



## SESSION 1C IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LE SYSTÈME HYDROLOGIQUE ET LES CRUES AU QUÉBEC : AVANCEMENTS RÉCENTS DES CONNAISSANCES

10H30 - 12H  
SALLE 206A

### RÉSUMÉ DE LA SESSION

À la suite aux inondations de 2017, le ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MELCC) a mis sur pied le programme INFO-Crue afin, entre autres, de développer et consolider nos connaissances sur l'évolution des zones à risque d'inondation dans le sud du Québec. L'atteinte de cet objectif passe, en partie, par une meilleure compréhension de l'effet des changements climatiques sur les crues.

Dans ce contexte, une chaîne de modélisation a été construite. Celle-ci repose sur une série de scénarios climatiques futurs, dérivées de simulations de modèles globaux et régionaux du climat. Ceux-ci sont utilisés pour alimenter le modèle hydrologique HYDROTEL, permettant ainsi de simuler le débit des rivières en climat futur et d'obtenir un estimé de l'impact des changements climatiques sur les crues. Dans cette session du symposium, nous présenterons un bref aperçu de cette chaîne de modélisation et de l'atlas hydrologique qui en découle de même que certains projets financés par le programme INFO-Crue dont l'objectif est de développer des données, outils ou connaissances qui nous permettront de renforcer cette même chaîne et, par le fait même, de mieux anticiper les crues dans un climat en évolution.

### PRÉSENTATEURS ET RÉSUMÉS DES PRÉSENTATIONS

#### Mohammad Bizhanimanzar

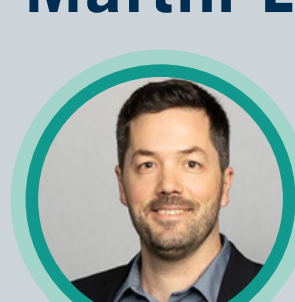


Mohammad Bizhanimanzar détient un doctorat en génie civil de l'Université de Sherbrooke. Il a travaillé comme chercheur postdoctoral au comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC) sur l'évaluation du potentiel de réduction des inondations des milieux humides dans le contexte des changements climatiques et comme chercheur à l'Université de Sherbrooke sur le développement de stratégies non structurelles d'atténuation des crues pour la ville de Sherbrooke. Chez Ouranos depuis 2020, M. Bizhanimanzar travaille en tant que spécialiste en hydroclimatologie dans le projet INFO-Crue.

#### Les inondations conjointes (fluviale-côtière) le long du fleuve Saint-Laurent dans un contexte du rehaussement marin : implications pour la cartographie de la zone inondable des estuaires

Les inondations conjointes sont des événements extrêmes résultant de l'interaction entre le débit d'un affluent et le niveau d'eau d'un milieu récepteur qui, dans les régions côtières du fleuve Saint-Laurent, peuvent avoir des impacts socio-économiques importants sur les infrastructures et sur le bien-être des communautés qui s'y trouvent. Les changements climatiques peuvent aggraver la situation en augmentant le niveau moyen de la mer et les débits de crue, ce qui peut mener à une augmentation de la zone inondable près des côtes. Cette étude a pour objectif de développer une méthodologie d'analyse des crues conjointes aux exutoires visés par les travaux d'INFO-Crue en climat actuel et futur. La méthodologie développée est basée sur les copules grâce auxquelles la dépendance entre les deux extrêmes est explicitement prise en compte. Les résultats montrent une dépendance significative entre le débit et le niveau d'eau dans le secteur fluvial du fleuve (ouest de Trois-Rivières) et une dépendance généralement faible dans la région en aval. Aussi, la différence entre la fréquence de crue avec ou sans la prise en compte de dépendance entre les débits-niveaux d'eau peut atteindre jusqu'à un facteur 30, ce qui explique la nécessité de prendre en compte une telle dépendance dans la cartographie de la zone inondable. L'impact du rehaussement marin sur ces résultats sera aussi discuté.

#### Martin Leduc



Martin Leduc est détenteur d'un doctorat en sciences de la Terre et de l'atmosphère à l'UQAM portant sur la quantification des sources d'incertitude dans les ensembles de projections climatiques. Il a également été chercheur postdoctoral à l'Université Concordia où il s'est intéressé aux interactions entre le climat, l'activité humaine et les émissions de gaz à effet de serre. Il est professeur associé au Centre pour l'étude et la simulation du climat à l'échelle régionale (ESCER/UQAM) depuis 2016 et aujourd'hui responsable du groupe Recherche et soutien à l'innovation à Ouranos. Ses principaux intérêts de recherche portent sur la modélisation régionale du climat, l'évaluation des modèles, la quantification de la variabilité naturelle et des autres sources d'incertitudes en science du climat.

#### Évaluer l'intérêt de pondérer les ensembles de projections sur le Québec méridional dans le contexte de soutien à Info-Crue

Il est bien connu que les projections climatiques futures sont sujettes à des incertitudes. En plus des émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère qui influence tant la trajectoire réelle que les projections, l'évaluation des incertitudes de ces dernières doit tenir compte de la diversité des modèles utilisés pour simuler le climat et de la variabilité interne (naturelle) du système climatique. Dans le contexte de Soutien à Info-Crue, nous avons évalué l'intérêt et la faisabilité de contraindre l'incertitude des projections futures sur la région du Québec méridional en combinant des ensembles de modèles climatiques et hydrologiques. Différentes approches pour sélectionner ou pondérer les projections ont été comparées, par exemple en fonction des caractéristiques structurelles des modèles de climat ainsi que de leurs performances à reproduire les principales facettes du climat observé. Les résultats montrent que des stratégies de sélection basées sur les caractéristiques structurelles des modèles ont un impact plutôt modeste sur le changement climatique moyen, ce qui suggère que la taille de l'ensemble utilisé est suffisante pour minimiser les impacts de la sélection. Les résultats montrent également que des métriques de performance appliquées à l'échelle du Québec méridional sont généralement peu appropriées pour contraindre les projections climatiques futures. Le potentiel d'application de ces travaux ainsi que les perspectives pour améliorer les projections hydrologiques d'Info-Crue seront finalement discutées.

#### Charles Malenfant



Charles Malenfant est ingénieur spécialisé en hydroclimatologie et détient une maîtrise en génie des eaux. Il est engagé lors des inondations 2017 à la Direction de l'expertise hydrique au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. M. Malenfant coordonne la réalisation de l'Atlas hydroclimatique du Québec et est notamment impliqué dans le volet hydrologie du projet INFO-Crue.

#### L'utilisation de l'Atlas hydroclimatique dans INFO-Crue

Pour l'estimation des débits du volet cartographie des zones inondables, le projet INFO-Crue s'appuie principalement sur la mise à jour 2022 de l'Atlas hydroclimatique. Cet outil est le produit d'une chaîne de modélisation complexe, débutant par la construction de l'état de référence hydrologique et allant jusqu'à la diffusion d'indicateurs hydrologiques prenant en compte les changements climatiques. Cette présentation fera un survol des étapes de cette chaîne, avec une emphase sur la prise en compte de l'incertitude. L'exposé donnera aussi un aperçu des projets de R&D intégrés à cette chaîne et de quelques résultats.

#### Jean-Luc Martel



Jean-Luc Martel est titulaire d'un baccalauréat en génie de la construction et d'un doctorat en hydrologie et changements climatiques de l'École de technologie supérieure (ÉTS). D'abord comme ingénieur de projets dans une firme spécialisée dans les ressources en eau, puis maintenant comme professeur à l'ÉTS, il s'efforce constamment de faire le pont entre le monde de la recherche et l'industrie.

Il se spécialise maintenant dans les domaines de la gestion des eaux pluviales, les infrastructures vertes, les impacts des changements climatiques, et l'apprentissage machine. Jean-Luc a présenté dans près d'une vingtaine de villes canadiennes sur les enjeux actuels des changements climatiques pour le génie civil dans le cadre de la Tournée nationale 2019-2020 de la Société canadienne de génie civil (SCGC).

#### Reconstruction améliorée des historiques des débits journaliers et des maxima annuels dans les bassins jaugés et non jaugés

Cette étude présente une méthode pour améliorer la reconstruction des historiques de débits sur les bassins jaugés et non jaugés. Pour y arriver, le modèle hydrologique distribué HYDROTEL a été implanté sur un banc d'essai de 96 bassins versants jaugés au Québec. Différentes techniques de pondération multi-modèles visant à combiner plusieurs calibrations d'HYDROTEL ont été comparées à une méthode d'assimilation par interpolation optimale (IO), actuellement utilisée par la Direction de l'expertise hydrique, permettant de combiner une des calibrations d'HYDROTEL aux observations. Les techniques de pondération multi-modèles ont été appliquées à un ensemble de 144 calibrations d'HYDROTEL qui ont été générées en modifiant les paramètres, les ensembles de données météorologiques et les modules d'évapotranspiration. Nos résultats indiquent que la méthode proposée de pondération multi-modèle (notamment la variante « A » de Granger-Ramanathan) peut surpasser la méthode IO, sans présenter les inconvénients que cette dernière peut introduire. La méthode proposée peut également être améliorée davantage en augmentant le nombre et la variété des simulations hydrologiques, et en calculant ses pondérations sur une période plus courte. À l'opposé, la méthode IO ne peut pas utiliser ces informations supplémentaires, atteignant ainsi un plateau de performance. Cette étude montre qu'il est possible d'améliorer les attributions des modèles hydrologiques régionaux, à la fois pour les débits globaux et les débits de pointe, de même que sur la période historique pour les bassins jaugés et non jaugés. Ceci peut ensuite être utilisé pour mieux estimer le risque d'une analyse fréquentielle des inondations et d'autres analyses statistiques.

#### Annie Poulin



Annie Poulin détient un diplôme de baccalauréat en génie géologique de l'Université Laval et un doctorat en sciences de l'eau de l'INRS-ETE. Depuis 2010, elle est professeure d'hydraulique et hydrologie au département de génie de la construction de l'École de technologie supérieure à Montréal. Elle est directrice du Laboratoire HC3 – Hydrologie Climat et Changements Climatiques et elle cumule près de 15 années d'expérience en modélisation hydrologique et en étude de l'impact des changements environnementaux sur les ressources en eau. Depuis 2021, Annie est titulaire de la Chaire Marcelle-Gauvreau en Étude de l'impact des changements environnementaux sur l'hydrologie des bassins versants.

#### Jean-Luc Martel présentera les travaux d'Annie Poulin

#### Développement d'un jeu de grilles observationnelles pour effectuer le post-traitement des simulations climatiques selon la performance hydrologique

Dans le cadre des travaux de recherche du projet INFO-Crue, l'équipe du Laboratoire HC3 (Hydrologie Climat & Changements Climatiques - ÉTS) a été mandatée pour le développement d'un jeu de grilles observationnelles de précipitations et températures. Ces grilles couvrent la période de 1970 à 2019, leur couverture spatiale s'étend sur tout le Québec à une résolution de 0,1° et les données sont disponibles sur une base journalière. L'objectif de ce projet consiste à créer une combinaison optimale, pour le Québec, des données de sources diverses. Le jeu de données résultant, nommé GRNCH-QC, est destiné en particulier à être utilisé pour le post-traitement des simulations climatiques.

L'approche retenue, pour la génération des grilles, repose sur la combinaison de données de stations, réanalyses et données satellitaires, et s'inspire de la méthode utilisée par Beck et al., (2019) pour la génération des grilles de précipitation MSWEP V2. Les produits retenus ont été sélectionnés et combinés de manière à maximiser la valeur ajoutée des grilles GRNCH-QC sur le territoire de la province de Québec. L'analyse de différents métriques des précipitations et de températures, de même que le calage et la validation des modèles hydrologiques HMETS et GR4JCN dans plusieurs bassins versants du Québec, ont permis de confirmer, globalement, l'avantage des grilles GRNCH-QC par rapport à MSWEP V2, aux grilles GCQ du MELCC et à l'ensemble des données intégrées dans GRNCH-QC. Les résultats de modélisation hydrologique montrent par ailleurs l'avantage des grilles GRNCH-QC par rapport aux grilles GCQ dans le nord du Québec et au Labrador, où les données de stations se font rares.