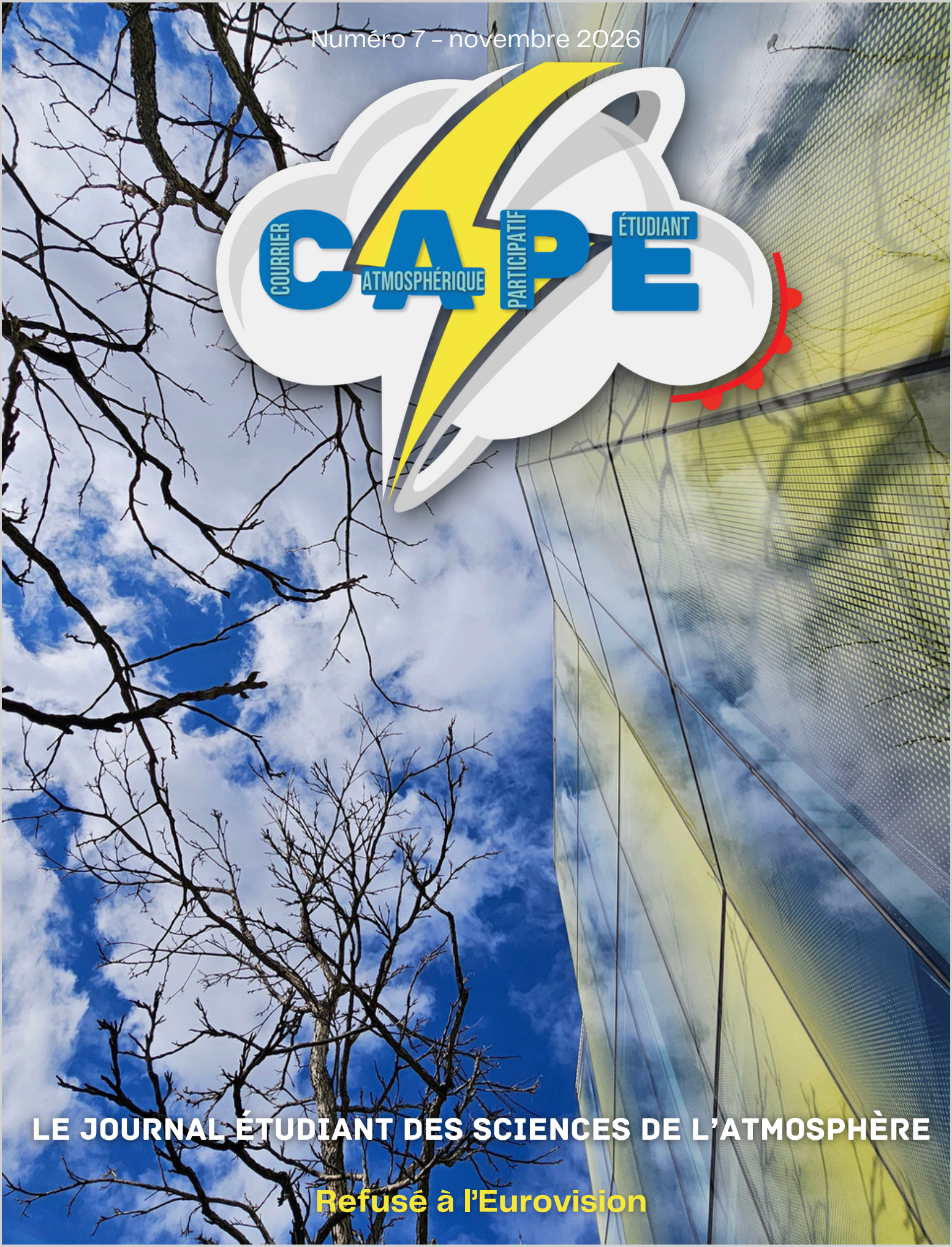
Numéro 7 – novembre 2026

CAPE

COURRIER ATMOSPHÉRIQUE PARTICIPATIF ÉTUDIANT



LE JOURNAL ÉTUDIANT DES SCIENCES DE L'ATMOSPHÈRE

Refusé à l'Eurovision

PRÉVISIONS

1 UN ÉTÉ EN STAGE CHEZ ENVIRONNEMENT ET CHANGEMENT CLIMATIQUE CANADA
Julianne Albert

4 POTENTIEL DES DONNÉES SWOT POUR LA SURVEILLANCE DES DÉBITS DES RIVIÈRES À L'ÉCHELLE DU GLOBE
Eve Castonguay

7 DEBBY ET SES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES : UNE ANALYSE DES SYSTÈMES DE PRÉVISION NUMÉRIQUE DU TEMPS D'ECCC
Martin Haddad

11 DE LA THÉORIE À LA PRATIQUE : UN ÉTÉ EN RECHERCHE CLIMATIQUE
Ayden Albert

14 PROJECTION DE LA GRÊLE DANS LES PRAIRIES CANADIENNES
David Di Genova

17 RENCONTRER LA RECHERCHE, À TRAVERS LES PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES
Henri Lefebvre

19 QUESTION POUR UN PROFESSEUR
Patrick Grenier



COMMENT VIVONS NOUS LA SCIENCE ?

La rentrée est bien entamée et nous souhaitons la bienvenue à celles et ceux qui ont rejoint les rangs des programmes en sciences de la Terre et de l'atmosphère.

Alors que le pavillon des sciences s'éprend du ciel et de ses nuages, nous, étudiantes et étudiants, scientifiques en devenir, arpentons ses corridors et occupons ses classes. À l'image du bâtiment, nous nous ancrons sur les fondations solides du travail de nos prédécesseurs, tout en restant perméables au monde physique et social qui nous entoure, beau temps, mauvais temps.

Avec les élections provinciales de cet automne, nous nous interrogeons sur les liens entre sciences, politique et société. Comment vivons nous la science ? En ce sens, nous remercions Patrick Grenier d'avoir partagé son regard sur la relation entre politique et sciences du climat. Restez à l'affut : le prochain numéro du CAPE poussera la réflexion encore plus loin !

Même quand l'actualité est complexe, la science continue de rythmer nos vies. Ce numéro donne surtout la parole aux étudiantes et étudiants de premier cycle, qui vous racontent leur stage, leurs bons coups et ce qu'ils en retiennent. Nous sommes particulièrement fiers de leurs textes. Merci à Julianne, Eve, Martin, Ayden, David et Henri et félicitations pour ces belles expériences !

Introduction – Madeleine Fol

Un été en stage chez Environnement et Changement climatique Canada

Julianne Albert

Les prévisions météorologiques ne sont pas une science évidente. L'atmosphère est très complexe, ce qui fait sa beauté, mais rend la tâche ardue pour les prévisionnistes. Dans le cadre de mon stage à Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC), j'ai été exposé aux défis quotidiens auxquels font face les météorologues lorsqu'ils tentent de prévoir les évènements météorologiques violents.

Mon stage au Centre de prévision des intempéries du Québec, une branche d'ECCC, consistait notamment à recueillir des observations et à évaluer les impacts du temps violents sur le territoire et les infrastructures du Québec. Ceci inclut tous les orages qui engendrent de la grêle, des précipitations abondantes, de fortes rafales de vent ainsi que des tornades.

La science participative, une banque de données alternative

Une partie importante des informations provenait directement de la population. À travers les réseaux sociaux et les communications directes avec le public, il était possible de recueillir des images d'impacts ou des observations écrites. À ma grande surprise, les Québécois sont passionnés de météo! De la Côte-Nord à l'île de Montréal, en fouillant les bons groupes et en utilisant les bons mots clés, il était assez facile d'obtenir des témoignages et des photos de grêlons, d'inondations, de gazébos envolés et même de toitures arrachées. Parmi les groupes que j'ai les plus utilisés dans mon stage, on retrouve Météo Chicoutimi, pour la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, ainsi que Xtrem Chase Québec, qui couvre majoritairement la Rive-Sud de Montréal, mais ces deux groupes ne sont bien évidemment pas les seuls.

L'objectif ultime de cette collecte était de déterminer la gravité des impacts pour les différents secteurs touchés à la suite du passage d'un orage.

Une cote « i » correspondait à des impacts mineurs, comme de la grêle de moins de 1,8 cm (grosseur d'un dix sous), des précipitations de moins de 35 mm/h et des rafales sous 70 km/h. La cote « q », pour quasi-violent, correspondait à la grêle entre 1,8 et 2,5 cm, aux précipitations entre 35 et 50 mm/h, et aux rafales entre 70 et 90 km/h. Enfin, la cote « v », pour les impacts violents, était associée à de la grêle de plus de 2,5 cm, à des précipitations dépassant 50 mm/h, à des rafales de plus de 90 km/h ainsi qu'aux tornades.

Ces seuils fixes sont théoriques et doivent être interprétés en fonction du territoire et des impacts. Une même quantité de pluie n'aura pas les mêmes conséquences partout. Par exemple, un taux de 25 mm/h, identifié comme mineur, peut être considéré comme violent à Montréal en raison de la faible capacité d'absorption des surfaces causée par le couvert urbain.

Le cas inattendu du 20 juin 2026

Cette expérience estivale à ECCC a déconstruit l'image que j'avais de la prévision

météorologique : je croyais que le temps violent était simplement détecté par l'atteinte de valeurs élevées dans les modèles météorologiques.

La journée du 20 juin 2026 s'est avéré un beau cas d'étude pour me prouver le contraire. Ce jour-là, les conditions étaient propices aux orages, mais les paramètres habituellement caractéristiques de temps violent n'étaient pas favorables ni indicateurs de l'ampleur des précipitations reçues. Pourtant, les orages ont engendré de grosses inondations sur le couloir de l'ouest de l'Île de Montréal et sur la Rive-Sud.

Parmi les paramètres, on retrouve le CAPE, ou Convective Available Potential Energy. Cette quantité représente l'énergie potentielle qu'une parcelle d'air peut convertir en mouvement ascendant dans l'atmosphère et représente un indicateur de l'instabilité de l'atmosphère et du potentiel de développement des orages. Dans la région du grand Montréal, les valeurs de CAPE atteignaient au maximum 1250 J/kg en prévision du 20 juin 2026, ce qui, selon le National Weather Service, est une instabilité faible à modérée.

Un autre paramètre de prévision intéressant est l'eau précipitable. Cette donnée sert d'estimation pour la quantité de précipitation qui pourrait être reçue au sol si toute la vapeur contenue dans la colonne d'air était condensée et précipitée. Selon le modèle High Resolution Deterministic Prediction System (HRDPS), le modèle de prévision numérique canadien, l'eau précipitable atteignait au maximum 35 mm dans le couloir d'intérêt, ce qui, encore une fois, ne représente pas une valeur signalant un temps violent.

À première vue, ni le CAPE ni l'eau précipitable ne semblaient indiquer un épisode convectif exceptionnel. Comment alors expliquer les importantes accumulations d'eau qui se sont produites? La réponse se trouve dans l'organisation des cellules orageuses. Le Skew-T de Maniwaki, un diagramme qui permet l'analyse du profil vertical de l'atmosphère, donne de bons indices sur la dynamique des vents du 20 juin 2026.

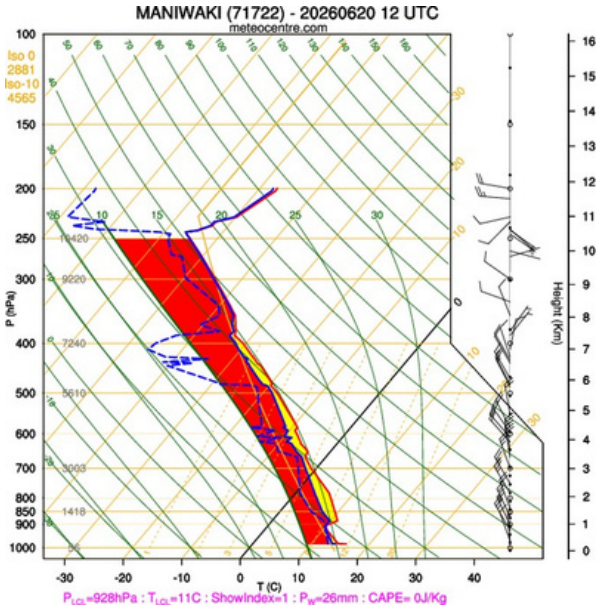


Figure 1 : Diagramme aérologique de Maniwaki à 1200 UTC le 20 juin 2026

La figure 1 présente le Skew-T de Maniwaki issu de Météo Centre. Ce dernier permet d'analyser la structure verticale de l'atmosphère. Bien qu'éloignée de Montréal, cette station fournit des informations intéressantes.

Les barbules montrent des vents dans les basses couches de la troposphère (850 hPa) autour de 25 nœuds et des vents autour de 20 nœuds plus en altitude vers 500 hPa. Les deux barbules intéressantes sont celles entourées sur la figure 2. Elles montrent une diminution des vents avec l'altitude.

Cette configuration peut favoriser le développement d'un système de back-building. Plutôt que de se déplacer vers l'avant les cellules orageuses se reforment à l'arrière

STAGES ET CARRIÈRES

des cellules existantes. Les cellules déversent de la pluie en répétition au-dessus des mêmes secteurs. L'orage peut donc sembler quasi stationnaire. Les inondations du 20 juin 2026 sont un bon exemple du résultat de ce type de formation orageuse.

Voici les images des inondations de cette journée trouvées sur les groupes Facebook Québec Vortex ainsi que Dorval Community Network :



Figure 2 : Photos des inondations autour de Montréal le 20 juin 2026

À gauche, on voit une rue inondée située dans l'ouest de l'Île de Montréal. À droite, on voit une rue inondée, mais cette fois-ci à Saint-Mathieu-de-Laprairie, donc sur la Rive-Sud de Montréal.

Mon expérience au Centre de prévisions des intempéries fut un beau premier pas dans le monde de la météorologie opérationnelle. J'ai pu consolider les notions apprises durant ma première année de baccalauréat, mais également en apprendre beaucoup sur le temps violent estival. À travers ma recherche d'impacts, j'ai aussi été introduite aux différents outils qu'utilisent les météorologues afin de visualiser les données radars, les données satellitaires, les données de stations météo ainsi que les différents modèles de prévision canadiens et américains. La découverte de ce milieu de travail ne me donne qu'envie de continuer!



Photo : Julianne Albert

Les bons coups des étudiants !

Félicitations à **Christine Duguay** pour la publication de son mémoire de maîtrise :

« Étude des précipitations dans la région d'Inuvik dans les territoires du Nord-Ouest ».

Félicitations à **Tim Whittaker** pour la soutenance de sa thèse ! Candidat au doctorat sous la supervision du professeur Alejandro Di Luca, Tim a brillamment soutenu sa thèse intitulée :

« Application des modèles différentiables : de l'optimisation des extrêmes à la conception d'un noyau dynamique ».

Potentiel des données SWOT pour la surveillance des débits des rivières à l'échelle du globe

Ève Castonguay

J'ai participé l'été dernier à un stage de trois mois à l'Observatoire de Paris, portant sur la surveillance des débits de rivière à l'échelle du globe par l'entremise de SWOT (Surface Water and Ocean Topography), un satellite américano-français lancé en 2022. Ce dernier mesure l'élévation, la largeur et la pente des rivières, qui, couplées à des lois d'écoulement et à des algorithmes, permettent l'estimation de valeurs de débits des rivières partout sur le globe.

Puisque certains bouleversements liés aux changements climatiques, notamment les modifications des régimes de précipitation et la hausse des températures à l'échelle mondiale, ont altéré le cycle hydrologique global, la surveillance de l'eau douce permet une meilleure compréhension et gestion de cette ressource. Elle nous offre également la possibilité de mieux anticiper les évènements extrêmes, tels que les inondations.

Notre objectif était donc d'évaluer le potentiel des estimations de SWOT pour le suivi des débits fluviaux continentaux à l'échelle mondiale. Plus spécifiquement, nous cherchions à identifier les variables qui influaient sur la qualité de ses restitutions. Par exemple, SWOT produit-il des estimations de débit plus précises pour les rivières larges que pour celles qui sont plus étroites? Quelle est l'influence de la présence d'un couvert végétal épais autour du cours d'eau sur le biais du débit ?

En tout, nous avons considéré sept variables descriptives, soit le débit moyen, l'aire du bassin versant auquel appartient la rivière, la sinuosité de celle-ci, l'amplitude de débit (différence entre le débit maximal et minimal sur la période étudiée), l'élévation, la largeur, ainsi que la classe de couverture du sol qui borde le cours d'eau. Pour évaluer SWOT, nous nous avons comparé les données satellitaires à des observations in situ pour 716 stations jaugées réparties sur six continents. Pour évaluer la qualité des restitutions, nous avons conçu un score de qualité, s'étendant entre 1 (médiocre) et 5 (excellent) que nous avons calculé pour chacune des 716 stations en comparant la série temporelle de débit d'une station donnée à la série proposée par SWOT. Ce score a été conçu pour encapsuler la qualité de la corrélation, du biais et la capacité de SWOT à détecter les extrêmes de débit.

Nous avons identifié la présence d'une corrélation positive, mais subtile reliant le débit moyen, l'amplitude et la largeur de la rivière à la qualité de la restitution du débit par SWOT. Cela sous-entend que plus la rivière a un débit fort, avec une amplitude saisonnière marquée et une largeur importante, plus la donnée satellitaire est exacte (son score de qualité tend vers 5). Nous n'avons pas trouvé de relation entre le score de qualité et l'aire du bassin versant ou la sinuosité. Pour des aires grandes ou petites et des sinuosités plus ou moins importantes, le score de qualité pouvait donc être aussi bon que mauvais.

La figure suivante est un exemple de deux séries temporelles proposées par SWOT (en rouge), qui sont comparées avec le débit in situ de la station jaugée associée (en noir). Le graphique du haut a un score de qualité de 3 (restitution de qualité moyenne; biais négatif, corrélation temporelle moyenne) et celui du bas, un score de 5 (meilleure restitution; bon

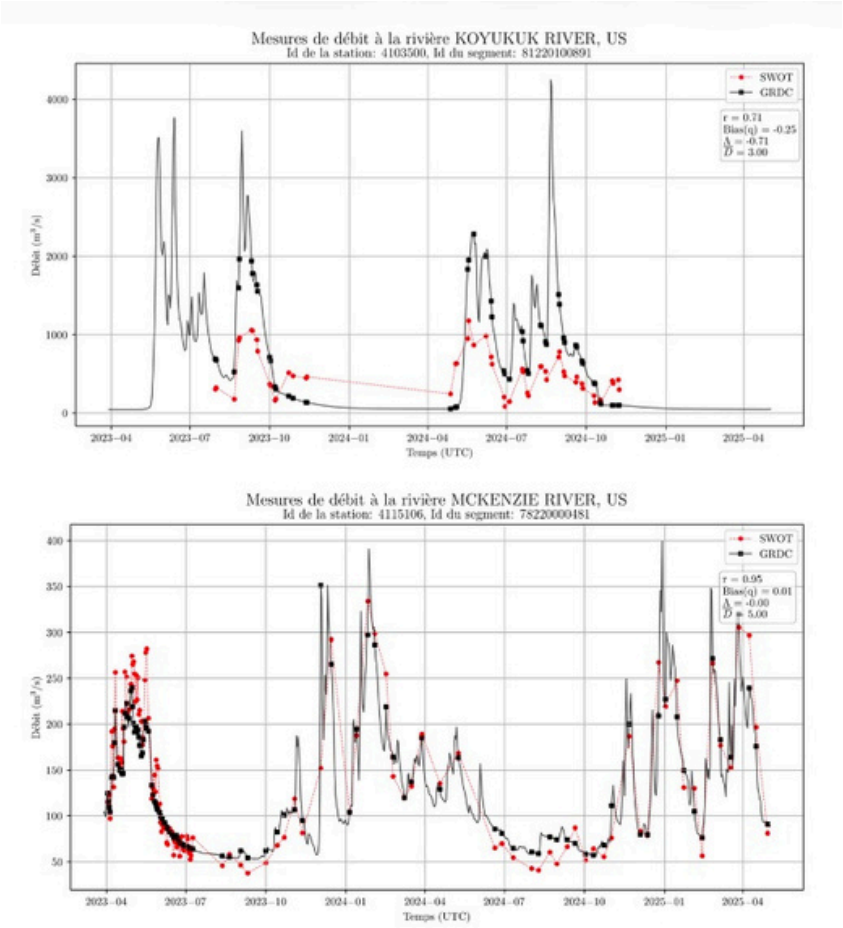


Figure 1 : Séries temporelles du débit moyen où le score de qualité vaut 3, à la rivière Koyukuk (haut) et la rivière Mckenzie (bas).

coefficient de corrélation, biais faible, et SWOT capte bien les extrêmes de débit).

Nous pensions initialement qu'un dense couvert végétal aurait pu nuire à la mesure de largeur de rivière par le satellite, ce qui en retour aurait pu influer sur la valeur du débit, mais il ne semblerait pas que ce soit le cas, puisque les stations près d'un couvert végétal plus dense (arbres) nous ont semblé être associées à un bon score de qualité. Ce sont plutôt les stations dans les prairies, près d'arbustes, ou même dans les zones dénudées, qui possédaient de plus piètres scores. Dans les prairies, la pente est douce ou nulle, ce qui nuit à la qualité de la mesure de cette variable par le satellite. Près des zones urbaines, il y a généralement plus de déviation ou de canalisation des cours d'eau, ce qui explique– rait leur bas score de qualité. Inversement, les arbres sont souvent synonymes de zones naturelles, où le cours des rivières est moins anthropisé et où les lois sur lesquelles SWOT se base pour calculer les débits sont plus susceptibles d'être valides.

De manière générale, les performances de SWOT demeurent limitées, et la faible résolution temporelle du satellite restreint son utilité pour la détection d'évènements hydrologiques à évolution rapide, car l'intervalle de revisite de SWOT ne permet pas de les capturer. Il convient néanmoins de souligner que les mesures brutes acquises par le satellite seront toujours conservées : les estimations de débit étant calculées a posteriori à partir d'équations hydrauliques et d'algorithmes, leur amélioration future

STAGES ET CARRIÈRES

permettra de recalculer des valeurs plus proches de la réalité.

Un petit mot sur mon expérience à Paris
L'équipe à l'Observatoire était multiculturelle, composée principalement d'étudiants en thèse venant de France mais également du Japon, d'Angleterre, de la Chine et du Danemark. Je me suis fait de nombreux amis et j'ai eu la chance d'être encadrée par un directeur de recherche compréhensif et chevronné. J'ai également eu l'opportunité d'assister à des conférences données par des chercheurs en télédétection & géomatique, et par des employés d'ECMWF, le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme. J'ai même discuté avec un physicien travaillant sur l'atmosphère de Titan! En soi, Paris, sans surprise, est une ville à couper le souffle, et je me suis régalée tant dans ses boulangeries et ses restaurants que dans ses nombreux jardins et musées. Mes trois mois passés dans la capitale française furent absolument inoubliables, et je recommande une expérience de stage à l'étranger à quiconque y songe.



Photo : Ève Castonguay

Les chroniques atmosphériques

Écoutez les deux derniers épisodes des Chroniques atmosphériques !

Les feux de forêt, avec comme invité Abdel Konseibo, doctorant en sciences de l'atmosphère à l'UQAM.

Prévision et compréhension des orages et du temps violent au Québec, avec comme invité Nicolas Lessard, prévisionniste et chasseur de tempête météo chez Québec Vortex-Hydro Météo ainsi qu'à MétéoMédia



CHOQ.ca

Debby et ses précipitations extrêmes : une analyse des systèmes de prévision numérique du temps d'ECCC

Martin Haddad

Le 9 août 2024, les vestiges de l'ouragan Debby ont contribué à des records de précipitations journalières dans plusieurs régions du Québec. L'aéroport Montréal-Trudeau a reçu 154 mm de pluie en 24 heures, battant ainsi l'ancien record de précipitations de 134 mm établi le 8 novembre 1996. Les dommages associés à cet événement météorologique sont considérés comme les plus coûteux de l'histoire du Québec avec 2,5 milliards de dollars, dépassant ceux de la tempête de verglas de 1998 ajustés à l'inflation. Afin de compléter mon diplôme d'études supérieures spécialisées (DESS) en météorologie, j'ai effectué un stage d'été portant sur cet événement sous la supervision du professeur Philippe Lucas-Picher.

Le projet est né du fait que les cours de mon DESS ne couvraient pas les modèles de prévision numérique du temps (PNT). J'ai donc approché M. Lucas-Picher dans le but de trouver un sujet comportant un aspect des PNT afin de me familiariser avec ce concept. Après quelques discussions, il m'a proposé d'analyser l'événement de la tempête post-tropicale Debby en comparant des prévisions aux précipitations observées. L'objectif d'un point de vue de recherche consistait à l'évaluation des systèmes de PNT d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) pour ces précipitations extrêmes selon la résolution du système et selon la date d'initialisation. Nous avons obtenu des simulations d'ECCC pour le système global de prévision déterministe – GDPS (résolution de ~15 km) et le système à haute résolution de prévision déterministe – HRDPS (résolution de ~2,5 km). Une représentation plus fine (HRDPS) des processus microphysique se produit avec la convection simulée explicitement, tandis qu'une représentation grossière (GDPS) nécessite un schéma de paramétrisation pour simuler le processus sous-maille de convection. Pour chacun des deux systèmes, les simulations ont été initialisées à 00Z la veille (8 août) et la journée même (9 août). Notre produit de référence des quantités de précipitations reçues sur le Québec est l'Analyse Canadienne de Précipitations (CaPA, résolution de ~2,5 km) qui combine des données de capteurs de précipitations, de radars météorologiques et des produits de prévisions afin d'obtenir la meilleure estimation des quantités de précipitations sur des périodes de 6 et 24 heures.

Afin de comparer les prévisions aux analyses, j'ai commencé par comparer les accumulations de précipitations le 9 août pour chacun des produits (figure 1). L'analyse CaPA a effectivement enregistré entre 140 et 160 mm dans la région de Montréal. Ensuite, dans les deux systèmes de PNT (GDPS et HRDPS) chacun initialisé à 00Z le 8 août et le 9 août, la région du maximum de précipitations se trouve au nord-ouest par rapport à CaPA. La différence du changement de résolution spatiale se voit avec un maximum de précipitations plus élevé, lié à la représentation de la convection profonde dans les systèmes.

La prochaine étape consistait à calculer des métriques comme le biais spatial (figure 2). En premier lieu, il fallait transposer chaque produit sur la même grille pour pouvoir calculer le biais en soustrayant la prévision des systèmes à l'analyse de précipitation CaPA. L'accumulation de précipitations pour chaque système de PNT est sous-estimée le long de la trajectoire de la tempête Debby, mais il y a un biais moins

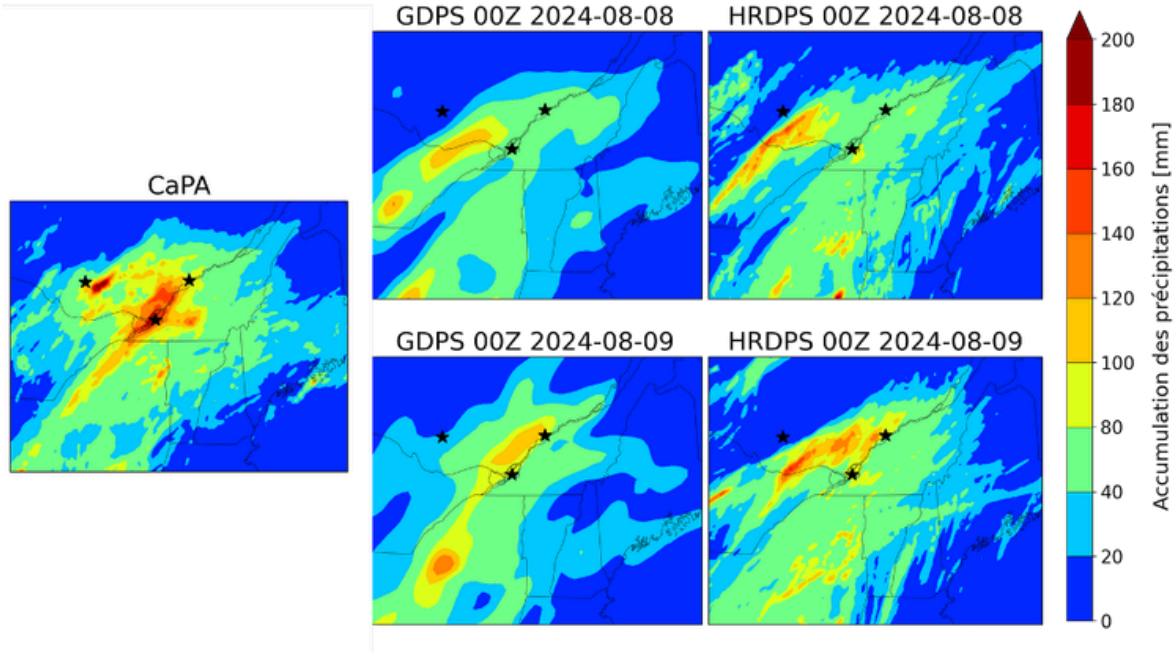
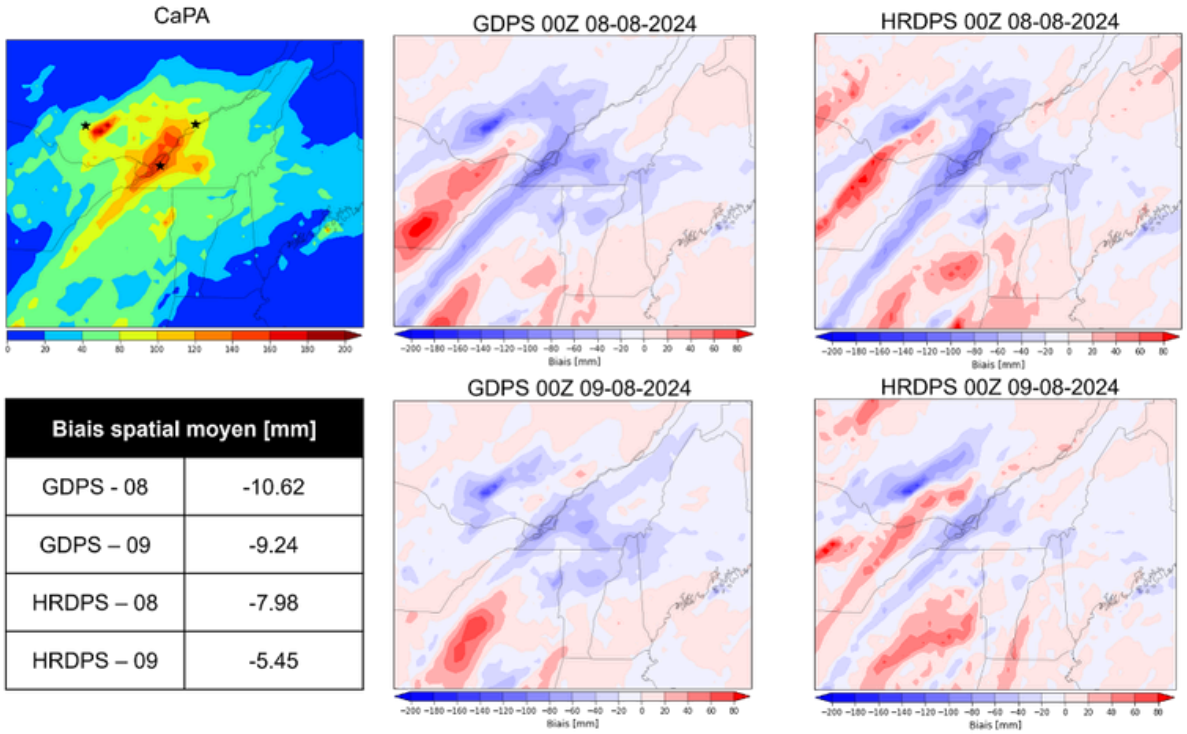


Figure 1 : Accumulation des précipitations [mm] sur 24 heures de 00Z le 9 août avec une analyse de référence (CaPA) ainsi que deux systèmes de PNT avec différentes initialisations (GDPS à 00Z le 8 ou 9 août et HRDPS à 00Z le 8 ou 9 août) avec les stations (étoiles noires) de gauche à droite : Maniwaki, Montréal et Trois-Rivières.



Biais spatial moyen [mm]	
GDPS - 08	-10.62
GDPS – 09	-9.24
HRDPS – 08	-7.98
HRDPS – 09	-5.45

Figure 2 : Biais de précipitations [mm] des systèmes de PNT avec différentes initialisations (GDPS à 00Z le 8 ou 9 août et HRDPS à 00Z le 8 ou 9 août) avec l'analyse de référence CaPA centrée sur la région métropolitaine de Montréal. Les régions en bleu sont des sous-estimations des systèmes de PNT tandis que celles en rouge sont des surestimations.

STAGES ET CARRIÈRES

prononcé pour les simulations initialisées la journée de la tempête, le 9 août, dans la région métropolitaine de Montréal. Dans l'ensemble des prévisions, le patron de précipitations était décalé au nord-ouest. Ainsi, la métrique du biais spatial indique une surestimation dans la région du maximum prévu par le système et une sous-estimation aux alentours de Montréal. Ce décalage signifie une double pénalité : le système de PNT est pénalisé deux fois pour le même problème, donc une fois de trop. Des techniques ont été développées pour atténuer l'effet des doubles pénalités, mais je n'ai pas eu le temps de les implémenter durant mon stage. Tout de même, le biais spatial moyen du système de GDPS était d'environ -10 mm, tandis que celui du HRDPS était d'environ -7 mm (figure 2). Si seul l'effet d'un déplacement spatial du patron de précipitations était présent, le biais moyen aurait été nul, puisque les précipitations n'auraient été que translatées. Or, ces biais moyens indiquent tout de même des sous-estimations des précipitations.

La dernière partie de l'analyse des précipitations consistait à analyser localement le taux horaire de précipitations pour trois stations météorologiques à Montréal (YUL), Maniwaki et Trois-Rivières. La figure 3 superpose les taux de précipitations pour chaque produit (GDPS le 08 en cyan, GDPS le 09 en bleu, HRDPS le 08 en orange et HRDPS le 09 en rouge) en utilisant cette fois-ci les données de la station météorologique de la ville concernée comme référence. À Montréal, on note que les taux observés ont une distribution bimodale avec deux pics à 10Z et à 22Z pour un cumul journalier de précipitation de 153,70 mm. Les quatre prévisions sous-estiment le total des accumulations, avec toutefois une amélioration de 25 à 40 mm lorsque l'initialisation se fait le 9 août au lieu du 8 août. Pour la ville de Maniwaki, la tempête Debby a déversé environ 85 mm selon la station, qui n'a pas été prédite par les systèmes de PNT puisque la ville se situait dans une deuxième région de fortes précipitations.

Finalement, on retrouve à Trois-Rivières une surestimation des précipitations pour le système régional (HRDPS) initialisé le 9 août avec 86,25 mm modélisés contre une collecte de 83,70 mm mesurée par la station. Ces différences dans les résultats des trois stations soulignent la variabilité possible qui accompagne l'analyse d'un tel événement à l'échelle locale. Ultimement, l'extrême de précipitations enregistré le 9 août à Montréal s'est produit par les passages successifs de la tempête post-tropicale Debby et d'une dépression venant de l'Ouest canadien lors de la même journée (figure 3).

En conclusion, bien que les systèmes GDPS et HRDPS aient sous-estimé les quantités de précipitations dans la région de Montréal pour la tempête post-tropicale Debby, cette étude de cas met en évidence les limites d'une approche reposant principalement sur les sorties des modèles numériques. Il est essentiel de bien connaître ces limites, particulièrement lors d'événements météorologiques à fort impact. Ainsi, les prévisions météorologiques ne devraient pas reposer uniquement sur les résultats des modèles, mais plutôt s'appuyer sur une analyse critique de leurs sorties, combinée à l'expertise du prévisionniste et à d'autres sources d'information complémentaires.

Somme toute, mon expérience de stage a été enrichissante! J'ai pu développer mes compétences de programmation et appliquer les concepts de météorologie synoptique et d'assimilation de données appris dans mes cours à travers un cas d'étude réel. L'apprentissage n'a pas été sans obstacle, particulièrement en ce qui concerne la programmation. Cependant, j'ai pu les surmonter grâce à l'aide de mon superviseur, Philippe Lucas-Picher, de l'agente de recherche Katja Winger et des doctorants, Madeleine Fol et Philippe Yaméogo, que je tiens à remercier.

Venant d'un parcours d'étude en mathématiques, j'étais déjà familier avec les stages de recherche et je ressors de cet été avec une expérience de stage positive. Je recommande un stage en recherche à quiconque souhaitant avoir un aperçu du travail qu'exigent les études supérieures!

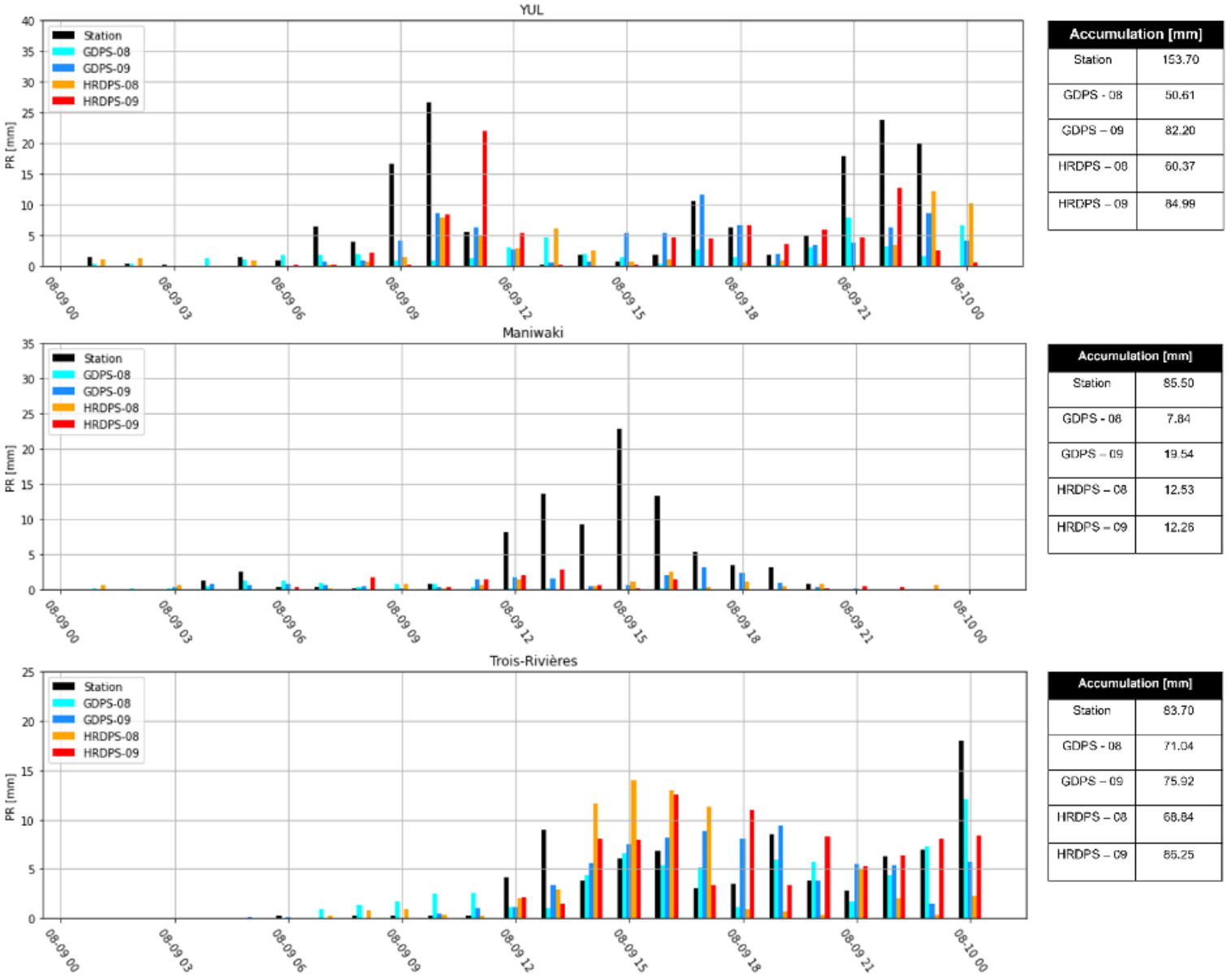


Figure 3 : Taux horaires des précipitations avec comme référence une station d'observation et les simulations GDPS à 00Z le 8 (cyan) ou 9 août (bleu) et HRDPS à 00Z le 8 (orange) ou 9 août (rouge) pour Montréal (YUL), Maniwaki et Trois-Rivières.

STAGES ET CARRIÈRES

De la théorie à la pratique : un été en recherche climatique

Ayden Albert

Cet été, j'ai eu l'occasion de réaliser un stage en sciences de l'atmosphère portant sur la modélisation climatique régionale. J'ai réalisé ce stage sous la supervision de Philippe Lucas-Picher, en travaillant également avec une étudiante au doctorat, Madeleine Fol. Le projet m'a particulièrement intéressé puisqu'il m'a permis de travailler directement avec des données issues de simulations climatiques et d'approfondir plusieurs notions abordées au cours du programme de baccalauréat en sciences de la Terre et de l'atmosphère.

Mon projet consistait à comparer les représentations des précipitations extrêmes issues du Modèle régional canadien du climat (MRCC6) à deux résolutions spatiales différentes, soit environ 12 km pour le domaine Québec et 2,5 km pour le domaine Saint-Laurent. Les simulations, identifiées respectivement par les configurations Québec 12 km (P3-CNRM) et Saint-Laurent 2,5 km (NAM11-CNRM), ont été réalisées pour une période historique de référence (1985-2005) et une période future (2080-2100). Je me suis intéressé principalement aux maximums estivaux de précipitation et de température. L'objectif était notamment d'observer comment la résolution d'un modèle peut influencer la représentation et les projections de certains phénomènes météorologiques.

Une partie importante de mon stage a été consacrée au traitement et à l'analyse des données. Les deux simulations ne couvrant pas exactement le même territoire, j'ai dû masquer les sorties du modèle sur grille pour qu'elles couvrent une région commune, ce qui supporte une comparaison fiable. J'ai ensuite travaillé à partir des données de précipitation et de température pour calculer différents indicateurs estivaux, puis produit des séries temporelles et des cartes permettant de comparer les simulations.

Les différences entre les simulations du MRCC6 à environ 12 km et à 2,5 km étaient particulièrement visibles pour les précipitations. La simulation à plus haute résolution produisait généralement des maximums saisonniers plus élevés et des structures spatiales plus localisées. Les cartes présentées montrent que, dans le domaine à 2,5 km, les précipitations les plus importantes se concentrent davantage dans les secteurs sud et est. Pour la période future, les zones de fortes précipitations deviennent plus étendues dans certaines régions, sans toutefois augmenter de manière uniforme sur l'ensemble du domaine (fig. 1).

Pour la température, les deux simulations montraient un réchauffement d'environ 4 °C entre les périodes historique et future. Ce changement est également visible sur les cartes du domaine à 2,5 km, où les températures sont généralement plus élevées pendant la période future, tout en conservant une répartition spatiale semblable à celle de la période historique (fig.1).

Ces résultats m'ont permis de mieux comprendre l'importance de la résolution spatiale et de la manière dont certains processus atmosphériques sont représentés dans les modèles. La représentation de la convection profonde contribue notamment aux différences observées pour les précipitations entre la simulation à 12 km, où elle est paramétrée, et celle à 2,5 km, où elle est davantage représentée directement par le modèle.

Ce travail m'a permis de voir concrètement ce que représente l'analyse de données climatiques. Une grande partie du travail ne consiste pas simplement à obtenir un résultat final, mais à vérifier les données, à ajuster la méthode lorsque nécessaire, comprendre ce que représentent réellement les valeurs calculées et s'assurer que les comparaisons effectuées sont cohérentes. J'ai aussi appris qu'une figure intéressante n'est pas suffisante en elle-même : il faut être capable de comprendre ce qu'elle montre, d'expliquer le résultat et de reconnaître ses limites.

L'un des aspects que j'ai particulièrement appréciés est le lien entre les notions vues dans les cours et leur utilisation dans un projet concret. Des concepts comme les modèles climatiques, la résolution spatiale et la représentation de certains processus atmosphérique se concrétisent lorsqu'on voit comment ces notions interviennent réellement dans l'analyse et l'interprétation des simulations climatiques.

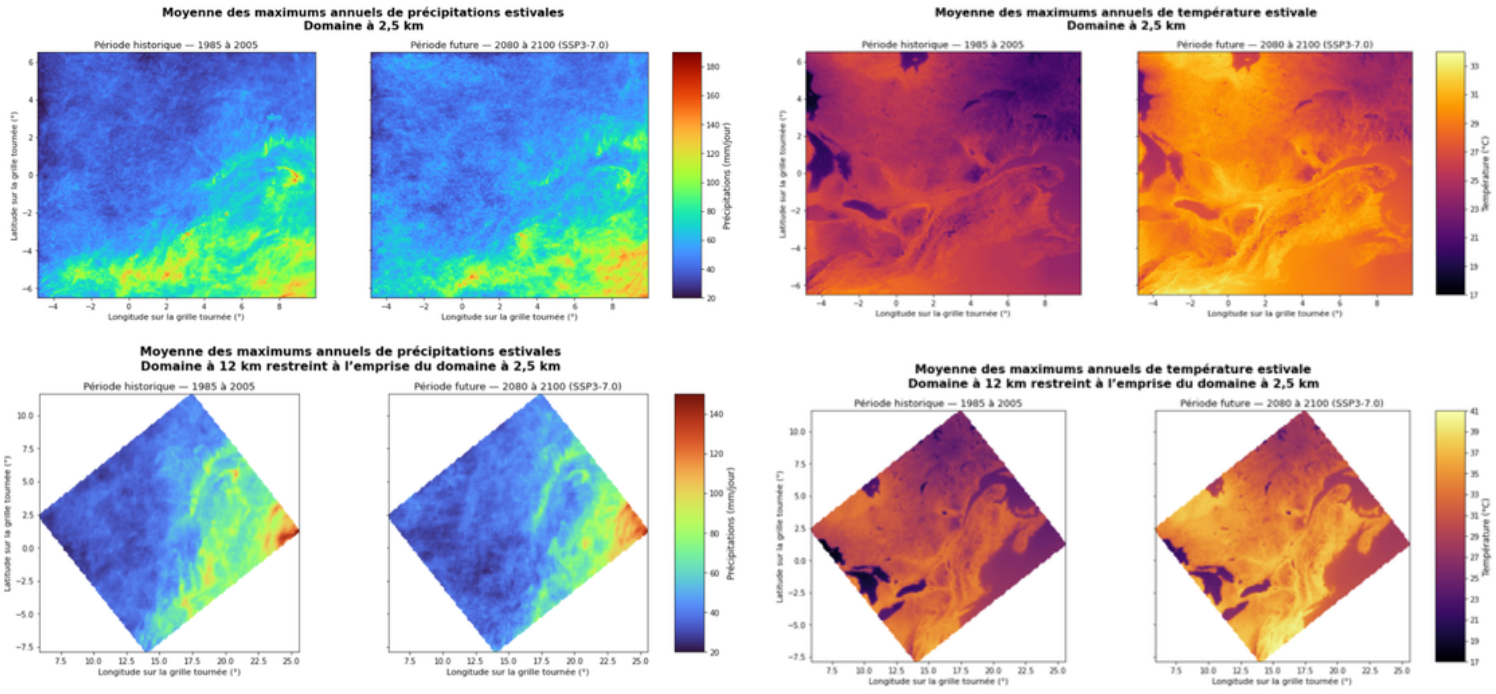


Figure 1 : Moyenne des précipitations estivales annuelles maximales (gauche) et des maxima estivaux annuels de température moyenne journalière (droite) pour les périodes historique (1984 -2005; gauche de chaque sous-graphique) et future (2080-2100; droite de chaque sous-graphique). Les cartes du haut correspondent au domaine à 2,5 km, tandis que celles du bas présentent le domaine à 12 km, restreint à la région couverte par la simulation à 2,5 km. Les simulations couvrent principalement la vallée du Saint-Laurent et une partie des régions environnantes du Québec et du nord-est de l'Amérique du Nord.

STAGES ET CARRIÈRES

Le stage m'a également donné un premier aperçu du travail de recherche en sciences de l'atmosphère. J'ai aimé pouvoir travailler sur une même problématique pendant plusieurs semaines, développer progressivement une méthode, revenir sur certains résultats et essayer de comprendre ce qu'ils signifiaient. Cette façon de travailler est assez différente d'un cours, où les exercices et les questions ont généralement une réponse plus clairement définie. Dans un projet comme celui-ci, certaines observations amènent plutôt de nouvelles questions et il n'est pas toujours possible d'arriver immédiatement à une explication définitive.

Finalement, ce stage m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences, mais aussi d'envisager une possibilité de parcours en recherche après le baccalauréat. Je comprends à quoi pourrait ressembler un projet réalisé aux cycles supérieurs, notamment à la maîtrise. J'ai un meilleur aperçu du niveau d'autonomie demandé et du temps qui peut être consacré à approfondir une seule problématique scientifique. J'ai découvert que j'aimais ce type de travail, particulièrement le fait de pouvoir approfondir un sujet et de suivre un projet sur une plus longue période. J'ai finalement une vision beaucoup plus concrète du travail de recherche, qui confirme mon intérêt pour des projets liés à la météorologie, au climat et à la modélisation.



Photo : Ayden Albert

Recommandations culturelles

Voici nos recommandations culturelles en lien avec l'environnement et le climat :

La journée va être chaude par Les Louanges : Sous ses airs de funk-pop, cette chanson qui invite ses auditeurs à danser à l'ombre alors que la planète brûle, dénonce la complaisance collective face aux changements climatiques.

Emolab – La science des émotions liées aux changements climatiques à la Biosphère de Montréal – jusqu'en 2029 : Exposition introspective qui explore les émotions face aux changements climatiques (anxiété, colère, optimisme, impuissance) et les pistes d'action collective.

Chercher refuge à la Biosphère de Montréal en collaboration avec Oxfam Québec – 28 août au 10 janvier : Exposition sur la migration climatique mettant en lumière les visages de certaines populations déplacées par les aléas météo extrêmes et les solutions possibles.

Nitassinan (2026) réalisé par Joséphine Bacon et Kim O'Bomsawin : Film qui transmet un message d'amour au Nitassinan et redéfinit le rapport occidental au territoire pour le transformer en une extension vivante de l'être humain qui nourrit la langue, la mémoire et l'identité.

Reframing the American Landscape au Centre Canadien d'Architecture (CCA) – 1er octobre au 3 janvier : Exposition sur le rapport à l'image qui définit et codifie le territoire et l'environnement. L'oeuvre propose une redéfinition de l'environnement imaginaire et de l'identité américaine.

Projection de la grêle dans les prairies canadiennes

David Di Genova

En seulement quelques années, la grêle dans les Prairies canadiennes a généré des réclamations de plusieurs milliards de dollars aux compagnies d'assurances uniquement pour la destruction de propriétés, comme les véhicules et les toitures, soit sans calculer les répercussions des pertes associées aux récoltes. En réponse à l'évènement de grêle du 13 juin 2020 à Calgary, ces réclamations s'élèvent à 1,2 milliard de dollars (Brunet et Brimelow, 2024), tandis que le 5 août 2024, ce sont environ 2,8 milliards de dollars qui sont réclamés (Insurance Bureau of Canada, 2024). Ce type de réclamation met à risque les compagnies d'assurance cherchant ultimement à protéger la population des dommages causés par les aléas météorologiques.

C'est dans ce contexte actuariel que s'est déroulé mon stage de recherche à l'UQAM durant l'été 2026. Dans notre climat changeant, il est d'intérêt d'avoir un meilleur aperçu de l'évolution future de la grêle. Des régions sont ou pourraient être potentiellement plus exposées à la grêle, durant certaines périodes de l'année, sous l'influence des changements climatiques. Une meilleure projection des événements de grêle servirait à la population et aux compagnies d'assurance afin qu'elles puissent mieux se protéger.

Afin de réaliser cette recherche, il était nécessaire d'obtenir des bases de données qui supportent l'étude. L'utilisation de la sixième version du Modèle Régional Canadien du Climat (MRCC6), développé au centre ESCER de l'UQAM, a permis de simuler des données horaires d'accumulation de la grêle dans une région qui subit beaucoup d'événements de grêle, soit les Prairies canadiennes. Le MRCC6 contient un schéma de microphysique sophistiqué, soit le schéma P3 (Cholette et al, 2023), qui permet de produire une variable d'accumulation de la grêle (PE2). Il est nécessaire que le modèle régional utilisé ait une résolution plutôt fine, sans quoi les orages ne peuvent être simulés (Gensini et al, 2024). Les simulations réalisées pour l'étude ont une résolution nominale d'environ 2,5 kilomètres, ce qui permet de représenter explicitement la convection profonde, favorisant ainsi la formation d'orages. Finalement, cette analyse de la grêle a été portée sur trois villes dans la région d'intérêt, soit Calgary, Edmonton et Nelson.

Le premier objectif de mon stage était d'avoir un aperçu de la capacité de la nouvelle version du MRCC6 à simuler la grêle. Pour répondre à cet objectif, une simulation rétrospective de 2020 à 2024, pilotée par la réanalyse ERA5, a été réalisée. En analysant divers résultats provenant des données du MRCC6, comme ceux présentés à la Figure 1, j'ai pu noter certaines caractéristiques à propos de la grêle simulée. Ces résultats simulés ont été comparés au nombre de jours de grêle par année au Canada ayant été approximé par la probabilité de grêle en fonction d'un proxy de densité d'éclairs, produite par Brunet et Brimelow (2024). Cette comparaison permet de constater que la distribution spatiale de l'occurrence de la grêle simulée par le MRCC6 est représentative de celle attendue dans cette région du Canada. D'un point de vue climatologique, la grêle est plus fréquente à l'est des Rocheuses canadiennes et au sud de l'Alberta, ce que le MRCC6 reproduit. La fréquence simulée est plus importante durant les mois de juin, juillet et août, surtout en fin d'après-midi. Par exemple, à Calgary et à Edmonton, le nombre de s de grêle simulé durant ces mois est supérieur à 0,5 jour par mois, contrairement au reste de l'année. Comme les données de références (Brunet et

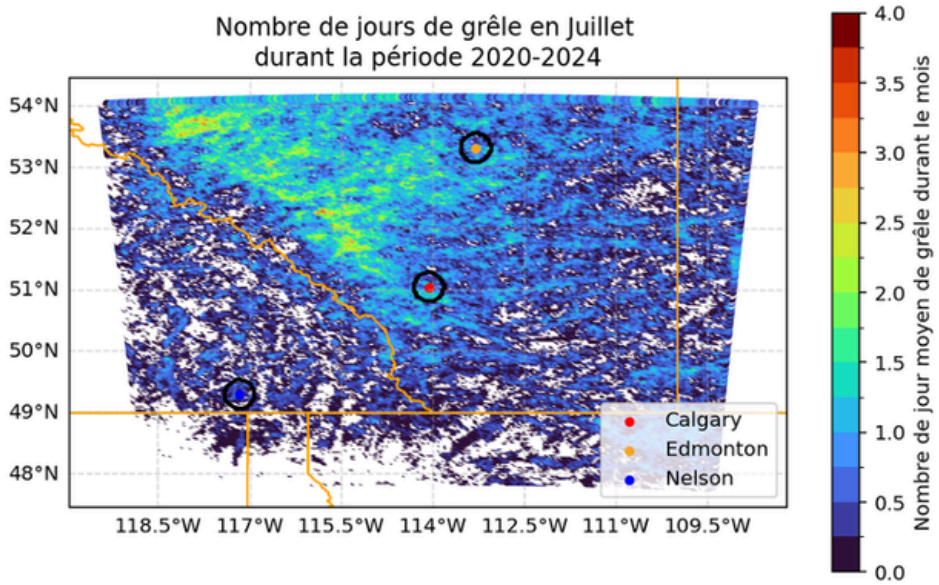


Figure 1 : Fréquence, en nombre de jours moyens de grêle durant le mois de juillet pour la période 2020 à 2024 dans les provinces des prairies canadiennes, simulée par le modèle régional du climat MRCC6-GEM5, piloté par la réanalyse ERA5. Les villes de Calgary, Edmonton et Nelson sont représentées par un point rouge, jaune et bleu, respectivement. Un seuil de 0,02 mm/jour est appliqué.

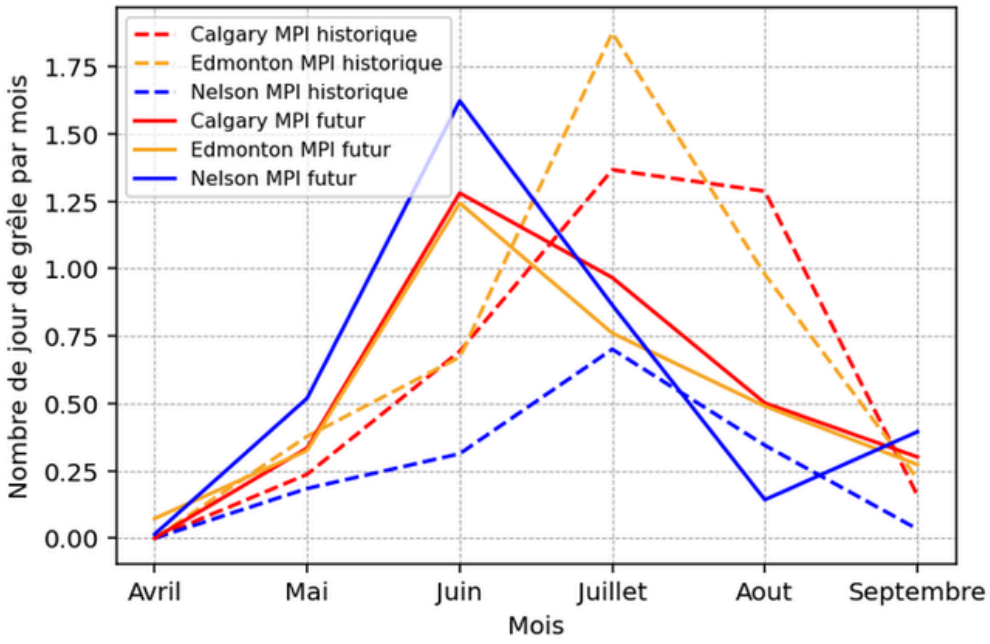


Figure 2 : Cycle annuel moyen de la grêle dans la ville de Calgary (rouge), Edmonton (jaune) et Nelson (bleu) selon les données simulées par le modèle régional du climat MRCC6-GEM5, piloté par le modèle global MPI-SSP3-7.0 pour la période de 1996 à 2000 et de 2096 à 2100. La fréquence de grêle à chaque heure, en nombre de jours moyen de grêle est représentée. Un seuil de 0,02 mm/jour est appliqué.

STAGES ET CARRIÈRES

Brimelow, 2024) étaient annuelle, il n'est pas possible de valider la répartition mensuelle et journalière simulée. Ainsi, le MRCC6 semble simuler la distribution de la fréquence de grêle de façon appropriée, tout en proposant plus de précision sur sa répartition temporelle que les valeurs annuelles de référence.

Le deuxième objectif de mon stage était d'estimer l'évolution de la grêle dans le futur. Des simulations du MRCC6 de 1996 à 2000 et de 2096 à 2100 ont été réalisées, pilotées par le modèle global de climat allemand MPI-SSP3-7.0, soit sous un scénario d'émission de gaz à effet de serre élevé. L'étude effectuée montre que la fréquence de la grêle devrait connaître une variation autant spatiale que temporelle dans le futur. En effet, la comparaison de ces simulations historiques et futures semble démontrer qu'à l'avenir, la grêle pourrait être plus fréquente à l'ouest des Rocheuses. Aussi, les conditions favorables à sa formation pourraient se déplacer vers le nord, et commencer et terminer plus tôt dans l'année, changeant graduellement la saison propice à la grêle (Figure 2).

Certaines limites demeurent dans les analyses réalisées. Les périodes étudiées grâce aux simulations ne duraient que cinq ans, puisque la production de simulations requiert beaucoup de temps et de ressources. Avec des périodes de 30 ans, une réelle étude robuste du climat aurait pu être réalisée. Ceci permettrait aussi de réduire l'incertitude sur les statistiques temporelles et spatiales qui ont été calculées. Dans un autre projet, il serait fort intéressant d'effectuer une étude de l'évolution de la grêle dans notre climat en fonction de la distribution de taille des grêlons. En fonction de leur taille, les grêlons pourraient évoluer différemment. Le réchauffement de l'atmosphère et, conséquemment l'augmentation de la quantité d'humidité pouvant être contenue dans l'air devrait mener à davantage de convection. Une hypothèse serait donc qu'une augmentation de la fréquence des grêlons de grande taille pourrait être favorisée par le climat, contrairement à ceux de petites et moyennes tailles. En revanche, la couche de fonte dans l'atmosphère devrait s'étendre plus haut, et conséquemment, la fréquence des grêlons de plus petite taille devrait diminuer. (Raupach et al, 2021; Gensini et al, 2024).

En somme, ce stage m'a permis d'en apprendre énormément sur la recherche dans le domaine de la modélisation climatique à l'échelle régionale et des sciences de l'atmosphère. J'ai constaté que plusieurs domaines en recherche sont encore peu explorés. J'ai appris à extraire certaines statistiques à partir de données provenant d'un modèle climatique utilisé à l'UQAM. Ce que je retiendrai certainement : bien que la grêle soit un sujet de recherche étudié, il en reste beaucoup à découvrir pour arriver à bien modéliser ce phénomène.



Photo : David Di Genova



Rencontrer la recherche, à travers les précipitations extrêmes

Henri Lefebvre

Je suis un étudiant qui a abouti au baccalauréat en science de la Terre et de l'atmosphère, après avoir effectué des études en physique et en géomatique plus tôt dans mon parcours. Cet été, j'ai eu l'occasion de parfaire ma formation en effectuant un stage de recherche sous la supervision d'Alejandro Di Luca. L'opportunité de parfaire mes connaissances en recherche était excitante. Je me demandais : ça consiste en quoi un stage à l'UQAM?

Pour moi, il a été question d'une revue de littérature sommaire sur le sujet, d'une familiarisation avec l'environnement des serveurs de l'UQAM, d'une bonne dose de programmation et, pour finir, d'analyse des résultats. L'objectif était d'évaluer les changements des précipitations extrêmes à partir de simulations du modèle MRCC6-GEM5, développé au centre ESCER.

Les enjeux concernant la modélisation des précipitations extrêmes sont bien connus et il existe une littérature exhaustive sur le sujet. Je vous en épargne les détails, mais la recherche préliminaire m'a permis de définir un seuil spécifique pour les précipitations extrêmes: le 99.9e centile. Par la suite, j'ai dû me familiariser avec les serveurs de l'UQAM et l'utilisation de fichiers netCDF, un format de fichiers très souvent utilisé en météorologie et en sciences du climat. Ils sont binaires et permettent de stocker, d'accéder et de partager des variables sur des grilles possédant plusieurs dimensions spatiales et temporelles. Par exemple, durant mon stage, j'ai utilisé la variable de précipitation sur une grille à trois dimensions (rlat, rlon, time).

La suite du stage est probablement la part la plus significative de mon été: de la programmation. Premièrement, il faut savoir qu'à l'exception du cours d'introduction à la programmation pour les sciences, je n'avais aucune expérience en programmation. Heureusement, il existe plusieurs tutoriels détaillant comment travailler avec des centaines de Go de données netCDF. De plus, l'IA m'a grandement simplifié la vie avec le débogage. Quand j'obtenais des erreurs de mémoire à répétition, il était rassurant d'avoir des outils permettant de rapidement trouver les solutions empruntées par la communauté scientifique et disponibles en ligne.

Maintenant pour la partie qui me passionne davantage : les résultats. Dans le cadre de mon stage, j'ai analysé les 11 ans et 3 mois de données horaires simulées par le MRCC6-GEM5 sur l'est du Canada à une résolution de 2,5 km. J'ai étudié les précipitations extrêmes à partir d'une simulation historique, c'est-à-dire en conditions passées, et une projection, en climat futur, comprenant l'effet des changements climatiques. Cette projection a été réalisée par l'approche du Pseudo Global Warming (PGW), qui permet de simuler la réponse à un réchauffement moyen sur une période de temps.

En comparaison aux distributions de précipitations et de températures horaires en climat historique, la projection montre une augmentation systématique de la fréquence des précipitations de plus de 5 mm/h. Malgré l'augmentation de ces dernières, la grande majorité des évènements projetés se retrouvent dans la tranche d'heures sèches (0 mm/h) ou de moins de 5 mm/h. Ainsi, dans un climat impacté par les changements climatiques, il pourrait y avoir une diminution de la fréquence des journées avec de faibles précipitations et une augmentation de la fré-

quence des journées sèches (0 mm/h). Finalement, j'ai représenté la distribution spatiale des changements d'intensités sur le domaine (Figure 2).

Les connaissances et les techniques que j'ai pu développer cet été m'ont vraiment fait apprécier mon expérience en recherche.

Je croyais avoir un chemin tout tracé pour travailler comme prévisionniste chez Environnement et Changement Climatique Canada (ECCC), mais ma curiosité pour la recherche s'est réveillée cet été. J'ai apprécié les apprentissages de mon stage et j'encourage quiconque à essayer au moins un stage en recherche pendant son parcours à l'UQAM.

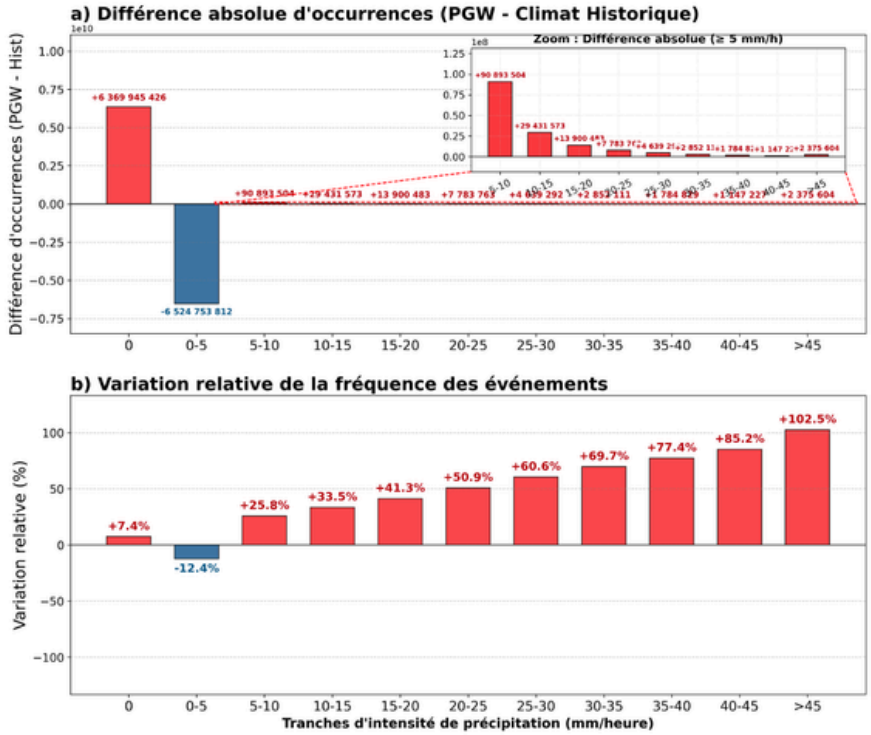


Figure 1 : Différence absolue d'occurence des précipitations selon leur intensité entre la simulation de PGW et la simulation historique.

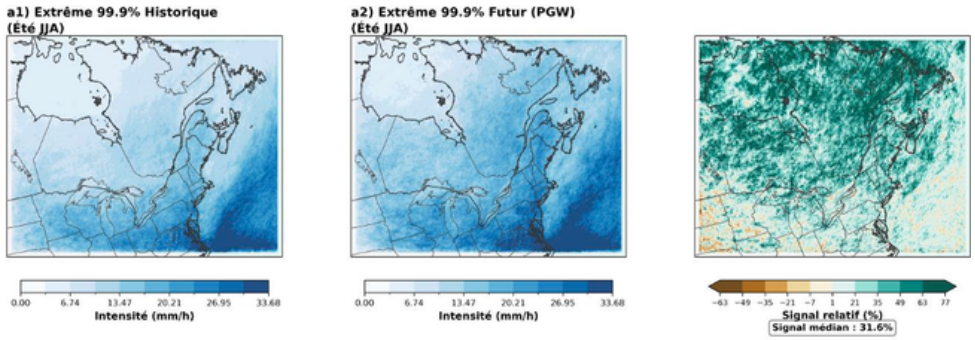


Figure 2 : Analyse saisonnière des précipitations extrêmes (99.9e centile).

STAGES ET CARRIÈRES

QUESTION POUR UN PROFESSEUR

Le gouvernement Canadien implémente le projet de loi C-5. Il propulse des projets d'intérêt nationaux, en contournant au moins 12 lois et 7 règlements environnementaux. L'environnement est aussi l'un des grands oubliés de la récente campagne électorale au Québec. Étant étudiant.e.s en sciences de l'atmosphère, et même pour quiconque s'intéresse au sort de notre planète, ça semble incompréhensible. Nous avons choisi de poser des questions plutôt corsées, pour ce numéro, à Patrick Grenier, professeur au département. Il a eu la grande générosité de se prêter au jeu, et le courage d'entamer ces questions complexes avec une grande sensibilité, et le rationnel nuancé qu'on lui connaît.



Patrick Grenier

Qu'est-ce qui manque pour mettre en action un plan d'adaptation aux changements climatiques auquel les gens adhèrent?

L'expression « plan d'adaptation aux changements climatiques » peut notamment s'appliquer au monde municipal et à de grandes sociétés qui, comme Hydro-Québec, ont beaucoup d'infrastructures à protéger. Que les gens concernés soient des citoyens ou des employés, je dirais que le succès d'un plan peut être favorisé par le fait de s'inscrire dans une politique environnementale cohérente et par le fait d'être porteur de sens pour les gens.

Concernant le premier point, j'ai tendance à concevoir la nécessité de l'adaptation à l'intérieur de la nécessité plus grande encore de la transition écologique. Or, une bonne approche de transition écologique va évaluer une mesure non pas seulement en tant que solution à un problème donné (par exemple, les impacts néfastes des changements climatiques), mais aussi à l'aune d'une diversité d'autres problèmes (par exemple, la pollution de l'air, le déclin de la biodiversité, la raréfaction de l'eau douce, etc.). Et plus une mesure solutionne de problèmes à la fois, plus elle risque d'obtenir du soutien. Concernant le deuxième point, je dirais que certaines personnes vont plus facilement adhérer à un plan si l'administration qui présente ce plan fait preuve d'exemplarité, et s'il y a des mécanismes pour renforcer la culture écocitoyenne. Un mécanisme intéressant à cet égard est celui du budget participatif, par lequel une municipalité invite ses citoyens à délibérer sur un éventail de solutions potentielles à un problème puis à choisir l'une des solutions en votant. En alliant la démocratie participative à la démocratie représentative, l'on contribue du même coup à informer, à responsabiliser et à entretenir des liens sociaux significatifs.

Pourquoi les scientifiques ont tant de mal à influencer l'opinion publique? Pourquoi la science en soi ne convainc pas ?

Concernant l'enjeu des changements climatiques en général, je dirais plutôt que la science a un bon degré d'influence sur l'opinion publique. Puisqu'après tout, la plupart des gens en ont entendu et compris l'essentiel : la combustion des énergies fossiles cause un réchauffement global, et ça mène à des dommages de toutes sortes. Ce qui fait plutôt défaut, je pense, c'est une influence de la science sur l'action individuelle. ·Et la raison principale m'apparaît être simple : il est plus facile pour un individu

de se déclarer préoccupé par un problème environnemental que de procéder à des changements concrets pour lutter contre ce problème ! Une autre raison, peut-être un peu moins cynique, c'est qu'il est possible que les individus se limitent dans leurs actions sur la base d'une perception selon laquelle les autres individus se soucieraient moins qu'eux de l'enjeu des changements climatiques. C'est du moins ce que suggère une récente compilation de sondages réalisée par une journaliste de l'Agence Science-Presse (https://www.scientifique-en-chef.gouv.qc.ca/impact-recherche/la-majorite-des-gens-appuient-les-politiques-climatiques-vrai/). En ce qui concerne l'adaptation en particulier, il me semble possible que des gens « décrochent » à la mention des sommes colossales qui seront requises pour, par exemple, mettre les infrastructures municipales à niveau. Il faut donc faire comprendre que l'inaction est encore plus coûteuse que l'action, autrement dit qu'agir en adaptation, c'est souvent sauver de l'argent à long terme !

Qu'est-ce qui ne fonctionne pas, en politique, pour expliquer le recul qu'on voit sur la protection de l'environnement et du climat?

Aux échelles du Québec, du Canada et de l'Occident, le fait politique central est la démocratie. Donc ultimement, si des politiciens peuvent ne rien faire, voire opérer des reculs importants en matière de protection de l'environnement, c'est parce que les électeurs dans leur ensemble n'ont pas tendance à sanctionner ce type de comportement. Indépendamment de mes propres inclinations politiques, je dirais même que la saga de la Fonderie Horne à Rouyn-Noranda et les résultats de l'élection provinciale de 2022 avaient bien illustré le fait que se battre pour la qualité de l'air et pour la santé publique peut coûter cher à une députée... Aussi, l'un des traits les plus marqués du mode de vie occidental est le consumérisme, ce qui rend inévitablement la vie dure aux politiciens voulant agir concrètement pour protéger l'environnement.

Quelles sont les stratégies pour passer d'une connaissance à une action politique réussie?

Les deux exemples d'un passage de la connaissance scientifique à l'action politique réussie qui me viennent en tête sont les enjeux des pluies acides et du trou de la couche d'ozone. Dans les deux cas, je dirais que la réduction des émissions néfastes (principalement de SO_2 et de NO_x dans le cas des pluies acides, et de CFC dans le cas de la couche d'ozone) fut possible parce que des solutions technologiques étaient accessibles, permettant ainsi de faire d'énormes progrès juste par l'action politique et scientifique (en tant que citoyens, les gens n'ont pratiquement rien eu à faire). Dans le cas des émissions de gaz à effet de serre, il n'y a pas de solution technologique facile, et il semble que le problème soit insoluble sans un effort direct et substantiel des citoyens. Dans ce contexte, je pense que j'aurais tort de prétendre savoir comment réussir politiquement sur l'enjeu de l'effet de serre anthropique, surtout après qu'un grand connaisseur de l'environnement et initié de la politique comme Steven Guilbault en soit récemment venu à démissionner d'un poste de ministre au fédéral. Mais j'ose me dire qu'au fond, la politique ne se déroule pas seulement dans les parlements et les jours d'élections, considérant qu'à peu près toute action ou prise de parole revêt un caractère politique quelconque. Et je trouve qu'un exemple inspirant de passage de la connaissance à l'action est celui d'Anthony Viaux, un ex-pilote de ligne d'Air France qui a décidé en 2024 de démissionner de son poste parce qu'il percevait une incohérence entre la crise climatique et les émissions excessives du secteur de l'aviation. Même si je ne suis pas moi-même éco-anxieux, son livre « Voyage interrompu – Confidences d'un pilote de ligne éco-anxieux » m'avait bien plu, et je pense que ce qui va fonctionner, c'est la constitution progressive d'une masse critique de gens recherchant tout comme lui un haut degré d'intégrité par rapport à l'environnement.

RÉFÉRENCES

PROJECTION DE LA GRÊLE DANS LES PRAIRIES CANADIENNES

Weltman, B. (2024, 11 septembre) La tempête de grêle d'août à Calgary a entraîné des dommages assurés de près de 2,8 milliards de dollars. Bureau d'assurance du Canada. https://bac.ibc.ca/actualites-et-perspectives/actualites/la-tempete-de-grele-d-aout-a-calgary-a-entraine-des-dommages-assures-de-pres-de-2-8-milliards-de-dollars-b-i

Brunet, D. et Brimelow, J. (2024), A Hail Climatology for Canada using a Lightning Proxy, J. Appl. Meteor. Climatol., DOI: 10.1175/JAMC-D-23-0214.1

Cholette, M., Milbrandt, J. A., Morrison, H., Paquin-Ricard, D., & Jacques, D. (2023). Combining triple-moment ice with prognostic liquid fraction in the P3 microphysics scheme: Impacts on a simulated squall line. Journal of Advances in Modeling Earth Systems. DOI : https://doi.org/10.1029/2022MS003328

Gensini V. A., Ashley W. S., Michaelis A. C., Haberlie A. M., Goodin J. et Wallace B. C. (2024), Hailstone size dichotomy in a warming climate, climate and atmospheric science, npj Clim Atmos Sci 7, DOI : https://doi.org/10.1038/s41612-024-00728-9

Raupach, T. H., Matius, O., Allen, J. T., Kunz, M., Lasher-Trapp, S., Mohr, S., Ramussen, K. L., Trapp, R. J. et Zhang, Q. (2021), The effects of climate change on hailstorms, Nat Rev Earth Environ, DOI: https://doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9

Partagez-nous vos propositions de textes pour les prochaines éditions du CAPE !

Le Courrier Atmosphérique Participatif Étudiant prend vie grâce à la population étudiante des sciences de l'atmosphère. Pour y contribuer, ce que nous encourageons avec enthousiasme, il suffit de soumettre un texte ou une idée à l'adresse courriel equipe.cape.uqam@gmail.com.

Notre équipe répondra rapidement, et nous travaillerons avec vous pour faire de vos propositions des chefs d'œuvres.

Prochaine édition : Février 2027
Date limite pour soumettre vos propositions : 1er janvier 2027