. Les programmes de financement public se multiplient pour combler ces écarts de coût à l'acquisition. Cependant, l'équilibre économique se dessine. Les études démontrent qu'à l'échelle internationale, un véhicule électrique sera plus compétitif à l'achat que son équivalent thermique autour de 2027 (Transport & Environment, 2021), et il l'est déjà – sur la durée totale de possession – pour certaines catégories de véhicules notamment au Québec (Clean Energy Canada, 2022);
- Questionnements notamment à propos de l'autonomie : l'éducation et la sensibilisation sont des points essentiels, car la mobilité électrique nécessite d'adapter et de faire évoluer les comportements (ex. : temps de recharge). Il est aussi nécessaire d'évaluer les particularités d'un véhicule électrique par rapport au besoin réel d'utilisation (ex. : fonctionnement en froid extrême, utilisation 24 h/24 et 7 j/7, etc.);
- Impacts sur de nombreux processus internes (maintenance, achat, etc.);
- Incertitude des capacités et des délais d'approvisionnement dans un contexte de reprise économique postpandémie;
- Nécessaire déploiement d'un réseau d'infrastructures de recharge.

Cela n'empêche pas les initiatives internationales de se multiplier. Par exemple : en Norvège, Oslo – ayant un parc de plus de 1 200 voitures et camionnettes – possédait en 2019 plus de 72 % de véhicules zéro émission et se rapproche de plus en plus de l'objectif de 100 %; à Los Angeles, en Californie, l'objectif consiste à acheter seulement des camions 100 % électriques pour la collecte des déchets d'ici la fin de l'année 2022.

Approche systémique pour réduire les GES d'un parc

Dans les parcs de véhicules, on observe souvent les situations suivantes : sous-utilisation de certains véhicules; véhicules ne répondant pas ou mal aux besoins; véhicules surdimensionnés (puissance ou taille) par rapport à l'usage cible; manque de formation des employés (ex. : écoconduite); procédures de maintenance non adaptées; manque de données en lien avec l'utilisation des véhicules; capacité limitée de mutualisation des véhicules entre divisions et services. Ainsi, pour limiter les coûts et les impacts notamment opérationnels, les gestionnaires de parcs peuvent compter sur la mise en place de stratégies d'optimisation. En effet, de nombreux éléments complémentaires à l'électrification doivent être considérés en amont pour

assurer l'atteinte d'une situation optimale sur le plan technico-économique pour moderniser le parc (voir l'encadré).

L'électrification des transports fait donc partie d'une « boîte à outils » de solutions ayant pour objectifs d'optimiser et de moderniser un parc de véhicules donné afin, ultimement, de réduire les émissions de GES tout en améliorant le service rendu aux utilisateurs finaux. ●

Références

AVEQ (Association des véhicules électriques du Québec) (2022). *Statistiques SAAQ-AVEQ sur l'électromobilité au Québec en date du 31 décembre 2021*. En ligne : aveq.ca/actualiteacutes/statistiques-saaq-aveq-sur-lelectromobilite-au-quebec-en-date-du-31-decembre-2021-infographie.

Clean Energy Canada (2022). *The true cost: New analysis from Clean Energy Canada finds that electric vehicles are in fact cheaper, often much cheaper, than their gas counterparts*. En ligne : cleanenergycanada.org/report/the-true-cost.

SAAQ (Société de l'assurance automobile du Québec) (2021). *Nombre de véhicules en circulation selon le type d'utilisation, le type de véhicule et l'âge du véhicule, Québec et régions administratives*. En ligne : bdso.gouv.qc.ca/pls/ken/ken213_afich_tabl.page_tabl?p_iden_tran=REPERJA6WV6166536384148d06kR&p_lang=1&p_m_o=SAAQ&p_id_ss_domn=718&p_id_raprt=3372#tri_age=1&tri_tertr=0.

Transport & Environment (2021). *EVs will be cheaper than petrol cars in all segments by 2027, BNEF analysis finds*. En ligne : transportenvironment.org/discover/evs-will-be-cheaper-than-petrol-cars-in-all-segments-by-2027-bnef-analysis-finds.

STRATÉGIES D'OPTIMISATION COMPLÉMENTAIRES

- Réduire le voiturage en solo en favorisant le transport actif, le transport collectif ou l'autopartage. Cela passe par le déploiement d'outils efficaces de partage des véhicules entre les employés;
- Optimiser le parc en standardisant (modèles identiques de véhicules), en mutualisant et en réduisant la taille des véhicules;
- Optimiser les déplacements des employés;
- Réduire la marche au ralenti grâce à la sensibilisation des employés, à un système de coupe-moteur ou à un chauffage d'appoint indépendant du moteur;
- Offrir des formations d'écoconduite;
- Assurer l'excellence opérationnelle interne (ex. : certifier un suivi annuel rigoureux des GES par la télémétrie véhiculaire; comprendre et documenter davantage les besoins opérationnels véhiculaires afin de réduire les nouvelles acquisitions);
- Étudier la pertinence d'utiliser d'autres systèmes de propulsion (gaz naturel, hydrogène, etc.) sur certains segments de véhicules ou certaines applications pour atteindre les cibles de réduction de GES.

Contrôle des PAEE dans les lacs de l'Estrie

Une méthode efficace pour le myriophylle à épis



PAR **ELISABETH LEVAC**, Ph. D.
Professeure, Environnement et géographie,
Université Bishop's
elevac@ubishops.ca



PAR **BRUNO COURTEMANCHE**, M. Sc.
Chargé de cours, Environnement
et géographie, Université Bishop's

ET PAR **JEAN-FRANÇOIS MARTEL**,
M. Sc. Eau, MBA
Directeur général du RAPPEL, Biologiste

Le myriophylle à épis est une plante aquatique exotique envahissante (PAEE) se propageant rapidement dans les lacs du Québec. Ses impacts sur les écosystèmes lacustres et sur les activités récréatives justifient des mesures de prévention rigoureuses, dont l'obligation de laver les embarcations. Bien que la lutte puisse être coûteuse, elle peut être efficace en combinant les techniques de bâchage et de l'arrachage manuel.

Origine et historique du myriophylle à épis

Le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) est une plante aquatique exotique envahissante originaire d'Europe et d'Asie. On sait avec certitude qu'elle est présente en Amérique du Nord depuis les années 1940. Son mode de reproduction et de dispersion le plus efficace étant la fragmentation, la plante s'est rapidement propagée à travers les États-Unis. Au Québec, son introduction date de la fin des années 1950. Son expansion à travers la province coïncide avec l'essor de la villégiature et des embarcations de plaisance qui favorisent le transport de fragments (Jacob-Racine et Lavoie, 2018).

Impacts

Une fois implanté, le myriophylle à épis forme des herbiers denses qui bloquent la lumière du soleil, ce qui peut provoquer la mort des plantes indigènes submergées (Eiswerth et collab., 2000), altérant le profil de température de l'eau, plus particulièrement



à la surface ou en eau peu profonde (Unmuth et collab., 2000). Sa présence en abondance peut nuire à certaines espèces de poissons (Auger, 2006) ainsi que modifier le cycle des nutriments et la biomasse dans les lacs, bien que ces effets dépendent grandement des spécificités locales (Eiswerth et collab., 2000).

D'autres impacts du myriophylle à épis s'articulent autour des activités humaines. Outre la perte de valeur esthétique des plans d'eau et la dépréciation immobilière des environs, des herbiers denses peuvent gêner les activités récréatives, telles que la natation, la pêche et la navigation de plaisance (Auger, 2006; Eiswerth et collab., 2000).

Contrôle du myriophylle

Étant donné les impacts écologiques et économiques du myriophylle à épis, plusieurs municipalités et associations de protection de lac cherchent à lutter contre cette plante. La meilleure méthode de lutte demeure assurément la prévention, soit d'éviter son introduction dans un plan d'eau. À cet égard, le lavage des embarcations nautiques (incluant leurs remorques) est une solution efficace.

Au cours des dernières années, plusieurs méthodes ont été testées, notamment aux États-Unis, pour contrôler cette espèce après son introduction dans un plan d'eau. Les méthodes les plus étudiées sont les suivantes : l'utilisation d'herbicides (Parsons

et collab., 2001), l'introduction de charançons (Lavoie, 2010), le faucardage (Eiswerth et collab., 2000), l'arrachage manuel (Kelting et Laxson, 2010), et le bâchage (Caffrey et collab., 2010). Dans les conditions climatiques québécoises – et en respect de la réglementation en vigueur –, seule la combinaison des techniques de bâchage et de l'arrachage manuel permet de lutter efficacement contre le myriophylle à épis. L'éradication complète demeure souvent utopique, mais un contrôle efficace visant la réduction de la biomasse est possible.

Ainsi, on peut freiner la croissance des colonies de myriophylle en les recouvrant par des toiles de jute ou synthétiques et permettre une recolonisation par des plantes indigènes sur ces toiles (Caffrey et collab., 2010) qui se biodégradent en quelques années. Dans le lac Upper Saranac (État de New York), plusieurs années d'arrachage manuel intensif par des plongeurs ont réduit considérablement la densité du myriophylle à épis (Kelting et Laxson, 2010). Gagné (2021), pour sa part, a récemment fait la démonstration de l'efficacité des toiles synthétiques combinées à l'arrachage pour le contrôle des colonies de myriophylle à épis.

Nouvel outil pour faciliter la tâche des plongeurs

Comme il a été constaté dans plusieurs lacs de l'Estrie (Chouinard et collab., 2021), à la suite de l'intervention de bâchage, des suivis réguliers sont requis pour arracher manuellement les plantes en raison du potentiel de recolonisation à partir des herbiers voisins. Un nouvel instrument a été développé par RS Conception inc. et le Regroupement des associations pour la protection de l'environnement des lacs et des bassins versants (RAPPEL) afin de faciliter la tâche aux plongeurs scientifiques. L'« Aspirophylle » est un système d'aspiration par venturi qui capture les plants et les réseaux racinaires arrachés manuellement par les plongeurs



© Bruno Courtemanche

Plateforme incluant le système de pompe de l'Aspirophylle, le tuyau d'alimentation et le système d'aspiration par venturi connecté à un sac collecteur (du haut vers le bas de l'image).

et les emmagasine dans un sac à mailles synthétique. Ce système limite la dispersion potentielle de fragments colonisateurs et accélère significativement les opérations en milieux de moyenne à forte densité de myriophylle à épis. Ce système a été testé dans plusieurs lacs estriens. Depuis 2019, des quadrats de suivi ont été installés afin de combler le manque de données scientifiques concernant l'efficacité des méthodes de contrôle et de mieux comprendre les dynamiques des populations de myriophylle à épis.

En combinant l'utilisation de toiles de jute ou synthétiques avec des suivis réguliers par arrachage manuel, il est possible de lutter efficacement contre le myriophylle à épis. Une intervention stratégique est toutefois requise afin de limiter la recolonisation des sites traités. De plus, l'installation des toiles et l'arrachage manuel requièrent un savoir-faire technique pour assurer le succès du projet. Une telle intervention ne doit pas être improvisée; elle doit donc faire l'objet d'une planification! ●

Photo de la page 24 : Combiné à la technique de bâchage, l'arrachage manuel permet de lutter efficacement contre le myriophylle à épis. Crédit : Jennifer Cabana.

Références

- Auger, I. (2006). *Évaluation du risque de l'introduction du myriophylle à épis sur l'offre de pêche et la biodiversité des eaux à touladi – Revue de la littérature*. MRNF, 88 p.
- Caffrey, J.M., et collab. (2010). « A novel approach to aquatic weed control and habitat restoration using biodegradable jute matting ». *Aquatic Invasions*, vol. 5, n° 2, p. 123-129.
- Chouinard, I., B. Courtemanche et E. Levac (2021). *Suivi de l'efficacité des opérations d'arrachage du myriophylle à l'aide de l'Aspirophylle, saison 2020*. Rapport présenté au RAPPEL et aux associations de lac participantes.
- Eiswerth, M.E., S.G. Donaldson et W.S. Johnson (2000). « Potential Environmental Impacts and Economic Damages of Eurasian Watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in Western Nevada and Northeastern California ». *Weed Technology*, vol. 14, n° 3, p. 511-518.
- Gagné, V. (2021). *Planification d'une stratégie de lutte contre le myriophylle à épis (Myriophyllum spicatum)*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, 88 p.
- Jacob-Racine, R., et C. Lavoie (2018). « Reconstitution historique de l'invasion du Québec par le myriophylle à épis (*Myriophyllum spicatum*) ». *Le Naturaliste canadien*, vol. 142, n° 3, p. 40-46.
- Kelting, D.L., et C.L. Laxson (2010). « Cost and effectiveness of hand harvesting to control Eurasian watermilfoil population in Upper Saranac Lake, New York ». *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 48, p. 1-5.
- Lavoie, M. (2010). *L'utilisation du charançon pour le contrôle biologique du myriophylle à épis*. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, 75 p.
- Parsons, J.K., et collab. (2001). « The use of 2,4-D for selective control of an early infestation of Eurasian watermilfoil in Loon Lake, Washington ». *Journal of Aquatic Plant Management*, vol. 39, p. 117-125.
- Unmuth, J.M.L., et collab. (2000). « Influence of dense growth of Eurasian watermilfoil on lake water temperature and dissolved oxygen ». *Journal of Freshwater Ecology*, vol. 15, n° 4, p. 497-503.

Traitement in situ

Pour réduire les gaz à effet de serre



PAR **ANTOINE BIANCHI**, géo., M. Sc.
Président fondateur, ABi Enviro-Solutions
ab@abienvirosolutions.com

Les changements climatiques sont sans conteste une réalité. La limitation des émissions de gaz à effet de serre (GES) permettant de freiner le phénomène sera certainement le plus grand défi du 21^e siècle. Tour d'horizon d'un projet de traitement in situ de sols contaminés, l'une des solutions permettant de limiter les émissions de GES!

Urgence climatique

Selon l'Organisation des Nations Unies (ONU), « les changements climatiques sont la question déterminante de notre époque et nous sommes à un moment décisif » (ONU, 2022). Selon les estimations du rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2021), il est très probable que le réchauffement planétaire excède 1,5 °C au cours des prochaines décennies et, s'il n'y a pas de réductions immédiates, rapides et massives des émissions de GES, la limitation du réchauffement aux alentours de 1,5 °C, ou même à 2 °C, sera hors de portée. Le GIEC ajoute que plusieurs des changements relevés sont sans précédent.

Les changements climatiques sont donc un enjeu planétaire et urgent. La transition des énergies fossiles vers les énergies dites « vertes » nécessitera des investissements majeurs de la part des gouvernements et une adaptation rapide de l'ensemble de l'industrie à travers le monde.

GES et conformité environnementale de sites

Le Québec s'est doté de normes et de règlements sur la qualité environnementale des sols et de l'eau souterraine auxquels les propriétaires de terrains doivent se conformer. Or, la réhabilitation de sites dont les sols sont contaminés – traditionnellement effectuée par excavation et disposition hors site des sols vers des centres approuvés par le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) – implique l'utilisation de machinerie lourde et de camions alimentés aux combustibles fossiles contribuant aux émissions de GES, tout comme la démolition et la réfection d'éléments structuraux



(fondations, empattements et dalles de béton). Le domaine de la réhabilitation environnementale de sites se retrouve donc face à une contradiction : pour que les sites contaminés se conforment aux normes gouvernementales, il est contraint d'utiliser des techniques de réhabilitation qui contribuent aux émissions de GES, allant ainsi à l'encontre même des objectifs du gouvernement.

Le MELCC établit pourtant un ordre dans les types de réhabilitation à privilégier pour limiter l'empreinte écologique des travaux dans une perspective de développement durable (MELCC, 2021). Au premier rang figure le traitement in situ, qui consiste à traiter les sols (ou l'eau souterraine) contaminés sur place afin que les concentrations de polluants se conforment aux critères environnementaux applicables; ce type de réhabilitation permet d'éliminer toute une série de travaux et d'éviter l'utilisation de matériaux ayant une empreinte écologique élevée.

« Au premier rang figure le traitement in situ [...]; ce type de réhabilitation permet d'éliminer toute une série de travaux et d'éviter l'utilisation de matériaux ayant une empreinte écologique élevée. »

De nombreuses exigences du MELCC (délais des demandes d'autorisation, avis de contamination, etc.) rendent pourtant ce type d'intervention moins attrayant aux yeux des propriétaires de sites. C'est la raison pour laquelle Réseau Environnement a rédigé un mémoire présentant des pistes de solutions pour la promotion du traitement in situ (Réseau Environnement, 2022).

Traitement in situ : étude de cas

Dans le cadre d'un projet de traitement in situ de sols contaminés, ABi Enviro-Solutions a fait appel à la subvention Technoclimat 2.0. À travers celle-ci, Transition énergétique Québec « offre une aide financière pour soutenir des projets de démonstration technologique au Québec en matière d'énergie et de réduction des émissions de GES ». La subvention aura permis de financer en partie le projet et d'accumuler des données, dont les émissions des GES évitées en comparaison avec la réhabilitation par excavation de ces sols contaminés.

Le projet concernait le traitement in situ de sols contaminés par la migration hors site de produits pétroliers de type « huile à chauffage/diésel » sur une propriété résidentielle à Saint-Henri-de-Lévis. Des solutions oxydantes (oxydation chimique) et optimisant l'activité bactérienne (bioremédiation) ont été injectées dans les sols afin de dégrader les hydrocarbures sur place. Un volume de 15 m³ de sols situés à moins de 1,5 m de la fondation du bâtiment et sous sa dalle de béton ont ainsi été traités, là où les coûts de réhabilitation par excavation auraient été les plus élevés. Les sols extérieurs plus contaminés et accessibles avaient préalablement été excavés. Le contexte géologique était propice à ce projet, les polluants s'étant dispersés dans un horizon de gravier situé entre 1,8 et 2,4 m de profondeur où l'injection de solutions était aisée.

Les concentrations maximales d'hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ (HP C₁₀-C₅₀) rapportées dans les sols de la zone des travaux étaient de 2 400 mg/kg, soit dans la plage B-C de la grille



Installation du matériel d'injection.

© Antoine Blanchi

« Dans ce contexte d'urgence climatique, un système de taxation des émissions de GES devrait être établi pour les projets de réhabilitation de sites afin de favoriser l'émergence des technologies vertes. »

des critères génériques des sols du *Guide d'intervention* du MELCC (2021), tout comme les concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Les sols auront été traités jusqu'à ce que les concentrations maximales d'HP C₁₀-C₅₀ et d'HAP se conforment au critère applicable, soit le critère B du *Guide d'intervention*.

Entre septembre 2017 et septembre 2019, une diminution de 83 % des concentrations d'HP C₁₀-C₅₀ a été constatée dans les sols sous la dalle de béton. Deux injections supplémentaires ont été nécessaires à l'extérieur, où se situaient les concentrations maximales, et une diminution de 71 % des concentrations y a été constatée en novembre 2020. Dans l'eau souterraine, les concentrations d'HP C₁₀-C₅₀ ont diminué de plus de 86 % entre novembre 2017 et mai 2019.

Dans le cadre du projet, le Groupe Alphard a effectué un calcul comparatif des GES. Ainsi, le projet de traitement in situ aurait permis de diminuer de 4,82 tonnes (en équivalent CO₂) la quantité de GES émis par comparaison avec une réhabilitation par excavation. Fait à noter, pour ce projet d'excavation théorique, environ 75 % des GES auraient été émis par la reconstruction des infrastructures en béton détruites pour avoir accès aux sols contaminés.

Le temps d'agir

Dans ce contexte d'urgence climatique, un système de taxation des émissions de GES devrait être établi pour les projets de réhabilitation de sites afin de favoriser l'émergence des technologies vertes. En effet, comme le mentionne M. Guterres de l'ONU : « Ce n'est pas le moment de simplement énumérer et déplorer les défis. Il est maintenant temps d'agir. » ●

Références

GIEC (2021). *Communiqué de presse : Changement climatique généralisé et rapide, d'intensité croissante* – GIEC. En ligne : [ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release_fr.pdf).

MELCC (2021). *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*. En ligne : environnement.gouv.qc.ca/sol/terrains/guide-intervention/guide-intervention-protection-rehab.pdf.

ONU (2022). *Questions thématiques – Changements climatiques*. En ligne : un.org/fr/global-issues/climate-change.

Réseau Environnement (2022). *Mémoire – Traitement in situ*. En ligne : reseau-environnement.com/wp-content/uploads/2022/03/Memoire-traitement-in-situ-2022-03-11.pdf.

Pénurie de main-d'œuvre

Adoptez la formation sur mesure



PAR DOMINIQUE DODIER
Directrice générale, EnviroCompétences

On ne cesse de le répéter : la pénurie de main-d'œuvre frappe fort le Québec et particulièrement le secteur de l'environnement. Les leviers pour la contrer sont maintenant connus, mais il semble encore difficile d'appliquer des solutions concrètes au quotidien. Et si vous choisissiez l'option sur mesure ?

Formation : un enjeu majeur pour contrer la pénurie

Les difficultés de recrutement et de rétention de la main-d'œuvre rendent encore plus criant le besoin de formation pour vos employés. Que ce soit pour s'assurer de conserver un niveau de compétence maximal, pour intégrer un nouvel employé ou pour garder les équipes motivées, toutes les raisons sont bonnes pour y consacrer une partie de votre investissement.

Outre le manque de main-d'œuvre disponible, c'est bien le déficit de compétences nécessaires à l'emploi qui se fait sentir. Ainsi, vous vous êtes sûrement posé la question suivante : comment dois-je m'y prendre pour former mes employés ?

Selon une étude réalisée par EnviroCompétences (2021 ; p. 77-81), l'offre de formation serait particulièrement faible au niveau professionnel. En conséquence, des milliers d'emplois dans le secteur souffrent de problèmes de qualifications, ce qui limite la croissance des entreprises et leur compétitivité. Le fardeau de la formation revient fréquemment aux entreprises, qui manquent souvent de ressources pour le faire adéquatement.

Vous ne savez pas par où commencer ? Voici quelques solutions pertinentes qui vous permettront d'y voir plus clair et de former les employés selon vos besoins.

Offre de formation adaptée à votre réalité

Que vous souhaitiez former votre main-d'œuvre directement sur le terrain ou lui permettre d'acquérir un diplôme tout en se formant dans votre entreprise, des solutions s'offrent à vous. Passons en revue quelques options disponibles.



- Programme d'apprentissage en milieu de travail (PAMT) : il s'agit d'un programme qui permet à un employé d'être jumelé à un travailleur plus expérimenté afin d'améliorer ses connaissances et son savoir-faire au sein de l'entreprise. Sous la forme du compagnonnage, votre personnel chevronné forme ses collègues en leur transmettant son savoir-faire. Des outils de formation efficaces sont mis à votre disposition gratuitement afin d'accompagner le compagnon et l'apprenti. Tout se joue directement en milieu de travail et en situation réelle. De plus, la formation est officiellement reconnue; l'employé recevra donc un certificat de qualification professionnelle délivré par Emploi-Québec. Vous pourriez également recevoir un soutien financier sous la forme d'un crédit d'impôt.
- Programme de formations de courte durée (COUD) : il s'agit d'un parcours de formation en alternance travail-études qui privilégie les stages en milieu de travail. Les étudiants sont rémunérés pendant les heures travaillées et les heures étudiées. Ainsi, il s'adresse aux personnes en emploi, nouvellement embauchées ou avec peu d'expérience, ainsi qu'aux personnes que l'employeur souhaite faire évoluer dans l'entreprise. Vous vous faites ainsi connaître comme employeur de choix : vous préparez la relève de votre personnel, et vous réduisez les coûts liés au recrutement et au temps de formation. Les projets COUD dans le secteur de l'environnement sont presque entièrement financés par une subvention demandée et gérée par EnviroCompétences, le comité sectoriel de main-d'œuvre de l'environnement, qui est qualifié de promoteur collectif.

Initiatives dans le secteur de l'environnement

De nombreuses options sont disponibles pour les entreprises œuvrant dans le secteur. Notons par exemple les formations proposées par EnviroCompétences, en partenariat avec Réseau

Environnement, telles que la formation intensive pour techniciens en caractérisation des sols et réhabilitation de sites.

De plus, à la fin du mois de mars dernier, lors de la présentation du budget 2022-2023, le gouvernement du Québec a annoncé un investissement de 13,2 millions de dollars sur quatre ans pour créer un nouveau volet au programme COUD afin de répondre à un besoin criant de formation de la relève dans ce secteur. En effet, dans son *Étude sur la main-d'œuvre de la filière eau*, EnviroCompétences (2020) interpellait tous les acteurs de l'écosystème sur la nécessité de former la relève (notamment dans la profession d'opérateurs d'installations du traitement des eaux), puisqu'en plus des postes à pourvoir, un grand nombre d'employés devrait prendre leur retraite à court ou à moyen terme. C'est donc dans la foulée qu'EnviroCompétences a annoncé le lancement de son programme COUD visant à obtenir une attestation d'études collégiales (AEC) en technique de gestion des eaux du Cégep de Shawinigan, soutenu financièrement par le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale ainsi que la Commission des partenaires du marché du travail afin d'aider les entreprises à faire face à l'enjeu de la rareté de main-d'œuvre.

Cette problématique est particulièrement présente en région, et les entreprises ont aussi besoin de soutien. Les firmes en service-conseil de la région de la Côte-Nord, par exemple, éprouvent de grandes difficultés face au recrutement de main-d'œuvre spécialisée en génie civil, accentué par les projets d'envergure. De

plus, afin de mobiliser les travailleurs et d'attirer une nouvelle main-d'œuvre, EnviroCompétences propose maintenant un programme COUD visant à obtenir une AEC en surveillance et contrôle de travaux d'infrastructures du Cégep de Baie-Comeau.

Notons également que des programmes d'apprentissage en milieu de travail (PAMT) sont disponibles pour les métiers suivants : techniciens en restauration après sinistre, opérateur en nettoyage industriel, technicien en assainissement des systèmes de ventilation, et technicien en équilibrage des systèmes de ventilation.

À vous de jouer!

Si les problématiques de pénurie et de qualification de la main-d'œuvre tendent à se poursuivre encore quelques années, il existe bien des solutions à la portée des entreprises du secteur de l'environnement qui sont adaptées à leur réalité et financièrement abordables. Il ne vous reste plus qu'à décider quand commencer! ●

Références

EnviroCompétences (2020). *Étude sur la main-d'œuvre de la filière eau*. En ligne : envirocompetences.org/media/publications/RapportEnviroCompences-tudesurlamaindoeuvredanslesecteureau-OCTOBRE2020.pdf.

EnviroCompétences (2021). *Portrait de la main-d'œuvre du secteur de l'environnement 2020-2021*. En ligne : envirocompetences.org/media/publications/Portraitdelamain-duvredusecteurdelenvironnement2020-2021.pdf.

RECRUTEZ SUR enviroemplois.org

Le 1^{er} site d'emplois de l'économie verte!

RENTABILISEZ VOS INVESTISSEMENTS
EN RECRUTEMENT



Traitement des effluents industriels

Nouvelle technologie de récupération et recyclage du chrome

Résumé

Le chrome sous sa forme hexavalente (Cr^{6+}) – un métal lourd utilisé dans une variété d'applications industrielles – est hautement toxique pour les humains, les animaux, les plantes et les micro-organismes. Par conséquent, il devrait être retiré des eaux contaminées. À cet effet, l'approche la plus utilisée est sa réduction sous la forme de chrome trivalent (Cr^{3+}), la moins toxique, puis sa précipitation. Au cours des deux dernières décennies, il y a eu un intérêt grandissant pour l'utilisation du fer zérovalent (FZV) en tant qu'agent de réduction de Cr^{6+} en Cr^{3+} . Le présent article décrit les résultats d'un essai réalisé en 2021, à l'échelle industrielle, dans un atelier d'anodisation à Montréal. Les résultats obtenus démontrent qu'il est possible de réduire les concentrations en chrome total au drain à des valeurs inférieures à 0,5 mg/L, alors que la limite de rejet est fixée à 5 mg/L, sans ajustement de pH requis.

MOTS-CLÉS : CHROME HEXAVALENT Cr^{6+} ;
FER ZÉROVALENT (FZV); TRAITEMENT DE L'EAU;
EFFLUENT D'ANODISATION.

Abstract

Chromium, in its hexavalent form (Cr^{6+}), a heavy metal used in a variety of industrial applications, is highly toxic to humans, animals, plants and microorganisms. Therefore, it should be removed from contaminated water. For this purpose, the most commonly used approach is its reduction in the form of trivalent chromium (Cr^{3+}), the least toxic, and then its precipitation. Over the past two decades, there has been a significant interest in using zero-valent iron (ZVI) as a Cr^{6+} reduction agent. This article describes the results of industrial-scale tests realized in 2021, at an anodization facility in Montreal. The results show that it is possible to reduce total chromium concentrations in the drain to values below 0.5 mg/L while the discharge limit is 5 mg/L, without any pH adjustment required.

Keywords: hexavalent chromium; zero-valent iron (ZVI) process; water treatment; anodizing effluent.



PAR ABDELAZIZ GHERROU¹, NADIA BOUHAINÉ², DANIEL RIVIERE³ ET JOHN RIVIERE³

¹ Services ChemBrains inc., agherrou@chembrains.ca

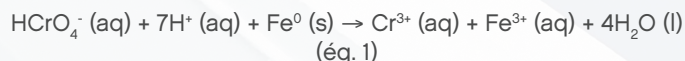
² Professeure, Département de chimie, Collège Ahuntsic

³ Metafix inc.

Introduction

L'industrie de traitement de surface utilise souvent des bains de solutions de chrome hexavalent (Cr^{6+}) pour le traitement de pièces métalliques en vue de les protéger contre la corrosion. Après leur sortie de ces bains, les pièces sont rincées à l'eau pure. Ces eaux de rinçage sont donc contaminées par du Cr^{6+} . Le procédé le plus utilisé par l'industrie de traitement de surface pour traiter ces eaux consiste en un procédé physicochimique faisant appel à plusieurs étapes de dosage de divers produits chimiques, tels que des agents de réduction du Cr^{6+} en Cr^{3+} , de l'acide sulfurique, de la soude caustique (NaOH) et des flocculants polymères (Zhao et collab., 2018). De plus, ce procédé génère des quantités importantes de boues toxiques considérées comme des matières dangereuses, qui sont souvent envoyées vers les sites d'enfouissement, engendrant de sérieux problèmes environnementaux. Par conséquent, pour parer à ces inconvénients, plusieurs études (Gheju, 2011; Bigg et Judd, 2000; Hanton-Fong et collab., 1999) ont rapporté l'efficacité du fer zérovalent (FZV) à récupérer le Cr^{6+} , sans ajout de produits chimiques, sous une forme solide valorisable. Gheju a décrit dans son article les différents processus chimiques ayant lieu lors du contact d'une solution chargée en Cr^{6+} avec une matrice à base de FZV, ainsi que les paramètres fondamentaux de fonctionnement du procédé.

Les mécanismes réactionnels s'effectuent selon la réaction de l'équation 1 suivante :

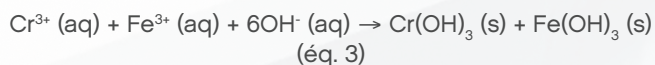


Le Cr^{6+} , essentiellement sous la forme de HCrO_4^- , en contact avec le FZV (généralement utilisé sous forme de poudre ou de fibres) en milieu acide se réduit sous la forme de Cr^{3+} selon une réaction régie par le principe de l'oxydoréduction. Le FZV de son côté s'oxyde sous la forme de Fe^{3+} en solution.

En parallèle, une autre réaction a lieu in situ entre le FZV et l'oxygène présent dans l'effluent selon la réaction de l'équation 2 suivante :



Cette réaction génère des ions hydroxyles responsables de l'augmentation de la valeur du pH. Ces ions hydroxyles vont réagir avec les ions Fe^{3+} et Cr^{3+} pour précipiter ces derniers sous forme d'hydroxydes selon la réaction de l'équation 3 suivante :



Le procédé aboutit donc à la formation d'hydroxydes de fer et de chrome, qui sont sous la forme de très fines particules dont la sédimentation requiert un temps assez long. C'est d'ailleurs pour cela que dans le procédé physicochimique conventionnel on utilise un dosage d'agent de floculation et ensuite un décanteur pour récupérer ces particules d'hydroxydes.

La majorité des travaux décrits dans la littérature utilise du FZV sous forme de poudre placée dans des cartouches pour des applications essentiellement en eau potable et en eaux souterraines (Li et collab., 2018; Sun et collab., 2011). Ces applications font face à un facteur limitant au niveau des débits traités à cause du temps de contact relativement très élevé pour assurer une réduction de la concentration en chrome à des valeurs largement faibles pour respecter les normes en vigueur. Souvent, ces systèmes font appel à une étape supplémentaire de filtration.

Cet article présente donc une nouvelle technologie utilisant des filtres contenant une formulation unique à base de FZV. Dotée d'une configuration originale capable de prendre en charge un large éventail de débits d'effluents à traiter, elle assure la réduction de Cr^{6+} en Cr^{3+} en une seule étape ainsi que la filtration in situ des hydroxydes de chrome et de fer générés.

Après de multiples essais de démonstration de concept et de faisabilité en laboratoire, durant lesquels les différents paramètres de fonctionnement du procédé ont été étudiés et déterminés, des essais pilotes ont été réalisés directement en usine, à l'échelle industrielle, dont les résultats obtenus seront décrits dans les sections suivantes.

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

La figure 1 (voir p. 32) décrit le schéma d'écoulement de l'installation utilisant cette nouvelle technologie. En vue de prendre en charge le débit total des eaux de rinçage chargées en Cr^{6+} , huit filtres de FZV ont été installés en parallèle. À intervalles de temps réguliers (soit toutes les heures sur les différents quarts de travail de l'usine), des prises d'échantillons instantanés et des analyses ont été réalisées au niveau des points d'échantillonnage suivants : l'entrée des filtres de FZV et la sortie de l'ensemble des effluents vers le drain.

Les filtres de FZV sont reliés à des pompes à soufflet ayant un débit allant de 1 à 2 L/min. Ainsi, le système est capable de traiter un maximum de 16 L/min.

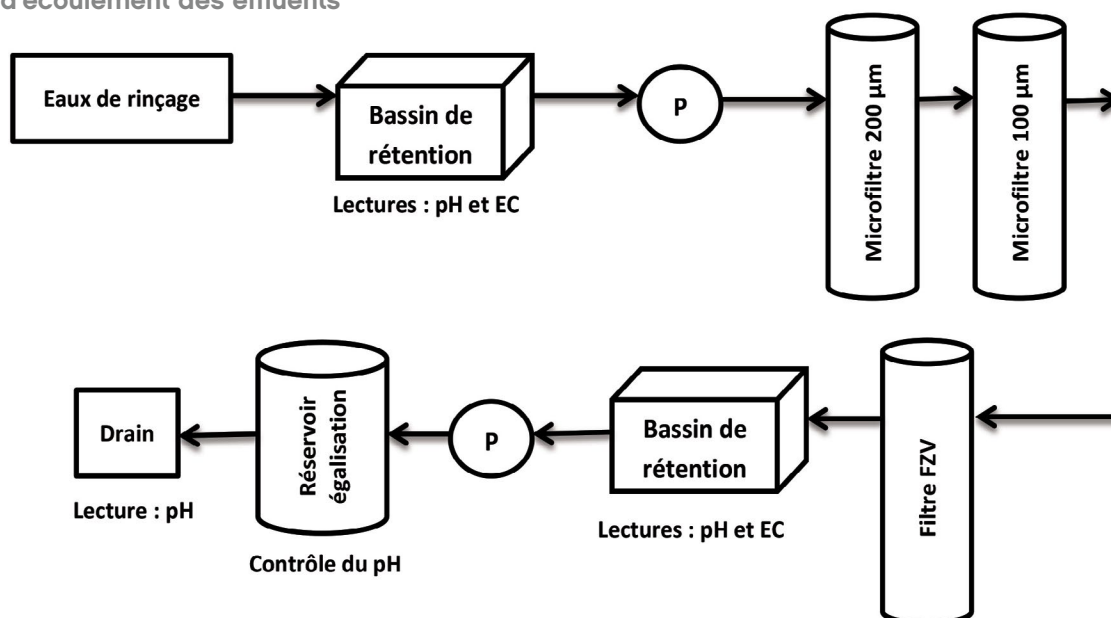
La figure 2 (voir p. 32) montre les différentes parties de l'installation.

Méthodes analytiques

L'analyse du chrome total a été réalisée par absorption atomique en utilisant un appareil de type Thermo Fisher iCE 3300 AAS. L'analyse du chrome hexavalent a été réalisée par spectrophotométrie en utilisant un instrument de marque Hach DR 2700. Cette dernière méthode fait appel à l'utilisation de réactifs en suivant une méthode standard. Les mesures du pH et de la conductivité ont été réalisées avec un multimètre de marque Hanna HI98195.

Tous les appareils utilisés ont été soigneusement calibrés avant utilisation en suivant les méthodes standards. L'échantillonnage et la conservation des échantillons ont été effectués en

FIGURE 1
Schéma d'écoulement des effluents



suivant les recommandations du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), telles que décrites dans le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 2* (CEAEQ, 2008).

Résultats et discussions

Les figures 3, 4 et 5 présentent les résultats d'analyses obtenus sur plusieurs jours.

La figure 3 montre que le maximum (dans de rares cas) de concentration en chrome total enregistrée à l'entrée des colonnes

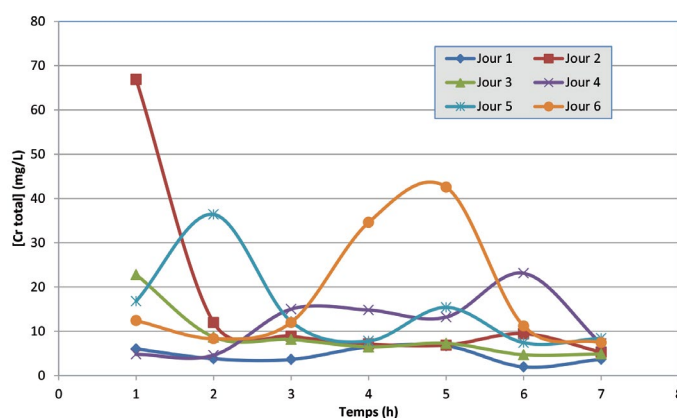
est d'environ 67 mg/L (sous forme essentiellement de Cr^{6+}). Lors d'essais en laboratoire, il a été démontré que cette technologie utilisant des filtres de FZV peut traiter – dépendamment du débit utilisé – des effluents contenant des concentrations en chrome allant jusqu'à 100 mg/L, mais idéalement des concentrations inférieures à 50 mg/L, ce qui est le cas des concentrations enregistrées durant toute la période de suivi.

La figure 4 montre que la concentration en chrome total à la sortie des filtres de FZV vers le drain est généralement inférieure à 0,5 mg/L, alors que la limite de rejet est fixée à 5 mg/L.

FIGURE 2
Filtres de FZV et réservoirs de collecte des eaux traitées



FIGURE 3
Variation de la concentration en chrome total à l'entrée des filtres de FZV en fonction du temps sur des quarts de travail de sept heures



« Cette étude démontre l'efficacité de l'utilisation du FZV pour le traitement des effluents acides (pH entre 2,5 et 4,5) chargés en chrome hexavalent, et issus des opérations de rinçage de pièces métalliques dans les usines de traitement de surface. »

La figure 5 montre l'évolution des valeurs de pH à l'entrée et à la sortie des filtres avec une différence marquée entre les différentes valeurs, synonyme d'une bonne réactivité des fibres de fer contenues dans ces filtres avec le chrome présent dans les eaux de rinçage traitées.

Le pH a montré quelques valeurs inférieures à la valeur limite inférieure fixée pour les rejets, qui est de 5,5. L'ajustement ultérieur du dosage de NaOH au niveau du réservoir d'égalisation a permis de mieux contrôler le pH à cette étape finale de rejet.

FIGURE 4

Variation de la concentration en chrome total à la sortie vers le drain en fonction du temps sur des quarts de travail de sept heures

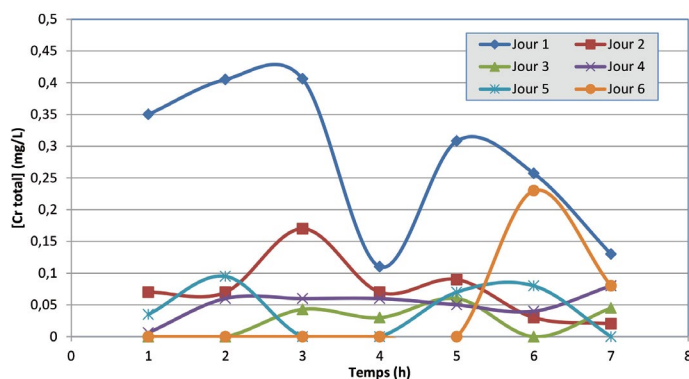
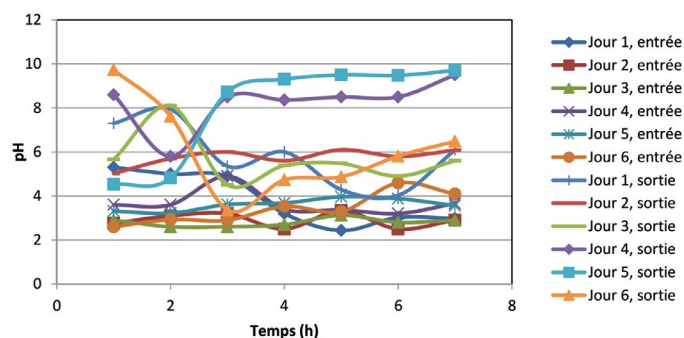


FIGURE 5

Évolution des pH à l'entrée et à la sortie des filtres d'échange métallique



Conclusion

Cette étude démontre l'efficacité de l'utilisation du FZV pour le traitement des effluents acides (pH entre 2,5 et 4,5) chargés en chrome hexavalent, et issus des opérations de rinçage de pièces métalliques dans les usines de traitement de surface. Chaque filtre contenant du FZV est capable de prendre en charge un débit allant de 1 à 2 L/min. Les concentrations totales en chrome à l'entrée des filtres de FZV ont varié entre 6,4 et 70 mg/L, et celles à la sortie du système de traitement vers le drain étaient inférieures à 0,5 mg/L. Cette nouvelle technologie permet ainsi de respecter largement la limite de rejet fixée à 5 mg/L, tout en réduisant drastiquement l'utilisation de produits chimiques.

Le résidu final récupéré dans les filtres de FZV n'est plus considéré comme des boues à disposer dans des sites d'enfouissement, comme c'est le cas actuellement avec le procédé physicochimique conventionnel. En effet, il s'agit plutôt d'un produit valorisable pour fabriquer de l'acier inoxydable puisqu'il ne contient que du fer et du chrome. ●

Références

- Bigg, T., et S. J. Judd (2000). « Zero-Valent Iron for Water Treatment ». *Environmental Technology*, vol. 21, n° 6, p. 661-670.
- CEAEQ (2008). *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales – Cahier 2 : Échantillonnage des rejets liquides*. En ligne : ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/rejets_liquidesC2.pdf.
- Gheju, M. (2011). « Hexavalent Chromium Reduction with Zero-Valent Iron (ZVI) in Aquatic Systems ». *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 222, p. 103-148.
- Hanton-Fong, S. F., et collab. (1999). *An in situ permeable reactive barrier for the treatment of hexavalent chromium and trichloroethylene in ground water: Volume 1. Design and installation*. U.S. Environmental Protection Agency, 122 p.
- Li, Y., et collab. (2018). « Selenite removal from groundwater by zero-valent iron (ZVI) in combination with oxidants ». *Chemical Engineering Journal*, vol. 345, p. 432-440.
- Sun, F., et collab. (2011). « Reduction of As(V) to As(III) by commercial ZVI or As(0) with acid-treated ZVI ». *Journal of Hazardous Materials*, vol. 196, p. 311-317.
- Zhao, Q., et collab. (2018). « Recovery of chromium from residue of sulfuric acid leaching of chromite ». *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 113, p. 78-87.

Balayures de rue printanières au Québec

Faisabilité de l'intégration de l'économie circulaire

Les abrasifs épandus sur le réseau routier en viabilité hivernale doivent être retirés au printemps, principalement par balayage mécanique. Dans le contexte nord-américain, les balayures de rue collectées sont essentiellement enfouies. Néanmoins, à la suite d'un conditionnement, la majorité des balayures pourrait plutôt être valorisée en abrasifs d'hiver et en matériaux de construction ou de réparation routière.



PAR FLORENCE BLOUIN, M. Sc.
Étudiante au doctorat en logistique, Université
du Québec à Trois-Rivières



PAR JEAN-FRANÇOIS AUDY, Ph. D.
Professeur en logistique, Université du Québec
à Trois-Rivières

ET PAR MOHAMED JEBRI, ing., M. Sc. A.
Chercheur, Innofibre



Chaque hiver, près de deux millions de tonnes d'abrasifs sont achetées et épandues par les administrations publiques sur le réseau routier québécois lors des opérations d'entretien visant à assurer de bonnes conditions de circulation. Au printemps, une portion des abrasifs épandus est collectée lors des opérations de balayage mécanique de rue. Les balayures de rue printanières (BRP) ainsi récupérées, qui sont sujettes à une stricte réglementation environnementale, doivent être enfouies. Cependant, afin de contrer les effets négatifs financiers et environnementaux de l'enfouissement du modèle économique linéaire actuel, une partie significative des BRP pourrait être réemployée, créant ainsi une chaîne de valeur circulaire.

Comme démontré dans l'article de Bouchard et collab. (2021), paru en juin 2021 dans la revue *Vecteur Environnement*, il existe un fort potentiel empirique de valorisation des BRP à la suite d'un conditionnement suivi d'une caractérisation chimique pour déterminer les usages autorisés. En effet, jusqu'à 42,7 % des BRP pourraient être valorisées en abrasifs d'hiver et jusqu'à 92,1 % des BRP pourraient être utilisées en matériaux de construction ou de réparation routière. Conséquemment, seulement 7,9 % des

BRP – ne pouvant satisfaire les critères pour être valorisées – devraient être enfouies.

Bien que différents débouchés de valorisation soient envisageables pour détourner de l'enfouissement cette matière résiduelle, le présent article se concentre sur l'étude des BRP admissibles au réemploi en viabilité hivernale. Évidemment, au-delà de la quantification du potentiel empirique de cette possibilité d'usage en valorisation des BRP, l'intégration de l'économie circulaire dans le domaine du balayage de rue printanier requiert la validation de la faisabilité technique de l'épandage des BRP, ainsi que la réalisation d'une analyse de la performance du modèle linéaire actuel comparativement à une chaîne de valeur circulaire afin de vérifier la faisabilité économique et l'impact environnemental.

Cas d'étude

Un cas d'étude ciblant le réseau routier provincial (majoritairement en contexte autoroutier) – sous la responsabilité du ministère des Transports du Québec (MTQ) et desservi par le Centre

de services de Trois-Rivières – a été sélectionné aux fins de démonstration de la faisabilité de l'intégration de l'économie circulaire par la valorisation des BRP.

Système de chaîne de valeur actuel et ciblé

La chaîne de valeur linéaire actuelle (voir le haut de la figure 1) débute avec l'achat à l'externe de deux types d'abrasifs vierges (AB-10 et AB-5) qui sont ensuite épandus en viabilité hivernale. Au printemps, le balayage de rue est effectué et les BRP collectées sont acheminées dans des lieux d'enfouissement technique. Évidemment, une partie des abrasifs épandus n'est tout simplement pas récupérée, étant perdue dans l'environnement principalement dans le sol en bordure de route.

La chaîne de valeur circulaire envisagée (voir le bas de la figure 1) débute également avec l'achat d'abrasifs vierges qui sont épandus sur les routes en hiver. Cependant, plutôt que d'enfouir directement les BRP collectées à la suite des opérations de balayage, elles sont transportées à un centre de triage où elles sont séparées en deux catégories selon leur granulométrie. Le processus de triage permet ainsi de dissocier la fraction des BRP conditionnées (BRPC) qui est admissible à une valorisation

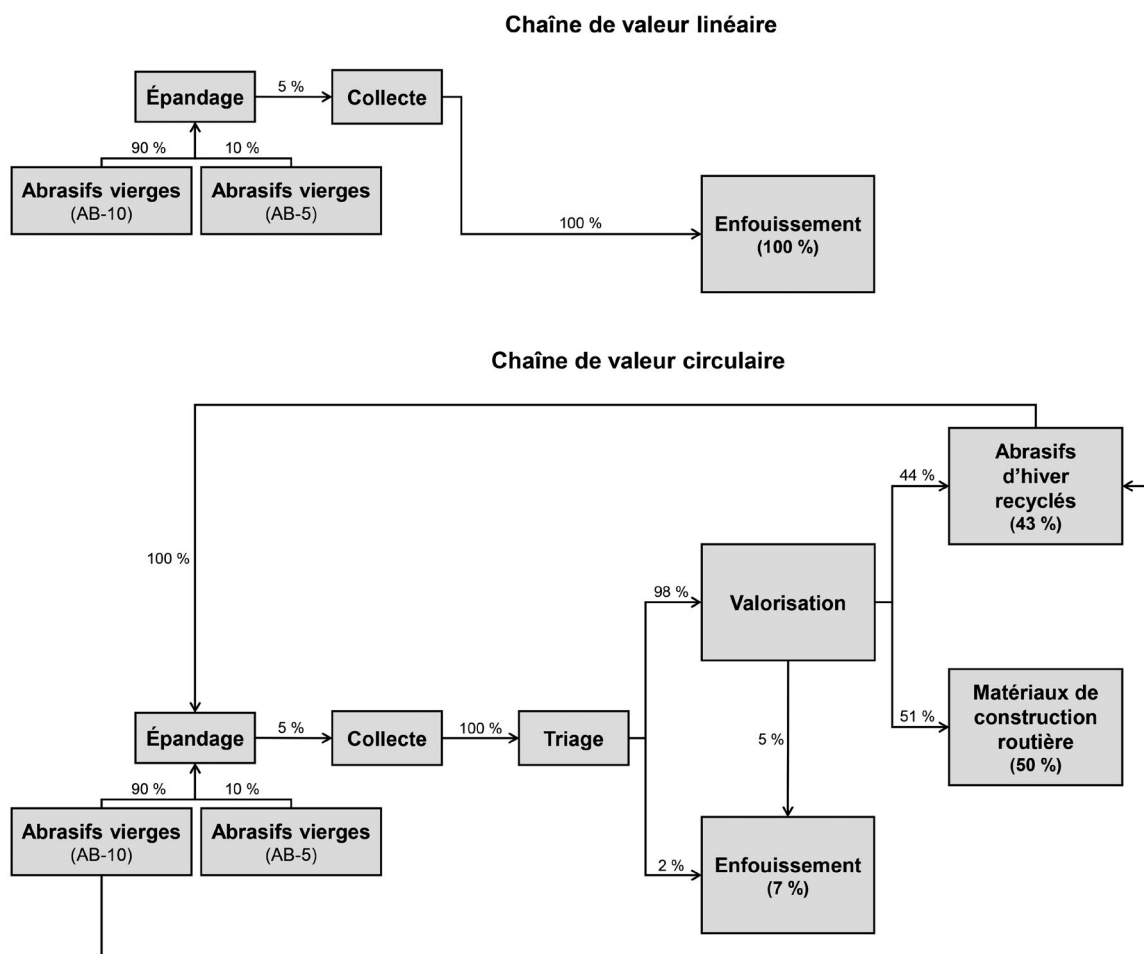
de celle qui doit être acheminée à un lieu d'enfouissement technique. La portion de BRPC valorisable est ensuite redivisée en fonction des critères de la législation environnementale en vigueur. De ce fait, le pourcentage de BRPC respectant tous les critères environnementaux pour un réemploi en abrasifs d'hiver sert d'intrants pour la fabrication d'abrasifs recyclés en étant combiné – selon une recette – d'une part de BRPC pour trois parts d'abrasifs vierges de type AB-10. Le pourcentage de BRPC restant (ne respectant pas l'ensemble des critères environnementaux pour une utilisation en viabilité hivernale) est majoritairement admissible à une utilisation en matériaux de construction ou de réparation routière, alors qu'une faible proportion est enfouie. Pour de plus amples renseignements sur le processus d'analyse et de caractérisation chimique des données environnementales afin de vérifier la faisabilité des possibilités de valorisation, voir l'article technique de Bouchard et collab. (2021).

Fabrication des abrasifs recyclés

Au Québec, les abrasifs épandus sur le réseau routier en hiver doivent être conformes aux exigences de la norme 14401 définie par le MTQ. Le réemploi des BRP pour un usage en hiver

FIGURE 1

Chaîne de valeur linéaire actuelle (haut) et chaîne de valeur circulaire ciblée (bas) dans le domaine du balayage de rue printanier



nécessite donc le respect de critères normatifs physiques et géotechniques des abrasifs vierges à substituer. D'abord, les abrasifs doivent être conformes au fuseau granulométrique normalisé pour garantir une adhérence adéquate sur les routes et éviter les agglomérations. Les abrasifs doivent ensuite avoir une teneur en eau inférieure ou égale à 5 % afin d'empêcher le sel qui y est ajouté ultérieurement de se dissoudre avant d'amorcer le déglacage des routes lors de l'épandage. Enfin, les abrasifs doivent obtenir un résultat au test d'attrition Micro-Deval inférieur ou égal à 35 %. Bien que non normatifs, certains critères communément admis dans le milieu municipal ont également été considérés dans le cadre de cette étude. Le coefficient d'écoulement des abrasifs permettant d'estimer l'angularité des granulats par rapport à celle des abrasifs vierges a donc été mesuré, et ce dernier doit être supérieur ou égal à 68 ou à 72 (selon l'exigence minimale de la municipalité). De plus, la teneur en substances organiques des abrasifs – qui doit être inférieure ou égale à 5 % – a été évaluée, puisque la présence de matières organiques diminue notamment l'adhérence des abrasifs épandus.

Le procédé de séparation physique des BRP utilisé lors des travaux de recherche présentés dans cet article est un tamisage rotatif générant deux calibres granulométriques à la sortie. Ce type de tamiseur, très accessible sur le marché, est composé d'une surface cylindrique munie de grilles tissées en acier qui engendrent un meilleur rendement par rapport à un tamiseur vibrant en raison de l'obtention d'une écoefficiente supérieure ainsi que d'une diminution du coût unitaire de fonctionnement. Les essais de tamisage ont été réalisés sur cinq échantillons de BRP, à savoir quatre provenant de différents types de routes du réseau routier ciblé ainsi qu'un mélange composé à parts égales de chacun de ces quatre échantillons. Les résultats des essais de tamisage pour chacun des échantillons sont similaires et indiquent qu'en moyenne 98 % des BRPC – correspondant à des matières de calibre fin ou intermédiaire – sont considérées comme admissibles à une valorisation. Cette

portion de BRPC devra subséquentement être caractérisée selon les critères chimiques de la législation environnementale en vigueur – tels que décrits dans l'article de Bouchard et collab. (2021) – afin de s'assurer du potentiel de réemploi et, s'il y a lieu, de définir les possibilités de valorisation associées. Les 2 % restant des BRPC, qui sont des particules grossières, ne pourront être valorisées et devront conséquemment être acheminées dans un lieu d'enfouissement technique. Il est à noter que le mélange composé respecte la même hiérarchie de répartition entre les classes granulométriques que les quatre autres échantillons. Cela démontre l'accessibilité éventuelle de l'exécution du conditionnement des BRP pour les administrations routières considérant l'homogénéisation possible des variations potentielles entre les BRP provenant de lieux distincts.

La caractérisation des abrasifs a été effectuée à une première reprise sur un échantillon de BRPC pour lequel tous les critères ont été respectés, à l'exception du fuseau granulométrique et de la teneur en eau. Cependant, avec des conditions d'entreposage convenables, ce dernier critère aurait été aisément atteint. Afin que les abrasifs recyclés fabriqués à partir des BRPC soient conformes pour l'épandage en viabilité hivernale en respectant l'ensemble des critères géotechniques des abrasifs vierges à substituer, une recette générique produisant des abrasifs recyclés AB-10 en mélangeant une part de BRPC pour trois parts d'abrasifs vierges AB-10 conformes aux critères normatifs a été utilisée. Les abrasifs recyclés ainsi fabriqués ont ensuite été caractérisés à une deuxième reprise et, comme démontré dans le tableau 1, l'ensemble des critères a été respecté. Évidemment, d'autres recettes sont envisageables afin que les abrasifs recyclés fabriqués soient adaptés aux besoins de l'administration routière qui diffèrent en fonction du type d'abrasif principalement ou exclusivement épandu sur les routes ainsi que de la contamination des BRP. Par exemple, parmi les recettes testées pouvant être employées, on retrouve un mélange d'une part de BRPC pour trois parts d'abrasifs vierges AB-5, ainsi qu'une recette d'une part de BRPC pour

TABLEAU 1
Potentiel de valorisation des abrasifs recyclés

CRITÈRE		EXIGENCE		RÉSULTAT
Normatif	Fuseau granulométrique	Tamis	% passant	
		10 mm	100	100 %
		5 mm	95-100	97 %
		2,5 mm	-	89 %
		1,25 mm	0-70	66 %
		630 µm	0-50	48 %
		315 µm	0-35	26 %
		160 µm	0-15	11 %
		80 µm	0-5	4,7 %
	Teneur en eau	≤ 5 %		6,2 %
	Test Micro-Deval	≤ 35 %		16,1 %
Non normatif	Coefficient d'écoulement	≥ [68-72]		78
	Teneur en substances organiques	≤ 5 %		2,9 %

TABLEAU 2

Résultats des essais d'épandage des abrasifs recyclés

PROPRIÉTÉ MESURÉE	VALEUR MOYENNE	VARIATION PAR RAPPORT AU TÉMOIN
Patron de dispersion	42,5 po / 44,0 po	+3,7 % / -9,3 %
Quantité accumulée sur le disque	11,3 kg	+19,4 %
Quantité accumulée sur la chute	0 kg	-
Teneur en humidité	6,3 %	+53,4 %

cinq parts d'abrasifs vierges AB-10 afin de diluer davantage les BRPC permettant le respect des critères pour une utilisation en abrasifs sur le réseau routier en viabilité hivernale.

Épandage des abrasifs recyclés

Par la suite, des tests statiques ont été effectués durant la saison printanière dans le but de vérifier la faisabilité technique de l'épandage des abrasifs recyclés en conditions réelles. Le montage expérimental comprenait un camion épandeur du MTQ, une chargeuse sur roue munie d'un godet avec cellule de charge embarquée et un poste de chargement. Le camion épandeur a été préalablement calibré en mode simulation – selon la norme du MTQ – à une vitesse de 40 km/h et avec le régulateur d'épandage ajusté à un taux d'application de 180 kg/km. Les tests ont été réalisés sur un échantillon témoin d'abrasifs vierges AB-10, sur un échantillon de BRPC et sur un échantillon d'abrasifs recyclés suivant la recette d'une part de BRPC pour trois parts d'abrasifs vierges AB-10. Chacun des trois tests d'épandage – d'une durée de 60 secondes – a été fait en deux essais. Lors des tests d'épandage, trois propriétés ont été mesurées grâce à divers instruments. D'abord, les patrons de dispersion ont été évalués afin de vérifier la déviation des abrasifs lors de l'épandage et ainsi s'assurer qu'ils demeurent circonscrits sur le disque. Ensuite, l'accumulation sur la chute du convoyeur a été surveillée, puisque dans un tel cas, les abrasifs risquent de ne pas être convenablement épandus. Enfin, l'accumulation sur le disque de dispersion a aussi été mesurée. La présence de nervures sur le disque assure une dispersion uniforme des abrasifs sur un rayon prédéterminé. Toutefois, si l'effet de ces nervures est annulé dû à une accumulation sur le disque, les abrasifs forment une ellipse plutôt qu'un cercle et les abrasifs ne sont plus uniformément épandus.

Le tableau 2 présente les principaux résultats – calculés à partir de la moyenne des deux essais – du test statique d'épandage en conditions réelles effectué avec l'échantillon d'abrasifs recyclés pour chacune des propriétés ciblées. Un très faible niveau de variation entre le premier et le deuxième essai a été observé. Concernant le patron d'épandage, il a d'abord été parfaitement circulaire, puis elliptique lors du deuxième essai, et ce, avec une portée légèrement inférieure à celle du témoin. Néanmoins, la formation d'une ellipse ne constitue pas un problème insoluble, puisque le patron est lié à la vitesse avec laquelle le disque tourne lors de l'épandage, et cette dernière est ajustable en fonction des abrasifs. Il y a

également eu une plus grande accumulation sur le disque, équivalente à 19 % d'augmentation par rapport au témoin. Par ailleurs, aucune quantité n'a été accumulée sur la chute du convoyeur. Évidemment, ces propriétés sont influencées principalement par la teneur en humidité des abrasifs qui, lors des essais, n'était pas conforme en raison des conditions inadéquates d'entreposage des BRPC. Toutefois, la teneur en humidité des abrasifs recyclés était de seulement 2 % supérieure à celle des abrasifs vierges AB-10, soit uniquement 1,3 % au-dessus du seuil maximal qui aurait été par ailleurs respecté par les BRPC avec des conditions d'entreposage similaires au témoin.

Faisabilité économique et impact environnemental

Afin de vérifier également la faisabilité économique ainsi que l'impact environnemental de l'économie circulaire dans cette filière, un modèle de simulation a été développé pour représenter les deux systèmes de chaîne de valeur. Exécuté sur une période de cinq ans, cet outil a permis la réalisation de tests numériques sur le cas d'étude sélectionné. À cet effet, une quarantaine de paramètres étaient requis en entrée du modèle pour lesquels de nombreuses données numériques ont été collectées en partenariat avec le MTQ et un prestataire de services de balayage (Arseno Balayage), ainsi que par le biais de travaux internes de simulation sur la productivité des opérations de balayage de rue printanier. L'analyse de la performance de la chaîne de valeur linéaire actuelle comparativement à une chaîne de valeur circulaire a été effectuée par la quantification de la variation des flux de matières, des coûts et des émissions de gaz à effet de serre.

Les résultats de l'étude de simulation – présentés dans le tableau 3 (voir p. 38) sous forme de la moyenne des années simulées à partir de la deuxième année d'exploitation du modèle circulaire ciblé pour chacun des indicateurs de performance sélectionnés – indiquent que l'intégration de l'économie circulaire dans le domaine du balayage de rue printanier est une stratégie souhaitable. Tout en détournant en moyenne 95,8 % des BRP de l'enfouissement afin de les valoriser, une chaîne de valeur circulaire permettrait de réaliser une économie moyenne (sur le plan financier) de 4,3 % par rapport à l'approche linéaire, principalement en raison de la réduction significative de l'enfouissement et des coûts associés. De plus, une chaîne de valeur circulaire engendrerait une réduction moyenne des émissions de gaz à effet de serre de 0,6 %.

TABLEAU 3

Impact de la transition du modèle linéaire actuel vers une économie circulaire

VARIATION DES FLUX DE MATIÈRE		VARIATION DES COÛTS		VARIATION DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	
Demande en abrasifs vierges	-1,9 %	Achat d'abrasifs vierges	-1,3 %	Production d'abrasifs vierges	-1,9 %
		Opérations (balayage, transport, triage et fabrication)	-0,4 %	Opérations (balayage, transport, triage et fabrication)	-0,8 %
Balayures enfouies	-95,8 %	Enfouissement	-77,8 %		
		Total	-4,3 %	Total	-0,6 %

Conclusion

La mise en œuvre d'une chaîne de valeur circulaire dans le domaine du balayage de rue printanier permet l'élaboration d'un scénario viable à l'échelle du système dans un contexte autoroutier. En effet, cette étude a démontré la faisabilité technique de la fabrication ainsi que de l'épandage d'abrasifs recyclés, et ce, dans le respect des critères environnementaux de la législation en vigueur. De plus, considérant que la transition vers une économie circulaire permet la réalisation de gains financiers et environnementaux, cette stratégie est avantageuse pour le cas étudié.

Les gains potentiels générés demeurent toutefois incertains dans des contextes distincts du cas d'étude. Le faible taux de collecte moyen annuel des BRP recensé de 4,6 % sur le réseau routier provincial limite la fabrication d'abrasifs recyclés ainsi que les économies associées à la réduction de l'achat d'abrasifs vierges. Néanmoins, dans un contexte où la quantité annuelle de BRP collectées serait plus élevée (comme sur les réseaux routiers municipaux où les taux de collecte sont nettement supérieurs), cela permettrait d'engendrer davantage de gains. Un taux de récupération trop élevé pourrait cependant entraîner – selon la recette utilisée – la fabrication d'un surplus d'abrasifs recyclés, ce qui causerait par le fait même une déséconomie en plus d'une augmentation du bilan carbone de la chaîne. En somme, l'intégration de l'économie circulaire est généralisable, mais nécessite une adaptation du système aux besoins de l'administration routière relativement au processus de conditionnement des BRP, à la logistique sous-jacente à la chaîne de valeur ainsi qu'aux différents débouchés de revalorisation.

Finalement, bien que les résultats soient prometteurs, des travaux additionnels seront nécessaires pour déterminer les bénéfices individuels des divers acteurs et soutenir de manière avisée la transition éventuelle vers une chaîne de valeur circulaire dans le domaine du balayage de rue printanier. De nouveaux modèles d'affaires devront notamment être élaborés afin de soutenir des interactions équitables et pérennes entre les parties prenantes le long de la chaîne. D'autre part, il sera pertinent d'étudier les possibilités d'amendements au cadre environnemental actuellement en vigueur afin de favoriser le processus entourant la valorisation des BRP.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier les chercheurs Karine Bouchard et Sébastien Lange (Biopterre) ainsi que la professeure Amina Lamghari (Université du Québec à Trois-Rivières) pour leur contribution, les Fonds de recherche du Québec (Nature et technologies – Société et culture) et le Fonds vert pour le soutien financier, ainsi que plusieurs partenaires des secteurs privé et public pour leur collaboration. ●

Photo de la page 34 : Camion épandeur du MTQ utilisé lors des tests. Crédit : Mohamed Jebri.

Référence

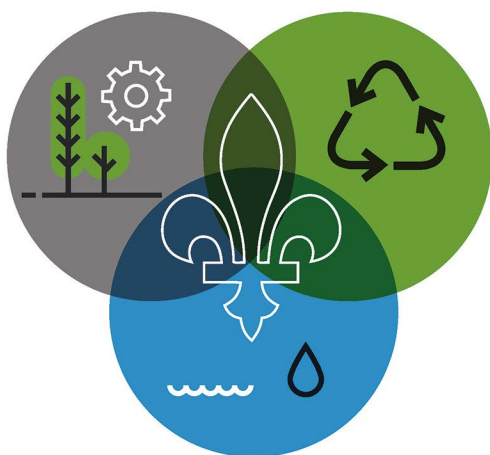
Bouchard, K., J.-F. Audy, S. Lange, et M. Jebri (2021). « Balayures de rues printanières au Québec – Analyse de données sur les possibilités de valorisation ». *Vecteur Environnement*, vol. 54, n° 2, p. 36-41.

« [...] cette étude a démontré la faisabilité technique de la fabrication ainsi que de l'épandage d'abrasifs recyclés, et ce, dans le respect des critères environnementaux de la législation en vigueur. »

>>> DEVEENEZ MEMBRE

Réseau Environnement, catalyseur de **l'économie verte*** au Québec

Plus important regroupement de spécialistes en environnement au Québec, Réseau Environnement agit comme catalyseur de solutions innovantes pour une économie verte*. Carrefour d'informations et d'expertises favorisant l'émergence de solutions environnementales, l'association assure l'avancement des technologies et de la science dans une perspective de développement durable. Elle rassemble des expertes et des experts des domaines public, privé et parapublic qui œuvrent dans les secteurs de l'eau, des matières résiduelles, de l'air, des changements climatiques, de l'énergie, des sols, des eaux souterraines et de la biodiversité.



* Comme le mentionne l'Institut de la Francophonie pour le développement durable dans son rapport intitulé *Économie verte – Guide pratique pour l'intégration des stratégies de l'économie verte dans les politiques de développement* (2015) : « Une économie verte est un véhicule pour le développement durable. C'est une économie qui se traduit par une amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale, tout en réduisant considérablement les risques environnementaux et les pénuries écologiques. »



✓ ÊTRE MEMBRE, C'EST :

- Joindre un comité sectoriel pour partager votre expertise en collaborant à l'élaboration de ressources techniques, de formations et de prises de position afin que les politiques publiques répondent au développement durable ;
- Faire partie d'un comité régional et participer au dynamisme de votre région ;
- Recevoir *À la Une*, l'infolettre de l'actualité environnementale ;
- Recevoir la revue *Vecteur Environnement* trimestriellement ;
- Bénéficier d'activités de réseautage et d'événements à tarif préférentiel, dont *Americana* et le Salon des TEQ ;
- Être admissible aux prix Distinctions remis annuellement ;
- Bénéficier des nombreuses occasions de réseautage, d'un accès au répertoire d'entreprises dans votre secteur et bien plus encore !

DES VILLES INTELLIGENTES ESSENTIELLES À L'ÉCONOMIE VERTE*



L'équipe de Réseau Environnement est fière de consacrer ce numéro de la revue *Vecteur Environnement* aux villes intelligentes! Nous savons que nos membres sont intéressés par ce sujet d'importance, et nous pensons que les villes intelligentes peuvent participer à la construction d'une économie verte*. De plus, il est démontré que l'utilisation des technologies intelligentes dans la gestion des opérations des municipalités peut avoir des effets bénéfiques sur les plans économique, environnemental et social : une gestion automatisée permet de diminuer les dépenses énergétiques, les innovations permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), et ce sont les citoyennes et les citoyens qui en sortiront gagnants en bénéficiant

d'un service bonifié par les innovations mises en place dans nos villes pour un avenir vert et durable**.

Réseau Environnement croit toujours que l'innovation technologique est au cœur du développement durable. Voilà pourquoi nous traitons de ces thèmes dans nos différentes activités, qu'il s'agisse des Programmes d'excellence, de la revue *Vecteur Environnement* ou de conférences lors de nos événements. À travers nos actions, nous permettons le partage de connaissances et de solutions concrètes pour mettre les technologies et l'innovation au service de l'environnement et de nos membres. Ainsi, c'est dans cet esprit que nous organisons tous les deux ans le Salon des technologies environnementales du Québec (teq). Cet événement est une véritable vitrine du savoir-faire en environnement du Québec et permet de découvrir les dernières innovations environnementales. Cette année, le Salon des teq a d'ailleurs présenté des sessions sur

les technologies et les villes intelligentes dans les différents secteurs; par exemple, des panels sur la gestion des opérations à distance (eau) ou sur l'électrification des transports pour réduire les GES, ou encore des conférences sur l'environnement et le développement durable à l'ère du numérique.

Nous souhaitons également accompagner et valoriser les entreprises émergentes qui jouent un rôle essentiel dans le développement d'innovations. Pour catalyser l'économie verte*, Réseau Environnement regroupe tous les types d'acteurs du domaine environnemental et offre un tarif adapté aux jeunes pousses pour faciliter leur participation à ses activités. Certains membres de l'association ont des besoins, d'autres des idées; c'est en nous rassemblant et en partageant nos expertises que nous sommes plus forts et que nous pouvons faire avancer les projets.

Alors, si vous avez des innovations ou des questions sur l'un de ces sujets, nous vous invitons à joindre Réseau Environnement afin que nous puissions promouvoir vos idées et vous soutenir. Vous n'êtes pas encore membre et souhaitez le devenir? Visitez le reseau-environnement.com. Au plaisir de vous rencontrer!

M. Mathieu Laneuville, ing., M. Sc. A.

Président-directeur général de Réseau Environnement

M. Martin Beaudry

Président du conseil d'administration de Réseau Environnement

* Comme le mentionne l'Institut de la Francophonie pour le développement durable dans son rapport intitulé *Économie verte – Guide pratique pour l'intégration des stratégies de l'économie verte dans les politiques de développement* (2015) : « Une économie verte est un véhicule pour le développement durable. C'est une économie qui se traduit par une amélioration du bien-être humain et de l'équité sociale, tout en réduisant considérablement les risques environnementaux et les pénuries écologiques. »

** Simard, J. (2015). *La ville intelligente comme vecteur pour le développement durable : le cas de la ville de Montréal*. Essai de maîtrise, Université de Sherbrooke, 64 p.

Colloques d'automne 2022

À vos agendas! À compter d'octobre prochain, assistez aux Colloques d'automne – organisés par Réseau Environnement – pour parfaire votre expertise dans plusieurs domaines et pour réseauter avec des expertes et experts en environnement. Toute l'équipe est fière de pouvoir vous accueillir en présentiel dans différents lieux. Les 4 et 5 octobre, rendez-vous au Centre de congrès et Hôtel Delta de Trois-Rivières pour participer au Colloque en gestion des matières résiduelles. Ensuite, les 1^{er} et 2 novembre prochains se tiendra l'incontournable Symposium sur la gestion de l'eau au Centre des congrès de Lévis et Hôtel Four Points by Sheraton. Finalement, le Colloque Sols et Eaux souterraines se tiendra le 7 décembre, où vous serez accueilli avec joie au Centre de congrès et Hôtel Delta de Sherbrooke.

RÉCENTES PRISES DE POSITION DE RÉSEAU ENVIRONNEMENT

Modernisation du système de collecte sélective et de consigne

À la suite de la consultation lancée par le gouvernement du Québec pour deux projets de règlements – l'un concernant la modernisation de la collecte sélective, et l'autre la modernisation de la consigne –, Réseau Environnement a soumis ses commentaires. Les deux mémoires, rédigés grâce au travail de comités formés spécialement pour l'occasion, préconisent plusieurs choses dans un souci de bâtir une économie verte : l'importance de miser sur l'information et la sensibilisation des Québécoises et Québécois, en déployant plusieurs campagnes diversifiées et destinées au grand public qui abordent les matières qui suscitent des questionnements, tout en évoluant dans le temps ; la nécessité d'investir dans les débouchés pour les produits récupérés afin d'augmenter les taux de valorisation locale ; l'importance d'être transparent concernant les données de la gestion des matières résiduelles, car c'est une façon supplémentaire d'informer les citoyennes et citoyens.

Mémoire pour le traitement in situ

Afin de proposer au ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) des pistes de solutions pour valoriser le traitement in situ au Québec, un comité d'expertes et d'experts a été formé. Le fruit du travail de ce dernier s'est traduit par la publication d'un mémoire qui soutient que pour favoriser une application plus fréquente du traitement in situ, il faudrait dans un premier temps faciliter son application. Pour ce faire, les recommandations suivantes ont été formulées : centraliser les demandes d'autorisation, permettre les certificats d'autorisation mobiles, envisager une déclaration de conformité comme « voie rapide », repenser les programmes d'aide financière à la réhabilitation, s'adapter aux limites technologiques et imposer les mêmes démarches administratives à tous les types de réhabilitation.

Rôle crucial de l'innovation dans le domaine de l'eau

Pour faire suite au premier mémoire et proposer des pistes de solutions afin d'améliorer l'implantation de nouvelles technologies en eaux usées, Réseau Environnement a créé un comité. Réunissant une trentaine d'expertes et d'experts de l'industrie et du milieu universitaire, il a eu pour mission de réfléchir à la manière de faciliter l'adoption de ces nouvelles technologies. Le comité a ainsi pris le temps d'étudier le processus complet concernant les nouvelles technologies en eaux usées afin de proposer des pistes de solutions pouvant être mises en place par le MELCC. La diversité des acteurs présents au sein des réflexions permet également d'assurer l'adhésion aux solutions lorsque celles-ci seront mises en place.

Pour consulter toutes les prises de position de Réseau Environnement, visitez le reseau-environnement.com/publications/memoires.

Formations en eau

Conçues pour appuyer les municipalités dans l'atteinte des objectifs de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable, nos formations en eau se sont réinventées cette année. Présentée en ligne, la formation sur la réduction des pertes d'eau dans les réseaux d'eau potable a permis de faire découvrir aux différentes cohortes les divers enjeux des municipalités québécoises, ainsi que les outils et les techniques pour assurer une meilleure gestion de l'eau potable au Québec.

Pour sa part, la formation sur l'installation des compteurs d'eau – aussi offerte de façon virtuelle – a donné toutes les clés aux participantes et participants pour qu'ils soient en mesure de connaître et de définir les règles nécessaires au déploiement fonctionnel des compteurs d'eau, de différencier les divers modèles de compteurs d'eau existants, de choisir leurs instruments de mesure et d'assurer une gestion efficace des parcs de compteurs d'eau.

43^e Colloque régional de Réseau Environnement

Le 16 juin prochain aura lieu le 43^e Colloque régional de Réseau Environnement dans la région du Bas-Saint-Laurent. De nombreux intervenants municipaux et spécialistes de la région œuvrant dans plusieurs domaines liés à l'environnement seront présents. Au programme, salon d'exposition et conférences à l'hôtel Universel de Rivière-du-Loup, où seront présentés des dossiers d'actualité, des expériences régionales inspirantes ainsi que des solutions à des défis actuels et futurs. La journée se clôturera par un cocktail suivi d'un souper.

Programme de formations de courte durée : investissement pour la création d'un nouveau volet

En mars dernier, le gouvernement a annoncé un investissement pour la création d'un nouveau volet au Programme de formations de courte durée (COUD), qui deviendra aussi accessible aux municipalités. Réseau Environnement est fier de constater que les efforts déployés depuis plus de deux ans sur le sujet de la pénurie de main-d'œuvre en environnement – et plus particulièrement dans le secteur de l'eau – ont été pris en considération par le gouvernement. C'est un grand pas pour les municipalités, qui emploient plus de 40 % des travailleurs des métiers de gestion de l'eau. Voilà un exemple concret illustrant notre mission d'agir en tant que catalyseur de l'économie verte.

Concours de la meilleure eau du Québec 2021

La Ville de Windsor sort victorieuse



PAR FRANCE GAUTRAIS
Coordonnatrice adjointe au secteur Eau,
Réseau Environnement

Dans le cadre de la 44^e édition du Symposium sur la gestion de l'eau, organisé par Réseau Environnement, la Ville de Windsor s'est vue remettre cette année le prix de la « Meilleure eau du Québec 2021 » pour son usine de filtration Marcel-Bédard. À ce sujet, Réseau Environnement a eu la chance de s'entretenir avec Francis Nicol, surintendant au traitement des eaux à la Ville de Windsor.

Pourriez-vous nous parler de votre parcours ainsi que de vos engagements au sein de l'usine de filtration Marcel-Bédard ?

J'ai tout d'abord obtenu mon diplôme d'études professionnelles en traitement des eaux du Centre de formation Paul-Gérin-Lajoie en 1996. Ensuite, de 1997 à 2007, j'ai travaillé pour la Ville de Magog comme opérateur au sein du Service de gestion des eaux. Par la suite, j'ai rejoint l'équipe de la Ville de Windsor comme technicien en traitement des eaux, où je suis devenu chef d'équipe en 2010, coordonnateur en 2014 puis surintendant de l'usine Marcel-Bédard en 2019. Depuis mon arrivée à l'usine, je me suis impliqué dans les différentes études qui nous ont permis d'effectuer la mise aux normes de nos installations de production d'eau potable, débutée en 2018.

Vous êtes les grands gagnants de l'édition 2021 du Concours de la meilleure eau du Québec. En quelques mots, qu'avez-vous ressenti lors de l'annonce de cette victoire ?

Un grand sentiment de fierté et de devoir accompli ! Nous avons parcouru beaucoup de chemin depuis l'étude de conformité de 2008 jusqu'à la mise aux normes de l'usine.

À votre avis, qu'est-ce qui a fait en sorte que la Ville de Windsor a gagné ce prix ?

Principalement deux choses : le charbon actif en poudre (CAP) et le mode de désinfection combinant les rayons ultraviolets (UV)



et la monochloramine. L'ajout de CAP en prétraitement nous permet d'enlever les matières qui causent les mauvais goûts et les odeurs, les rayons UV ne laissent aucun désinfectant résiduel, et la monochloramine – lorsqu'elle est bien dosée – ne cause aucun goût ni odeur contrairement à la chloration conventionnelle.

Qu'est-ce qui a dû être entrepris au sein de votre usine pour assurer cette victoire ?

Plusieurs paramètres ont contribué à la réussite du projet. Tout d'abord, grâce à la contribution de M. Jean-Luc Galang, ingénieur, nous nous sommes assurés que tous les techniciens et les cadres soient formés sur les changements apportés par la monochloramine. Cette mise à niveau a permis de créer une cohésion entre les différents services.

Par la suite, une campagne de sensibilisation sur les impacts de la monochloramine a été effectuée auprès des consommateurs. Elle faisait partie intégrante d'un plan pour l'implantation de la monochloramine, afin d'assurer le soutien de l'opération, mais aussi la coopération entre le Service du traitement des eaux et l'équipe sur le réseau d'aqueduc.

Pour terminer, la coopération entre les différentes parties prenantes – chef de projet responsable de la construction, firme d'ingénierie chargée de la surveillance du projet, équipe de l'usine de filtration – a été primordiale. En effet, c'est l'ensemble des acteurs impliqués qui assure le succès d'une opération d'une telle envergure.

« Au Québec, nous possédons collectivement une grande partie des ressources d'eau douce mondiale; nous avons donc la responsabilité de la protéger. »

Quels sont les obstacles auxquels vous avez dû faire face durant la mise aux normes de l'usine Marcel-Bédard ?

La mise aux normes consistait premièrement à changer le mode de désinfection dans le but de ne pas former de trihalométhanes (THM), puisque durant les périodes estivales, nous dépassions la norme du Règlement de la qualité de l'eau potable de 80 µg/L. Ensuite, comme l'usine avait été construite en 1971, plusieurs composantes avaient dépassé leur durée de vie utile; il était donc nécessaire de les moderniser.

Au total, 90 % des secteurs de l'usine ont été touchés par cette mise aux normes : les systèmes de dosage, les systèmes informatique et électrique, le laboratoire, le poste de surpression et les réservoirs d'eau potable ont bénéficié soit d'une réfection, soit d'un équipement neuf.

Durant ce processus, plusieurs obstacles ont dû être surmontés. Celui qui me vient en tête est certainement le remplacement de la prise d'eau brute par une nouvelle prise d'eau plus en profondeur en amont du barrage Charles. Pour ce faire, la firme mandatée pour ces travaux a réalisé un forage sur le côté de la rivière, ce qui a délogé de vieux sédiments situés au fond du cours d'eau et occasionné plusieurs problèmes sur le plan de la décantation. Par conséquent, nous avons dû apporter rapidement une modification à nos décanteurs à floccs lestés (Actiflo), qui consistait à introduire des gicleurs au fond des trémies des décanteurs pour permettre la recirculation du

sable et l'évacuation des boues vers l'égout. Bref, l'ingéniosité de l'équipe a été mise à rude épreuve durant cette période.

Dans un autre ordre d'idées, vous êtes membres du Programme d'excellence en eau potable – volet traitement (PEXEP-T) depuis 2015. Qu'est-ce que ce programme vous apporte ?

En plus de nous fournir d'importants outils d'optimisation, il nous permet d'échanger avec des professionnels qui travaillent sur le terrain partout au Québec et qui vivent des situations similaires aux nôtres. Ce partage de connaissances et la variété de formations données par des spécialistes nous permettent de demeurer dans un processus d'optimisation continue et de toujours être à l'affût des nouveautés. En fin de compte, cela nous permet de mieux effectuer notre travail au quotidien.

Pour conclure, avez-vous un dernier message à partager avec nos lecteurs ?

Cela fait plus de 25 ans que je travaille dans le domaine du traitement des eaux, et je suis bien placé pour savoir que produire une eau de qualité n'est pas chose facile. Au Québec, nous possédons collectivement une grande partie des ressources d'eau douce mondiale; nous avons donc la responsabilité de la protéger. Puisque nous sommes si privilégiés, soyons attentifs à notre consommation d'eau potable et faisons en sorte de protéger notre plus grande ressource collective! ●



L'équipe du traitement des eaux de la Ville de Windsor est fière de faire partie du PEXEP-T et d'avoir gagné le Concours de la meilleure eau du Québec en 2021!

2 Degrés

Un incubateur spécialisé en technologies propres



PAR ALEXANDRE GUINDON
Cofondateur et directeur général, 2 Degrés
alex@2degres.com

Devant l'urgence d'agir afin de lutter contre les changements climatiques et de bâtir une économie prospère, responsable et durable, 2 Degrés a fait reconnaître le secteur des technologies propres comme le 5^e secteur prioritaire de la Ville de Québec en 2020. Tour d'horizon de cet incubateur hautement spécialisé dans le domaine!

Les technologies propres – un processus, un produit ou un service – réduisent l'impact environnemental, favorisent la durabilité, et fournissent des biens qui utilisent moins d'énergie et de ressources que la norme de l'industrie. C'est un secteur très lucratif, qui prend de plus en plus d'ampleur.

Propulsé par un contexte social, environnemental, économique et politique démontrant la pertinence d'agir et d'avoir un impact concret, cet incubateur basé dans la Capitale-Nationale est né d'un rassemblement de jeunes gens d'affaires habités par un fort désir de créer des richesses durables. Hautement spécialisé en technologies propres, il a comme mission d'accélérer le développement de nouvelles entreprises, de stimuler la valorisation de la propriété intellectuelle, ainsi que de favoriser l'adoption de pratiques responsables grâce à un écosystème axé sur l'innovation ouverte, collaborative et durable.

Technologies propres : un secteur prioritaire

2 Degrés accompagne de jeunes pousses qui proposent une solution innovante démontrant un fort potentiel de croissance et d'impact dans les secteurs des énergies renouvelables, des matières résiduelles et de l'environnement (eau, air, sols). À travers la mutualisation des expertises et la mobilisation des collectivités, des institutions de recherche, des grandes entreprises, des PME, des jeunes entreprises et de différents paliers gouvernementaux, l'incubateur est convaincu qu'il a la capacité de favoriser l'essor de l'économie de demain, tout en luttant contre les changements climatiques – le plus grand enjeu de notre époque.



2 Degrés s'inscrit dans le contexte du Groupe des incubateurs-accélérateurs de Québec et est aujourd'hui reconnu comme l'incubateur du projet de Zone d'innovation InnoVitam, en plein développement dans la Capitale-Nationale, qui sera un carrefour de l'innovation de classe mondiale.

Un accompagnement sur mesure

L'offre de service est spécifiquement liée aux réalités, aux enjeux et aux besoins des nouvelles entreprises au stade de prédémarrage, et ce, jusqu'au démarrage. À travers leur parcours d'incubation, ces dernières disposent de ressources, d'équipements et de moyens nécessaires à leur développement. L'accompagnement proposé est hautement spécialisé et personnalisé en fonction des besoins de l'entreprise et de l'avancée des projets.

« [...] cet incubateur basé dans la Capitale-Nationale est né d'un rassemblement de jeunes gens d'affaires habités par un fort désir de créer des richesses durables. »

« La richesse de l'accompagnement proposé repose notamment sur un grand réseau de partenaires [...], ainsi que sur l'implication et la fidélité d'une communauté de professionnels et d'entrepreneurs engagés [...] »

La richesse de l'accompagnement proposé repose notamment sur un grand réseau de partenaires – tels que la Ville de Québec, l'Institut national de la recherche scientifique, Investissement Québec, Premier Tech et Norton Rose Fulbright –, ainsi que sur l'implication et la fidélité d'une communauté de professionnels et d'entrepreneurs engagés :

- Les ambassadeurs, des entrepreneurs en technologies propres inspirants et en pleine ascension qui partagent et conseillent les jeunes pousses à partir de leurs propres apprentissages, expériences et expertises;
- Les experts, qui accompagnent les entrepreneurs en fonction de leurs besoins dans différents champs d'expertise;
- Les entrepreneurs « en résidence », qui partagent leurs apprentissages et accompagnent les jeunes entreprises selon une approche interpersonnelle à forte valeur ajoutée.

L'incubateur, très axé sur le soutien, la contribution et l'accélération de nouvelles entreprises en technologies propres, cherche également à développer ses deux autres axes d'intervention – innovation et valorisation – en collaboration avec cette communauté pour trouver des réponses concrètes, viables et durables à de réels enjeux de société et de l'industrie. Il y arrive à travers des maillages et des activités favorisant l'innovation

ouverte et collaborative, ainsi que grâce à une approche structurée favorisant l'essor entrepreneurial et la mise en valeur des richesses collectives, telles que l'énorme potentiel intellectuel lié à ce secteur d'avenir.

De nouvelles jeunes pousses à accompagner

Un premier appel de projets lié au parcours d'incubation a été lancé au printemps 2021; plus de cinquante propositions ont été reçues! Après les délibérations du jury, six entreprises ont été sélectionnées (Hoola One; CLIMICALS; RegenEAU; Flaura, cuir végétal; Metheco; et GLA). Quatre d'entre elles poursuivent toujours leur parcours d'accompagnement.

Leurs idées sont innovantes et ambitieuses : développer des méthodes pour récolter des microplastiques sur les plages; commercialiser un bioplastique fait à partir de déchets alimentaires et agricoles; décarboner l'eau chaude résidentielle; transformer des résidus de pommes pour la création de cuir végétal.

Le deuxième appel de projets a été lancé au mois de février 2022, avec comme date limite le 6 avril. Un comité d'analyse et de pilotage s'est réuni pour une présélection des projets reçus, qui était basée sur une évaluation prenant en compte les aspects d'innovation, de marché, d'impact de développement entrepreneurial ainsi que de solidité, de viabilité et de potentiel. Les entreprises choisies ont ensuite pu présenter leur projet au jury final afin d'être officiellement sélectionnées pour prendre part au parcours d'incubation. La nouvelle cohorte a été annoncée au mois de mai (2degres.com/nos-incubes) et leur accompagnement a débuté dans la foulée.

Un troisième appel de projets est prévu au mois de septembre. 2 Degrés – qui a pour objectif d'accompagner jusqu'à 15 entreprises en technologies propres en 2022 – recherche des projets innovants en environnement qui visent à réduire l'empreinte carbone et à améliorer les procédés dans les secteurs de l'énergie, des ressources naturelles et des matières résiduelles. Restez à l'affût : plusieurs annonces sont à venir! ●

Avensys LA SOURCE PAR EXCELLENCE POUR TOUS VOS BESOINS EN INSTRUMENTATION



Wavelet^{MC} V2

Télémonitoring
via Web Sécurisé



Volucalc Hybrid CS

Surveillance et
optimisation pour
stations de pompage



LaserFlow^{MD}

Mesure de débit
sans contact pour
canaux ouverts



www.aversys.com | 888.965-4700

Conservation et utilisation efficace de l'eau

Mise à jour de la norme AWWA G480-20



PAR FRANCE GAUTRAIS
Coordonnatrice adjointe au secteur Eau,
Réseau Environnement

(Traduction libre permise par l'AWWA d'un article publié sur son site Web intitulé *What you need to know about the updated Water Conservation & Efficiency Program Operation & Management Standard (AWWA G480-20)*, écrit par Jennifer Shimmin, vice-présidente du Comité des normes de l'AWWA sur les pratiques de conservation de l'eau.)

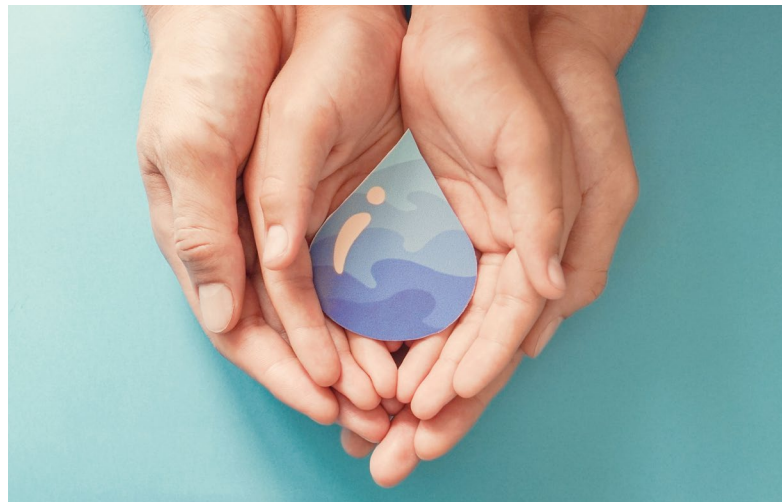
En Amérique du Nord, les programmes de conservation et d'utilisation efficace de l'eau jouent un rôle de plus en plus important. C'est la raison pour laquelle l'American Water Works Association (AWWA) a mis à jour en 2021 la norme AWWA G480-20, dans le but de faire face aux défis actuels et futurs.

Les changements climatiques, l'augmentation des coûts ainsi que les contraintes environnementales et législatives exercent une pression sur les réserves d'eau. Pour faire face à ces défis, les exploitants de service d'eau ont besoin de s'assurer que leurs efforts de conservation sont efficaces. Par exemple, certains d'entre eux veulent des conseils sur les éléments fondamentaux qui composent des programmes de conservation et d'utilisation efficace de l'eau réussis, tandis que d'autres désirent avoir un moyen d'évaluer leur programme par rapport à d'autres.

La première édition de la norme *ANSI/AWWA G480 Utility Management Standard on Water Conservation and Efficiency Program Operation and Management*, publiée en 2013, a permis d'offrir un standard dans l'industrie afin d'évaluer les différents programmes. Une version révisée est maintenant disponible, offrant aux services publics une nouvelle possibilité pour évaluer leurs programmes. Cette dernière – AWWA G480-20, publiée le 1^{er} février 2021 et disponible sur la boutique de l'AWWA – met à jour l'édition de 2013, incluant de nouvelles dispositions relatives aux compteurs d'eau, au contrôle des pertes d'eau, à la planification et à la gestion des eaux extérieures, etc.

Mises à jour de la norme

La norme AWWA G480-20 – entièrement volontaire – offre un ensemble complet de mesures pour les programmes de conservation et d'utilisation efficace de l'eau pouvant être



utilisées par les services publics afin d'évaluer leurs propres offres. Ces derniers peuvent adopter officiellement les normes de l'AWWA et chercher à se conformer à chaque exigence, ou bien simplement les utiliser comme recommandations.

L'AWWA G480-20 comprend les sections suivantes :

- Exigences réglementaires ;
- Fonctions organisationnelles, telles que le personnel et la planification ;
- Actions et exigences internes des services publics, telles que la mise en place de compteurs d'eau ou encore la facturation ;
- Composantes d'un programme de conservation et d'utilisation efficace de l'eau, telles que le calcul des bilans hydriques des territoires et les programmes de contrôle des pertes d'eau ;
- Exigences des politiques externes, telles que l'utilisation rationnelle de l'eau dans les codes et les normes de construction.

« Cette dernière – AWWA G480-20 [...] – met à jour l'édition de 2013, incluant de nouvelles dispositions relatives aux compteurs d'eau, au contrôle des pertes d'eau, à la planification et à la gestion des eaux extérieures, etc. »

Cette version révisée de l'AWWA G480-20 comprend des mises à jour et des améliorations importantes. Celles-ci comprennent notamment une nouvelle section sur l'intégration de mesures d'utilisation efficace de l'eau et d'aménagement du territoire, ainsi que des recommandations détaillées concernant les pénuries d'eau et les sécheresses, les pratiques liées aux compteurs d'eau, l'évaluation des pertes d'eau et la validation d'audits.

Vérification de la conformité

La nouvelle norme comprend une section axée sur la vérification de la conformité des programmes de conservation et d'utilisation efficace de l'eau. Afin d'être conforme, une mise à jour des programmes est exigée tous les cinq ans et celle-ci doit être mise à la disposition du public. De plus, ce processus de vérification de la conformité des programmes doit être réalisé de façon transparente et doit assumer l'entière responsabilité, deux éléments essentiels de toutes les normes de gestion des services publics de l'AWWA.

Les services publics peuvent demander un examen indépendant pour évaluer leur programme par rapport à la norme. L'une des façons de le faire est de travailler avec l'Alliance for Water Efficiency (AWE), qui offre un service indépendant de vérification de la conformité à ses membres. Afin de réaliser l'évaluation de conformité, l'AWE utilise une liste de contrôle comprenant différents éléments, tels que les documents de planification des

« La nouvelle norme comprend une section axée sur la vérification de la conformité des programmes de conservation et d'utilisation efficace de l'eau. »

actifs de l'eau, les plans de gestion des ressources en eau, les plans d'intervention dans le cas d'une pénurie d'eau, etc. Par la suite, selon leur efficacité, les services publics sont intégrés au tableau de classement G480 de l'AWE – Bronze, Argent, Or ou Platine – qui reconnaît les organisations exemplaires qui ont adopté et respecté la norme volontaire AWWA G480-20. Les services publics sont invités à contacter l'AWE directement pour obtenir la liste de contrôle afin d'entamer le processus.

Pour en savoir plus

La norme G480-20 de l'AWWA – très utile pour tous les exploitants de service d'eau qui cherchent à accroître le niveau de conservation et d'utilisation efficace de l'eau – est disponible en anglais sur le site Web de l'AWWA. Si vous désirez recevoir plus d'informations, contactez Frank Kurtz à l'adresse suivante : fkurtz@awwa.org. ●

Connaissez votre chemin à suivre.

Trouvez le chemin qui vous convient.

Neptune Technology Group vous aidera à avancer dans vos projets de métrologie de l'eau. Laissez-nous personnaliser une solution avec les dernières technologies de compteur d'eau ainsi que de relève mobiles et fixes afin que vous puissiez progresser à votre rythme. Améliorez vos opérations avec la toute nouvelle solution cellulaire de Neptune qui offre tous les avantages d'une solution avancée de relève de compteurs sans le fardeau de l'infrastructure d'un réseau.



NEPTUNE
TECHNOLOGY GROUP

neptunetg.com

Systèmes de pompage

Déconstruction de cinq mythes



PAR FRANCE GAUTRAIS
Coordonnatrice adjointe au secteur Eau,
Réseau Environnement

(Traduction libre permise par la WEF
d'un article publié dans le numéro de
novembre 2021 de la revue *Water Environment
& Technology*, écrit par Peter Gaydon, directeur
des affaires techniques, Hydraulic Institute.)

Les pompes représentent généralement 40 % de la consommation d'énergie des systèmes de fluides industriels. Ainsi, avant l'installation, il est très important de bien comprendre la technologie et ses exigences afin d'assurer sa réussite sur le plan opérationnel. Voici cinq mythes persistants dans le domaine des systèmes de pompage qu'il est grand temps de déconstruire !

Mythe 1 : L'achat et l'installation constituent les éléments les plus coûteux du cycle de vie complet d'un système de pompe.

En réalité, ce sont l'énergie et la maintenance qui sont responsables de la plus grande partie des dépenses. En effet, au cours de la durée de vie utile d'un système de pompage typique (plus de 20 ans), il est probable que plus de 65 % des coûts seront consacrés à son maintien en fonctionnement. À titre comparatif, l'achat et l'installation représentent moins de 20 % des coûts. Il est donc crucial de comprendre le coût total du cycle de vie d'un système de pompage, ainsi que la façon dont l'achat d'une pompe plus efficace – correctement sélectionnée pour le système – réduira les coûts au fil du temps.

Mythe 2 : Les pompes constituent souvent la source de l'inefficacité opérationnelle d'un système.

Les pompes offrent généralement des rendements relativement élevés. Toutefois, leur efficacité opérationnelle dépend fortement de la conception et du fonctionnement du système dans sa globalité. Par exemple, si la pompe utilisée fonctionne au maximum de ses capacités, mais que le système nécessite un débit et une pression inférieurs à ceux fournis par la pompe, le système fonctionnera de manière inefficace. En résumé, il faut donc respecter toutes les exigences du système.



Plus concrètement, la conception du système doit précéder la sélection de la pompe et prendre en considération la façon dont l'installation utilise l'énergie (ex. : en identifiant la taille et les débits idéaux de la pompe). Une bonne compréhension du niveau de pression requis pour un système – et de la façon dont il varie dans le temps – guidera la sélection et le contrôle optimal de la pompe. Après avoir pris en compte les différentes exigences du système, le programme d'évaluation énergétique mis en œuvre par l'association Hydraulic Institute fournit un outil qui aide à sélectionner les pompes les plus efficaces, en comparant les taux de consommation d'énergie des pompes et des systèmes sur le marché, et en donnant des conseils sur les économies d'énergie potentielles résultant des mises à niveau et des modifications du système. L'utilisation de ce

« Il est donc crucial de comprendre le coût total du cycle de vie d'un système de pompage, ainsi que la façon dont l'achat d'une pompe plus efficace – correctement sélectionnée pour le système – réduira les coûts au fil du temps. »

type d'outil, associée à une approche centrée sur le système, permettra d'obtenir de meilleurs résultats en matière d'efficacité énergétique et de maintenance.

Mythe 3 : La technologie utilisée pour les systèmes de pompage est peu sophistiquée et dépassée.

La technologie d'aujourd'hui a évolué; les pompes – et leur interaction avec le système – sont de plus en plus agiles. L'introduction de pompes intelligentes a permis de créer des systèmes adaptatifs qui connaissent les paramètres de performance de la pompe, qui peuvent analyser son activité en continu et ainsi faire les ajustements nécessaires en fonction de la demande. L'utilisation de ces connaissances et l'ajustement des paramètres de contrôle peuvent minimiser les temps d'arrêt et ainsi augmenter l'efficacité du système.

Mythe 4 : Les pompes sont inutilement surdimensionnées.

Si les pompes sont « surdimensionnées » – c'est-à-dire qu'un facteur de sécurité a été intégré –, c'est pour tenir compte de l'incertitude des besoins en débit et en pression, et parfois des demandes futures. Il est important de prendre en compte cette incertitude, car une pompe sous-dimensionnée par rapport à la demande sera de faible utilité.

Afin de limiter les effets néfastes d'une pompe surdimensionnée, il faut déterminer – lors de son installation et de sa mise en service – si le système peut être ajusté pour limiter les débits, si une turbine plus petite peut permettre de réduire la consommation d'énergie, et s'il y a un paramètre de contrôle qui peut être réglé afin de répondre aux exigences du système. Dans les systèmes dont les conditions sont variables, il est probablement avantageux d'acheter une pompe qui comprend un mécanisme d'entraînement à fréquence variable, ce qui peut également aider avec le surdimensionnement en réduisant la vitesse de fonctionnement maximale pour répondre aux exigences réelles du système.

Mythe 5 : Les variateurs de vitesse augmentent toujours le rendement des pompes.

Lorsque des conditions variables existent, il faut penser à restreindre le débit de la pompe à l'aide d'une vanne de régulation, un peu comme si l'on réglait la vitesse de la voiture avec le frein, mais sans lever le pied de l'accélérateur. Il ne fait aucun doute que le pompage à vitesse variable peut améliorer l'efficacité du système, mais il est faux de croire que le simple ajout d'un variateur de vitesse est suffisant. En réalité, il y a d'autres éléments à vérifier lors de la mise en œuvre de cette fonctionnalité : le système nécessite-t-il un fonctionnement variable; le système contient-il des instruments pour mesurer les différentes variables du système (pression, débit, puissance, température, etc.) ainsi qu'un mécanisme de rétroaction afin que la vitesse puisse être ajustée? Si ces éléments ne sont pas pris en considération, l'ajout d'un variateur de vitesse à une pompe n'entraînera pas d'économies d'énergie.

Pour une exploitation efficace

Les concepteurs d'installations, les gestionnaires, les ingénieurs et tous les autres professionnels des systèmes de pompage peuvent s'appuyer sur certaines figures industrielles (ex. : Hydraulic Institute) pour obtenir des conseils en matière de sélection et d'optimisation des pompes, ainsi que des renseignements sur les normes pour assurer leur efficacité opérationnelle.

Alors que l'industrie continue d'évoluer et de s'adapter à des demandes de production accrues et à des réglementations changeantes, une compréhension approfondie de la technologie des pompes favorisera une exploitation plus rentable et responsable. ●

« Alors que l'industrie continue d'évoluer et de s'adapter à des demandes de production accrues et à des réglementations changeantes, une compréhension approfondie de la technologie des pompes favorisera une exploitation plus rentable et responsable. »

iHydrant
par **CLOW**
CLOW CANADA

200 PSI
150 PSI
100 PSI
50 PSI
0 PSI

Pression **Température**

Avec des alertes en temps réel lors des changements de pression et de température, le système de surveillance à distance iHydrant rend votre réseau d'eau potable connecté. Rentabilisez votre investissement en détectant plus rapidement les bris et en prévenant les pertes d'eau. **Visitez le clowcanada.com pour en savoir plus.**

ANALYSES PUISSANTES. DONNÉES EXPLOITABLES.

Nous fabriquons au Canada et c'est important
Votre fournisseur de confiance de produits d'aqueduc de fabrication canadienne garantie.
iHydrant® est une division de McWane inc. | McWane | Pour des générations

Marchés locaux du recyclage État de la situation depuis le « National Sword »



PAR MARTINE GARIÉPY
Coordonnatrice du secteur Matières
résiduelles, Réseau Environnement

(Traduction libre permise par la Solid Waste Association of North America [SWANA] d'un court rapport intitulé *Recycling Markets Have Strongly Recovered Since National Sword*, publié en novembre 2021 sur son site Web.)



L'exportation de conteneurs canadiens remplis de déchets – soi-disant recyclables – qui transitent vers l'Asie a mauvaise presse depuis quelques années. En 2018, la Chine a pourtant fermé les portes aux matières recyclables des autres pays, ce qui a eu un impact positif sur les marchés locaux du recyclage. Portrait de la situation en Amérique du Nord !

En 2018, la Chine a appliqué une politique baptisée « National Sword », afin d'interdire l'importation de plusieurs matières recyclables, notamment le papier mixte et les plastiques mélangés. Cette initiative a de plus réduit le taux de contamination accepté à 0,5 % pour la ferraille et d'autres matières recyclables. Par la suite, la Chine a même interdit presque toutes les importations de ferraille et de matières recyclables, fermant ainsi les portes aux États-Unis et au Canada. La Chine étant un marché important pour les matières recyclables provenant d'Amérique du Nord et du monde entier, cette politique a entraîné une réduction importante de la demande et de la valeur de ces matières.

Plusieurs médias ont alors fait état du ralentissement des marchés du recyclage en 2018-2019 ainsi que des difficultés auxquelles les programmes de recyclage locaux faisaient face. Toutefois, peu d'articles ont abordé la forte reprise de la valeur des produits de base et l'impact positif des programmes de recyclage locaux (Fagan, 2021).

Les bonnes nouvelles

La valeur et la demande de produits recyclables issus des programmes municipaux de recyclage ont rebondi et atteignent – ou sont sur le point d'atteindre – des niveaux records aux États-Unis et au Canada. La valeur moyenne d'une tonne de matières mixtes récupérées dans les centres de tri de la Nouvelle-Angleterre a augmenté de 160 %, passant de 51,65 \$ en avril/

juin 2019 à 134,26 \$ en avril/juin 2021 (Northeast Recycling Council, 2021a). Waste Management a d'ailleurs récemment annoncé que les matières recyclables mixtes avaient atteint un taux supérieur à 130 dollars par tonne (\$/t) depuis septembre 2021, une augmentation de 30 \$/t par rapport à 2020. Voici les faits saillants liés aux marchés locaux du recyclage (tableau 1) :

- Le prix moyen pour une tonne de carton ondulé était de 171 \$ en septembre 2021, une hausse par rapport à 60 \$/t l'année précédente (Resource Recycling, 2021; Staub, 2021a);
- Le papier mixte se détaillait à 96 \$/t en 2021, comparativement à une moyenne de 18 \$/t en 2020 (Resource Recycling, 2020a et 2020b);
- Le prix du polyéthylène téréphtalate (PET) a presque quadruplé, passant de 130 \$/t en 2020 à plus de 500 \$/t en septembre 2021 (Resource Recycling, 2021).

Contexte des prix actuels

Actuellement, le prix global reçu en échange d'une tonne de matières recyclables en centre de tri est le deuxième montant le plus élevé au cours des 23 dernières années. C'est-à-dire qu'en 2021, il était à 123 \$/t, alors que la moyenne se situe à 91 \$/t (US EPA, 2020; Northeast Recycling Council, 2021a).

Pourquoi les prix du recyclage ont-ils augmenté ?

- De nouvelles technologies sont utilisées dans les usines de papier en Amérique du Nord : au cours des trois dernières années, des projets de modernisation ont été réalisés dans 15 usines. La majorité de ces modernisations est destinée aux usines produisant du carton doublure et du carton ondulé qui provient de boîtes de carton comme matière première (Northeast Recycling Council, 2021b).

- La pandémie de COVID-19 a modifié le comportement du public : les écoles et les entreprises étaient fermées à travers les États-Unis et le Canada, éliminant ainsi une source de carton relativement propre et d'autres fibres. En revanche, les consommateurs ont multiplié les achats en ligne, ce qui a augmenté la production résidentielle de carton ondulé. La combinaison de ces deux facteurs a contribué à l'accroissement de la demande de matières recyclables résidentielles.
- Les exportations de fibres récupérées ont augmenté de manière considérable au cours des six premiers mois en 2021 : soulignons qu'il existe un modèle commercial relativement nouveau aux États-Unis où la fibre récupérée est transformée en pâte, puis envoyée à l'étranger (Staub, 2021b).
- Les grandes marques de boissons gazeuses ont fixé des taux minimums de contenu recyclé afin d'augmenter le recyclage de leurs emballages plastiques : par exemple, selon The Recycling Partnership, la campagne *Every Bottle Back* – lancée conjointement par les compétiteurs Coca-Cola, Pepsi et Keurig Dr Pepper – permettra de récupérer 80 millions de livres supplémentaires de PET par année, ce qui aura un impact direct sur 23 millions d'Américains (The Recycling Partnership, 2019). Cette initiative est soutenue par The Closed Loop Fund et le World Wildlife Fund. Au cours de la première année, des investissements ont été faits dans des projets au Texas, en Oklahoma et au Wisconsin, qui aideront plus de 349 000 ménages à recycler près de 38 millions de livres supplémentaires de PET.

Les apprentissages

La hausse actuelle des prix des matières issues des marchés du recyclage est une bonne nouvelle pour les gestionnaires de l'industrie qui ont dû faire face au double défi de l'opération chinoise « National Sword » et de la pandémie de COVID-19. La demande et les prix actuels du marché nous rappellent que les programmes de recyclage municipaux jouent un rôle essentiel dans la fourniture de matières recyclées aux fabricants pour la production de biens et services.

Le marché des matières recyclées a toujours connu d'importantes fluctuations dues aux changements de la demande des consommateurs et à la capacité des fournisseurs de matières recyclées à concurrencer économiquement les fournisseurs de matières premières. Le financement durable des programmes de recyclage a été entravé par la perception erronée selon laquelle les recettes du recyclage seront toujours suffisantes pour couvrir

les coûts du programme, et que les frais de traitement ne doivent pas être pris en compte. Les gestionnaires de programmes de recyclage devraient donc reconnaître les fluctuations historiques des prix associés aux marchés des matières recyclées, mais également intégrer les frais de traitement dans leurs modèles économiques, afin de rendre les programmes de recyclage plus durables. ●

Photo de la page 50 : gracieuseté de la Ville de Denton, au Texas (2021).

Références

Fagan, M. (2021). *Recycling revenues have roared back for New Jersey towns. Here's why.* En ligne : northjersey.com/story/news/passaic/clifton/2021/09/24/new-jersey-recycling-revenue-increase-means-towns-recoup-more-money/5815594001.

Northeast Recycling Council (2021a). *Report on Blended MRF Commodity Values in the Northeast: Period Covered April 1 – June 30, 2021.* En ligne : nerc.org/news-and-updates/nerc-bulletin/september-2021?showyear=2021#mrfreport.

Northeast Recycling Council (2021b). *Domestic Recycled Paper Capacity Increases.* En ligne : nerc.org/news-and-updates/nerc-bulletin/june-2021?showyear=2021#paper.

Resource Recycling (2020a). *Post-consumer fiber bales increase in value.* En ligne : resource-recycling.com/recycling/2020/09/15/post-consumer-fiber-bales-increase-in-value.

Resource Recycling (2020b). *Recycling paper prices stay low.* En ligne : resource-recycling.com/recycling/2020/01/14/recycled-paper-prices-stay-low.

Resource Recycling (2021). *Recycled paper prices continue uptick as plastic levels off.* En ligne : resource-recycling.com/recycling/2021/09/14/recycled-paper-prices-continue-uptick-as-plastic-levels-off.

Staub, C. (2021a). *Paper mills foresee higher OCC prices this year.* En ligne : resource-recycling.com/recycling/2021/06/02/paper-mills-foresee-higher-occ-prices-this-year.

Staub, C. (2021b). *Scrap paper exports jump 21% in first half of year.* En ligne : resource-recycling.com/recycling/2021/08/10/scrap-paper-exports-jump-21-in-first-half-of-year.

The Recycling Partnership (2019). *America's Leading Beverage Companies Unite to Reduce New Plastic Use & Increase Collection of Their Valuable Bottles Through "Every Bottle Back" Initiative.* En ligne : recyclingpartnership.org/everybottleback.

US EPA (2020). *Historical Recycled Commodity Values.* En ligne : epa.gov/sites/default/files/2020-07/documents/historical_commodity_values_07-07-20_fnl_508.pdf.

TABLEAU 1

Prix par tonne de matières recyclables

MATIÈRES RECYCLABLES	PRIX PAR TONNE (\$)	
	Sept. 2020	Sept. 2021
Emballages faits de carton ondulé	60 \$	171 \$
Papier mixte (PS-54)	18 \$	96 \$
Polyéthylène à haute densité naturel (PEHD)	1 100 \$	2 169 \$
Polyéthylène téréphthalate (PET)	130 \$	511 \$
Polypropylène	105 \$	663 \$
Canettes de boisson en aluminium	915 \$	1 550 \$
Canettes de boisson en acier	78 \$	250 \$

Guerre en Ukraine : ennemie du climat

Les enjeux cruciaux de l'accès à l'énergie sont revenus à l'avant-scène depuis l'invasion de l'Ukraine. En mars dernier, António Guterres, le secrétaire général des Nations Unies, a donné un avertissement sans équivoque. En raison de ses répercussions majeures sur les politiques énergétiques, l'invasion de l'Ukraine risque de retarder encore plus la transition énergétique, ce qui serait dramatique pour le climat. Cette guerre pourrait bien accélérer le virage toujours trop lent vers cette transition, mais elle risque aussi de nuire aux négociations climatiques, qui peinent déjà à placer la planète sur une trajectoire viable (*Le Devoir*, 26 mars 2022).



Brésil : des milliards de dollars investis dans les énergies renouvelables

Dans la course vers la carboneutralité, le bilan énergétique du Brésil se démarque avantageusement : l'accès à l'électricité est presque assuré dans tout le pays et les énergies renouvelables répondent à près de 45 % de la demande d'énergie primaire, ce qui fait de l'économie brésilienne l'une des plus sobres en carbone. En 2021, les nouveaux investissements en énergies renouvelables se sont élevés à plus de 11,5 milliards de dollars. La stratégie d'attraction d'investissements étrangers du Brésil en fait d'ailleurs un secteur prioritaire. Celle-ci est soutenue par plusieurs modernisations législatives qui accélèrent la libéralisation du marché de l'électricité et contribuent à offrir un environnement d'affaires plus stable. En juillet dernier, le gouvernement fédéral brésilien a lancé un processus visant à accroître la privatisation d'Eletrobras, la plus importante entreprise du secteur électrique d'Amérique latine. La participation de l'État devrait ainsi passer de 60 % à 45 % et accroître la capacité d'investissement de l'entreprise (*Les Affaires*, 1^{er} avril 2022).



Sauver la nature : protéger 30 % de la planète n'est que le début

Des délégations du monde entier se sont réunies en mars dernier à Genève pour élaborer un accord sur la protection de la biodiversité, qui a été adopté par la suite à la COP15 de la Convention sur la diversité biologique en Chine. Les ONG espèrent que ce dernier permettra de stopper le saccage de la nature. Une coalition de 91 pays veut protéger au moins un tiers des terres et des océans d'ici 2030 au niveau mondial, un objectif surnommé 30x30 et repris dans le texte négocié. Toutefois, cet objectif visant à mieux protéger la biodiversité n'est qu'une partie de l'équation, avertissent des participants. Il faudra aussi que l'accord s'assure que les aires protégées sont gérées efficacement et équitablement. Ce sujet est particulièrement sensible pour les peuples autochtones qui – selon un rapport récent des experts climats de l'ONU – vivent sur des territoires abritant 80 % de la biodiversité restante sur Terre (*La Presse*, 29 mars 2022).



Forêts anciennes : Joe Biden ordonne leur protection

Le 22 avril dernier, à l'occasion de la Journée de la Terre, le président américain Joe Biden en visite à Seattle a ordonné la protection des forêts anciennes des États-Unis, considérées comme cruciales dans la lutte contre les changements climatiques. Son décret, qui sera signé dans l'État de Washington – très boisé et aux paysages souvent spectaculairement sauvages – reconnaîtra l'importance des forêts anciennes américaines, mais aussi leur vulnérabilité aux incendies, toujours plus intenses. Joe Biden exigera des responsables fédéraux un inventaire des forêts anciennes d'ici un an, ainsi que l'identification des menaces portées à ces arbres. « Les forêts américaines sont une solution climatique clé, absorbant une quantité de dioxyde de carbone équivalant à 10 % des émissions américaines annuelles de gaz à effet de serre », a indiqué la Maison-Blanche dans un communiqué (*Geo*, 22 avril 2022).

Réveillons-nous!

Edgar Morin – Éditions Denoël – 80 pages

Comment admettre que – en dégradant l'écologie de notre planète – nous dégradons nos vies et nos sociétés? Comment concevoir l'aventure inouïe de notre humanité? Est-ce une course à la mort ou à la métamorphose? L'auteur alerte sur l'urgence d'agir face à la crise climatique. Il appelle à mettre en place, rapidement et de manière systématique, une politique écologique.



Un monde qui fond : le vivant en montagne

Camille Belsoeur – Arkhê – 224 pages

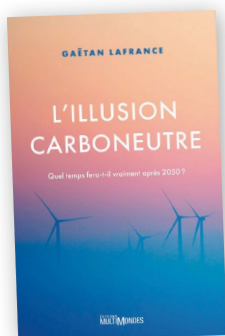
La montagne, sauvage, est le miroir inversé d'une société vide de sens et aseptisée. Le réchauffement climatique y est deux fois plus rapide que dans la plaine. Chaque jour, ses glaciers fondent et son écosystème se dérègle en silence. L'auteure a suivi la piste d'animaux, souvent méconnus, et leur a donné une voix : ils racontent un monde en voie de disparition, mais aussi un vivant avec lequel l'homme peut renouer s'il s'en donne les moyens.



L'illusion carboneutre : quel temps fera-t-il vraiment après 2050?

Gaëtan Lafrance – Éditions MultiMondes – 236 pages

Les modèles qui annoncent le climat futur sont sans équivoque : ça va chauffer. Pour éviter le désastre climatique d'une hausse supérieure à 2 °C, freiner les émissions de gaz à effet de serre est devenu une nécessité. Mais réussira-t-on vraiment à se passer de charbon, de pétrole, de gaz naturel? Quelle place pourraient alors prendre le solaire, l'éolien, les bioénergies, le nucléaire et l'hydrogène dans la transition énergétique et écologique qui s'impose?



À l'aube de la 6^e extinction : comment habiter la Terre

Bruno David – Éditions Grasset – 256 pages

Alors que les effets du réchauffement climatique se font désormais ressentir, l'auteur expose les dangers moins visibles menaçant la vie sur Terre, comme la disparition de nombreuses espèces qui signe le commencement d'une sixième extinction. Il met en cause la surconsommation croissante d'espace et d'énergie par l'homme, dont la survie dépend aussi de l'équilibre des écosystèmes.



Envie de lecture pertinente en environnement?

Abonnez-vous à *Vecteur Environnement* pour seulement 55 \$ par année!

Vous êtes plutôt du genre techno?

Choisissez la version électronique pour seulement 25 \$.

Visitez le www.reseau-environnement.com.

Vecteur Environnement est publiée quatre fois par année.



JUIN, JUILLET ET AOÛT 2022

QUÉBEC ET CANADA

Formations de patrouilles environnementales

Webinaire

2 et 3 juin

[reseau-environnement.com/
evenements](http://reseau-environnement.com/evenements)

RTESE'22 – 6th International Conference of Recent Trends in Environmental Science and Engineering

Niagara Falls (Ontario)

5 au 7 juin

rtese.com

Global Energy Show 2022

Calgary (Alberta)

7 au 9 juin

globalenergyshow.com

Formation sur la réduction des pertes d'eau dans les réseaux d'eau potable

Webinaire

8 et 9 juin

[reseau-environnement.com/
evenements](http://reseau-environnement.com/evenements)

43^e Colloque régional de Réseau Environnement

Rivière-du-Loup (Québec)

16 juin

[reseau-environnement.com/
evenements](http://reseau-environnement.com/evenements)

ÉTATS-UNIS

ACE 2022

San Antonio (Texas)

12 au 15 juin

awwa.org/ace

Midwest Renewable Energy Association 31st Annual Energy Fair

Custer (Wisconsin)

24 au 26 juin

theenergyfair.org/tickets

A&WMA Conference & Exhibition 2022

San Francisco (Californie)

27 au 30 juin

awma.org/ace2022

INTERNATIONAL

ENVEX 2022 – 43rd International Exhibition on Environmental Technology and Green Energy

Séoul (Corée du Sud)

8 au 10 juin

envex.or.kr/eng/main/index.asp

TECMA 2022 – International Urban Planning and Environment Fair

Madrid (Espagne)

14 au 16 juin

ifema.es/en/tecma

INTERSOL 2022 – Congrès-exposition international sur les sols, les sédiments et l'eau

Lyon (France)

21 au 23 juin

webs-event.com/fr/event/intersol

Water Expo Nigeria 2022 – 4th International Water & Waste Water Exhibition

Lagos (Nigeria)

5 au 7 juillet

elanexpo.net/waweexpo

IE expo Chengdu 2022 – West China's Leading Trade Fair for Environmental Technology Solutions: Water, Waste, Air and Soil

Chengdu (Chine)

13 au 15 juillet

cd.ie-expo.com

Waste Technology India Expo 2022

Noida (Inde)

13 au 15 juillet

wastexpoindia.com

REMP LISVERT.COM



#REMP LIS
VERT } REMPLIS TON VERRE
SAUVE TA TERRE

UNE INITIATIVE

ÉCOLOGIQUE | SANTÉ | GRATUITE

Bénéfique pour tous et pour la planète

Plus de

550 points

au Québec

**27 000
points**

au Canada



FAISONS
ENSEMBLE
PARTIE DU
MOUVEMENT !

W

BLUEW.ORG

FIERS PARTENAIRES :



Québec



Municipalité **Écon'eau**

Reconnaissance et échanges
en économie d'eau



Outils



Stimuler



Reconnaître



Réseau
Environnement

Affaires municipales
et Habitation

Québec

