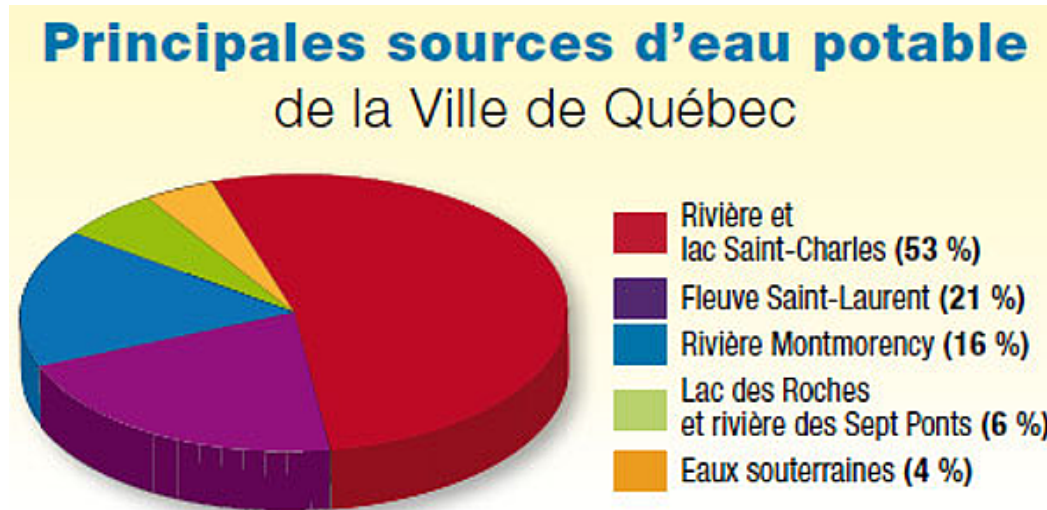


# PLAN DE LA PRÉSENTATION

- **CONTEXTE ET OBJECTIFS**
- **INVENTAIRE DES OBSERVATIONS ET DES MODÈLES  
HYDROLOGIQUES DISPONIBLES SUR LE TERRITOIRE**
- **IMPACT DES CC SUR LE RÉGIME HYDRIQUE**

# CONTEXTE

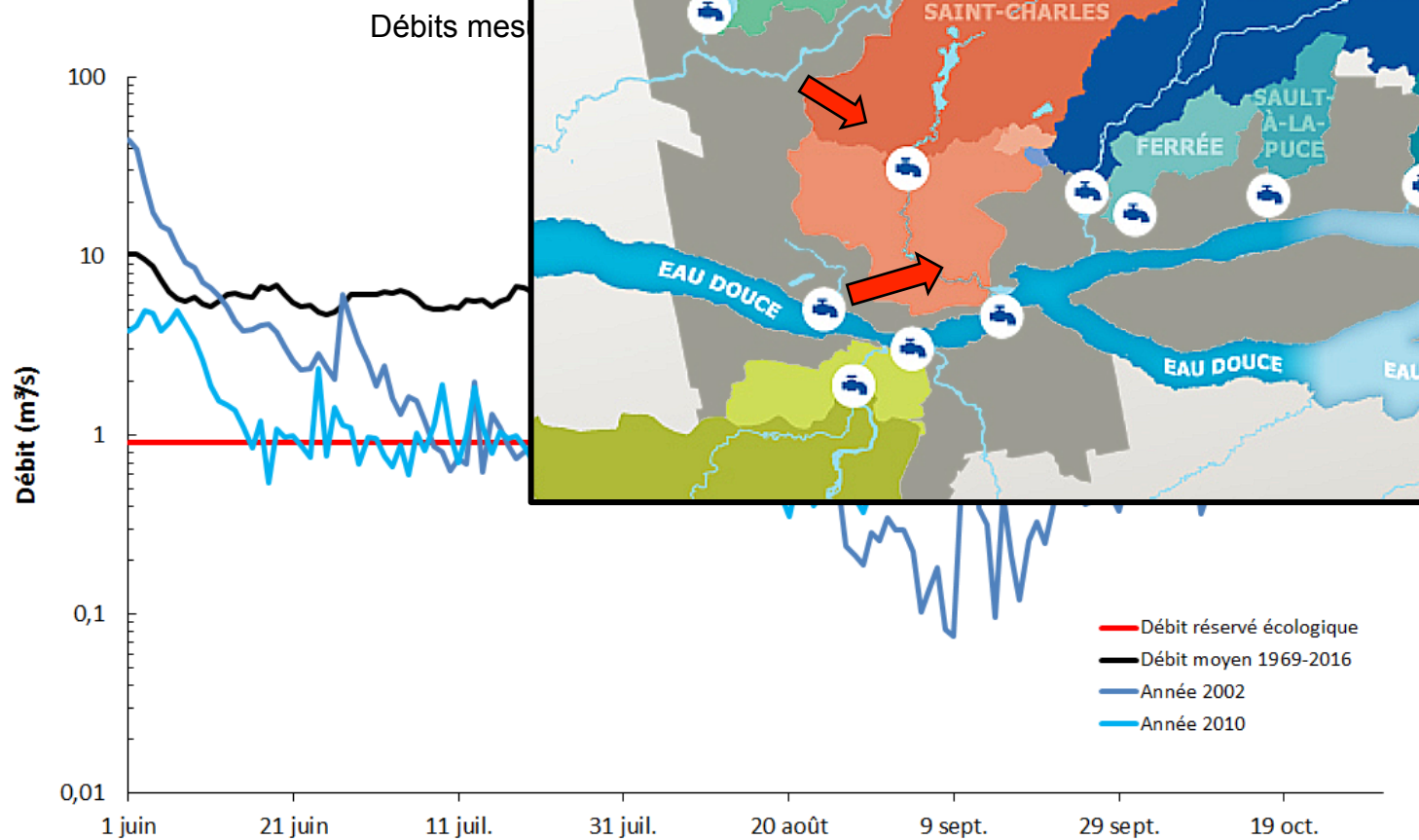


Brodeur *et al.* (2012)

- Deux rivières comptent pour 75 % de l'approvisionnement en eau potable de la Ville de Québec
- Forte croissance de la population des villes et municipalités de la région dans les dernières décennies
- Qu'en est-il de la disponibilité de la ressource en eau dans un climat en évolution ?

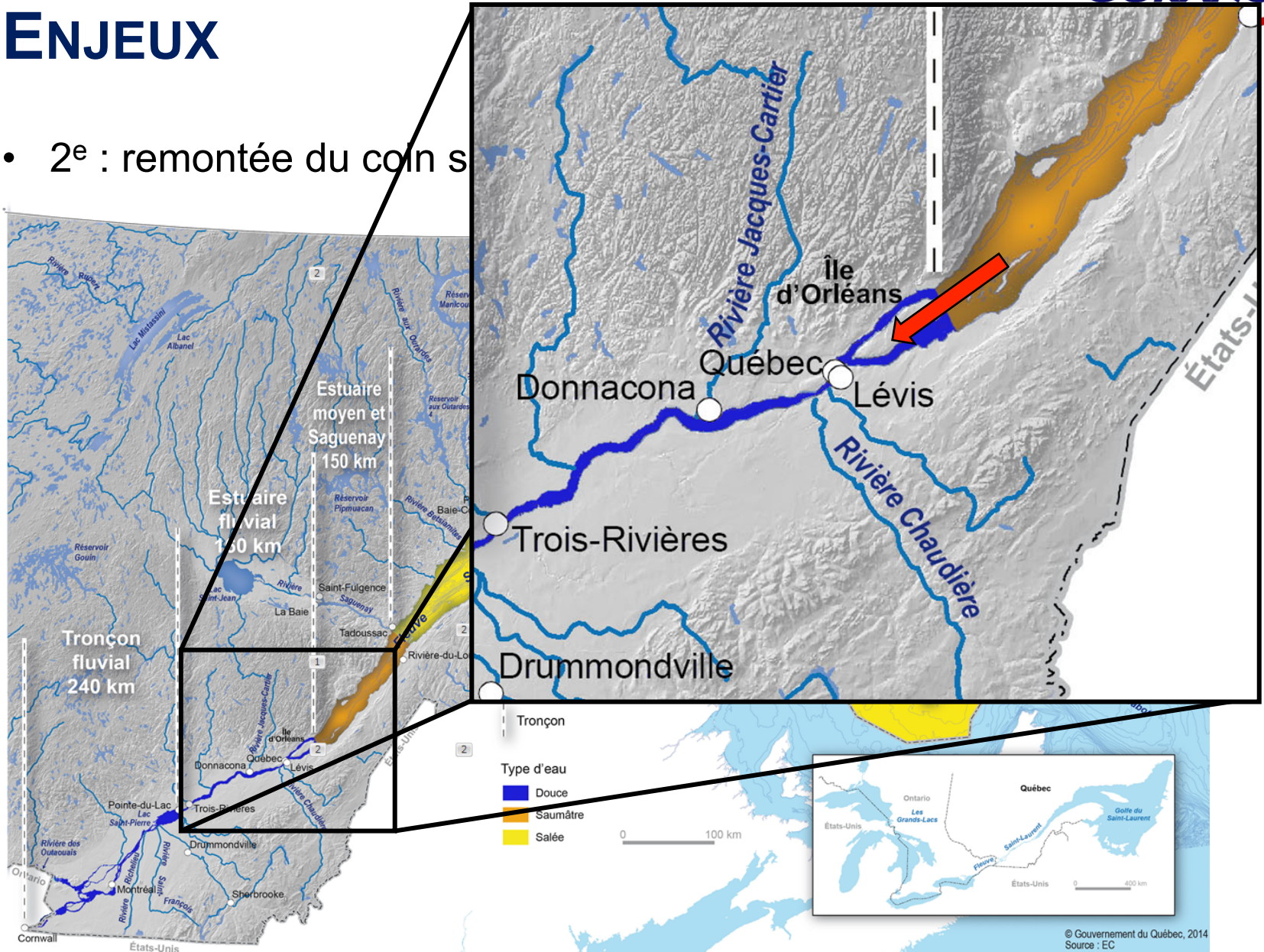
# ENJEUX

- 1<sup>er</sup> : deux étiages critiques



# ENJEUX

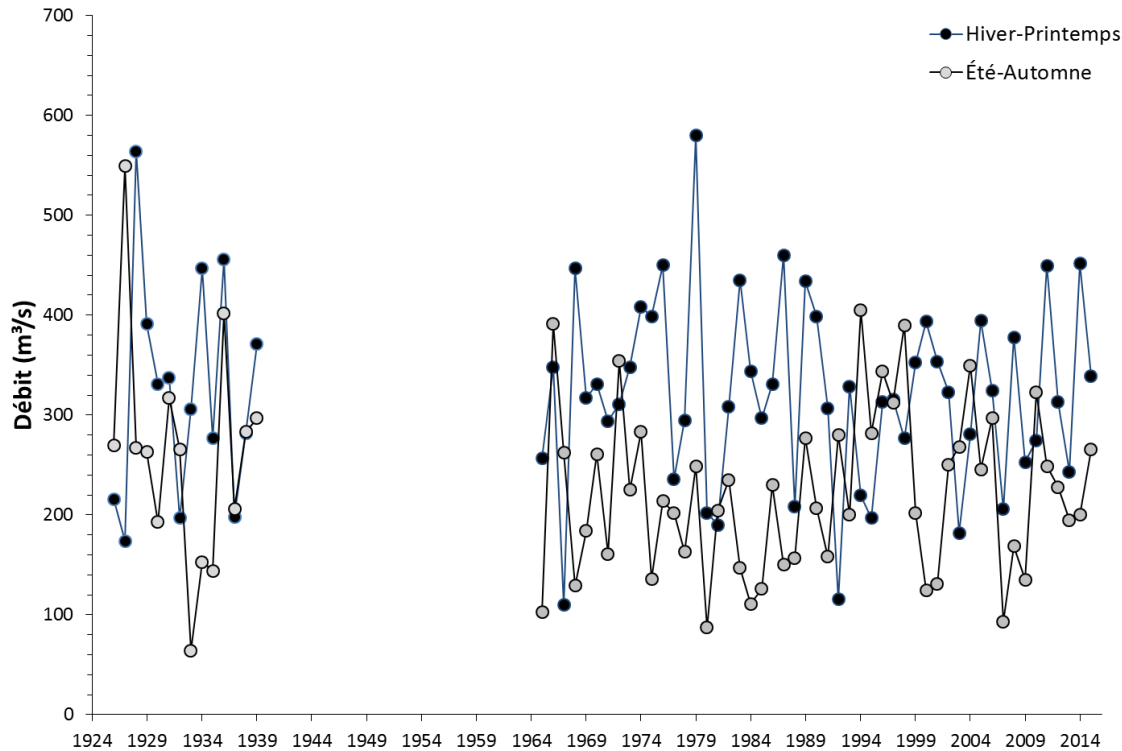
- 2<sup>e</sup> : remontée du coin s



# ENJEUX

- 3<sup>e</sup> : forts débits

Maximums saisonniers à la station de la rivière Montmorency



**Crues printanières et estivales très importantes**

Danger de dommages matériels à la station de pompage lors des forts débits

# QUESTIONNEMENTS DE LA CMQ



*« Aura-t-on suffisamment d'eau potable pour alimenter la CMQ dans 15 ou 20 ans ? »*

*« Quels seront les enjeux hydrologiques pour l'approvisionnement en eau potable de la CMQ dans 15 ou 20 ans ? »*

# ÉTAT DES LIEUX

- Nombreuses études de qualité
- Nécessiteraient davantage de coordination



# OBJECTIF ET MOYENS

The background of the slide is a photograph of a sky filled with large, white, puffy cumulus clouds. A white diagonal line runs from the top right towards the bottom left, splitting the image into two triangular sections.

# **INVENTAIRE DES OBSERVATIONS ET DES MODÈLES HYDROLOGIQUES**

# LISTE DES MODÈLES HYDROLOGIQUES

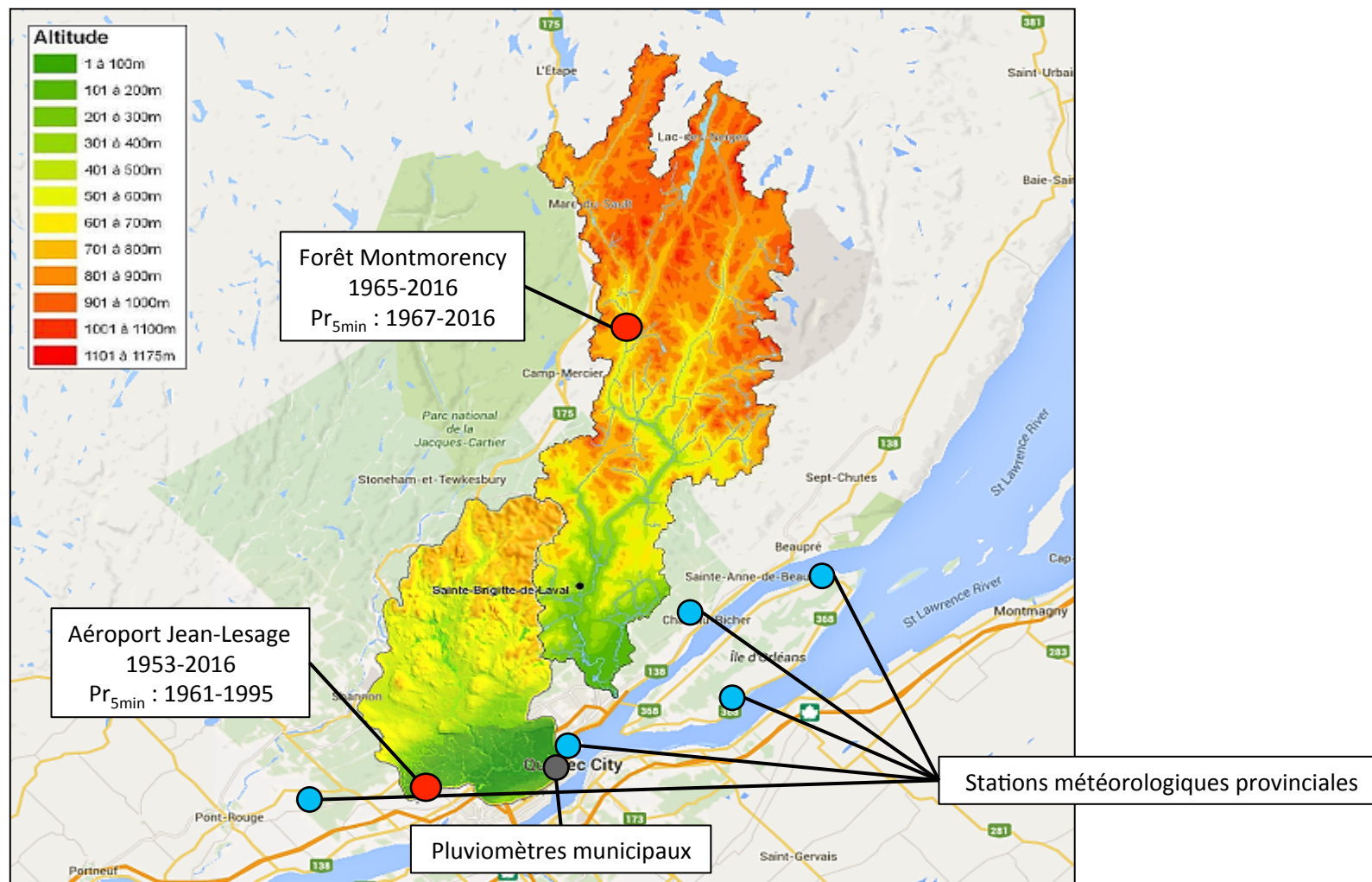
| Référence                    | Institution(s)                     | Modèle(s) utilisé(s) | Type de modèle            |
|------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Rivière Saint-Charles</b> |                                    |                      |                           |
| Salou (2009)                 | Université Laval                   | SWAT                 | Hydrologie (distribué)    |
| Gaborit et al. (2010)        | Université Laval                   | SWAT                 | Hydrologie (distribué)    |
|                              |                                    | GR4J                 | Hydrologie (global)       |
|                              |                                    | Réseau de neurones   | Boîte noire               |
| Rousseau et al. (2010; 2014) | INRS-ETE                           | HYDROTEL<br>GIBSI    | Hydrologie (distribué)    |
| Talbot Poulin et al. (2013)  | Université Laval<br>MDDELCC<br>CMQ | HELP                 | Hydrogéologie (distribué) |
| Cochand (2014)               | Université Laval                   | HydroGeoSphere       | Hydrogéologie (intégré)   |
| Graf (2015)                  | Université Laval                   | HydroGeoSphere       | Hydrogéologie (intégré)   |
| <b>Rivière Montmorency</b>   |                                    |                      |                           |
| Rousseau et al. (2008)       | INRS-ETE                           | HYDROTEL<br>GIBSI    | Hydrologie (distribué)    |
| Talbot Poulin et al. (2013)  | Université Laval<br>MDDELCC<br>CMQ | HELP                 | Hydrogéologie (distribué) |
| <b>Québec méridional</b>     |                                    |                      |                           |
| CEHQ (2014)                  | MDDELCC/DEH                        | HYDROTEL             | Hydrologie (distribué)    |

# OBSERVATIONS POUR LES INTRANTS ET LA VALIDATION DES MODÈLES



- Météorologie
  - Peu de stations dans les bassins versants
  - Stations principalement localisées dans la Ville de Québec
  - Suivi des précipitations extrêmes à deux stations

# STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES



# OBSERVATIONS POUR LES INTRANTS ET LA VALIDATION DES MODÈLES

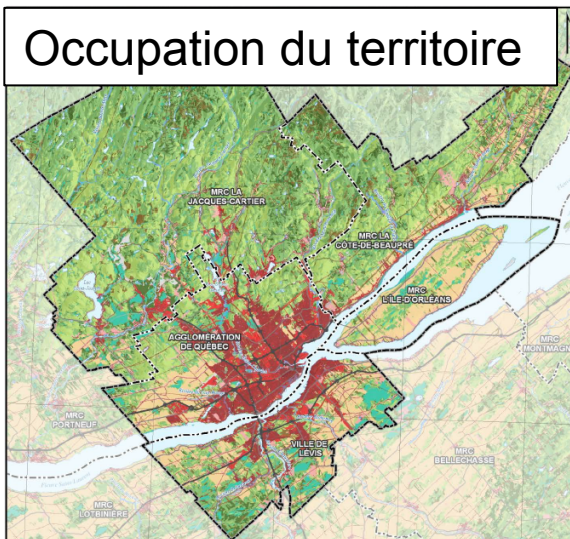


- Sols et eaux souterraines
  - Peu (pas) de suivi avec des piézomètres
  - Beaucoup d'informations grâce au Programme d'Acquisition de Connaissances sur les Eaux Souterraines (PACES-CMQ)

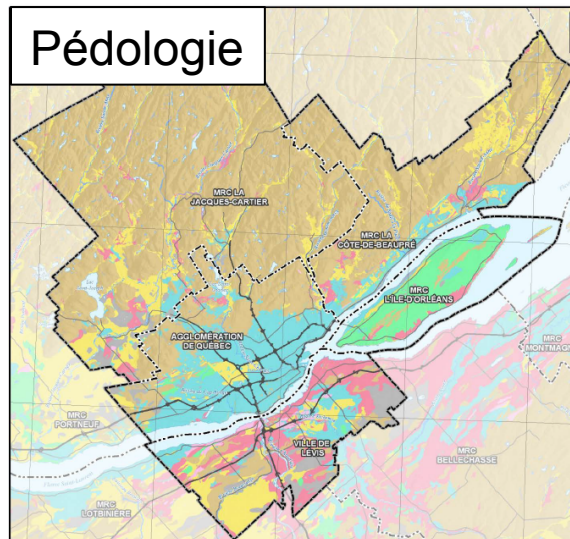
# PACES-CMQ

Talbot Poulin et al. (2013)

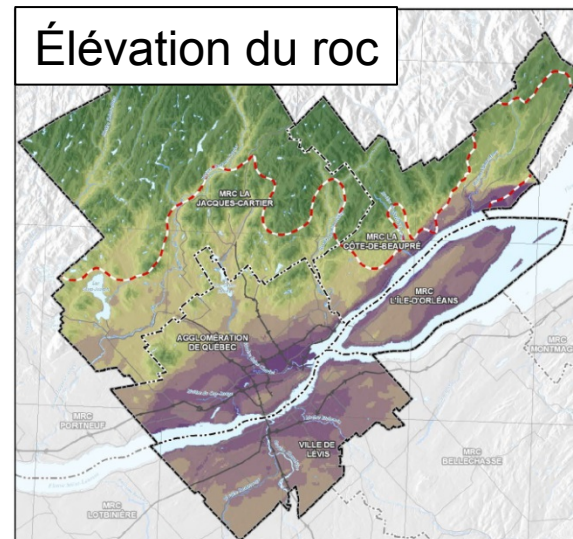
## Occupation du territoire



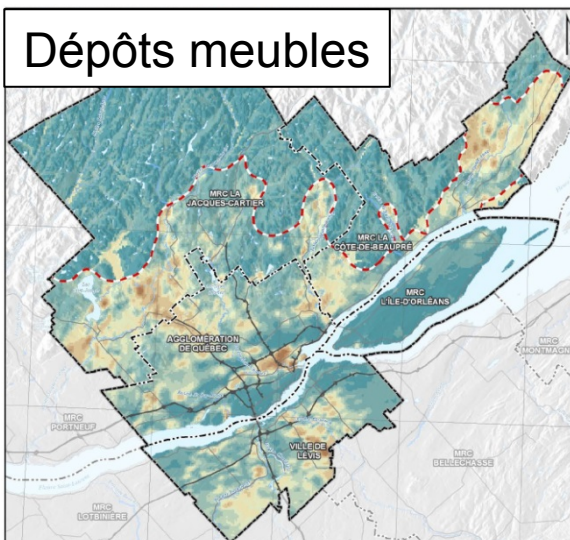
## Pédologie



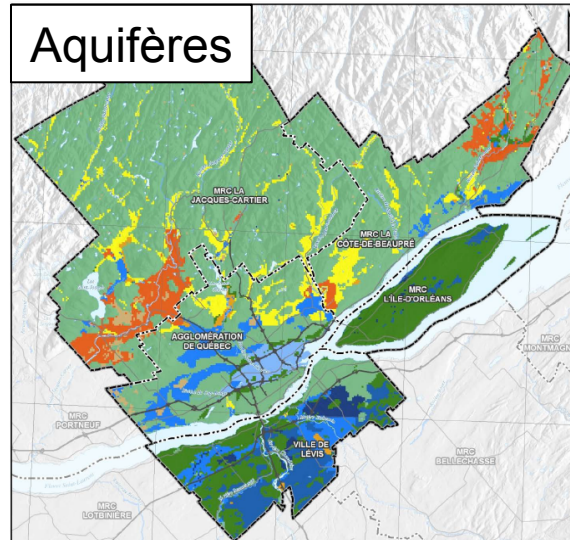
## Élévation du roc



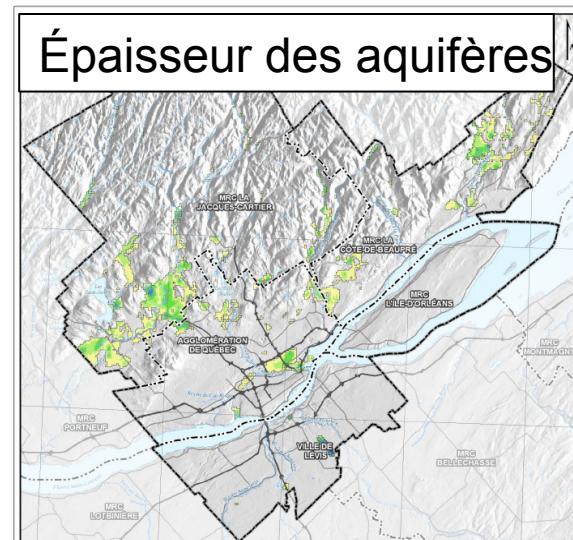
## Dépôts meubles



## Aquifères



## Épaisseur des aquifères

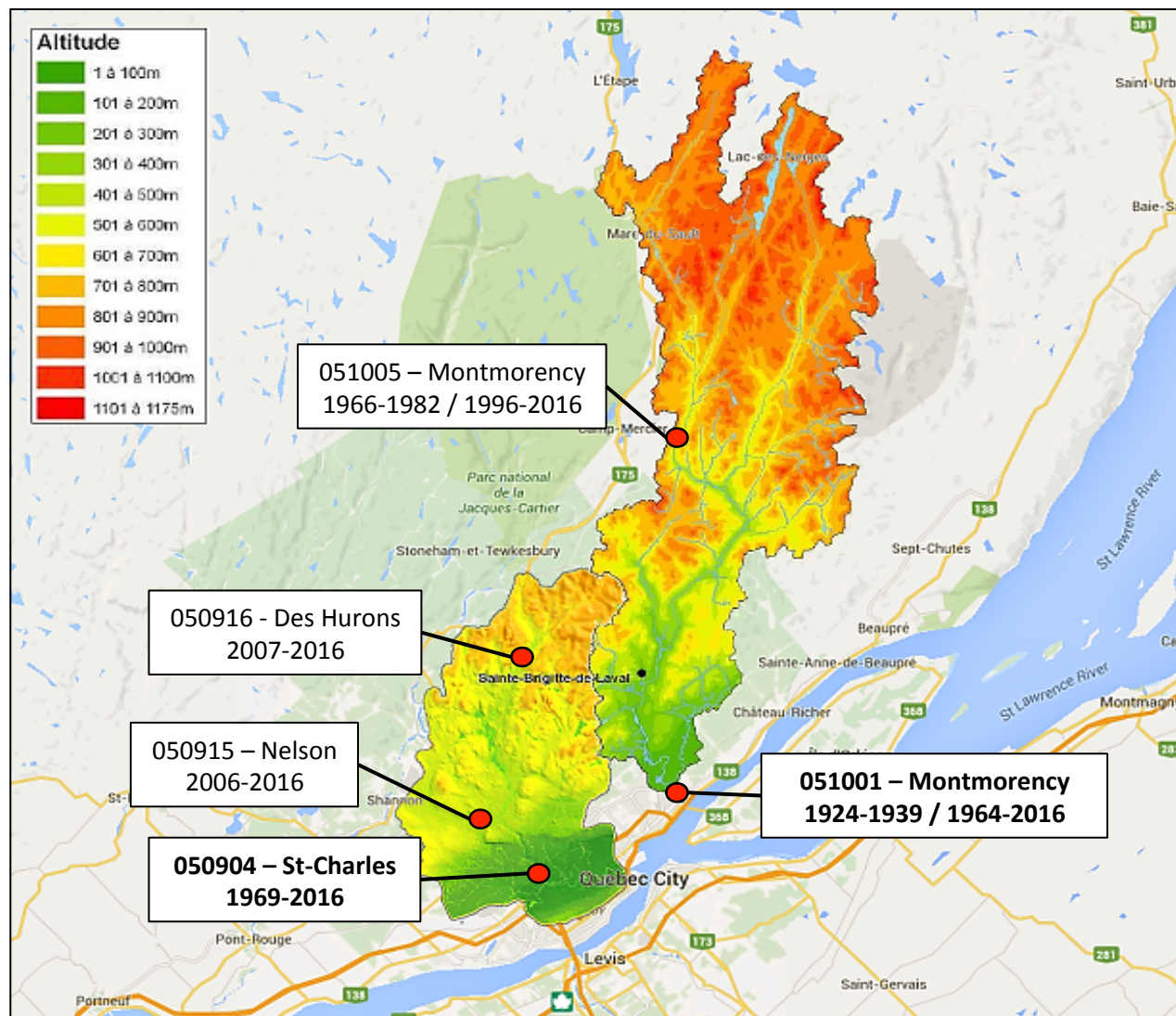


# OBSERVATIONS POUR LES INTRANTS ET LA VALIDATION DES MODÈLES

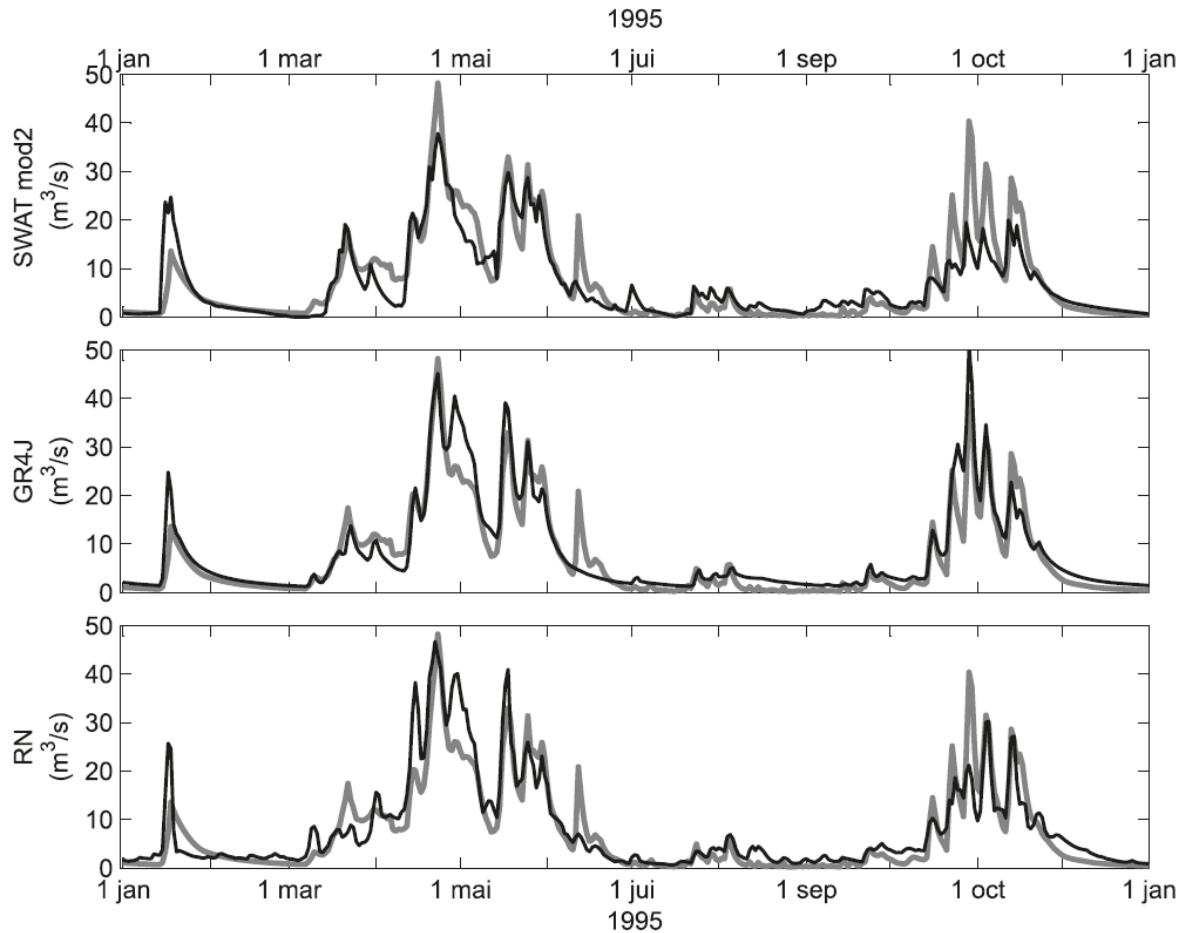


- Débits
  - Longs historiques aux stations situées à l'exutoire des bassins versants
  - Débits mesurés sur un seul tributaire du lac Saint-Charles, depuis 2007 seulement
  - Reconstitution des apports au lac Saint-Charles depuis 2013

# STATIONS HYDROMÉTRIQUES



# PROBLÉMATIQUES PRINCIPALES



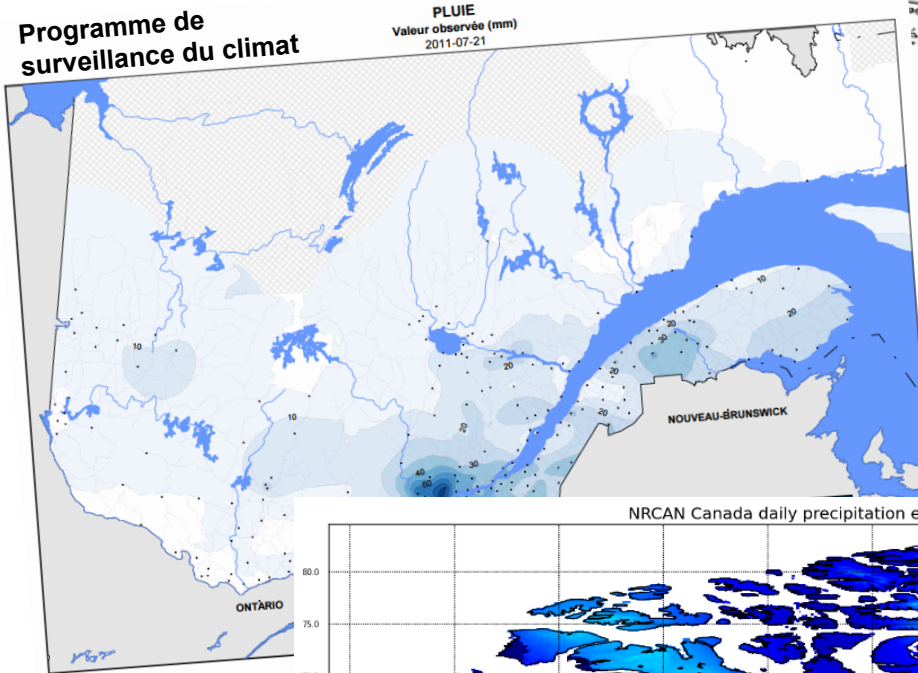
Gaborit *et al.* (2010)

- Absence de précipitations spatialisées (OBS)
- Absence d'une pédologie détaillée (avant 2013)
- Performance similaire des modèles très simples et des modèles plus complexes

# RECOMMANDATIONS : OBSERVATIONS

Programme de  
surveillance du climat

PLUIE  
Valeur observée (mm)  
2011-07-21

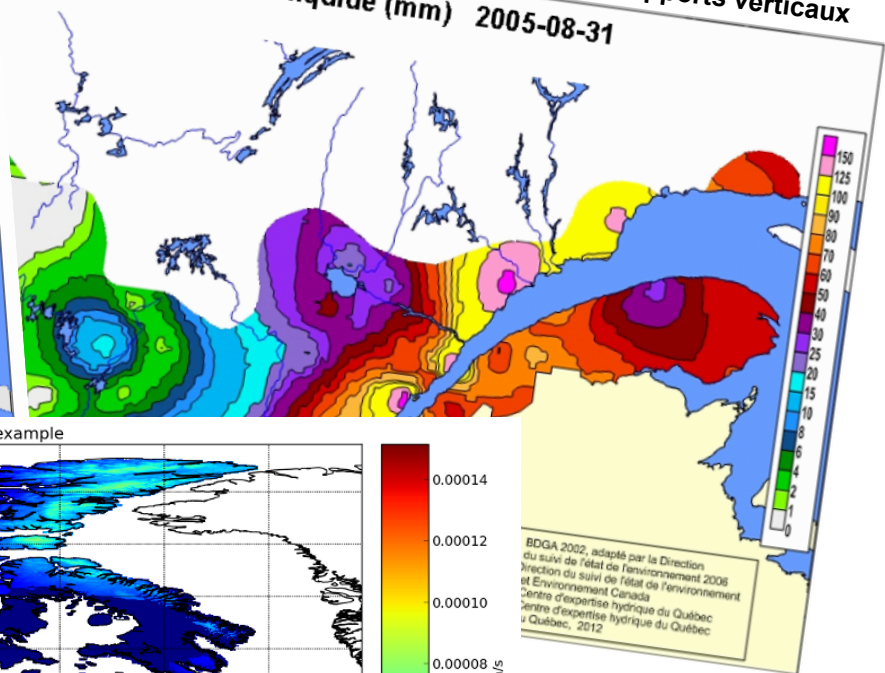


Produit le 2015-04-29  
© Gouvernement du Québec, tous droits réservés. 2015

Grille RNCAN

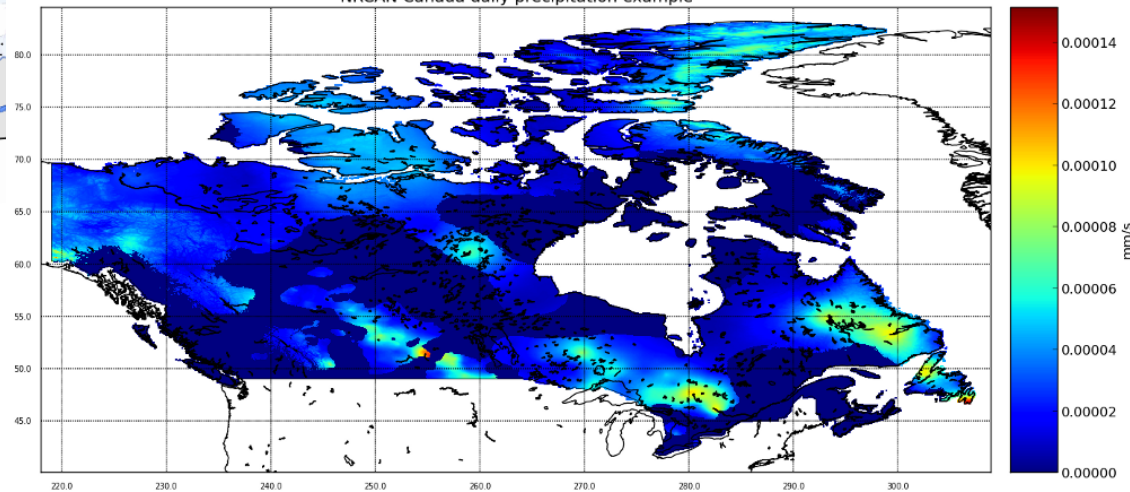
Précipitation liquide (mm) 2005-08-31

Reconstitution des  
apports verticaux



BDGA 2002, adapté par la Direction  
du suivi de l'état de l'environnement 2008  
et Environnement Canada  
Centre d'expertise hydrique du Québec  
Centre d'expertise hydrique du Québec  
à Québec, 2012

NRCAN Canada daily precipitation example



The background of the slide is a photograph of a sky filled with large, white, puffy clouds. A white diagonal line splits the image from the top-left to the bottom-right, creating two distinct triangular sections.

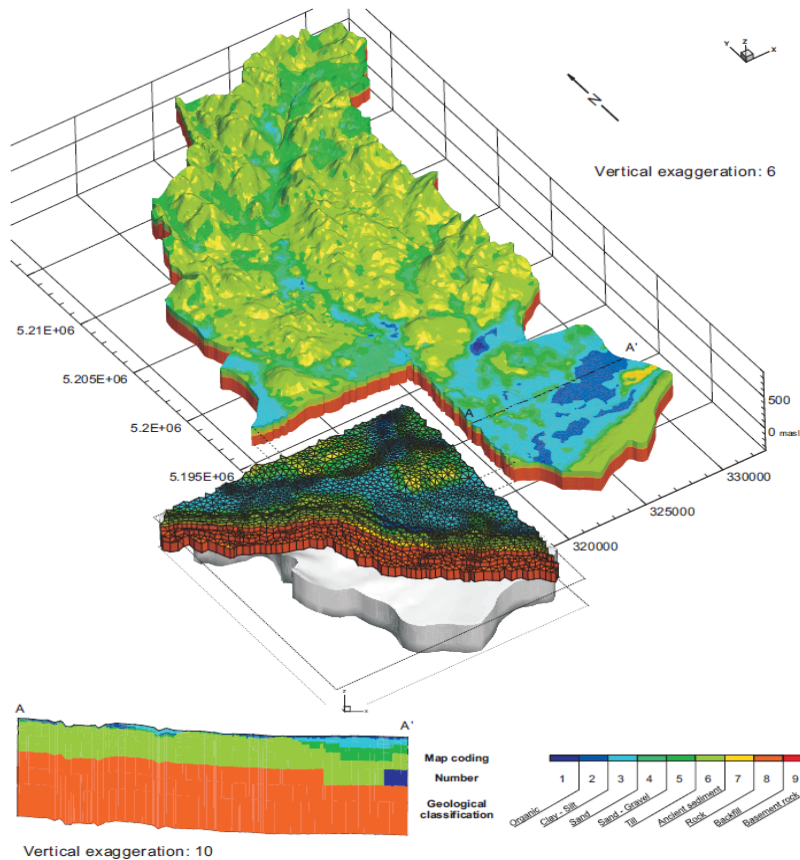
# **INVENTAIRE DES ÉTUDES CC**

# LISTE DES MODÈLES

| Référence                    | Institution(s)                     | Modèle(s) utilisé(s) | Type de modèle            |
|------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------------|
| <b>Rivière Saint-Charles</b> |                                    |                      |                           |
| Salou (2009)                 | Université Laval                   | SWAT                 | Hydrologie (distribué)    |
| Gaborit et al. (2010)        | Université Laval                   | SWAT                 | Hydrologie (distribué)    |
|                              |                                    | GR4J                 | Hydrologie (global)       |
|                              |                                    | Réseau de neurones   | Boîte noire               |
| Rousseau et al. (2010; 2014) | INRS-ETE                           | HYDROTEL<br>GIBSI    | Hydrologie (distribué)    |
| Talbot Poulin et al. (2013)  | Université Laval<br>MDDELCC<br>CMO | HELP                 | Hydrogéologie (distribué) |
| Cochand (2014)               | Université Laval                   | HydroGeoSphere       | Hydrogéologie (intégré)   |
| Graf (2015)                  | Université Laval                   | HydroGeoSphere       | Hydrogéologie (intégré)   |
| <b>Rivière Montmorency</b>   |                                    |                      |                           |
| Rousseau et al. (2008)       | INRS-ETE                           | HYDROTEL<br>GIBSI    | Hydrologie (distribué)    |
| Talbot Poulin et al. (2013)  | Université Laval<br>MDDELCC<br>CMQ | HELP                 | Hydrogéologie (distribué) |
| <b>Québec méridional</b>     |                                    |                      |                           |
| CEHQ (2014)                  | MDDELCC/DEH                        | HYDROTEL             | Hydrologie (distribué)    |

# DEUX ÉTUDES CC

- Université Laval



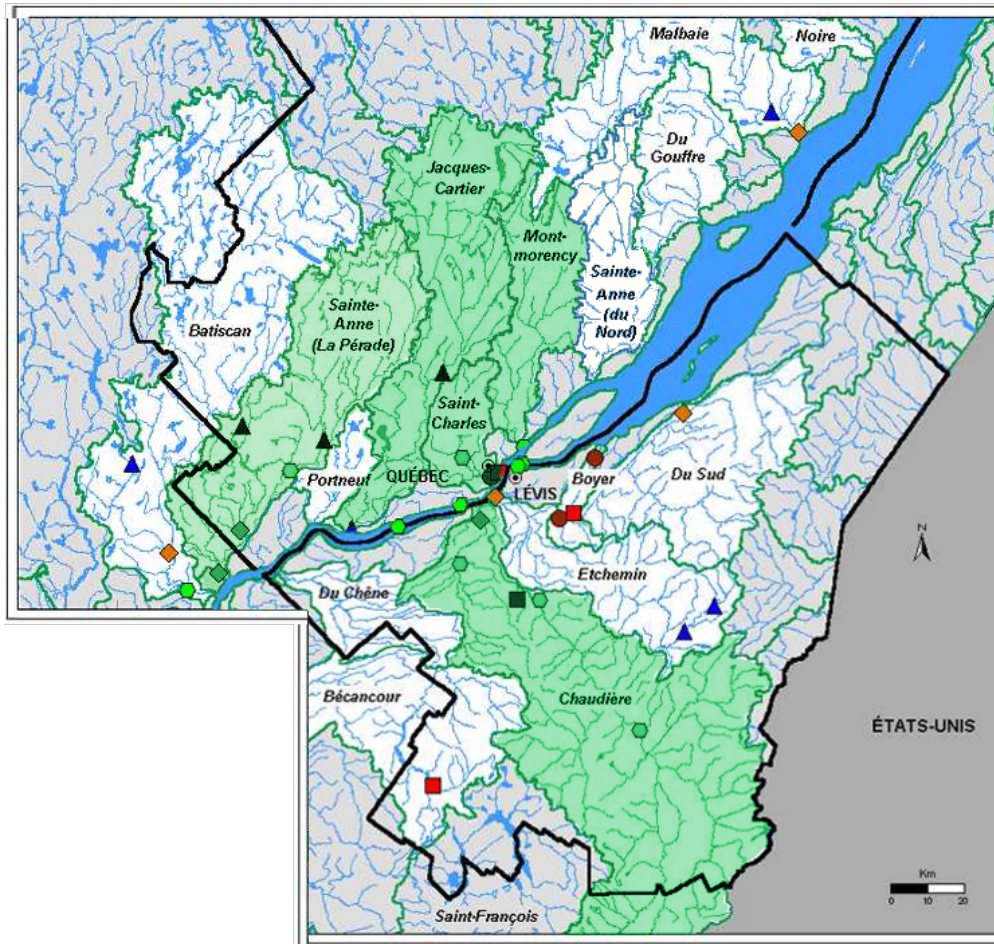
Graf (2015)

## HYDROGEOSPHERE

- Thèse de doctorat de Fabien Cochand (2014) – Université Laval
- Calage manuel sur le BV
- Horizon 2080
- 3 scénarios CMIP3

# DEUX ÉTUDES CC

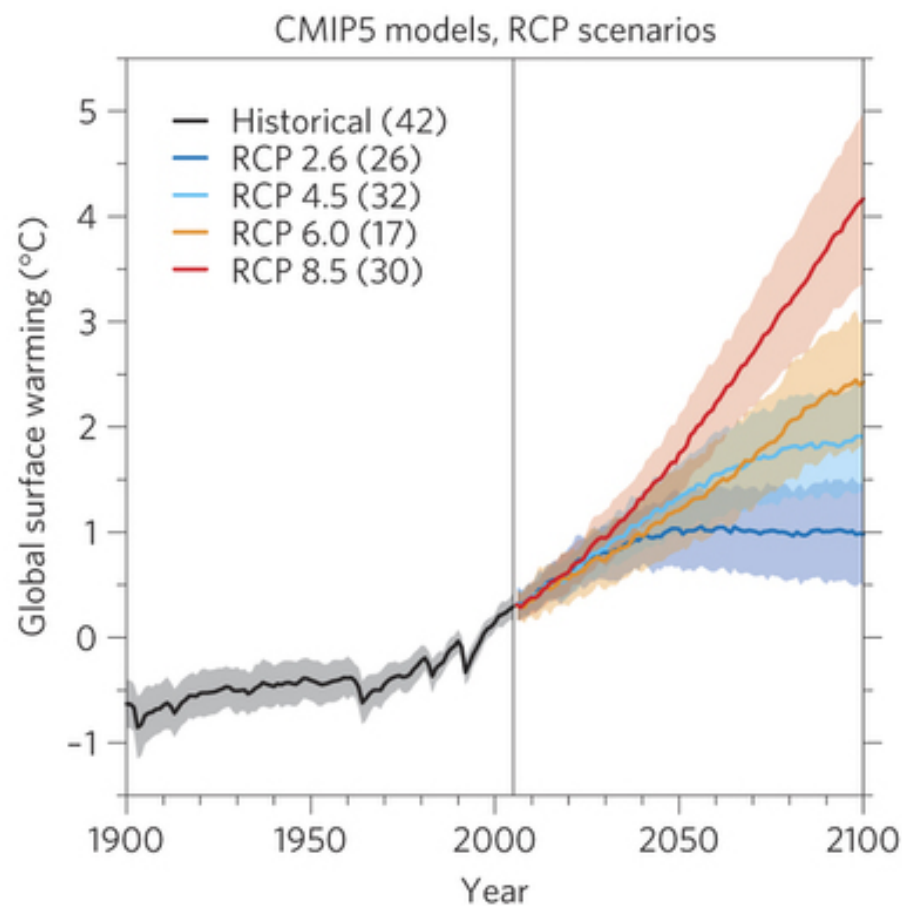
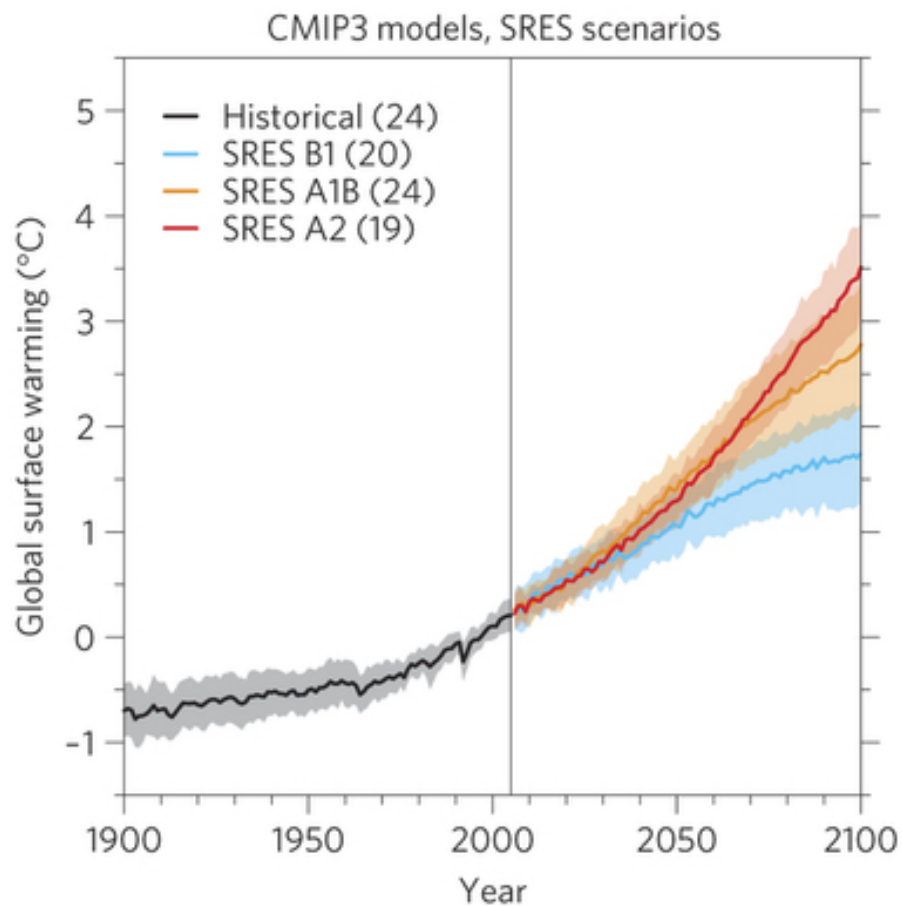
- Direction de l'expertise hydrique (DEH) du MDDELCC



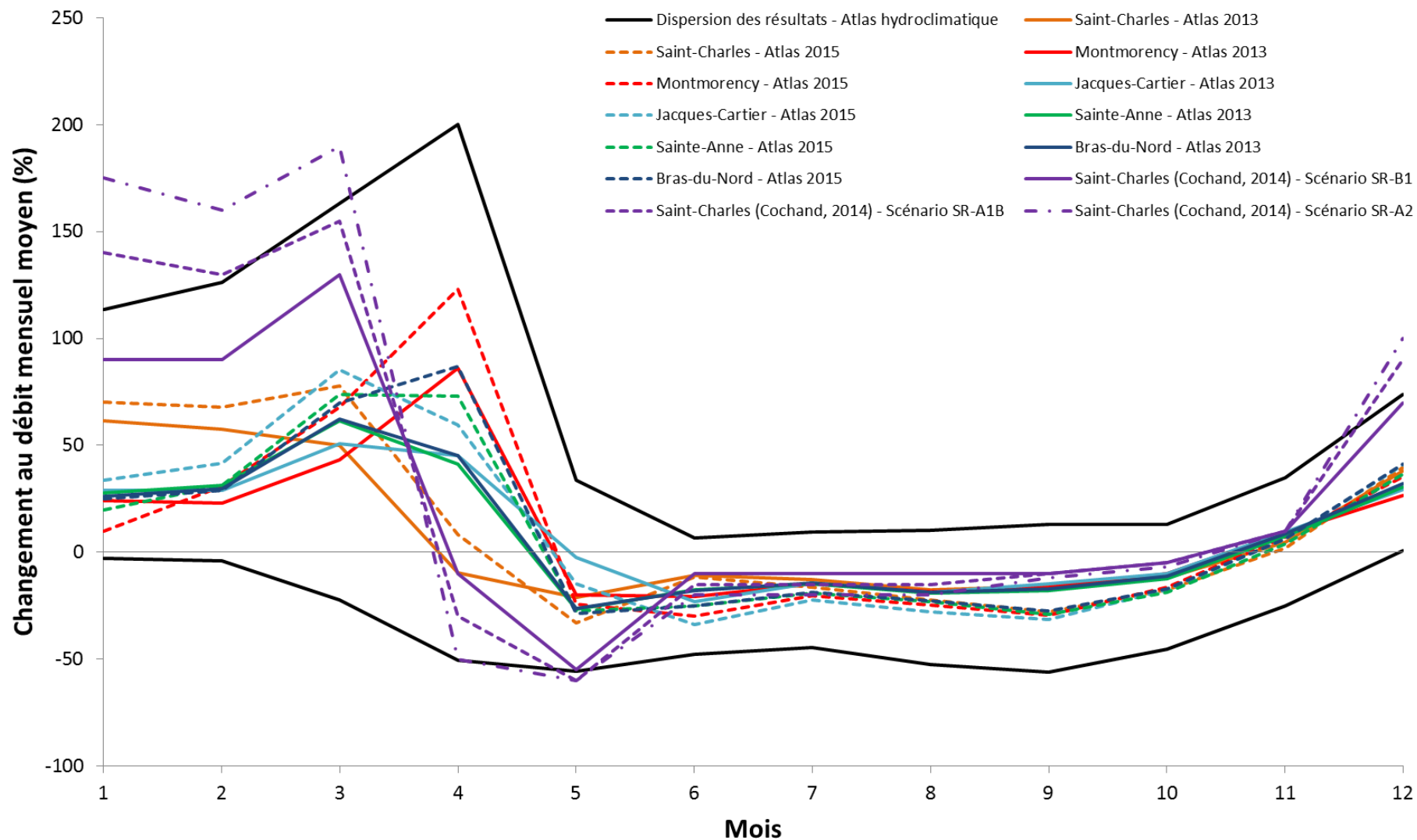
## HYDROTEL

- Atlas hydroclimatique du Québec méridional (deux éditions)
- Calage global pour favoriser la cohérence spatiale
- Horizon 2050
- 89 scénarios CMIP3/MRCC/NARCCAP  
98 scénarios CMIP5

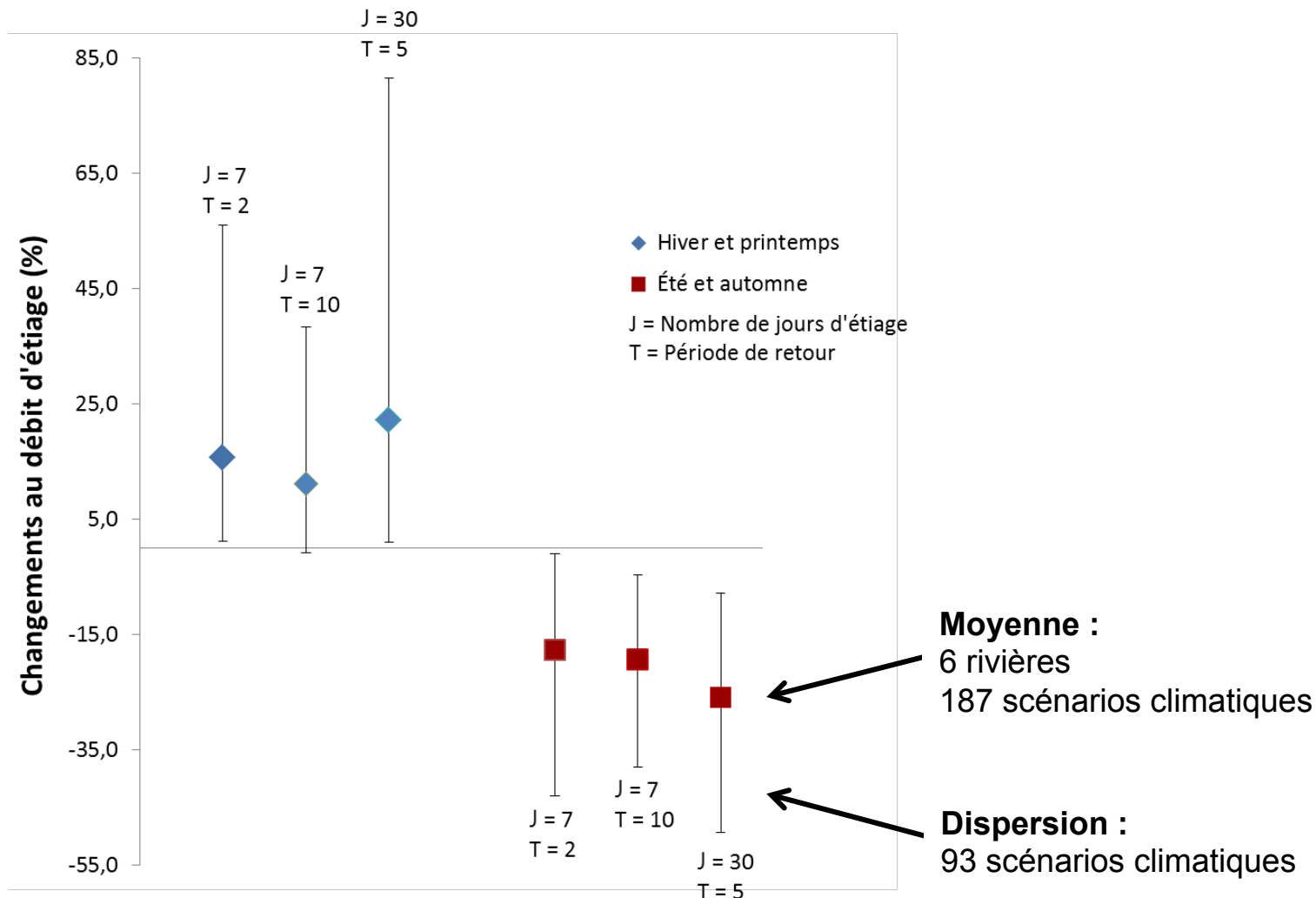
# SCÉNARIOS CLIMATIQUES UTILISÉS



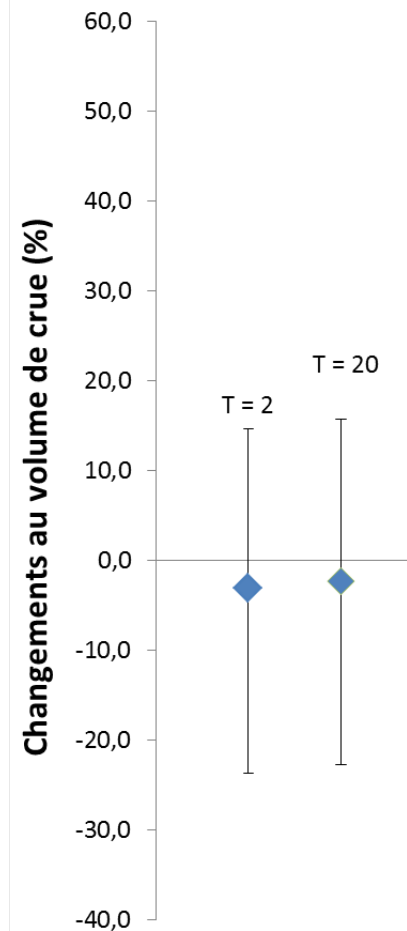
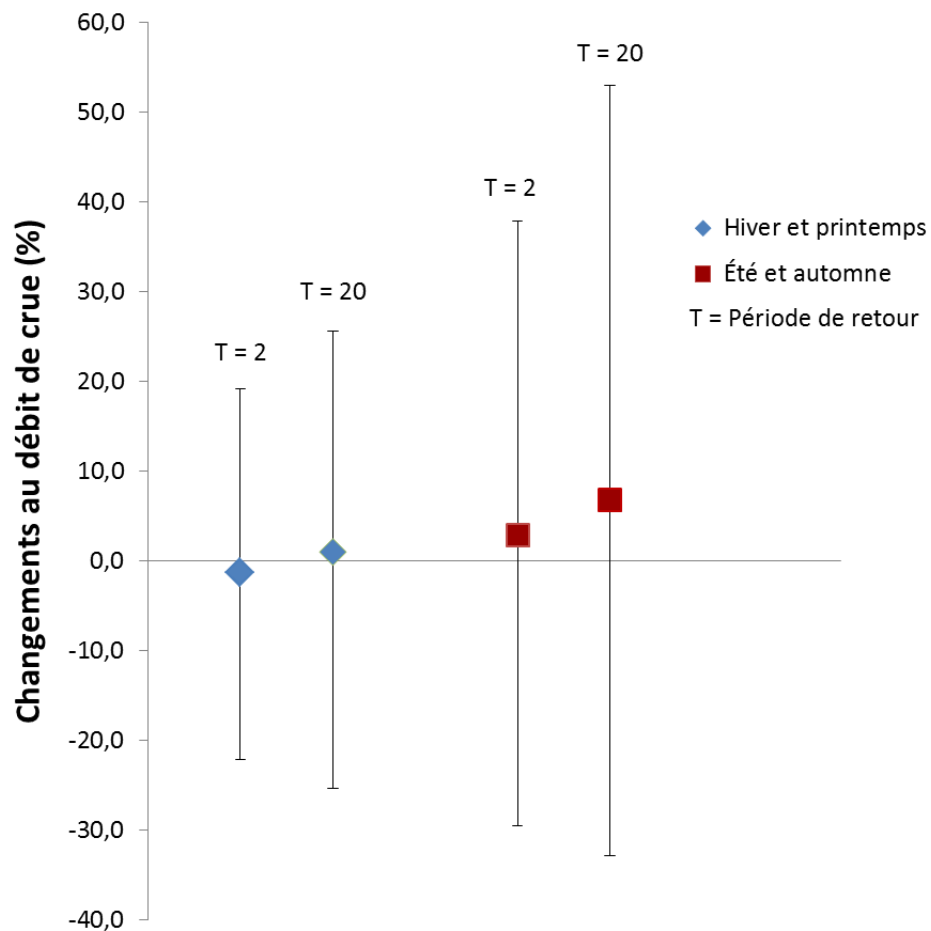
# DÉBITS MENSUELS MOYENS



# DÉBITS D'ÉTIAGE



# POINTES ET VOLUMES DE CRUES

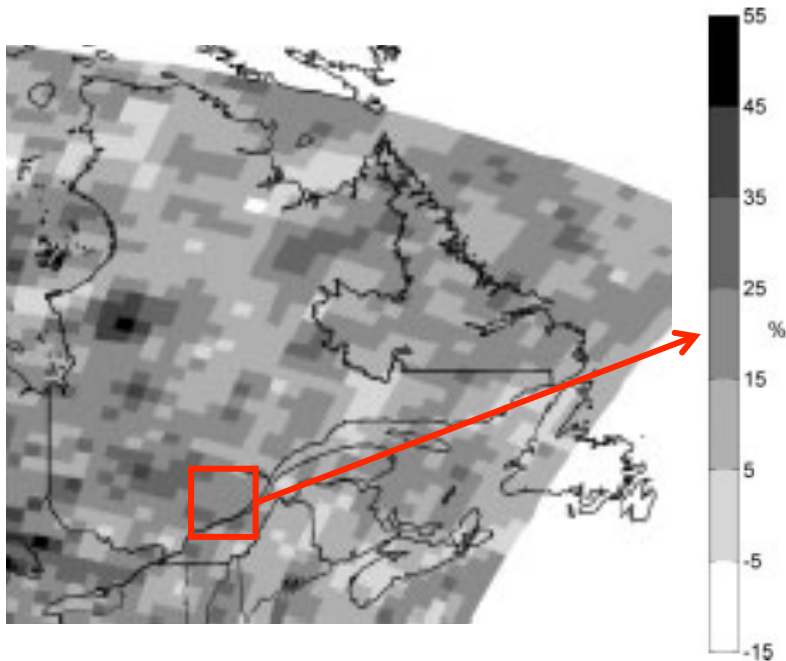


# PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES

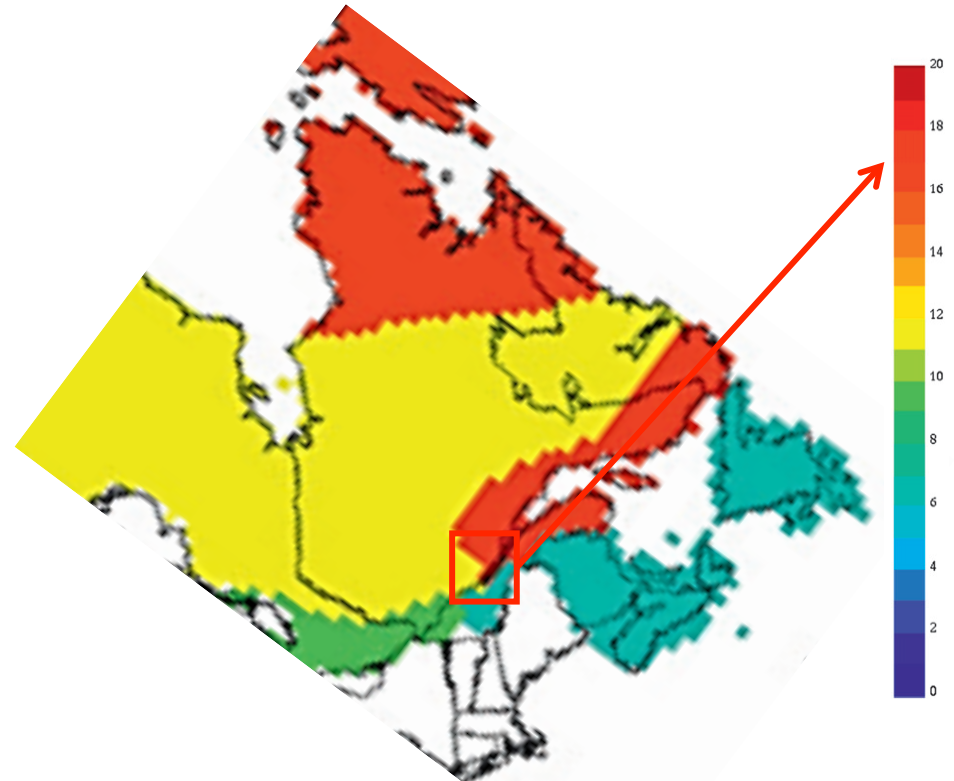
- **Limitation principale** : résolution temporelle et spatiale des modèles climatiques
  - Limite l'analyse à des résolutions de 15 km et plus et à des durées d'évènement de 12h et plus
  - **Consensus actuel** : Intensification des précipitations 24-72h à l'horizon 2050 de l'ordre de 2 à 25 %, selon la durée et la période de retour

# PRÉCIPITATIONS EXTRÊMES

- Changements prévus à une pluie 24h de retour 20 ans, Horizon 2050



Mailhot *et al.* (2011): 15 à 25 %



Mladjic *et al.* (2011): 16 à 18 %

# CONCLUSIONS



*« Aura-t-on suffisamment d'eau potable pour alimenter la CMQ dans ~~15 ou 20 ans~~ ? »*

- Bilan annuel : Relativement stable
- Hiver : Débits d'été jusqu'à 80 % plus soutenus
- Été : Étiages jusqu'à 50 % plus sévères
- Fleuve Saint-Laurent !

*« Quels seront les enjeux hydrologiques pour l'approvisionnement en eau potable de la CMQ dans ~~15 ou 20 ans~~ ? »*

- Crues (printemps et été) : Signal incertain

# RECOMMANDATIONS

- Besoins de recherche
  - Changements climatiques à l'horizon 2030
  - Impact des CC sur la ressource en eau souterraine
  - Impact des CC sur les précipitations extrêmes de courte durée
  - Explorer la viabilité de différentes solutions d'adaptation
  
- Sensibilisation
  - L'abondance de l'eau au Québec... un mythe à briser
  - Protection des sources d'eau potable
  - Favoriser l'infiltration

# MERCI



---

CONSORTIUM SUR LA CLIMATOLOGIE RÉGIONALE ET L'ADAPTION AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES