

La revue
des spécialistes de
l'environnement
au Québec

Volume 53 • Numéro 1
Mars 2020

Vecteur Environnement



DOSSIER
**INONDATIONS :
DES OUTILS POUR
ÊTRE PLUS RÉILIENTS**

- Inondations : c'est aussi des tonnes de débris à gérer !
- Risques liés aux inondations : la CMM à l'œuvre pour assurer un meilleur encadrement
- Gestion des risques d'inondation : par la protection des milieux naturels
- INFO-Crue : des cartographies pour la gestion des risques d'inondation

PUBLIÉE PAR :

01



On a tous une entreprise à faire grandir.

01 —

Notre équipe d'experts en financement accompagne les entreprises québécoises depuis plus de 35 ans dans leurs projets les plus ambitieux.

Du financement d'entreprise sur mesure, des prêts sans prise de garantie et un partenaire à long terme, c'est ce que le Fonds de solidarité FTQ peut offrir aux entrepreneurs d'ici.

On est prêt à s'investir avec vous pour inventer l'économie de demain.

On a tous un Fonds de solidarité.

fondsftq.com/entreprise

CHRONIQUES

Tour d'horizon	58
L'exploitant	60
AWWA	62
WEF	64
SWANA	66
Actualité internationale	68
À lire	69
À l'agenda	70

Vecteur
Environnement

est publiée par :

Réseau Environnement

255, boul. Crémazie Est
Bureau 750
Montréal (Québec) H2M 1L5
CANADA
Téléphone : 514 270-7110
Ligne sans frais : 1 877 440-7110
vecteur@reseau-environnement.com
www.reseau-environnement.com

Éditeur

Paul Goret

Comité de direction

Michel Beaulieu, secteur Sols et Eaux souterraines
Pierre Benabidès, secteur Matières résiduelles
Marie-Hélène Gravel, secteur Matières résiduelles
Joëlle Roy Lefrançois, secteur Biodiversité
Nicolas Trottier
Céline Vaneckhaute, secteur Eau

Avec la collaboration de :

Marion Audouin, Candice Baan, Mario Boulianne, Hervé Caltran,
Yves Comeau, Karine Dancose, Leila Faham, Francis Fortin, Stéphane
Gagnon, Mahotia Gauthier, Brigitte Geoffroy, Philippe Giasson, Chloé
Gourde-Bureau, Noémie Groleau, Ariel Guindon-Grenon, Satinder
Kaur Brar, Samuelle Landry Levesque, Antoine Laporte, Marie-Ève
Larouche, Audrey Lavoie, Vinayak Laxman Pachapur, Yann Le Bihan,
Charles Leclerc, Jean-François Lussier, Cédric Marceau, Christophe
Massamba, Sandra Messih, Éric Morissette, Alexandre Pelletingas,
Frédéric Segur, Richard Turcotte.

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.

FSC position
pour Maska

100%

Dossier
Inondations : des outils pour être
plus résilients

INONDATIONS

C'est aussi des tonnes de débris à gérer!

RISQUES LIÉS AUX INONDATIONS

La CMM à l'œuvre pour assurer un meilleur encadrement

GESTION DES RISQUES D'INONDATION

Par la protection des milieux naturels

INFO-CRUE

Des cartographies pour la gestion des risques d'inondation

ENTREVUE

Stockholm Junior Water Prize

Rencontre avec deux jeunes femmes inspirantes

EAU

Les infrastructures « grises-vertes »

Solutions aux problèmes de refoulements d'égouts et de surverses

MATIÈRES RÉSIDUELLES

Gestion des matières résiduelles

Bilan 2018 de la performance du Québec

AIR, CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET ÉNERGIE

Efficacité énergétique des bâtiments

Récupération de la chaleur des équipements de refroidissement

SOLS ET EAUX SOUTERRAINES

Certification de technicien en caractérisation et réhabilitation agréé

Un besoin de l'industrie

BIODIVERSITÉ

Métropole de Lyon

Capitale française de la biodiversité 2019

ARTICLE SCIENTIFIQUE

Analyse de la qualité de l'eau potable dans un réservoir de distribution

La modélisation CFD

ARTICLE TECHNIQUE

Production de biohydrogène à partir de glycérol

Développement d'une approche par fermentation bactérienne

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE RÉSEAU ENVIRONNEMENT

Président

André Carange

Présidente sortante

Karine Boies
Cain Lamarre

Secrétaire-trésorier

Yves Gauthier

Vice-président,
secteur Air, Changements
climatiques et ÉnergieNicolas Turgeon
Centre de recherche industrielle du
Québec

Vice-président, secteur Biodiversité

Hugo Thibaudeau Robitaille
T² Environnement

Vice-présidente, secteur Eau

Marie-Claude Besner

Ville de Montréal

Vice-présidente,
secteur Matières résiduelles

Marie-Caroline Bourg

EnviroRcube

Vice-président,
secteur Sols et Eaux souterraines

Philippe Giasson

Enutech inc.

Administrateur

Jonathan Mongrain
Services publics et
Approvisionnement Canada

Administrateur

Robert Dubé
Atout Recrutement

Administrateur Relève

Yannick Castel-Girard
WSP Canada inc.

Président du comité régional

Abitibi-Témiscamingue

Poste vacant

Présidente du comité régional
Bas-Saint-Laurent /
Gaspésie-Îles-de-la-MadeleineGeneviève Pigeon
Ville de Rivière-du-LoupPrésident du comité régional
Capitale-Nationale / Chaudière-
AppalachesJean-Louis Chamard
GMR International inc.

Président du comité régional

Côte-Nord
Poste vacant

Présidente du comité régional

Estrie

Léonie Lepage-Ouellette
Conseil régional de
l'environnement de l'Estrie

Président du comité régional

Outaouais

Benoît Delage
Conseil régional de l'environnement
et du développement durable de
l'Outaouais

Président du comité régional

Mauricie / Centre-du-Québec

Poste vacant

Présidente du comité régional

Montréal
Elise Villeneuve
EnviroRcube

Présidente du comité régional

Saguenay-Lac-Saint-Jean
Josée Gauthier
Groupe Coderr

Présidente-directrice générale

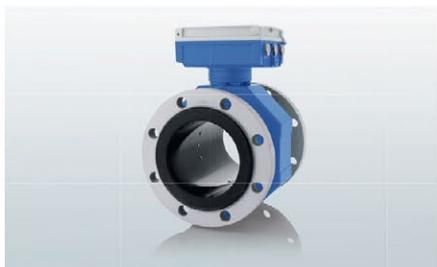
de Réseau Environnement
Christiane Pelchat

Nous savons que votre défi est d'optimiser l'efficacité des installations dans le respect des normes et des exigences légales.

RESPECTER + ÉCONOMISER

Vous atteignez vos objectifs d'efficacité et réduisez vos coûts sans compromis sur la qualité de l'eau.

Proline Promag W 0 x DN à passage intégral – Le premier débitmètre électromagnétique au monde pour des mesures sans restriction



- Mesure fiable – indépendamment du profil d'écoulement et de l'emplacement de montage
- Le premier et unique débitmètre électromagnétique sans longueur droite amont/aval (0 x DN), sans restriction du tube de mesure (passage intégral) et donc sans perte de charge
- Installation directement après des coudes, parfait pour un montage dans des espaces réduits et sur des skids

Vous voulez en savoir plus ?
www.ca.endress.com/5W4C

Endress+Hauser 
People for Process Automation

Inondations : des outils pour être plus résilients

Le Québec a été frappé ces dernières années par plusieurs phénomènes météorologiques extrêmes, dont les inondations de 2017 et de 2019. Ce type de catastrophes naturelles – le plus fréquent au Québec – affectent les communautés et la santé des populations touchées, mais aussi l'environnement bâti et l'économie. Si le lien entre les changements climatiques et les crues était autrefois discutable, il est aujourd'hui de plus en plus difficile de le nier; l'urgence d'agir est enfin devenue une certitude.

Certains facteurs – comme l'augmentation des températures et une plus grande fréquence des cycles de gel-dégel – peuvent expliquer en partie l'augmentation de ces phénomènes. Dans ce contexte, il devient donc indispensable d'instaurer des stratégies d'adaptation. Ce dossier portera sur différents outils mis en place afin d'augmenter notre résilience face aux changements climatiques et de réduire la vulnérabilité des populations riveraines.



Inondations

C'est aussi des tonnes de débris à gérer!

Subir une inondation est d'abord un défi humain, où la sécurité des habitants est la priorité. Les villes sont souvent prises au dépourvu, et l'état d'urgence est généralement lancé. Une fois les eaux retirées, c'est la course au nettoyage. Or, les inondations sont parmi les désastres les plus destructeurs lorsqu'il est question de gestion des débris après sinistre. Et les villes de Gatineau et de Laval le savent trop bien.



PAR **SANDRA MESSIH**, M. Sc. Env.
Directrice des opérations, Chamard stratégies
environnementales
s.messih@chamard-env.com

PAR **LEÏLA FAHAM**, M. Env.
Coordonnatrice environnement – Gestion des
matières résiduelles, Ville de Laval

ET PAR **CHLOÉ GOURDE-BUREAU**, B. Sc.
Chargée de projet au PGMR, Ville de Gatineau

Touchées sévèrement par des inondations, notamment en 2017 et 2019, ces villes ont dû s'organiser rapidement afin de mettre en place des systèmes de gestion efficace de ces importantes quantités de débris. En quelques jours seulement, des centaines d'électroménagers hors d'usage s'accumulent, des amoncellements de débris de toutes sortes apparaissent un peu partout dans les villes, sans compter des centaines de milliers de sacs de sable qui doivent être gérés...

Les quantités de débris générés après un sinistre sont souvent importantes et soudaines, nécessitant une gestion particulière. D'année en année, les systèmes en place se précisent, se structurent, s'ajustent, et ce, afin de se préparer pour la prochaine crise. Les autorités locales des villes de Gatineau et de Laval ont

« Dans le cas d'une inondation, la prévention et la préparation à l'éventuelle crise sont des étapes primordiales qui peuvent avoir un impact sur les quantités de débris générés. »

pu mettre en place, au fil des ans, des modes de gestion des débris après sinistre par leur propre initiative. En effet, il incombe aux municipalités locales d'élaborer un plan de sécurité civile qui permettra la mise en œuvre des mesures de prévention, de préparation, d'intervention et de rétablissement prévues dans le schéma régional de sécurité civile (MSP, 2008). La gestion des débris fait partie des mesures à mettre en place, mais les ressources pour venir en aide aux organisations municipales sont limitées, voire inexistantes.

En 2018, la section québécoise de la Solid Waste Association of North America (SWANA) a publié un guide sur la gestion des débris après sinistre (SWANA, 2018) afin d'offrir des outils concrets aux organisations municipales dans la gestion de leurs matières résiduelles après un sinistre. Toutefois, lors des inondations de 2017, les villes de Laval et de Gatineau ne possédaient pas ce précieux outil de gestion... Et pourtant, elles ont réussi à mettre en place un système qui fonctionne et qui continuera de se bonifier au fil des ans.

Gestion à toutes les phases de la crise

En 2017 et 2019, les villes de Laval et de Gatineau ont été parmi les organisations municipales les plus touchées par les crues printanières. Bien que les cellules de gestion de crise soient généralement bien structurées en matière de sécurité civile, ce n'était pas le cas de la gestion des débris après un sinistre. Pourtant, cette étape est étroitement liée au retour à la normale de milliers de citoyens; elle est donc d'une grande importance, et ce, à toutes les phases de la crise. En effet, les besoins, les risques, la nature des débris à gérer et les possibilités d'intervention évoluent et sont fort différents avant, pendant et après le retrait des eaux.

Avant

« Le meilleur déchet est celui que l'on ne produit pas. » Dans le cas d'une inondation, la prévention et la préparation à l'éventuelle crise sont des étapes primordiales qui peuvent avoir un impact sur les quantités de débris générés. En effet, des sinistres comme les inondations sont relativement prévisibles et il est possible d'agir en amont de la crise. Les villes de Gatineau et de Laval ont su mettre en place un programme de communication particulièrement complet et efficace pour bien appuyer et guider la population dans leurs préparatifs, et ainsi limiter les dégâts au maximum lors de la montée des eaux. À titre indicatif, la Ville de Laval a distribué 200 000 sacs de sable en 2017, et environ 850 personnes ont été sinistrées et 300 ont dû évacuer leur domicile. En 2019, c'est 400 000 sacs de sable qui ont été fournis, et le nombre de sinistrés a été d'environ 600 personnes pour seulement 125 évacuations. L'impact d'une bonne préparation avant la montée des eaux est donc significatif.

Pendant

Plusieurs niveaux d'intervention ont été nécessaires pour les villes de Laval et de Gatineau, et ce, selon le niveau des eaux. Pendant l'inondation, lorsque les résidences étaient inaccessibles, la collecte des matières résiduelles a été complètement

interrompue. L'objectif des villes était donc d'offrir ce service dès que possible. À Laval, un plan de collecte et de transport des débris sécuritaire et flexible a été élaboré afin de desservir les zones inondées. Les heures de collecte ont été prolongées et des jours de collectes additionnels ont été prévus pour offrir un service aux citoyens en continu, le tout en collaboration avec les gestionnaires du lieu d'élimination. Des équipes d'éboueurs et des camions de collecte ont été ajoutés à mesure du besoin, incluant la fin de semaine. Dans les secteurs fortement touchés par les inondations, une collecte spéciale se faisait dès que le niveau d'eau le permettait; des éboueurs munis de botes-salopette assuraient la collecte des déchets, sauf certains résidus de construction, de rénovation et de démolition (CRD) et les résidus domestiques dangereux (RDD) qui nécessitaient une gestion particulière. Afin d'accélérer les opérations de collecte et de réduire le temps de transport vers le lieu d'élimination, un site de transfert temporaire a été désigné pour y déposer les plus gros déchets. Cela a permis de faire une économie de temps et d'augmenter le nombre de voyages de camion.

À Gatineau comme à Laval, des conteneurs à ordures de type *roll-off* ont été installés temporairement à des endroits stratégiques à proximité des secteurs inondés, et ce, afin de permettre aux sinistrés d'y déposer leurs débris. L'emplacement des conteneurs était validé par le Service de sécurité incendie. Pour les deux villes, les modes de gestion des débris sont fort similaires. Cette méthode est fréquemment observée en Amérique du Nord et est notamment recommandée par la SWANA et l'Environmental Protection Agency. Toutefois, les villes de Gatineau et de Laval ont dû faire face à quelques problématiques au cours des crues de 2017 :

- Utilisation abusive des conteneurs : les citoyens non sinistrés ont utilisé abondamment les conteneurs, notamment pour réaliser leur ménage printanier;
- Débordements fréquents : le suivi du degré de remplissage des conteneurs était plus complexe que prévu avec l'entrepreneur responsable de leur collecte;
- Risques environnementaux : des matières dangereuses ont été manipulées et mélangées aux autres débris par les citoyens;
- Élimination systématique du contenu des conteneurs : il n'y a eu aucune récupération des matières résiduelles accumulées;
- Observations de problématiques inusitées :
 - La Ville de Laval a dû faire face à la présence d'un pyromane qui a fait flamber le contenu de plusieurs conteneurs;
 - À Gatineau, des déplacements mystérieux de conteneurs ont été effectués par des citoyens afin de les rapprocher de leurs demeures. Un problème de traçabilité a vite été constaté.

Pour contrer ces problèmes, plusieurs bonifications ont été apportées aux modes de gestion développés par les autorités locales. Ainsi, en 2019, la situation s'est grandement améliorée, le nombre de dépôts sauvages a diminué et les quantités enfouies ont été nettement réduites. À titre d'exemple, la Ville



Accumulation de sacs de sable pour la collecte spéciale (inondations 2019).

© Ville de Gatineau

de Laval a créé un nouveau poste de travail attiré au suivi des conteneurs, permettant ainsi une gestion beaucoup plus serrée et une traçabilité plus accrue des conteneurs mis à la disposition des citoyens. En effet, tous les jours, un employé de la Ville faisait des tournées des conteneurs afin d'évaluer les volumes des déchets et programmer les levées en conséquence. Il sillonnait également les rues des secteurs inondés pour vérifier la présence des résidus de CRD et programmer la feuille de route du camion de collecte.

Après

Une fois les eaux retirées, une dernière phase de gestion des débris doit être organisée, car ce sont les travaux de démolition et de rénovation qui débutent. Les conteneurs à ordures mis à la disposition des citoyens sont peu à peu retirés. À Gatineau, par exemple, des collectes spéciales ont été organisées pour les débris de CRD, les encombrants et les sacs de sable (ces derniers peuvent être récupérés dans les travaux de voirie ou comme abrasif pour les routes en hiver). À Laval, à cela s'ajoutent des collectes pour les RDD et les appareils réfrigérants afin de gérer de façon sécuritaire les halocarbures. Il est demandé aux citoyens de trier les matières résiduelles sur leur terrain pour permettre les collectes. Toutefois, dans le contexte particulièrement éprouvant pour les citoyens, il est très difficile de promouvoir et d'encadrer ce tri. D'autant plus qu'un

enjeu de disponibilité des ressources est également présent pour les organisations municipales et les autres services impliqués.

Évidemment, les écocentres municipaux sont à la disposition des citoyens avec des horaires élargis. Ces activités ont été largement bonifiées en 2019, permettant notamment d'améliorer le taux de mise en valeur des débris après sinistre. Pour Laval, c'est 700 tonnes de débris éliminées en 2017 comparativement à 160 tonnes en 2019.

Il est important de rappeler que la montée des eaux est généralement graduelle sur un territoire et que les étapes avant, pendant et après l'inondation peuvent être planifiées en simultané pour permettre une meilleure gestion des débris. Ce n'est malheureusement pas le cas de tous les types de sinistres, comme les tornades ou les tremblements de terre.

Amélioration continue

L'année 2017 fut celle de la structuration des interventions, de la mobilisation des parties prenantes et de l'apprentissage d'une gestion des débris après sinistre. Les modes de gestion des contrats, les efforts de communication, le déploiement des bénévoles et des ressources, le suivi plus serré des conteneurs à la disposition des citoyens, les processus de validation, etc.,

sont tous des aspects liés à une bonne gestion des débris après sinistre. Ceux-ci ont été grandement bonifiés et ont permis aux villes de Gatineau et de Laval de mieux faire face aux crues printanières de 2019.

De par leur initiative, ces villes ont su mettre en place des mesures de plus en plus efficaces, permettant ainsi d'éviter l'enfouissement systématique des débris générés. Toutefois, des efforts sont encore nécessaires, car trop de matières recyclables et de matières dangereuses trouvent encore le chemin de l'élimination en période de crise. De plus, il faut garder en tête que de plus en plus d'organisations municipales seront touchées par des inondations dans les prochaines années et que, malheureusement, rares sont celles qui y sont préparées. Une bonne planification de la gestion des débris générés ne vise pas seulement une meilleure performance environnementale, mais surtout un retour à la normale plus rapide et sécuritaire pour les citoyens. N'est-ce pas la priorité après tout? L'élaboration d'un plan de gestion des débris après sinistre (PGDAS), jumelée à sa mise à jour régulière, serait un atout avantageux pour encadrer davantage une structure de gestion existante ou le démarrage d'une nouvelle. ●

Credit de la photo de la page 6 (débris pêle-mêle accumulés avant une collecte, mai 2017) : Ville de Laval.

Références

MSP (ministère de la Sécurité publique). (2008). *Pour planifier la réponse au sinistre – Guide à l'intention des municipalités*. En ligne : securitepublique.gouv.qc.ca/fileadmin/Documents/securite_civile/publications/guide_reponse_sinistre/guide.pdf.

SWANA. (2018). *Guide à l'intention des organisations municipales – Plan de gestion des débris après sinistre*. En ligne : reseau-environnement.com/wp-content/uploads/2018/11/Guide-Gestion-des-debris.pdf.

L'IMPORTANCE D'UN PLAN DE GESTION APRÈS SINISTRE

Le guide sur la gestion des débris après sinistre (SWANA, 2018) présente de façon détaillée les étapes nécessaires à la réalisation d'un PGDAS. Largement utilisé ailleurs au Canada et aux États-Unis, ce type de plan de gestion permet non seulement d'être plus efficace en période de crise, mais de limiter l'élimination des matières résiduelles. Ce guide est gratuit et a fait l'objet d'un article dans le numéro de septembre 2018 de la revue *Vecteur Environnement* (pages 58 et 59). Des webinaires sont également périodiquement organisés par Réseau Environnement afin de présenter ce guide et les étapes de réalisation d'un éventuel PGDAS.

« La gestion des débris après sinistre est une composante essentielle de la planification des interventions d'urgence, mais elle est rarement prévue. La planification vise généralement à sauver des vies et des biens, ce qui est important. Mais la gestion de la récupération et de l'élimination des débris en cas de sinistre est souvent ponctuelle, peut être désorganisée et coûteuse en l'absence de plan. Avec un PGDAS, la gestion des débris est plus efficace. Par exemple, après l'incendie de forêt de Fort McMurray, 70 % des débris reçus ont été recyclés. » (Jim Lapp, représentant canadien de la SWANA, 21 avril 2019)

Pour un nouveau régime d'autorisation environnementale plus efficace

Grâce à la collaboration des milieux municipal, agricole, forestier, industriel et environnemental aux tables sectorielles de cocréation, une étape essentielle à la mise en place d'un nouveau cadre réglementaire clair et moderne a été franchie. En parallèle, nous poursuivons l'optimisation de nos processus pour mieux vous accompagner et réduire nos délais d'autorisation, répondant ainsi aux besoins exprimés par les demandeurs.

Développons le Québec dans le respect de l'environnement!

Votre
gouvernement



Québec



Risques liés aux inondations

La CMM à l'œuvre pour assurer un meilleur encadrement

Dès sa création, en 2001, la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) s'est affairée à compiler les diverses études et cartographies disponibles sur son territoire, en collaboration avec les 14 municipalités régionales de comté (MRC), ainsi que la Direction de l'expertise hydrique du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Tour d'horizon des lacunes constatées et des différentes actions mises en œuvre.



PAR **CÉDRIC MARCEAU**
Chef de projet – Géomatique et informatique,
Bureau de projet de gestion des risques
d'inondation, Communauté métropolitaine de
Montréal

Les travaux d'élaboration du Plan métropolitain d'aménagement et de développement ont vite permis de réaliser les écarts importants existants entre les outils réglementaires en place pour les divers cours d'eau métropolitains ainsi que l'absence d'une cartographie fiable et uniformisée. Ce n'est toutefois qu'à la suite des inondations historiques de 2017 que la CMM a été officiellement mandatée par le gouvernement du Québec pour mettre en place une cartographie actualisée du risque, une nouvelle réglementation en rive, un système de surveillance et de prévision des crues, ainsi qu'un plan de communication pour l'ensemble des cours d'eau métropolitains.

Secteurs hydrographiques

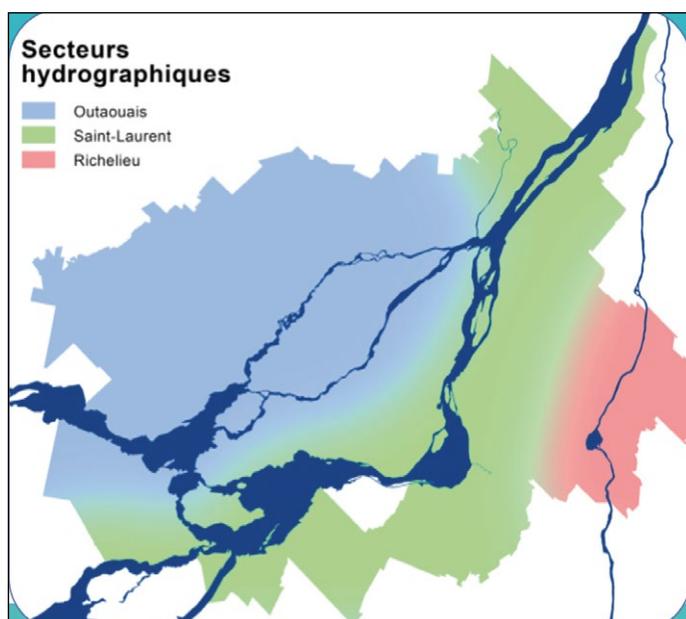
Le territoire de la CMM s'étend sur un peu plus de 4 360 km², dont environ 500 km² de surface aquatique et plus de 1 800 km linéaires de rives. D'un point de vue administratif, c'est près de 50 % de la population du Québec qui y habite dans 82 municipalités réparties parmi 14 MRC et agglomérations. Mais d'un point de vue hydrologique, comme le cœur de la métropole est constitué d'un archipel, il faut retenir que les trois principaux secteurs hydrographiques traversant le territoire de la CMM sont celui de la rivière des Outaouais au nord, celui des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent au centre, et celui du lac Champlain et de la rivière Richelieu au sud (figure 1). De plus, les secteurs hydrographiques de la rivière des Outaouais et du Saint-Laurent sont interconnectés et drainent des bassins totalisant plus de 1,5 million de km².

Les principaux cours d'eau métropolitains ont aussi comme caractéristique de traverser les frontières et d'être partiellement régularisés par des organismes créés à cet effet, comme la Commission de planification de la régularisation de la rivière des Outaouais et le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent. Tous les travaux de la CMM sont donc réalisés en collaboration avec ces divers organismes.

Objectif

Le principal objectif de ces travaux est de mettre en place un encadrement réglementaire des territoires inondables selon une approche par le risque, appuyée sur des connaissances de pointe des cours d'eau et du territoire. Pour ce faire, la CMM a mis sur pied – dans la première moitié de 2018 – un bureau de projet regroupant des spécialistes de nombreux domaines : climatologie, hydrologie, hydraulique, géomatique, cartographie, urbanisme, réglementation, communication, technologies Web et instrumentation.

FIGURE 1
Les trois principaux secteurs hydrographiques traversant le territoire de la CMM.



Exemple de station limnimétrique installée en 2019 (quai municipal de Contrecoeur).

Constituée d'une douzaine de personnes, cette équipe a pour mission de livrer ses travaux pour la fin de l'année 2020. À cet effet, le projet a été divisé en plusieurs chantiers – en fonction des expertises – qui se déroulent simultanément.

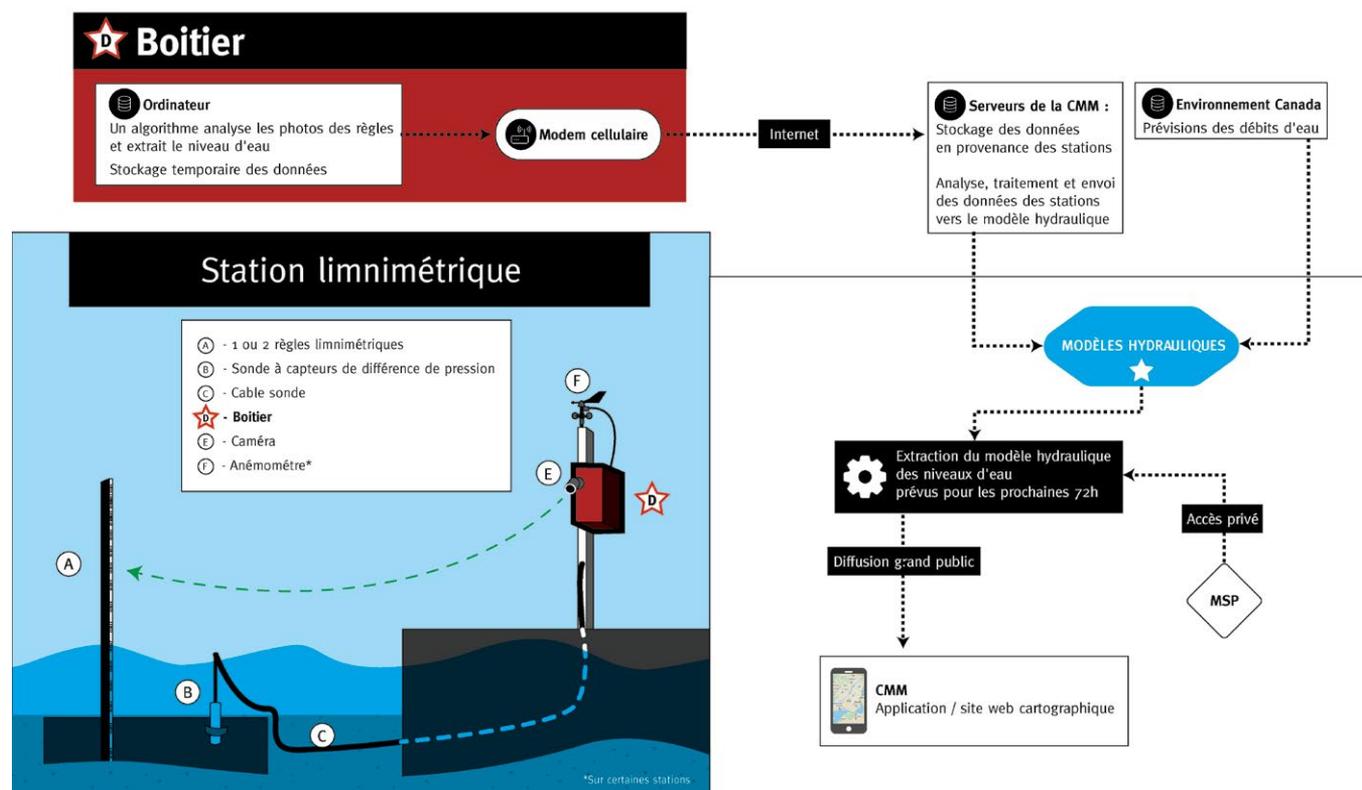
Système de surveillance et de prévision des crues

Afin de réaliser ce volet, une trentaine de sites stratégiques pouvant recevoir une station limnimétrique ont été déterminés, après quoi des ententes ont été négociées avec les propriétaires des lieux. Durant l'été 2019, les quatre premières stations ont été installées, où des tests sont présentement effectués. Environ 26 autres stations seront mises en place sur le territoire au cours de l'année 2020.

La plupart des stations comportent deux systèmes de mesurage, soit une mesure directe sur une règle limnimétrique – qui est photographiée à intervalle régulier et dont la lecture est convertie en format numérique à l'aide d'un algorithme de vision artificielle –, ainsi qu'une mesure indirecte, grâce à une sonde de pression sous-marine, qui est ensuite convertie en hauteur d'eau (figure 2, p. 12). Chaque système a ses avantages et ses inconvénients, mais la combinaison des deux assure une plus grande robustesse et plus de fiabilité à l'ensemble.

Les données enregistrées sont transmises à un serveur central par des modems cellulaires et serviront à actualiser la cartographie en temps quasi réel (délai maximum de 15 minutes), qui sera notamment diffusée sur un site Web accessible à la population et aux experts. Ces informations serviront aussi à améliorer les modèles hydrologiques et hydrauliques par assimilation.

FIGURE 2
Processus de prévision des niveaux d'eau.



Cartographie

Au cours des dernières années, la CMM a développé une méthodologie intégrée conjuguant les expertises et les outils des volets hydrologique, hydraulique et géomatique. Grâce à celle-ci, il est possible de produire une cartographie détaillée illustrant les limites des territoires à risque pour les débits normés par la Politique de protection des rives, du littoral et des plaines inondables (récurrence de 2 ans, de 20 ans et de 100 ans), ainsi que pour les plus hautes eaux connues, en effectuant les traitements géomatiques de comparaison du modèle de terrain directement avec le réseau de maillage de la modélisation hydraulique 2D. Cette méthodologie permet par ailleurs d'obtenir une projection en rive beaucoup plus précise des niveaux d'eau pour un débit donné, et d'illustrer la sévérité potentielle de l'événement par un dégradé de couleurs représentant la hauteur de submersion (figure 3). À notre connaissance, cette façon de procéder est une première en Amérique du Nord.

Réglementation

Dès le début du mandat, une délégation formée d'une trentaine d'élus et d'experts a réalisé une mission exploratoire en France et en Angleterre en vue de la préparation d'un projet de règlement. La Commission de l'aménagement a récemment

reçu le mandat de réaliser la consultation publique pour ce projet de règlement, qui devrait être présenté au conseil de la CMM pour approbation à l'automne 2020. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques du projet de règlement à l'étude.

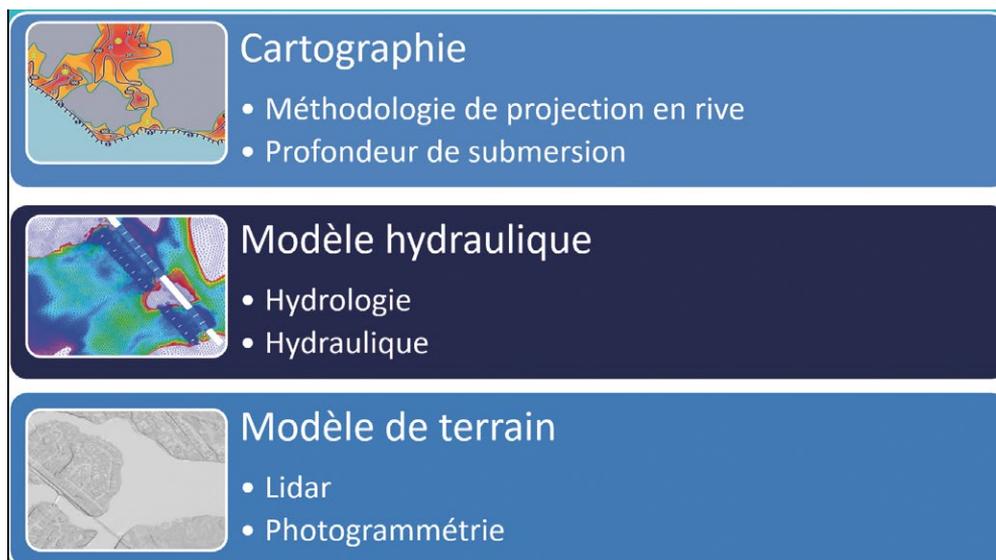
Entre-temps, par mesure de prudence et afin de minimiser les incohérences et les ambiguïtés des outils réglementaires existants, la CMM a adopté, en juin 2019, le Règlement de contrôle intérimaire de la Communauté métropolitaine de Montréal numéro 2019-78 concernant les plaines inondables et les territoires à risque d'inondation (CMM, 2019a), dont la cartographie couvre pour le moment les rivières des Prairies, des Mille-Îles et la partie nord du lac des Deux-Montagnes (CMM, 2019b). D'ici décembre 2020, l'ensemble des cours d'eau métropolitains seront couverts par le RCI-2019-78, jusqu'à la mise en place de la nouvelle réglementation basée sur le risque.

Communication

En matière de communication, les travaux se déclinent en trois grands axes. Le premier vise principalement à appuyer les administrations municipales dans leurs communications avec les citoyens en leur fournissant des outils permettant de mieux expliquer l'évolution de la réglementation. Le deuxième axe regroupe l'ensemble des interventions auprès des médias et

FIGURE 3

Principales composantes de la méthodologie intégrée de production de la cartographie.



des partenaires afin de les tenir informés de l'avancement des travaux et d'améliorer leur compréhension de la problématique. Le troisième axe concerne la création du site Web où seront diffusées les données de surveillance et de prévisions, qui s'adressera tant au grand public qu'aux spécialistes du domaine. La conception de ce site constitue un défi de taille compte tenu de la grande quantité d'information et de la complexité à les illustrer de façon simple et conviviale par des cartes, des tableaux et des diagrammes. Il devra notamment présenter l'historique, les données actuelles et les prévisions pour les 72 heures à venir de façon claire et concise.

Vers un meilleur encadrement

Les travaux en cours de réalisation par la CMM contribueront à améliorer significativement l'encadrement de la gestion des

risques liés aux inondations, tant pour le volet urbanistique (par la simplification de l'application réglementaire) que pour le volet sécurité civile (par l'augmentation des connaissances fines du territoire et l'accès en temps quasi réel à des données complètes et fiables). ●

Crédit de la photo de la page 10 (inondations à Pierrefonds, le 11 mai 2017) : CMM.

Références

CMM. (2019a). *Règlement de contrôle intérimaire de la Communauté métropolitaine de Montréal numéro 2019-78 concernant les plaines inondables et les territoires à risque d'inondation*. En ligne : cmm.qc.ca/wp-content/uploads/2019/11/2019-78_RCI_Plaines_inondables.pdf.

CMM. (2019b). *RCI – Feuillet 2019*. En ligne : cmm.qc.ca/rci-2019-78.

TABLEAU 1

Principales caractéristiques du projet de règlement à l'étude.

IDENTIFICATION DES ZONES INONDABLES	<ul style="list-style-type: none"> • Approche basée sur le risque; • Prise en compte des ouvrages de protection.
ENCADREMENT DES OUVRAGES ET DES CONSTRUCTIONS EXISTANTS	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion des droits acquis.
ENCADREMENT DES NOUVEAUX OUVRAGES ET CONSTRUCTIONS	<ul style="list-style-type: none"> • Approche par compatibilité; • Utilisation d'analyses de risques et de vulnérabilités.
PLANIFICATION D'ENSEMBLE	<ul style="list-style-type: none"> • Planification de mesures particulières visant à diminuer la vulnérabilité d'un secteur à risque.
APPLICATION	<ul style="list-style-type: none"> • Approche décentralisée par délégation; • Respect des compétences et des capacités des organisations municipales.
SUIVI ET SURVEILLANCE	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi des permis émis et des zones susceptibles d'être inondées.



Gestion des risques d'inondation **Par la protection des milieux naturels**

La préservation des milieux humides – lesquels contribuent, entre autres, à la filtration des sédiments et à la régulation des débits de crue – est essentielle pour une ville riveraine. La Ville de Terrebonne a ainsi réalisé deux projets d'envergure favorisant la préservation de ces milieux pour la prévention des risques d'inondation : le Parc de conservation du ruisseau de Feu et le Corridor de biodiversité Urbanova.



PAR MAHOTIA GAUTHIER
Coordonnatrice biodiversité et changements climatiques, Ville de Terrebonne
mahotia.gauthier@ville.terrebonne.qc.ca



ET PAR KARINE DANCOSE
Technicienne en biodiversité et changements climatiques, Ville de Terrebonne

Située en bordure de la rivière des Mille Îles, émissaire de la rivière des Outaouais, la Ville de Terrebonne profite de sa situation aussi bien pour son alimentation en eau potable que pour la pratique d'activités de villégiature. Cependant, être riverain d'un cours d'eau important comporte son lot de préoccupations ; érosion, inondation et frasil sont des phénomènes environnementaux pouvant mettre en péril la sécurité des infrastructures et de la population, et qui sont susceptibles d'être exacerbés par les aléas de la météo liés aux changements climatiques. La majorité de la rive de la rivière des Mille Îles est privée et construite, et cela limite les interventions de prévention possibles en zones inondables. La Ville, en collaboration avec d'importants partenaires, est passée à l'action dans certains secteurs non développés afin

« Le parc de conservation englobe l'entièreté de la zone inondable, assurant la libre circulation de l'eau lors de crues, la rétention d'eau dans les milieux humides, ainsi que la protection des quartiers résidentiels et commerciaux. »

de conserver et même de créer des milieux de qualité au bénéfice de sa population et de la biodiversité.

Ruisseau de Feu

La Ville de Terrebonne, située sur la rive nord de Montréal, connaît une croissance démographique considérable. En raison de sa situation géographique – à proximité d'un grand centre urbain – et de son passé agricole, plusieurs terres ont été transformées en quartiers résidentiels. Pourtant, dès les années 80, Canards Illimités Canada – à la demande du ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche de l'époque – élaborait des projets d'aménagement faunique dans le cadre du projet Archipel. C'est à ce moment que les plaines inondables de la rivière des Prairies et du ruisseau de Feu, toujours cultivées durant cette période, ont été identifiées comme ayant un potentiel de restauration considérable.

En effet, après 250 ans d'agriculture, le site d'une centaine d'hectares (ha) subissait des inondations récurrentes sur la quasi-totalité de sa superficie. Bien que les plaines inondables et les marécages offrent un habitat intéressant pour les poissons au printemps, plusieurs facteurs sont venus détériorer l'écosystème,

notamment le drainage des terres, la construction des autoroutes, la régulation des barrages et les changements climatiques. La perchaude, bien présente à l'embouchure du ruisseau de Feu dans les années 80, était pratiquement disparue dans les années 90.

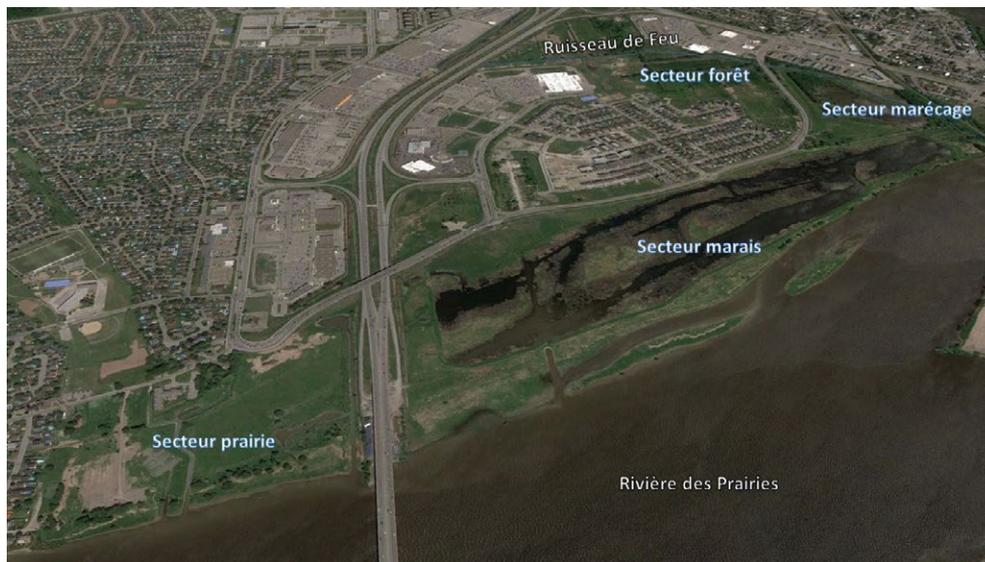
Cependant, la position stratégique de Terrebonne près des grands axes autoroutiers 40 et 640 ainsi que sa démographie croissante ont nécessité une concertation des différents intervenants afin d'élaborer une planification stratégique qui prend en considération les besoins de chacun. Après plusieurs consultations et évaluations ainsi que de nombreuses étapes de conception, le projet actuel du ruisseau de Feu a vu le jour en 2010. Il comporte aujourd'hui une zone résidentielle de 42 ha, une zone commerciale de 20 ha et un parc de conservation de près de 125 ha comprenant des infrastructures récréatives.

Aménagement de la zone inondable : une grande valeur écologique

Le parc de conservation englobe l'entièreté de la zone inondable, assurant la libre circulation de l'eau lors de crues, la rétention d'eau dans les milieux humides, ainsi que la protection des quartiers résidentiels et commerciaux. Le parc de conservation



Les plaines inondables de la rivière des Prairies et du ruisseau de Feu.



Les quatre secteurs représentatifs du Parc de conservation du ruisseau de Feu : la prairie, le marais, le marécage et la forêt.

se décline en quatre secteurs qui sont représentatifs de la plaine du Saint-Laurent : la prairie, le marais, le marécage et la forêt. La diversité des habitats et la présence d'eau sur une période plus ou moins grande permettent une grande biodiversité tant floristique que faunique.

Le secteur prairie comprend deux aménagements fauniques qui ont été créés en 2004 pour compenser la perte d'habitat du poisson lors de la construction d'une digue en amont du secteur. Les aménagements sont constitués de dépressions dans la zone inondable afin de recréer l'habitat perdu du poisson. Alimenté par la rivière des Prairies, le reste de la superficie est composé de graminées et d'arbustes. C'est également dans ce secteur que se trouvera la zone récréative avec un pavillon d'interprétation.

On y trouve également un marais de 56 ha avec une passe migratoire et une station de pompage, ainsi qu'un marécage d'environ 15 ha. Ces deux aménagements, réalisés en 2007, accueillent désormais 35 espèces de poissons et près de 70 espèces d'oiseaux, dont le petit blongios menacé d'extinction.

Le secteur forêt a, quant à lui, fait l'objet d'une plantation de plus de 30 000 arbres, dont de nombreux érables argentés et érables rouges, soit des essences qui tolèrent bien les périodes d'inondation. Des bouleaux jaunes et des chênes à gros fruits ont également été plantés dans les zones plus asséchées. Finalement, ce sont quelque 30 ha d'anciennes terres agricoles qui ont été reboisés.

Bien que de nombreuses années aient été nécessaires à la concrétisation de ce projet, la conciliation des différents usages et l'amélioration des zones inondables pour la biodiversité faunique et floristique auront des impacts positifs sur la population

locale. La diminution des risques d'inondation par la protection des secteurs à risque, la création de milieux humides, l'augmentation de la biodiversité aviaire et ichthyologique, et l'aménagement d'infrastructures pour sa mise en valeur lui confèrent une valeur écologique considérable sur le plan tant local que régional.

Corridor de biodiversité Urbanova

En 2006, la Ville de Terrebonne a pris ses responsabilités et a entamé la planification du secteur de la côte de Terrebonne – vaste territoire de plus de 1 200 ha – qui allait devenir le secteur Urbanova. Cette planification, qui prenait en compte les plans d'aménagement ainsi que les infrastructures municipales et de déplacements, est devenue

en 2011 le Plan directeur de développement durable de la côte de Terrebonne. Le volet aménagement comportait un inventaire de toutes les activités anthropiques, ainsi qu'une caractérisation de tous les milieux naturels, les milieux humides, les cours d'eau et les boisés. Cet exercice avait pour but de planifier un projet de développement qui s'harmoniserait avec les contraintes et le potentiel du secteur. Tous les principaux acteurs gouvernementaux – soit le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation et le ministère des Transports du Québec – ont participé à l'élaboration des différents concepts. De ce plan directeur est né le Corridor de biodiversité Urbanova.

Bienfaits de l'aménagement du Corridor

Le Corridor de biodiversité est un espace naturel protégé d'environ 650 ha, à proximité du développement urbain, qui permet à toutes les espèces animales et végétales présentes de pouvoir bénéficier d'un espace vital pour survivre et se déplacer sans contrainte majeure.

Ainsi, la diversité de cet espace naturel favorise la préservation de la faune et de la flore locales, en plus de rendre des services indispensables qui favorisent la santé, la protection des infrastructures et le bien-être de la population. Au fil des années, la Ville de Terrebonne poursuivra ses efforts de restauration et de mise en valeur afin de lui donner toute l'importance qu'il mérite même si, d'ores et déjà, les bienfaits sont mesurables.

Avec ses 15 kilomètres de cours d'eau permanents, dont les bandes riveraines ont été augmentées à 30 mètres de part et d'autre, le Corridor améliore la qualité de l'eau et diminue les risques d'érosion, de glissement de terrain et d'inondation. En effet, la présence de ces bandes riveraines élargies permet de

mieux s'adapter aux changements climatiques, tout en réduisant les coûts associés à la gestion des eaux lors d'importantes précipitations et au traitement des eaux.

Le Corridor de biodiversité Urbanova abrite également plus de 100 ha de milieux humides, lesquels participent à l'atténuation des risques d'inondation et à la filtration de l'eau. En effet, ils contribuent à purifier l'eau rejetée dans la rivière des Mille Îles, qui constitue l'unique source d'eau potable de la ville.

Le Corridor, c'est également 340 ha de boisé qui procurent à la population des îlots de fraîcheur, ainsi que 150 ha de prairie offrant des habitats de qualité à la biodiversité, où vivent des espèces en déclin telles que la couleuvre brune et les oiseaux champêtres.

En protégeant ces milieux, la Ville se dote d'une vision de planification exemplaire, à savoir la reconnaissance du milieu récepteur en amont, ainsi que la planification et le développement en fonction des richesses de ce dernier.

Préserver pour mieux protéger

La préservation de milieux humides et de milieux hydriques sont des termes difficilement dissociables. Avec ses deux projets, la

Ville de Terrebonne démontre qu'il est possible, voire essentiel de planifier le territoire en conservant les milieux naturels pour une meilleure gestion des eaux. En posant ce geste important qu'est la protection à perpétuité de près de 775 ha de milieux naturels – dont plusieurs milieux humides et cours d'eau –, la Ville de Terrebonne est persuadée qu'elle contribue à la réduction des risques d'inondation sur son territoire. ●

Crédit de la photo de la page 14 (Corridor de biodiversité Urbanova) : Ville de Terrebonne.

« En posant ce geste important qu'est la protection à perpétuité de près de 775 ha de milieux naturels – dont plusieurs milieux humides et cours d'eau –, la Ville de Terrebonne est persuadée qu'elle contribue à la réduction des risques d'inondation sur son territoire. »



Le plan du Corridor de biodiversité Urbanova.



INFO-Crue

Des cartographies pour la gestion des risques d'inondation

Au cours des trois dernières années, le Québec a vécu deux des plus grandes inondations de son histoire. Celles-ci ont affecté des milliers de personnes en endommageant des bâtiments et en perturbant de nombreuses activités critiques pour le Québec (transport, agriculture, commerce, etc.). Cela a causé des pertes financières majeures et des conséquences sociosanitaires et environnementales négatives. Ces événements ont donc mis en évidence l'importance d'améliorer la gestion des risques d'inondation.



PAR **AUDREY LAVOIE**, ing.
Chargée de projet INFO-Crue, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC)



ET PAR **RICHARD TURCOTTE**, ing., Ph. D.
Conseiller scientifique, MELCC

Le gouvernement du Québec a mis en branle le projet INFO-Crue, qui vise le développement d'outils cartographiques sur les étendues et les profondeurs d'inondation dans une portion significative du Québec habité. Le défi est grand puisque les Québécois occupent un territoire vaste, en relation étroite avec une multitude de rivières et de lacs. Les cartes produites dans le cadre du projet INFO-Crue joueront un rôle clé et serviront notamment de base à l'aménagement du territoire en bordure des cours d'eau. Ce projet servira aussi à bâtir l'expertise nécessaire pour maintenir à jour et améliorer les connaissances sur les zones inondables à long terme.

Objectifs : intervention et prévention

Le projet INFO-Crue vise deux grands objectifs. Le premier est de mettre en place un système de prévision des inondations – avec lequel il sera possible de visualiser les zones susceptibles d'être inondées dans les jours à venir – pour soutenir la prise de décision lors de crues d'envergure. Ces informations permettront de prévoir les interventions de sécurité civile et environnementales nécessaires avant et pendant une crue, et ce, pour réduire au maximum les dommages.

Le second objectif est de produire la cartographie des zones inondables aux fins de l'aménagement du territoire en tenant compte de variables comme la récurrence, la profondeur d'inondation et l'impact des changements climatiques. Cet effort permettra d'outiller les différents intervenants en aménagement du territoire pour une prise de décision éclairée en matière de prévention à long terme des risques d'inondation.

D'une durée totale de cinq ans, le projet INFO-Crue s'intéressera spécifiquement à l'inondation riveraine en eaux libres. Ainsi, jusqu'en 2023, le gouvernement du Québec déploiera de façon graduelle les outils cartographiques sur 50 bassins versants (voir la figure 1) retenus en fonction de critères, tels que l'occurrence

passée des inondations et la vulnérabilité des populations riveraines.

Les usagers visés par le projet sont les municipalités et les organismes supramunicipaux (ex. : municipalité régionale de comté, communautés métropolitaines, etc.), les intervenants d'urgence, les entités gouvernementales et les citoyens. Ceux-ci pourront disposer d'informations nouvelles et dynamiques accessibles sur les plateformes gouvernementales pour agir en prévention et en préparation, ainsi que lors d'une intervention, et ce, selon leurs rôles et leurs responsabilités.

Niveaux de service pour les différents tronçons

Le projet analysera et modélisera environ 25 000 kilomètres de cours d'eau où le débordement lors d'une inondation pourrait affecter une infrastructure. Environ un cinquième de ces 25 000 kilomètres est lié à des territoires d'affectation urbaine. Les enjeux liés aux inondations pour ce type d'affectation du territoire ne sont pas les mêmes que pour les autres types. Ainsi, le degré d'analyse, de collecte de données et de modélisation requis pour ces deux types d'affectation diffère. De ce fait, les tronçons de rivières urbanisés feront l'objet d'une analyse à « haute résolution », alors que les autres tronçons de la

FIGURE 1
Secteurs visés par le projet INFO-Crue (sélection préliminaire).



portée spatiale d'INFO-Crue seront traités à « large échelle ». La figure 2 présente à titre indicatif des tronçons de rivière du bassin versant de la rivière Jacques-Cartier pour lesquels les deux niveaux de service ont été définis.

Caractéristiques techniques du projet

Les paragraphes qui suivent et la figure 3 présentent plus en détail les données, les outils et les expertises requis pour mener à bien le projet INFO-Crue.

Campagnes de mesure

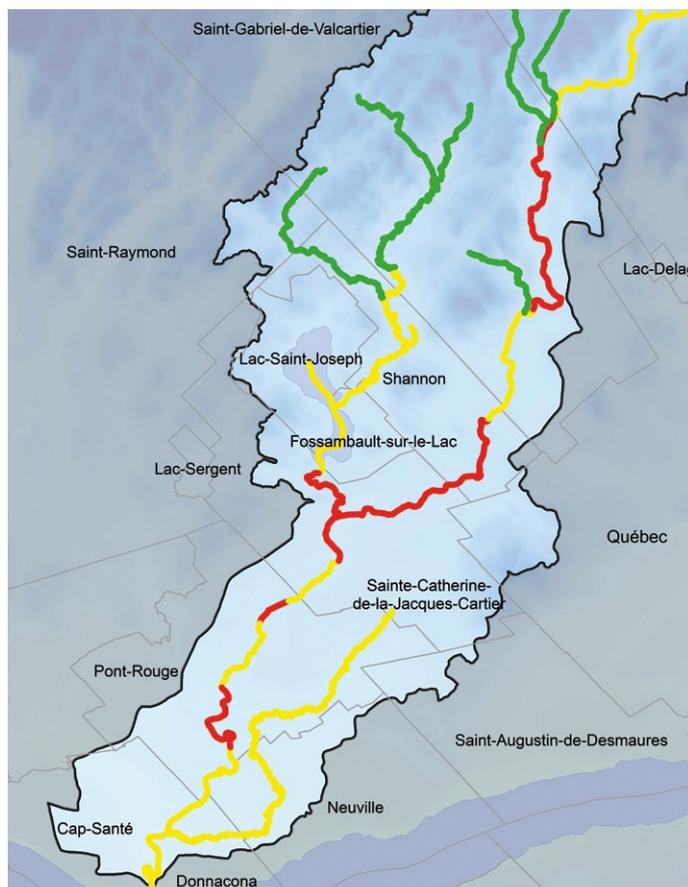
L'ensemble des tronçons de cours d'eau visés par INFO-Crue nécessite des données d'élévation du terrain (topographie du sol tout le long des rivières). Ces données, qui s'appuient sur des relevés lidars, sont essentielles à la réalisation du projet. En supplément à ces relevés, pour les secteurs à « haute résolution », le projet nécessitera l'acquisition massive de données sur la bathymétrie (la forme du lit du cours d'eau) et des campagnes ponctuelles de relevé des niveaux d'eau et de débits en période de fortes crues.

Hydrométrie : mesure du débit en temps réel aux stations

Le projet permettra l'ajout de 50 nouvelles stations hydrométriques. Celles-ci servent à mesurer le niveau et le débit des eaux

FIGURE 2

Niveaux de service du projet INFO-Crue pour les tronçons de rivières d'une partie du bassin versant de la rivière Jacques-Cartier.



en continu et en temps réel dans des secteurs d'analyse à « haute résolution », qui nécessite une meilleure connaissance du territoire. Rappelons que le réseau actuel compte déjà 235 stations hydrométriques, dont près de 180 sont des stations de type débit.

Hydrologie prévisionnelle : prévision du débit

Actuellement, une prévision des débits et des niveaux d'eau pour les prochains jours, produite sur une base quotidienne par une équipe de prévisionnistes, est disponible pour près d'une centaine de sites. Le projet INFO-Crue prévoit l'ajout d'environ 100 nouveaux points de prévision. Rappelons que, pour effectuer des prévisions, on utilise des données et des prévisions météorologiques et hydrométriques, ainsi qu'un modèle mathématique de l'hydrologie du bassin versant. La gestion des barrages est également prise en compte pour les cours d'eau où un ouvrage de retenue des eaux est présent.

Hydroclimatologie : analyses statistiques de débits

L'évaluation des risques d'inondation implique l'analyse des débits de crue d'un cours d'eau. Avec le projet INFO-Crue, une analyse statistique complète et continue pour l'ensemble des tronçons visés sera réalisée. De plus, afin de prendre en compte les impacts appréhendés des changements climatiques sur le risque d'inondation, une analyse appuyée sur des projections systématiques de l'évolution des débits de crue sera produite. À partir de scénarios climatiques issus de l'effort international et régional en simulation du climat et dans la poursuite des travaux de l'Atlas hydroclimatique du Québec méridional, une chaîne de modélisation hydrologique à la fine pointe sera déployée pour produire des projections statistiques des débits de crue aux horizons 2030, 2050 et 2080.

Hydraulique des cours d'eau et cartographie

La transformation des débits en niveaux d'eau et en étendues d'inondation tout au long des cours d'eau d'un bassin versant nécessite une modélisation numérique qui estime la dynamique de l'écoulement de l'eau. Pour une condition de débit de crue donnée, la modélisation numérique permettra de produire un profil longitudinal continu du niveau de l'eau. Ce profil de niveau d'eau sera transformé en profondeur et en étendue d'inondation à l'aide de différentes approches géomatiques.

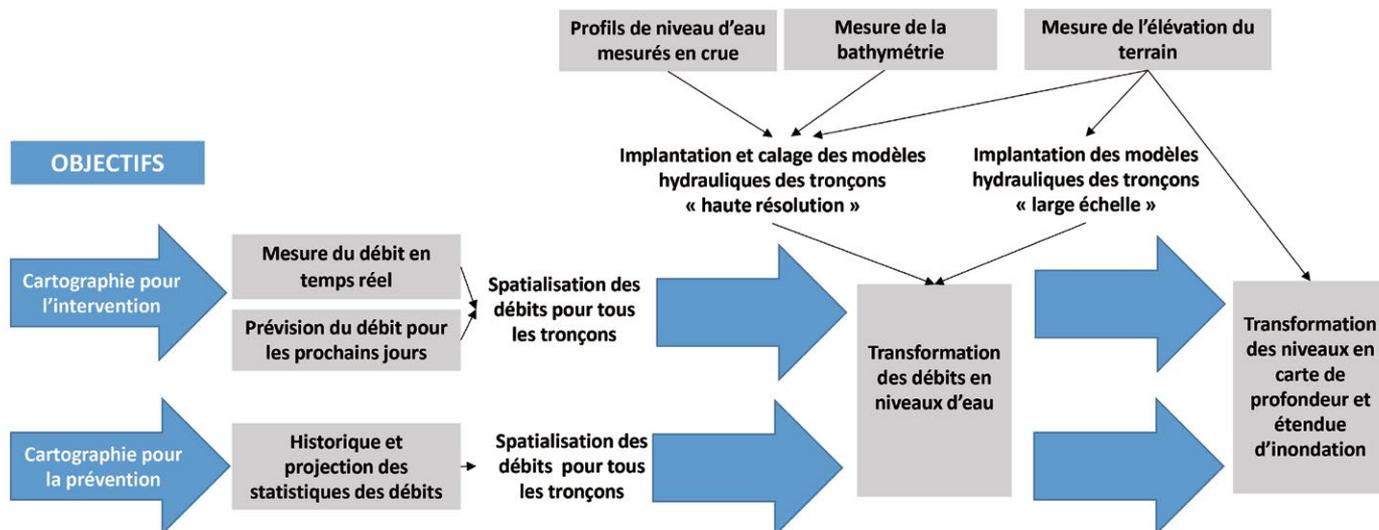
La forme finale des produits cartographiques sera déterminée au cours des prochains mois pour assurer la concordance entre l'information issue du projet à l'intérieur de ces limites scientifiques et les besoins des utilisateurs finaux pour la prise de décision en intervention ou en aménagement du territoire. La figure 4 présente une illustration de base du potentiel cartographique du projet INFO-Crue.

Collaboration scientifique et partenariats

Compte tenu de son envergure et de sa complexité scientifique, le projet INFO-Crue gagne à être réalisé dans un cadre collaboratif. Ainsi, le projet peut compter sur une quinzaine de scientifiques externes au gouvernement regroupés en trois comités scientifiques pour obtenir des recommandations sur les approches les plus pertinentes à utiliser. De même, le projet INFO-Crue se réalise en partenariat formel avec le consortium Ouranos, qui bénéficie d'une subvention importante pour réaliser la recherche et développement appliquée en lien avec l'évolution du climat et l'adaptation aux impacts des changements

FIGURE 3

Schématisation simplifiée des relations entre les objectifs et les principales activités techniques d'INFO-Crue.



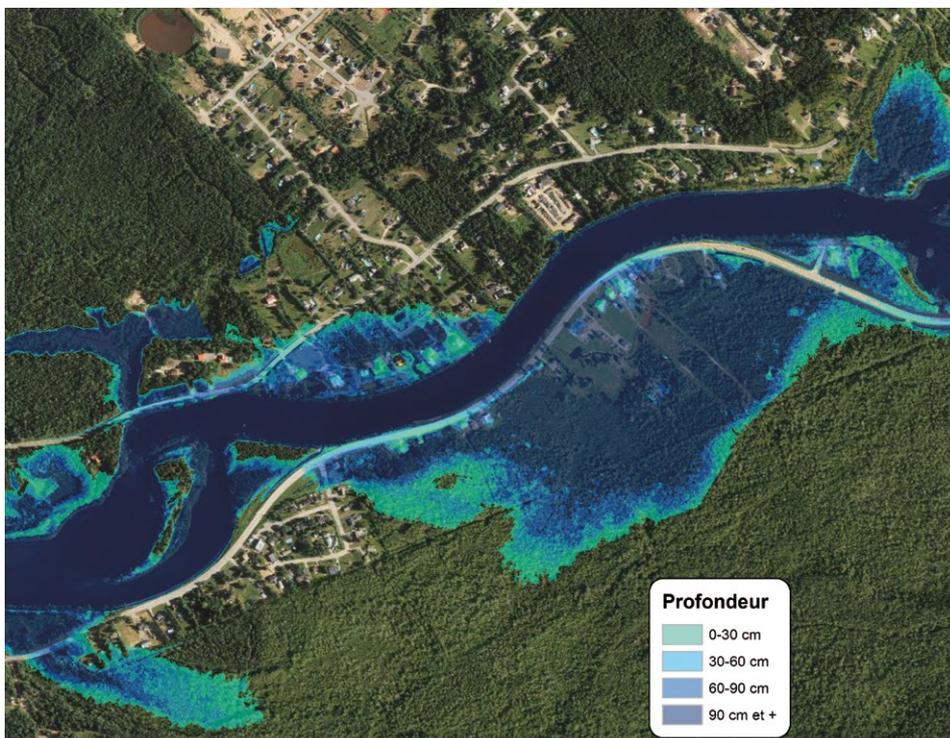
climatiques. Ce mandat d'Ouranos se réalise à l'intérieur d'un maillage très étroit avec les équipes gouvernementales et avec des centres de recherche appartenant à son réseau de membres. Enfin, des contrats de recherche spécifiques et des contrats pour la réalisation de certaines parties du projet sont et seront accordés à des universités ou à des firmes privées.

Le projet INFO-Crue établit et consolide également les partenariats nécessaires à la production des prévisions. Ces

partenariats impliquent, entre autres, les principaux gestionnaires de barrages présents sur le territoire québécois (notamment Hydro-Québec, Rio Tinto, la Commission de planification de la régularisation de la rivière des Outaouais, la Commission mixte internationale et de nombreux propriétaires de barrages). Enfin, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques est également en relation étroite avec des ministères provinciaux et fédéraux ayant des données et des mandats complémentaires au sien.

FIGURE 4

Exemple de cartographie découlant des outils d'INFO-Crue pour un secteur de la rivière Jacques-Cartier et un débit donné.



Les travaux d'INFO-Crue en soutien à l'aménagement du territoire se font en liaison avec les activités de cartographie des zones inondables réalisées par huit regroupements municipaux subventionnés par le gouvernement.

S'outiller pour faire face aux inondations

La lutte contre les inondations comporte de nombreuses facettes qui s'imbriquent de façon complexe. La disponibilité d'outils – tels que ceux développés dans le cadre du projet INFO-Crue sur une grande partie du Québec habité, et pouvant être bonifiés à long terme – est l'une des principales fondations sur lesquelles s'appuiera la gestion des inondations dans le futur. En disposant de pareils outils pour informer les Québécois de leur exposition à l'aléa des inondations en eaux libres, il devient possible de s'attaquer de manière éclairée et cohérente aux grands défis de société qui sont à relever pour bâtir une plus grande résilience face aux inondations. ●

Stockholm Junior Water Prize

Rencontre avec deux jeunes femmes inspirantes



PAR **SAMUELLE LANDRY LEVESQUE**, M. Sc.
Coordonnatrice du secteur Eau,
Réseau Environnement

(Traduit et adapté d'une entrevue effectuée
par Kristen McGillivray de la Western Canada
Water Environment Association.)

En mai dernier, le projet d'Emily Mah, 16 ans, et de Jazlyn McGuinty, 17 ans, de l'école secondaire Widdifield Secondary School à North Bay, en Ontario, a été sélectionné pour représenter le Canada au Stockholm Junior Water Prize (SJWP). Kristen McGillivray, de la Western Canada Water Environment Association, a eu le plaisir d'accompagner les deux jeunes femmes à la compétition en août 2019. Voici un retour sur leur expérience!

Le projet des étudiantes consiste en l'élaboration d'un procédé d'extraction de métaux lourds pour nettoyer l'eau contaminée à l'aide d'un biopolymère composé de tanin. Après avoir appris qu'il a été sélectionné pour représenter le Canada au concours, les deux jeunes femmes ont dû adapter leur projet aux critères de la compétition du SJWP. Selon madame McGillivray, si Emily et Jazlyn représentent l'avenir de demain, nous sommes entre bonnes mains!

Pourriez-vous nous expliquer brièvement votre projet et ce qui vous a inspiré à étudier ce sujet?

Le projet consiste à utiliser un biopolymère composé de tanin pour extraire les métaux lourds de l'eau contaminée. Le tanin, un substrat organique, est extrait à partir de feuilles de chêne et est incorporé dans un biopolymère. La propriété du tanin attire les ions des métaux lourds et permet ainsi de les retirer de l'eau contaminée. Le biopolymère peut par la suite être réutilisé ou

« Le projet des étudiantes consiste en l'élaboration d'un procédé d'extraction de métaux lourds pour nettoyer l'eau contaminée à l'aide d'un biopolymère composé de tanin. »



peut se dégrader naturellement dans le sol. En effectuant des recherches sur les problématiques environnementales avec leur superviseure, les deux jeunes femmes ont pris connaissance du « Cercle de feu » : il s'agit d'un site minier et de fonte – localisé dans le nord de l'Ontario – qui devrait entrer en exploitation en 2024. Cet investissement de 3,3 milliards de dollars pourrait être dévastateur pour l'environnement s'il contaminait, par les métaux lourds, les plans d'eau environnants. Les métaux lourds sont toxiques même à faibles concentrations, peuvent causer des dommages au système nerveux central et aux organes, peuvent réduire la croissance et le développement, et peuvent même être la cause de cancers et de mortalité. Le projet consiste donc à présenter une solution environnementale visant à réduire les niveaux de contamination dans les eaux environnantes.

Quelle a été votre réaction lorsque vous avez appris que votre projet avait été sélectionné pour représenter le Canada au plus prestigieux prix en eau à l'échelle de la planète?

Emily, pour sa part, se sentait honorée et reconnaissante de recevoir le courriel qui spécifiait que leur projet avait été choisi. Elle ne savait pas à quoi s'attendre après avoir soumis l'essai, mais lorsqu'elle a appris la nouvelle, elle était extrêmement excitée et enthousiaste à l'idée de continuer à travailler sur le projet.

Jazlyn, quant à elle, actualisait constamment sa boîte courriel lorsque les finalistes ont été annoncés pour regarder si elles avaient été choisies. Après s'être connectée pour la énième fois, elle a finalement reçu le courriel de félicitations. Elle se sentait

si excitée et heureuse, et elle a immédiatement appelé ses parents de l'école pour leur annoncer la merveilleuse nouvelle.

Étiez-vous nerveuses durant votre préparation pour le SJWP?

Emily se sentait fébrile à l'idée de créer l'affiche électronique (iPoster), l'une des exigences du SJWP. Les deux jeunes femmes n'en avaient jamais fait, alors Emily se sentait nerveuse puisque l'affiche comptait pour une grande partie de l'évaluation. Elle était aussi anxieuse par rapport à l'entrevue avec les juges, car elle ne savait pas quel type de questions ils allaient poser. C'était difficile de se préparer pour l'évaluation, car elle n'avait jamais participé à une telle compétition auparavant.

S'assurer que la présentation soit la plus parfaite possible : voilà ce qui était le plus éprouvant pour Jazlyn. Elle se sentait surtout angoissée quant à la préparation et à la transmission de l'information aux juges, puisqu'elle et Emily étaient en camps de jour les semaines précédant le SJWP. Le vol vers la Suède était aussi un aspect qui l'a rendue un peu nerveuse, car elle n'avait jamais voyagé sans ses parents à l'extérieur de l'Amérique du Nord.

À votre arrivée, vous avez dû vous séparer et partager une chambre avec d'autres concurrents du monde entier. Comment avez-vous vécu cette expérience?

Selon Emily, c'était une bonne idée. Cette expérience lui a permis de devenir très proche de ses camarades de chambre, provenant de la Thaïlande et de Chypre, et elle leur parle encore régulièrement. L'expérience était en soi une immersion culturelle, car cela leur a permis de partager entre elles plusieurs histoires propres à leurs pays. Emily est vraiment heureuse d'avoir pu rester avec elles durant la compétition, car cela lui a permis de se faire des amies partout dans le monde.

Jazlyn a aussi aimé l'expérience. Elle et ses camarades de chambre, provenant du Chili et de la Biélorussie, sont devenues de très bonnes amies. Elles ont eu beaucoup de plaisir à se préparer pour les banquets, à discuter des problèmes environnementaux mondiaux actuels et à partager des informations sur leurs cultures respectives.



Centre de traitement & lieu d'enfouissement de sols contaminés

Faites votre soumission en ligne, sur notre site web
signaterre.com

844.212.8484 | pdacruz@signaterre.com
175, chemin de la Cabane-Ronde
Mascouche (Qc) J7K 0P1

Nous serons au
Salon des TEQ
Kiosque #632

Que pensiez-vous des autres projets ? Aviez-vous des coups de cœur ?

Les deux jeunes femmes sont unanimes à ce sujet : les autres projets étaient extraordinaires et avaient un potentiel de faire une différence dans le monde. Prendre connaissance des différents projets des finalistes leur a prouvé que le futur était entre bonnes mains. Emily et Jazlyn trouvent toutes les deux difficile de choisir leur projet préféré, car ils étaient tous uniques. Toutefois, elles ont toutes les deux été impressionnées par le projet de Bole Pan, originaire de Chine. Celui-ci consiste à utiliser du charbon activé ainsi que des écailles d'arachides et des molécules de MoS₂ dégradées en les synthétisant à l'aide d'une méthode hydrothermique afin de répondre à la crise d'eau douce en Chine.

Vous avez passé au travers de trois différentes périodes d'évaluation. Pouvez-vous nous partager votre expérience ?

Emily se sentait très nerveuse pour la première évaluation et ne savait pas à quoi s'attendre. Cependant, lorsqu'elles ont été interviewées, c'était beaucoup plus amical et moins intimidant que ce qu'elle avait anticipé. Les juges leur ont posé de bonnes questions à propos du projet et leur ont donné des avis ainsi que des conseils pour l'améliorer. Après la première évaluation, Emily n'était plus nerveuse et a pu mieux apprécier l'occasion qui se présentait à elle, c'est-à-dire de partager le projet avec un comité de juges provenant de divers pays.

Jazlyn était aussi très angoissée pour la première période d'évaluation, comme elle ne savait pas à quoi s'attendre. Par la suite, c'est devenu de plus en plus facile. Les périodes d'évaluation se divisaient en deux parties : une présentation de 5 minutes suivie d'une période de questions de 10 minutes. Cette dernière partie était plus difficile, puisque le comité de juges leur a posé des questions complexes portant à réflexion.

Vous prévoyez toutes les deux vous diriger dans le domaine médical après l'obtention de votre diplôme. Avez-vous modifié vos plans ?

Pour Emily, travailler à ce projet lui a permis d'explorer différents aspects de la science. Elle souhaite toujours s'orienter vers le domaine médical pour devenir physicienne, mais ce projet lui a définitivement permis de développer ses intérêts. Elle pourrait toutefois considérer l'obtention d'un baccalauréat en génie biomédical.

Pour l'instant, Jazlyn souhaite continuer sur la même voie afin de se diriger vers un baccalauréat en sciences de la vie pour ensuite entrer à l'école de médecine. Elle espère devenir podiatre. Cependant, elle aimerait continuer – comme passe-temps – à effectuer des recherches pour trouver des solutions aux problèmes environnementaux.

Nous entendons beaucoup de propos pessimistes quant à l'avenir. Est-ce que votre participation au SJWP vous a donné de l'espoir ?

Selon Emily, beaucoup de personnes sont actuellement préoccupées par la crise environnementale, ainsi que par d'autres problématiques à l'échelle mondiale. Bien sûr, cela la rend nerveuse à l'égard du futur. Cependant, lorsqu'elle a rencontré les finalistes, elle a réalisé qu'il y avait encore des personnes qui veulent faire tout ce qui est possible afin de construire un monde meilleur. Elle croit que si nous continuons à soutenir les jeunes et à leur donner du pouvoir, il y a de l'espoir.

Aller en Suède pour participer au SJWP a donné beaucoup d'espoir à Jazlyn pour le futur : tous les participants étaient tellement déterminés et motivés à présenter leurs projets novateurs pour contrer les problématiques mondiales liées à l'eau ! En se rassemblant, il a été possible de voir plus loin et de collaborer afin de trouver de nouvelles solutions. Elle espère que sa génération sera capable de résoudre ces problèmes mondiaux, et croit sincèrement que le futur est entre bonnes mains.

Qu'avez-vous le plus apprécié dans votre participation au SJWP ?

Pour Emily, rencontrer les autres finalistes est ce qu'elle a le plus apprécié. Elle a réalisé que cette occasion unique lui a permis de se faire des amis pour toute la vie et des contacts avec d'autres personnes qui pensent comme elle. En grandissant dans une petite communauté dans le nord de l'Ontario, elle n'a jamais été entourée par autant de personnes qui partagent un amour commun pour la science.

Tout comme sa collègue, Jazlyn a vraiment aimé pouvoir rencontrer des gens de partout dans le monde. Passer une semaine avec des individus ayant des intérêts communs provenant de plus d'une trentaine de pays à travers le monde a été pour elle une expérience unique qu'elle chérira toute sa vie. Elle est très reconnaissante d'avoir eu cette possibilité d'apprendre, de grandir et de travailler avec des gens merveilleux, et elle espère pouvoir les rencontrer à nouveau. ●

Crédit de la photo de la page 22 : Jonas Borg, Stockholm International Water Institute.

REMERCIEMENTS

Un grand merci à toutes les associations membres de la WEF, au comité de la Canadian Stockholm Junior Water Prize (CSJWP), au SJWP et à la WEF pour rendre le tout possible. Félicitations à Macinley Butson, de l'Australie, pour avoir remporté le prix SJWP de l'année, et à tous les participants pour leur accomplissement exceptionnel dans la recherche en eau. Un merci spécial à Jacobs pour avoir commandité le CSJWP de 2019. Pour plus d'information à propos du CSJWP, nous vous invitons à visiter le sjwp.ca.



**1^{er} site
d'emplois**



ENVIROEMPLOIS

- Plus de **50 000 visiteurs**
- **Offres d'emploi spécialisées en environnement et développement durable**
- Tarif de 299,95 \$ (abonnement d'un an et nombre illimité d'affichages).
- Accès illimité aux curriculum vitæ de la banque
- Dépôt gratuit de candidatures

1^{er} site d'emplois spécialisés en environnement et développement durable au Québec.

www.enviroemplois.org

En partenariat avec



EXPERTISE.
DIVERSITÉ DE PRODUITS.
SERVICES SPÉCIALISÉS.

Depuis plus de 70 ans, Hoskin Scientifique offre des conseils d'experts pour vous aider à trouver le produit le mieux adapté à vos besoins. Pour des instruments de mesure ou d'essais, du soutien technique et de la location, nous sommes là pour vous, partout au Canada.

WWW.HOSKIN.QC.CA
Vancouver | Oakville | Montréal



Les infrastructures « grises-vertes »

Solutions aux problèmes de refoulements d'égouts et de surverses



PAR **MARIE-ÈVE LAROUCHE** ing., MBA
Ingénieure, CIMA+ (Génie des eaux)
marie-eve.larouche@cima.ca



ET PAR **JEAN-FRANÇOIS LUSSIER**, ing., MBA
Chargé de projet et associé délégué, CIMA+
(Génie des eaux)



La gestion des eaux est maintenant un incontournable pour les municipalités, et ce, à plusieurs niveaux : gestion des actifs, planification de l'urbanisation, besoins en drainage, traitement des eaux, etc. Les infrastructures doivent également être adaptées au développement des territoires et aux différents enjeux (ex. : inondations, refoulements d'égouts et surverses d'eaux usées). Mais qu'arrive-t-il lorsque les niveaux de service des réseaux d'égouts ne sont pas adéquats ?

Client et ingénieur-conseil : une équipe gagnante

Lorsqu'un ingénieur-conseil est appelé à travailler sur de telles problématiques, il doit passer en revue l'éventail des solutions d'ingénierie; ces dernières doivent correspondre aux besoins et aux contraintes du client ainsi que du milieu dans lequel le projet sera implanté. Une communication efficace et fréquente entre le client et l'ingénieur-conseil doit donc avoir lieu afin que

l'ensemble des éléments critiques, techniques ou non, soient connus de toutes les parties.

Les bons outils d'analyse doivent également être utilisés. Dans le cadre d'analyses de la capacité résiduelle des réseaux d'égouts ou de stations de pompage, une modélisation hydraulique et hydrologique basée sur des données réelles est très intéressante et pertinente, car ces données apportent un niveau de précision supplémentaire appréciable. La qualité des solutions proposées et leur dimensionnement préliminaire sont intimement liés à la qualité et à la quantité des intrants disponibles.

Plusieurs pistes pour un même problème

Bien que les causes de ces problématiques soient assez semblables d'une municipalité à l'autre, il a été constaté que le cumul des contraintes techniques, politiques, sociales et d'intégration avec le milieu bâti vient souvent limiter les solutions

« Bien que les causes de ces problématiques soient assez semblables d'une municipalité à l'autre, il a été constaté que le cumul des contraintes techniques, politiques, sociales et d'intégration avec le milieu bâti vient souvent limiter les solutions d'ingénierie possibles. »

d'ingénierie possibles. En s'appuyant sur les normes et les règlements en vigueur, dont la Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales et la Loi sur la qualité de l'environnement, chaque projet de développement nécessite une analyse des apports sanitaires et pluviaux ainsi que de leurs impacts sur le milieu récepteur. Dans certains cas, la capacité résiduelle du milieu récepteur ne permet pas de recevoir les apports supplémentaires générés par le développement projeté. Lorsque des ouvrages de surverses n'ont pas de capacité résiduelle ou si le développement projeté rejette un débit supérieur à la capacité résiduelle, le recours aux mesures compensatoires est requis.

Pistes de solutions

Solutions typiques

Certaines pistes, comme les pratiques de gestion optimales des eaux pluviales, peuvent être à favoriser dans un contexte où l'on souhaite promouvoir le développement durable et assurer une résilience aux changements climatiques. D'autres infrastructures – comme la réfection des conduites existantes en manque de capacité, la construction de petits bassins de rétention ou le décroisement des réseaux – sont avantageuses pour leur simplicité d'exécution due à leur aspect plutôt usuel dans le génie municipal québécois. Bien qu'adéquates pour la réalisation d'un projet de développement, ces approches sont toutefois moins efficaces à l'échelle du réseau collecteur dans un milieu déjà bâti, et requièrent de nombreuses interventions pour cumuler les petits gains générés par chaque projet.

Solutions d'envergure

Dans certains cas, l'ampleur de la problématique jumelée à la configuration des réseaux et des milieux bâtis fait en sorte que les solutions typiques d'ingénierie sont difficilement applicables pour l'atteinte des résultats souhaités. Il est également possible qu'elles ne correspondent pas aux besoins du client.



Construction du bassin de rétention William dans Griffintown (12 000 m³) (Ville de Montréal, 2019).

« Dans une telle situation, une solution d'envergure majeure et localisée à un seul endroit pourrait rendre le réseau ou l'ouvrage de surverses conforme, en plus d'améliorer le niveau de service. »

Dans une telle situation, une solution d'envergure majeure et localisée à un seul endroit pourrait rendre le réseau ou l'ouvrage de surverses conforme, en plus d'améliorer le niveau de service. Cela permettrait même de donner une capacité résiduelle aux réseaux localisés en amont des travaux projetés, ce qui permettrait à des développements futurs de voir le jour. Parmi les exemples d'infrastructures majeures, notons le renforcement hydraulique d'un tronçon de collecteur qui a un manque de capacité important, ou un réservoir de rétention permettant de retenir la pointe du débit pendant la pluie de conception ainsi que les volumes excédentaires à la capacité des ouvrages de surverses. Ces solutions peuvent donc être mises en place au lieu de résoudre chaque problème sur les réseaux locaux ou de devoir réaliser des mesures compensatoires toutes les fois qu'un nouveau développement est prévu.

Une approche verte même avec le gris

Les ouvrages majeurs peuvent occasionner des frais plus élevés, mais ils engendrent des gains environnementaux considérables par rapport à la multiplication des petites interventions. En effet, l'empreinte des travaux est limitée, ayant donc le potentiel de réduire les matériaux de construction requis – ou du moins la démolition de matériaux en bon état –, de réduire l'impact de la machinerie et leur circulation, et donc de diminuer les émissions de gaz à effet de serre. En regardant la globalité de l'intervention, même si ça semble être une infrastructure la plus grise qu'il soit, on pourrait donc la qualifier de verte en comparaison avec l'impact des autres interventions typiques requises.

Pour une même problématique de refoulement d'égout ou de surverses d'eaux usées, il existe donc deux types de solutions : celles que l'on pourrait classer de « typiques » et qui sont bien connues dans le milieu ; et les solutions d'envergure plus importante, qui pourraient être écartées trop rapidement dans certains cas en pensant qu'elles ne sont pas réalistes ou qu'elles ne souscrivent pas aux principes de développement durable. Ce qu'il faut se rappeler, c'est que peu importe la complexité du problème et de sa solution, l'approche de développement durable – avec l'utilisation d'une intervention « verte » – est possible. ●

Gestion des matières résiduelles

Bilan 2018 de la performance du Québec



PAR **BRIGITTE GEOFFROY**, M. Sc.
Conseillère, communications
gouvernementales et relations médias,
RECYC-QUÉBEC

RECYC-QUÉBEC dresse depuis plus de 20 ans le Bilan de la gestion des matières résiduelles afin de suivre l'évolution des quantités de matières résiduelles générées, éliminées, récupérées et valorisées sur le territoire québécois. En novembre dernier, elle publiait les premiers résultats fort attendus de l'édition 2018 de son Bilan, soit les données pour la collecte sélective, les matières organiques et l'élimination.

Année après année, le portrait dressé par RECYC-QUÉBEC permet d'évaluer la performance du Québec en gestion des matières résiduelles, et d'alimenter la réflexion sur les mesures à mettre en place en vue d'aider les différents secteurs à prendre connaissance de leurs plus grands défis et d'assurer une amélioration continue. Le Bilan sert également à mesurer l'atteinte des objectifs établis dans les plans d'action découlant de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles.

Cette édition 2018 illustre comment le Québec arrive à composer avec la fermeture des marchés de la Chine et d'autres pays asiatiques à l'exportation des matières recyclables. Une fermeture qui crée encore aujourd'hui des remous au Québec, mais aussi à l'échelle mondiale.

Portrait de la collecte sélective

La fermeture du marché chinois à l'achat de certains produits depuis 2017 a obligé les différents centres de tri du Québec à trouver rapidement de nouveaux marchés afin d'écouler leurs principales matières sortantes, dont les papiers et les plastiques mélangés. Ce changement s'est également accompagné d'une baisse radicale des prix offerts pour ces matières, venant ainsi fragiliser la viabilité de la majorité des centres de tri, qu'ils soient privés, publics ou gérés par des organismes à but non lucratif. Au cours de l'année 2018, un seul centre de tri a fermé ses portes, soit celui de Cowansville.



Pour cette même année, 26 centres de tri du Québec ont reçu et traité 993 000 tonnes de matières résiduelles provenant à la fois des collectes municipales, ainsi que celles des industries, des commerces et des institutions (ICI). On observe une légère

LES DESSOUS DU BILAN

Le Bilan est le résultat d'une vaste enquête, menée auprès de quelque 700 installations impliquées dans la filière du recyclage. Il est réalisé grâce aux informations partagées par les centres de tri de la collecte sélective et ceux qui reçoivent les résidus de construction, de rénovation et de démolition, les sites de compostage, les usines de biométhanisation, les conditionneurs, les courtiers, les récupérateurs, les recycleurs et les installations de valorisation énergétique. Grâce à ces données transmises sur une base volontaire, RECYC-QUÉBEC peut établir en partie la performance, soit celle de la filière du recyclage.

L'autre partie, soit la performance citoyenne, est établie par le biais de la caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2015-2017. Cette étude repose sur un échantillonnage des poubelles et des bacs de récupération des ménages québécois. Elle sert à établir la proportion de matières recyclables jetées et récupérées sur le plan résidentiel. Il s'agit en quelque sorte du « bulletin de l'effort citoyen » et, surtout, du dénominateur commun qui permet de mesurer la performance globale du recyclage au Québec.

« Globalement, on a remarqué en 2018 une hausse des taux d'acheminement aux fins de recyclage pour le plastique et le verre, et une certaine stabilité pour le métal. »

baisse (0,3 %) de la quantité de matières recyclables provenant des collectes municipales ayant été acheminée vers les centres de tri de la collecte sélective. RECYC-QUÉBEC attribue cette baisse à différents facteurs, soit principalement à la réduction des publications de journaux, à la substitution de matières plus lourdes par des contenants et des emballages plus légers et, dans une moindre mesure, aux efforts de réduction à la source et à la popularité grandissante des initiatives zéro déchet.

Globalement, on a remarqué en 2018 une hausse des taux d'acheminement aux fins de recyclage pour le plastique et le verre, et une certaine stabilité pour le métal. La diminution observée pour le papier et le carton – tant en ce qui concerne les quantités que leur valeur de vente sur les marchés – est

toutefois venue limiter toute hausse globale de performance possible. Ces taux reflètent les contraintes actuelles vécues par l'industrie de la collecte sélective, qui après près de 20 ans d'évolution, voit depuis quelques années une stagnation dans sa performance. En effet, le taux d'acheminement aux fins de recyclage a subi une légère baisse : de 54 % en 2015 à 52 % en 2018.

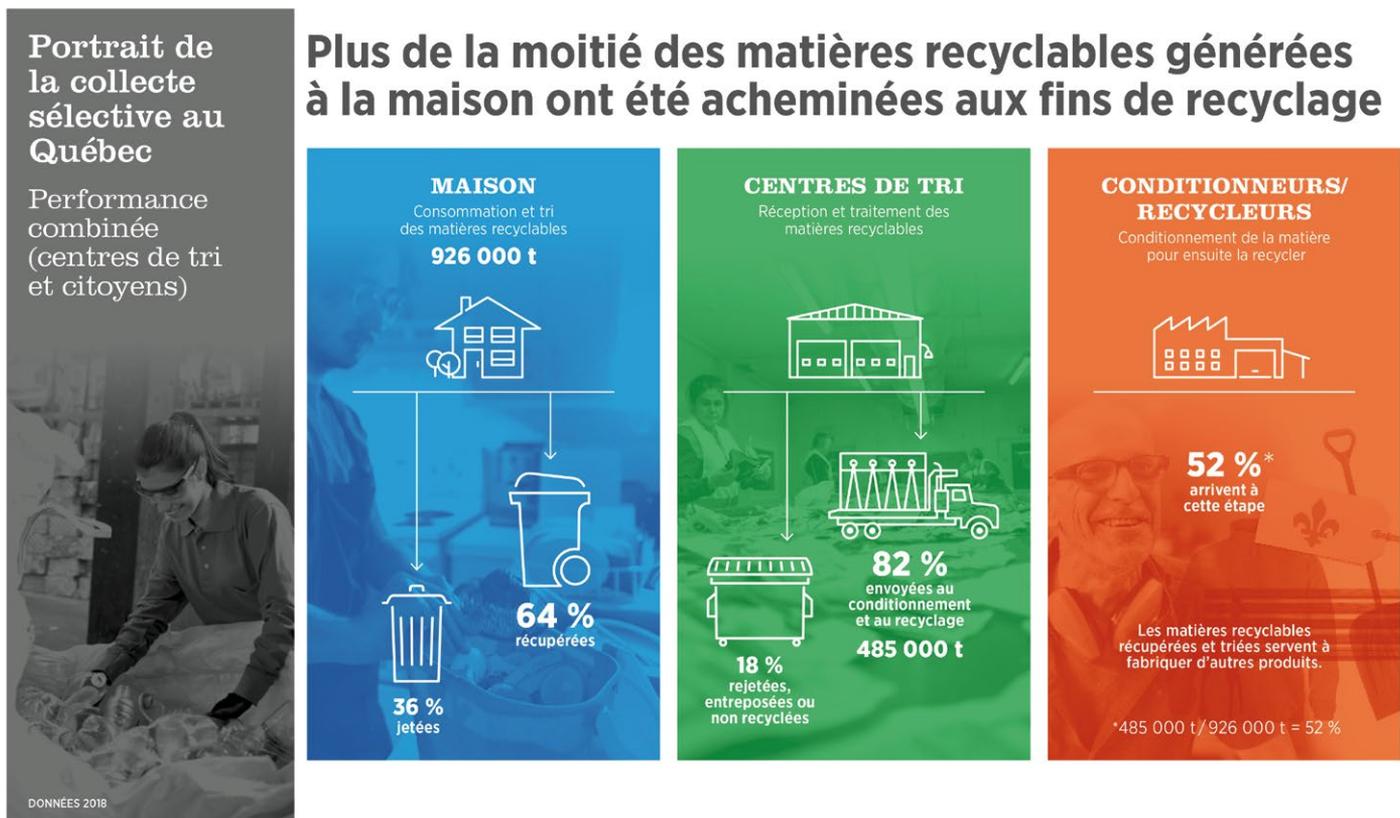
Performance du secteur résidentiel

La performance de la collecte sélective repose sur les efforts de récupération à la maison, ainsi que sur les opérations de tri et de recyclage dans les installations. Le chiffre de 926 000 tonnes de matières mentionné à la figure 1 est tiré de l'étude de caractérisation du secteur résidentiel 2015-2017; cette dernière permet de chiffrer les quantités de matières recyclables consommées par les ménages québécois, soit ce qui est jeté aux poubelles ou récupéré.

D'abord, la récupération à la maison :

- Sur l'ensemble des matières recyclables que consomme un ménage, 64 % ont été récupérées, c'est-à-dire déposées dans le bac de récupération. Le reste, soit plus du tiers (36 %) des

FIGURE 1
Performance de la collecte sélective au Québec.



matières recyclables, a été jeté aux ordures. La multiplication des types d'emballages, la difficulté pour les citoyens de s'y retrouver et possiblement leur confiance dans le système font qu'encore beaucoup de matières recyclables ne sont pas récupérées et, par conséquent, recyclées.

Ensuite, au centre de tri :

- Celui-ci traite l'ensemble des matières récupérées par les ménages et aussi par les petits commerces. La quasi-totalité de ce qui est reçu (82 %) a été acheminée à des fins de recyclage (ou de valorisation énergétique). Une certaine proportion (18 %) des matières a été soit entreposée, rejetée (éliminée) ou utilisée comme matériel de recouvrement dans les lieux d'enfouissement technique. On peut supposer que les exigences de qualité des acheteurs de matières recyclables se sont resserrées et que cela force un tri plus important de la matière. Le taux de rejet pour l'ensemble des centres de tri est ainsi un peu plus élevé (11,4 % en 2018 par rapport à 9,1 % en 2015).

Enfin, chez les conditionneurs et les recycleurs :

- Ces derniers reçoivent des ballots de matières qui ont été déposées par le citoyen dans son bac de récupération et qui serviront à fabriquer d'autres produits. Pour l'année 2018,

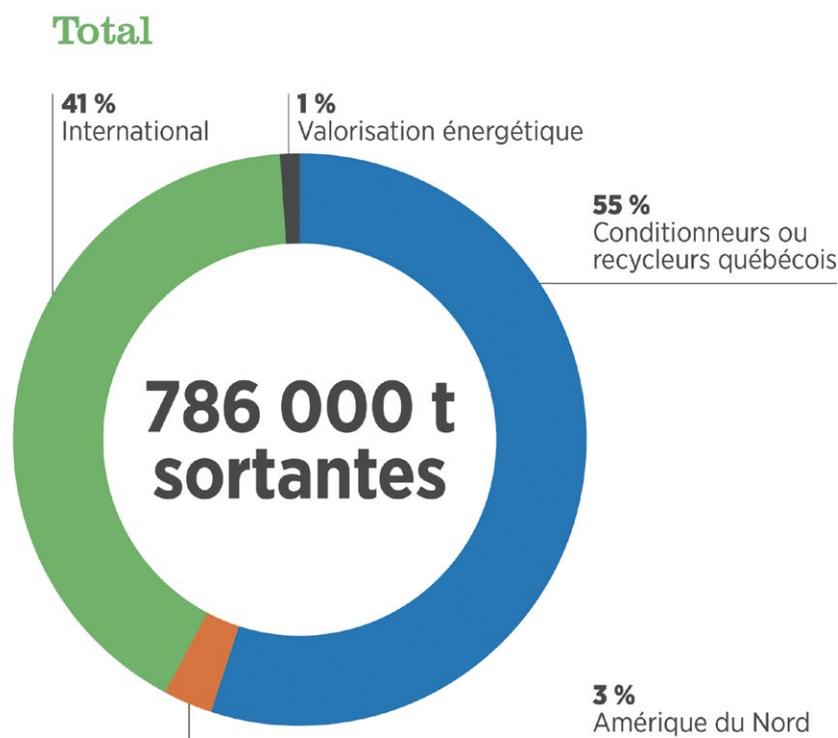
« Pour l'année 2018, on observe une tendance vers un traitement plus important des matières recyclables au Québec; plus de la moitié (55 %) ont été vendues à des conditionneurs et à des recycleurs québécois (cette proportion était de 39 % lors du dernier Bilan 2015). »

on observe une tendance vers un traitement plus important des matières recyclables au Québec; plus de la moitié (55 %) ont été vendues à des conditionneurs et à des recycleurs québécois (cette proportion était de 39 % lors du dernier Bilan 2015) (voir la figure 2).

Voici maintenant la performance par type de matières acceptées dans la collecte sélective pour l'année 2018 et les comparaisons avec les données du Bilan 2015 (voir le tableau 1) :

- Papier et carton : ces derniers constituent encore la majorité des matières sortantes des centres de tri, soit 81 %. Le prix offert sur le marché pour l'achat de ces matières recyclables était

FIGURE 2
Répartition des matières sortantes 2018.



d'environ 30 \$ la tonne en moyenne en 2018, comparativement à 150 \$ la tonne en 2015. Considérant qu'il s'agit de la matière la plus reçue et vendue par les centres de tri, cette baisse les affecte considérablement.

- Métal : les quantités de métaux générées demeurent importantes. Les taux de récupération sont en légère hausse depuis 2012. Toutefois, celui d'acheminement aux fins de recyclage connaît plutôt une légère baisse. Les métaux ont une excellente valeur et des débouchés multiples. En revanche, ils ne représentent que 5 % des matières vendues par les centres de tri, ce qui demeure insuffisant pour équilibrer l'impact de la baisse des prix pour les autres matières.
- Plastique : le taux d'acheminement aux fins de recyclage est en progression par rapport à 2015. Celui-ci était à 18 % en 2015, alors qu'il était à 25 % en 2018, ce qui signifie que 75 % des plastiques ont été jetés à la maison ou rejetés par le centre de tri. Ce résultat peut être attribuable au fait qu'il y a plus d'emballages conçus à partir de résines de plastique de toutes sortes, certaines étant difficilement recyclables selon les marchés actuels. En outre, il peut être difficile pour les citoyens de faire le bon geste de tri vu la multiplicité des contenants et des emballages.

- Verre : pour la collecte sélective, le taux d'acheminement aux fins de recyclage était de 28 % en 2018 comparativement à 14 % en 2015. Bien qu'il y ait une plus grande quantité de verre envoyée au recyclage, 72 % se retrouvait toujours dans les lieux d'élimination en 2018. On peut attribuer ce taux à la faible quantité de verre acheminée aux fins de recyclage par les centres de tri et la quantité encore limitée de débouchés pour cette matière.

TABLEAU 1
Taux d'acheminement aux fins de recyclage
(comparaison des années 2015 et 2018).

MATIÈRES RECYCLABLES	2015	2018	ÉCART
Papier et carton	79 %	71 %	-8 %
Métal	49 %	48 %	-1 %
Plastique	18 %	25 %	+7 %
Verre	14 %	28 %	+14 %



ASSISES QUÉBÉCOISES DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

2^E ÉDITION

3 et 4 juin 2020

Palais des congrès
de Montréal

Alors que l'économie circulaire prend de l'ampleur au Québec, les acteurs sont de plus en plus nombreux à vouloir passer à l'action. Voilà ce que vous propose la 2^e édition des Assises : une occasion de faire un pas de plus afin de mettre en œuvre les différentes stratégies de ce nouveau modèle économique et d'accélérer ce virage vers l'innovation. **Soyez-y !**

Visitez notre [site web](#) pour tous les détails concernant la programmation et les inscriptions.



Portrait du recyclage et de l'élimination des matières organiques

Au Québec, en 2018, le secteur municipal ainsi que celui des ICI – excluant le secteur de la transformation agroalimentaire – ont généré un peu plus de 3,9 millions de tonnes de matières organiques, dont 27 % ont été recyclées.

Les dernières années ont vu la mise en exploitation de plusieurs installations de compostage et de biométhanisation des matières organiques générées au Québec, contribuant ainsi au détournement de ces matières de l'élimination au profit de leur recyclage.

L'implantation en continu du bac brun et son utilisation par les ménages québécois ont contribué à faire augmenter le taux de recyclage des résidus verts et alimentaires du secteur municipal en 2018. Celui-ci a fait un bond significatif par rapport à 2015 : il a presque doublé. Il est passé de 17 % en 2015 à 31 % en 2018. On peut donc dire que globalement, pour ce secteur, le taux de recyclage des matières organiques a progressé de façon importante au cours des dernières années.

Toutefois, considérant qu'un peu plus du tiers des matières organiques des ménages québécois sont détournées de l'élimination, il reste encore beaucoup de chemin à parcourir. Cela passe notamment par la réduction du gaspillage alimentaire et l'utilisation de composteurs domestiques ou du bac brun par les ménages québécois.

Du côté des ICI, le taux de recyclage des matières organiques putrescibles de ce secteur (excluant les industries agroalimentaires et des pâtes et papiers) est de 5 % en 2018, soit une légère hausse de deux points de pourcentage en comparaison avec le taux de

2015. Ce taux demeure bas, notamment dû au fait que les services de collecte des matières organiques putrescibles dans les ICI – comme les épiceries, les restaurants et les établissements de santé –, bien qu'en émergence, demeurent encore relativement peu répandus. L'industrie des pâtes et papiers a quant à elle recyclé 34 % de ses boues et résidus organiques putrescibles. Pour sa part, le secteur de la transformation agroalimentaire a généré plus de 1,2 million de tonnes qui ont majoritairement été recyclées (97 %) (voir la figure 3).

Données sur l'élimination

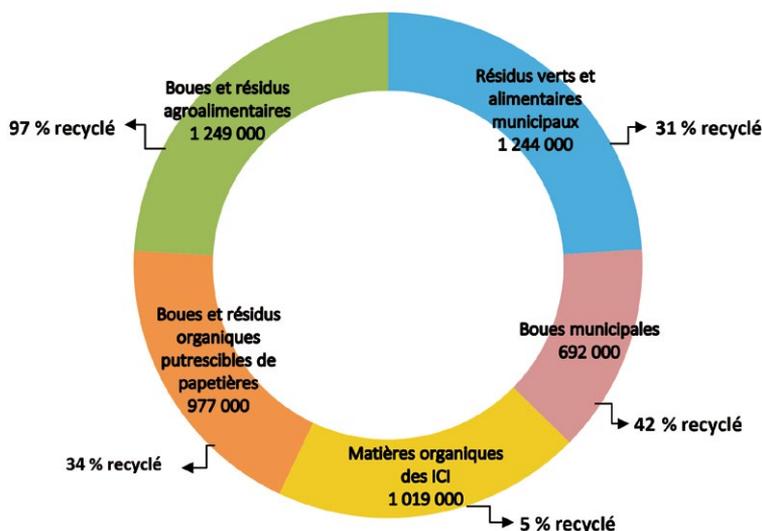
Le Plan d'action de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles prévoyait ramener à 700 kilogrammes par habitant la quantité de matières résiduelles éliminées. À l'exception de l'année 2017, le Québec s'est maintenu sous ce seuil. L'année 2018 n'a pas fait exception avec 697 kilogrammes par habitant de matières résiduelles éliminées. On constate une diminution de la quantité d'ordures ménagères municipales et de résidus provenant des ICI éliminés depuis 2015.

Certains secteurs méritent toutefois une attention particulière, soit celui des résidus de construction, de rénovation et de démolition, qui est en grande partie responsable de la quantité totale des matières résiduelles éliminées depuis 2015. Beaucoup de ces résidus sont liés aux travaux découlant des importantes inondations qu'a connues le Québec en 2017. Les inondations plus récentes auront certainement un impact sur les données d'élimination de 2019.

Vers une réforme du système de gestion

Avec le nouveau partage des rôles et des responsabilités entre les différents acteurs de la chaîne de valeur, notamment

FIGURE 3
Matières organiques générées (en tonnes) en 2018 et taux de recyclage par secteurs d'activité.



les administrations municipales et l'industrie, le portrait de la gestion des matières résiduelles au Québec sera différent.

L'amélioration globale de la performance québécoise est l'un des objectifs visés par les récentes réformes qui ont été annoncées. Elles auront assurément un impact sur les taux de récupération et de recyclage, ainsi que sur la quantité de matières envoyées à l'élimination.

Dans ce système réformé, RECYC-QUÉBEC continuera de jouer un rôle prépondérant dans la gestion des matières résiduelles au Québec. Des actions importantes seront menées auprès des parties prenantes, incluant les entreprises et les citoyens de toutes les régions. La réduction à la source, l'économie circulaire, la lutte au gaspillage alimentaire, l'amélioration de la gestion des résidus de construction, de rénovation et de démolition ainsi que l'encadrement des systèmes de responsabilité élargie des producteurs sont au nombre des actions portées par RECYC-QUÉBEC pour contribuer à une société sans gaspillage. Celles-ci et plusieurs autres figurent au Plan d'action 2019-2024 de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles lancé en février dernier. ●

BILAN 2018 : DONNÉES À VENIR

RECYC-QUÉBEC diffusera sous peu sur son site Web les données 2018 portant sur :

- Les conditionneurs et les recycleurs de matières recyclables (papier, carton, plastique, verre, métal);
- Les résidus de construction, de rénovation et de démolition;
- Les matières récupérées dans les écocentres;
- Les textiles;
- Les programmes particuliers (responsabilité élargie des producteurs, consigne, pneus);
- La valorisation énergétique.

RECYC-QUÉBEC profite de cette tribune pour remercier chacun des répondants qui ont pris le temps de transmettre leurs données. Cette contribution est essentielle pour avoir un portrait juste et précis de ce secteur d'activité.

**COMBINER
NOS EXPERTISES**

**CRÉER
UNE SYNERGIE FORTE**

**POUR LA RÉUSSITE
DE VOS PROJETS!**

englobecorp.com
1 866 981-0191

 **Englobe**
Sols Matériaux Environnement

Efficacité énergétique des bâtiments

Récupération de la chaleur des équipements de refroidissement



PAR STÉPHAN GAGNON, ing., CEM®, RCx,
LEED® GA
Coordonnateur du service d'accompagnement
technique, Transition énergétique Québec

Que ce soit pour améliorer la performance énergétique d'un bâtiment en place ou pour en concevoir un nouveau, la récupération de chaleur sur les équipements de refroidissement est une des mesures d'efficacité énergétique les plus rentables pour les grands bâtiments commerciaux et institutionnels au Québec. Malheureusement, cette mesure n'est pas aussi répandue qu'elle le devrait; il n'est donc pas rare de voir un bâtiment évacuer d'importantes quantités de chaleur en pleine période de chauffage.

Conservation de l'énergie

Malgré de grands surplus d'énergie thermique dans certaines zones du bâtiment en période de chauffage, les chaudières consomment au même moment beaucoup de combustible ou d'électricité pour produire la chaleur requise pour combler les besoins d'autres zones. La récupération de la chaleur provenant des équipements de refroidissement consiste à réutiliser ces grandes quantités d'énergie thermique – autrement rejetées dans l'environnement – pour répondre aux besoins de chauffage ailleurs dans le bâtiment.

L'énergie peut sortir du bâtiment par l'enveloppe ou par l'évacuation d'air vicié, mais il est impossible qu'elle disparaisse; elle est simplement transformée. C'est un principe physique de base; le principe de conservation de l'énergie.

Une pompe qui a une efficacité globale de 50 % transforme 50 % de l'énergie électrique en énergie thermique, et 50 % en énergie cinétique induite à un fluide. L'énergie cinétique est par la suite transformée en énergie thermique par la friction du fluide à l'intérieur des conduits. Si cette énergie cinétique n'était pas transformée, il suffirait de donner une impulsion



au fluide et il circulerait dans la boucle de façon perpétuelle. C'est la même chose pour la ventilation. Dans le cas d'un ascenseur dont l'efficacité est de 80 %, 20 % de l'énergie électrique est transformé en énergie thermique et 80 % en énergie potentielle. Cette dernière, induite aux passagers qui montent dans l'ascenseur, est par la suite transformée en chaleur par les freins de l'ascenseur lorsque ces passagers redescendent. Dans le cas d'un appareil d'éclairage d'une efficacité énergétique de 90 %, 10 % de l'énergie électrique est transformé en énergie thermique et 90 % en énergie lumineuse, qui est par la suite convertie en énergie thermique lorsqu'elle est absorbée par les surfaces.

Sans égard à l'efficacité des équipements, toute consommation électrique est donc convertie en chaleur. Ainsi, il est permis d'affirmer que – mis à part quelques exceptions somme toute mineures comme l'éclairage extérieur, la chaleur évacuée par l'air vicié et les eaux grises – la consommation électrique d'un bâtiment entraîne un apport égal d'énergie thermique à l'intérieur de son enveloppe.

Évacuation de la chaleur

Même en excluant le chauffage électrique, la majeure partie de cet apport thermique est présente en période de chauffage.

« En cessant le refroidissement gratuit et en utilisant des refroidisseurs appropriés à la récupération de chaleur en période de chauffage, une grande part de la chaleur produite par les chaudières peut être remplacée par la chaleur évacuée des zones en surplus de chaleur. »

Lorsque les équipements de refroidissement ne sont pas conçus pour récupérer cette énergie, une partie de l'apport thermique compense partiellement les pertes par l'enveloppe, mais la majeure partie de la chaleur – qu'elle soit dégagée par les ordinateurs, l'éclairage, le refroidissement/réfrigération, les autres équipements électriques ou les occupants – est évacuée hors du bâtiment de deux façons :

- Par « refroidissement gratuit », en remplaçant l'air chaud intérieur par de l'air froid provenant de l'extérieur;
- Par des équipements mécaniques comme des refroidisseurs.

Le refroidissement gratuit permet de diminuer la consommation électrique des équipements de refroidissement. Par contre, lorsque le bâtiment est humidifié, il engendre une importante augmentation de la consommation des équipements d'humidification. Par exemple, de l'air extérieur à -5 °C, dont le taux d'humidité relative est de 70 %, verra son taux d'humidité relative passer à 10 % dans un bâtiment à 22 °C. Ainsi, dans les systèmes de ventilation, il faut ajouter beaucoup de vapeur au mélange de cet air et de l'air recirculé afin de maintenir un taux d'humidité relative supérieur au niveau prescrit (ex. : 25 %) pour assurer le confort et la santé des occupants. Lorsqu'il y a de l'humidification, le refroidissement gratuit est donc loin d'être gratuit, et l'économie d'énergie de cette façon de faire est beaucoup plus faible qu'il n'y paraît.

Avantages des refroidisseurs

En cessant le refroidissement gratuit et en utilisant des refroidisseurs appropriés à la récupération de chaleur en période de chauffage, une grande part de la chaleur produite par les chaudières peut être remplacée par la chaleur évacuée des zones en surplus de chaleur. Certains refroidisseurs peuvent évacuer la chaleur en produisant de l'eau de chauffage à 66 °C (150 °F). Cette température est suffisante pour les réseaux de chauffage, ce qui permet de refroidir les zones en surplus de chaleur en évacuant cette dernière dans les réseaux de chauffage en place. On peut ainsi éviter, en partie, le fonctionnement des équipements de production de chaleur :

- En produisant de l'eau de chauffage sans les chaudières;
- En chauffant l'eau chaude sanitaire jusqu'à 60 °C sans utiliser d'éléments électriques ou de brûleurs, c'est-à-dire à l'aide d'un échangeur de chaleur avec système de recirculation en continu;
- En préchauffant l'eau destinée à l'humidification par un échangeur de chaleur avant d'arriver aux chaudières à vapeur. Ces dernières consomment ainsi beaucoup moins d'énergie, car elles n'ont plus qu'à porter à ébullition une eau déjà préchauffée à 50 °C plutôt qu'une eau d'aqueduc qui se situe à 5 °C l'hiver et à 20 °C l'été.

La récupération de chaleur permet aussi l'arrêt des tours de refroidissement par temps froid, ce qui permet d'éviter une usure prématurée en raison de la formation de glace. Cette mesure réduit donc les coûts d'entretien des tours de refroidissement et allonge leur durée de vie. De plus, elles sont parmi les plus grands consommateurs d'eau potable dans les bâtiments; la récupération de chaleur permet donc de réduire la consommation d'eau de façon notable. La réduction des besoins d'humidification résultant de l'arrêt du refroidissement gratuit engendre aussi une économie d'eau potable.

Les économies d'énergie qui résultent de la mise en place de cette mesure dans un grand bâtiment commercial ou institutionnel sont considérables, et la période de rendement du capital investi est généralement courte. Cette mesure devrait donc être étudiée au Québec, que ce soit pour améliorer la performance énergétique d'un bâtiment en place ou pour en concevoir un nouveau. ●

« Quand je dois disposer de sols A-B, j'envoie mes chauffeurs chez SOLTERRA. Ils n'attendent pas, donc nous gagnons temps et argent. »



CENTRE DE DISPOSITION ET DE VALORISATION DE SOLS CONTAMINÉS

- Sols <A et sols A-B acceptés

FIABLE, SIMPLE ET RAPIDE
Situé à moins de 25 minutes de Montréal

Grand partenaire de
Réseau Environnement

1285, ch. de la Cabane-Ronde, Mascouche (Québec) J6Z 0C2
www.solterra.ca



Salon des
teq
2020

RÉSEAUTER

Salon des exposants et Carré des Affaires
GRATUIT pour toutes et tous.

10 et 11 mars 2020, Centre des congrès de Québec
www.salon-teq.org/salon-dexposition

organisé par  Réseau
Environnement

↳ Développement
des marchés
et technologies de tri

Au cœur du développement d'une économie circulaire des matières recyclables

Notre équipe contribue à l'optimisation de la collecte sélective québécoise et au renforcement des filières de tri, de conditionnement et de recyclage des matériaux d'emballages et d'imprimés.

eeq.ca



Éco
Entreprises
Québec

DÉVELOPPER

Près de 100 conférences
6 thématiques porteuses
5 salles de conférences et 1 scène d'échanges

10 et 11 mars 2020, Centre des congrès de Québec
www.salon-teq.org/salon-dexposition

organisé par  Réseau
Environnement

Chaque jour, nos
gens réalisent des
projets incroyables.

Ce sont des innovateurs qui ont
la vision de toujours aller plus loin
et de créer de nouvelles
opportunités avec passion,
ingéniosité et travail acharné !

SANEXEN

WWW.SANEXEN.COM



Certification de technicien en caractérisation et réhabilitation agréé

Un besoin de l'industrie



PAR **ÉRIC MORISSETTE**, M. Sc. Env., EESA®
Président, Association québécoise de
vérification environnementale



ET PAR **PHILIPPE GIASSON**, Ph. D.
Vice-président, secteur Sols et Eaux
souterraines, Réseau Environnement

Développée en raison d'un besoin de normalisation et de maintien des compétences, la certification de technicien en caractérisation et réhabilitation (TCRC) a été lancée officiellement – en novembre dernier – par l'Association québécoise de vérification environnementale (AQVE) lors du dernier Colloque Sols et Eaux souterraines de Réseau Environnement. Voici un tour d'horizon de cette nouvelle certification!

Une étude d'ECO Canada, datant de 2008, considérait que 11 663 personnes travaillaient dans le secteur des terrains contaminés au Québec (ECO Canada, 2008). Cette étude inclut notamment les employés de soutien. Plus spécifiquement, quelques milliers de personnes, dont 400 à 500 techniciennes et techniciens, travaillent à la réalisation de phases I, II et III et à la réhabilitation des terrains en 2020.

Comme tout professionnel œuvrant dans un domaine technique pointu, ces techniciens en environnement doivent détenir plusieurs compétences et connaissances essentielles. En effet, ils doivent être très polyvalents afin de pouvoir réaliser leurs différentes tâches. Par exemple :

- Superviser les travaux de terrain concernant les sondages et les prélèvements d'échantillons de sols, d'eau, d'air ou autres (métaux, sédiments, matières dangereuses résiduelles, etc.);
- Effectuer la description des échantillons de sols, d'eaux souterraines ou autres matériaux prélevés (ex. : granulométrie, indices organoleptiques), ainsi que des milieux et des conditions environnementales du prélèvement;



- Réaliser les mesures et les essais en chantier, incluant l'entretien et l'étalonnage des équipements;
- Superviser les travaux de traitement et de réhabilitation des sites contaminés;
- Réaliser les autres tâches connexes : superviser la sous-traitance (foreur, camionneur, laboratoires, détection des services, etc.); entrer en contact avec les clients; s'occuper des aspects de santé et de sécurité sur le terrain, etc.

En fait, ils font le travail le plus important dans le cadre des travaux de caractérisation, car ils sont directement sur les sites, en contact avec les contaminants potentiels. Leurs travaux requièrent aussi une bonne forme physique, car il s'agit d'un travail manuel, la plupart du temps à l'extérieur dans des conditions météorologiques difficiles (froid, pluie, neige, etc.). Tout ça selon les normes, les guides et les règlements applicables. Pourtant, leurs compétences ne sont pas reconnues à leur juste valeur.

Importance de la formation continue

Selon Mike Lalli, technicien d'expérience de la firme Terrapex Environnement : « La compétence des techniciens est évidemment variable selon leur formation et leur expérience. Ils peuvent aussi avoir des compétences spécifiques quant aux mandats spécialisés propres aux firmes. » Toutefois, pour les mandats de base tels que les phases II et les travaux de réhabilitation habituels – où les normes, les cahiers du ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) et les méthodes sont connus –, il n'y a pas de justification aux écarts de qualité dans les travaux.

Les techniciens se doivent donc d'être formés correctement, car leur travail est primordial, tant pour les firmes en environnement que pour leurs clients. Ainsi, en plus de la formation initiale, les techniciennes et les techniciens en environnement se doivent d'améliorer leurs connaissances de façon continue.

Bien que certains universitaires débutent comme techniciens pour bien apprendre le métier d'évaluateur environnemental de site, la majorité d'entre eux possèdent une formation collégiale; en effet, les formations pertinentes sont des techniques ou des attestations d'études collégiales.

Toutefois, comme le mentionne Mike Lalli : « Quelques diplômés offrent une formation de base, qui inclut notamment de la géologie, l'étude des sols et le prélèvement d'échantillons, mais seulement quelques-unes d'entre elles sont complètes et rendent un diplômé prêt au travail complexe des techniciens en environnement. » Ainsi, la formation de base des techniciens – bien que pertinente – n'est pas uniforme d'un établissement d'enseignement à l'autre. Elle se doit donc d'être complétée par de la formation continue.

Pertinence de la nouvelle certification

La certification de TCRC, qui s'appuiera sur la formation et les compétences des techniciens, complétera ainsi la chaîne de valeur des évaluations environnementales de sites et de réhabilitation couverte en partie par le titre d'évaluateur environnemental de site agréé (EESA®). Ainsi, les travaux d'évaluation environnementale de sites – phase I, phase II ainsi que réhabilitation – pourront être effectués par des professionnels dûment certifiés et agréés par l'AQVE.

Cette certification va également obliger, comme tous les autres professionnels agréés de l'AQVE, à un maintien des compétences demandant aux firmes de consultants de favoriser la formation continue des techniciens sur des sujets en constante évolution comme de nouveaux guides d'échantillonnages du MELCC, mais aussi sur des sujets pertinents tels que les essais d'aquifères ou autres. « Il s'agit donc de faire bouger l'industrie, car les techniciens ne sortent généralement pas de leur chantier », mentionne monsieur Lalli. Il est donc pertinent de les former et de les valoriser comme étant des professionnels à part entière.

Les lois et les règlements évoluent, tout comme les guides d'échantillonnage du ministère. Les méthodes changent également (ex. : méthodes de traçabilité ou d'échantillonnage). Les techniciennes et les techniciens, comme les autres professionnels de l'environnement, se doivent ainsi d'être à jour sur tous les aspects techniques et réglementaires, ainsi que sur les innovations de leur domaine.

Formation de mise à niveau

Tout comme l'AQVE, Réseau Environnement a constaté depuis longtemps que la qualité et l'uniformité des travaux dans le secteur des terrains contaminés étaient hautement variables

d'une firme à l'autre. Dans un souci d'améliorer la qualité des travaux, mais surtout de faire la promotion des bonnes pratiques environnementales, l'association a jugé nécessaire de développer un programme de formation de mise à niveau de 40 heures pour les techniciens.

Plus spécifiquement, cette formation de cinq jours abordera divers aspects de la réhabilitation et de la décontamination des sols, en plus d'assurer le développement des compétences de la main-d'œuvre ainsi que la compréhension des pratiques et des techniques. La formation inclura aussi des ateliers pratiques sur le terrain et en laboratoire.

Le programme – qui commencera à Montréal au printemps 2020 et qui s'adresse à tout technicien travaillant dans le secteur des terrains contaminés – permettra ainsi de mettre à jour les compétences et les connaissances, ainsi que d'uniformiser les pratiques de travail sur le terrain et les techniques de décontamination et de réhabilitation des sols.

Cette formation – qui couvrira tous les sujets importants prévus dans la portée de la certification et les sujets qui seront traités dans l'examen – sera entérinée par la Commission d'agrément de l'AQVE et sera obligatoire pour les candidats à la certification TCRC.

Informez-vous !

La certification de l'AQVE permettra d'uniformiser les compétences des candidats, car ils devront suivre la même formation de mise à niveau et le même processus de certification (dont l'examen).

Nous invitons les firmes de consultation en environnement et les autres entreprises qui emploient des techniciennes et des techniciens à s'informer sur la certification TCRC en consultant le site de l'AQVE (aqve.com/fr/agrees/nouveau-demande-dagrement-technicien), et à s'inscrire à la formation de mise à niveau donnée par Réseau Environnement (date et lieu à confirmer). Restez à l'affût en consultant le reseau-environnement.com ! ●

Référence

ECO Canada. (2008). *Quand l'offre ne satisfait pas la demande – Pénurie de main-d'œuvre et enjeux dans le secteur des sites contaminés*. En ligne : eco.ca/pdf/contsites_rpt_08_fr.pdf.

« La certification de l'AQVE permettra d'uniformiser les compétences des candidats, car ils devront suivre la même formation de mise à niveau et le même processus de certification (dont l'examen). »

Métropole de Lyon

Capitale française de la biodiversité 2019



PAR **HERVÉ CALTRAN**, Ph. D., M. Sc.
Responsable service Études,
Direction adjointe de l'eau, Grand Lyon
hcaltran@grandlyon.com



ET PAR **FRÉDÉRIC SEGUR**, M. Sc.
Chef de projet Ingénierie,
Patrimoine végétal, Grand Lyon

En milieu urbain, dès 1973, l'UNESCO avait engagé – par son programme *Man and Biosphere* – une recherche entre la nature, sa diversité biologique et la ville. Presque 50 ans plus tard, alors que selon l'Organisation des Nations unies plus de la moitié de la population mondiale vit dans les zones urbaines, toutes les agglomérations modernes s'intéressent à la biodiversité en milieu urbain et périurbain. C'est le cas de la Métropole de Lyon, qui a été élue Capitale française de la biodiversité 2019.

Le terme biodiversité, né en 1986 lors d'un forum sur la diversité biologique aux États-Unis et popularisé par les médias lors du Sommet de la Terre à Rio en 1992, est aujourd'hui largement employé dans le langage public. Défini initialement comme la variabilité des organismes et des complexes écologiques dont ils font partie, ce concept est sorti du cercle de l'écologie pour entrer dans celui des sciences humaines. La biodiversité y est dorénavant étudiée sous l'angle social, économique, juridique et politique. Les termes d'usages, de ressources et de gestion lui sont alors associés.

Préservation de la biodiversité : prise en compte réglementaire progressive

En France, la prise en compte de la biodiversité a évolué du concept de protection de la nature à préservation de la biodiversité, puis pour la biodiversité urbaine, de l'inventaire naturaliste au fonctionnement écologique (Clergeau, 2010). La première loi relative à la protection de la nature date de 1976. Elle instaure les études d'impact et le concept d'espèces



protégées, et modernise le statut de réserves naturelles (1930, 1957). L'année suivante sont créés les arrêtés de protection de biotope, périmètres protégés où les activités susceptibles de porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux ou à la survie des espèces protégées sont interdites ou strictement encadrées. Puis, en 1993, la Loi sur la protection et la mise en valeur des paysages, qu'ils soient naturels, urbains, ruraux, banals ou exceptionnels, intègre une approche plus large de la préservation des écosystèmes. La biodiversité en tant que telle n'apparaît cependant que dans les lois dites Grenelle 1 et 2 de l'environnement (2009, 2010). Cette dernière insiste en particulier sur la biodiversité dans deux chapitres : celui sur le bâtiment et l'urbanisme, qui impose l'intégration de la biodiversité dans les documents d'urbanisme ; puis celui sur la biodiversité, qui traite de la trame verte et bleue – un réseau de milieux naturels aménagés dans une perspective intégrée et globale –, de la création de parcs naturels et de la préservation de la biodiversité par l'agriculture. Enfin, la dernière née, la Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016, prolonge les lois de 1976 et de 1993. Elle s'articule autour de cinq axes : affirmer que la reconquête de la biodiversité est l'affaire de tous ; consolider des principes juridiques ; concilier la biodiversité et les acteurs ; protéger les espèces en danger, les espaces sensibles et la qualité de notre environnement ; et faire de la biodiversité un levier du développement économique. Cette loi lance la création de

« Pour limiter cette consommation d'espace, le Schéma de cohérence territorial – un document d'urbanisme qui cadre les politiques de la collectivité, dont la politique environnementale – prévoit d'augmenter les espaces naturels et agricoles, de limiter les zones à urbaniser et de concentrer le développement urbain dans des secteurs déjà urbanisés. »

L'Agence française pour la biodiversité, fusion d'organismes nationaux responsables de l'environnement.

Des outils issus de directives européennes permettent aussi de préserver la biodiversité. Par exemple, on retrouve les sites Natura 2000, un réseau de zones de protection des oiseaux et de conservation des espaces naturels (directives « Oiseaux » et « Habitats, faune flore »). La directive-cadre sur l'eau, modifiée en Loi sur l'eau et les milieux aquatiques en 2006, traite indirectement de la biodiversité par la préservation des écosystèmes aquatiques et du maintien de la circulation d'espèces.

Protection tout aussi progressive à l'échelle locale

À l'échelle régionale, la prise en compte de la biodiversité, bien que le concept soit encore indéfini, naît avec la création des parcs naturels régionaux dès 1967. Ces derniers visent à protéger et à gérer le patrimoine naturel et culturel, tout en aménageant le territoire et en assurant un développement économique et social. Plus récemment, la loi de 2015 sur l'organisation territoriale de la République renforce le rôle des régions dans la planification générale du territoire et la préservation de la biodiversité. Un schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires est mis en place; il développe la thématique de la biodiversité, et plus particulièrement les trames vertes et bleues du Grenelle de l'environnement.

Concours qui récompense les collectivités

Le concours national « Capitale française de la biodiversité » a été lancé en 2010 par l'Agence française pour la biodiversité, l'Agence régionale de la biodiversité en Île-de-France et l'association Plante & Cité à l'occasion de l'année internationale de la biodiversité. Il est ouvert à toutes les communes, les communautés urbaines, de communes et d'agglomérations, ainsi que les métropoles. Son but est de cerner, de valoriser et de diffuser les bonnes pratiques des participants en faveur de la biodiversité.

Chaque année, un thème est mis en avant, et celui de 2019 était « Climat : la nature source de solutions ». Il s'agissait de montrer comment on peut utiliser la nature pour lutter de manière conjointe contre le changement climatique et l'érosion de la biodiversité. Chaque candidat présente un dossier décrivant son implication selon trois thèmes : Planification pour la biodiversité; Biodiversité locale; et Biodiversité et citoyenneté. Des actions complémentaires peuvent accompagner le dossier. Le jury est composé d'experts et de professionnels de la faune, de la flore, de l'écologie scientifique, du paysage, de l'urbanisme, de l'aménagement du territoire, de la communication et des politiques publiques. Certains candidats sont ensuite sélectionnés afin de

présenter leurs actions lors d'une visite d'évaluateurs; il existe cinq catégories en fonction de la taille des agglomérations. Finalement, la collectivité considérée comme étant la plus engagée est nommée Capitale française de la biodiversité.

Métropole de Lyon : gagnante 2019

Créée en 2015, la Métropole de Lyon est issue de la fusion de la communauté urbaine de Lyon et, sur son territoire, du département du Rhône. Située dans la région Rhône Alpes, à la confluence du Rhône et de la Saône, elle regroupe 59 communes représentant environ 55 400 hectares (ha). Environ 15 600 ha sont des espaces de nature, essentiellement des terres agricoles (12 900 ha). Pratiquement 60 % d'entre eux bénéficient d'une protection réglementaire (zone Natura 2000, arrêtés de protection de biotope, etc.). La Métropole, en forte croissance démographique avec 10 000 habitants par an depuis 1999, compte une population de 1,38 million de personnes. En 2014, environ 50 % du territoire métropolitain était urbanisé. La consommation du foncier non urbanisé a crû jusqu'en 1990, puis s'est stabilisée avant de décroître depuis 2005 (105 ha par an). Pour limiter cette consommation d'espace, le Schéma de cohérence territoriale (SCOT) – un document d'urbanisme qui cadre les politiques de la collectivité, dont la politique environnementale – prévoit d'augmenter les espaces naturels et agricoles, de limiter les zones à urbaniser et de concentrer le développement urbain dans des secteurs déjà urbanisés.

La Métropole dispose d'une richesse spécifique encore notable. À titre d'exemple, on peut citer la présence de 143 espèces d'oiseaux nicheurs sur les 548 espèces nationales, 13 espèces d'amphibiens sur 37, et 12 espèces d'amphibiens sur 41 (Grand Lyon, s. d.).

La Métropole de Lyon a donc été élue Capitale française de la biodiversité 2019, aux côtés de quatre autres collectivités lauréates. Elle a su démontrer que la nature offre des solutions positives pour faire face aux changements climatiques.

Concilier végétaux, eau pluviale et biodiversité

L'environnement et l'écologie scientifique sont présents depuis 1992 dans les politiques de la Métropole. Le premier pas a consisté à mettre en œuvre une charte de l'écologie urbaine, puis une charte de l'arbre (2000), un plan climat (2009) et enfin le plan Canopée (2017) qui comprend les deux dernières stratégies. Ces divers documents ont permis d'associer les acteurs publics et privés pour améliorer la qualité de l'air et la qualité de vie, et pour développer les services rendus par la nature en ville. Le point central est le végétal et sa diversification.

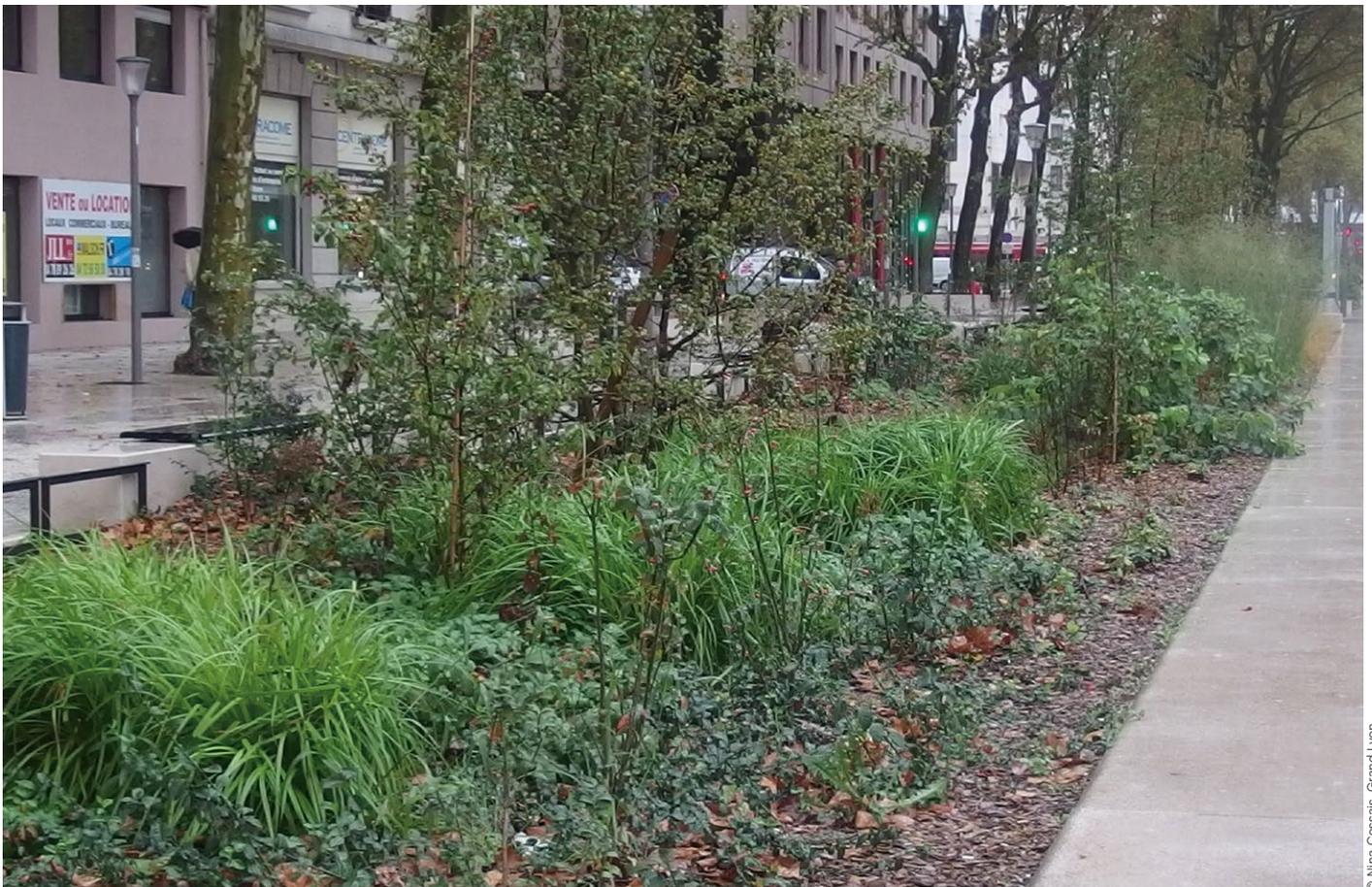
« La Métropole expérimente et développe des solutions de végétalisation pour lutter contre les îlots de chaleur urbains et atténuer les effets du réchauffement climatique. »

Le plan Canopée prévoit d'ici 10 ans une augmentation de 12 % à 22 % des portions d'espaces publics ombragés; à ce jour, la Métropole compte plus de 100 000 arbres dans les espaces publics.

La première action présentée au concours en ce qui concerne la démarche de planification en faveur de la biodiversité concerne la traduction du volet « adaptation » du Plan Climat dans le plan local d'urbanisme (PLU) (CFB, 2019). Une des grandes orientations est de « développer l'agglomération en faisant projet avec la trame verte et bleue et en renforçant la présence de la nature en ville ». Des règles établissant des niveaux de

protection adaptés aux différentes sensibilités écologiques et paysagères des zones naturelles et agricoles ont été définies. Deux nouvelles zones ont aussi été créées dans le PLU pour limiter l'urbanisation entre la trame verte et la zone urbaine (Grand Lyon, 2019). De plus, des coefficients de pleine terre (sans aucune construction aérienne ou souterraine) sont imposés dans chaque nouveau projet immobilier afin d'organiser les aménagements végétalisés pour la biodiversité et la gestion des eaux pluviales. Sur les plans du PLU sont précisément indiqués les espaces végétalisés à valoriser (maintien ou renforcement de continuité écologique), les plantations sur le domaine public pour les protéger, la localisation des obligations de végétaliser pour affirmer et développer les axes paysagers, les continuités écologiques et enfin les périmètres des zones humides à protéger.

La seconde action, présentée dans le cadre du deuxième thème – Biodiversité locale : gestion et suivi –, décrit l'expérimentation sur le pouvoir rafraîchissant de la végétation sur la rue Garibaldi. La Métropole expérimente et développe des solutions de végétalisation pour lutter contre les îlots de chaleur urbains et atténuer les effets du réchauffement climatique. Cet ancien axe routier structurant est progressivement transformé en un corridor fortement végétalisé encadrant une voie de circulation



Plantations et gestion des eaux de pluie, rue Garibaldi.

« Les habitants proposent des arbres remarquables, puis un guide traçant un parcours mêlant arbres, sites historiques et sites patrimoniaux est réalisé. L'objectif est de sensibiliser la population à la biodiversité, aux rôles des arbres dans le paysage et dans l'adaptation aux changements climatiques, et de créer du lien social tout en aidant à la protection de l'environnement. »

apaisée et partagée avec les modes doux de déplacement. Sur trois kilomètres, entre deux parcs, l'aménagement a permis de conserver 80 arbres et d'en planter 150 nouveaux de 12 espèces différentes, d'installer 14 espèces pour la strate arbustive et 40 pour la strate basse. Cette diversification limite les risques sanitaires dus aux changements climatiques, diversifie les ambiances urbaines et limite les problèmes d'allergie (Segur, 2015). Toute la gestion des eaux de cet espace se fait par diverses techniques (noues, tranchées d'infiltration, etc.) afin de laisser un maximum d'eau dans les sols à disposition de la végétation. Un bassin enterré permet de récupérer les eaux de pluie pour arroser la végétation lors des canicules, et de relancer ou de favoriser l'évapotranspiration des arbres pour climatiser la ville. Depuis 2016, une expérimentation à l'aide de capteurs dans le bassin, dans le sol et sur les arbres se poursuit afin de mesurer la disponibilité de l'eau pour les végétaux, la transpiration des arbres et l'atténuation thermique. L'abaissement des températures mesurées est de l'ordre de 2 °C et le gain en confort thermique de 10 °C *Universal Thermal Climate Index* (UTCI) (Segur, 2017).

La dernière action, présentée dans le thème Biodiversité et citoyenneté, concerne l'élaboration participative d'un guide de découverte des arbres. Les habitants proposent des arbres remarquables, puis un guide traçant un parcours mêlant arbres, sites historiques et sites patrimoniaux est réalisé. L'objectif est de sensibiliser la population à la biodiversité, aux rôles des arbres dans le paysage et dans l'adaptation aux changements climatiques, et de créer du lien social tout en aidant à la protection de l'environnement. Huit guides ont déjà été publiés.

Autres actions en faveur de la biodiversité

Au-delà de ces trois actions, d'autres projets participent à la préservation de la biodiversité dans la Métropole. Citons le projet Ville perméable : celui-ci vise à désimpermeabiliser la ville pour retrouver un cycle naturel de l'eau, à préserver la qualité des cours d'eau et la vie aquatique en évitant le débordement des réseaux unitaires, et à favoriser la survie de la végétation en ville et la vie des sols. Traduit dans le PLU et le règlement d'assainissement, le projet interdit tout rejet d'eau pluviale au réseau d'assainissement. Le long de la rivière Saône, un vaste projet de réaménagement des berges a été réalisé pour concilier déplacements, loisirs et préservation de la biodiversité. Un plan de protection et de gestion est en cours et des espaces abritant des espèces protégées ont été aménagés. Un suivi de la faune et de la flore a également été réalisé et une lutte contre les espèces envahissantes est engagée. Les entreprises ont suivi des formations afin de réaliser les travaux. Pour d'autres espèces emblématiques protégées, des actions ciblées sont menées : un plan de sauvegarde de l'œdicnème criard met en

œuvre des opérations d'évitement des nids en zone agricole et de maintien de zones pour sa reproduction. Il en est de même du crapaud calamite, pour lequel une parcelle a été aménagée et préservée lors de la construction d'un stade pour le maintien des batraciens. On peut également mentionner l'abandon de l'utilisation de tout biocide ou produit phytosanitaire issu de la chimie de synthèse ou dangereux pour l'environnement. Enfin, de nombreux guides et un blogue sur la trame verte et bleue, sur la biodiversité et sur la gestion des eaux pluviales ont été édités (Grand Lyon, s. d.). Reste à souhaiter que cet engagement pour la biodiversité perdure, s'amplifie et se multiplie. ●

Références

CFB (Capitale française de la biodiversité). (2019). *Rapport de visite de terrain 2019 – Métropole de Lyon*. En ligne : capitale-biodiversite.fr/sites/default/files/experience/documents/metropole_de_lyon_cfb2019.pdf.

Clergeau, P. (2010). *Biodiversité urbaine : de l'inventaire naturaliste au fonctionnement écologique*. En ligne : sfecologie.org/regard/regards-8-clergeau.

Grand Lyon. (s. d.). *Le blog du développement durable sur le territoire du Grand Lyon*. En ligne : blogs.grandlyon.com/developpementdurable.

Grand Lyon. (2019). *Le plan local d'urbanisme et de l'habitat (PLU-H)*. En ligne : grandlyon.com/services/plu-h.html.

Segur, F. (2015). « Trois bonnes raisons de diversifier les plantations d'alignement ». *Horticulture et paysage*, n° 166, p. 6 à 8.

Segur, F. (2017). « Plan Canopée : l'arbre au service du climat urbain ». *Espace public & Paysage*, n° 185, p. 68 et 69.

« Au-delà de ces trois actions, d'autres projets participent à la préservation de la biodiversité dans la Métropole. Citons le projet Ville perméable : celui-ci vise à désimpermeabiliser la ville pour retrouver un cycle naturel de l'eau, à préserver la qualité des cours d'eau et la vie aquatique en évitant le débordement des réseaux unitaires, et à favoriser la survie de la végétation en ville et la vie des sols. »

Analyse de la qualité de l'eau potable dans un réservoir de distribution

La modélisation CFD

Résumé

L'objectif de cet article est de démontrer l'efficacité de la modélisation CFD (*Computational Fluid Dynamic* ou mécanique des fluides numérique) dans l'étude du vieillissement de l'eau des réservoirs de distribution d'eau potable. Pour cela, un modèle numérique URANS $k-\epsilon$ monophasique, considérant la variation du niveau d'eau par déformation du maillage, est considéré. Ce modèle numérique est ensuite validé à l'aide de résultats obtenus lors d'un essai de traçage sur un réservoir en activité. Malgré différents incidents techniques qui ne permettent pas d'obtenir des données exploitables pour l'ensemble de l'essai, les données récoltées sont toutefois suffisantes pour conclure en la capacité du modèle CFD à reproduire la dynamique dans un réservoir de distribution. Finalement, ce modèle validé est ensuite utilisé comme outil de diagnostic à travers une étude de cas concrète, en proposant une solution à une problématique observée sur un réservoir de distribution d'une capacité d'environ 200 000 m³ compartimenté en deux cellules. En effet, les modélisations CFD ont permis d'identifier un phénomène jusque-là ignoré, puisqu'en fonction du mode de fonctionnement du réservoir, lié à la configuration de ses vannes, il est possible de favoriser plus ou moins le renouvellement de l'eau dans une des deux cellules, et même – dans un des cas – de former une zone restreinte où 10 % du volume se renouvelle significativement moins bien que le reste du réservoir. Les modélisations CFD ont alors permis de développer des solutions correctives adaptées aux besoins de l'opérateur du réservoir, et de proposer une nouvelle configuration de la position des vannes. Cette conclusion n'aurait pas été possible sans l'utilisation de l'outil CFD.

MOTS-CLÉS : EAU POTABLE, RÉSERVOIR DE DISTRIBUTION, MODÉLISATION CFD, ESSAI DE TRAÇAGE, VALIDATION, ÂGE DE L'EAU.

Abstract

The purpose of this article is to demonstrate the effectiveness of Computational Fluid Dynamics (CFD) in the study of aging water in drinking water distribution reservoirs. For this exercise, a monophasic URANS $k-\epsilon$ numerical model, taking into account the variation of water levels by mesh deformation, is considered. This numerical model is then validated using results obtained during a tracing test on a reservoir in operation. Despite various technical incidents that do not provide meaningful data over the entire test, the resulting data are sufficient, by means of the capacity of the CFD model, to reproduce dynamics in a distribution reservoir. Finally, this validated model is then used as a diagnostic tool in a concrete case study, proposing a solution to a problem observed in a reservoir with a capacity of approximately 200,000 m³, divided into two cells. In fact, CFD modelling made it possible to identify a phenomenon which has long been ignored since, depending on the mode of operation of the reservoir, linked to the configuration of its valves, it is possible to favor more or less the renewal of the water in one of the two cells, or even for one of the cases, forming a restricted area where 10% of the volume of the reservoir is renewed significantly less than the rest of the reservoir. CFD modelling then allowed developing corrective solutions adapted to the needs of the reservoir's operator, and to propose a new configuration for the positioning of the reservoir valves. This conclusion would not have been possible without the use of the CFD tool.

Keywords: drinking water, distribution reservoir, CFD modeling, tracer test, validation, water aging.



PAR ALEXANDRE PELLETINGÉAS, ing., M. Sc. A.
Ingénieur de projet, Lasalle | NHC

Contexte

La fonction d'un réservoir d'eau potable sur un réseau de distribution est notamment de fournir un volume d'eau disponible en cas d'urgence, mais également d'équilibrer la demande en eau en fonction des creux et des pics de consommation au cours d'une journée (Grayman, 2004). Les réservoirs de distribution font donc partie intégrante d'un réseau d'eau potable, et la qualité de l'eau qui y est stockée est alors un enjeu important pour les municipalités.

De manière à assurer la qualité de l'eau distribuée, le chlore est couramment utilisé comme désinfectant dans l'eau potable afin d'éviter le développement des microorganismes pathogènes (Gauthier, 2000). Ce type de désinfectant n'est pas stable dans l'eau et va naturellement se dégrader dans les réseaux de distribution (Gauthier, 2000). Ainsi, pour assurer la qualité de l'eau stockée dans les réservoirs de distribution, il est indispensable de ne pas la stocker trop longtemps. L'âge de l'eau, c'est-à-dire le temps depuis lequel une molécule d'eau est entrée dans le réservoir (Trambouze, 2002), est par conséquent un critère de qualité important pour les réservoirs de distribution (Grayman, 2004). Ainsi, Kirmeyer et ses collaborateurs (1999) suggèrent qu'un renouvellement complet du volume d'eau dans les réservoirs devrait être compris entre trois à cinq jours. Il ne s'agit cependant pas d'un critère absolu, simplement d'un ordre de grandeur, car ce temps dépend de nombreux paramètres (Grayman, 2004).

La géométrie même des réservoirs de stockage peut entraîner un schéma d'écoulement privilégié, avec la formation de zones stagnantes où l'eau peut séjourner plus ou moins longtemps (Kirmeyer, 1999). La qualité de l'eau peut donc être relativement hétérogène à l'intérieur d'un réservoir, puisque certains volumes d'eau vont y séjourner plus longtemps que d'autres, en fonction du trajet qu'ils suivent. Afin d'assurer la qualité de l'eau distribuée, des mesures en continu de la concentration en chlore sont effectuées à la fois pour les volumes d'eau entrant et sortant. Cependant, il n'est pas nécessairement possible d'avoir accès à des mesures à l'intérieur même des réservoirs, qui sont généralement des infrastructures enterrées. Concrètement, cela signifie que la qualité de l'eau est parfaitement surveillée en entrée et en sortie des réservoirs de distribution, mais que l'évolution de cette qualité, à l'intérieur même des réservoirs, n'est pas nécessairement bien connue.

Différents modèles et outils de simulation d'écoulement

Aujourd'hui, il existe des méthodes numériques permettant de simuler les écoulements dans les réseaux de distribution de manière générale. Des études réalisées avec des modèles numériques unidimensionnels ont montré que ce type de modèle pouvait s'avérer très performant pour simuler le vieillissement de l'eau et la dégradation du chlore dans un réseau de distribution (Gauthier, 2000). Il est en revanche beaucoup plus difficile de simuler la dynamique de mélange dans un réservoir en utilisant seulement un modèle numérique de réseau, car ces modèles sont largement simplifiés et basés sur des concepts empiriques (Sautner, 2007). Par conséquent, l'utilisation de

modèles numériques tridimensionnels, capable de résoudre les équations de conservation, semble être l'approche à privilégier pour étudier la dynamique des écoulements à l'intérieur d'un réservoir de distribution (Grayman, 2003).

L'utilisation d'outils de modélisation numérique 3D avancés – comme la modélisation de la mécanique des fluides numérique, mieux connue sous son terme anglo-saxon de *Computational Fluid Dynamic* (CFD) – est un moyen efficace d'effectuer des analyses et des prédictions sur l'évolution de la qualité de l'eau à l'intérieur des réservoirs d'eau potable (Moncho-Esteve, 2015).

Des études comme celles de Mahmood (2005) et Grayman (2004) ont montré que la modélisation CFD est un outil efficace pour analyser les processus de mélange dans les réservoirs (Mahmood, 2005), et que cet outil peut être utilisé pour étudier l'influence des conditions de fonctionnement sur le mélange dans les réservoirs (Grayman, 2004). Également, des études comme celle de Yeung (2001) montrent l'intérêt de la modélisation CFD dans l'étude des comportements hydrauliques des réservoirs de distribution, et notamment de l'évolution de l'âge de l'eau à l'intérieur de ceux-ci. Cette dernière étude purement numérique ne s'intéresse cependant pas à la validation de ses résultats avec des données expérimentales, mesurées par exemple dans un réservoir en condition réelle de fonctionnement. De plus, l'étude ne considère pas les effets de la variation de niveau sur la dynamique, puisqu'il s'agit d'une étude en régime permanent (Yeung, 2001). Finalement, l'étude de Lin et ses collaborateurs (2008) montre elle aussi l'intérêt d'utiliser la modélisation CFD dans le cas d'un bassin de contact de chlore, utilisé dans les usines de production d'eau potable. Cette étude, basée à la fois sur des résultats numériques et des résultats expérimentaux obtenus sur une installation physique en condition réelle de fonctionnement, montre que la modélisation CFD est un outil efficace pour prédire l'évolution de l'âge de l'eau dans un bassin de contact (Lin, 2008). Les données expérimentales nécessaires à la validation du modèle numérique sont obtenues à l'aide d'un essai de traçage, et les résultats de cet essai permettent de valider le modèle numérique. Cependant, la dynamique d'écoulement entre un bassin de contact et un réservoir de distribution est relativement différente ; le premier tend à maximiser le temps de contact alors que le second vise plutôt à le minimiser. De plus, la modélisation de cette précédente étude ne considère pas la variation du niveau d'eau.

Malgré cette riche littérature scientifique, aucune étude ne s'intéresse directement à la modélisation CFD des conditions de fonctionnement d'un réservoir de distribution d'eau potable, et de la comparaison des résultats de modélisation avec des mesures effectuées sur un réservoir en condition réelle de fonctionnement. De plus, les études ne s'intéressent pas à la variation du niveau d'eau dans le réservoir, alors même que cette variation pourrait avoir un impact sur le processus de mélange.

L'objectif de cet article est de démontrer l'efficacité de la modélisation CFD dans l'étude du vieillissement de l'eau dans un réservoir de distribution d'eau potable. Pour cela, un

modèle CFD en régime non permanent – et considérant les variations journalières du niveau d'eau dans le réservoir – est utilisé puis validé à partir de mesures effectuées lors d'un essai de traçage sur un réservoir en condition réelle de fonctionnement. Finalement, ce modèle est utilisé comme outil de diagnostic à travers une étude de cas concrète, afin de proposer une solution à une problématique observée.

Principe de fonctionnement d'un essai de traçage

Le réservoir utilisé pour la réalisation de l'essai de traçage est un réservoir enterré en béton, d'environ 32 000 m³ de capacité. La figure 1 présente à la fois le fonctionnement hydraulique du réservoir et le principe de l'essai de traçage. Sur la figure, l'eau entre dans le réservoir sur la gauche et traverse une première cellule de stockage en contournant deux chicanes. Puis, elle arrive dans la deuxième cellule, contourne une nouvelle fois deux chicanes, pour terminer son parcours vers une station de pompage. Comme le résume la figure 1, le principe de l'essai de traçage consiste à injecter une concentration fixe en fluorure dans l'eau à l'entrée du réservoir (Templeton, 2006), puis de mesurer l'évolution de cette concentration, par échantillonnage, à la sortie de celui-ci. La courbe caractéristique obtenue est alors représentative du fonctionnement hydraulique du réservoir. Notez que l'eau du réseau considéré est naturellement fluorée, d'où une concentration non nulle au début et à la fin de l'essai.

À partir du temps de séjour théorique τ , la littérature (Teefy, 1996) recommande de réaliser l'échantillonnage à la sortie du réservoir sur une durée totale d'environ 4τ . L'échantillonnage est alors divisé en deux séries. Une première série d'échantillonnage pendant 3τ avec une fréquence de $0,05\tau$, suivi d'une deuxième série d'échantillonnage pendant 1τ avec une fréquence de $0,2\tau$. L'objectif d'une telle stratégie est de capter l'inflexion de la courbe de concentration en sortie du réservoir.

Fonctionnement du modèle numérique

Dans cette étude, le logiciel commercial STAR-CCM+ v11 est employé. Le code utilise la méthode des volumes finis (Versteeg, 2007) pour résoudre les équations de Navier-Stokes en trois dimensions. Le problème suppose l'eau comme un fluide de masse volumique constante, fixée à 997,6 kg/m³, et néglige les effets de la température. Les effets de l'air au-dessus de la

surface libre sont également négligés. Cela suppose la résolution d'un problème monophasique, où seule la phase d'eau liquide est considérée. Les phénomènes de turbulence sont modélisés par moyenne de Reynolds (*Unsteady Reynolds-Average Navier-Stokes* [URANS]). Le système d'équations obtenu est fermé avec le modèle de turbulence à deux équations $k-\epsilon$. Le logiciel utilisé propose une version plus robuste du modèle standard $k-\epsilon$, qui est le modèle *Realizable $k-\epsilon$ Two Layers*.

Ce choix de modèle est justifié, car en pratique les approches LES (*Large Eddy Simulation*) ou DNS (*Direct Numerical Simulation*) exigent une puissance et un temps de calcul non compatible avec des applications industrielles. Pour ce type d'application d'écoulement dans des bassins de stockage, des auteurs comme Yeung (2001) ou Lin et ses collaborateurs (2008) ont orienté leur choix vers des modèles à deux équations, plus précis que les modèles à une équation de type $k-\epsilon$. Ce choix est justifié, car pour ce type d'étude, on suppose que les phénomènes physiques en proche paroi ne sont pas de premier ordre dans la compréhension des phénomènes qui régissent le vieillissement de l'eau dans un réservoir. Par conséquent, il n'est pas nécessaire d'avoir un maillage trop raffiné en proche paroi de manière à cibler des valeurs de y^+ de l'ordre de 150, ce qui est cohérent avec l'utilisation des lois de parois associées au modèle de turbulence $k-\epsilon$ (Versteeg, 2007).

Également, le modèle numérique tient compte de la variation du niveau d'eau dans le réservoir, ce qui implique une variation du volume de calcul au cours du temps puisqu'un problème monophasique est considéré. Cet aspect se traduit par l'utilisation du solveur *Mesh Morpher* du logiciel. Cet outil permet de déformer le maillage en fonction du mouvement des frontières du domaine, qui est lui-même imposé sous forme de condition aux limites. Ainsi, le déplacement de la surface libre est imposé comme condition aux limites du modèle, à partir des mesures du niveau d'eau réalisées durant l'essai de traçage, et il est traité comme une paroi rigide avec glissement (Zhang, 2014).

Des valeurs de débit sont imposées comme condition aux limites sur les conduites d'entrée et de sortie du réservoir. Pour les conduites de sortie, il s'agit plus précisément d'une condition de pression statique nulle avec une valeur cible de débit à atteindre, option proposée par le logiciel STAR-CCM+ qui facilite la convergence du solveur.

FIGURE 1

Schéma de fonctionnement hydraulique du réservoir utilisé pour l'essai de traçage et principe de l'essai.

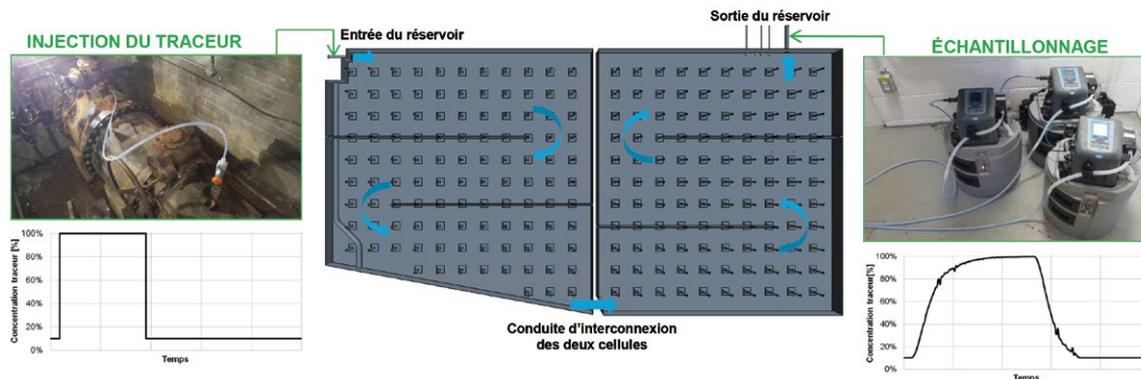
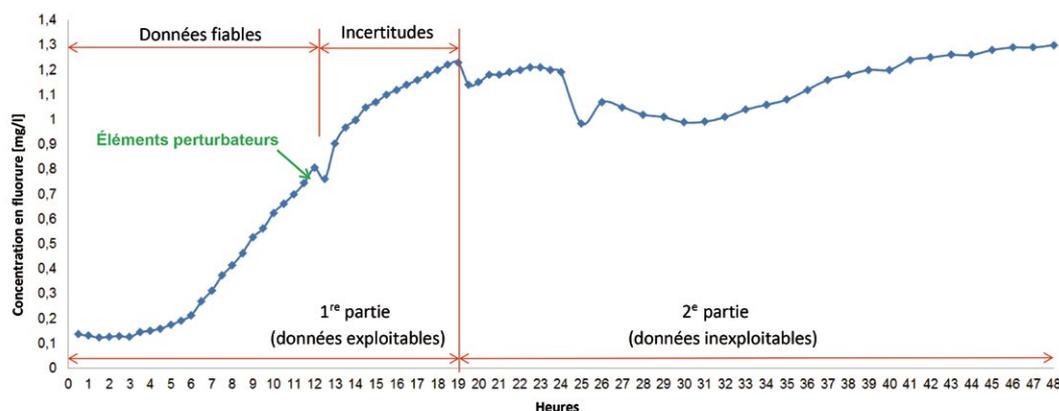


FIGURE 2
Données expérimentales obtenues lors de l'essai de traçage.



Ces valeurs de débit sont obtenues grâce aux mesures fournies par les débitmètres installés sur les conduites lors de l'essai. Ces valeurs, considérées comme confidentielles par la Ville, fluctuent au cours de la journée en fonction des pics et des creux de consommation.

Le calcul est initialisé par des quantités nulles (pression, vitesse, âge de l'eau, turbulence). Cependant, il ne sera pas raisonnable de commencer à injecter le traceur à ce stade, car le calcul ne serait pas stable sur les premières itérations, et en pratique le réservoir – qui est réellement modélisé – est en fonction avant de commencer le test. Par conséquent, un cycle complet de 24 heures de remplissage et de vidange du réservoir est considéré avant de commencer l'injection du traceur.

L'ajout de fluorure dans l'eau est modélisé par un scalaire passif qui ne se dégrade pas dans l'eau (terme source nul). La concentration en fluorure est imposée comme condition aux limites sur la conduite d'entrée du réservoir.

Discretisation et erreur numérique

L'approche retenue pour résoudre les systèmes d'équations est de type *segregated flow*, associé au solveur SIMPLE. Le schéma de discretisation est un schéma de second ordre *upwind*, associé à un schéma de discretisation temporelle de premier ordre.

Le maillage utilisé est de type *Trimmed Mesh*, c'est-à-dire que les cellules sont à prédominance hexaédrique, avec certains éléments coupés près des surfaces de la géométrie à discrétiser. Trois tailles de maillages ont été investiguées de manière à évaluer à la fois l'indépendance de la solution à ce paramètre, et l'erreur de discretisation associée au maillage retenu (Celik, 2008). À l'aide de la méthode GCI décrite par Celik et ses collaborateurs (2008), il est possible d'estimer que l'erreur de discretisation est inférieure à 5 %. De plus, la taille du maillage en proche paroi est telle que la valeur y^+ moyenne est d'environ 150 sur l'ensemble des parois du réservoir, ce qui est cohérent avec un modèle de turbulence de type $k-\epsilon$ (Versteeg, 2007).

De même, le pas de temps du modèle a été fixé à 45 secondes de manière à obtenir un nombre de courant moyen de l'ordre de 3 tout au long de la simulation, ce qui assure une bonne précision du

modèle. Le nombre de sous-itérations, par pas de temps, est fixé à 9 de manière à assurer la convergence du temps de résidence moyen du domaine de calcul. L'influence du nombre de sous-itérations n'a pas été évaluée dans le cadre de cette étude. Toutefois, cette valeur a été choisie à la suite d'une série de simulations préliminaires qui ont permis d'estimer que 9 sous-itérations étaient suffisantes pour assurer la convergence de l'âge moyen de l'eau dans tout le domaine de calcul, à chaque pas de temps.

Résultats de l'étude de traçage

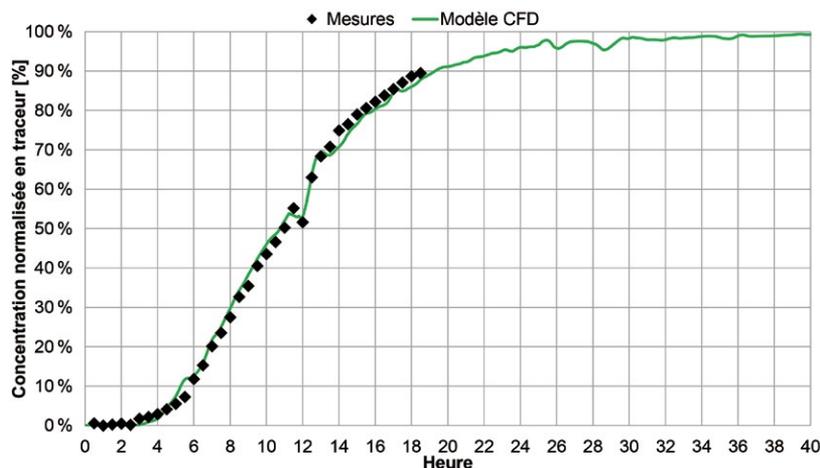
La figure 2 présente l'évolution de la concentration en fluorure, mesurée à la sortie du réservoir. Pour des raisons techniques multiples non détaillées dans cet article, l'injection en fluorure n'a pas pu être réalisée de façon continue pendant l'essai, causant différentes perturbations observables par des creux dans la courbe caractéristique. Les données après 19 heures d'injection (2^e partie) sont donc inexploitable. Cependant, il est possible de constater qu'après $t = 19$ h, la courbe atteint 90 % de sa valeur maximale, ce qui malgré tout permet d'obtenir un nombre important de données devant servir à la validation partielle du modèle. Également, à $t = 12$ h, un bref incident technique, lié à une contrainte opérationnelle initialement non planifiée, a entraîné un creux dans la courbe. Par conséquent, la courbe finale utilisée pour la validation du modèle ne ressemble pas exactement à la courbe caractéristique d'un essai de traçage, comme celle présentée à la figure 1. Cependant, puisque le réservoir est entièrement instrumenté durant l'essai, les données de mesure du débit sont parfaitement exploitables et doivent permettre de reproduire l'évolution de la concentration en traceur, malgré les problèmes techniques rencontrés.

Validation du modèle numérique

La figure 3 (p. 48) présente les concentrations en traceur mesurées, avec celles obtenues par modélisation numérique. Le premier constat à faire est que le modèle numérique prédit fidèlement le départ de la courbe à $t = 3$ h. Cela signifie que le modèle prédit bien la dynamique de l'eau lors de son trajet le plus court pour aller de l'entrée à la sortie du réservoir. Ainsi, il est possible de déduire que le minimum de temps qu'une substance entrant dans le réservoir peut mettre pour le parcourir est d'environ 3 h. Le deuxième constat est qu'entre 0 h et 11 h, les deux courbes se superposent presque parfaitement. Le

FIGURE 3

Comparaison de la distribution des temps de résidence entre les données expérimentales partielles et le modèle numérique.



troisième constat indique que le modèle prédit également bien la chute de concentration en traceur à $t = 12$ h. L'amplitude de la perturbation est correctement prédite. Passé $t = 12$ h, un décalage entre les deux courbes commence à se produire. Cependant, les incertitudes expérimentales étant inconnues à la suite des différents problèmes techniques rencontrés, il est tout de même possible de conclure que le modèle numérique est relativement robuste et capable de prédire correctement l'évolution de la concentration en fluorure en sortie du réservoir. Il faut toutefois noter les limites de ce modèle puisqu'il s'applique au réservoir enterré dont la dynamique d'écoulement se rapproche d'un réacteur de type piston en théorie des réacteurs (Trambouze, 2002), c'est-à-dire que le réservoir se remplit par une conduite, puis se vide par une autre. De plus, ces réservoirs ne sont généralement pas stratifiés (Akoulong, 2000), contrairement à ce qui pourrait être observé dans un réservoir hors-sol vertical de type château d'eau, dont les approches de modélisation pourraient être différentes.

Une nouvelle campagne de mesures est recommandée afin d'obtenir des données expérimentales fiables sur la plage complète de l'essai de traçage, et de réaliser une étude analogue sur d'autres types de réservoirs.

Étude de cas et application des conclusions précédentes

Le précédent modèle numérique va ensuite être appliqué à l'étude d'un autre réservoir enterré, ayant une configuration hydraulique similaire. La prudence s'impose, car l'étude précédente a montré que le modèle CFD est capable de reproduire la dynamique du vieillissement de l'eau. Cependant, les incertitudes sur les résultats ne sont pas connues; seule une approche comparative peut donc être réalisée.

L'objectif de cette étude de cas n'est pas ici de chercher à obtenir des valeurs quantitatives sur le vieillissement de l'eau. Il serait donc intéressant d'effectuer un diagnostic hydraulique par comparaison des résultats, soit une approche qualitative, afin d'aider les opérateurs du réservoir à choisir objectivement le mode de fonctionnement à privilégier.

Âge de l'eau ou temps de résidence : quelle différence ?

La détérioration de la qualité de l'eau est fréquemment associée à son vieillissement dans les réseaux et les réservoirs de distribution. La notion de vieillissement (ou d'âge) fait référence au temps depuis lequel une molécule d'eau est entrée dans un système (Trambouze, 2002). Le temps de résidence, quant à lui, définit le temps nécessaire à une molécule d'eau pour traverser, puis ressortir du système. En d'autres mots, le temps de résidence – ou temps de séjour – correspond à l'âge de l'eau mesuré en sortie d'un réservoir (Trambouze, 2002).

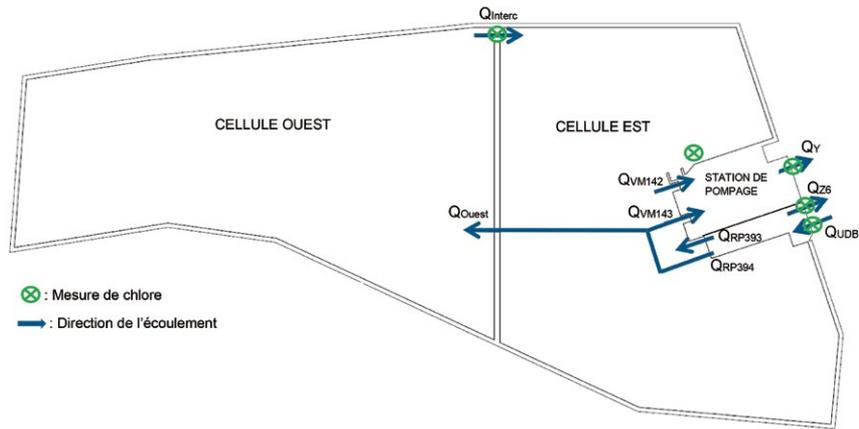
Application à un réservoir de taille importante

Le précédent modèle numérique est appliqué pour poser un diagnostic hydraulique sur un réservoir enterré en béton, d'une capacité de stockage d'environ 200 000 m³. Il est composé de deux grandes cellules, Est et Ouest, interconnectées. La figure 4 détaille le fonctionnement du réservoir. L'eau entre dans le réservoir par la conduite Q_{UDB} . L'eau traverse alors une chambre qui permet d'alimenter séparément la cellule Est via la conduite Q_{RP393} et la cellule Ouest via la conduite enterrée Q_{RP394} passant sous le radier de la cellule Est. Cette conduite enterrée alimente simultanément la cellule Ouest et la station de pompage. L'eau ainsi stockée dans la cellule Ouest s'écoule ensuite à travers la conduite d'interconnexion Q_{interc} afin d'alimenter la cellule Est, et par la suite la station de pompage. Cette station de pompage permet d'alimenter d'autres zones du réseau de distribution d'eau. Les marqueurs verts montrent les points de mesure en continu de la qualité de l'eau dans le réservoir. Comme expliqué précédemment, la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie est parfaitement connue, en revanche l'évolution de cette qualité en tout point du réservoir ne l'est pas nécessairement. L'objectif des modèles numériques est alors d'évaluer en tout point du réservoir le vieillissement de l'eau dans chaque cellule. Dans cette étude, deux modes vont être investigués pour le fonctionnement du réservoir.

Tout d'abord, un premier mode de fonctionnement (mode n° 1), où ce réservoir fonctionne avec les quatre vannes ouvertes : RP393,

FIGURE 4

Schéma de fonctionnement hydraulique du réservoir utilisé pour l'étude de cas.



RP394, VM142 et VM143. Il s'agit du mode de fonctionnement normal du réservoir utilisé par la Ville. Dans cette configuration, les équipes de travail constatent des différences de qualité d'eau entre les deux cellules, mesurées au niveau de la conduite d'interconnexion.

Le deuxième mode de fonctionnement utilisé par la Ville consiste à fermer les vannes RP393 et VM143. Celui-ci est principalement utilisé en été afin de forcer toute l'eau entrant dans le réservoir à séjourner d'abord dans la cellule Ouest. La fermeture de ces vannes génère des contraintes opérationnelles non décrites ici, mais permet d'améliorer sensiblement la qualité de l'eau dans la cellule Ouest. En revanche, l'opérateur du réservoir n'est pas en mesure de quantifier précisément l'impact de cette fermeture sur la qualité de l'eau dans la cellule Est, compte tenu de l'unique point de mesure disponible dans cette cellule.

L'objectif de l'étude par modélisation CFD est précisément de quantifier comment se comporte la dynamique de vieillissement de l'eau dans le réservoir en fonction de son mode de fonctionnement.

La figure 5 et la figure 6 (p. 50) présentent respectivement la répartition des âges dans le réservoir en condition de fonctionnement

du mode n° 1 et du mode n° 2. Tous les résultats présentés dans la suite de cet article sont normalisés par rapport à l'âge de l'eau maximal du mode n° 2. Ainsi, les résultats du modèle CFD montrent qu'en configuration normale de fonctionnement, à savoir toutes vannes ouvertes, il y a une importante hétérogénéité de la qualité de l'eau entre les cellules Est et Ouest, puisque 50 % du volume d'eau de la cellule Ouest a un âge presque cinq fois supérieur à celui de la cellule Est. La configuration des vannes du mode n° 2 force davantage d'eau à transiter par la cellule Ouest. Cette opération particulière permet de multiplier par presque quatre le volume d'eau qui transite dans la cellule Ouest et ainsi d'améliorer significativement le renouvellement de l'eau dans cette cellule. Cependant, la fermeture des vannes RP393 et VM143 entrave le renouvellement de la cellule Est puisque celle-ci est alimentée en eau seulement par la conduite d'interconnexion. Cela a pour conséquence, d'après les simulations, de former une zone dans le coin Sud-Est du réservoir où l'eau a plus de difficulté à se renouveler, comme le montre la figure 6 (p. 50).

Pistes de solutions

Grâce à ce diagnostic, il est possible de proposer une opération alternative (mode n° 3) qui consiste à ouvrir partiellement les vannes RP393 et VM143, tout en laissant complètement ouvertes

FIGURE 5

Répartition des âges de l'eau dans le réservoir de l'étude de cas – Mode n° 1.

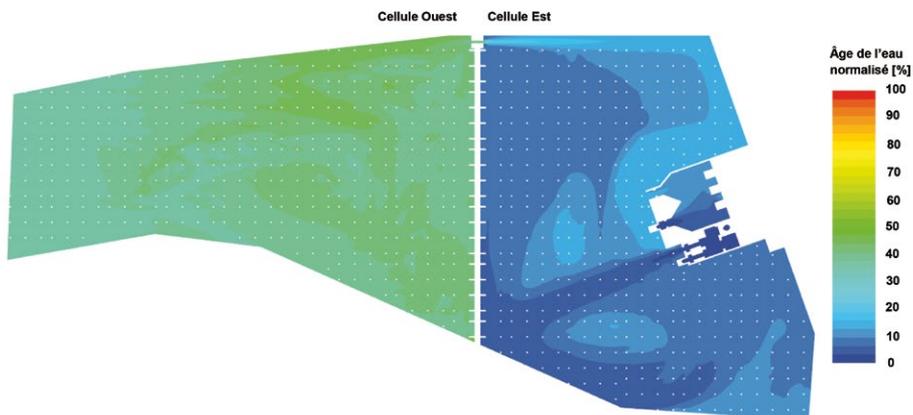
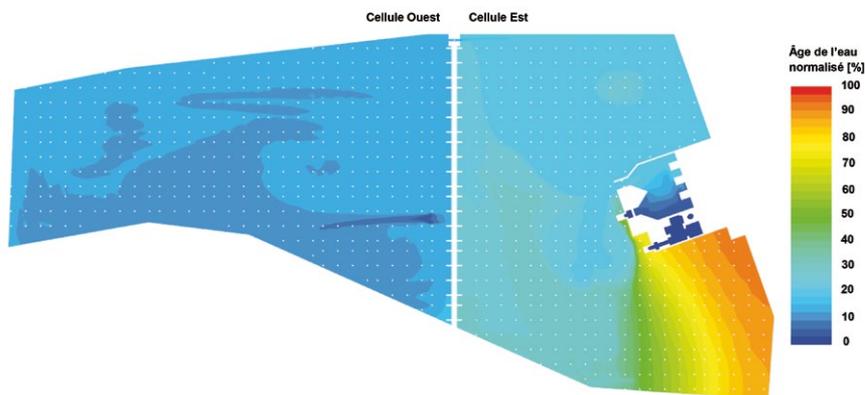


FIGURE 6
Répartition des âges de l'eau dans le réservoir de l'étude de cas – Mode n° 2.



les autres vannes. La figure 7 présente la répartition des âges de l'eau dans le réservoir avec le mode n° 3. Les résultats du modèle CFD montrent désormais une qualité d'eau homogène entre les deux cellules, sans la présence d'une zone où le renouvellement de l'eau pourrait être problématique.

Pour quantifier comment évolue le vieillissement de l'eau en tout point du réservoir, en fonction des modes de fonctionnement étudiés, il est proposé de tracer la distribution cumulée des âges de l'eau dans le réservoir, approche nouvelle selon l'auteur, pour quantifier la qualité de l'eau dans un réservoir. Ces courbes de distributions sont présentées à la figure 8, où l'axe des abscisses représente l'âge de l'eau normalisé, et l'axe des ordonnées la distribution cumulée des âges dans le réservoir. Les résultats du modèle CFD montrent que pour 50 % du volume d'eau dans le réservoir, il y a peu de différence entre les trois modes de fonctionnement. En revanche, des différences beaucoup plus importantes sont observables pour les fractions d'eau âgées, et notamment pour les 10 % du volume les plus âgés, noté A_{90} . Ce paramètre signifie que 90 % du volume d'eau dans le réservoir a un âge inférieur à la valeur A_{90} . Ainsi, la valeur A_{90} est de 36,0 % pour le mode n° 1; de 55,0 % pour le mode n° 2; et de 11,5 % pour le mode n° 3. Par conséquent, le mode n° 3 permet de limiter le vieillissement de l'eau dans le réservoir,

comparativement aux deux autres modes de fonctionnement, et donc de maximiser la qualité de l'eau distribuée sur le réseau.

Conclusion

Ce papier s'intéresse à la modélisation du vieillissement de l'eau dans un réservoir d'eau potable. L'objectif est de pouvoir utiliser ces modèles comme outil de diagnostic afin d'optimiser la qualité de l'eau qui y est stockée. Le modèle 3D-CFD utilisé considère une approche URANS de la résolution des équations de Navier-Stokes. De plus, il s'agit d'un modèle monophasique en régime non permanent, qui tient compte de la variation journalière du niveau d'eau dans les réservoirs, par la déformation du volume de calcul.

Pour valider ce modèle numérique, un essai de traçage est réalisé sur un premier réservoir de taille moyenne. Le principe d'un tel essai est d'injecter une concentration fixe de fluorure en entrée du réservoir, puis de mesurer l'évolution de la concentration de cette substance en sortie de ce réservoir. Les résultats obtenus permettent alors de tracer la distribution des temps de résidence dans le réservoir, pour les conditions de fonctionnement du test. Les conditions de fonctionnement du réservoir durant le test étaient telles que l'ensemble des résultats n'a pas pu être

FIGURE 7
Répartition des âges de l'eau dans le réservoir de l'étude de cas – Mode n° 3.

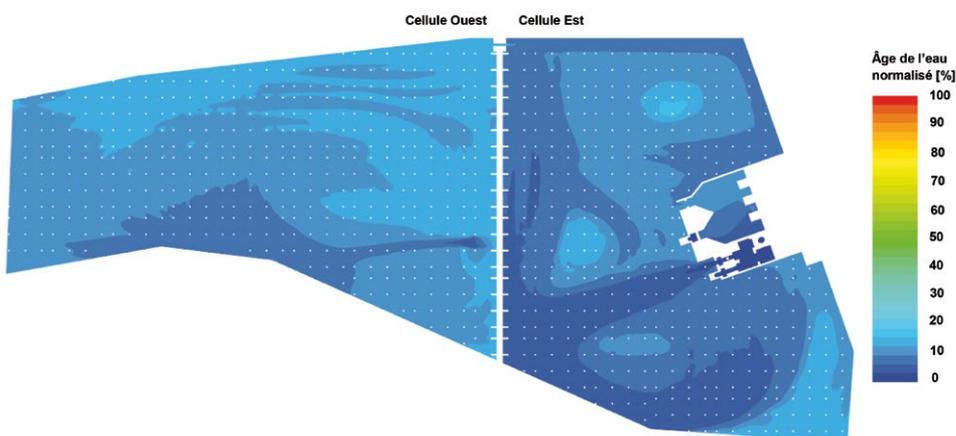
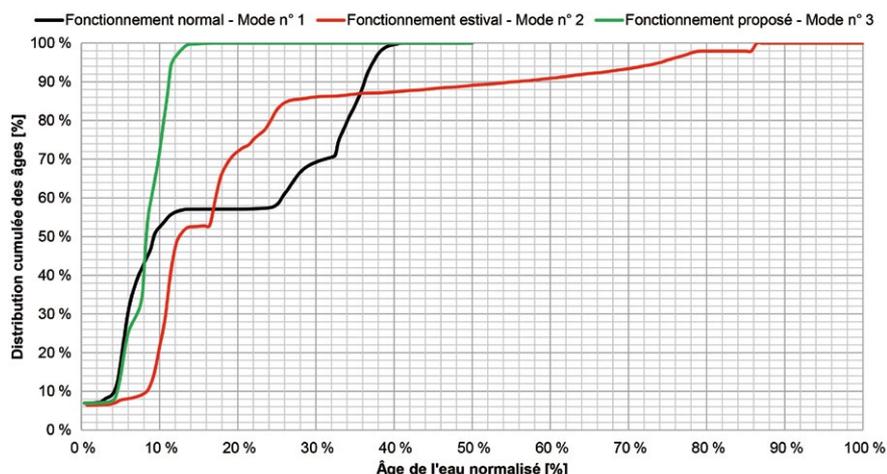


FIGURE 8

Comparaison de la distribution cumulée des âges de l'eau dans le réservoir de l'étude de cas, en fonction des trois modes de fonctionnement étudiés.



exploité. Malgré tout, une quantité suffisante de résultats sont disponibles pour permettre de valider partiellement le modèle. Il serait intéressant dans une nouvelle étude de procéder à un nouvel essai de traçage afin d'obtenir davantage de données sur l'ensemble de la plage du test.

Le modèle numérique est ensuite utilisé lors d'études sur un réservoir de stockage majeur, d'une capacité d'environ 200 000 m³. Les modélisations CFD ont permis d'identifier un phénomène jusque-là ignoré. En effet, en fonction du mode de fonctionnement du réservoir, lié à la configuration de ses vannes, il est possible de favoriser plus ou moins le renouvellement de l'eau dans une cellule, et même – dans un des cas – de former une zone restreinte où 10 % du volume se renouvelle significativement moins bien que le reste du réservoir. Les modélisations CFD ont alors permis de proposer des solutions correctives adaptées aux besoins de l'opérateur du réservoir, notamment une nouvelle configuration de la position des vannes. Cette solution n'aurait pas été possible sans l'utilisation de l'outil CFD.

Remerciements

Les résultats de cette étude ont été présentés au salon Americana, le 26 mars 2019, organisé par Réseau Environnement. L'auteur voudrait remercier la Direction de l'eau potable de la Ville de Montréal, de même que le Service des infrastructures de l'eau chez SNC-Lavalin, et notamment son directeur M. André Binette, ainsi que M. Cédric Coppens et M. Olivier Rouch, qui ont tous grandement collaboré à ce travail. ●

Références

Akoulong, J. D. (2000). *Étude de l'impact des réservoirs sur la qualité de l'eau distribuée*. Mémoire, École polytechnique de Montréal.

Celik, I. B. (2008). « Procedure for estimation and reporting of uncertainty due to discretization in CFD applications ». *Journal of Fluids Engineering*, vol. 130, n° 7.

Gauthier, V. et collab. (2000). « Storage tank management to improve drinking water quality: case study ». *Journal of water resources planning and management*, vol. 126, n° 4, p. 221-228.

Grayman, W. M. et collab. (2003). *Overview of CFD methods in analysis of distribution system tanks and reservoirs*. Anaheim, Cal., Proceedings, American Water Works Association Annual Conference.

Grayman, W. M. et collab. (2004). « Mixing and aging of water in distribution system storage facilities ». *Journal (American Water Works Association)*, vol. 96, n° 9, p. 70-80.

Kirmeyer, G. J., I. Kirby et M. Murphy. (1999). *Maintaining water quality in finished water storage facilities*. American Water Works Association, 284 p.

Lin, F., J. C. Josse et A. Kalinsky. (2008). *Use of CFD modeling for predicting contact time and improving hydraulic conditions in a chlorine contact tank*. Ahupua'a, World Environmental and Water Resources Congress 2008.

Mahmood, F. et collab. (2005). « Evaluation of water mixing characteristics in distribution system storage tanks ». *Journal (American Water Works Association)*, vol. 97, n° 3, p. 74-88.

Moncho-Esteve, I. et collab. (2015). « Numerical simulation of the hydrodynamics and turbulent mixing process in a drinking water storage tank ». *Journal of Hydraulic Research*, vol. 53, n° 2, p. 207-217.

Sautner, J. B., M. L. Maslia et W. M. Grayman. (2007). *Storage tank mixing models: Comparison of tracer data with model simulation*. World Environmental and Water Resources Congress 2007: Restoring Our Natural Habitat.

Teefy, S. (1996). *Tracer studies in water treatment facilities: a protocol and case studies*. American Water Works Association, 152 p.

Templeton, M., R. Hofmann et R. C. Andrews. (2006). « Case study comparisons of computational fluid dynamics (CFD) modeling versus tracer testing for determining clearwell residence times in drinking water treatment ». *Journal of Environmental Engineering and Science*, vol. 5, n° 6, p. 529-536.

Trambouze, P. et J.P. Euzen. (2002). *Les réacteurs chimiques*. Éditions Technip, 704 p.

Versteeg, H. K. et W. Malalasekera. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method*. Pearson Education, 520 p.

Yeung, H. (2001). « Modelling of service reservoirs ». *Journal of Hydroinformatics*, vol. 3, n° 3, p. 165-172.

Zhang, J. M. et collab. (2014). « Shape effect on mixing and age distributions in service reservoirs ». *Journal (American Water Works Association)*, vol. 106, n° 11.

Production de biohydrogène à partir de glycérol

Développement d'une approche par fermentation bactérienne

La production de biohydrogène peut être réalisée à l'aide de technologies de fermentation, où un déchet est transformé en un produit biocarburant. Ce projet de recherche avait donc pour objectif de produire du biohydrogène par fermentation microbienne à partir du glycérol brut et des rejets de coquilles d'œufs.

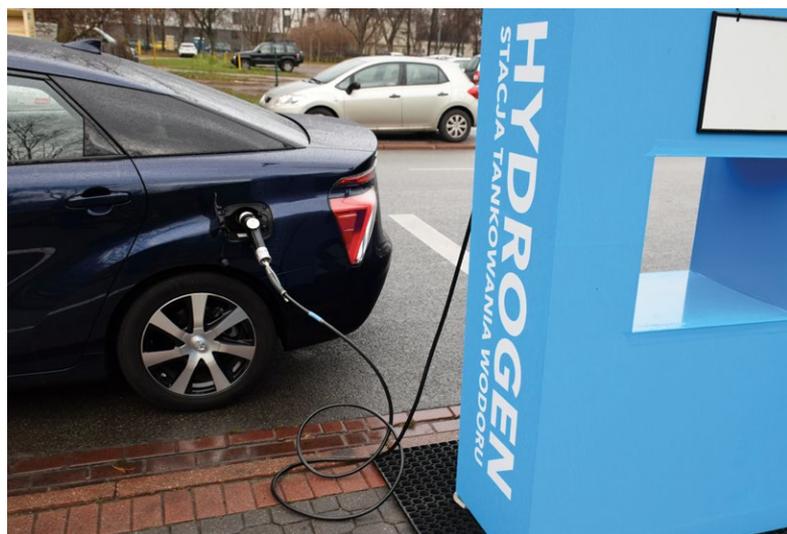


PAR VINAYAK LAXMAN PACHAPUR, Ph. D.
Postdoctorant, Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ)



PAR SATINDER KAUR BRAR, Ph. D.
Professeur, Institut national de la recherche scientifique, Centre Eau Terre Environnement

ET PAR YANN LE BIHAN, Microbiologiste Ph. D.
Agent de recherche, CRIQ
Yann.lebihan@criq.qc.ca



Introduction

L'hydrogène est une source d'énergie universelle qui peut être stockée et utilisée comme énergie motrice dans de nombreuses applications. En effet, elle peut être utilisée directement comme combustible, par exemple dans un moteur à explosion, ou encore dans une pile à combustible afin de produire de l'électricité et de la chaleur. Le développement des technologies de l'hydrogène s'effectue actuellement à un rythme accéléré dans plusieurs pays, dont le Japon, l'Union européenne, les États-Unis et le Canada (Buelna et collab., 2012).

Les procédés le plus communément utilisés pour produire de l'hydrogène sont : 1) le reformage (dissociation à la vapeur) du gaz naturel ; 2) l'électrolyse de l'eau, en utilisant le procédé de dissociation par courant électrique.

Des approches de production d'hydrogène à partir de voie biologique existent également. Ces procédés de production

de BioH₂ produisent de l'hydrogène par fermentation de composés organiques à l'aide de bactéries. Ces procédés font appel à des technologies simples, le plus souvent opérées à température ambiante, à pression atmosphérique et à partir de substrat organique qui peuvent provenir de déchets industriels. La dégradation des matières organiques dans ce type d'environnement implique la coopération de populations de microorganismes afin de générer une fermentation autorégulée.

En parallèle, la croissance de l'industrie du biodiesel dans la dernière décennie a mené à une augmentation significative de la production de glycérol brut (GB) à l'échelle mondiale (Valerio et collab., 2015). En effet, le sous-produit principal de la production du biodiesel est le GB ; un litre (L) de GB est généré pour 10 L de biodiesel produits (Astals et collab., 2012). Ainsi, pour une croissance durable, l'industrie du biodiesel pourrait envisager d'utiliser le GB pour la synthèse de carburants d'origine biologique ou la production de bioproduits à partir de cette

« Ainsi, tout porte à croire que l'utilisation du glycérol brut et des résidus de coquilles d'œufs (RCO) en remplacement des composantes chimiques diminuera le coût de la production du BioH₂, tout en s'inscrivant dans une démarche de développement durable et de recyclage des déchets solides. »

ressource renouvelable (Valerio et collab., 2015). En raison de la complexité de la composition du GB et de la quantité d'impuretés présentes, la purification pour en produire de la glycérine n'est pas rentable et la production de produits à valeur ajoutée – tels que le 1,3-propanediol, l'acide succinique et l'éthanol – nécessitent des étapes de récupération supplémentaires coûteuses (Valerio et collab., 2015). En revanche, la bioconversion du GB en BioH₂ est une approche qui suscite plus d'intérêt par rapport à la production d'autres produits à valeur ajoutée (Fountoulakis et Manios, 2009; Dounavis et collab., 2015). De plus, la production de BioH₂ par fermentation du GB combine le traitement des déchets, et elle fait appel à des approches plus durables par rapport aux méthodes conventionnelles de production d'hydrogène (Sivagurunathan et collab., 2016).

Production de BioH₂ à l'aide des microorganismes

La production de BioH₂ par fermentation peut être effectuée selon deux approches : la photofermentation et la fermentation sombre. La photofermentation fait appel à des bactéries photosynthétiques qui nécessitent un milieu liquide fortement éclairé. La fermentation sombre (en absence de lumière) utilise des déchets organiques divers, un concept de réacteur relativement simple avec un taux de production plus élevé en BioH₂ par rapport à la photofermentation (Sivagurunathan et collab., 2016). Pendant la fermentation sombre, la production d'acides organiques provoque une diminution du pH du milieu, ce qui diminue la production de BioH₂ (Zagrodnik et Laniecki, 2015). Ainsi, pour contrôler le pH lors de la fermentation, des solutions chimiques sont inévitablement ajoutées afin de maintenir les conditions optimales de croissance. De plus, des cosubstrats et des supports d'immobilisation des microorganismes sont parfois ajoutés afin d'augmenter la production de BioH₂, accroissant ainsi les coûts de production (Tenca et collab., 2011; Sivagurunathan et collab., 2016).

Malgré les avantages de la fermentation sombre, la commercialisation à grande échelle nécessite des améliorations afin de diminuer les coûts de production du BioH₂ (Pachapur et collab., 2015a et 2015b). Les tendances actuelles en production de BioH₂ visent à remplacer les composantes des milieux de culture par des déchets organiques dans l'objectif d'améliorer la production et de réduire les coûts. Par exemple, des nutriments coûteux – tel le polypeptone – ont été remplacés par des extraits solubles de maïs (Yokoi et collab., 2002). Certaines études font appel à l'utilisation des déchets à base de fruits (acide) mélangés avec du lisier de porc (alcalin) afin de générer un procédé stable sans avoir besoin de contrôler le pH (Tenca et collab., 2011).

En ce qui concerne les supports d'immobilisation de la biomasse microbienne, au fil des années, la technique d'immobilisation par

l'utilisation de billes de verre poreuses a été remplacée par des matériaux lignocellulosiques séchés. Ainsi, des microorganismes ont été immobilisés sur ces matrices lignocellulosiques résultant en des améliorations significatives de la production de BioH₂ (Patel et collab., 2010 et 2014). Le remplacement des composantes coûteuses employées pour la confection des milieux de croissance microbienne et l'utilisation de déchets industriels comme additif ou support d'immobilisation à faible coût ont stimulé la recherche sur l'utilisation des résidus pour la production de BioH₂.

Déchets de l'industrie de transformation des œufs

En 2015, le Canada a produit environ 610 millions de douzaines d'œufs et la demande est en croissance d'environ 4 % par an (Producteurs d'œufs du Canada, s. d.). La transformation des aliments et des usines de fabrication à travers le monde entier a généré des résidus d'œufs représentant 10 % de la masse totale d'œufs, et ces déchets solides sont couramment enfouis sans traitement préalable (Wei et collab., 2009). L'enfouissement des résidus d'œufs génère des odeurs désagréables, et des précautions coûteuses pour limiter les impacts environnementaux doivent être déployées (Meng et Deng, 2016). Par conséquent, l'industrie de la transformation des aliments est à la recherche d'options de gestion propres pour transformer les résidus d'œufs en produits valorisables (Meng et Deng, 2016). Ainsi, tout porte à croire que l'utilisation du glycérol brut et des résidus de coquilles d'œufs (RCO) en remplacement des composantes chimiques diminuera le coût de la production du BioH₂, tout en s'inscrivant dans une démarche de développement durable et de recyclage des déchets solides.

Méthodologie

Le GB utilisé dans cette étude a été fourni par l'entreprise Rothsay. La composition du GB (en poids/poids) est donnée comme suit : glycérol (23,6 %), carbone (35,9 %), azote (3,2 %), cendres (3,06 %), humidité (5,75 %) et matière organique non glycinée (67,56 %). La concentration en glycérol brut ajoutée lors des fermentations était de 17,5 g/L.

Les microorganismes utilisés en coculture lors des fermentations ont été *Enterobacter aerogenes* NRRL B-407 et *Clostridium butyricum* NRRL B-41122.

Pour étudier l'effet de la variation de la taille des RCO sur la production de BioH₂, les coquilles ont d'abord été séchées au four, puis broyées en petites tailles à l'aide d'un mortier et d'un pilon. Un tamisage a permis par la suite de séparer différentes fractions entre 33 µm et 3,35 mm. Les détails concernant la préparation des coquilles et des milieux de culture sont présentés dans une publication de Pachapur et ses collaborateurs (2017).

À la fin de chaque expérience de fermentation, les échantillons de gaz ont été collectés dans des flacons d'échantillonnage sous vide à l'aide d'une seringue étanche et analysés par chromatographie en phase gazeuse (GC Varian 3800).

Finalement, lors de cette étude, les essais ont été réalisés dans deux types de réacteurs : les essais en lot dans des fioles de 125 ml et les essais en fermenteur de 7,5 L fonctionnant en mode semi-continu. L'aspect des réacteurs est présenté à la figure 1.

Résultats

Production de BioH₂ à partir de glycérol brut et des RCO

Essais en fiole de laboratoire (en lot)

Lors de la fermentation du GB (17,5 g/L) supplémentée en RCO, la production la plus élevée en BioH₂ a été de 1,33 L de H₂/L pour une concentration de 1 % (p/v) en RCO de dimension de 33 à 75 µm. Comme présenté au tableau 1, la production de BioH₂ s'accompagne de production d'acide acétique, d'acide butyrique et d'éthanol. La dose de RCO entre 0,25 % et 2 % semble avoir des effets minimes sur la production de BioH₂. Cependant, pour un procédé à grande échelle et pour réduire au minimum la charge de solide sur la fermentation, une concentration de 0,25 % (p/v) de RCO serait optimale. Cette concentration de 0,25 % (p/v) de RCO permettrait de couvrir la totalité des besoins en KH₂PO₄ (0,2 %) et en MgSO₄·7H₂O (0,05 %) utilisés dans les milieux de base pour la croissance des microorganismes.

L'utilisation des RCO comme support pour immobiliser les microorganismes dans l'objectif de produire du BioH₂ a été réalisée pour la première fois dans l'étude menée par Pachapur et ses collaborateurs (2017). Selon les résultats obtenus, l'utilisation des coquilles d'œufs comme source de matière tamponnée et de support pour les microorganismes permet de produire 1,29 L de H₂/L de milieu de culture par rapport à 1,03 L/L en absence de coquilles. L'abattement de la concentration en glycérol était de 98 % en présence de RCO par rapport à 85 % pour l'essai témoin sans RCO.

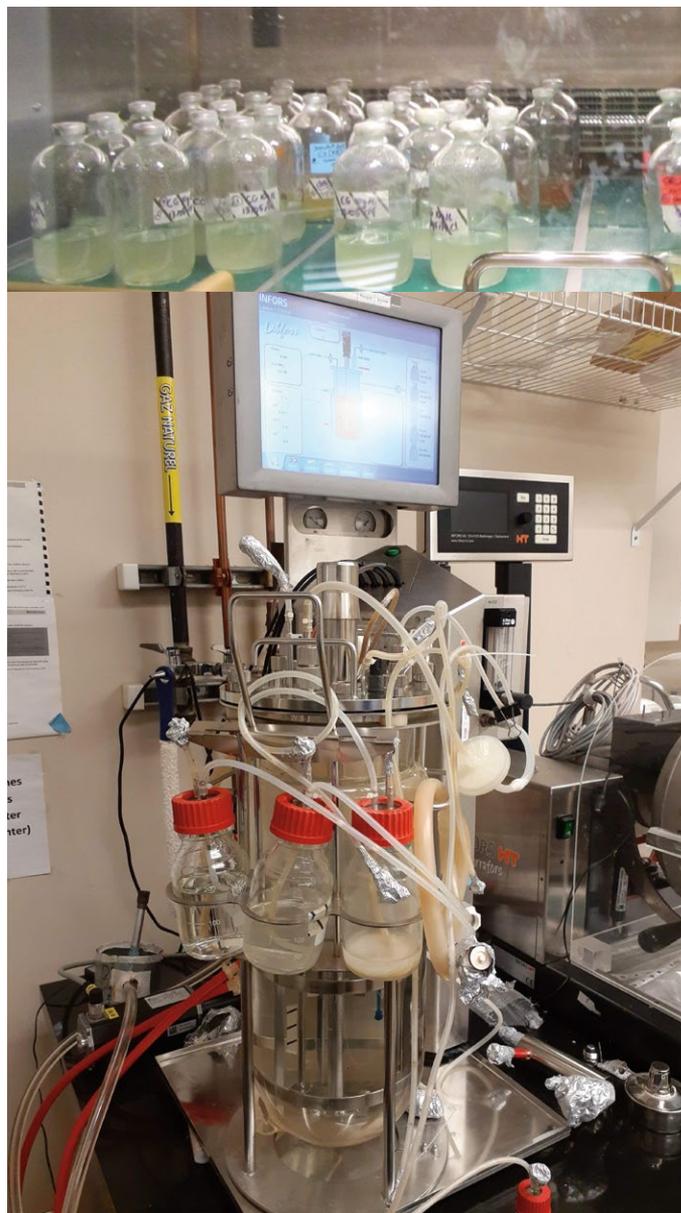
De façon complémentaire, l'utilisation des RCO comme support d'immobilisation pour la croissance bactérienne a été confirmée par microscope électronique à balayage (SEM). Les photographies de la microscopie à balayage sont présentées à la figure 2.

Les morphologies en forme de bâtonnet de *E. aerogenes* et *C. butyricum* sont bien visibles à la figure 2 (a et b). Le système de coculture de *E. aerogenes* et *C. butyricum* en l'absence de RCO est observé à l'image « c » de la figure 2. Pour la fermentation en coculture, l'immobilisation de bactéries sur les surfaces des RCO est visible à l'image « d » de la figure 2. L'augmentation de la biomasse bactérienne immobilisée suggère que les RCO ont un rôle réel comme support de fixation.

Essais semi-continus en réacteur de 7,5 L

Des essais semi-continus en réacteur de 7,5 L ont été réalisés afin de tirer avantage de l'utilisation du GB ainsi que des RCO pour

FIGURE 1
Réacteurs utilisés lors des essais de production de BioH₂ (en haut : essais en fiole de 125 ml (en lot); en bas : essais semi-continus en réacteur de 7,5 L).



le contrôle du pH. Ces essais ont été réalisés en monoculture (une seule souche microbienne) et en coculture (deux souches microbiennes). Les avantages d'une coculture par rapport à une monoculture ont été justifiés par une production accrue de BioH₂, une utilisation accrue de cosubstrat, une augmentation de la consommation du glycérol et une diminution de la production de sous-produits (Pachapur et collab, 2015a, 2015b et 2016b). Le réacteur utilisé pour les essais en discontinus est présenté à la figure 1.

TABLEAU 1

Production d'hydrogène et concentration de métabolite en présence de concentration croissante de RCO.

CONCENTRATION DES COQUILLES (33-75 µm) DANS LE MILIEU DE FERMENTATION (p/v %)	PRODUCTION D'HYDROGÈNE (LH ₂ /L milieu)	ÉTHANOL (g/L)	ACIDE BUTYRIQUE (g/L)	ACIDE ACÉTIQUE (g/L)
0	1,03			
0,25	1,29	1,27	1,44	2,92
0,5	1,31	1,11	1,22	2,75
1	1,33	1,42	2,15	3,08
2	1,30	1,46	1,99	2,97
4	1,16	1,69	1,38	2,84

FIGURE 2

Micrographie électronique à balayage de : (a) monoculture de *E. aerogenes* sans RCO; (b) monoculture *C. butyricum* sans RCO; (c) coculture de *E. aerogenes* et *C. butyricum* sans RCO; (d) coculture avec RCO.

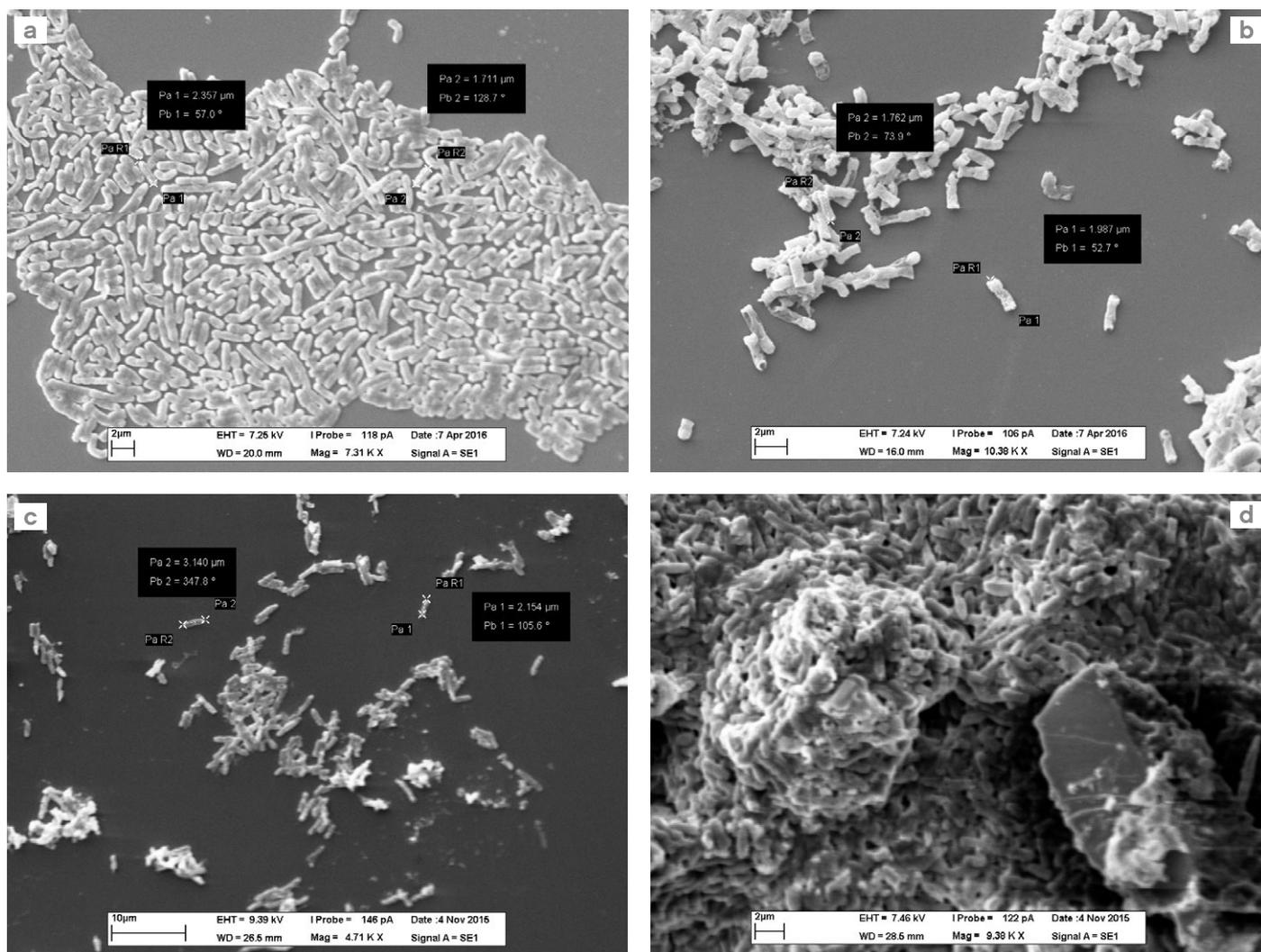


TABLEAU 2

Analyse des coûts pour la bioconversion de 1 kg de glycérol brut en hydrogène pour chacune des études comparatives en utilisant le système en coculture.

PROCESSUS ET MATÉRIAUX NÉCESSAIRES	QUANTITÉ POUR CONVERTIR 1 KG DE GB	COÛT (\$)		
		MILIEU SYNTHÉTIQUE AVEC GB SEULEMENT	MILIEU SYNTHÉTIQUE AVEC GB ET RCO	GB ET RCO SANS INGRÉDIENTS SYNTHÉTIQUES
Développement de l'inoculum (2,5 L)				
Milieu de culture	85 g	2,39	2,39	2,39
Préparation du milieu de culture (47,5 L)				
Milieu de culture	1092,50 g	40,82	40,82	Aucun
Glycérol brut	1 kg	0,10	0,10	0,10
RCO (0,25 %)	119 g	Aucun	0,01	0,01
Fermentation (143 h)	13,15 kWh	0,65	0,65	0,65
Coût total (\$) pour bioconversion de 1 kg de GB en BioH ₂		43,95	43,97	3,15

Lors des fermentations, il est courant que l'accumulation de métabolites produits perturbe l'environnement de croissance et inhibe la réaction de production de BioH₂. L'utilisation d'un procédé en semi-continu couplé avec l'utilisation des RCO en remplacement de certains ingrédients du milieu de croissance (substrat) a permis de maintenir le pH au cours de la production de métabolites. Cette approche présente un avantage économique pour la production de BioH₂; l'analyse des coûts est présentée au tableau 2.

La source des composants des médias et leurs coûts d'achat en vrac ont été tirés du site alibaba.com. Les coûts présentés au tableau 2 sont définis sur une base de traitement de 1 kg de GB. Il est bien connu que la peptone de caséine est un facteur déterminant dans le calcul du coût des milieux de culture pour des procédés à échelle industrielle. La littérature scientifique fait état de nombreux cosubstrats alternatifs, tels que l'extrait soluble de maïs, le lisier de bovin et l'hydrolysate de marc de pomme en remplacement de certaines composantes des milieux de culture. Ces approches à expérimenter permettraient de réduire encore plus les coûts de production du BioH₂.

Dans la présente étude, le coût total pour la bioconversion de 1 kg de GB en fermentation par coculture en utilisant les RCO est estimé à environ 3,15 \$, ce qui est considérablement plus faible par rapport au coût de 43,95 \$ en utilisant toutes les composantes des milieux de culture. Ainsi, la production de BioH₂ en fermenteur semi-continu – en limitant l'utilisation de composantes synthétiques pour réaliser le milieu de culture – peut réduire de plus de 80 % le coût total de la production de H₂.

En utilisant la souche microbienne *E. aerogenes* seul et avec l'approche semi-continue en réacteur de 7,5 L, il a été possible de produire environ 5,15 L de BioH₂/L de milieu en moyenne

avec 65 % d'utilisation du GB. Pour un réacteur similaire, mais fonctionnant en présence des RCO à 0,25 % (p/v), la production de BioH₂ a augmenté à 5,9 L de BioH₂/L de milieu. Finalement, des essais en mode coculture avec la souche *C. butyricum* et *E. aerogenes*, en utilisant 0,25 % (p/v) de RCO, ont permis d'obtenir une production de 7,6 L de BioH₂/L de milieu avec une consommation de 87 % du GB. Parmi tous les essais réalisés, la combinaison de coculture et de RCO présente une approche d'intérêt pour produire du BioH₂.

Sachant que, chaque année, environ 5 700 tonnes de GB sont produites au Québec (Pachapur et collab., 2016a) avec la condition optimale de cette étude, une quantité d'environ 815 tonnes de RCO serait requise (rapport massique GB:RCO de 1:7). Les coûts de préparation des RCO pour l'industrie de la transformation alimentaire d'œufs sont d'environ 9 \$ à 12 \$ pour sécher une tonne de RCO avant la disposition. L'Union européenne a déjà interdit par le passé l'enfouissement ou le compostage des déchets de RCO avec une teneur en humidité de plus de 4 %. Ainsi, l'approche proposée ici, soit de valoriser directement les RCO, permettrait de réaliser des économies substantielles pour les petites et les moyennes industries de transformation des œufs. De plus, l'industrie du biodiesel

« Ainsi, l'approche proposée ici, soit de valoriser directement les RCO, permettrait de réaliser des économies substantielles pour les petites et les moyennes industries de transformation des œufs. »

« Ce projet a permis de démontrer que le GB généré par l'industrie du biodiesel couplé aux RCO – utilisés comme agent de neutralisation et support d'immobilisation – sont des substrats d'intérêt pour la production de BioH₂ en fermentation de type coculture. »

pourrait générer des revenus à partir des déchets de GB par production de BioH₂ comme source d'énergie alternative viable.

Des travaux supplémentaires à plus grande échelle sont à réaliser dans l'objectif de poursuivre sur la réduction des coûts de traitement et de production de BioH₂, afin de définir une filière viable et performante de production de BioH₂.

Conclusion

Ce projet a permis de démontrer que le GB généré par l'industrie du biodiesel couplé aux RCO – utilisés comme agent de neutralisation et support d'immobilisation – sont des substrats d'intérêt pour la production de BioH₂ en fermentation de type coculture.

Les RCO ont joué le rôle d'agent de neutralisation en maintenant le pH à l'intérieur de la gamme optimale pour la fermentation. Lors de la réalisation des essais en réacteur de 7,5 L, les RCO ont permis de réduire les coûts des ingrédients nécessaires à la culture de 85 % à 90 %, tout en permettant une production de 7,6 L H₂/L de milieu avec un abattement moyen du glycérol de 87 %. ●

Références

Astals, S., V. Nolla-Ardèvol et J. Mata-Alvarez. (2012). « Anaerobic co-digestion of pig manure and crude glycerol at mesophilic conditions: biogas and digestate ». *Bioresource Technology*, vol. 110, p. 63-70.

Buelna, G., S. Brar, Y. Le Bihan, S. Gingras et S. J. Sarma. (2012). « Le biohydrogène par fermentation de matières résiduelles : une alternative énergétique prometteuse ». *Bio-Tendance (CQVB)*, 12/3 janvier 2012.

Dounavis, A. S., I. Ntaikou et G. Lyberatos. (2015). « Production of biohydrogen from crude glycerol in an upflow column bioreactor ». *Bioresource Technology*, vol. 198, p. 701-708.

Fountoulakis, M. et T. Manios. (2009). « Enhanced methane and hydrogen production from municipal solid waste and agro-industrial by-products co-digested with crude glycerol ». *Bioresource Technology*, vol. 100, n° 12, p. 3043-3047.

Meng, X. et D. Deng. (2016). « Trash to Treasure: Waste Eggshells Used as Reactor and Template for Synthesis of Co₉S₈ Nanorod Arrays on Carbon Fibers for Energy Storage ». *Chemistry of Materials*, vol. 28, n° 11, p. 3897-3904.

Pachapur, V. L., S. J. Sarma, S. K. Brar, Y. Le Bihan, G. Buelna et C. R. Soccol. (2015a). « Evidence of metabolic shift on hydrogen, ethanol and 1,3-propanediol production from crude glycerol by nitrogen sparging under micro-aerobic conditions using co-culture of *Enterobacter aerogenes* and *Clostridium butyricum* ». *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 40, n° 28, p. 8669-8676.

Pachapur, V. L., S. J. Sarma, S. K. Brar, Y. Le Bihan, G. Buelna et M. Verma. (2015b). « Biohydrogen production by co-fermentation of crude glycerol and apple pomace hydrolysate using co-culture of *Enterobacter aerogenes* and *Clostridium butyricum* ». *Bioresource Technology*, vol. 193, p. 297-306.

Pachapur, V. L., S. J. Sarma, S. K. Brar, Y. Le Bihan, G. Buelna et M. Verma. (2016a). « Energy balance of hydrogen production from wastes of biodiesel production ». *Biofuels*, vol. 9, n° 2, p. 129-138.

Pachapur, V. L., S. J. Sarma, S. K. Brar, Y. Le Bihan, G. Buelna et M. Verma. (2016b). « Hydrogen production from biodiesel industry waste by using a co-culture of *Enterobacter aerogenes* and *Clostridium butyricum* ». *Biofuels*, vol. 8, n° 6, p. 651-662.

Pachapur, V. L., R. K. Das, S. K. Brar, Y. Le Bihan et G. Buelna. (2017). « Valorization of crude glycerol and eggshell biowaste as media components for hydrogen production: A scale-up study using co-culture system ». *Bioresource Technology*, vol. 225, p. 386-394.

Patel, S. K., H. J. Purohit et V. C. Kalia. (2010). « Dark fermentative hydrogen production by defined mixed microbial cultures immobilized on lignocellulosic waste materials ». *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 35, n° 19, p. 10674-10681.

Patel, S. K., P. Kumar, S. Mehariya, H. J. Purohit, J.-K. Lee et V. C. Kalia. (2014). « Enhancement in hydrogen production by co-cultures of *Bacillus* and *Enterobacter* ». *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 39, n° 27, p. 14663-14668.

Producteurs d'œufs du Canada. (s. d.). *Les producteurs d'œufs du Canada*. En ligne : producteursdoeufs.ca.

Sivagurunathan, P., G. Kumar, P. Bakonyi, S.-H. Kim, T. Kobayashi, K. Q. Xu, G. Lakner, G. Tóth, N. Nemestóthy et K. Bélafi-Bakó. (2016). « A critical review on issues and overcoming strategies for the enhancement of dark fermentative hydrogen production in continuous systems ». *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 41, n° 6, p. 3820-3836.

Tenca, A., A. Schievano, F. Perazzolo, F. Adani et R. Oberti. (2011). « Biohydrogen from thermophilic co-fermentation of swine manure with fruit and vegetable waste: Maximizing stable production without pH control ». *Bioresource Technology*, vol. 102, n° 18, p. 8582-8588.

Valerio, O., T. Horvath, C. Pond, M. Misra et A. Mohanty. (2015). « Improved utilization of crude glycerol from biodiesel industries: Synthesis and characterization of sustainable biobased polyesters ». *Industrial Crops and Products*, vol. 78, p. 141-147.

Wei, Z., C. Xu et B. Li. (2009). « Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production ». *Bioresource Technology*, vol. 100, n° 11, p. 2883-2885.

Yokoi, H., R. Maki, J. Hirose et S. Hayashi. (2002). « Microbial production of hydrogen from starch-manufacturing wastes ». *Biomass and Bioenergy*, vol. 22, n° 5, p. 389-395.

Zagrodnik, R. et M. Laniecki. (2015). « The role of pH control on biohydrogen production by single stage hybrid dark- and photo-fermentation ». *Bioresource Technology*, vol. 194, p. 187-195.

UN DÉBUT D'ANNÉE PROMETTEUR POUR L'ACTION ENVIRONNEMENTALE

En continuité avec la dynamique impulsée cet automne, Réseau Environnement amorce l'année 2020 avec encore plus de motivation et de projets ambitieux à réaliser. Le bilan de nos activités et de nos colloques d'automne a été très positif grâce à l'engagement et au travail d'excellence de nos membres et de nos bénévoles. L'expertise traduite dans nos prises de position, la richesse de nos programmes ou encore l'affluence à nos colloques sont autant d'éléments qui nous encouragent collectivement à poursuivre nos efforts et notre action.

Catalyseur de l'économie verte, Réseau Environnement continuera à promouvoir les meilleures pratiques en environnement. Nous travaillerons de concert avec les intervenantes et les intervenants des différents secteurs ainsi qu'avec le gouvernement pour mener à bien ces chantiers d'importance.

Salon des TEQ : une 13^e édition novatrice

Événement phare de l'association en ce début d'année, le Salon des technologies environnementales du Québec (TEQ) se déroulera les 10 et 11 mars prochain au Centre des congrès de Québec. Notre équipe, en collaboration avec les différents comités de programmation, a préparé un événement d'envergure et de qualité avec une centaine de conférences et de panels qui couvrent un large éventail d'enjeux environnementaux actuels et futurs.

Ce salon incontournable offre aux spécialistes œuvrant dans le secteur de l'environnement un cadre favorable aux échanges scientifiques, techniques et commerciaux, en plus de contribuer à faire connaître le savoir-faire québécois sur les marchés nationaux, notamment grâce aux quelque 150 exposants et exposantes présents.

L'année 2020 sera aussi le théâtre de plusieurs modifications législatives ou réglementaires au Québec. Par ailleurs, l'association participe déjà aux discussions et reste à l'affût de plusieurs dossiers d'importance pour lesquels des politiques, des lois ou des règlements sont attendus au courant de l'année. Prenons pour exemple la publication des règlements sur la modification de la Loi sur la qualité de l'environnement, la responsabilité élargie des producteurs de matières résiduelles, l'adoption du PL44, la politique gouvernementale sur la faune au Québec, l'élargissement de la consigne, etc.



© Le Devoir



Tous ces changements sont importants et forgeront l'avenir environnemental du Québec. Nous travaillerons sans relâche à faire avancer les actions et les politiques en faveur d'une économie verte, et ce, en partenariat avec l'ensemble des intervenants.



M^e Christiane Pelchat
Présidente-directrice générale de Réseau Environnement



M. André Carange
Président du conseil d'administration de Réseau Environnement

Plan d'action 2020-2030 pour l'avenir du fleuve Saint-Laurent

Le Collaboratif des Grands Lacs et du Saint-Laurent (GLSL) regroupe des experts et des représentants des différentes parties prenantes (ex. : Premières Nations, scientifiques, industries, organisations non gouvernementales, associations du milieu des affaires, maires, etc.), tous déterminés à faire de la région des Grands Lacs et du Saint-Laurent un leader mondial dans la protection de l'eau.

À l'occasion du Salon des technologies environnementales du Québec 2020, qui se tiendra les 10 et 11 mars prochain, le Collaboratif GLSL dévoilera en grande première les 12 recommandations clés mettant de l'avant des approches novatrices pour s'attaquer aux enjeux émergents et récurrents du fleuve Saint-Laurent.

Venez découvrir – le mardi 10 mars à 9 h 15 – le Plan d'action 2020-2030 pour l'avenir du fleuve Saint-Laurent, en compagnie de M. Jean Cinq-Mars, coprésident du panel d'experts du Collaboratif GLSL, ainsi que de Stéphanie Allard, directrice du secrétariat, phase Saint-Laurent du Collaboratif GLSL. C'est un rendez-vous!

Traces Québec : les nouveautés!

Traces Québec bonifie son offre de service en proposant dorénavant, en plus des sols contaminés, un service de traçabilité pour les matières résiduelles des activités de construction, de rénovation et de démolition (CRD).

Traces Québec s'unit avec le Groupe OPTTEL afin de présenter une plateforme mieux adaptée aux besoins du marché : GeoTrace. Cette collaboration permet d'offrir un service de traçabilité polyvalent et efficace afin de retracer les matières premières tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

COMITÉS RÉGIONAUX

Colloque sur l'optimisation des projets de valorisation des matières organiques

Le 12 février dernier se tenait, à l'Université Laval à Québec, le colloque annuel de la région de la Capitale-Nationale / Chaudière-Appalaches de Réseau Environnement. Après le fulgurant succès de l'édition 2018, portant sur la biométhanisation et le compostage, ce colloque – certifié écoresponsable! – offrait une suite logique en abordant l'optimisation des projets de valorisation des matières organiques résiduelles. Au menu, on retrouvait des sessions sur les outils d'aide à la décision, sur l'optimisation de la collecte ainsi que des technologies, et la journée s'est terminée avec un panel de discussion sur l'optimisation des marchés pour les produits finis et un cocktail de réseautage.



© Université Laval

Colloque sur l'optimisation des projets de valorisation des matières organiques

RÉCENTES PRISES DE POSITION DE RÉSEAU ENVIRONNEMENT

Mémoire à propos de la consultation sur la durabilité, la réparabilité et l'obsolescence des biens de consommation

Réseau Environnement a déposé, en décembre 2019, un mémoire intitulé *Consultation sur la durabilité, la réparabilité et l'obsolescence des biens de consommation*. Celui-ci vise à établir des constats et à proposer des recommandations sur la présente situation et sur les modifications de la Loi sur la protection du consommateur proposées par l'Office de protection du consommateur.

Réseau Environnement salue la volonté du gouvernement de davantage considérer les enjeux de durabilité, de réparabilité et d'obsolescence des produits de consommation au même titre que l'Union européenne. Toutefois, selon l'association, il s'agit d'une problématique globale qui devrait s'inscrire au sein d'une stratégie québécoise de grande envergure regroupant plusieurs ministères (autre que la simple modification d'une loi), et ayant comme axe principal la mise en place d'une économie verte.

Plus spécifiquement, Réseau Environnement suggère que les actrices et les acteurs du milieu travaillent ensemble à l'élaboration d'un indicateur commun par type de bien afin d'informer les consommatrices et les consommateurs sur la durée minimale de fonctionnement, ainsi que sur le nombre d'années durant lesquelles les individus auront accès à des pièces détachées. À cette définition d'un langage commun informationnel, il conviendrait d'ajouter le principe du pollueur-payeur afin d'encourager les entreprises à écoconcevoir leurs produits dans le but de faciliter leur réparation et leur gestion en fin de vie. À cela s'ajoute la mise à disposition des guides d'utilisation et de réparation des produits à tout un chacun, par exemple par une base de données à l'accès universel.

Nouvelles du programme Partenaires dans la protection du climat

La Municipalité régionale de comté (MRC) de Nicolet-Yamaska et la Municipalité de Saint-Élie-de-Caxton ont adhéré au programme Partenaires dans la protection du climat (PPC) – de la Fédération canadienne des municipalités et d'ICLEI Canada – qui vise à outiller, à reconnaître et à stimuler les municipalités qui s'engagent dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et dans la lutte et l'adaptation aux changements climatiques. Réseau Environnement agit à titre de conseiller régional auprès des membres québécois de ce programme et leur offre du soutien pour diminuer leurs émissions.

Réseau Environnement tient à souligner que la MRC de Vaudreuil-Soulanges – membre du programme depuis 2017 – a officiellement réussi les étapes 2 et 3 du programme PPC. Félicitations!

GMR Pro : édition 2020

Vous êtes une municipalité ou un organisme municipal souhaitant échanger avec d'autres actrices et acteurs sur la gestion des matières résiduelles et évaluer vos performances dans ce domaine? Inscrivez-vous dès maintenant à l'édition 2020 du programme d'excellence GMR Pro développé par Réseau Environnement, en partenariat avec RECYC-QUÉBEC. Pour plus d'information, consultez le reseau-environnement.com/gmr-pro ou écrivez à l'adresse gmr@reseau-environnement.com.

Avis de nomination

L'équipe de Réseau Environnement est heureuse d'annoncer la nomination de M. Mathieu Laneuville au poste de directeur général adjoint, responsable du secteur technique.



M. Laneuville est titulaire d'un baccalauréat en génie civil de l'École Polytechnique de Montréal et d'une maîtrise de l'École de technologie supérieure. Cumulant 10 ans d'expérience au ministère des Affaires municipales et de l'Habitation à titre d'expert en gestion durable de l'eau et des infrastructures, M. Laneuville a été entre autres responsable de la Stratégie québécoise d'économie d'eau potable. Très actif, il rédige régulièrement des articles, et présente également des vidéos et des conférences, et ce, tant au Québec qu'à l'international.

Engagé et en accord avec la vision de Réseau Environnement, il connaît très bien les dossiers des différents secteurs portés par l'association et contribuera certainement à leur avancement.

Tarification de l'eau potable à Repentigny

Une recette gagnante



PAR **MARIO BOULIANNE**, CPA, CGA, OMA
 Chef de division comptes à payer,
 administration et trésorier adjoint,
 Ville de Repentigny



ET PAR **ANTOINE LAPORTE**
 Directeur adjoint à la gestion des
 infrastructures, Ville de Repentigny



Cela fait déjà plusieurs décennies que la tarification par compteurs d'eau est en vigueur à Repentigny. Au fil des ans, l'impact sur le bilan de l'eau potable est devenu éloquent; la consommation par personne atteignait 293 litres par jour en 2017, alors que la moyenne des municipalités du Québec se situait à 530 litres (l'objectif provincial étant actuellement de 458 litres). Ce tour de force est principalement attribuable au système de tarification en place, ingrédient essentiel de cette recette gagnante!

Ingrédient n° 1 : l'outil de mesure

L'ensemble des immeubles imposables de la municipalité sont munis de compteurs, et ce, tant pour les secteurs résidentiel et commercial que pour le secteur industriel. Dans les faits, ce parc de débitmètres est constitué de plus de 25 600 unités. La gestion de ces compteurs d'eau représente en soi plusieurs défis. À cet égard, leur remplacement demeure un enjeu tangible, alors que la gestion administrative des relevés de lecture et l'imputation au compte de taxes exigent une rigueur exemplaire.

Ingrédient n° 2 : la tarification à double palier

La modulation des tarifs est revue annuellement par le Service des finances. Un coût moyen est alors déterminé au mètre cube (m³) à partir des dépenses nettes attribuables à la production et à la distribution de l'eau potable, et ce, en tenant compte du volume global enregistré par les débitmètres installés à la sortie de la station de purification. Ce calcul est basé sur le débit de production et non sur celui de consommation. En fait, l'écart entre ces deux volumes est essentiellement constitué de la

desserte des immeubles municipaux ainsi que des institutions, de l'utilisation des bornes d'incendie, des opérations de drainage et des débits découlant de fuites d'eau.

Ainsi, de par leur nature, ces usages doivent être assumés par l'ensemble des propriétaires et non en recourant au principe de l'utilisateur-payeur. Cette charge financière fait donc partie du champ de taxation relatif à la valeur foncière.

Pour ce qui est de la tarification de l'eau potable, la municipalité applique une facturation à double palier. Ainsi, pour l'exercice 2019, les tarifs étaient respectivement de 0,67 \$/m³ pour les 227,3 premiers m³, soit 50 000 gallons par unité d'occupation, et de 0,87 \$/m³ pour la consommation excédentaire. De cette manière, l'écart entre les deux tarifs constitue un effet dissuasif, alors qu'une consommation d'eau excessive aura un impact sur le compte de taxes.

« Pour ce qui est de la tarification de l'eau potable, la municipalité applique une facturation à double palier. [...] De cette manière, l'écart entre les deux tarifs constitue un effet dissuasif, alors qu'une consommation d'eau excessive aura un impact sur le compte de taxes. »

« De plus, contrairement à certaines municipalités, la tarification de l'eau potable en vigueur à Repentigny n'est pas assujettie à un volume minimal facturé. Ce choix vise à encourager les citoyens à économiser l'eau potable en tout temps, puisque le principe de l'utilisateur-payeur s'applique sur l'ensemble de la consommation. »

De plus, contrairement à certaines municipalités, la tarification de l'eau potable en vigueur à Repentigny n'est pas assujettie à un volume minimal facturé. Ce choix vise à encourager les citoyens à économiser l'eau potable en tout temps, puisque le principe de l'utilisateur-payeur s'applique sur l'ensemble de la consommation. À l'inverse, un volume minimal facturé laisse plutôt croire au droit d'utilisation d'une certaine quantité d'eau qui demeure intangible aux yeux du consommateur.

Ingrédient n° 3 : le relevé de la lecture du compteur par le propriétaire

Annuellement, en juin, la Division de la taxation envoie un avis rappelant d'effectuer la lecture du compteur d'eau à chaque propriétaire. Ces derniers sont invités à indiquer la lecture directement sur le portail Internet conçu à cet effet. Ils peuvent aussi remplir le coupon-réponse joint à l'envoi et le retourner à la Ville en le déposant à un édifice municipal désigné ou en l'expédiant par la poste. Toutefois, l'utilisation du portail Web est encouragée par la municipalité, puisqu'elle accélère le traitement des données et élimine les coûts liés aux retours postaux. La Ville de Repentigny suit attentivement les développements technologiques en matière de collecte de données par télémétrie. Pour l'instant, l'expérience a démontré qu'une prise de lecture par le propriétaire sur un cycle annuel, en début d'été, constitue une mesure mobilisatrice qui valorise la ressource.

Ingrédient n° 4 : la tarification des eaux usées pour les immeubles non résidentiels

Une compensation de 110 \$ par unité d'occupation était applicable en 2019 à tous les immeubles du territoire afin de financer



Station de traitement des eaux usées avec biométhanisation.



Station de traitement des eaux usées par étangs aérés.

l'assainissement des eaux usées. Les immeubles non résidentiels compris dans une unité de la classe 6 ou supérieure étaient soumis à une compensation supplémentaire de 0,20 \$/m³ pour l'évacuation d'eaux usées à l'égout sanitaire, calculée en recourant au volume recensé par le compteur d'eau potable. Dans le cas d'un immeuble s'alimentant à une source alternative, la facturation est plutôt basée sur le volume enregistré par un débitmètre localisé au rejet.

Ce tarif volumétrique vise à compenser les coûts supplémentaires de traitement engendrés par des eaux usées plus chargées que leur équivalent domestique. Outre l'aspect d'équité fiscale, cette compensation représente un incitatif supplémentaire pour les exploitants de commerces et d'industries en les encourageant à réduire leur consommation d'eau potable. Cela peut se concrétiser par de simples gestes – comme offrir des verres d'eau sur demande dans le cas d'un restaurant –, ou encore par des actions ou des investissements de plus grande envergure – comme ceux visant à réduire l'eau utilisée dans un procédé industriel en encourageant, entre autres, sa réutilisation.

Une approche équitable au bénéfice du contribuable

Les efforts précités ont un effet tout aussi marqué sur les rejets alimentant les deux stations d'épuration municipales qui enregistrent un débit moyen de 441 litres par personne par jour. En fait, les débits d'eau potable distribuée et d'eaux usées collectées sur le territoire de Repentigny n'ont pas progressé en 20 ans, et ce, malgré un accroissement de la population de 18 % et l'implantation de plusieurs industries de type agroalimentaire. Ainsi, la tarification de l'eau potable et l'ensemble des stratégies mises en place ont permis aux contribuables de ne pas avoir à investir pour augmenter la capacité de traitement desdites installations depuis maintenant un quart de siècle. ●

Actifs municipaux Quand gestion rime avec prévention



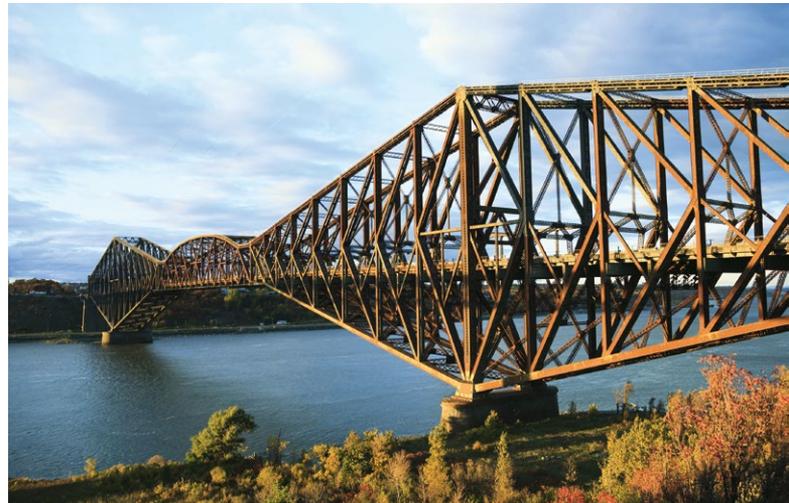
PAR SAMUELLE LANDRY LEVESQUE, M. Sc.
Coordonnatrice du secteur Eau,
Réseau Environnement

Devrons-nous entretenir, remplacer ou réparer les infrastructures municipales? De quelles nouvelles infrastructures aurons-nous besoin dans le futur? Comment les changements climatiques affecteront-ils nos actifs? Le plan de gestion des actifs municipaux permet de répondre entre autres à ces questions.

Vous ne serez probablement pas surpris d'apprendre que – d'après le Bulletin de rendement des infrastructures canadiennes de 2016 – le tiers des infrastructures municipales est en état passable, mauvais ou très mauvais (SAM, 2019a). En effet, la majorité des routes, des ponts et des ponceaux, des bâtiments, des centres communautaires, des aqueducs et des égouts, des stations de pompage, des casernes de pompiers, des bibliothèques, des arénas et des parcs ont été construits dans les années 1950-1960, et sont pratiquement tous rendus en fin de vie. De plus, il y a eu peu d'investissements depuis leur construction initiale, et les besoins municipaux ont changé : la collectivité a grandi, il y a eu une demande pour de nouveaux services, etc. Bref, il est urgent de procéder à leur réfection. Dans un tel contexte, il devient important de mettre sur pied un plan de gestion des actifs municipaux afin d'améliorer la prise de décision au bon moment; celui-ci permet d'avoir une meilleure vision des infrastructures (de leur état actuel et futur) et de réaliser une meilleure planification.

Cycle de gestion

D'après le Service d'approvisionnement municipal (SAM, 2019b), il existe cinq étapes dans un cycle de gestion des actifs municipaux. La collecte des données est la première étape; elle permet de dresser un inventaire des actifs (ce que l'on a), de l'état des infrastructures municipales (de « très mauvais » à « excellent »), ainsi que l'état des opérations (bris, fuites, réparations effectuées, etc.). Puis, la connaissance du risque entre en jeu. Quels actifs sont les plus critiques, et quels sont ceux qui risquent le plus d'affecter la santé et la sécurité de la population? En connaissant les actifs les plus à risque dans



une ville, il sera plus facile d'intervenir en amont en investissant dans l'entretien de l'infrastructure, plutôt que d'être en mode réaction et d'en payer le plein prix plus tard. Troisièmement, il est essentiel d'évaluer les coûts et le financement nécessaire. Cette étape est cruciale, car elle permet de compléter les informations quant à la base de données. En connaissant la durée de vie, l'âge et l'entretien de l'infrastructure, cela permet de mieux connaître les montants à investir. La quatrième étape est la prise de décision. C'est à ce moment que la réalisation d'un plan de gestion des actifs municipaux se justifie le mieux. En effet, en ayant réalisé préalablement un portrait clair des infrastructures et de leur état, et en connaissant les objectifs

« Dans un tel contexte, il devient important de mettre sur pied un plan de gestion des actifs municipaux afin d'améliorer la prise de décision au bon moment; celui-ci permet d'avoir une meilleure vision des infrastructures (de leur état actuel et futur) et de réaliser une meilleure planification. »

« Actuellement, le Québec n'oblige pas les municipalités à avoir un plan des actifs municipaux. Or, la situation est complètement différente dans les autres provinces canadiennes. »

stratégiques des municipalités et les attentes des citoyens, il devient plus facile pour les élus de prendre leurs décisions. Enfin, la dernière étape est le suivi et l'évaluation; celle-ci est cruciale pour boucler le cycle et réajuster, si nécessaire, le plan de gestion des actifs municipaux.

Ailleurs au Canada

Actuellement, le Québec n'oblige pas les municipalités à avoir un plan des actifs municipaux. Or, la situation est complètement différente dans les autres provinces canadiennes. Chez nos voisins néo-brunswickois, chaque municipalité doit avoir – depuis juillet 2017 – un plan des actifs municipaux. Le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick a laissé aux municipalités un an pour respecter les nouvelles exigences. Il a aussi mis sur pied un guide pour aider les administrations locales à planifier la gestion des actifs. Des formations ont aussi été offertes par certaines associations municipales. Le plan de gestion des actifs municipaux néo-brunswickois doit aussi respecter certaines exigences minimales, comme tenir compte des risques associés aux changements climatiques afin de résister aux conditions climatiques futures.

Une démarche semblable a vu le jour en Ontario en janvier 2018, et les municipalités devaient se doter d'une politique de gestion des actifs en date du 1^{er} juillet 2019. Les municipalités se sont toutefois fait accorder un délai de cinq ans, c'est-à-dire jusqu'au mois de juillet 2023, pour avoir complété leur plan de gestion des actifs pour toutes les infrastructures municipales (Gouvernement de l'Ontario, 2019).

En Colombie-Britannique, l'Asset Management British Columbia (AMBC) et l'Union of BC Municipalities ont pour leur part publié des lignes directrices adaptables en fonction de la taille et de la capacité des différentes municipalités (AMBC, 2019). ●

Références

AMBC. (2019). *Asset Management for Sustainable Service Delivery – A BC Framework 2019*. En ligne : assetmanagementbc.ca/wp-content/uploads/Asset-Management-for-Sustainable-Service-Delivery-A-BC-Framework-.pdf.

Gouvernement de l'Ontario. (2019). *Planification de la gestion des biens municipaux*. En ligne : ontario.ca/fr/page/planification-de-la-gestion-des-biens-municipaux.

SAM. (2019a). *La gestion des actifs : un enjeu qui doit devenir prioritaire*. En ligne : sam.ca/la-gestion-des-actifs-un-enjeu-qui-doit-devenir-prioritaire.

SAM. (2019b). *Les 5 étapes du cycle de gestion des actifs municipaux*. En ligne : sam.ca/les-5-etapes-du-cycle-de-gestion-des-actifs-municipaux.

AIDE FINANCIÈRE ET FORMATION GRATUITE

Le ministère des Affaires municipales et de l'Habitation accorde, depuis 2017, une aide financière aux municipalités pour réaliser un plan de gestion des actifs municipaux grâce au Programme de gestion des actifs municipaux. Les municipalités québécoises qui souhaitent mettre sur pied un tel plan peuvent aussi suivre une formation gratuite en ligne, offerte par la Fédération québécoise des municipalités, en collaboration avec le Centre d'expertise et de recherche en infrastructures urbaines et la Fédération canadienne des municipalités. Pour plus de renseignements, consultez le formationmunicipale.com.

UDES

CONSEIL STRATÉGIQUE EN ENVIRONNEMENT

Campus de Longueuil

Microprogramme de 3^e cycle à temps partiel

- Pour professionnelles et professionnels en exercice
- Petits groupes favorisant les échanges
- Une partie des cours est à distance

USherbrooke.ca/environnement/3e-cycle

 UNIVERSITÉ DE
SHERBROOKE

Concours pour les opérateurs Pour des solutions simples, ingénieuses et sécuritaires



PAR YVES COMEAU, ing., M. Sc. A., Ph. D.
Directeur Water Environment Federation (WEF)
de Réseau Environnement

(Traduit et adapté d'un texte publié sur le site Web de la WEF, intitulé *Seven Entries Earn Awards in the 2019 Operator Ingenuity Contest*.)



Chaque année, à la WEFTEC, le concours *Operator Ingenuity* récompense les opérateurs qui trouvent des solutions simples et applicables aux problèmes quotidiens. Le 25 septembre 2019, lors de la huitième cérémonie annuelle de remise des prix de ce concours, sept nouveaux gagnants ont rejoint les rangs de près de 50 autres opérateurs qui ont proposé des correctifs qui ont rendu les emplois des travailleurs plus faciles et plus sûrs.

Prix *Muckraker* (le racleur de boue)

Ce prix a été décerné à Mike Wenner de la Ville de Napoleon (Ohio) pour la création d'un outil permettant aux biosolides de sécher plus rapidement. Monsieur Wenner a fabriqué un grand râteau à partir d'un morceau de cornière en acier auquel il a soudé plusieurs sections de tuyaux coupés. Le râteau est ensuite attaché à un chargeur frontal qui peut alors être utilisé pour racle les biosolides d'un lit de séchage de boues, augmentant sa surface exposée à l'air et permettant ainsi aux boues de sécher beaucoup plus rapidement qu'auparavant.

Prix *Goody Bag* (le sac à yeux de poissons)

William Paddock, de la South Orange County Wastewater Authority (Dana Point, Californie), a reçu ce prix pour son invention d'un système de tamisage d'agglomérats de polymère (yeux de poissons). Après avoir constaté que des agglomérats de polymère bloquaient l'interrupteur de débit et les clapets antiretour à bille, déclenchant plusieurs alarmes de « faible

débit de polymère » quotidiennement, il savait que quelque chose devait être fait. Monsieur Paddock et son équipe ont ainsi décidé de créer un tamis en utilisant un vieux réservoir fourre-tout (*tote tank*) de 1 m³. Ils ont percé un trou sur le dessus de ce réservoir et façonné un tamis en utilisant une moustiquaire. Cela a fonctionné, mais le processus exigeait beaucoup de main-d'œuvre pour nettoyer fréquemment le tamis afin de maintenir le débit. Après quelques itérations, ils ont convergé vers l'utilisation d'un sac-tamis remplaçable avec pores de 600 microns qui peut être facilement remplacé lorsqu'il est plein. Ils ont également installé une plateforme de tamisage amovible pouvant être placée au-dessus du bassin de polymères avec une pompe à diaphragme double. William Paddock attribue son succès à la communication avec le personnel : « Je suis allé voir tous les opérateurs pour leur demander ce qui, selon eux, pourrait être amélioré. Collectivement, nous avons trouvé de très bonnes idées. »

Prix *Tight Squeegee* (l'étroit balai-éponge)

Ce prix a été décerné à Johanna McHone, de Charlotte Water (Charlotte, N.C.), pour avoir inventé un dispositif permettant d'enlever les dépôts gluants de polymères des parois des bassins de polymère de sa station. Avant son invention, elle devait utiliser un jet d'eau chaude à haute pression pour nettoyer les parois des réservoirs. Cette approche risquait d'éclabousser l'opérateur avec de l'eau chaude ou des produits chimiques,

et consommait beaucoup de diesel, d'électricité et d'eau. Sa solution est particulièrement simple : elle a attaché un balai-éponge sur un manche à balai flexible permettant ainsi de décoller les dépôts gluants des parois des réservoirs.

Prix *Sewer Sailor* (le marin des égouts)

Ce prix a été décerné à James E. Segrest Jr. du Water Resource Management Sewer Department de la Ville d' Auburn (Alabama). Monsieur Segrest avait une conduite d'égout de grand diamètre qui devait être inspectée. Le débit dans la conduite principale était trop important pour que la caméra à chenilles de la municipalité puisse être utilisée. Au lieu de demander à un opérateur de se rendre dans la conduite, il a attaché une caméra GoPro et des lampes de poche à un couvercle de glacière en styromousse et l'a fait flotter dans la conduite d'égout. Il a attaché ce couvercle à une bobine de corde de cerf-volant pour contrôler sa progression. La municipalité a utilisé avec succès le marin des égouts à plusieurs reprises.

Prix *Bottle Bump* (le coup de bouteille)

Ce prix – attribué pour la solution la plus simple de toutes – a été décerné à James Petalio du Rodeo Sanitary District (Rodeo, Californie), qui devait constamment gérer des alarmes de dosage excessif de chlore en dehors des heures de travail régulières. Les alarmes déclenchaient le fonctionnement automatique de la pompe doseuse de bisulfite de sodium à un débit maximal pour éviter des dépassements en chlore. Le problème a été résolu en soulevant simplement les flacons de réactifs (solutions d'acétate et d'un tampon d'iodure de potassium) du dessous de l'analyseur vers le dessus. L'élimination de la nécessité pour la pompe doseuse d'aspirer les liquides jusqu'à l'analyseur a stabilisé le processus et éliminé les alarmes. Cette solution simple a permis à la municipalité d'économiser 1 200 \$ en heures supplémentaires et plus de 12 800 \$ par an en bisulfite de sodium.

Prix *Smooth Move* (le glissement fluide)

Ce prix a été décerné à John Presta et à George Pelzowski, de la station de récupération des ressources de l'eau (StaRRE) de Corbett Creek (Whitby, Ontario), qui devaient régler le problème de vannes murales manuelles en aluminium coincées. Celles-ci avaient fusionné avec leurs cadres, eux aussi en aluminium, et le personnel devait régulièrement découper les vannes pour résoudre ce problème. L'équipe de Corbett Creek a donc commandé de nouvelles vannes de divers fournisseurs. Leur ingéniosité s'est manifestée dans la façon de les installer : ils ont soudé des languettes lisses latérales aux nouvelles vannes, ce qui leur a permis de les insérer parfaitement dans les cadres d'origine. Ils ont également ajouté un joint de scellement en caoutchouc au bas de la porte pour en assurer l'étanchéité.

Prix *Rag Spear* (la lance à débris)

Matt Haggler, de la Ville de Meridian (Idaho), a reçu ce prix pour avoir résolu un problème irritant. Les digesteurs anaérobies de 3 000 m³ de la Ville n'avaient pas été nettoyés depuis plusieurs années, et le système de dégrillage des eaux usées ne fonctionnait pas parfaitement. Ainsi, des lingettes, des chiffons et des cheveux s'étaient accumulés, et les masses de débris flottants agglomérés avaient commencé à affecter la performance des digesteurs.

La solution de monsieur Haggler a été de concevoir une lance à débris rigide en acier de 7,5 mètres de longueur et de 50 millimètres de diamètre avec des dents pivotantes. Cette lance peut être attachée à une grue et plongée à travers des boules de débris flottants. Une fois enfoncée, la grue retire la lance et les dents se déploient, s'accrochant alors à la boule de débris qui peut être retirée. La lance a permis d'enlever des boules de débris pesant jusqu'à 450 kilogrammes. Cette lance a coûté moins que quelques centaines de dollars, et a permis à la Ville d'économiser beaucoup d'argent en temps d'arrêt et a permis aux digesteurs de fonctionner correctement. ●



© Water Environment Federation

Le prix *Tight Squeeze* – remis par Jackie Jarrell, présidente de la WEF – a été décerné à Johanna McHone pour avoir inventé un dispositif permettant d'enlever les dépôts gluants de polymères des parois des bassins.

OPERATOR INGENUITY 2020 : INSCRIVEZ-VOUS DÈS MAINTENANT !

Les candidats de cette année auront certainement des défis à relever, mais les idées seront assurément aussi créatives et ingénieuses. Si vous avez une solution simple qui a rendu votre travail plus sûr, plus facile ou plus efficace, soumettez-la pour le concours 2020 !

La période d'inscription est ouverte maintenant et se termine le 5 juin prochain. Le concours est ouvert à tous – le formulaire d'inscription comprend un champ pour le numéro d'identification de membre de la WEF, mais celui-ci est facultatif. Retrouvez tous les détails en ligne sur le site weftec.org/ingenuity.

Reimagine Phoenix

Objectif zéro déchet



PAR FRANCIS FORTIN
Président de la section québécoise
de la SWANA; président-directeur général,
Chamard stratégies environnementales



ET PAR MARION AUDOUIN
Coordonnatrice de la section québécoise
de la SWANA

Les villes sont de plus en plus nombreuses à se fixer des objectifs ambitieux de valorisation des matières résiduelles produites sur leur territoire. Pour les atteindre, leur administration n'hésite pas à investir temps et argent. Phoenix, en Arizona, est l'une d'elles.

Chaque année, la programmation de WASTECON® fait une place importante aux actions locales en gestion des matières résiduelles. Lors de la dernière édition qui se tenait à Phoenix, cette tradition s'est perpétuée. Un accent particulier a été mis sur *Reimagine Phoenix*, le virage vert de la Ville entamé en 2013. Dans le cadre de cette initiative qui touche principalement les résidents, deux objectifs ont été fixés : atteindre un taux de valorisation de 40 % en 2020 et être une ville zéro déchet en 2050. Globalement, Phoenix veut appliquer les principes suivants : réduire, réutiliser, recycler, repenser et réimaginer les habitudes de consommation pour réduire la production des déchets au quotidien et leur élimination. La Ville ainsi que ses partenaires veulent démontrer que les déchets ont une valeur et qu'ils peuvent être détournés des lieux d'élimination. Pour ce faire, elle travaille sur trois axes principaux :

- Améliorer le programme de gestion des matières résiduelles pour encourager des pratiques plus durables, telles que le recyclage et le compostage;
- Développer des partenariats avec la communauté et les industriels pour trouver des solutions viables de valorisation;
- Améliorer et augmenter le nombre de campagnes de sensibilisation et d'éducation destinées aux résidents et aux organisations.

Actuellement, la Ville de Phoenix gère les matières résiduelles de ses citoyens par des collectes de porte en porte et des points de dépôt. Elle s'occupe également des résidus verts générés par ses citoyens et les entreprises de paysagement, ainsi que



des restes alimentaires de quelques institutions. L'ensemble des autres matières est géré par l'entreprise privée et est exclu de l'objectif zéro déchet.

Deux initiatives locales ont émergé de *Reimagine Phoenix* : le *Resource Innovation Campus* (RIC – Campus d'innovation) et le *Resource Innovation and Solutions Network* (RISN – Réseau d'innovation et de solutions).

Campus d'innovation

En 2015, le conseil municipal a approuvé la construction et l'aménagement du RIC. Ce site, adjacent à un lieu d'enfouissement fermé depuis déjà plus de 20 ans, a pour but d'être une place de choix pour la réflexion et la mise en œuvre de l'économie circulaire dans la région, et ce, à proximité du centre-ville de Phoenix. Le rôle du RIC est de favoriser la création de partenariats public-privé en assurant un approvisionnement constant de matières résiduelles, tout en octroyant les opérations des infrastructures de traitement au privé. La Ville conserve toutefois la gestion des collectes et des services aux citoyens. Au sein du RIC se trouvent cinq zones :

1. Le point d'entrée est l'un des deux centres de transbordement (l'autre est situé au nord de la ville) dans lequel les déchets sont transférés dans des camions de plus grande capacité pour ensuite être dirigés vers le site d'enfouissement de la Ville;
2. Dans le même immeuble s'ajoute un centre de tri des matières recyclables conventionnel;
3. Depuis 2017, un écocentre et une plateforme de compostage sont en activité à proximité des deux premières zones. Cette dernière a une capacité de 55 000 tonnes de compost par

« L'objectif du RISN est de transformer des idées ayant un impact environnemental positif en projets concrets, tels que des projets pilotes de recherche et développement. »

année, mais pourrait ultimement atteindre 220 000 tonnes. L'exploitant utilise la technique des andains retournés mécaniquement pour traiter les matières organiques, ce qui permet de traiter de grandes quantités de résidus verts (principalement des retailles de palmiers);

4. Une zone de 40 acres est consacrée à la recherche et à l'innovation en lien avec l'économie circulaire. Plusieurs terrains pourraient donc être loués par des industriels qui auraient des solutions locales pour la mise en valeur de matières produites par les citoyens de Phoenix. Ainsi, en 2019, Renewlogy s'est entendu avec le RIC et viendra s'installer sur l'un des terrains du campus afin de traiter les plastiques n^{os} 3 à 7 séparés dans le centre de tri de la Ville;
5. Enfin, un incubateur d'idées a été mis sur pied pour accueillir des entreprises en démarrage et mettre à leur disposition des bureaux, des ateliers ainsi que du soutien technique et financier pour leur développement. Ce site est également le siège social de la RISN.

Réseau d'innovation et de solution

En parallèle du RIC, la Ville de Phoenix a fondé le RISN en collaboration avec la Rob and Melani Walton Sustainability Solutions Initiatives de l'Université d'Arizona State (RISN, 2018). L'objectif du RISN est de transformer des idées ayant un impact environnemental positif en projets concrets, tels que des projets pilotes de recherche et développement. À titre d'exemple, en 2018, le RISN a soutenu les initiatives suivantes :

- Une étude de faisabilité pour la réutilisation de revêtements d'asphalte dans les projets de chaussées de la Ville de Phoenix;
- Une étude comparative pour l'utilisation de compost ou de fertilisants non organiques dans les parcs de la ville a été



Opération de la plateforme de compostage sur les terrains du RIC (Phoenix, Arizona).

réalisée durant trois années. Au fil des ans, plusieurs éléments ont été évalués, tels que le potentiel de réduction des besoins en eau des sols ayant reçu du compost;

- Un projet de transformation des plastiques n^{os} 3 à 7 (excluant le numéro 5) en filaments qui pourront être utilisés dans la fabrication de nouveaux produits, par exemple grâce à des imprimantes 3D. L'initiative vise donc à valider les qualités du filament, dont la durabilité et la résistance;
- L'organisation du Sustainability Solutions Festival, composé de 15 événements sur une trentaine de jours, qui a permis de toucher plus de 30 000 personnes par des activités diverses telles que des conférences, des projections de films, des portes ouvertes, etc.

De plus, le RISN agit à titre de *hub* technologique et soutient également plusieurs entreprises émergentes qui travaillent sur des projets divers et variés. Par exemple : Hygiea développe des techniques de tri ultraperformantes avec le soutien de l'intelligence artificielle pour limiter entre autres la contamination; Renewlogy, quant à elle, transforme les plastiques postconsommation de faible valeur en produits pétrochimiques à forte valeur ajoutée; Swappow Plus Foundation collecte, répare et redistribue des planches à roulettes ainsi que des équipements de sécurité. En plus de réduire la quantité de déchets, l'objectif de cette fondation est de promouvoir l'activité physique auprès des enfants.

Résultats atteints ?

Reimagine Phoenix s'est donné en 2013 l'objectif de passer d'un taux de diversion de 13 % à 40 % au 31 décembre 2020. À la fin de juin 2019, le taux s'élevait à 36 %; la Ville est donc convaincue d'atteindre son objectif d'ici la fin de l'année 2020. ●

Crédit de la photo de la page 66 : Francis Fortin.

Référence

RISN (Resource Innovation and Solutions Network). (2018). *2018 Annual Report*. 19 p.

À VOS AGENDAS !

- SWANApolloza se tiendra du 23 au 26 mars prochain à Atlanta, en Géorgie. Cette année, les organisateurs ont choisi d'axer le salon sur la connectivité des ressources, et laisseront – comme à l'habitude – une place marquée à la sécurité des travailleurs.
- WASTECON® aura lieu du 7 au 10 décembre 2020 à Dallas, au Texas. Ce salon – le plus grand événement sur la gestion des matières résiduelles aux États-Unis – réunit 150 exposants, plusieurs conférences et des visites industrielles.



Les feux en Australie

Chaque année, l'Australie se voit confrontée à une saison des feux en raison du climat sec et chaud de l'été. Des causes naturelles et humaines peuvent expliquer ces feux annuels. Cependant, les derniers mois ont été marquants pour le pays, qui a connu une crise encore plus importante qu'à l'habitude. On pointe du doigt le dipôle de l'océan Indien qui a eu un impact sur le cycle général du climat dans cette région. Résultat : les températures oscillantes des eaux océaniques causent l'annulation de la saison des pluies dans le nord. Les vents forts poussant la fumée ont complété le cocktail pour enflammer le territoire. Il s'agit certainement d'un événement qui marquera l'année 2020. (CNN, 2020).



COP15 – Convention sur la biodiversité

C'est dans la ville de Kunming que la Chine tiendra, à la fin de l'année 2020, la COP15 de la Convention sur la biodiversité. Cette rencontre examinera la réalisation et la mise en œuvre du Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020. Il est également prévu qu'une décision soit prise concernant le prochain plan. On y discutera aussi du renforcement des capacités et de la mobilisation des ressources. Un plaidoyer a d'ailleurs été reçu par les organisateurs afin que cette 15^e édition se traduise en des résultats concrets concernant les changements climatiques, l'érosion de la biodiversité et la désertification. (Parlement européen, 2020)

Le Pérou plantera un million d'arbres au pied du Machu Picchu

Le président péruvien, Martín Vizcarra, a annoncé le 9 janvier dernier que le pays plantera un million d'arbres sur le site du Machu Picchu. L'objectif est de préserver la citadelle inca des glissements de terrain qui menacent de plus en plus chaque année l'une des merveilles du monde moderne. Effectivement, située à 2 438 mètres d'altitude et soumise au tourisme de masse, la cité inca est vulnérable aux effets de l'érosion. Une bonne nouvelle pour le patrimoine mondial ! (Presidencia Perú, 2020)



6 mois : le XXI^e siècle en images (n° 18) – Avec nous le déluge
Collectif (auteurs divers) – Éditions 6 mois – 306 pages



Le triptyque de ce numéro témoigne des effets du réchauffement climatique avec l'inondation d'une île dans le bayou en Louisiane ou le recul de la mer Morte, mais aussi de l'espoir suscité par des actions menées par certaines communautés, comme l'île d'Eigg en Écosse rachetée par ses habitants, et maintenant autonome énergétiquement.

Quand la faim ne justifie plus les moyens : en finir avec l'élevage intensif

Collectif (auteurs divers) – Éditions Liens qui libèrent – 240 pages



Voici le manifeste de l'association de protection animale L214, qui œuvre pour la pleine reconnaissance de la sensibilité des animaux et l'abolition des pratiques contraires à leur dignité. Il vise à alerter sur le sort qui leur est réservé dans la chaîne de production alimentaire ainsi que sur les conséquences en matière d'environnement et de santé publique, et indique des solutions pour un changement d'attitude.

Changer sa vie sans changer le monde : l'anarchisme contemporain entre émancipation individuelle et révolution sociale
Murray Bookchin – Éditions Agone – 160 pages



Dans ce petit livre, Murray Bookchin étrille les dérives d'une gauche radicale surtout préoccupée par la transformation de son mode de vie, et récusant toute forme d'organisations et de programmes révolutionnaires. Sa perméabilité aux maux qui affectent nos sociétés – individualisme forcené, goût de la posture, narcissisme et irrationalisme – a ainsi conduit ses partisans à se détourner de leur héritage socialiste.

Rejoignez-nous : #grèvecourleclimat
Greta Thunberg – Éditions Kero – 30 pages

Des extraits du discours de la jeune écologiste suédoise, figure de la défense du climat, donné lors du sommet de Davos en 2019, exhortant à agir positivement et dans l'urgence pour le climat.



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.



MARS, AVRIL ET MAI 2020

QUÉBEC ET CANADA

5^e édition du Forum économique de la relève d'affaires

Montréal
9 mars
fera.rjccq.com

Salon des technologies environnementales du Québec

Montréal
10 et 11 mars
salon-teq.org/fr

Symposium Sols vivants

Montréal
18 au 21 mars
livingsoilssymposium.ca/fr

Expo manger santé et vivre vert

Montréal
20 au 22 mars
Québec
4 et 5 avril
Sherbrooke
2 et 3 mai
expomangersante.com

TRIECA 2020 – Stormwater and Erosion and Sediment Control Conference

Brampton (Ontario)
25 et 26 mars
trieca.com

5^e Rendez-vous Collectivités viables – Vers la résilience de nos milieux de vie

Montréal
26 mars
vivreenville.org/rendez-vous.aspx

Smart Energy

Halifax (Nouvelle-Écosse)
7 et 8 avril
smartenergyevent.ca

2020 SWANA Canadian Symposium

Banff (Alberta)
20 au 23 avril
swananorthernlights.org/conference/2020-conference

88^e congrès de l'ACFAS

Sherbrooke
4 au 8 mai
acfas.ca/evenements/congres

24^e colloque du Chapitre Saint-Laurent

Montréal
28 et 29 mai
chapitre-saint-laurent.qc.ca

ÉTATS-UNIS

The 35th International Conference on Solid Waste Technology and Management (ICSW 2020)

Annapolis (Washington)
22 au 25 mars
solid-waste.org/call-for-papers-2

SWANApalooza 2020

Atlanta (Géorgie)
23 au 26 mars
swanapalooza.org

Imagine H2O's – Water Innovation Week 2020

San Francisco (Californie)
24 au 26 mars
imagineh2o.org/wiw2020

AWWA Sustainable Water Management Conference

Minneapolis (Minnesota)
29 mars au 1^{er} avril
awwa.org/Events-Education/Sustainable-Water-Management

WEF Residuals and Biosolids Conference 2020

Minneapolis (Minnesota)
31 mars au 3 avril
wef.org/residualsbiosolids

2020 National Brownfields Leadership Summit

Washington (Columbia)
1^{er} et 2 avril
eventbrite.com/e/2020-national-brownfields-leadership-summit-tickets-76156990609

International Symposium on Inorganics

Denver (Colorado)
14 et 15 avril
awwa.org/Events-Education/Inorganics

The Design-Build for Water/Wastewater Conference 2020

Dallas (Texas)
20 au 22 avril
dbia.org/conferences/design-build-for-water-wastewater-conference

WasteExpo

La Nouvelle-Orléans (Louisiane)
4 au 7 mai
wasteexpo.com/en/home.html

INTERNATIONAL

World Ocean Summit 2020

Tokyo (Japon)
9 et 10 mars
woi.economist.com/world-ocean-summit

Global Symposium on Soil Biodiversity

Rome (Italie)
10 au 12 mars
fao.org/about/meetings/soil-biodiversity-symposium/en

Fimea – Qualité de l'air et activités humaines : enjeux, solutions techniques, sociétales et économiques pour réduire les impacts sanitaires et environnementaux

Paris (France)
19 mars
webs-event.com/fr/event/fimea

12th International Conference on Climate Change: Impacts and Responses

Venise (Italie)
16 et 17 avril
on-climate.com/2020-conference

7th International Conference on Flood and Urban Water Management 2020 (FRIAR 2020)

Valence (Espagne)
11 au 13 mai
wessex.ac.uk/conferences/2020/friar-2020

Organisé par  Réseau
Environnement

Salon des teq 2020

Salon des technologies
environnementales du Québec

innover développer réseauter

10 et 11 mars 2020

www.salon-teq.com    

Salon des

teq

2020

10 et 11 mars 2020
Centre des congrès de Québec

3000
participantes et
participants

150
exposants

100
conférences
et panels



adaptation aux
changements
climatiques



économie verte
et circulaire



innovations et
technologies
propres



investissements
responsables et
écofiscalité



transition
énergétique



villes
durables