The background features a complex collage of scientific data. It includes several line graphs with error bars, contour plots, and mathematical formulas. Visible equations include $L = \ln(0) = \ln\left(\frac{P_1 Q_2}{P_2 - P_2}\right)$, $[Cd^{2+}] = 5 \text{ nmol L}^{-1}$, $K_{ads} Pb = 98 \pm 55 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$, and $SE = \sqrt{n_1 - p_1 - q_1 + n_2 - p_2 - q_2}$. There are also labels like 'tds', 'pH 6.4', 'pH 5.5', and 'pH 4.8'. The overall theme is hydrological and environmental science.

Inventaire des Méthodes d'Intégration des Sorties de Modèles de Climat pour les Études Hydrologiques d'Impact et Adaptation à l'Échelle du Bassin Versant

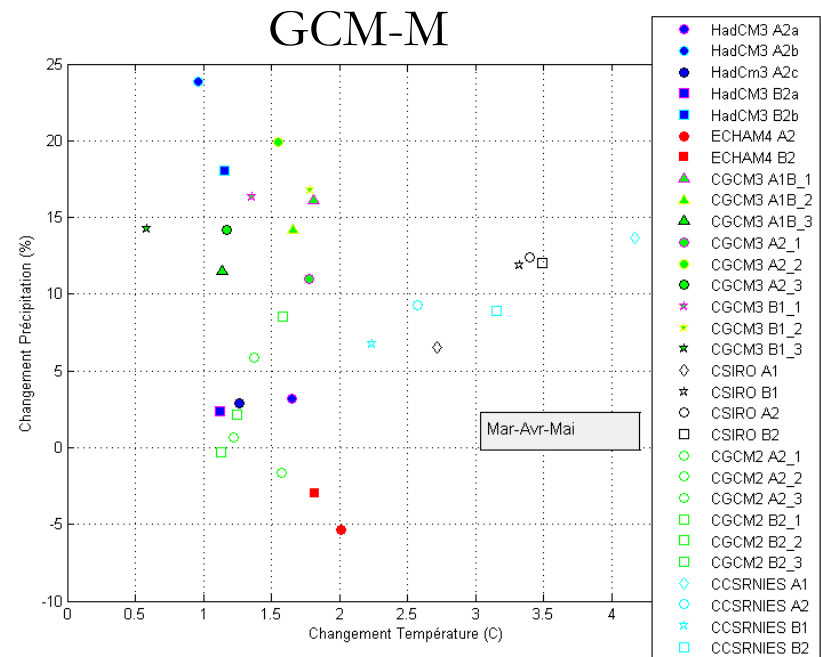
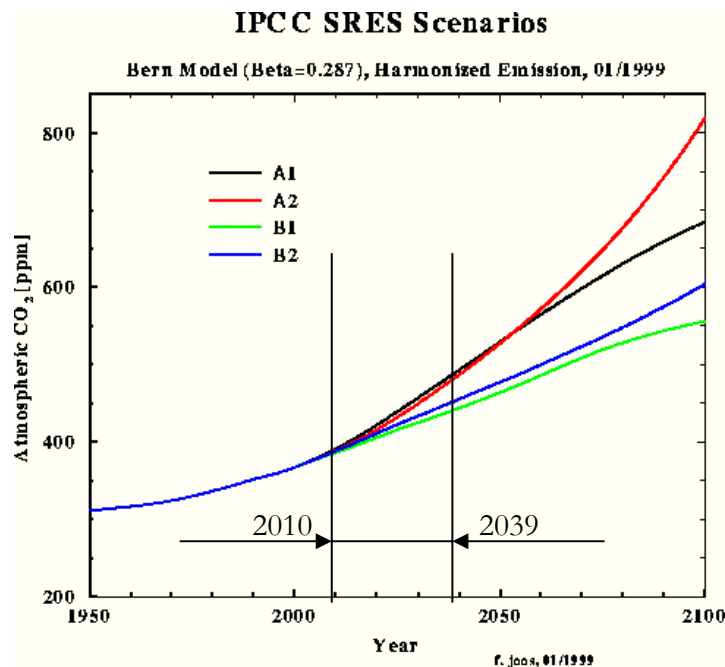
Atelier Simulations Climatiques, 9 & 10 juin, Ouranos, Montréal

Contexte

- *FACC – Ouranos, INRS, IRDA, FAQ, MAPAQ (2004-2006)*
Étude des Influences Passée et Future de
l'Occupation Agricole du Territoire sur le Régime
Hydrologique et la Qualité de l'Eau d'un Bassin
Versant l'aide d'un Système de Modélisation
Intégrée (GIBSI/HYDROTEL)^[1-3]

-
1. Quilbé R, Rousseau AN, Moquet JS, Trinh NB, Dikibe Y, Gachon P, Chaumont D. 2008. Assessing the effect of climate change on river flow using general circulation models and hydrological modelling – Application to the Chaudiere River, Quebec, Canada. *Canadian Water Resources Journal* 33(1): 73-94.
 2. Quilbé R, Rousseau AN, Savary S, Ricard S, Moquet JS, Garbouj MS. 2008. Impact of historical and future land use on the hydrological regime of a Canadian watershed. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12: 1-10.
 3. Savary, S, Rousseau AN, Quilbé R. 2008. Assessing the impact of past land use changes on runoff and low flows using remote sensing and distributed hydrological modeling (under review)

Impact des CC sur les débits et les écoulements annuels sous des conditions invariantes d'occupation agricole du territoire (1995) du bassin de la rivière Chaudière, Québec (1970-1999 vs 2010-2039)



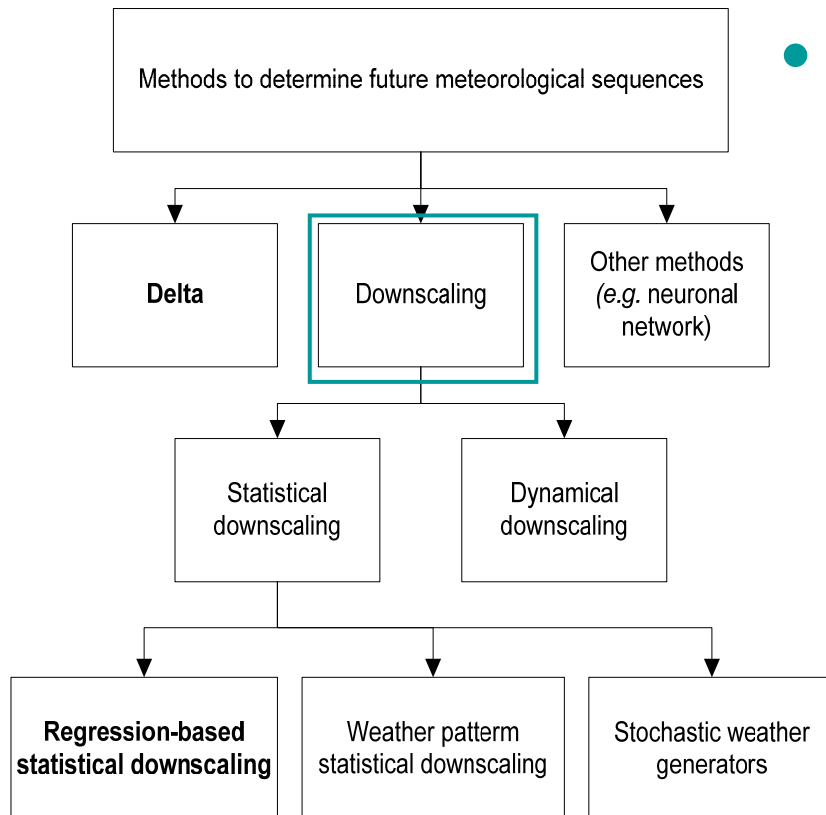
Objectifs

- Faire un inventaire des méthodes de mise à l'échelle des sorties de GCM
- Développer un cadre de travail
 - *Tenant compte des incertitudes associées aux différentes combinaisons de GCM-M et aux méthodes de mise à l'échelle*
 - *S'appuyant sur l'analyse fréquentielle et la comparaison de distributions des écoulements et débits simulés*

GCM & Modélisation Hydrologique

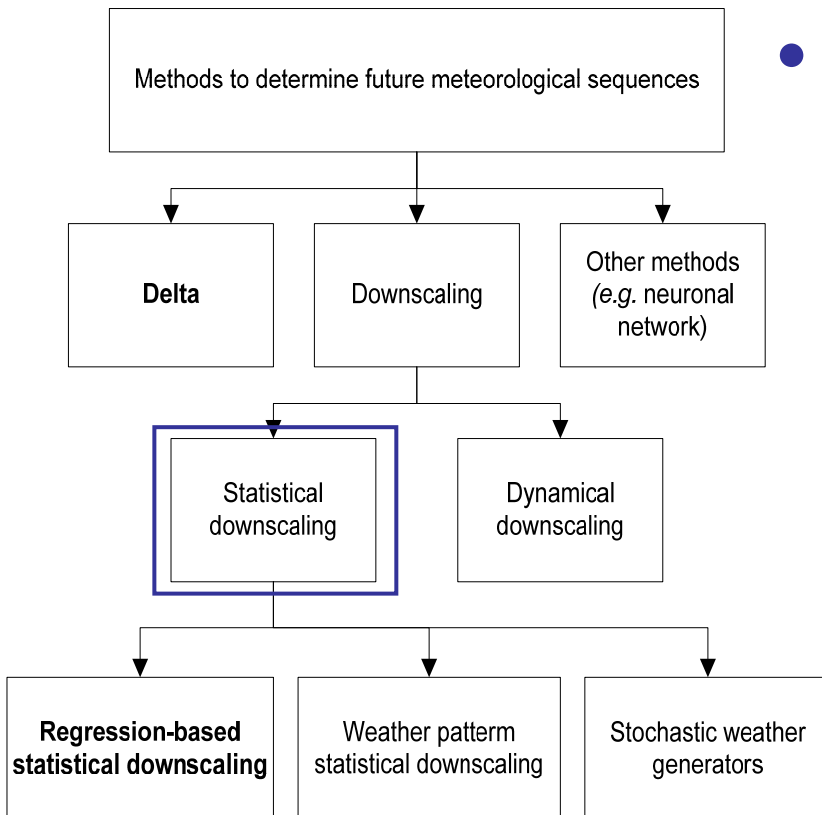
- Besoins de mise à l'échelle
 - *Disparité entre les échelles de résolution*
 - *Fiabilité questionable de certaines variables de sorties influencées par les processus sous-mailles tels que ceux impliquant les nuages*

Méthodes de Production de Chroniques Météorologiques Futures

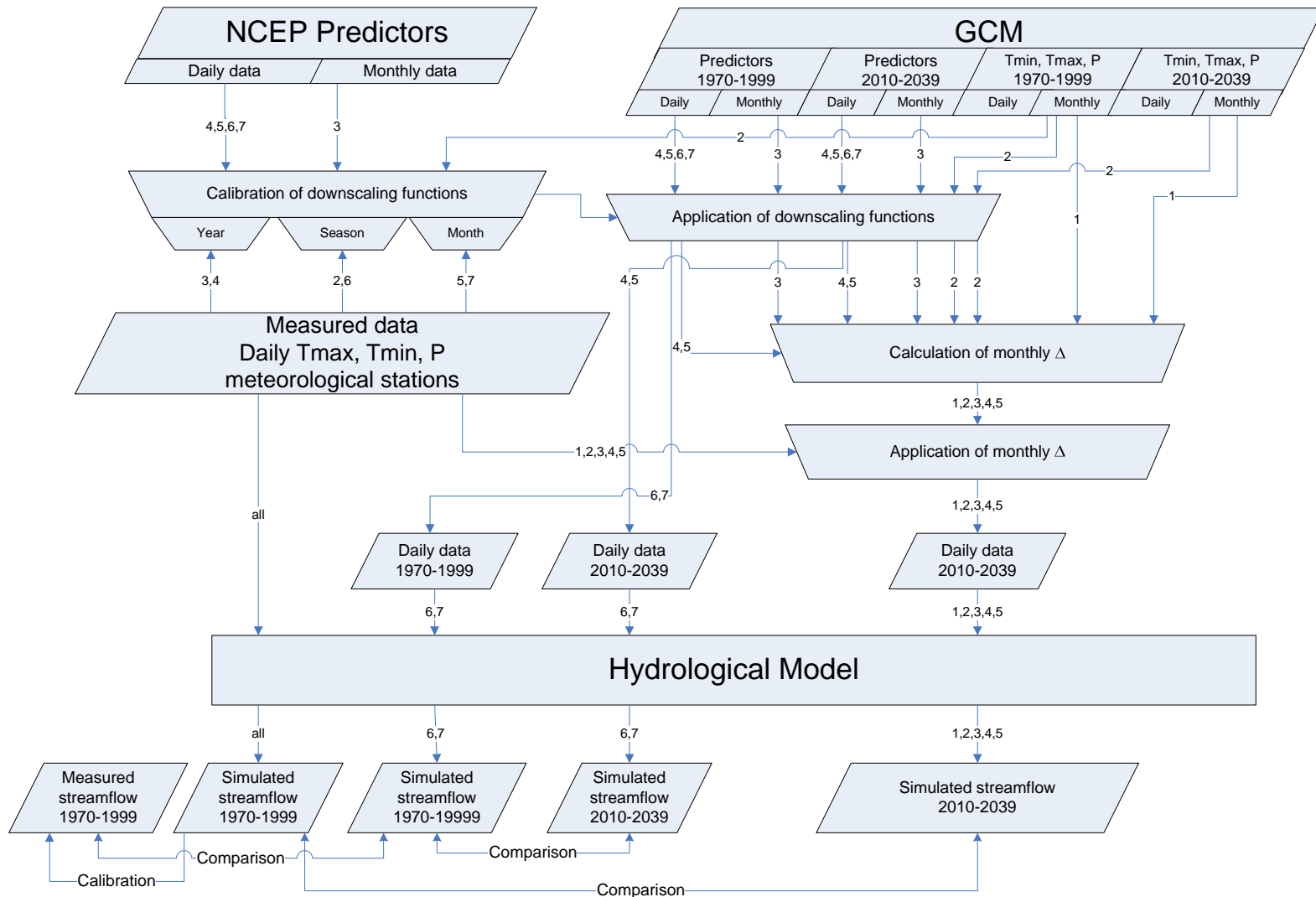


- Mise à l'échelle (*downscaling*)
- Relier les sorties de GCM avec des variables de surface sous-mailles

Méthodes de Production de Chroniques Météorologiques Futures



- Mise à l'échelle statistique (*SD*)
- Établir des fonctions de transferts entre des variables climatiques régionales (*predictors*) et des variables météorologiques locales (*predictands*)

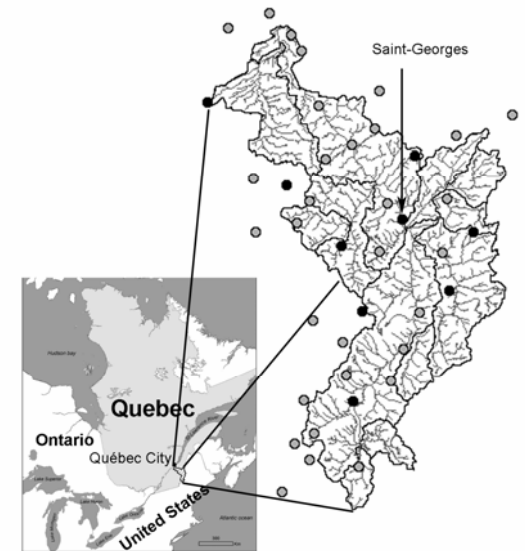


Choix de trois méthodes représentatives

1. Méthode des deltas calculés à partir des données brutes mensuelles (*cheminement #1*)
2. Méthode de la mise à l'échelle journalière appliquée aux stations représentatives tant sur le passé et que le future et intégration de ces chroniques au modèle hydrologique (*cheminement #7*)
3. Méthode des deltas calculés à partir des données journalières issues de la mise à l'échelle (*cheminement #5*)

- **Six GCM** (*CGCM3*, *HadCM3*, *ECHAM4*, *CSIRO-MkII*, *CCSRNIES*, *CGCM2*)
 - *Moyenne mensuelle T_{min}, T_{max} & P; 1970-1999*

GCM	GES	Member	Method 1	Method 2 (SDSM)	Method 3 (SDSM)
CGCM3	A2	1	x		
		2			
		3			
	B1	1			
		2			
		3	x		
HadCM3	A2	a	x	x	x
		b	x		
		c			
	B2	a	x	x	x
		b			
ECHAM4	A2	-	x		
	B2	-	x		



Méthode 1

$$\Delta TMIN(m) = \frac{\sum_{y=1970}^{1999} (TMIN_{GCM}(m, y+40) - TMIN_{GCM}(m, y))}{30}$$

$$\Delta TMAX(m) = \frac{\sum_{y=1970}^{1999} (TMAX_{GCM}(m, y+40) - TMAX_{GCM}(m, y))}{30}$$

$$rP(m) = \frac{\sum_{y=1970}^{1999} \frac{P_{GCM}(m, y+40)}{P_{GCM}(m, y)}}{30}$$

Méthode 3

$$\Delta TMIN(s, m) = \frac{\sum_{y=1970}^{1999} (TMIN_{GCM-SD}(s, m, y+40) - TMIN_{GCM-SD}(s, m, y))}{30}$$

$$\Delta TMAX(s, m) = \frac{\sum_{y=1970}^{1999} (TMAX_{GCM-SD}(s, m, y+40) - TMAX_{GCM-SD}(s, m, y))}{30}$$

$$rP(s, m) = \frac{\sum_{y=1970}^{1999} \frac{P_{GCM-SD}(s, m, y+40)}{P_{GCM-SD}(s, m, y)}}{30}$$

Facteurs d'ajustements

$$TMIN_{future}(s, i, m) = TMIN_{initial}(s, i, m) + \Delta TMIN(s, m)$$

$$TMAX_{future}(s, i, m) = TMAX_{initial}(s, i, m) + \Delta TMAX(s, m)$$

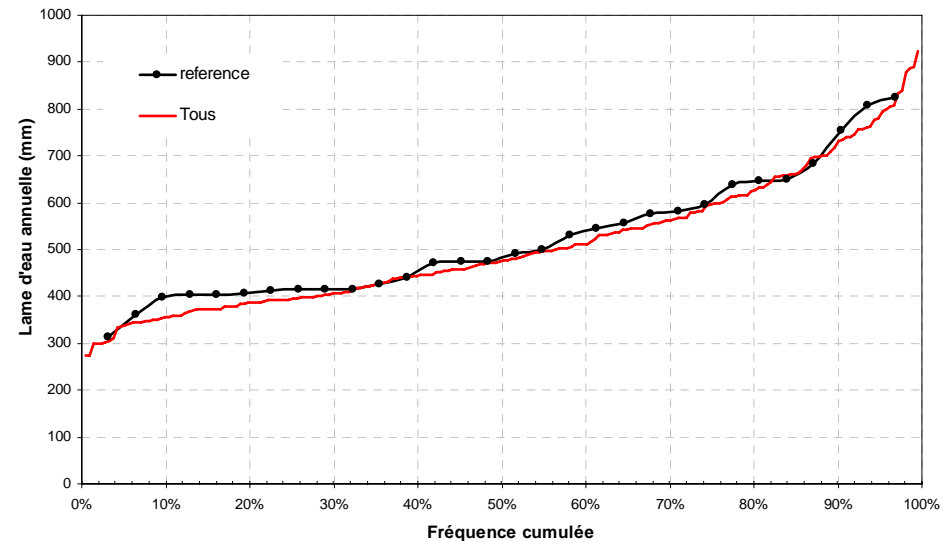
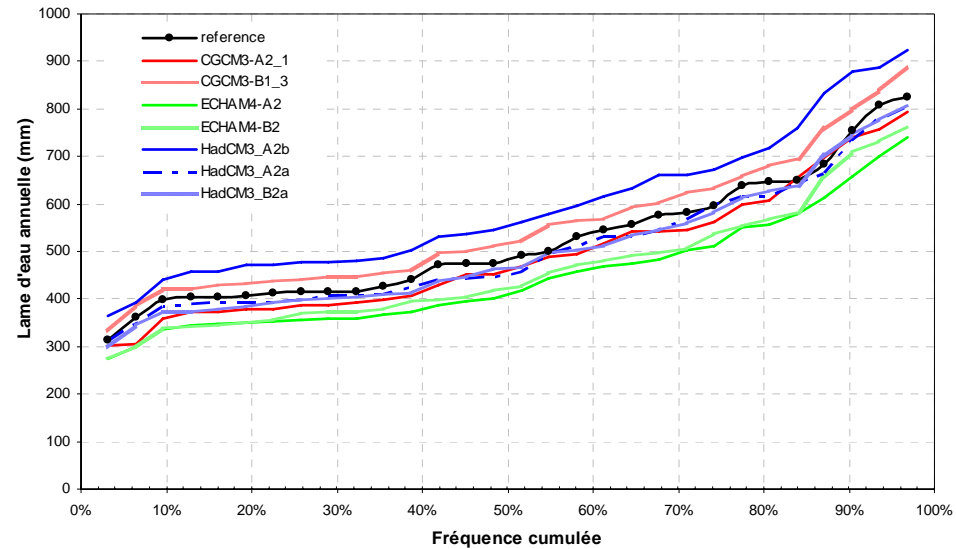
$$P_{future}(s, i, m) = P_{initial}(s, i, m) \cdot rP(s, m)$$

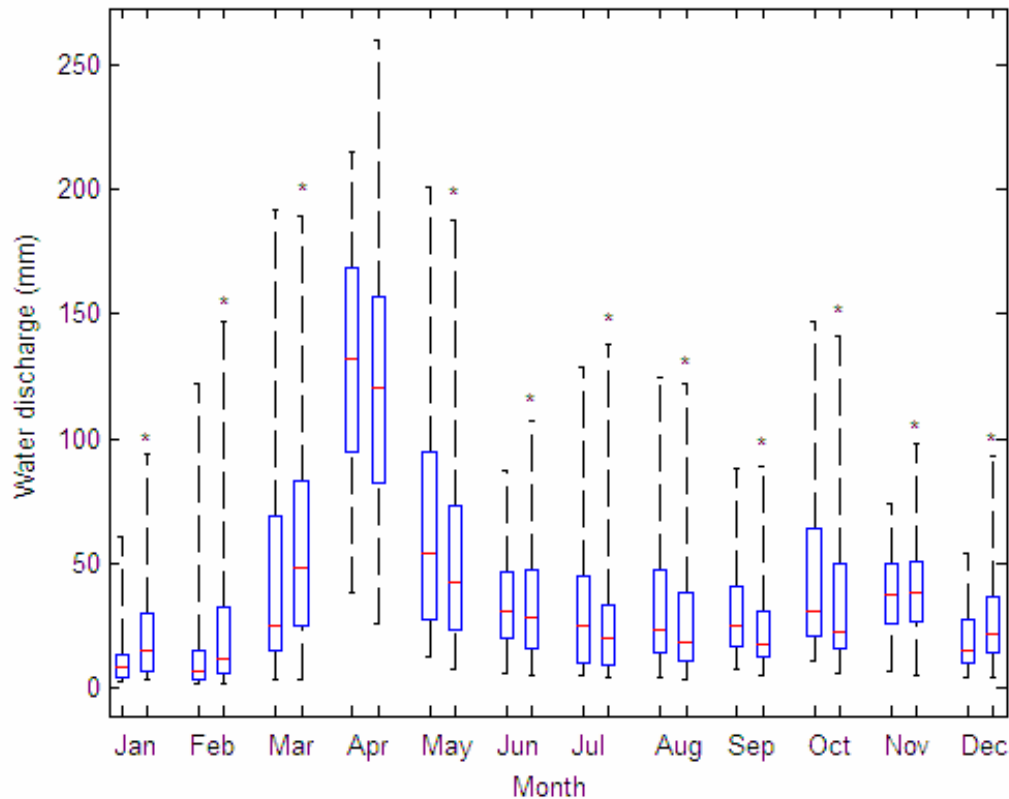
	Method 1	Method 2	Method 3
<i>Complexity</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>
Available GCMs	CGCM3, ECHAM4, HadCM3 *	HadCM3	HadCM3
Time step for the application of CC	Month	Day	Month
Spatial distribution for the application of CC	Homogeneous over the watershed	Spatially distributed	Spatially distributed
Climatic variables used as GCM outputs	Temperature and precipitations	Various variables (predictors)	Various variables (predictors)
Change in rainfall occurrence	No	Yes	No

Méthode 1

Lame annuelle d'eau

- Diminution légère (-2.7%
 $p < 0.01$, Test *t*-apparié)





Lame mensuelle

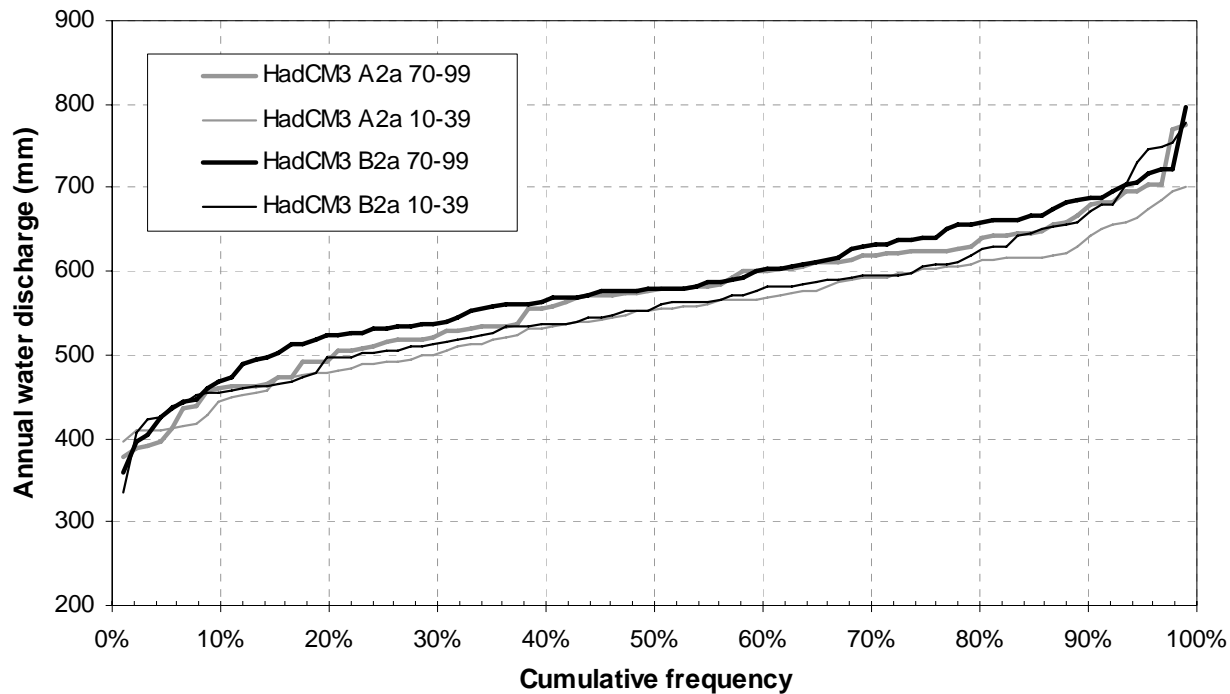
- **Accroissement en hiver**
(+68.6% $p < 0.001$)

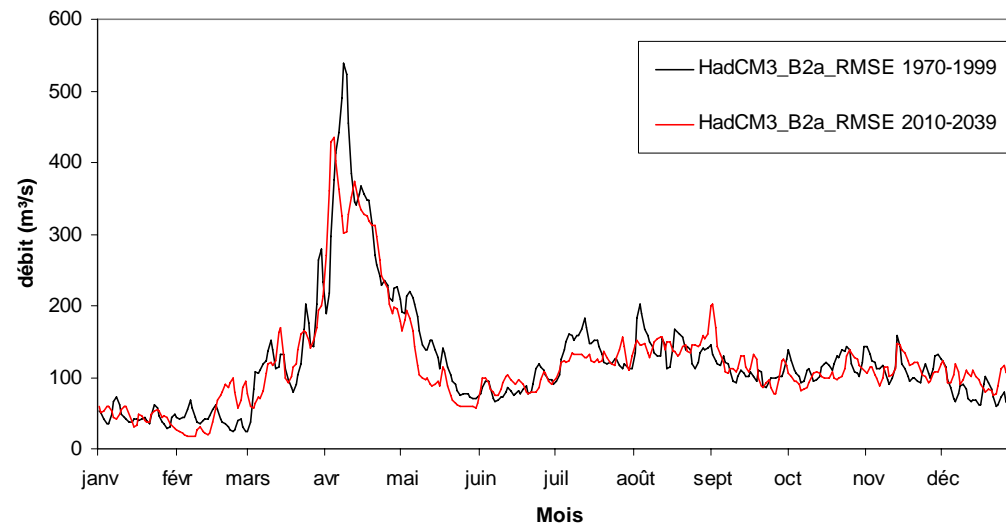
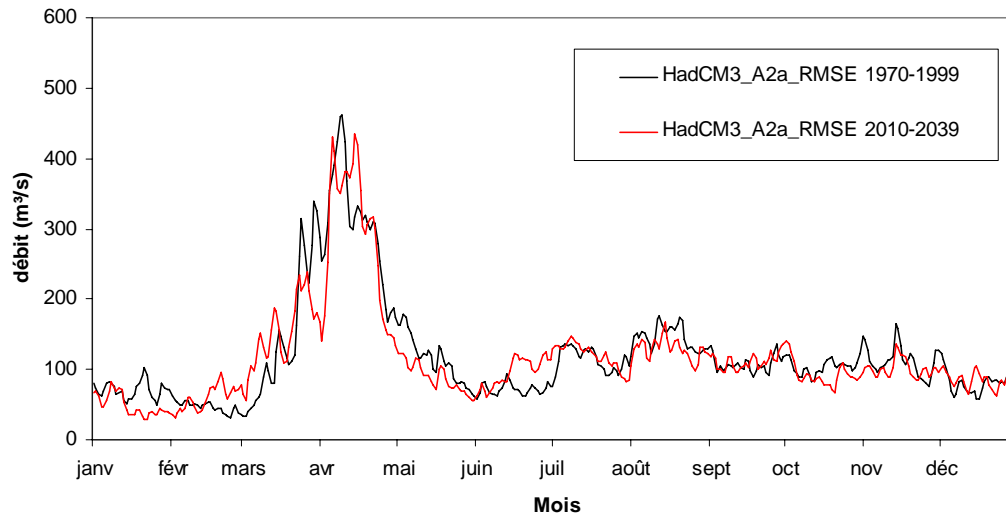
- * Changement significatif dans les moyennes ($p < 0.05$, *Test t apparié*)
- Référence (distribution de gauche)

Méthode 2

Lame annuelle d'eau

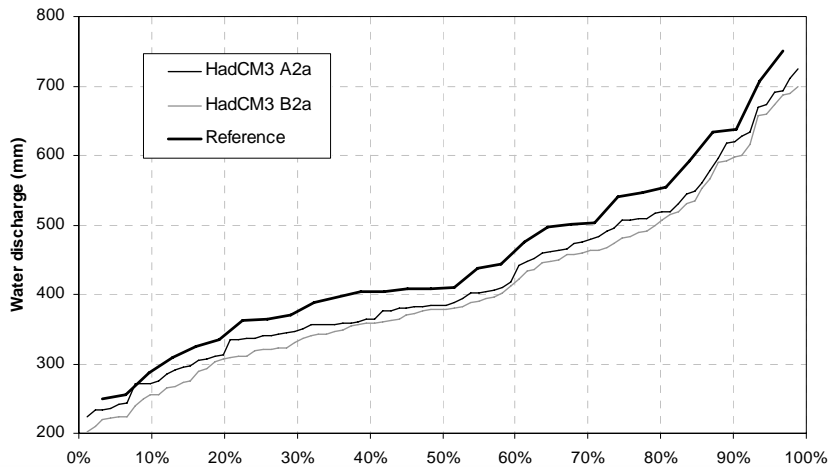
- Diminution légère (-3.4% et -2.8% GES-M A2a & B2a)





Hydrogrammes annuels

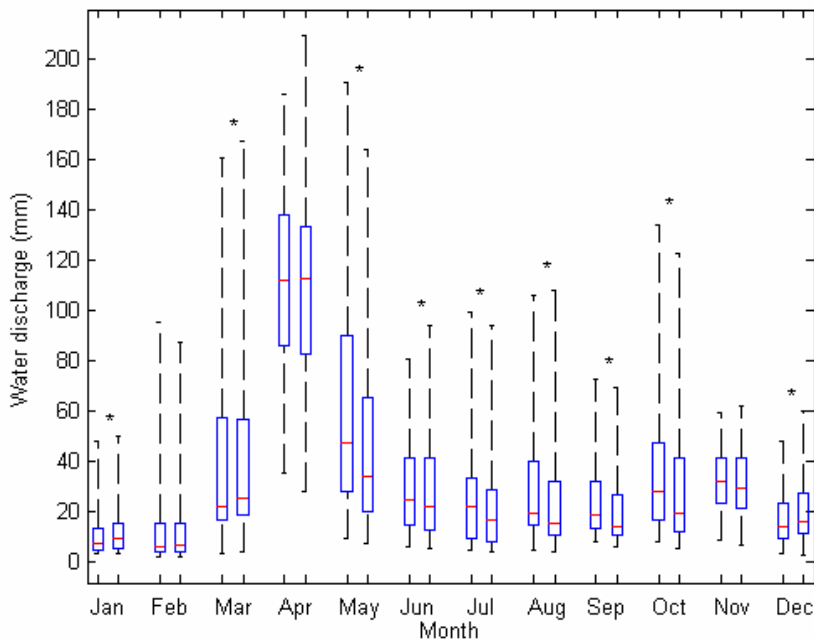
- Période de référence GES-M A2a & B22 (SD)
 - Différents hydrogrammes
- Débit de pointe annuel
 - -3.8% pour A2a
 - -12.9% pour A2b ($p < 0.05$)



Méthode 3

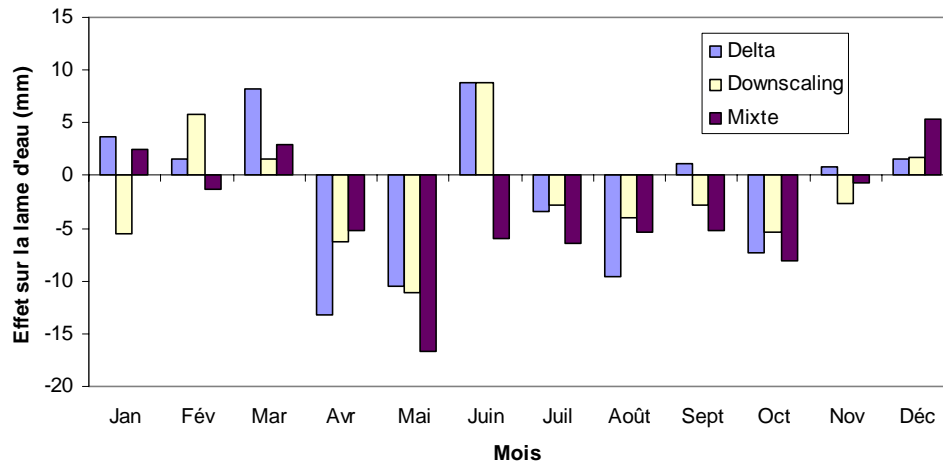
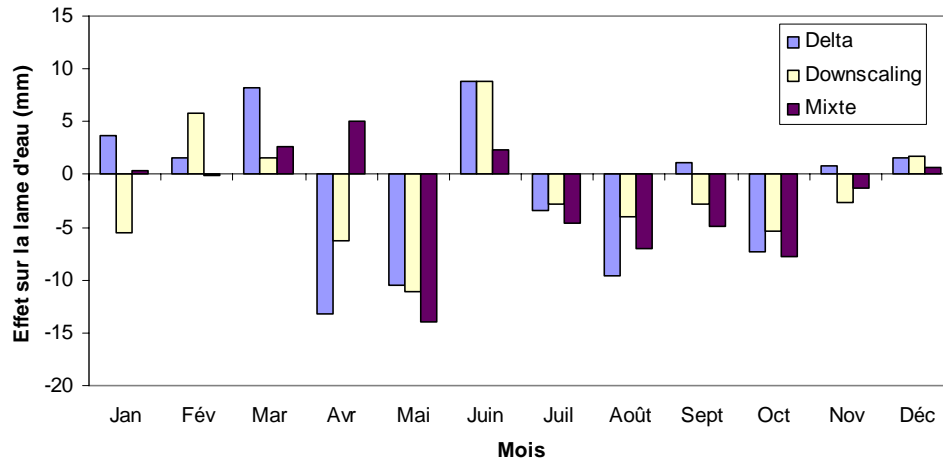
Lame annuelle d'eau

- **Diminution légère** (-8.4%
p < 0.001, *Test t-apparié*)



Lame mensuelle

- **Diminutions significatives**
durant DJ-Mr-MJJASO



Les Trois Méthodes

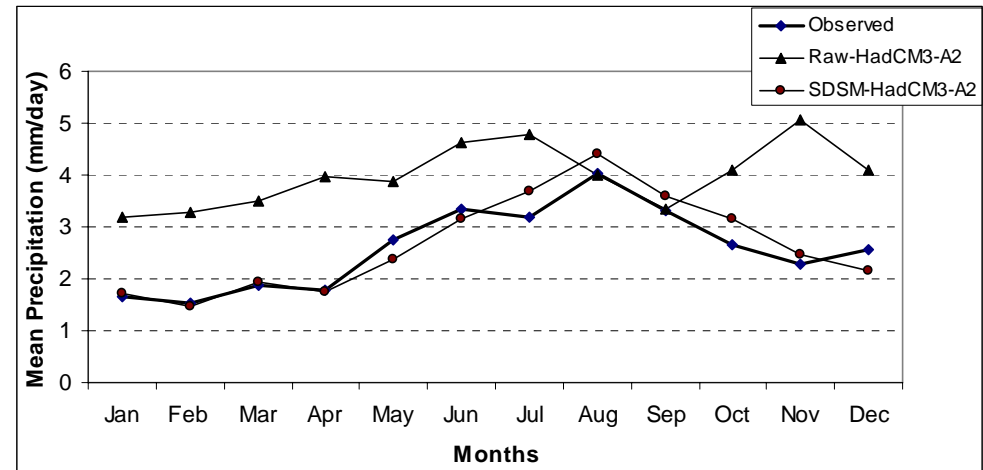
HadCM3-A2a & -B2a

Lame mensuelle

- Tendances générales similaires

Discussion

- GCM vs SD
 - Meilleure prédiction de la précipitation
- Méthode 1 – Incertitude associée aux GCM-GES-M
- Utilisation restreinte des possibilités de mise à l'échelle
 - Méthode 2 – Changement dans la séquence des précipitations
 - Méthode 3 – Méthode mixte mais peu de GCM disponible
- Incertitude associé au modèle hydrologique



Conclusion

- 2010-2039
 - Diminution faible et statistiquement significative de la lame annuelle
 - Accroissement de l'écoulement en hiver, diminution du débit annuel maximum, et diminution le reste de l'année
- Basé sur un cadre de travail
 - Tenant compte des incertitudes associées aux différentes combinaisons de GCM-M et aux méthodes de mise à l'échelle
 - S'appuyant sur l'analyse fréquentielle et la comparaison de distributions des écoulements et débits simulés

INRS

Université d'avant-garde



...poralités. L'espace occupe
algique des mutations sociales, économique
de la société québécoise. L'espace s'inscrit
l'action publique et des rapports sociaux
...ant à comprer