

Suivi de l'état du SAINT-LAURENT

EAU

SÉDIMENTS

RIVES

RESSOURCES
BIOLOGIQUES

USAGES

Évolution des niveaux et débits du Fleuve Saint-Laurent



Problématique

La caractérisation de l'hydraulicité du fleuve Saint-Laurent par un seul indicateur n'est pas chose facile, puisqu'il faut faire abstraction des spécificités locales et des fluctuations à court terme. En ce sens, le débit calculé à Sorel présente plusieurs avantages : il intègre les deux apports hydrologiques principaux au fleuve que sont les Grands Lacs et la rivière des Outaouais, et il est situé, approximativement, au centre de la portion fluviale du système Grands Lacs–Saint-Laurent, en amont du lac Saint Pierre (figure 1). Le fait que le débit soit calculé à partir des apports hydrologiques implique aussi que les interférences de l'effet du vent, du signal de marée, de la croissance des plantes aquatiques ou du couvert de glace ne sont pas introduites dans l'indicateur.

Historique du réseau hydrométrique

Au Québec, la répartition actuelle des stations de mesure des niveaux et des débits découle de l'installation des premières stations du réseau hydrométrique à la fin du 19^e siècle. Celles qui sont placées sur le Saint-Laurent sont dédiées, historiquement, à la mesure du niveau d'eau, d'une part pour faciliter la navigation et, d'autre part, parce que les caractéristiques physiques de l'écoulement en aval des rapides de Lachine rendent difficile l'estimation des débits.

Ces derniers doivent alors être calculés par l'addition des débits provenant des rivières tributaires et des zones non jaugées, tout en considérant le temps de transport de l'eau de l'amont vers l'aval. Quant aux tributaires du fleuve, on y retrouve traditionnellement des stations dédiées au calcul du débit.

Au fil des décennies, la densité du réseau hydrométrique a augmenté au point d'intégrer 51 stations sur le fleuve Saint-Laurent et ses affluents (figure 2). La répartition des stations a été modifiée afin de gagner en efficacité et en fiabilité, particulièrement en ce qui a trait aux stations de débit localisées sur les affluents. Ce réseau hydrométrique permet une évaluation complète de l'hydrologie dans le tronçon fluvial du bassin versant Grands Lacs–Saint-Laurent, tant pour la mesure des niveaux d'eau que pour le calcul des débits.



Station hydrométrique à Lanoraie,
Photo : © Environnement Canada

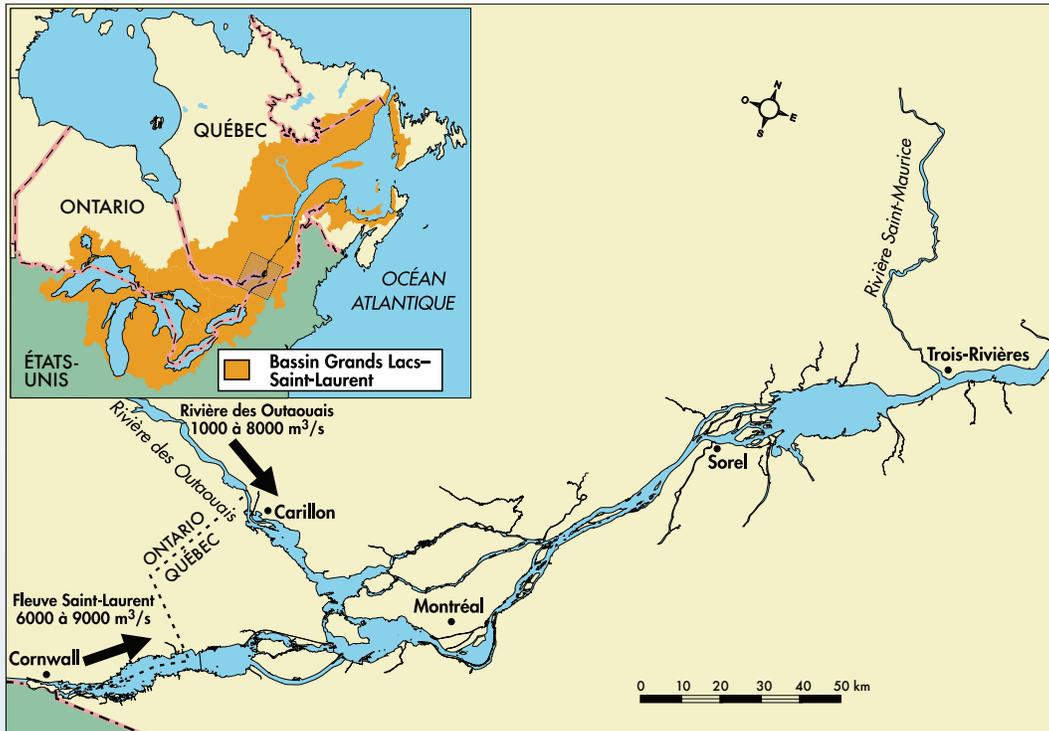


Figure 1. Tronçon fluvial du système Grands Lacs–Saint-Laurent situé entre Cornwall et Trois-Rivières

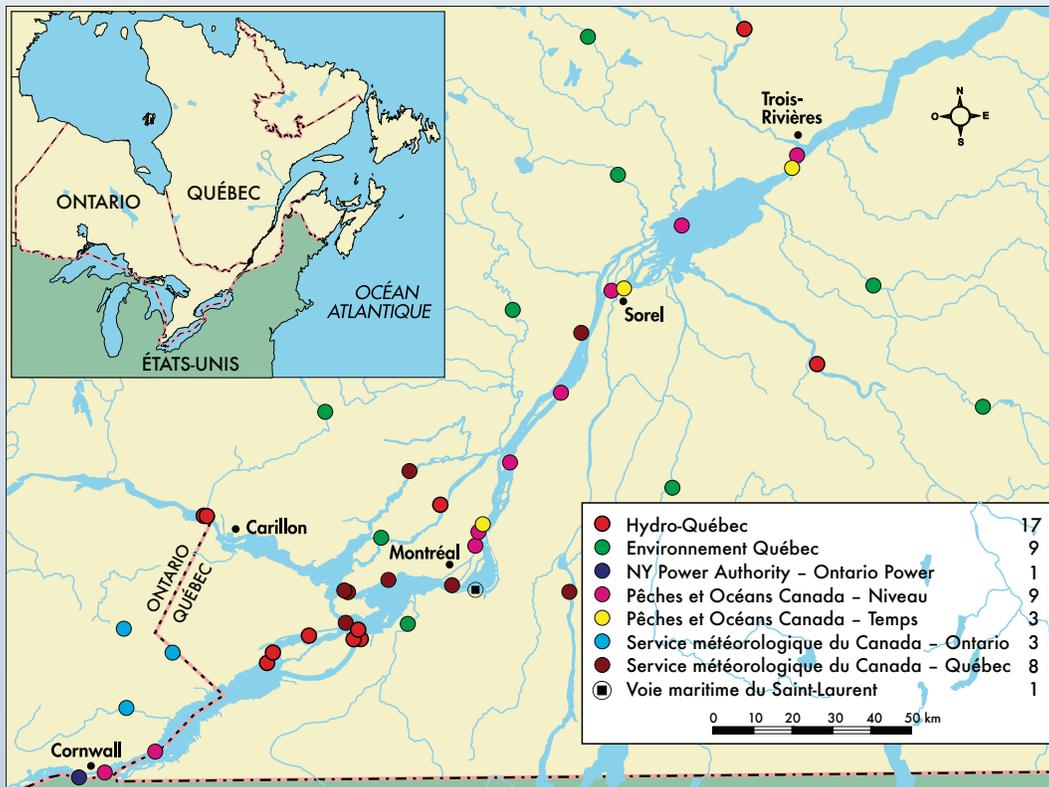
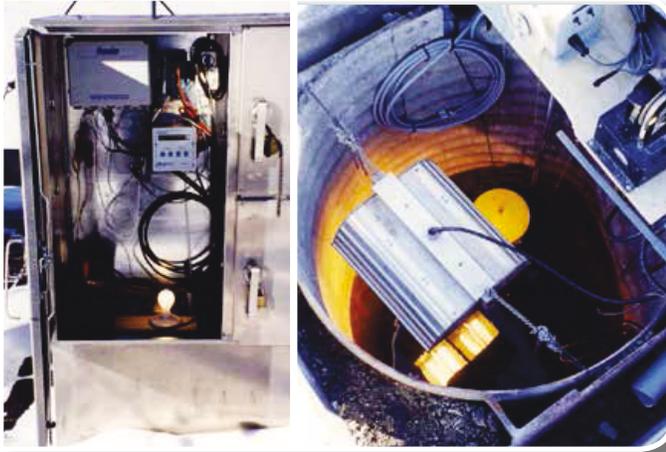


Figure 2. Localisation des principales stations de mesure hydrométrique du tronçon fluvial et de ses principaux affluents



Instruments de mesure du niveau d'eau
Photo : © Environnement Canada

Autrefois, le réseau était caractérisé par un mode d'opération essentiellement manuel. De nos jours, les stations hydrométriques sont pour la plupart automatisées, de sorte que les données sont accessibles en temps réel à l'aide de plusieurs modes de diffusion, dont l'Internet.

Portrait de la situation

L'état actuel du régime d'écoulement du fleuve reflète les impacts de la régularisation des apports hydrologiques et des autres interventions humaines. Les données issues du réseau hydrométrique permettent de mettre en relief le caractère cyclique de l'hydraulicité du Saint-Laurent.

Cycle hydrologique

La figure 3 illustre l'évolution temporelle du débit calculé à Sorel de 1932 à 2012. Examinée dans son ensemble, cette série de données permet d'apprécier l'ampleur des fluctuations du débit qui est de l'ordre de 14 000 m³/s, entre le minimum de 6 000 m³/s et le maximum d'environ 20 000 m³/s. Des débits très faibles ont été observés au milieu des années 1930 (6 601 m³/s), suivis de forts débits atteignant 19 655 m³/s en 1943. Des débits très faibles ont de nouveau été observés au milieu des années 1960 (6 093 m³/s) suivis de forts débits (20 343 m³/s) en 1976 et, plus récemment, depuis la fin de la décennie de 1990, on a observé de faibles débits à plusieurs reprises (7 014 m³/s en 2001, 6 940 m³/s en 2007, 7 160 m³/s en 2010 et 7 020 m³/s en 2012).

De manière générale, l'hydraulicité du fleuve depuis la fin des années 1990 est plus faible sans pour autant atteindre les valeurs minimales observées durant les années 1960 et 1930.

La figure 4 montre la série de débits moyens annuels enregistrés à Sorel pour chaque année hydrologique (octobre à septembre) par rapport à la série des apports en eau au lac Ontario. La moyenne annuelle des débits est utilisée plutôt que les valeurs mensuelles, afin de filtrer une partie de l'effet de la régularisation qui est apparent à une fréquence mensuelle. La série de débits à Sorel est plus courte que celle des apports en eau au lac Ontario en raison de l'absence de données historiques de débit pour les principaux tributaires du fleuve avant 1930.

Les débits du fleuve Saint-Laurent à Sorel varient beaucoup d'une année à l'autre et dépendent des variations interannuelles des apports en eau au lac Ontario, elles-mêmes dépendantes des conditions climatiques. On constate aussi que les débits — et niveaux associés — enregistrés dans le passé au cours des périodes de très basses eaux comportent des valeurs extrêmes qui n'ont pas été atteintes lors des récents épisodes de basses eaux observés depuis le début des années 2000. Le système Grands Lacs–Saint-Laurent n'est donc pas en train d'établir des records de faible hydraulicité actuellement. Bien qu'elles soient très basses, les valeurs mesurées au cours des dernières années sont à l'intérieur de la plage de valeurs mesurées depuis une centaine d'années.

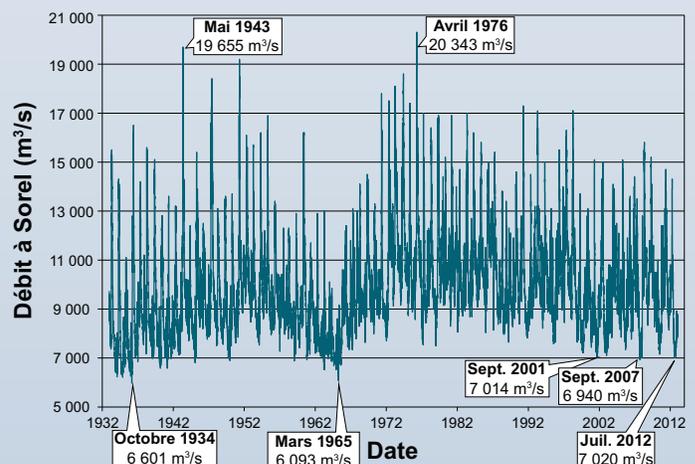


Figure 3. Débit du Saint-Laurent calculé à Sorel de décembre 1932 à décembre 2012

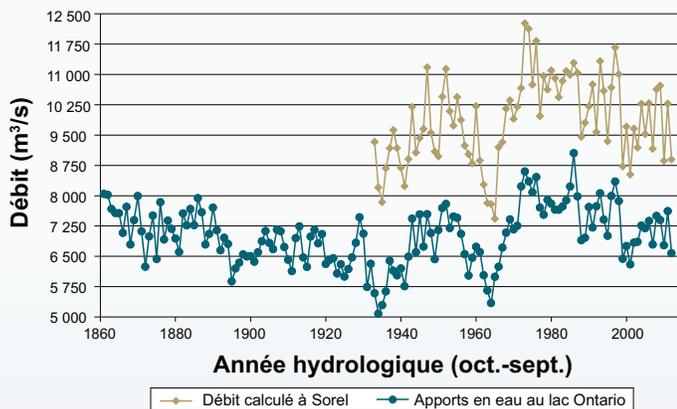


Figure 4. Moyennes annuelles (année hydrologique d'octobre à septembre) du débit du Saint Laurent calculé à Sorel de 1932 à 2012 et des apports en eau au lac Ontario de 1861 à 2012

Au cours des dernières décennies, le patron d'écoulement du Saint-Laurent a été drastiquement changé par de nombreuses interventions humaines, dont les répercussions, locales ou étendues, ont une incidence directe sur le niveau de l'eau. Les modifications apportées sont si importantes qu'il devient extrêmement difficile de faire des comparaisons historiques de l'écoulement avant et après ces interventions. Ainsi, l'utilisation du niveau comme indicateur de la quantité d'eau dans le Saint Laurent demeure utile mais a une portée très limitée.

À titre d'exemple, l'utilisation par le Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent de la station hydrométrique située dans le port de Montréal, pour mesurer le niveau d'eau dans le fleuve, est sujette à controverse. En effet, les travaux effectués dans cette portion du chenal pour étendre la période de navigation et construire l'île Notre-Dame en vue de l'Expo 67 sont critiques et changent radicalement le patron d'écoulement. Ils ont amené les statisticiens à compiler dorénavant les données historiques à partir de 1967. Or, les bas niveaux enregistrés au début des années 1930 ainsi qu'en 1964 et 1965 ne sont pas pris en considération dans cette base statistique : leur absence biaise les résultats lorsqu'on tente de qualifier une observation actuelle du niveau d'eau en la comparant aux valeurs historiques.

Concrètement, cette situation a conduit à une lecture erronée de l'état des niveaux d'eau du fleuve lors de plusieurs années de faible hydraulité, les statistiques annonçant que les niveaux des Grands Lacs allaient être

sous leur moyenne à long terme et que le port de Montréal allait connaître des minimums records. Il serait donc important de mentionner la période utilisée pour le calcul des statistiques de niveau d'eau dans le port de Montréal dans tout document portant sur l'état de l'écoulement dans le système Grands Lacs–Saint-Laurent et d'expliquer pourquoi elle diffère de la période utilisée pour le calcul des statistiques de niveaux d'eau dans les Grands Lacs et pourquoi les deux séries de données sont difficilement comparables. L'intégration, dans ces rapports, d'informations sur les niveaux d'eau à d'autres sites le long du fleuve Saint-Laurent moins touchés par les activités anthropiques pourrait permettre de brosser un portrait plus réaliste de l'état de l'écoulement dans le fleuve Saint-Laurent.

Un autre moyen de pallier le problème serait de se tourner vers un autre indicateur : le débit du fleuve. Il présente certains avantages pour fournir une indication quant à l'évolution du régime d'écoulement du Saint-Laurent. Bien que sa distribution temporelle soit modifiée par les interventions humaines (régularisation, ouvrages de génie), le débit constitue un bon indicateur de l'hydraulicité du fleuve et peut être comparé aux séries chronologiques mesurées ou générées par modélisation numérique.

Ouvrages de génie

L'écoulement du fleuve est aussi modifié par des ouvrages de génie. Outre la construction des barrages Moses-Saunders, Beauharnois, des Cèdres et de Carillon ainsi que d'autres ouvrages régulateurs plus en amont dans le bassin versant, des travaux importants ont été réalisés dans le tronçon fluvial au cours du 20^e siècle. Le dragage du chenal de navigation, le dépôt des matériaux dragués, la construction de réservoirs, de ponts et de tunnels ainsi que la création de l'île Notre Dame en face de Montréal ont modifié la configuration du lit du fleuve et, par conséquent, la distribution spatiale des niveaux d'eau.

Enfin, l'entretien hivernal de la voie navigable avec la pose d'estacades pour maintenir la navigabilité a aussi changé la répartition naturelle des niveaux et débits en réduisant la fréquence et l'ampleur des embâcles de glace. En outre, les niveaux du fleuve sont modifiés par la croissance de plantes aquatiques l'été, le couvert de glace l'hiver, les vents et le signal de marée.

Régularisation des débits

Le fleuve Saint-Laurent est alimenté par deux principaux bassins hydrographiques régularisés : les Grands Lacs (station de Cornwall) et la rivière des Outaouais (station de Carillon) (figure 1). Ainsi, le débit à Cornwall varie généralement entre 6 000 et 9 000 m³/s au cours d'une année (débit moyen annuel : 7 060 m³/s), alors que celui à Carillon varie entre 1000 et 8000 m³/s (débit moyen annuel : 1 910 m³/s).

La figure 5 illustre l'effet moyen de la régularisation des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais sur les débits du fleuve calculés à Sorel pour la période de 1960 à 1997.

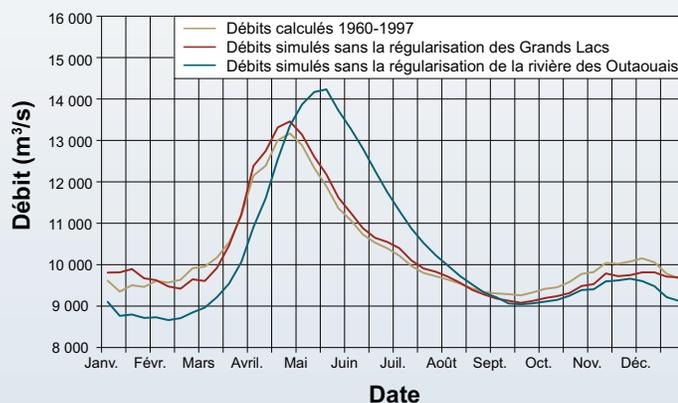


Figure 5. Moyenne interannuelle du débit à Sorel (1960-1997) : débits calculés et débits simulés sans l'effet de la régularisation des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais

La régularisation du débit a un effet stabilisateur qui atténue les valeurs extrêmes et qui entraîne habituellement une réduction du débit au printemps et son augmentation à l'automne et en hiver. En général, les débits sont réduits d'une valeur allant jusqu'à plus de 2 000 m³/s au printemps et augmentés de 300 à 900 m³/s entre septembre et mars. On note, cependant, une réduction du débit au mois de janvier pour permettre la prise du couvert de glace en amont des ouvrages hydroélectriques de Beauharnois et Moses-Saunders.

La figure 5 illustre aussi l'effet comparatif sur le débit à Sorel de la régularisation des Grands Lacs et de la rivière des Outaouais. La régularisation de la rivière des Outaouais a un effet plus important que celle des Grands Lacs, principalement en réduisant les débits de crue, de sorte que les forts débits printaniers se produisent plus tôt, et en augmentant les débits hivernaux.

Bien que cet effet typique de la régularisation semble important, la marge de manœuvre réelle dont dispose le Bureau de régularisation des Grands Lacs et du Saint-Laurent pour éviter les épisodes extrêmes est en fait beaucoup plus limitée. Par exemple, lors de périodes prolongées de faible hydraulicité, le niveau des Grands Lacs devient très bas, de sorte qu'il est très difficile de combler le manque d'eau en aval sans aggraver une situation déjà problématique en amont. Il en va de même pour la prévention des inondations lors d'épisodes de forts débits dans le système. La régularisation a tout de même pour effet d'atténuer l'impact de conditions d'écoulement extrêmes. Par exemple, lors du récent épisode de sécheresse observé en 2012, la régularisation du débit sortant du lac Ontario a permis de maintenir les niveaux d'eau du fleuve Saint-Laurent à leur cote minimale pour assurer la continuité des activités de navigation commerciale, et ce malgré l'absence de précipitations significatives dans le bassin pour une période prolongée.

À l'heure actuelle, le plan de régularisation utilisé pour le lac Ontario date de la fin des années 1950 (plan 1958D). Par suite d'un plan d'étude mené par la Commission mixte internationale au début des années 2000, un nouveau plan de régularisation a été défini et raffiné à plusieurs reprises. Celui-ci a été conçu pour tenir compte non seulement des besoins du plan d'origine (navigation, production hydro-électrique, etc.) mais aussi pour prendre en considération des enjeux comme l'érosion et l'environnement. On s'attend à ce que le nouveau plan soit approuvé et mis en opération au cours des prochaines années.

Perspectives

Si l'on cherche à prédire le régime d'écoulement du fleuve Saint-Laurent à long terme, on pourrait s'attendre à une remontée des débits — et niveaux associés — au cours de la prochaine décennie, en se fondant sur les variations des débits illustrées aux figures 3 et 4. En effet, des périodes de faibles et de forts débits se succèdent régulièrement.

Toutefois, selon un groupe d'experts internationaux, le climat s'est réchauffé de 0,7 °C au cours du dernier siècle, et les précipitations ont augmenté globalement. Les résultats de modèles numériques portant sur les changements climatiques suggèrent que le continent nord-américain subira

au cours du prochain siècle un réchauffement compris entre 1 °C et 7,5 °C selon le scénario considéré, et les changements prévus dans les précipitations comportent une très forte marge d'erreur.

Dans cette optique, les modèles numériques simulant l'effet de températures plus élevées sur l'évaporation des Grands Lacs, la source principale du fleuve Saint-Laurent, prévoient une baisse des niveaux et débits dans presque tous les scénarios de changements climatiques considérés. Cette baisse serait amplifiée ou réduite en fonction des précipitations, mais il semble raisonnable de s'attendre à une baisse des apports en eau au fleuve.

Par conséquent, il est extrêmement difficile de prévoir l'hydraulicité du fleuve dans quelques décennies. La variation temporelle des débits — et des niveaux associés — laisse entrevoir une remontée des débits, mais les scénarios de changements climatiques indiquent, dans presque tous les cas, une baisse du débit sortant des Grands Lacs au cours du prochain siècle.

Des fluctuations saisonnières sont apparentes au sein de la série temporelle des débits du fleuve Saint-Laurent. Le débit du fleuve est le résultat d'un ensemble de facteurs, dont le plus important est la quantité de précipitations que reçoit le système Grand Lacs–Saint Laurent. Il demeure difficile de prévoir l'hydraulicité du fleuve dans un horizon de quelques mois, sachant par ailleurs que d'autres facteurs comme l'évaporation, le degré de saturation en eau du sol, le couvert neigeux et la régularisation des Grands Lacs et du Saint-Laurent influent sur l'évolution des débits et des niveaux au cours d'une année.

Les variations interannuelles, saisonnières ou mensuelles s'illustrent facilement par l'analyse du débit du fleuve au cours des dernières années. La figure 6 permet de constater, par exemple, que les années 2008, 2009 et 2011 se ressemblent beaucoup (années de forte hydraulicité), alors que les années 2010 et 2012 enregistrent de plus faibles débits. Entre autres, la crue observée en 2010 a été très faible, avec un pic de crue pratiquement inexistant et des débits subséquents très faibles jusqu'au milieu de l'été. En 2012, la crue a été hâtive et les débits ont diminué rapidement par la suite pour afficher des valeurs sous la barre de 7 500 m³/s durant une période prolongée à partir du milieu de l'été.

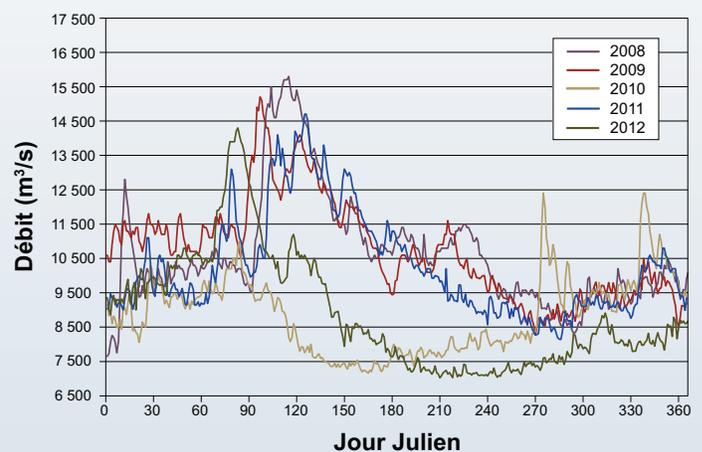


Figure 6. Patron annuel du débit du fleuve Saint-Laurent calculé à Sorel de 2008 à 2012



Photo : © Thinkstock.com, 2015

Mesures clés

Le suivi des conditions d'écoulement du fleuve s'effectue au moyen de deux indicateurs : le niveau d'eau et le débit.

Le niveau d'eau est mesuré à chaque station hydrométrique, alors que le débit qui y est associé doit être calculé à partir du niveau d'eau au moyen d'une équation mathématique étalonnée pour chacun des sites. Pour ce faire, certaines conditions physiques, dont la présence d'une section de contrôle, doivent exister pour établir un lien univoque entre le niveau d'eau et le débit. Dans le Saint-Laurent, la dernière section de contrôle est située près de Montréal, à Lasalle. En aval de ce point, le débit du fleuve doit être estimé par l'addition des débits des principaux tributaires et des zones non jaugées. Ce calcul doit aussi tenir compte du temps de transit de l'eau de l'amont vers l'aval.

Or, l'utilisation du niveau d'eau comme indicateur présente des limites. D'une part, les modifications anthropiques apportées au système fluvial, telles que le dragage, la construction d'îles, etc., ont eu pour conséquence de changer localement le patron de variations annuelles

et de compliquer par conséquent l'usage de la mesure du niveau. D'autre part, comme les interférences naturelles induites par l'effet du vent, du signal de marée, de la croissance des plantes aquatiques et du couvert de glace sont considérées dans l'interprétation de cet indicateur, cela restreint sa portée.

Par contre, l'utilisation du débit du fleuve Saint-Laurent calculé à Sorel comme indicateur présente certains avantages, car il intègre les apports des principaux tributaires du fleuve que sont les Grands Lacs et la rivière des Outaouais, il est localisé au centre de la portion fluviale du système, et il n'intègre pas les interférences naturelles énumérées ci-dessus. Les seuils utilisés pour qualifier les débits et les niveaux d'eau associés sont calculés à partir des données historiques et peuvent prendre la forme de quartiles de la distribution statistique ou encore de débits ou de niveaux correspondant à des périodes de récurrence de crue et d'étiage (par exemple aux 20 ans ou aux 100 ans). Par conséquent, cet indicateur permet une évaluation plus exhaustive de la situation.

Pour en savoir plus

BOUCHARD, A. et J. MORIN. 2000. *Reconstitution des débits du fleuve Saint-Laurent entre 1932 et 1998*. Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Section Hydrologie. Rapport technique RT-101.

INTERNATIONAL ST. LAWRENCE RIVER BOARD OF CONTROL. 1958. *Regulation of Lake Ontario: Plan 1958-A*. Report to the International Joint Commission. Volume 2, Appendix A.

MC CARTHY, JAMES J. 2001. *Climate Change 2001 Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN 0-521-80768-9.

MORIN, J. et A. BOUCHARD. 2000. *Les bases de la modélisation du tronçon Montréal-Trois Rivières*. Environnement Canada, Service météorologique du Canada, Section Hydrologie, Sainte-Foy. Rapport scientifique RS-102, ISBN 0-662-85363-6, 55 p.

Voir www.ijc.org/loslr/fr/index.php pour plus d'information sur le plan d'étude de la Commission mixte internationale sur le lac Ontario et le fleuve Saint-Laurent (LOFSL).

Info-niveaux (Environnement Canada) :

www.ec.gc.ca/eau-water/default.asp?lang=Fr&n=F6F3D96B-1

Centre d'expertise hydrique du Québec :

www.cehq.gouv.qc.ca/suivihydro/default.asp

Conseil international de contrôle du fleuve Saint-Laurent :

www.islrbc.org

Commission de régularisation de la rivière des Outaouais :

<http://rivieredesoutaouais.ca/index-riviere-outaouais.php>

Ministère des Pêches et des Océans :

www.meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca

United States Geological Survey :

<http://water.usgs.gov>

Hydro-Québec :

www.hydroquebec.com

New York Power Authority :

www.nypa.gov

Voie maritime du Saint-Laurent :

www.greatlakes-seaway.com/fr

Données en temps réel et historiques (Hydat) :

www.eau.ec.gc.ca/index_f.html

Prévisions saisonnières :

http://meteo.ec.gc.ca/saisons/index_f.html

Rédaction :

André Bouchard et Jean-François Cantin
Service météorologique du Canada – Région du Québec,
Environnement Canada

ISBN 978-0-660-23258-4

N° de cat. : En154-77/2015F-PDF

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada,
représentée par la ministre de l'Environnement, 2015

Publié avec l'autorisation du ministre du Développement durable,
de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
© Gouvernement du Québec, 2015

Also available in English under the title: *Changes in water levels
and flows in the St. Lawrence River.*

Programme Suivi de l'état du Saint-Laurent

Cinq partenaires gouvernementaux – Environnement Canada, Pêches et Océans Canada, Parcs Canada, le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques du Québec et le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec – et Stratégies Saint-Laurent, un organisme non gouvernemental actif auprès des collectivités riveraines, mettent en commun leur expertise et leurs efforts pour rendre compte à la population de l'état et de l'évolution à long terme du Saint-Laurent.

Pour ce faire, des indicateurs environnementaux ont été élaborés à partir des données recueillies dans le cadre des activités de suivi environnemental que chaque organisme poursuit au fil des ans. Ces activités touchent les principales composantes de l'environnement que sont l'eau, les sédiments, les ressources biologiques, les usages et les rives.

Pour obtenir plus d'information sur le programme Suivi de l'état du Saint-Laurent, veuillez consulter le site Internet suivant : **www.planstlaurent.qc.ca**.



Photo : © Robert Desjardins, Le monde en images, CCDMD, 2015