

## RAPPORT FINAL DU TROISIÈME PROGRAMME DE BOURSES DU RIISQ

### IDENTIFICATION DU/DE LA CANDIDAT.E

---

#### Étudiant.e

Étudiant.e	Alicia Dupuis
Université	UQAM
Programme d'étude	Sciences de terre et de l'atmosphère : météo climat
Adresse courriel	dupuis.alicia@courrier.uqam.ca

#### Superviseur.e

Superviseur.e	Philippe Gachon
Université	UQAM
Département	Département de géographie

#### Co-superviseur.e | Superviseur.e de stage

Co-superviseur.e	Alejandro Di Luca
Université	UQAM
Co-superviseur.e	
Université	
Superviseur.e (stage)	
Établissement	
Division	

## RÉSUMÉ DU PROJET

---

### Titre du projet

#### **Impact de la combinaison des facteurs météorologiques sur les inondations du 1<sup>er</sup> au 4 décembre en Gaspésie (Québec, Canada)**

### Résumé du projet (300 mots)

Du mardi 1<sup>er</sup> décembre au mercredi 2 décembre 2020, un événement de pluie sur neige s'est produit sur le sud et le centre de la Gaspésie engendrant d'importantes inondations pour cette période de l'année. Entre 70 et 160 mm de pluie sont tombés selon les secteurs, alors que la plupart des rivières étaient en partie englacées, le sol gelé et une épaisseur de neige entre 15 et 30 cm recouvrait le sol. Plusieurs facteurs reliés également à des températures largement au-dessus du point de congélation ont donc permis à six rivières gaspésiennes de sortir de leur lit engendrant des inondations majeures. Celles-ci ont touché plusieurs municipalités dont la plupart se trouvent dans la Baie des Chaleurs. Ainsi, le but de ce projet est d'analyser les différents facteurs ayant causé les inondations. Plusieurs facteurs météorologiques sont analysés via une analyse multicritère combinant le régime de température, les caractéristiques de neige au sol et celles des précipitations (intensité et durée) associées au système de basse pression qui a affecté la région. Cette analyse des différents facteurs est réalisée à partir des réanalyses ERA5 et des observations disponibles. De plus, une comparaison est faite avec une période de 30 à 40 ans afin de déterminer l'ampleur et les anomalies de saison de cet événement. Cette étude permet de mieux comprendre le caractère exceptionnel ou pas de ces inondations de début décembre, alors que les événements de pluie sur neige deviendront plus fréquents dans le contexte de changements climatiques.

### Axes(s) dans lesquels s'inscrit ce projet

- Axe 1       Axe 2       Axe 3       Axe 4       Axe 5

### Secteurs impliqués dans le projet

- Sciences naturelles et génie    Santé    Sciences sociales et humaines, arts et lettres

## DESCRIPTION DU PROJET

---

**Introduction** (500 mots) - Cette section doit aborder le contexte de la recherche, l'état des lieux, les questions de recherche et l'importance de l'étude.

Les 1<sup>er</sup> et 2 décembre 2020, de fortes intensités de pluie ont été reçues sur la péninsule gaspésienne (Québec), alors qu'une certaine quantité de neige était déjà présente au sol, causant des débordements de cours d'eau et provoquant des inondations. C'est principalement dans la Baie des Chaleurs que les inondations et les précipitations ont été les plus importantes. La montée des eaux a été très rapide correspondant à des inondations « éclaires » ce qui est peu fréquent en hiver. Des centaines de maisons ont été isolées et plusieurs inondées. Plusieurs routes étaient submergées bloquant ainsi les voies de communication. À New Richmond, plusieurs commerces, habitations et routes ont été inondés obligeant l'évacuation de quelques résidents. En fin de journée, le mercredi 2 décembre, la situation était presque revenue à la normale. Malgré le fait que quelques routes étaient inaccessibles, le niveau des rivières avait énormément baissé.

La péninsule gaspésienne est exposée aux dépressions extratropicales durant la session hivernale ce qui augmente la quantité et l'intensité des tempêtes hivernales dans le secteur. L'air étant chargé en humidité, les dépressions peuvent apporter d'énormes quantités de précipitations comme ce fut le cas du 1<sup>er</sup> au 2 décembre 2020 en Gaspésie.

Avec la hausse des températures hivernales et l'augmentation de la fréquence des périodes où les températures sont au-dessus du point de congélation, en hiver, à travers le Canada y compris dans l'est du pays, les événements de pluie sur neige pourraient devenir plus fréquents ou intenses dans le futur. Bien que la hausse des températures puisse engendrer moins d'accumulation de neige au sol, celle-ci favorise une recrudescence des précipitations sous forme liquide au cours de l'hiver. De plus, dans les régions plus montagneuses, la période hivernale est souvent plus longue, ce qui signifie qu'une plus grande quantité de neige peut s'accumuler au sol et la fonte de celle-ci peut être affectée par des événements de pluie sur neige notamment au sein des monts Chics-Chocs en Gaspésie. De plus, les événements de pluie sur neige sont peu fréquents en début d'hiver, donc moins documentés.

L'intérêt de cette étude est d'analyser les conditions météorologiques et hydrologiques lors de l'événement afin de mieux caractériser un événement de pluie sur neige en début de saison hivernale et ainsi déterminer le caractère exceptionnel ou non de l'événement. Tout cela considérant que ce type d'événement à cette période de l'année pourrait être davantage fréquent dans un contexte de changements climatiques.

**Objectifs du projet** - Indiquer les objectifs généraux et spécifiques de la recherche.

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine des inondations hivernales et printanières. Les inondations printanières sont parmi les événements de plus longue durée et relativement fréquents. Toutefois, les inondations qui ont lieu au début de l'hiver sont moins fréquentes et moins bien documentées. Ce travail s'intéresse donc à ce phénomène hivernal qui s'est produit au début du mois de décembre. Les inondations du 1<sup>er</sup> au 4 décembre 2020 sont causées par plusieurs

facteurs météorologiques et hydrologiques qui combinés ont permis le débordement de six rivières gaspésiennes. L'objectif de ce travail est de comprendre les facteurs hydrométéorologiques ayant causé les inondations et mieux comprendre l'ampleur de l'événement. Pour ce faire, les données météorologiques et hydrologiques du 1<sup>er</sup> au 4 décembre sont comparées aux données climatiques, afin de déterminer le caractère exceptionnel ou non de l'événement.

**Méthodologie** (400 mots) - Présenter un bref résumé des procédures et méthodes utilisées et du montage des expériences.

La région d'étude située au nord de la Baie des Chaleurs couvre une grande partie de la Gaspésie. Les quatre rivières ou bassins versants concernés, en allant d'ouest en est, sont la rivière Nouvelle, la rivière Cascapédia, la Petite rivière Cascapédia et la rivière Bonaventure. Les bassins versants des quatre rivières étudiées recouvrent une très grande partie de la région gaspésienne sud. Ces zones s'étendent des Appalaches jusqu'à la Baie des Chaleurs ayant pour caractéristique un relief important. Les rivières débutent dans les monts Chics Choc et s'écoulent vers la Baie des Chaleurs où se trouve leur embouchure. Chacun des bassins versants comporte une station hydrologique qui enregistre les débits.

Pour cette étude, les données de réanalyses ERA5 ainsi que celles des stations météorologiques d'Environnement et changements climatiques Canada (ECCC) ont été utilisées. Les données des débits aux stations hydrologiques proviennent du Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ-MELCC).

En premier lieu, les données météorologiques (précipitation, température, pression au niveau de la mer, ruissellement, équivalent en eau de la neige) pour la durée de l'événement (du 1<sup>er</sup> au 4 décembre) sont analysées à l'aide de météogrammes et de cartes. Les observations issues des stations météorologiques sont aussi comparées aux réanalyses ERA5.

Deuxièmement, les débits enregistrés des rivières sont analysés et comparés aux débits estimés qui sont calculés à l'aide de l'équation du ruissellement et du débit. Les débits estimés sont calculés avec les données provenant des réanalyses ERA5.

Pour terminer, l'événement est comparé à la climatologie afin de déterminer son caractère exceptionnel ou non. Des cartes d'anomalies relatives et standardisées sont conçues pour les différentes variables météorologiques à l'aide des réanalyses ERA5 pour une période de 30 ans soit de 1991 à 2020. Ensuite, les débits issus des stations sont comparés aux débits maximum pour le mois de décembre sur une période de 18 ans et 11 ans pour le bassin versant de la Petite rivière Cascapédia. Les observations à la station météorologique Nouvelle sont disponibles pour une période de 30 ans, de 1981 à 2010, permettant de comparer l'événement avec les records enregistrés à cette station.

**Principaux résultats obtenus** (300 mots)

La dépression ayant causé les fortes précipitations du 1<sup>er</sup> au 3 décembre en Gaspésie s'est premièrement formée dans le Golfe du Mexique avant d'atteindre le sud du Québec le 1<sup>er</sup> décembre. Tout au long de son parcours, la dépression a permis le transport de grandes quantités d'humidité

depuis le Golfe du Mexique et les eaux chaudes du Gulf Stream, ainsi qu'une advection d'air chaud sur tout l'est du Canada incluant les Maritimes du 1<sup>er</sup> au 3 décembre.

Des températures entre 1°C et 13,7°C ont été enregistrées aux stations météorologiques et les réanalyses ERA5 indiquent des températures atteignant près de 15°C. Ces températures, largement au-dessus du point de congélation, ont permis d'avoir des précipitations entièrement liquides les 1<sup>er</sup> et 2 décembre. C'est le 1<sup>er</sup> décembre que les précipitations ont été les plus importantes atteignant 48,9 mm à New Richmond et entre 50 et 70 mm en moyenne sur tous les bassins versants selon les réanalyses ERA5. Les conditions de neige au sol avant le début de l'événement sont caractérisées par un couvert d'environ 25 mm d'équivalent en eau de la neige dans les monts Chics Choc, donc en amont des rivières. Près de la Baie des Chaleurs, les quantités d'équivalent en eau de la neige sont plus petites ou nulles. À la fin de l'événement, le couvert de neige a presque totalement fondu.

Les débits des rivières dépassent plus d'une centaine de m<sup>3</sup>/s et pour certains bassins versants c'est plus de 1000 m<sup>3</sup>/s qui sont enregistrés. Les débits estimés sont aussi très élevés et décalés dans le temps aux débits enregistrés étant donné que l'équation ne considère pas le temps d'écoulement et la forme du bassin.

Les anomalies relatives et standardisées permettent de montrer que plusieurs variables sont largement au-dessus de la normale pour la période 1991 à 2020, particulièrement pour le cumul de la précipitation et le ruissellement de surface.

### **Conclusion et discussion** (300 mots) – Préciser comment le projet a abordé les problèmes liés aux inondations et les impacts du projet sur la société dans son ensemble

Les valeurs obtenues pour la majorité des variables météorologiques et hydrologiques présentent des conditions qui sont assez exceptionnelles pour l'événement d'inondation du 1<sup>er</sup> au 3 décembre 2020 en Gaspésie. En effet, certaines valeurs sont considérées comme des extrêmes ou des records selon la période d'étude. Les températures ont atteint des valeurs rarement observées qui étaient largement au-dessus de 0°C. Généralement, la quantité de pluie sur neige en décembre n'est pas très élevée en raison des températures qui sont majoritairement en-dessous de 0°C. Cependant, lors de cet événement, en plus de l'occurrence des précipitations liquides, les intensités de pluie ont atteint des valeurs exceptionnelles sur un court laps de temps. D'après les réanalyses ERA5, les maximums de précipitation obtenus sur 24h pour chacun des bassins versants dépassent le maximum enregistré.

En ce qui concerne les débits obtenus, ils dépassent tous les débits enregistrés au mois de décembre pour la période 2002 à 2019. Par conséquent, l'analyse des facteurs en cause provenant des variables combinées hydrométéorologiques révèle que les événements d'inondations du 1<sup>er</sup> au 3 décembre sont à plusieurs égards exceptionnels. Ce caractère exceptionnel fut confirmé par les anomalies standardisées et relatives qui ont atteint des valeurs particulièrement élevées, à l'aide des climatologies établies à partir des réanalyses ERA5.

Les résultats obtenus confirment que la quantité de précipitations reçue en décembre 2020 a eu un impact majeur sur la montée rapide des eaux des rivières de la Gaspésie, ainsi que les débits exceptionnellement élevés pour cette période de l'année, provoquant inévitablement des débordements et des dégâts majeurs sur certaines infrastructures. Malgré la quantité de neige au

sol, avant l'événement, qui n'était pas aussi importante que la normale, la combinaison de la fonte de la neige, des précipitations liquides abondantes et des températures largement positives a grandement contribué au ruissellement de surface et son influence sur l'augmentation des débits. Dans une perspective d'augmentation des événements extrêmes, en raison des changements climatiques, les événements de pluie sur neige comme celui de décembre 2020 pourraient bien se reproduire plus fréquemment ou plus intensément dans le futur pouvant ainsi causer des inondations et des dégâts majeurs.

### **Retombées du projet pour la gestion des inondations pour les partenaires et au Québec (300 mots)**

La connaissance des risques d'inondations associés aux événements de pluie sur neige est essentielle afin d'améliorer la préparation face à de tels événements. Les analyses multicritères basées sur les conditions météorologiques (ex. intensité, quantité et durée des pluies, et régime de température) fournissent des informations quantitatives et qualitatives sur ce genre d'événements. Les analyses peuvent potentiellement être utiles dans les outils de prévention et d'aide à la décision afin d'améliorer l'efficacité des préparatifs et le temps de réaction face aux événements de pluie sur neige. De plus, considérant que ces événements pourraient se produire plus fréquemment durant la saison hivernale dans le futur, la compréhension du phénomène et de ces impacts possibles sont importants afin que les autorités et la communauté puissent réagir rapidement et efficacement.

### **Activités de mobilisation des connaissances entreprises dans le cadre de la bourse (par exemple, participation à des événements divers, tels que des conférences, des ateliers; l'élaboration (ou la participation à) des articles scientifiques, etc.).**

Pour le moment, seulement un rapport détaillé sur l'étude a été fait comportant une description complète de toutes les sections indiquées plus haut. Ce rapport est d'ailleurs joint au courriel.

**Le rapport final doit être envoyé à l'adresse courriel suivante pour le 30 avril 2022 :**  
[poudrette.diane@uqam.ca](mailto:poudrette.diane@uqam.ca)