

24-26 Octobre 2017

Adaptation aux changements climatiques au Parc National du Canada de Forillon : Contexte et base de connaissances



Table des matières

| | |
|--|----|
| Table des matières..... | 2 |
| Présentation..... | 2 |
| Faits saillants..... | 3 |
| 1. Tendances climatiques observées | 4 |
| 1.1 Températures..... | 4 |
| 1.2 Précipitations..... | 8 |
| 1.3 Moyenne mensuelle des vitesses horaires du vent..... | 12 |
| 2. Projections climatiques | 14 |
| 2.1 Températures..... | 14 |
| 2.2 Précipitations..... | 16 |
| 2.3 Intensité, durée et fréquence (IDF) des précipitations | 17 |
| 2.4 Saison de croissance et indice d'humidité climatique..... | 19 |
| 2.5 Feux de Forêts..... | 20 |
| 2.6 Sensibilité côtière..... | 21 |
| 2.7 Hausse du niveau de la mer | 22 |
| 2.8 Biodiversité..... | 23 |
| 3. Péninsule de Penouille | 26 |
| 4. Références..... | 27 |

Présentation

Ce document présente le contexte et la base de connaissances climatiques pour un atelier de Parcs Canada sur l'adaptation aux changements climatiques au Parc national du Canada de Forillon, le 24-26 Octobre 2017. Il s'agit d'un document interne et ne doit être distribué sans le consentement des auteurs.

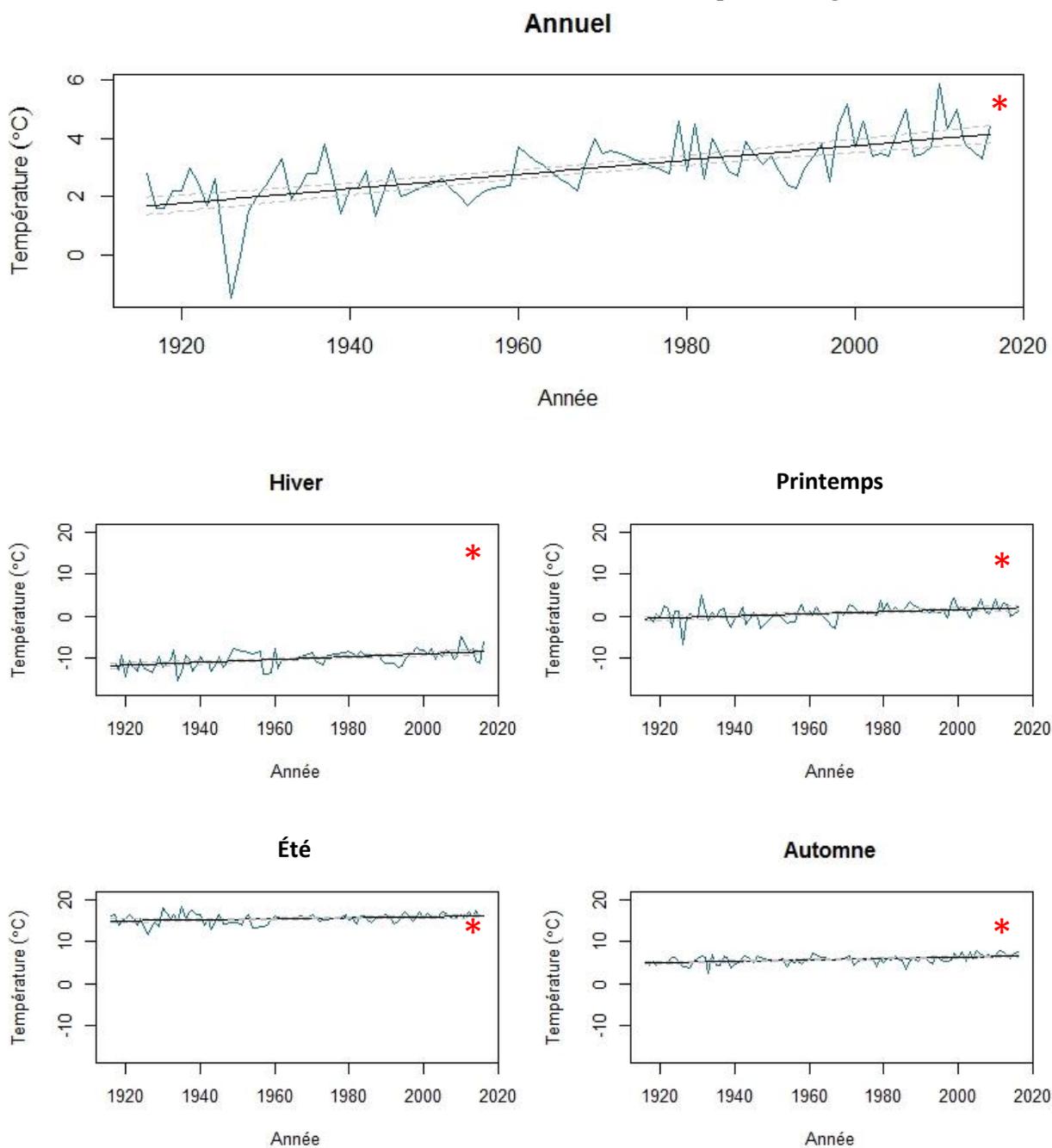
Faits saillants

- À Forillon, les températures annuelles moyennes ont augmenté de 2,5°C depuis 1916; ce réchauffement s'est observé à toutes les saisons, mais de façon plus prononcée pendant l'hiver.
- Les projections climatiques pour l'horizon 2071-2100 indiquent qu'on doit prévoir des hausses de température de 4 à 8 °C en hiver et de 3 à 7 °C en été, selon le scénario utilisé. Ces changements auront divers impacts importants à long terme sur les écosystèmes et les visiteurs. Par exemple, des hivers plus doux pourraient, entre autres, favoriser certains ravageurs forestiers et pathogènes de la faune, de même que l'envahissement de certains milieux par des espèces exotiques.
- Les précipitations totales annuelles ont augmenté de 33% depuis 1916, et cette augmentation est plus prononcée en automne et en hiver. Durant la même période, les précipitations sous forme de pluie ont augmenté de 65%; cependant, les projections climatiques indiquent que les étés seront plus secs et de plus longue durée.
- Les averses de pluie sur neige, qui augmentent les risques d'inondation, sont devenues plus fréquentes. Aussi, les projections utilisant le scénario extrême (RCP 8.5) indiquent que la durée de l'enneigement sera réduite de 45 à 75 jours et que le maximum de l'équivalent en eau de la neige sera aussi réduite de façon importante (200mm). Ces changements affecteront les variations de débits et de niveaux des cours d'eau, de même que les activités récréatives.
- La fréquence et l'intensité des précipitations extrêmes augmenteront de sorte que des événements qui ont eu jusqu'à maintenant une récurrence de 100 ans auront une récurrence de 25 ans à l'horizon 2050-2100; aussi, les événements de précipitation d'une récurrence de 100 ans dans le futur seront beaucoup plus intenses.
- Le niveau de la mer devrait augmenter de 30 à 75 cm dans le golfe du Saint-Laurent, selon les scénarios de changement climatique, ce qui augmentera l'érosion et la submersion des zones côtières sensibles.
- La couverture de glace marine annuelle a diminué en moyenne de 1.53% par année depuis 1998, et on prévoit que la concentration maximale annuelle diminuera de 67% à l'horizon 2041-2070. Depuis 1982, l'englacement est chaque année retardé de 10-20 jours et la fonte de glace devancée de 20-30 jours.
- L'augmentation du niveau de la mer combinée à celle de l'intensité des tempêtes et à la diminution de la couverture de glace au large et sur la côte, augmentent les risques d'inondation et d'érosion côtière. Bien que la côte du parc Forillon est évaluée comme étant de sensibilité modérée dans son ensemble, certaines zones à pente faible et constituées de matériaux meubles sont particulièrement vulnérables.

1. Tendances climatiques observées

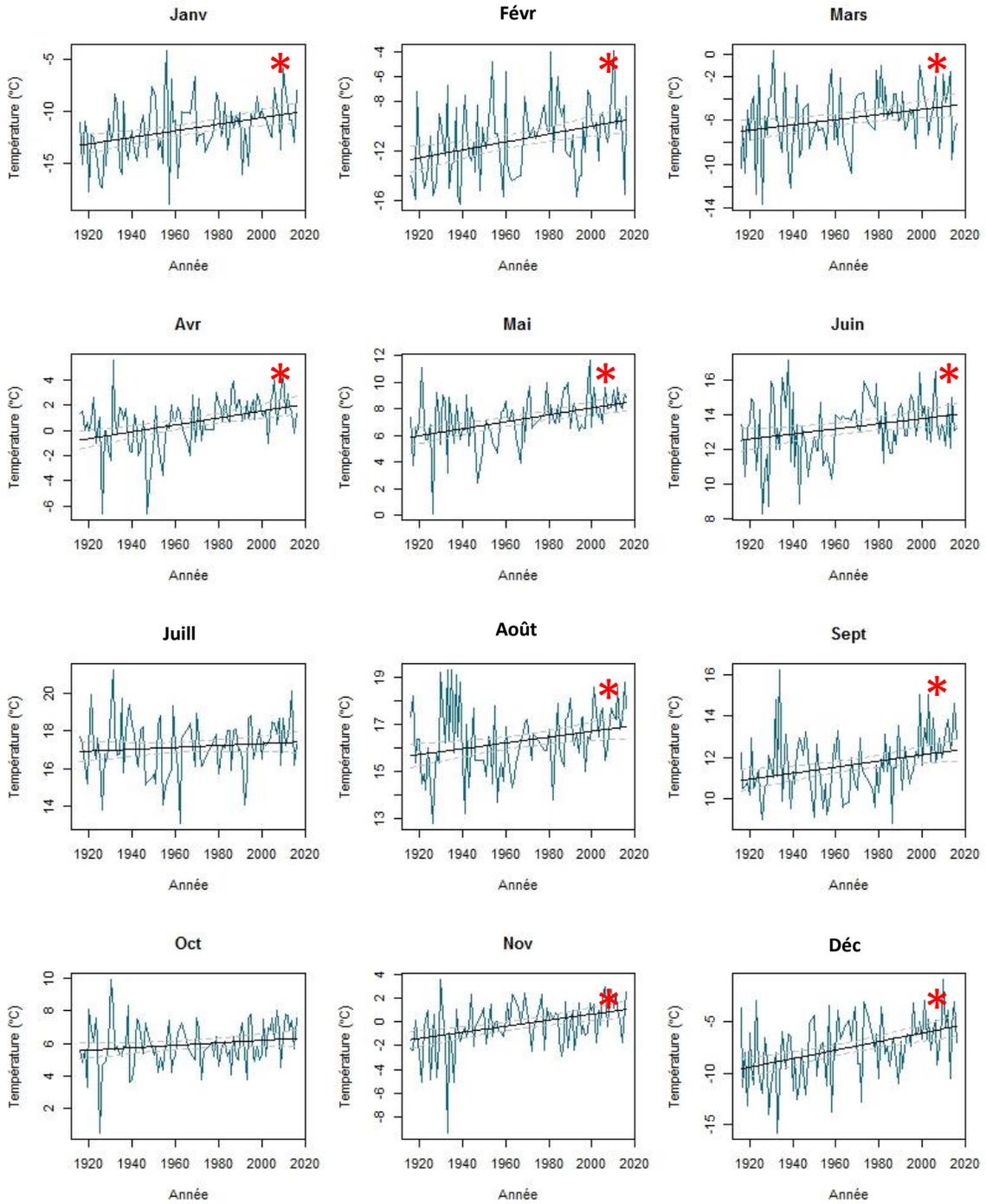
1.1 Températures

Température moyenne à la station climatologique de Gaspé (7052601) de 1916 à 2016. La tendance a été estimée en utilisant un modèle linéaire généralisé avec des intervalles de confiance de 95 % (R Core Team, 2014). “*” = tendance statistiquement significative ($P < 0,05$).

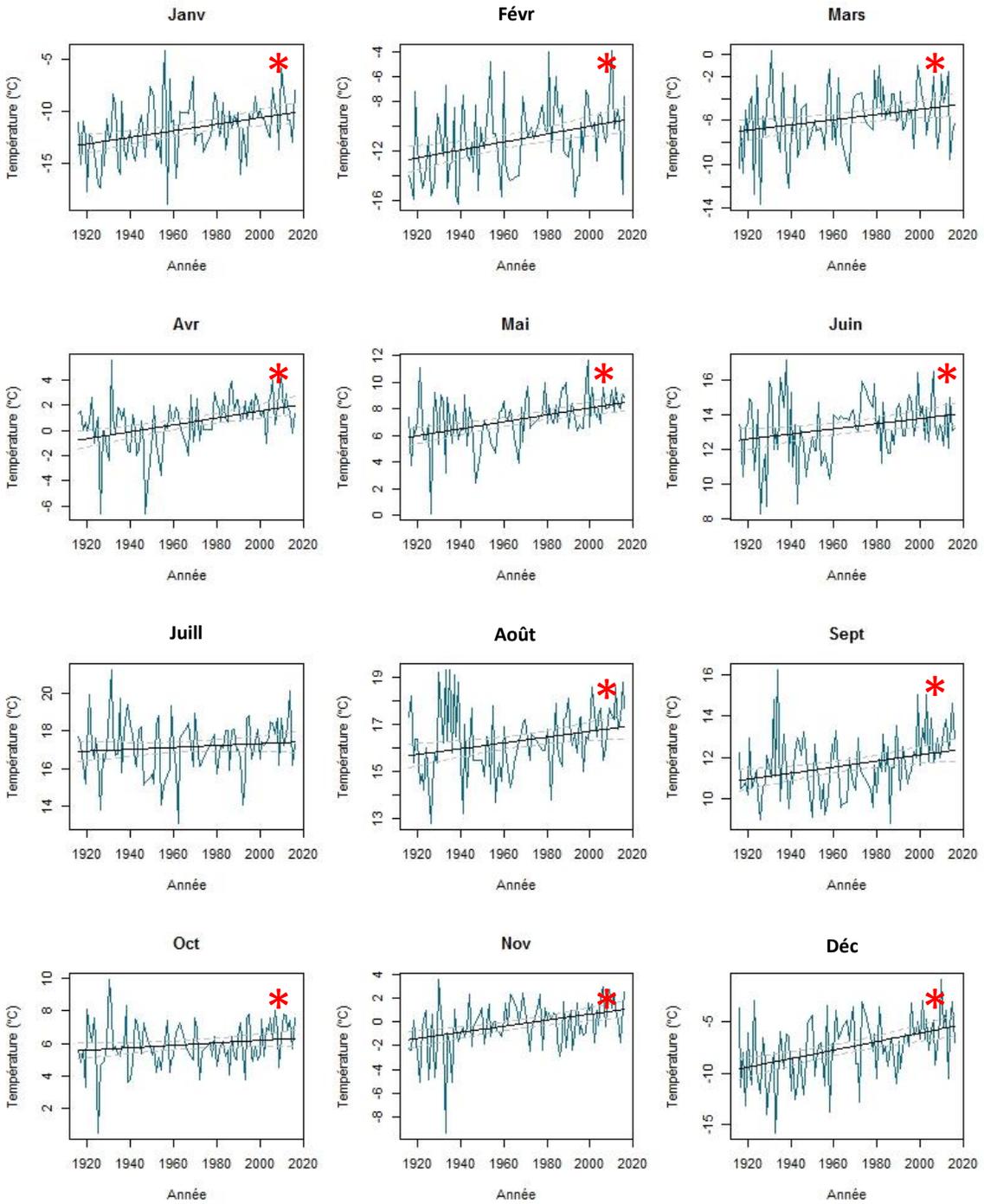


Augmentation statistiquement significative ($P < 0,05$) des températures annuelles moyennes, $\sim 2,5^{\circ}\text{C}$ depuis 1916. Toutes les saisons ont une tendance significative, la plus importante observée en hiver, $\sim 0,034^{\circ}\text{C}/\text{an}$ ($3,35^{\circ}\text{C}$ depuis 1916).

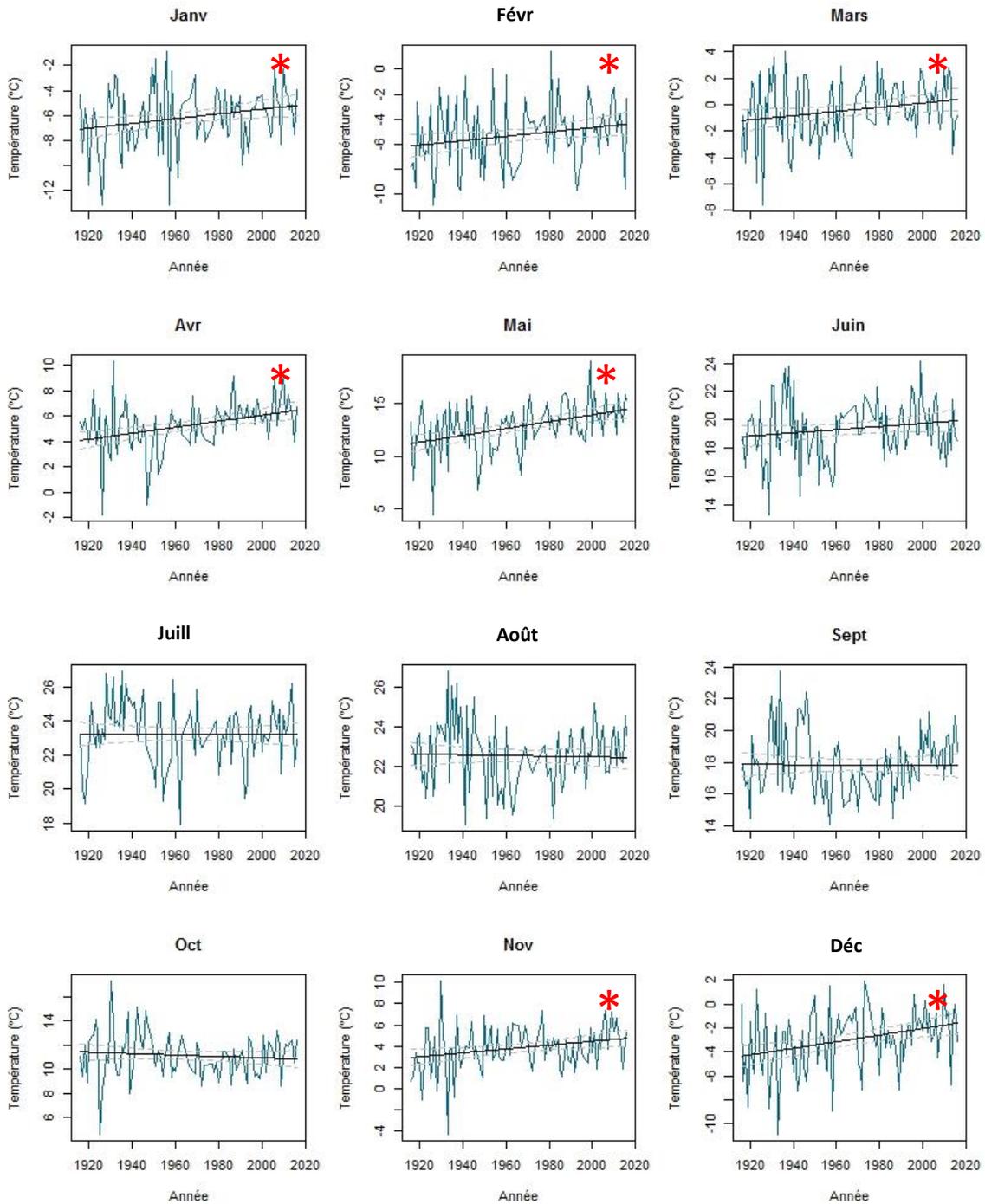
Températures moyennes mensuelles



Moyenne mensuelle des températures minimales



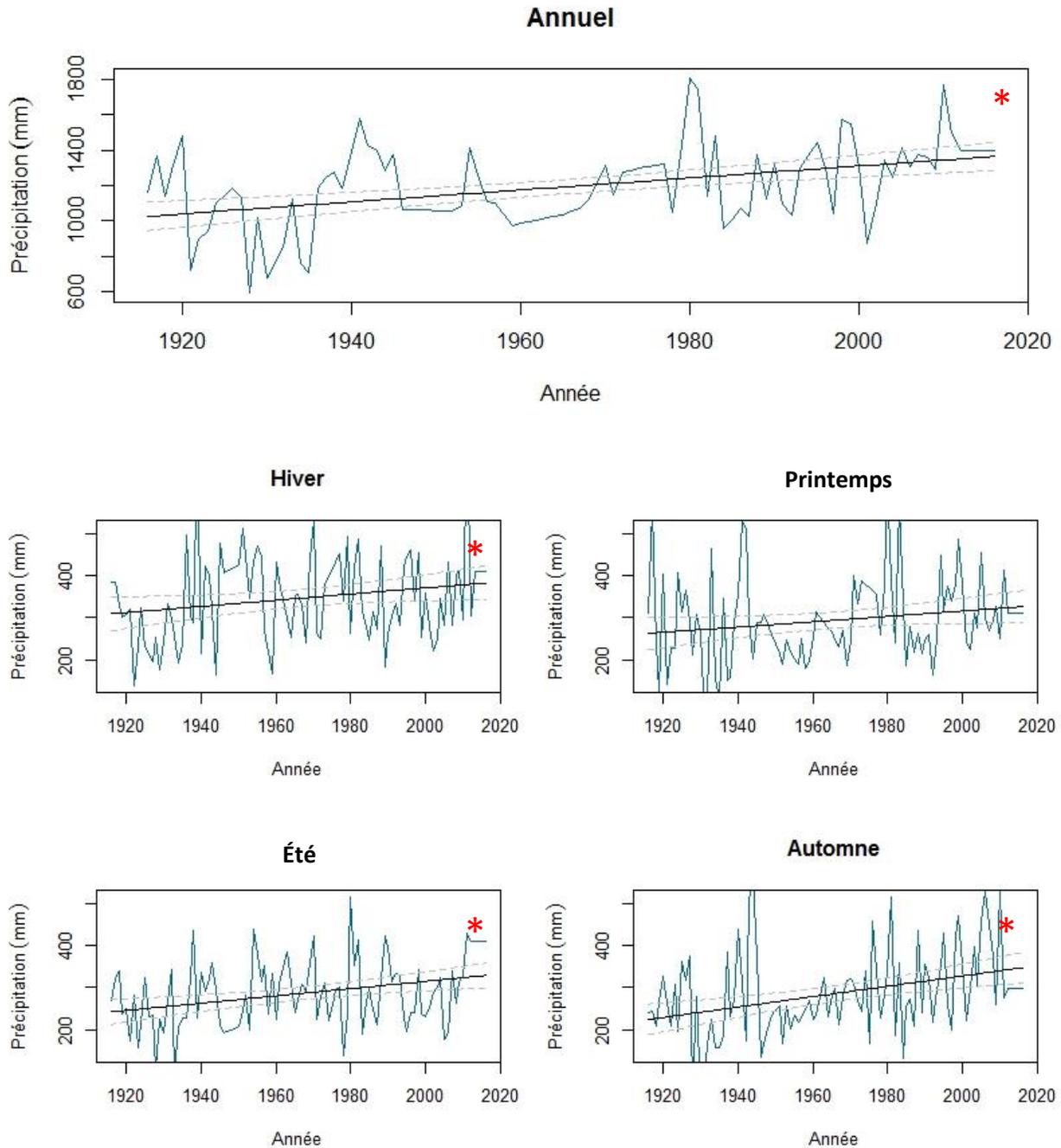
Moyenne mensuelle des températures maximales



1.2 Précipitations

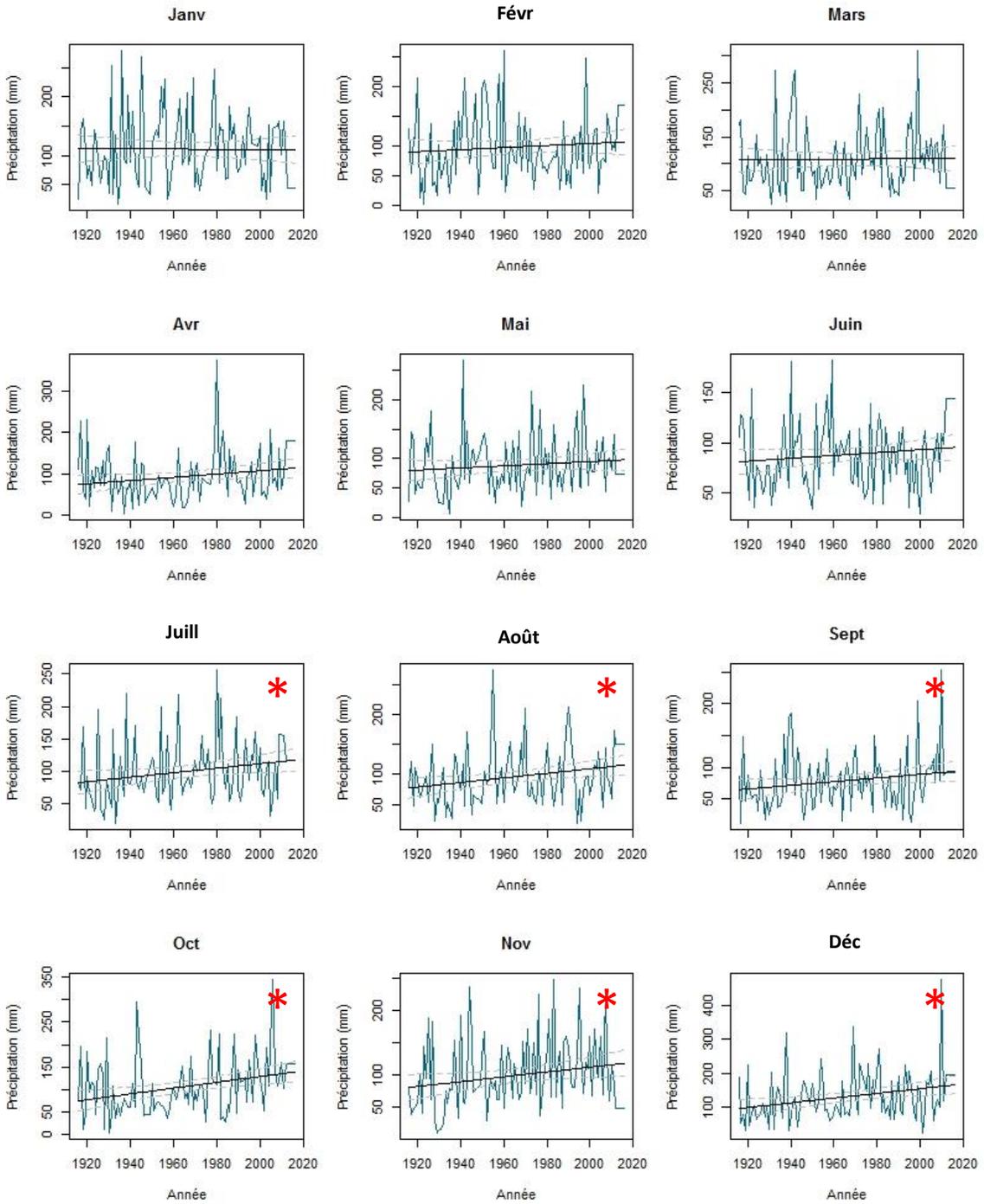
Précipitations annuelles totales à la station climatologique de Gaspé (7052605) de 1916 à 2013. Toutes les années disponibles ont été incluses et la tendance a été estimée en utilisant un modèle linéaire généralisé avec des intervalles de confiance de 95 % (R Core Team, 2014).

“*” = tendance statistiquement significative ($P < 0,05$).



Augmentation significative ($P < 0,05$) ~33% depuis 1916 des précipitations totales annuelles. Toutes les saisons montrent une augmentation significative, à l'exception du printemps, avec l'augmentation la plus prononcée en automne.

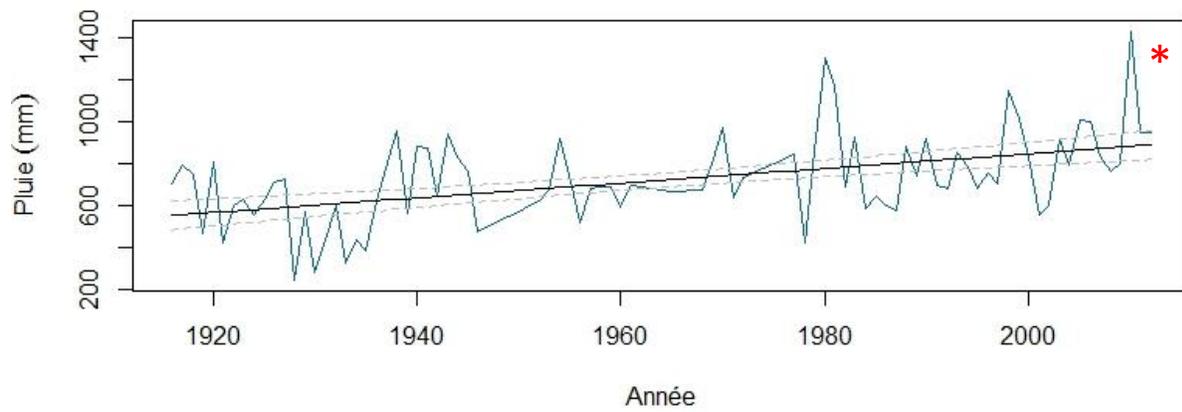
Précipitations mensuelles totales



Fraction des précipitations en pluie vs. neige

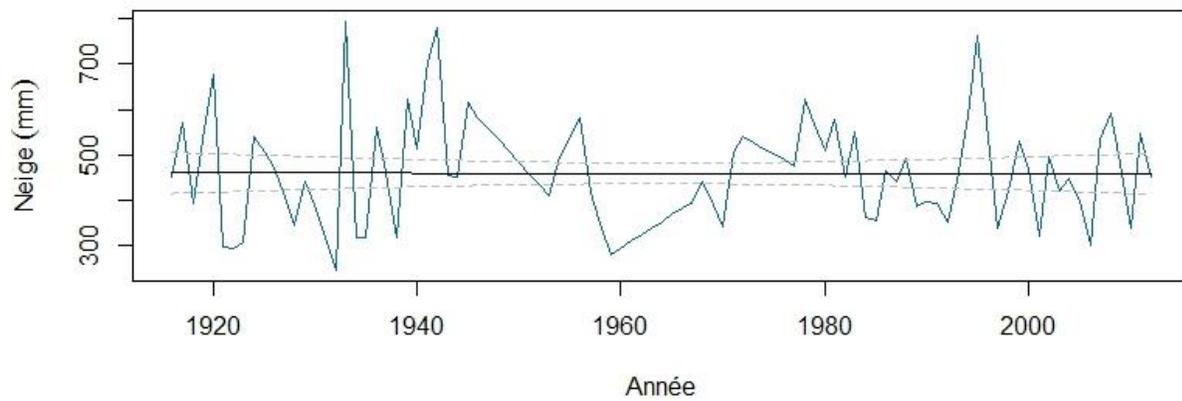
Pluie

Annuel



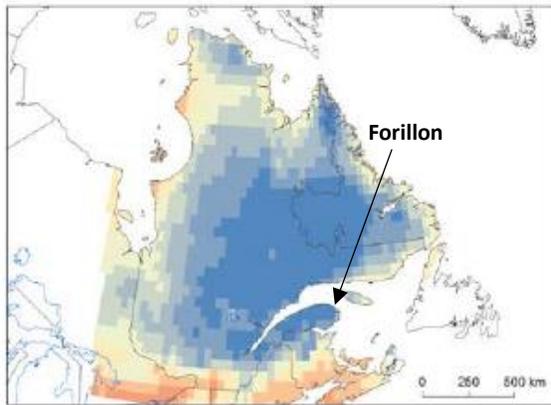
Neige

Annuel

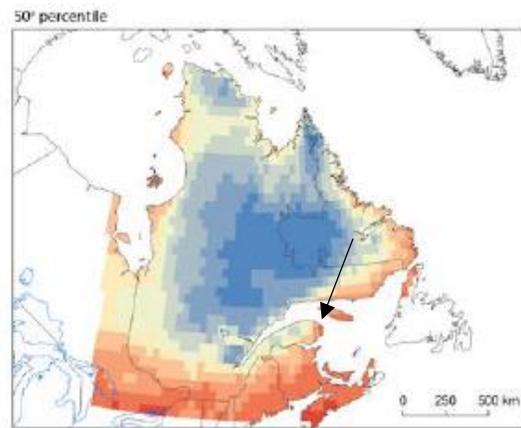


Aucune tendance significative ($P > 0,05$) d'augmentation des chutes de neiges. Augmentation significative des chutes de pluie, de 65% depuis 1916.

Observations : 1971 à 2000 (Hydro-Québec)



Horizon 2050 : RCP 8.5

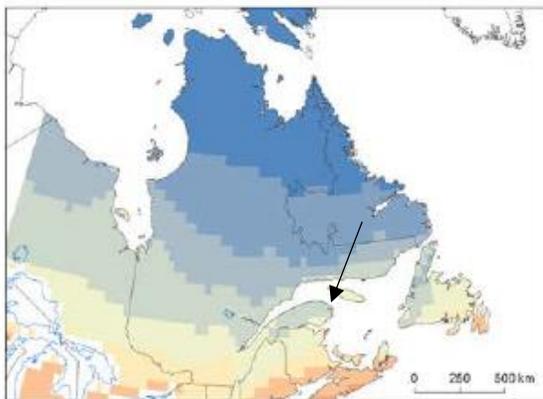


Équivalent en eau de la neige (mm) : maximum (février à mai)

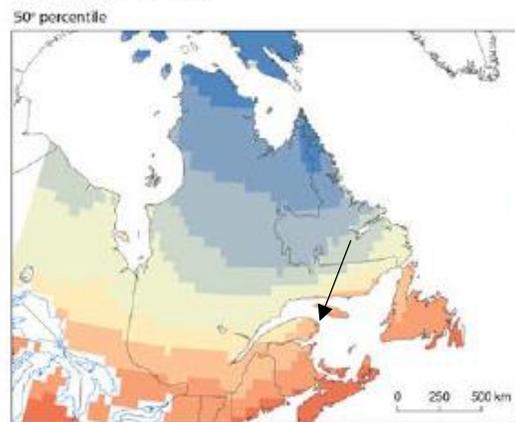


Maximum de l'équivalent en eau de la neige entre février et mai observé pour la période 1971-2000 (gauche) et projetée (droit) pour l'horizon 2050 (2041-2070). Les changements plus drastiques sont attendus vers 2041-2070 dans la région du golfe du Saint-Laurent, Forillon s'attend à une baisse significative (+200mm) du maximum de l'équivalent en eau de la neige (Ouranos, 2015).

Observations : 1999 à 2010 (IMS)



Horizon 2050 : RCP 8.5



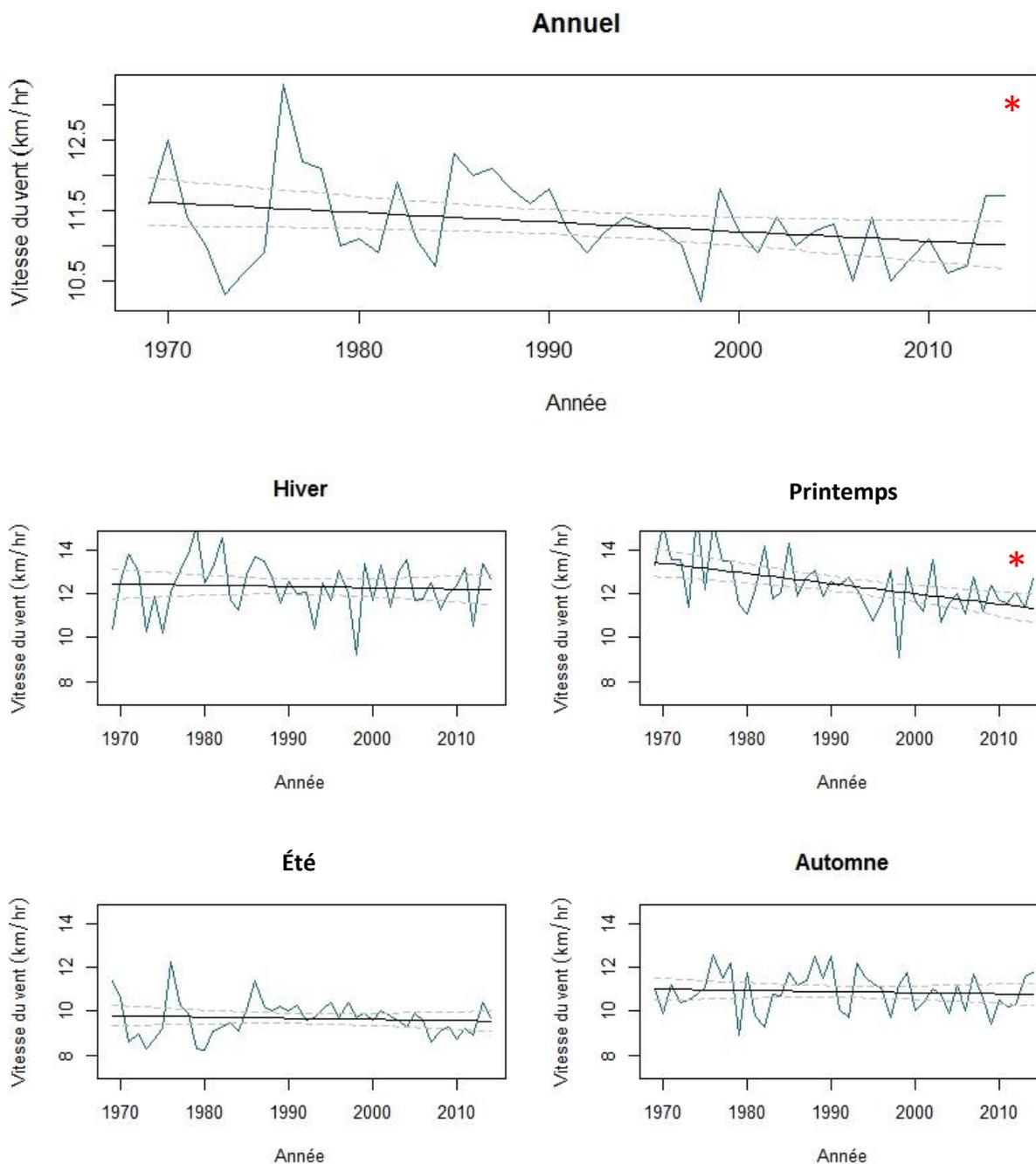
Durée de l'enneigement (jours)



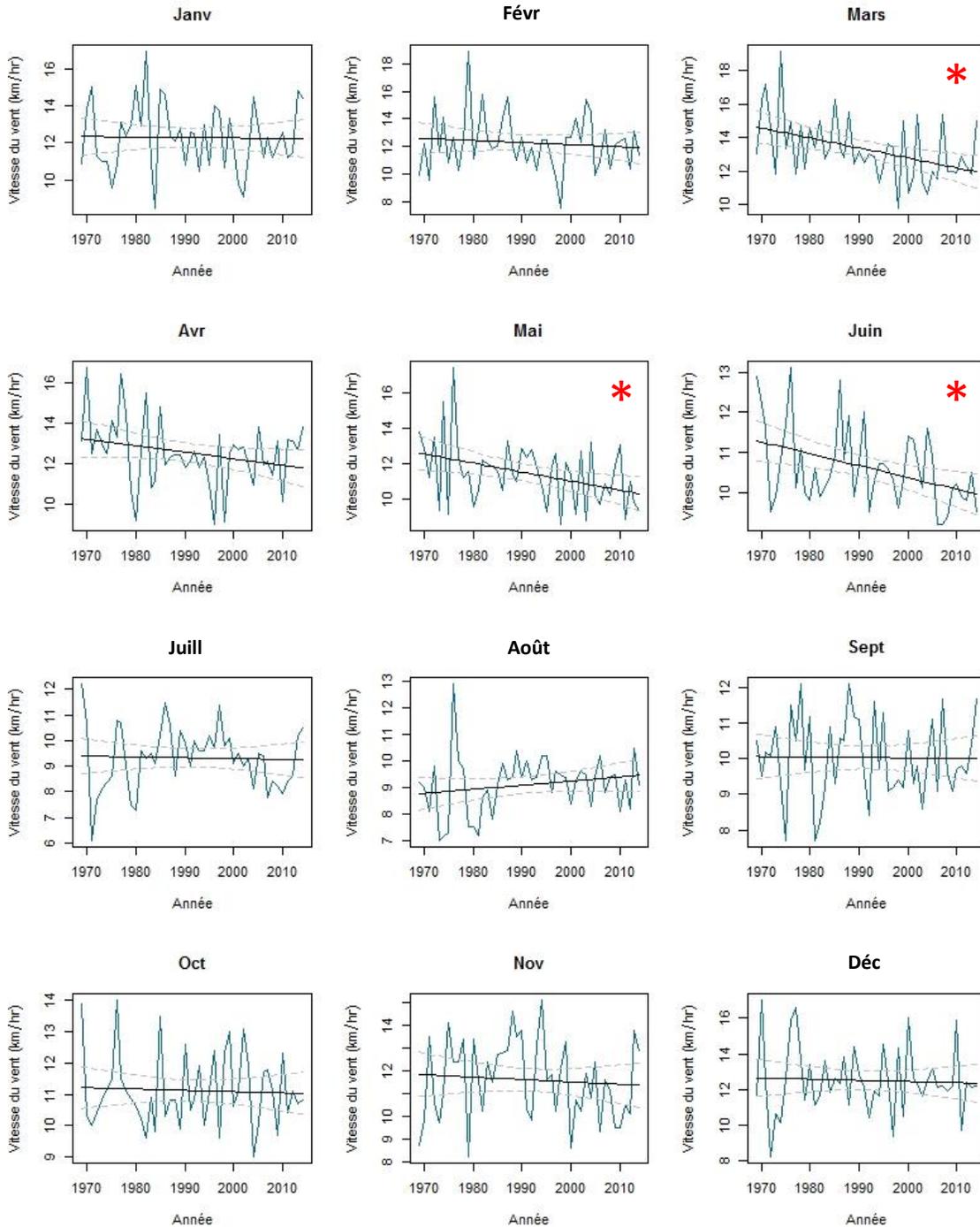
Durée de l'enneigement observée pour la période 1999-2010 (gauche) et projetée (droit) pour l'horizon 2050 (2041-2070). Dans le golfe du Saint-Laurent, la moyenne de la durée de l'enneigement observé (1999-2010) est de 160 à 180 jours. Les projections (RCP 8.5) suggèrent une réduction de la durée de l'enneigement de 45 à 75 jours pour le golfe du Saint-Laurent (Ouranos, 2015).

1.3 Moyenne mensuelle des vitesses horaires du vent

“*” = tendance statistiquement significative ($P < 0,05$).



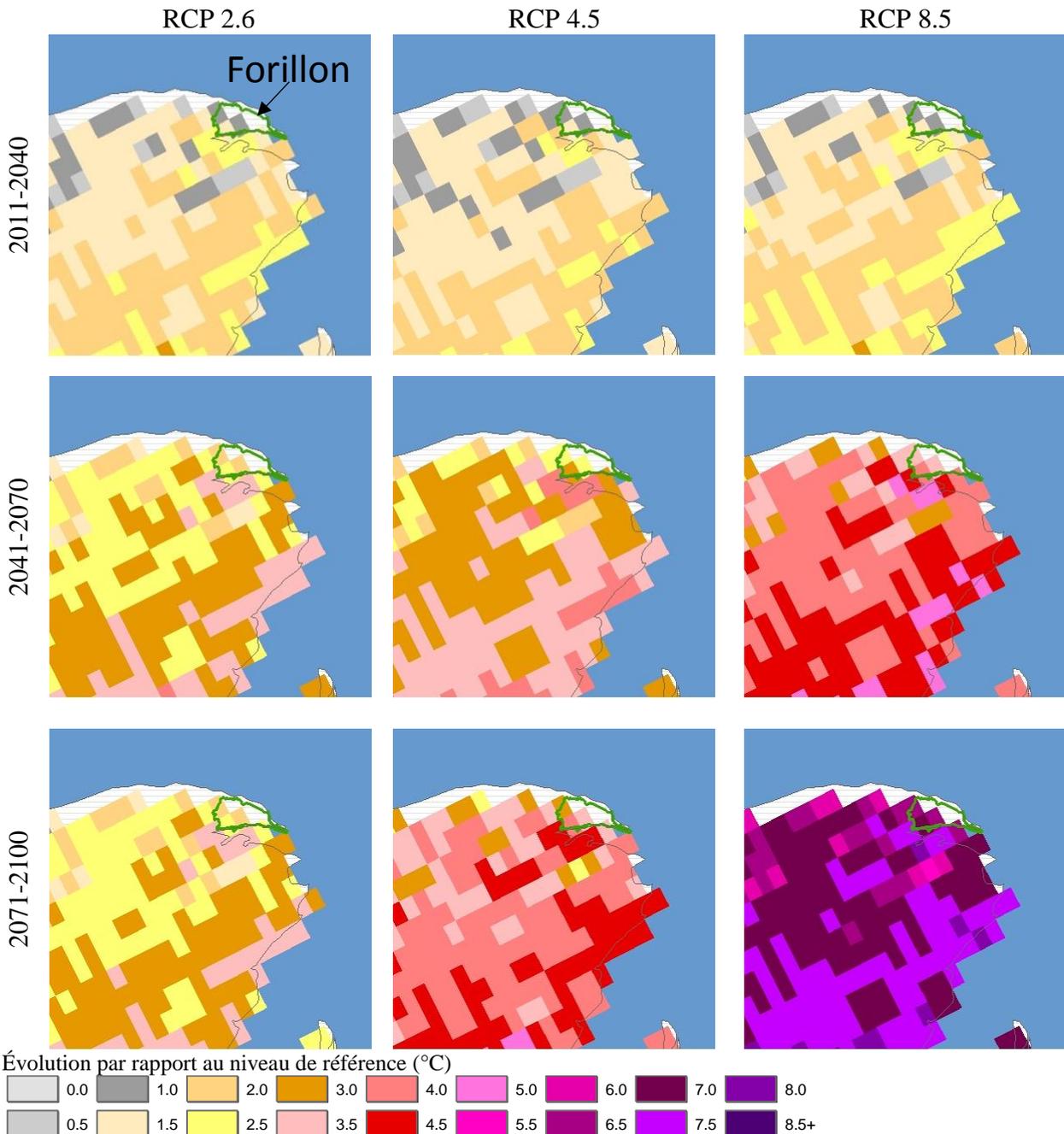
Vitesse des vents – moyennes mensuelles



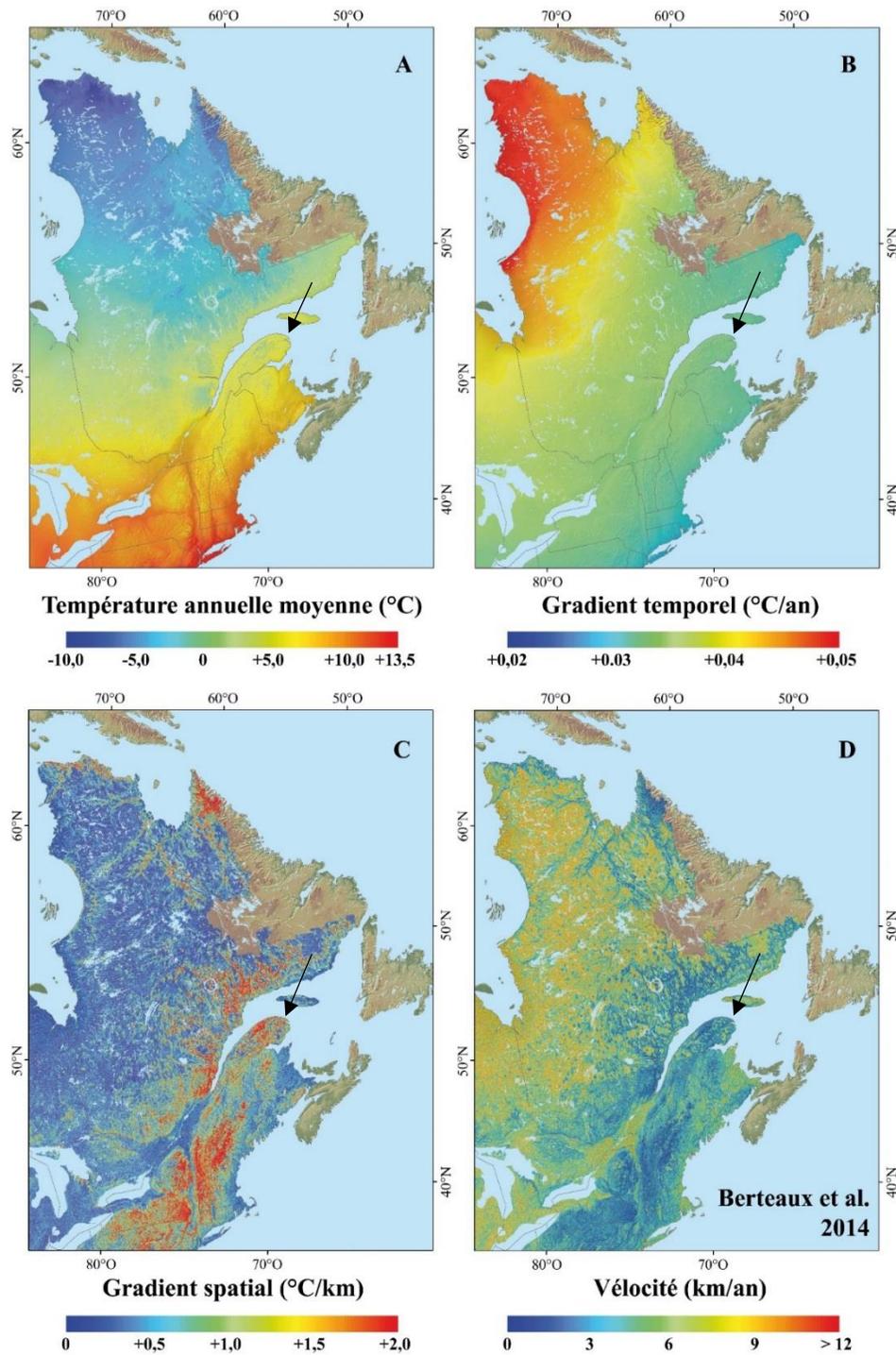
2. Projections climatiques

2.1 Températures

Température annuelle moyenne; changement par rapport au niveau de référence 1980-2010



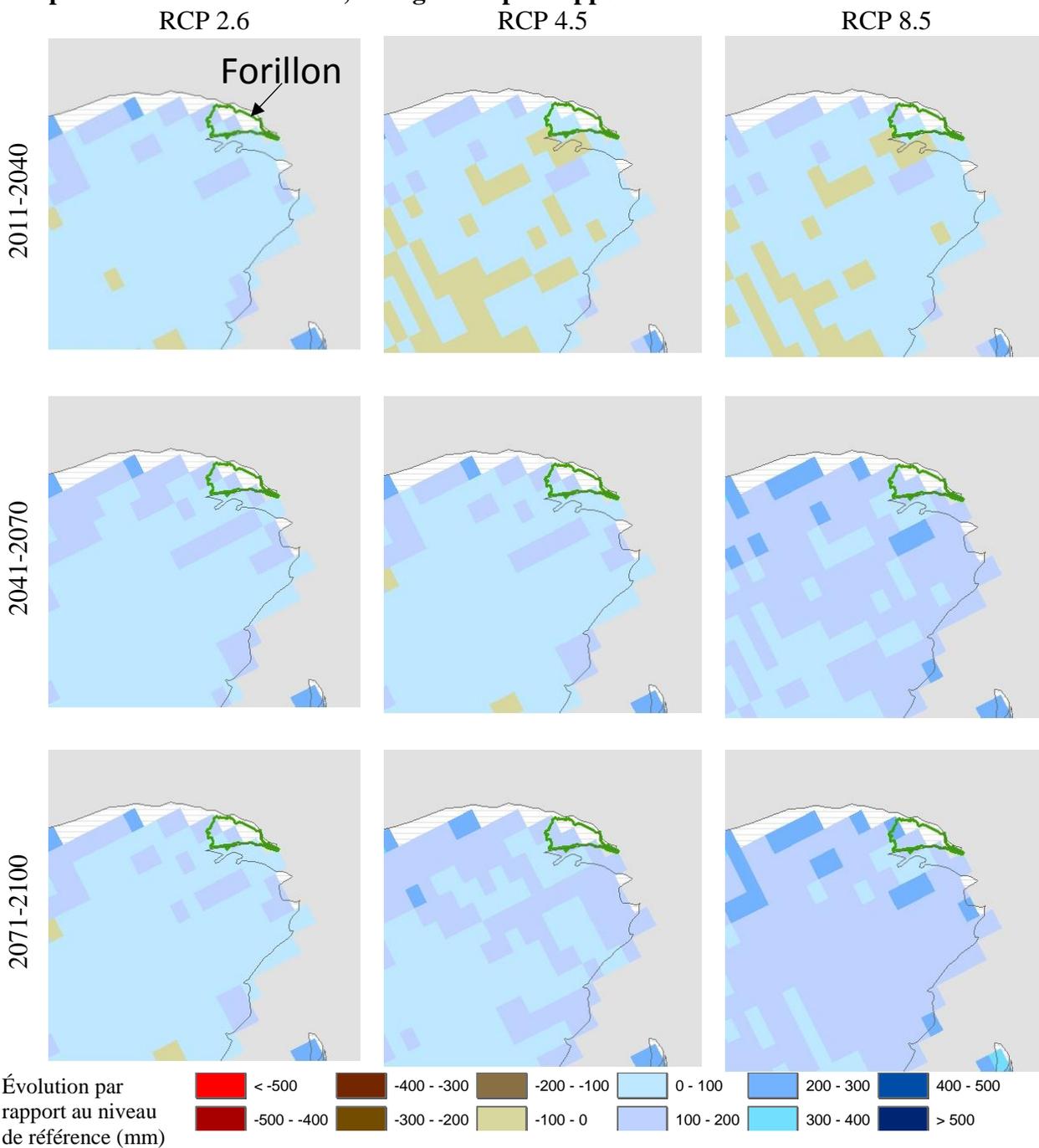
Les projections de température représentent un composite (moyenne) des résultats de quatre modèles de circulation générale mis à l'échelle et interpolés spatialement: CanESM2, CESM1CAM5, HADGEM2ES et MIROCESM à l'aide de trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (RCP) pour trois périodes futures. Données climatiques fournies par Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Sault Ste. Marie (Price et al., 2011).



Gradient spatial et temporel des températures et de la vitesse des changements climatiques pour Québec et la périphérie, à partir de 1961-1990 jusqu'à 2071-2100 (Berteaux *et al.*, 2014). La vitesse combine les gradients temporels et spatiaux. Elle est plus grande là où le réchauffement est plus rapide, mais ralentit là où le gradient spatial est fort. Les flèches noires indiquent la position du Parc national Forillon.

2.2 Précipitations

Précipitations annuelles totales; changement par rapport à la base de référence 1980-2010

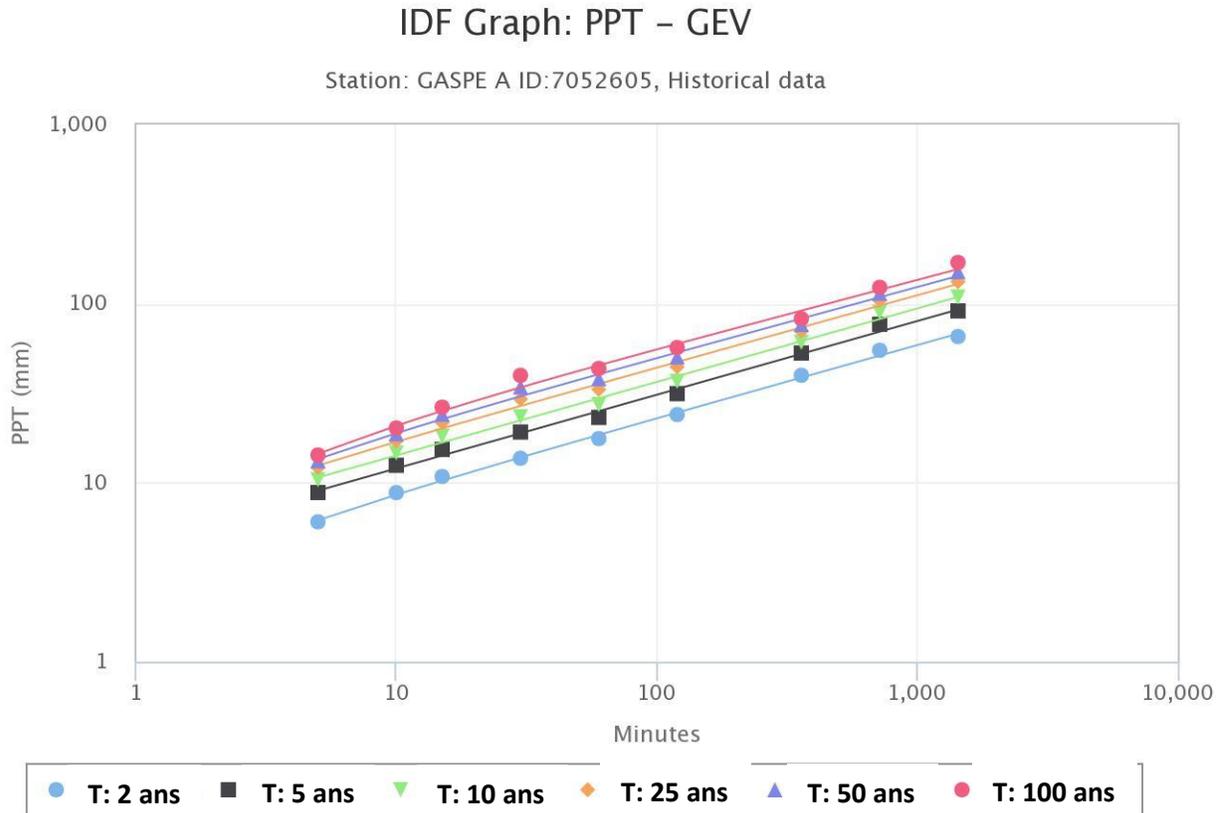


Les projections des précipitations représentent un composite (moyenne) des résultats de quatre modèles de circulation générale mis à l'échelle et interpolés spatialement: CanESM2, CESM1CAM5, HADGEM2ES et MIROCESM à l'aide de trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (RCP) pour trois périodes futures. Données climatiques fournies par Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Sault Ste. Marie (Price *et al.*, 2011).

2.3 Intensité, durée et fréquence (IDF) des précipitations

Les phénomènes météorologique extrêmes se produiront plus fréquemment et seront plus intenses à mesure que le climat se réchauffera (Ouranos, 2015).

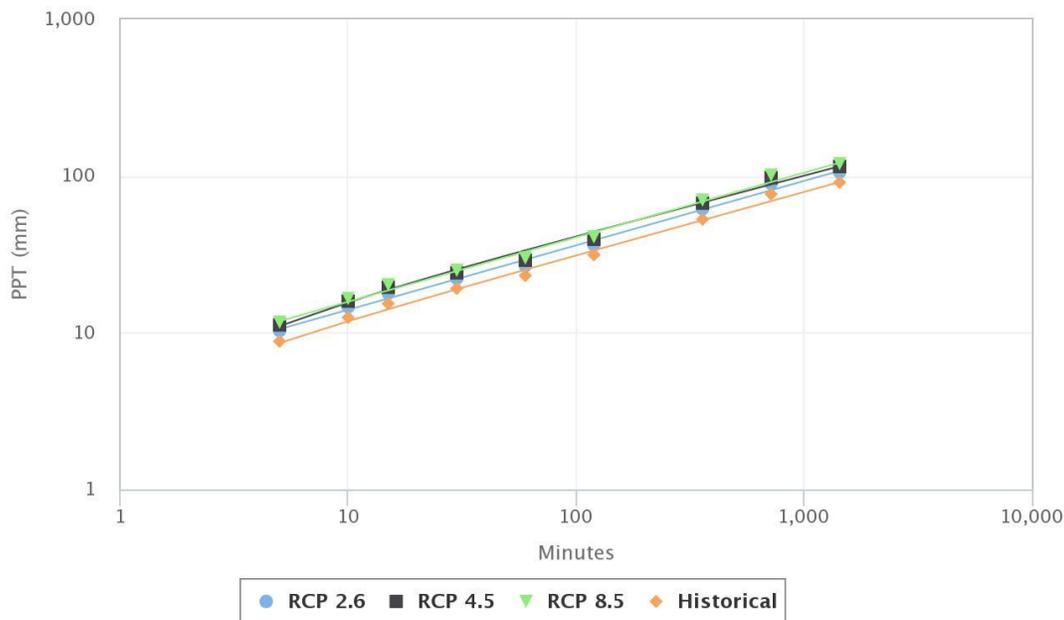
Précipitations extrêmes calculé à l'aide de l'outil IDF_CC Tool 2.0 (<http://beta.idf-cc-uwo.ca/>). L'outil utilise une distribution généralisée des valeurs extrêmes (GEV). Pour plus d'information sur les précipitations extrêmes voir Simonovic *et al.* (2017).



Base de référence des précipitations totales pour la station climatologique de Gaspé de 1980-2011 pour différentes périodes de retour (T). À titre d'exemple, les différentes droites montrent que les précipitations d'une durée de 10 minutes se produisent en moyenne à tous les 2 ans à hauteur de 9mm, alors que pour la même durée, les précipitations à hauteur de 20mm ne surviennent qu'à tous les 100 ans.

IDF Graph: PPT – GEV – T: 5 ans

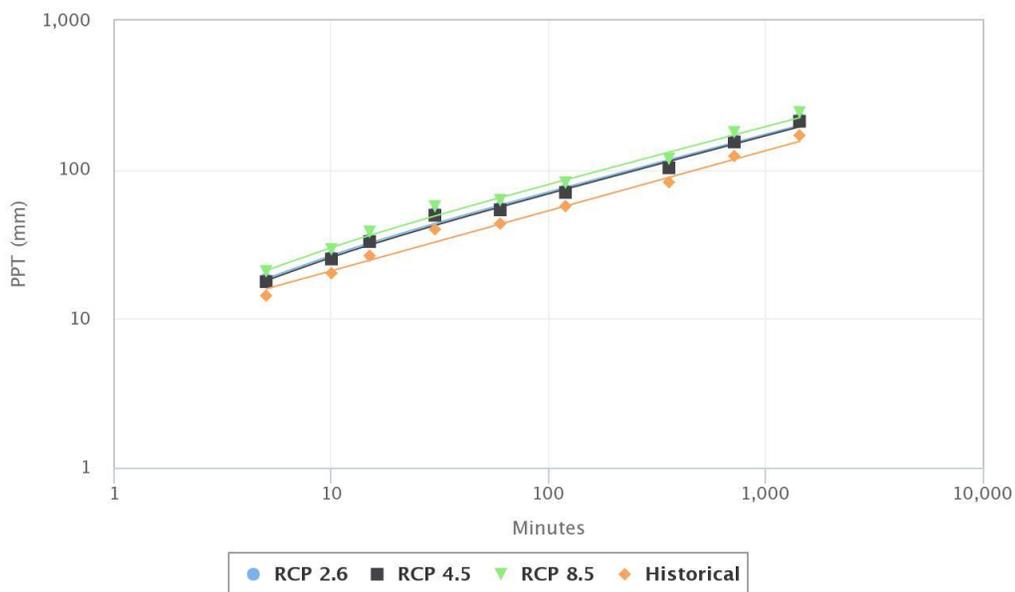
Station: GASPE A ID:7052605, Model: All Models, projection period: 2050 to 2100



Hauteurs et durées des évènements de précipitation ayant une récurrence de 5 ans pour la période de 2050-2100, basées sur les projections de l'ensemble des modèles climatiques.

IDF Graph: PPT – GEV – T: 100 ans

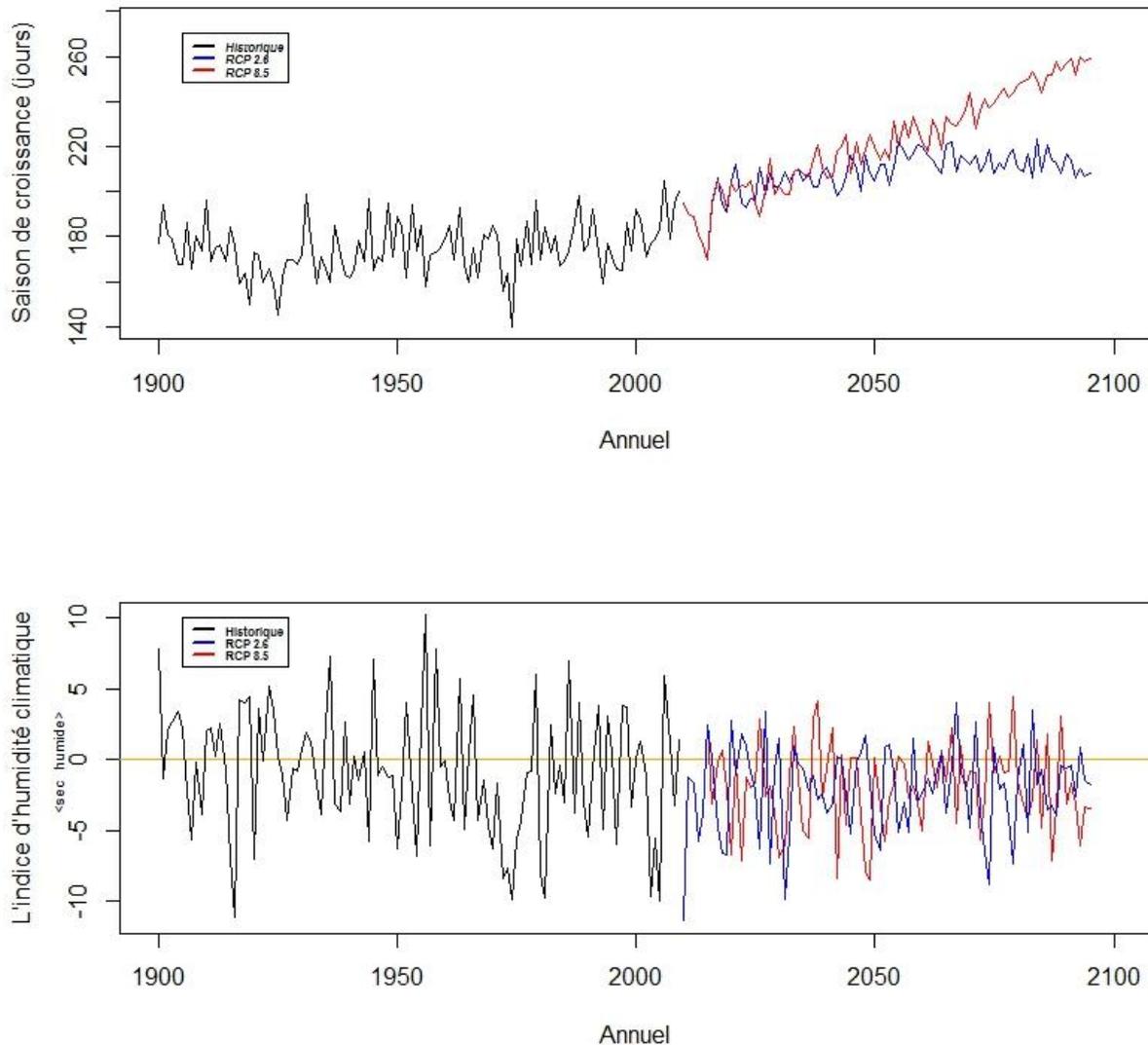
Station: GASPE A ID:7052605, Model: All Models, projection period: 2050 to 2100



Hauteurs et durées des évènements de précipitation ayant une récurrence de 100 ans pour la période de 2050-2100, basées sur les projections de l'ensemble des modèles climatiques. Une comparaison des droites de ce graphique avec celles basées sur les données historiques indique que des évènements de 169 mm/jour, ayant une récurrence passée de 100 ans, auront une récurrence de 25 ans dans le futur; les évènements de même durée ayant une récurrence de 100 ans atteindront une hauteur de 216mm/jour.

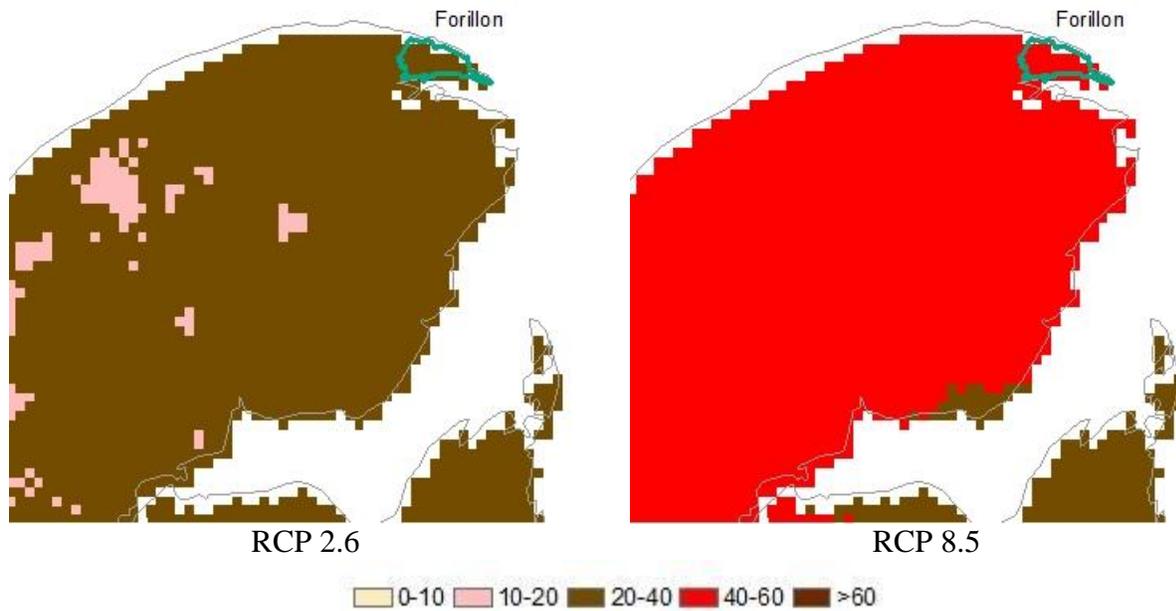
2.4 Saison de croissance et indice d'humidité climatique

L'indice d'humidité climatique (IHC) indique la différence entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle (perte potentielle d'eau d'un milieu couvert de végétation et qui ne manque jamais d'eau). Un IHC positif révèle des conditions humides et des précipitations suffisantes au maintien d'une forêt à couvert fermé. À l'opposé, un IHC négatif reflète des conditions climatiques sèches, qui peuvent au mieux soutenir des zones discontinues de type forêt-parc. <http://www.nrcan.gc.ca/forests/climate-change/forest-change/17772>



Extension de la durée de la saison de croissance et conditions plus sèches observées et projetées (sous le RCP 2.6 et 8.5), à la station climatique de Gaspé.

2.5 Feux de Forêts

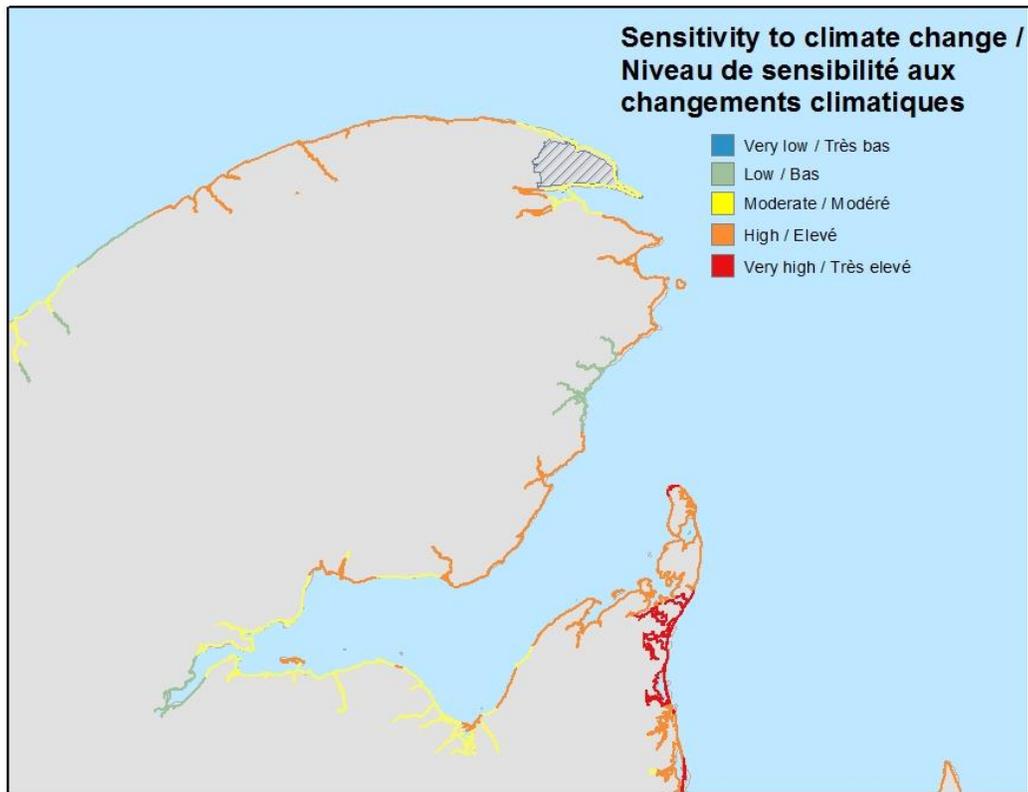


Augmentation de la durée (en jours) de la saison des feux de forêts selon les scénarios RCP 2.6 et 8.5.
<http://cfs.nrcan.gc.ca/fc-data-catalogue>.

Voir aussi:

Germain *et al.* (2005) Snow avalanche activity after fire and logging disturbances, northern Gaspé Peninsula, Quebec, Canada

2.6 Sensibilité côtière



Carte préliminaire de la sensibilité des zones côtières aux changements climatiques. La sensibilité est fonction des matériaux de la zone côtière, du relief, de la glace au sol, de la hauteur des vagues, de l'amplitude des marées, des tendances récentes de la concentration de glace de mer et la hausse prévue du niveau de la mer jusqu'en 2050. Données fournies par Ressources naturelles Canada (Couture and Manson, 2016).

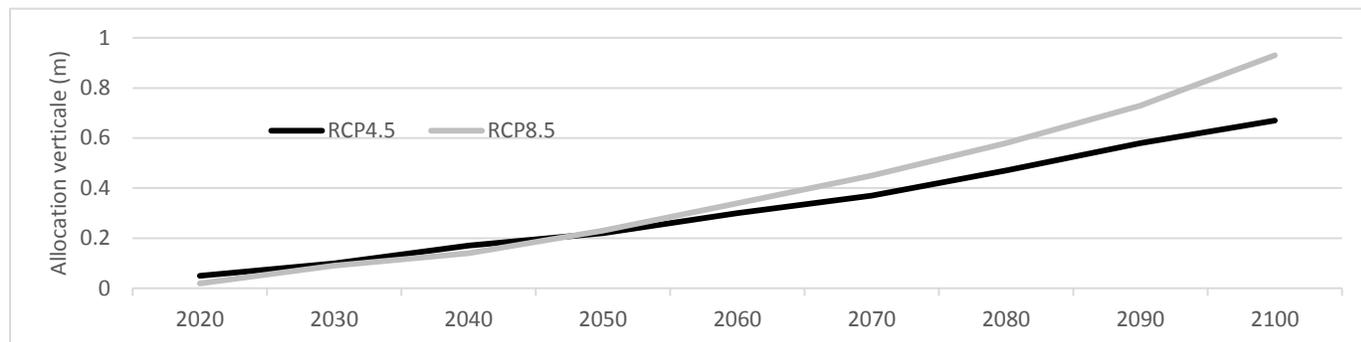
Les glaces marines

Durant la période 1998-2013, la couverture de glace marine moyenne annuelle dans la région de la cote est a diminué de 1.53% par année (Lemmen *et al.*, 2016). Selon les projections pour l'horizon 2041-2070, l'englacement dans le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent surviendra de 10 à 20 jours plus tard, et la fonte des glaces de 20 à 30 jours plus tôt par rapport à la période de 1982-2011 (Senneville *et al.*, 2014). La concentration de glace maximale annuelle pourrait diminuer de 67% dans cette région (Ouranos, 2015).

La diminution de l'englacement de long des côtes expose davantage le littoral aux événements extrêmes comme les vagues de tempêtes et favorise l'érosion côtière, avec des risques accrues pour les bâtiments et les infrastructures. Dans le golfe du Saint-Laurent, les écosystèmes côtiers dynamiques littoraux à pente faible sont maintenant menacés directement par la submersion et l'érosion marines dues aux changements climatiques (Ouranos, 2015).

2.7 Hausse du niveau de la mer

Hauteur d'élévation par rapport au niveau de la mer: Rivière-au-Renard (Québec)



Outil canadien d'adaptation aux niveaux d'eau extrêmes (OCANEE, <http://www.bio.gc.ca/science/data-donnees/index-fr.php>). Les niveaux d'eau extrêmes le long du littoral maritime découlent d'une combinaison de plusieurs facteurs, à savoir les ondes de tempête, les marées et les vagues océaniques.

Le niveau de la mer devrait augmenter de 30 à 75 cm dans le golfe du Saint-Laurent, ce qui augmentera l'érosion et la submersion des zones côtières sensibles (Ouranos, 2015).

Salinité de la mer

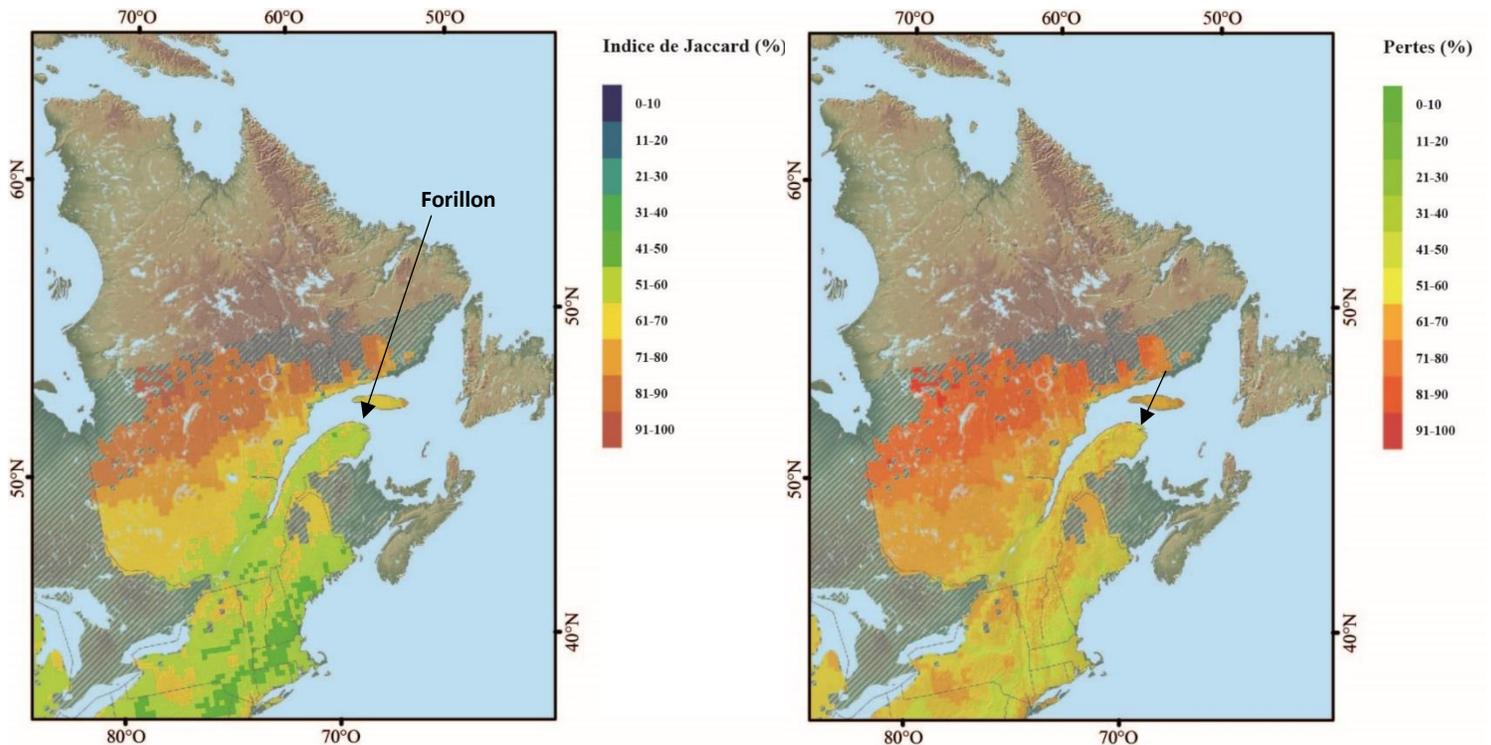
Une tendance à la baisse de la salinité des eaux de surfaces et à 50m de profondeur pour le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent sur la période 1950-2011 (Ouranos, 2015).

Érosion côtière

L'augmentation de l'intensité des tempêtes et la diminution de la couverture de glace augmente le risque d'inondation et l'érosion côtière (Bernatchez et al., 2013). Par exemple, une étude de la dynamique côtière de la Péninsule de Penouille (Voir section 3) au PN de Forillon a identifié une vulnérabilité qui a mené à la relocation d'infrastructure et de sentier.

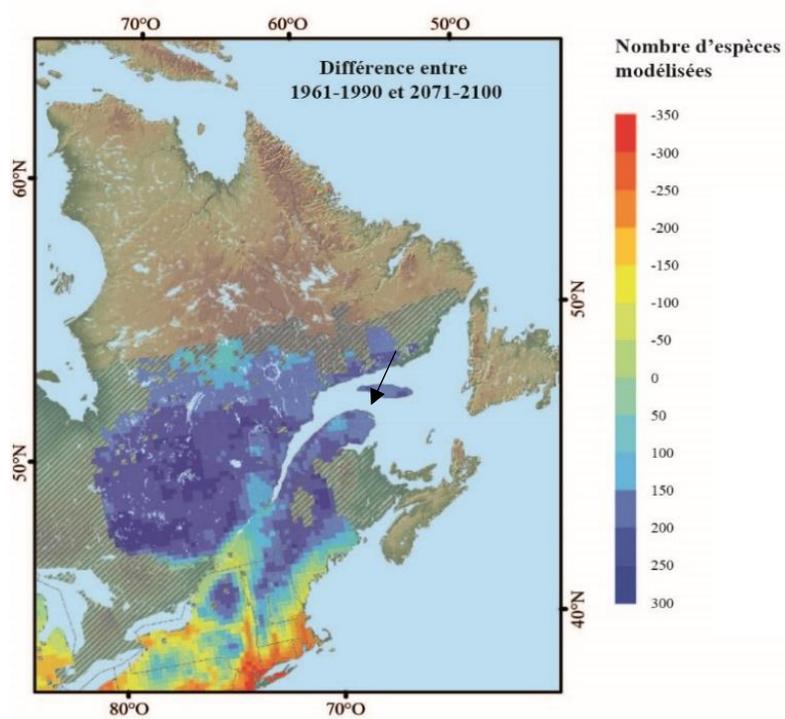
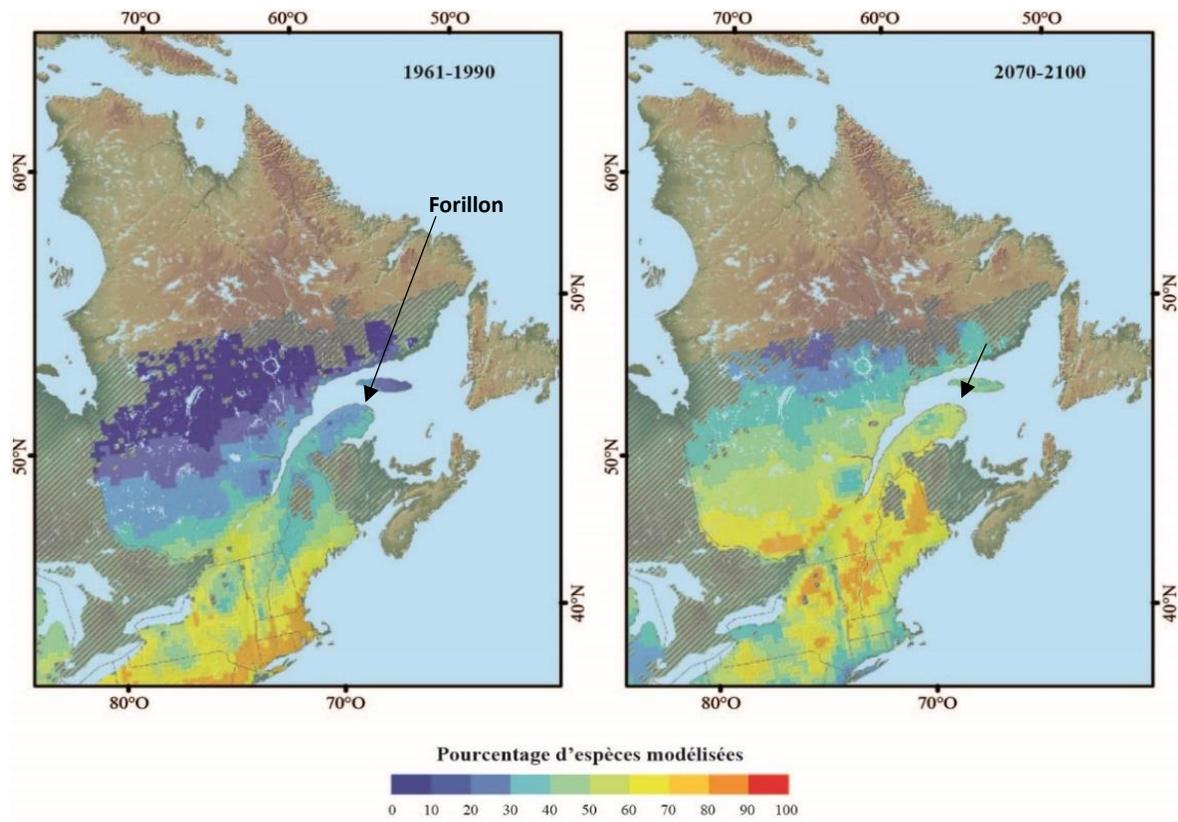
2.8 Biodiversité

Sous l'effet du réchauffement, les aires de répartition de centaines d'espèces pourrait se déplacer vers le nord de 45 à 70 km par décennie (Ouranos, 2015). Par la fin du siècle le Québec devrait ainsi présenter des conditions climatiques favorables à l'arrivée de nombreuses nouvelles espèces, tandis que certaines espèces indigènes n'auront probablement pas la capacité de suivre le rythme accéléré des changements climatiques.

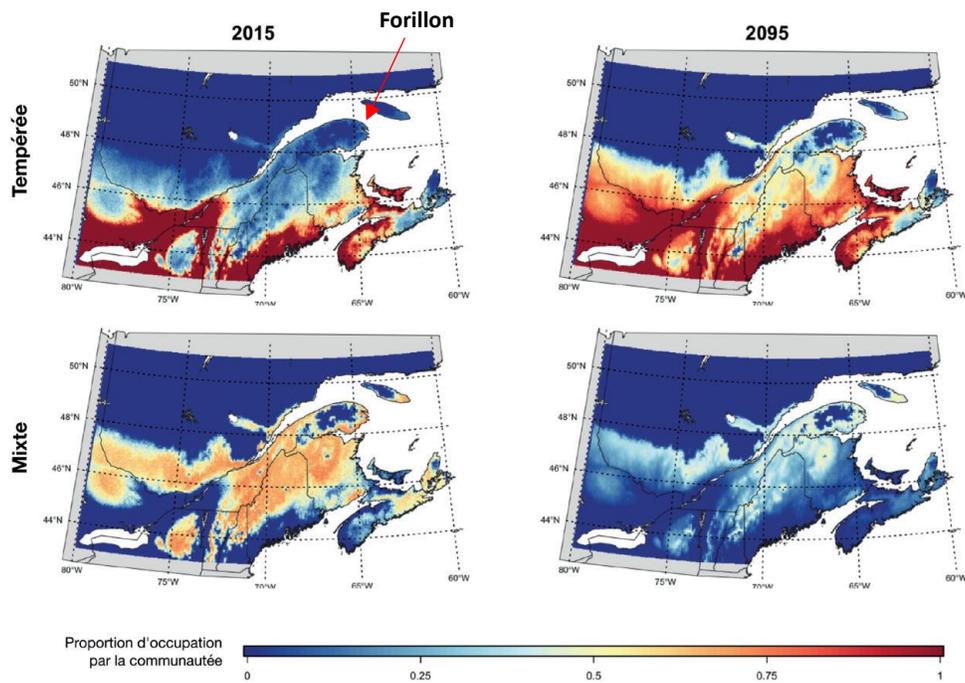


(Gauche) Remaniement potentiel avec le changement climatique entre la biodiversité dans le passé (1961-1990) et prévue dans le future (2071-2100), dans le sud du Québec et les régions voisines (Berteaux *et al.*, 2014).

(Droite) Pourcentage d'espèces pour lesquelles les conditions climatiques étaient favorables dans le passé (1961-1990), mais ne le seront plus avec le climat prévu dans le future (2071-2100) (Berteaux *et al.*, 2014).



Effets potentiels sur 765 espèces modélisées des changement climatiques dans le passé (1961-1990) et prévus dans le future (2071-2100), dans le sud du Québec et les régions voisines (Berteaux *et al.*, 2014).



Carte des distributions projetées de la forêt tempérée et mixte à partir du modèle de simulation pour le scénario RCP 8.5. Absence de progression de la forêt tempérée vers le nord et la diminution de la présence de forêt mixte. (Gravel et al.,2015)

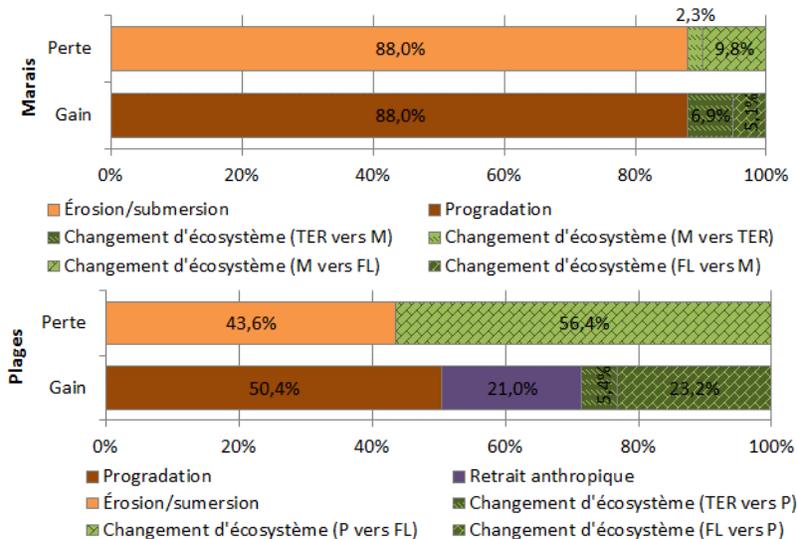
3. Péninsule de Penouille

Extrait de Bernatchez et al., 2016

Penouille (166 ha) est une flèche littorale située sur la rive nord de la baie de Gaspé, s'agit d'une vaste accumulation sableuse qui est reliée à la terre ferme par un étroit cordon littoral, sur lequel est aménagé un accès afin de permettre aux visiteurs de se rendre à son extrémité. Depuis la création du Parc national Canada Forillon (PNCF) en 1970, son intégrité écologique est maintenue. Les écosystèmes côtiers de Penouille sont assez stables et la configuration de la flèche littorale est demeurée assez stable (1963-2008).

Le bilan net est à peine négatif (perte de 0,28 ha), soit une diminution de 1,31 % par rapport à la superficie initiale (1963). On observe des pertes pour un total de 1,32 ha généralement attribuables à l'érosion/submersion (88 %), mais celles-ci sont compensées, ailleurs, par des gains de 1,30 ha surtout obtenu via une migration vers la mer (progradation) (88 %).

L'écosystème de flèche littorale a perdu, au total, une superficie de 1,98 ha (diminution de 19,24 %) depuis 1963. Les pertes (5,93 ha) n'ont donc pas été complètement compensées par les gains (3,94 ha), attribuables à un changement d'écosystème littoral remplacé par un écosystème terrestre (71,9 %; 4,26 ha) et des pertes via le changement à plage (14,3 %), résultant de l'érosion de l'extrémité ouest et donc de la migration subséquente de la plage.



Cause des pertes et gains d'écosystème de marais et des plages pour le site de Penouille pour la période 1963-2008 (Bernatchez et al., 2016)

4. Références

- Bernatchez, P., Quintin, C., Fraser, C., Neumeier, U., Jolivet, Y., Houde-Poirier, M., Hétu, B., Gibeault, C., Boucher-Brossard, G., and Marie, G. (2013). *Dynamique de l'écosystème côtier de la péninsule de Penouille dans un contexte de changements climatiques, Parc national du Canada Forillon: Rapport final*. Université du Québec à Rimouski, Rapport remis au Parc national du Canada Forillon. Laboratoire de dynamique et de gestion intégrée des zones côtières
- Bernatchez, P., Jolicoeur, S., et Savard, J.P. (2016). *Impacts des changements climatiques et des contraintes physiques sur le réajustement des écosystèmes côtiers du golf et de l'estuaire du Saint-Laurent et évaluation des mesures d'atténuation de ces impacts*. Ouranos. <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/RapportBernatchez2016.pdf>
- Berteaux, D., N. Casajus, and S. De Blois. 2014. *Changements climatiques et biodiversité du Québec. Vers un nouveau patrimoine naturel*. Presses de l'Université du Québec.
- Couture, N. J. and Manson, G. K. (2016). *CanCoast: a tool for helping to assess climate vulnerability*. Natural Resources Canada. Geological Survey of Canada
- Drejza, S., Bernatchez, P., and Dugas, C. (2011). Effectiveness of land management measures to reduce coastal georisks, eastern Quebec, Canada. *Ocean & Coastal Management*, 54(4), 290-301. doi:10.1016/j.ocecoaman.2011.01.001.
- Germain, D., Fillion, L., and Hetu, B. (2005). Snow avalanche activity after fire and logging disturbances, northern Gaspé Peninsula, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 42(12), 2103-2116. doi:10.1139/e05-087.
- Gravel, D., Bergeron, Y., Doyon, F., Messier, C., Berteaux, D., et Valeria, O.E. (2015). *Quantifier et cartographier les impacts des changements climatiques sur la productivité des forêts de l'est du Canada*. Ouranos. https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/FicheGravel2016_FR.pdf
- Lawler, J. J., Shafer, S. L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E. P., Blaustein, A. R., and Bartlein, P. J. (2009). Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology*, 90(3), 588-597. doi:10.1890/08-0823.1.
- Lindsay, K., Gobeil, J.-F., Lawler, J. L., Schloss, C., Beazley, K. F., and Beechey, T. J. (2016). *Wildlife Conservation, Protected Areas and Climate Change in Canada: Implications of Projected Species Range Shifts*. Canadian Council on Ecological Areas, CCEA Secretariat, Ottawa, Ontario. http://www.ccea.org/wp-content/uploads/2015/10/CCEA_WildlifeConservationProtectedAreasandClimateChangeinCanada_Digital.pdf.

- Ouranos. (2015). *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec. Édition 2015*, Montréal, Québec. <https://www.ouranos.ca/publication-scientifique/SyntheseRapportfinal.pdf>.
- Price, D. T., McKenney, D. W., Joyce, L. A., Siltanen, R. M., Papadopol, P., and Lawrence, K. (2011). *High-Resolution Interpolation of Climate Scenarios for Canada Derived from General Circulation Model Simulations*. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta. <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=32971>.
- R Core Team. (2014). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>
- Simonovic, S. P., Schardong, A., and Sandink, D. (2017). Mapping Extreme Rainfall Statistics for Canada under Climate Change Using Updated Intensity-Duration-Frequency Curves. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 143(3), 12. doi:10.1061/(asce)wr.1943-5452.0000725.