

Apprivoiser la science des changements climatiques

Vocabulaire et acronymes de base
Anatomie d'un modèle climatique et présentation d'un schéma de surface
Modélisation globale
Modélisation régionale
Principe de projections climatiques
Incertitudes

Dominique Paquin

Colloque en agroclimatologie

9 mars 2011



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



Vocabulaire et acronymes de base

- **Projections de changement climatique** > incertitude
 - Et non pas des prévisions météorologiques (déterministe ou probabiliste) ni des prédictions (intuitif)
- **Simulation climatique** (*run*)
 - Représentation modélisée du climat obtenue en « roulant » un modèle numérique du climat
- **Passé récent** (climat actuel)
 - Typiquement, période de 30 / 40 / 50 années entre 1960 et 2010
- **Climat transient**
 - Simulation en continu avec évolution des gaz à effet de serre (GHG) (1850-2100)



D. Paquin

Vocabulaire et acronymes de base



- **IPCC** : Intergovernmental Panel on Climate Change
 - Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)
- **Scénario d'émission** de l'IPCC
 - Représentation plausible du futur développement de substances, tels gaz à effets de serre, aérosols
- **Scénario climatique**
 - Représentation vraisemblable et souvent simplifiée (adaptée) du futur climat établie pour l'étude des changements climatiques
- **GCM / MCG** :
 - Global Circulation Model ou Global Climate Model ou Global Coupled Model / Modèle de Circulation Générale
 - CGCM : Canadian GCM (CCCma)
- **MRC / RCM**:
 - Modèle Régional du Climat / Regional Climate Model
 - MRCC / CRCM : Modèle Régional Canadien du Climat / Canadian Regional Climate Model (UQAM-Ouranos)

Anatomie d'un modèle climatique

Modèle atmosphérique

Modèle équilibre énergétique 1-D

Du plus simple au plus complexe...

Ajouts :

Effet de serre

Absorption par l'atmosphère d'une fraction du rayonnement solaire

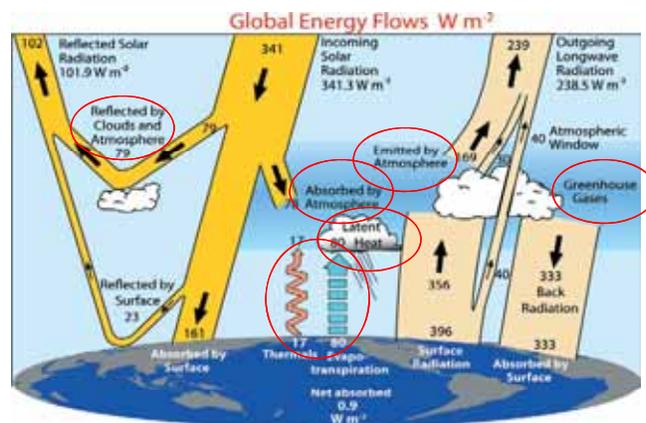
Échanges turbulents entre la surface de la terre et l'atmosphère :

Chaleur sensible

Chaleur latente

Changements de phase de l'eau

Structure verticale



The global annual mean Earth's energy budget for the Mar 2000 to May 2004 period ($W m^{-2}$).
Trenberth *et al.* (2008)

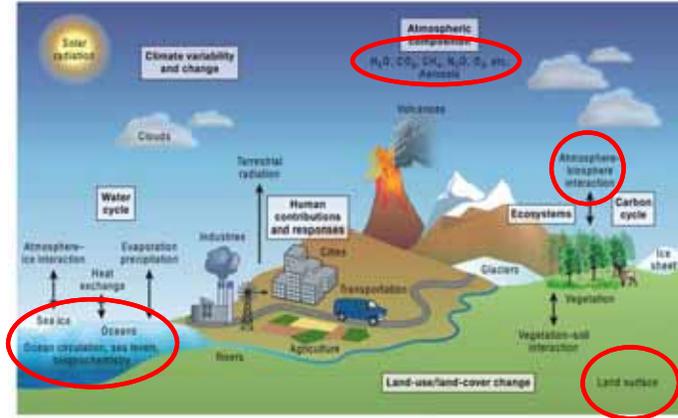
Anatomie d'un modèle climatique

Le système climatique dans sa totalité

Global Coupled Model (GCM)

Couplage

- Schéma de surface
- Océans
- Glace marine
- Biosphère
- Chimie



Moss et al, 2010

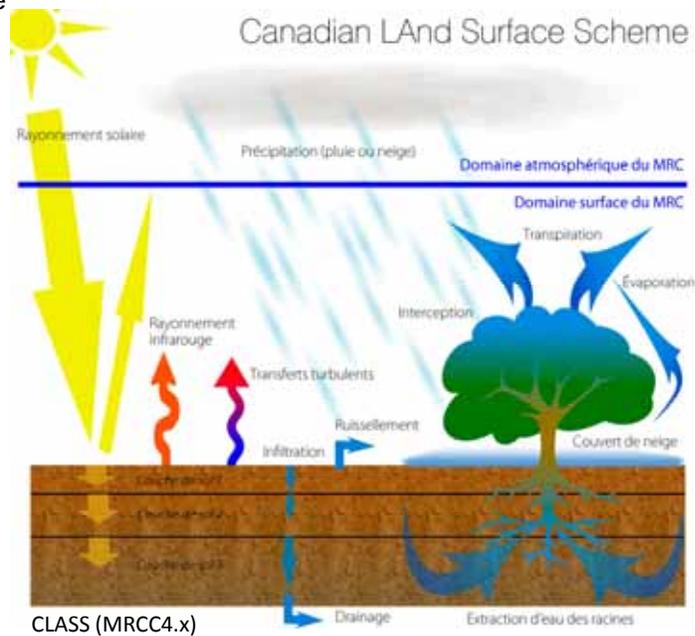
5

Anatomie d'un modèle climatique - surface

Un schéma de surface agit comme un simulateur d'échange entre la surface et l'atmosphère

Les flux provenant de la surface transfèrent les quantités d'énergie et d'eau vers l'atmosphère *via* l'évapotranspiration et le transfert de chaleur sensible

Une bonne simulation de la surface demande que l'atmosphère lui fournisse des quantités réalistes de précipitations et d'énergie rayonnante



Anatomie d'un modèle climatique - surface

Distribution de la végétation

Quatre types principaux

- Conifères
- Feuillus
- Cultures
- Herbes

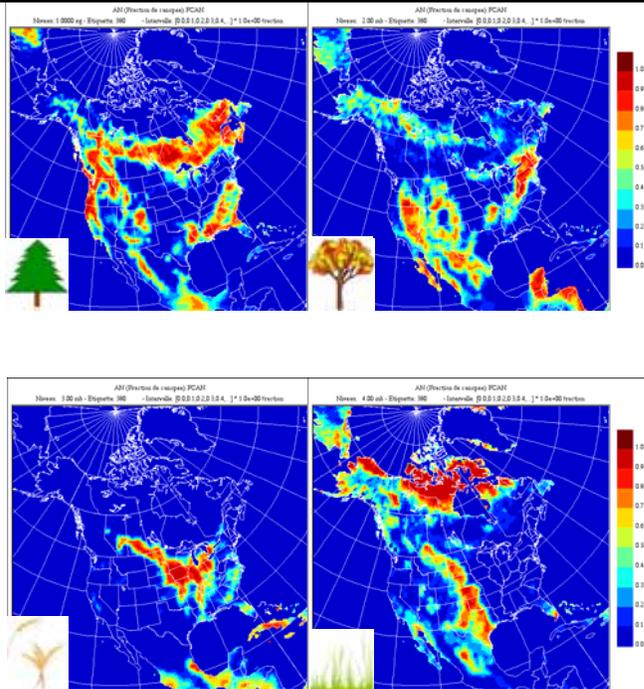
Interception de la précipitation

- Stockage d'eau sur le feuillage (... et réévaporation)
- Le reste tombe au sol (... et s'infiltré ou ruisselle)

Présence de racines pour extraire l'eau du sol

Évapotranspiration du couvert est somme de :

- Évaporation de l'eau sur le feuillage
- Évaporation de la surface sous-jacente
- Transpiration du feuillage



Modélisation globale

Modèle atmosphérique

GCM Global Climate Model

Modèle physique qui représente les événements météorologiques

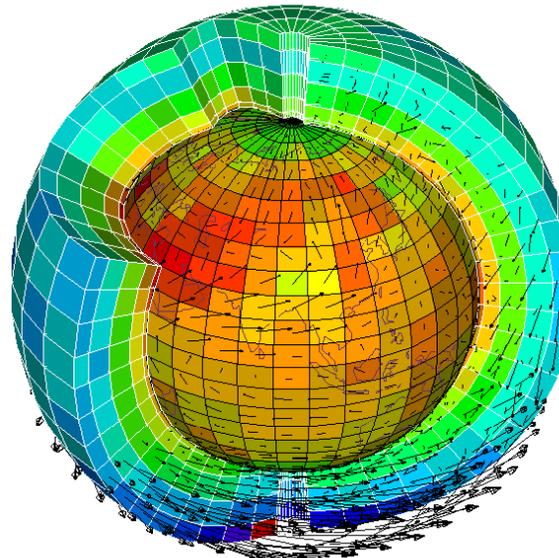
Variables physiques sont consistantes entre elles (température, humidité, pression, ...)

Résolution type

200 km

30 niveaux verticaux

$\Delta t = 20$ minutes



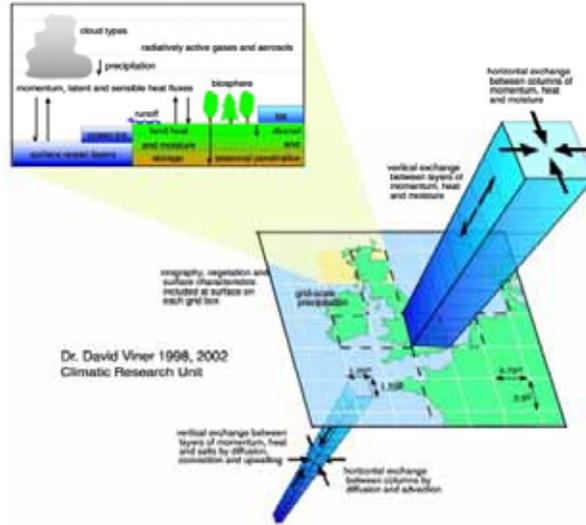
Météo-France

Modélisation globale

Le système climatique dans sa totalité

Global Coupled Model (GCM)

Structure



9

Modélisation globale

GCM

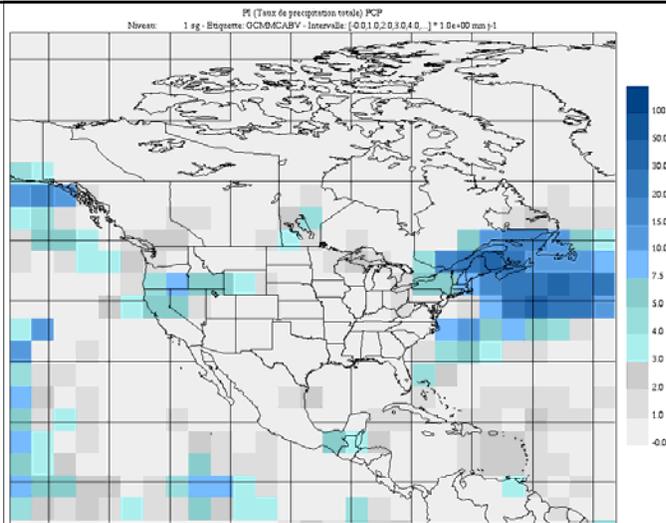
Précipitation (mm/j)

CGCM3.1v2 mc_abv

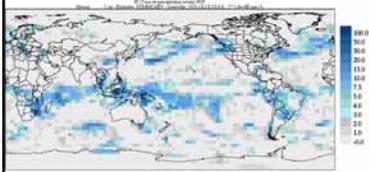
T47

Février 1977, quotidien

Manque de détails
processus physiques
résolution



Précipitation 00 heures vable 00 00Z le 08 février 1977



Simulations climatiques

10

Modélisation régionale

MRC

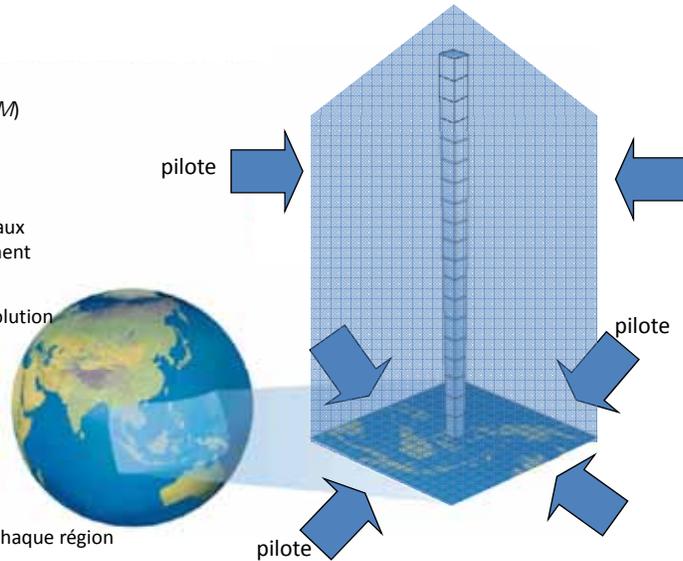
Aire limitée
(*Limited Area Model – LAM*)

Résolution horizontale
45, 25, 15 km

De 30 à 60 niveaux verticaux
distribués non uniformément

+ Génère info de haute résolution
Modèle physique
Plusieurs variables
Extrêmes

- Coûteux
Dépend des biais du gcm
Peu de simulations pour chaque région

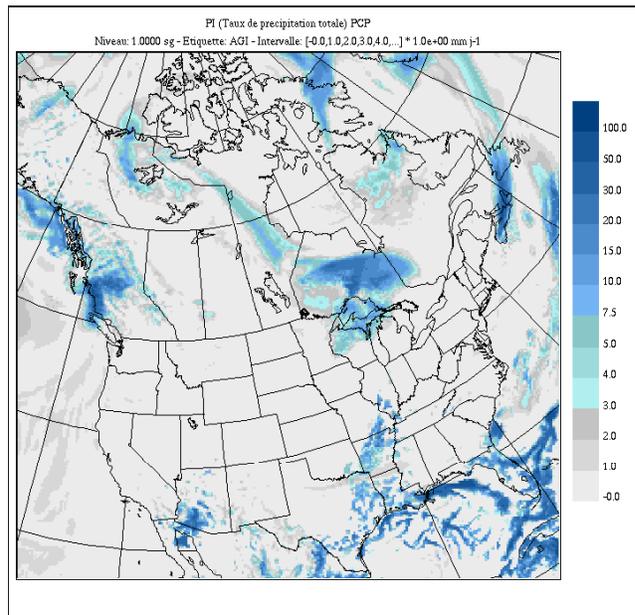


Adapté du Hadley Centre¹¹

Modélisation régionale

MRC

Précipitation (mm/j)
MRCC4.3 agi
22.5 km
Février 1977, aux 6 heures



Simulations climatiques

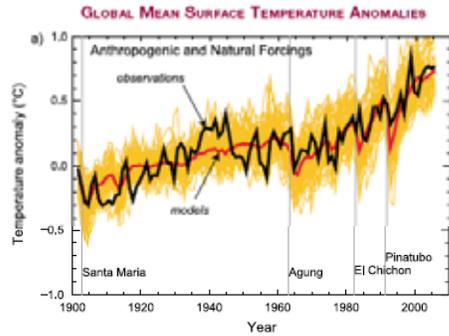
12

Principe de projections climatiques

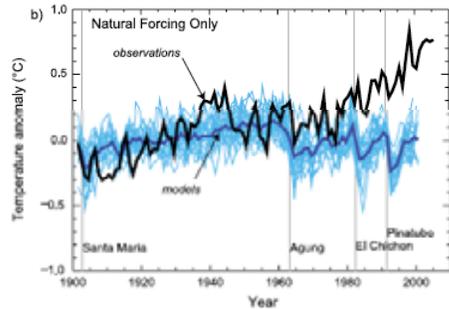
Validation des GCM

Anomalies globales annuelles de température

Simulation vs observations



50 simulations par 14 modèles

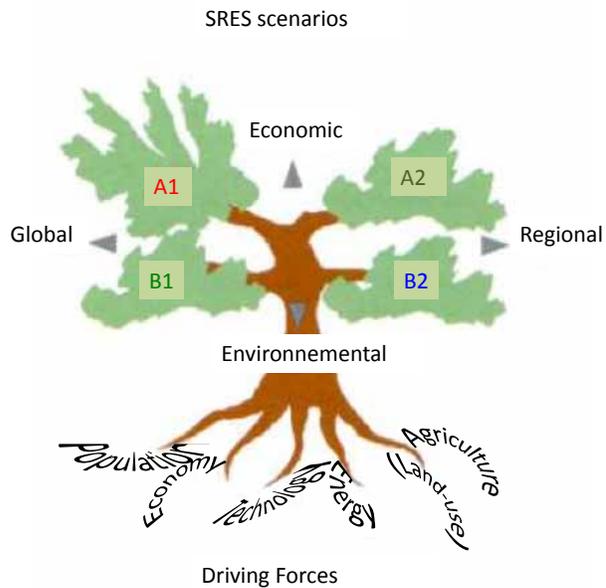


19 simulations par 5 modèles

IPCC(2007) Fig 9.5

Principe de projections climatiques

Emission Scenarios of the IPCC Special Report on Emission Scenarios (SRES)

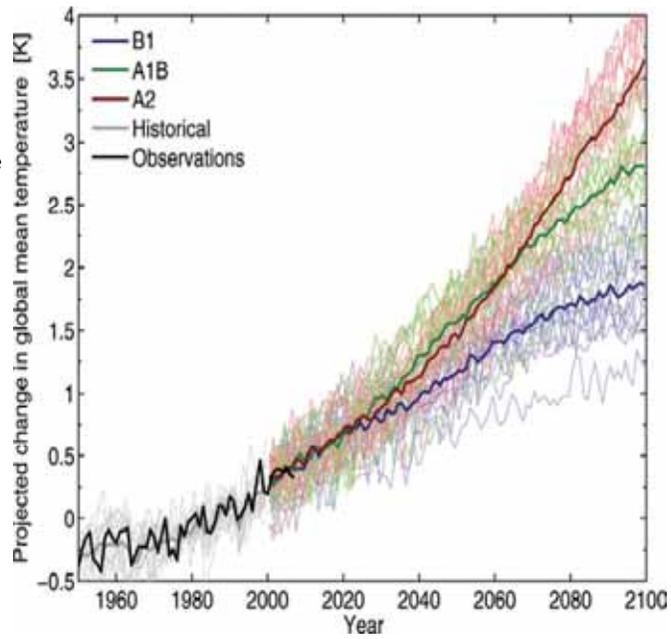


Nakicenovic et al., 2000

Principe de projections climatiques

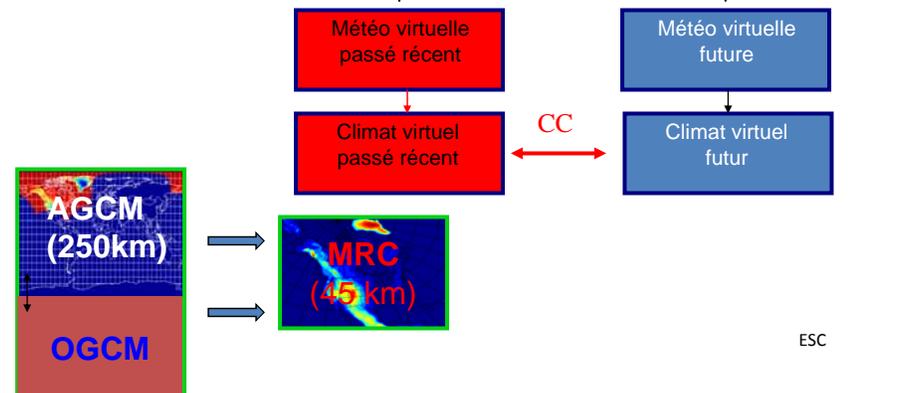
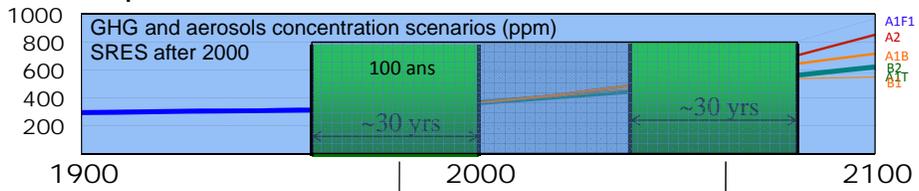
Moyenne annuelle globale de température de surface pr moyenne 1971-2000

15 GCMs différents



Hawkins & Sutton (2009) 15

Principe de projections climatiques



ESC

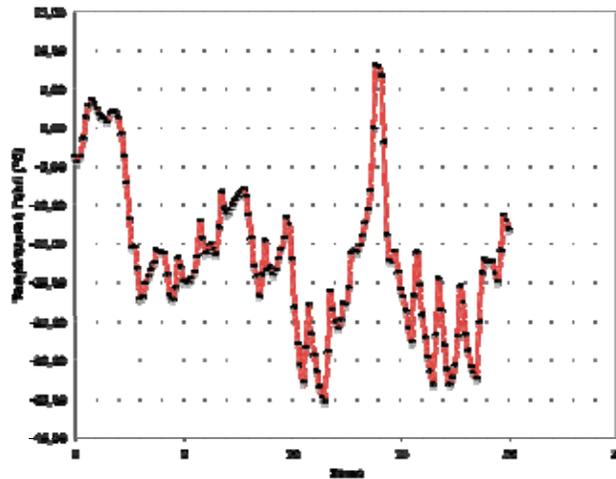
Principe de projections climatiques

Température au niveau de l'abri

Produite aux 15 minutes
Archivée aux 3 heures

Point au nord du Québec

20 jours



17

Principe de projections climatiques

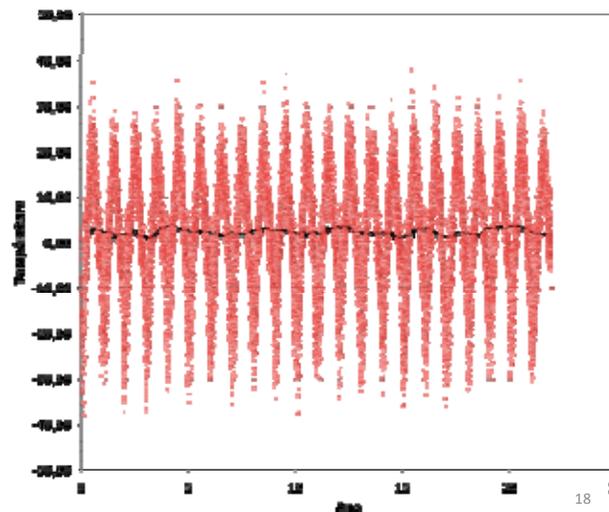
Température au niveau de l'abri

Produite aux 15 minutes
Archivée aux 3 heures

Point au nord du Québec

22 ans

Moyenne 3 °C



18

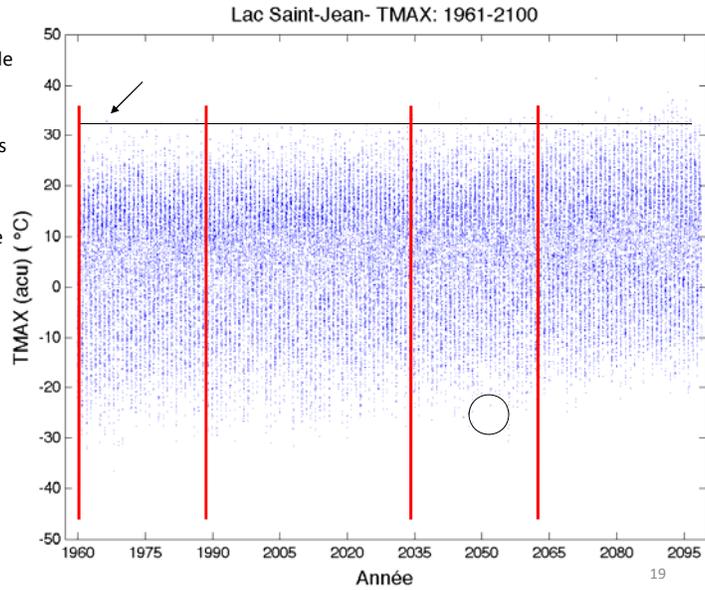
140 ans de température quotidienne maximum

4. Modélisation régionale

Projections régionales de changement climatique

Produite aux 15 minutes
Calcul quotidien

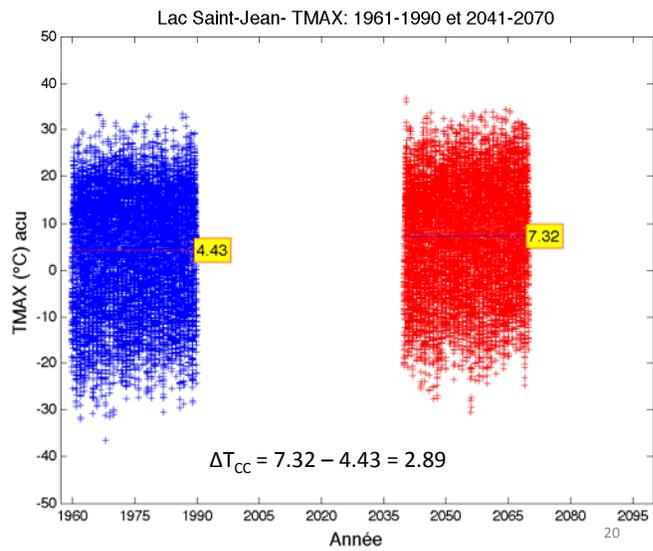
140 ans de température
quotidienne maximum
au niveau de l'abri



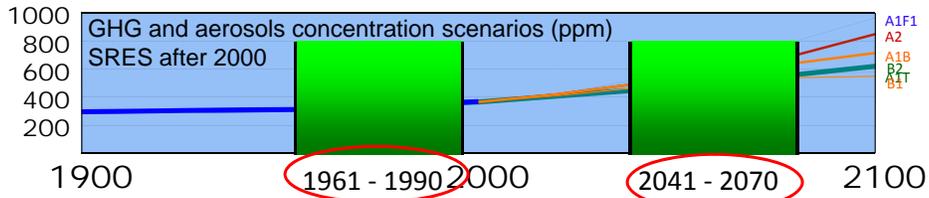
Principe de projections climatiques

Température au niveau de l'abri

Signal de changement climatique pour la température maximale au niveau de l'abri Lac-Saint-Jean 2041-2070 – 1961-1990



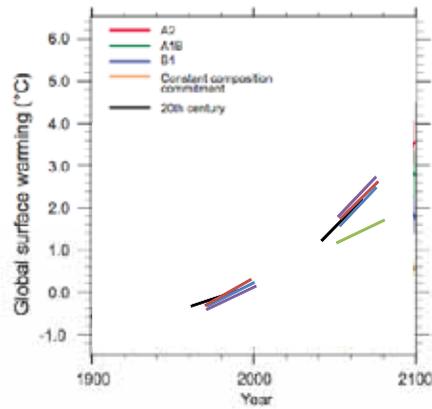
Incertitudes



Regional climate change projection over North America
 from CRCM4.2.3 at 45km resolution
 driven at its boundaries by
 CGCM3 #4
 and the IPCC scenario SRES A2

ESC

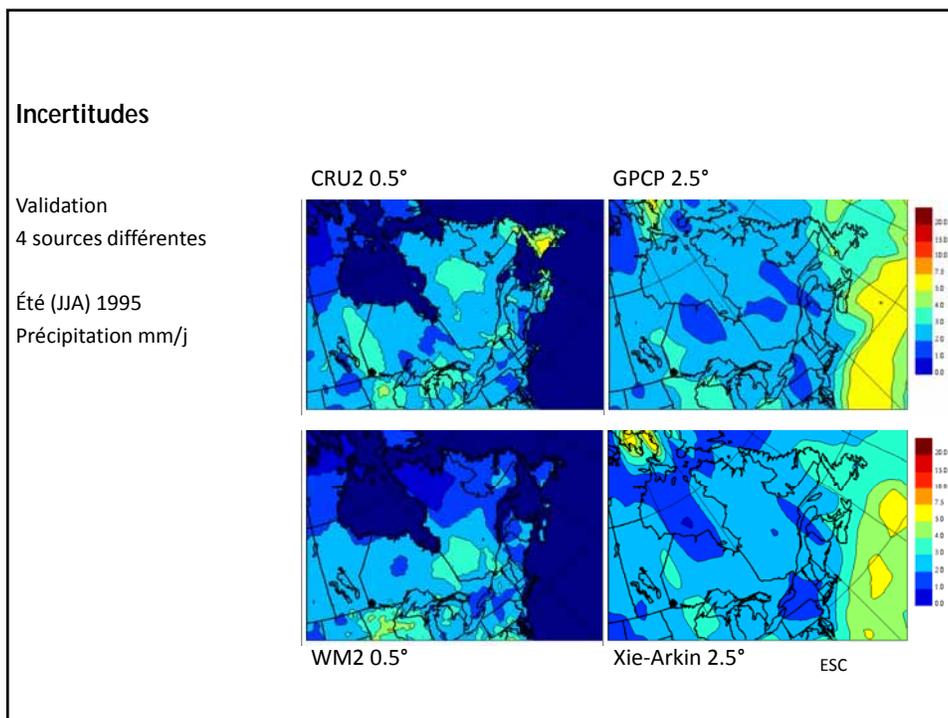
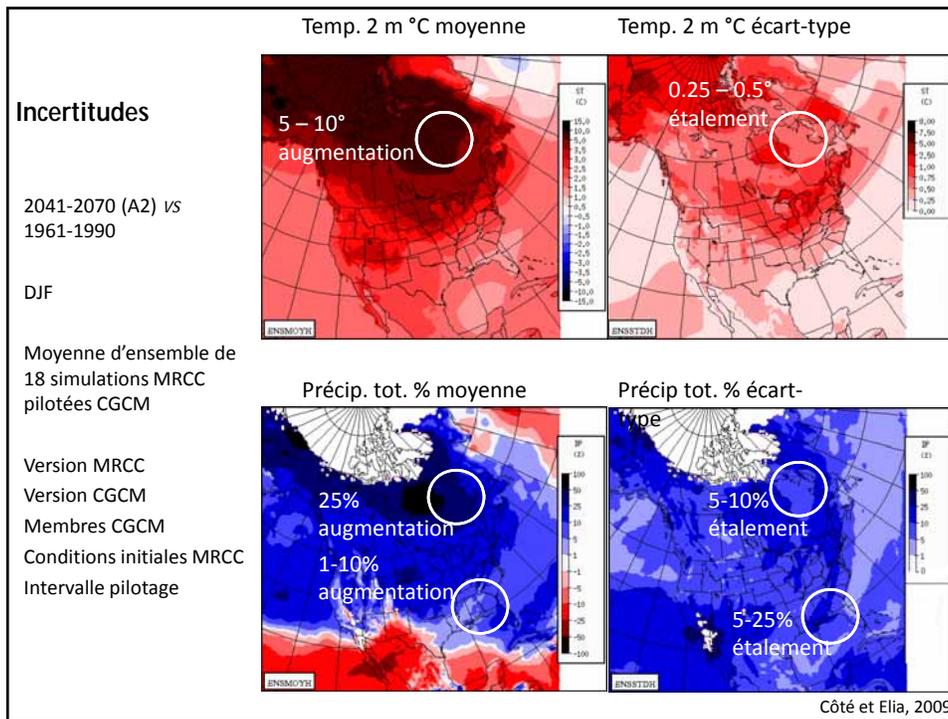
Incertitudes



1961 - 1990

2041 - 2070

Regional climate change projection over North America
 from ARPEGE 2.3 at 45km resolution
 driven at its boundaries by
 ARPEGE #5
 and the IPCC scenario SRES B1



Remerciements



D. Paquin

- **Merci**
 - Équipe de simulations climatiques : Sébastien Biner, Hélène Côté, Anne Frigon, Michel Giguère, Daniel Caya et tout particulièrement
 - Richard Harvey
- paquin.dominique@ouranos.ca