

# ***Les changements climatiques au Québec***

1. Un problème global et planétaire
2. La réponse Qc: une stratégie équilibrée  
entre: l'**atténuation** des gaz à effet de  
serre et l'**adaptation** aux changements

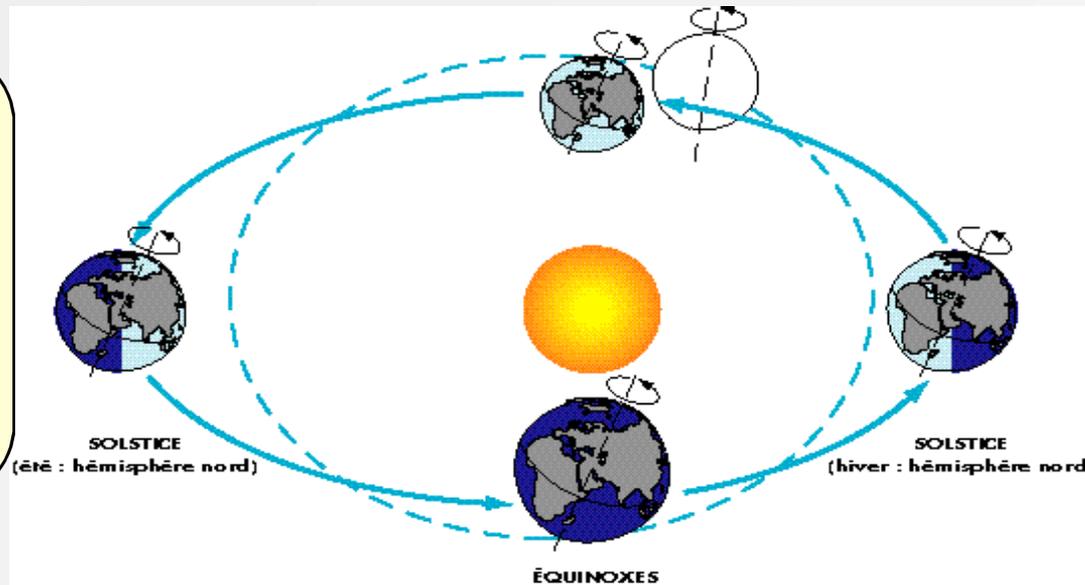
Alain Bourque  
*Directeur général par intérim*



*9 novembre 2004*

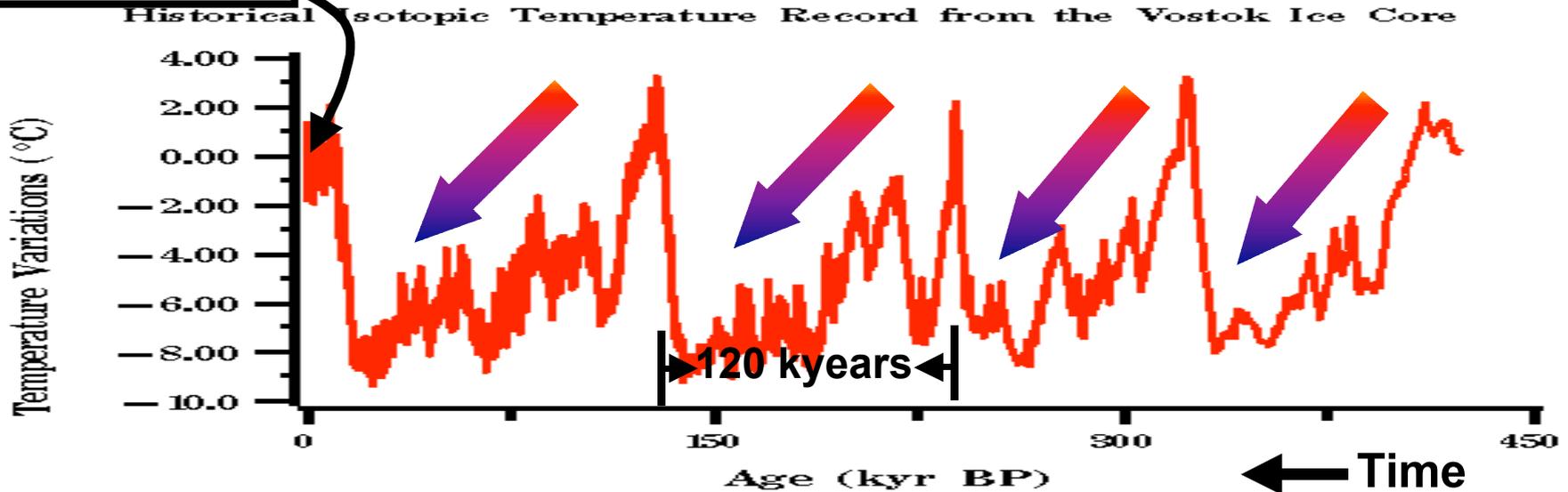
# Que nous apprend le passé ?

Nous sommes au sommet d'un cycle... Les températures devraient diminuer, et non augmenter !!



Milankovitch

Vous êtes ici



Variation with time of the Vostok isotope temperature record as a difference from the modern surface temperature value of  $-55.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Source: Petit et al.

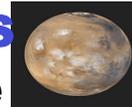
# L'effet de serre atmosphérique naturel



Tyndall Arrhénius

Vapeur d'eau,  
 $CO_2$ , ozone,  
méthane,  
CFC, HFC, SF6

**MARS**  
Effet de serre  
Avec:  
(Sans):



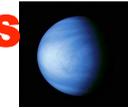
-55 °C  
(-56 °C)

**TERRE**

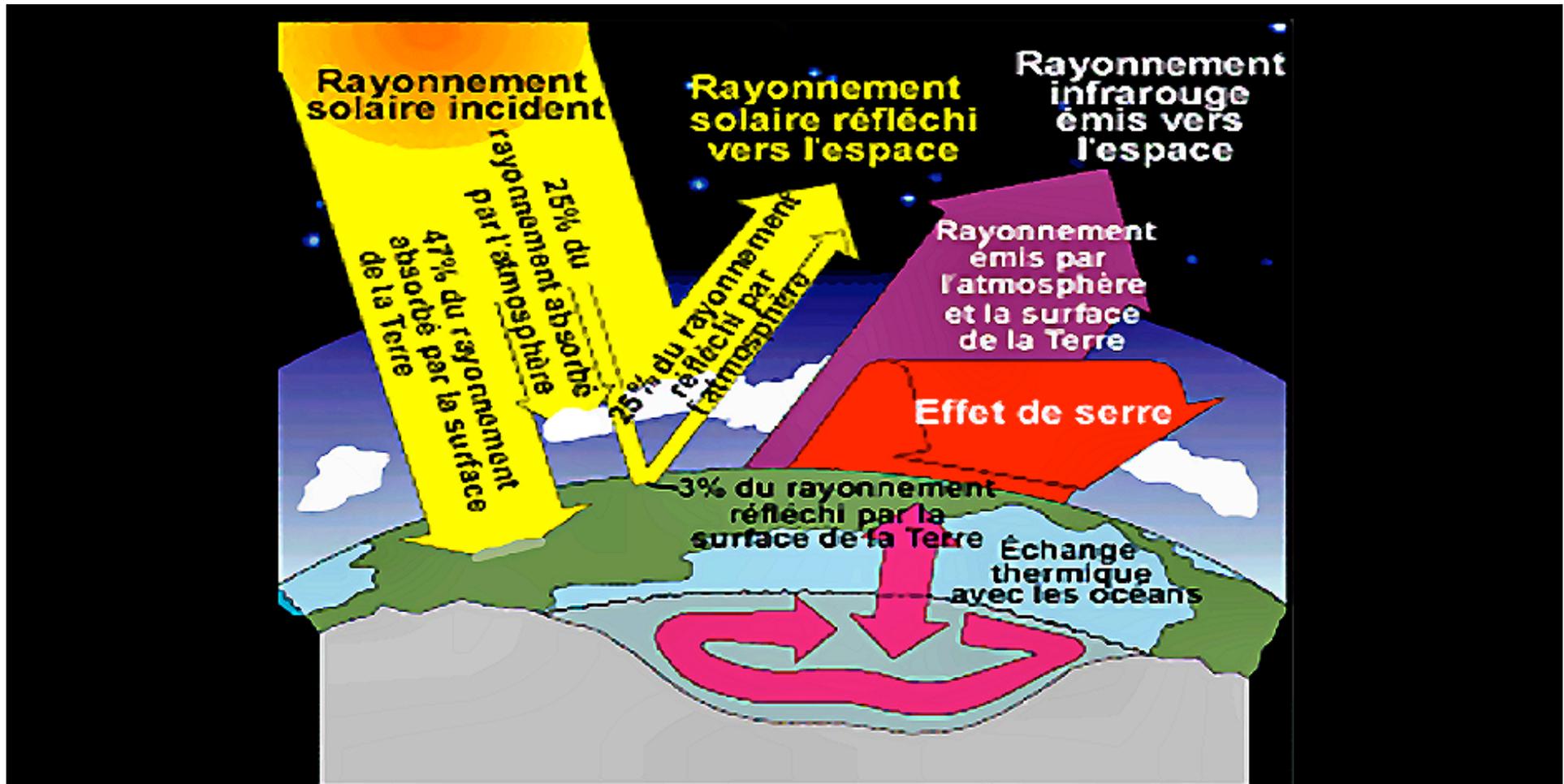


14 °C  
(-18 °C)

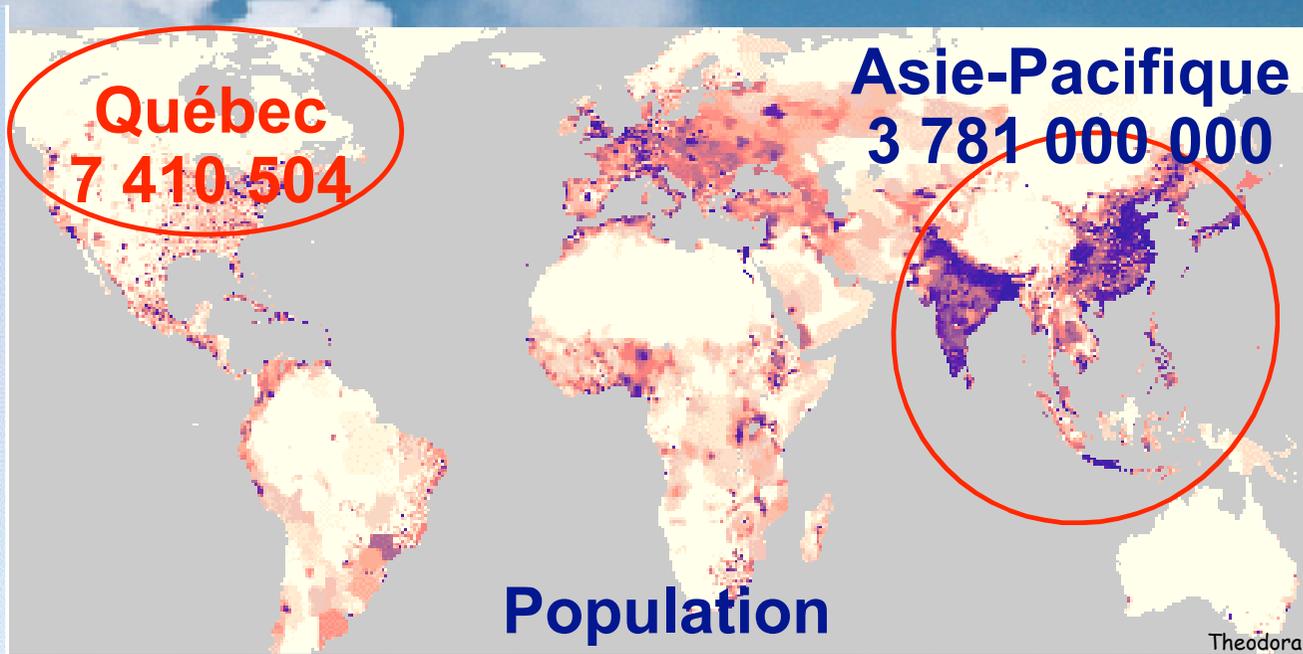
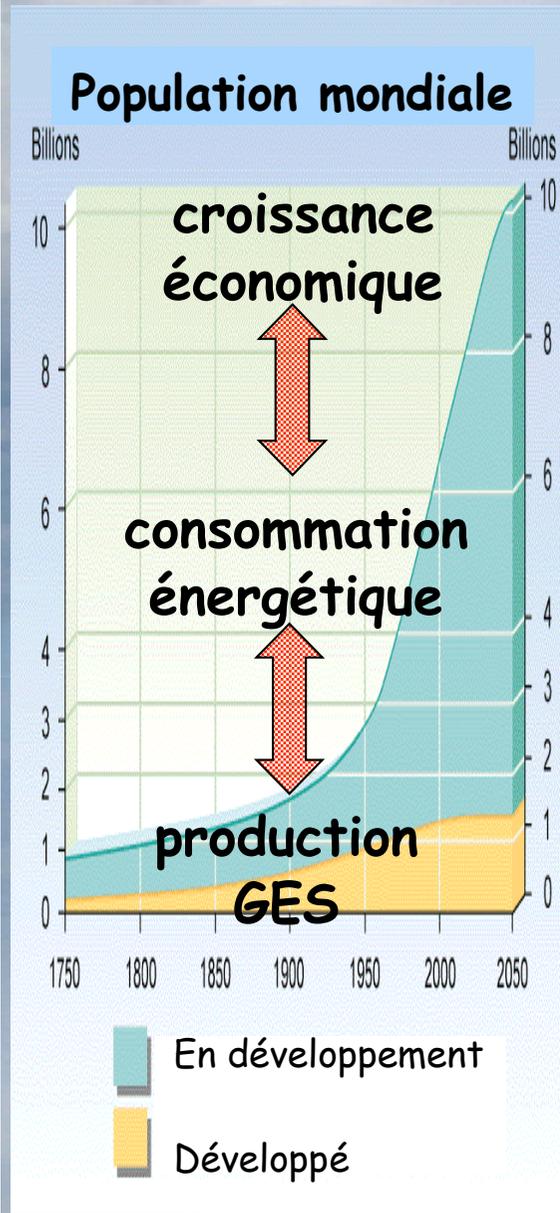
**VÉNUS**



457 °C  
(-21 °C)

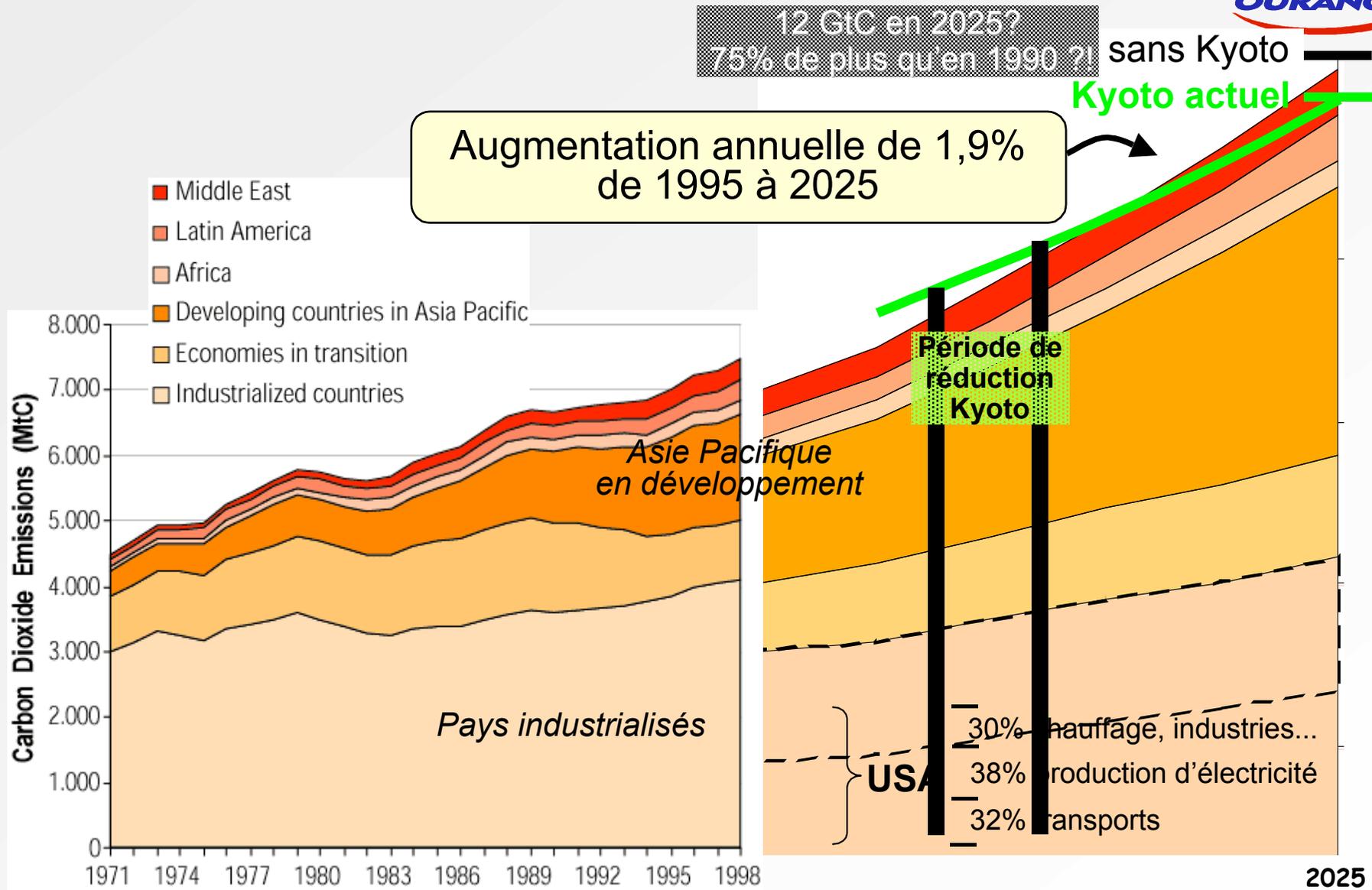


# Émissions continuellement en hausse, pourquoi ??



Forces motrices

# Les gaz à effet de serre augmentent rapidement



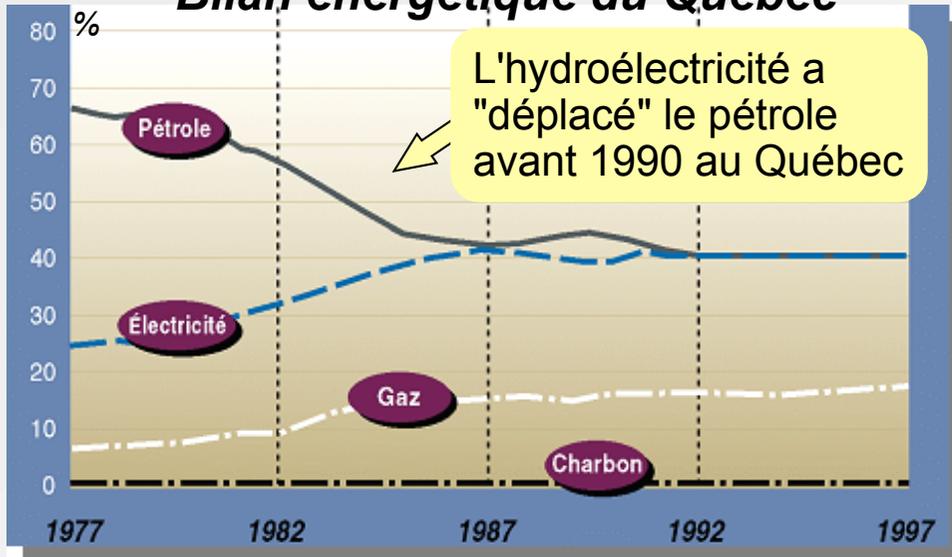
IPCC 2001

"International Energy Outlook 2003",  
Energy Information Agency, US DOE  
(adapté)

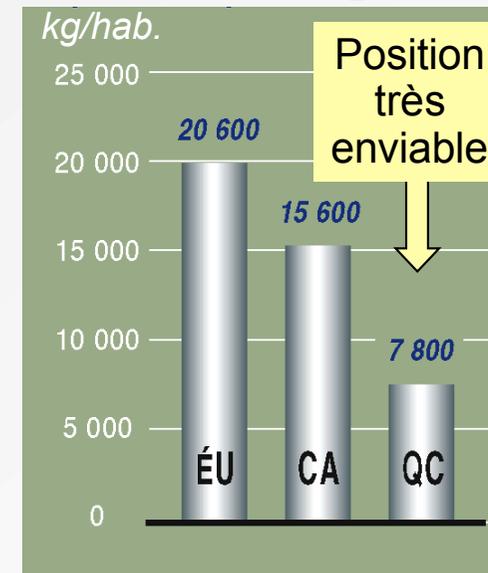
# Un profil différent ⇔ Une stratégie différente



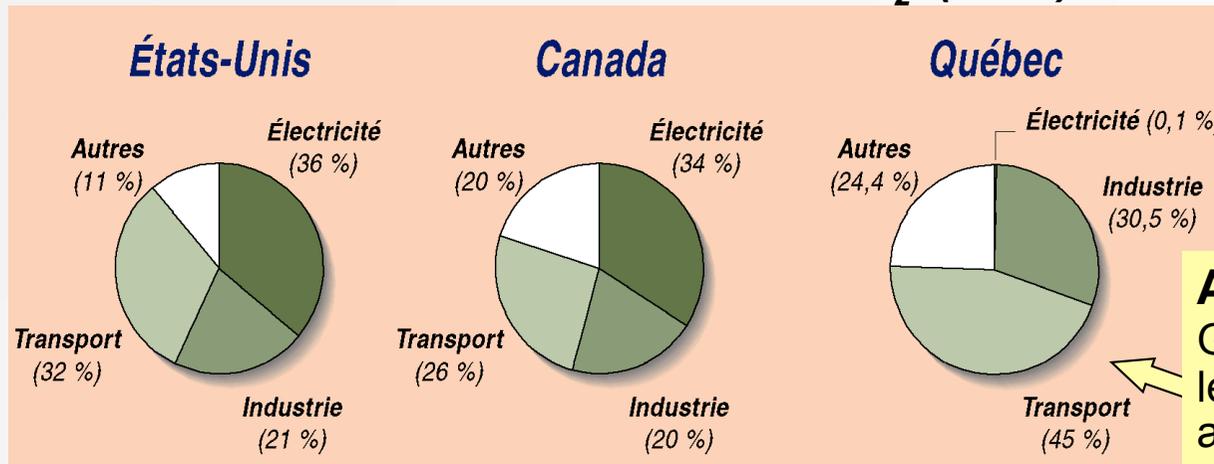
## Bilan énergétique du Québec



## Émissions CO<sub>2</sub> (1996)



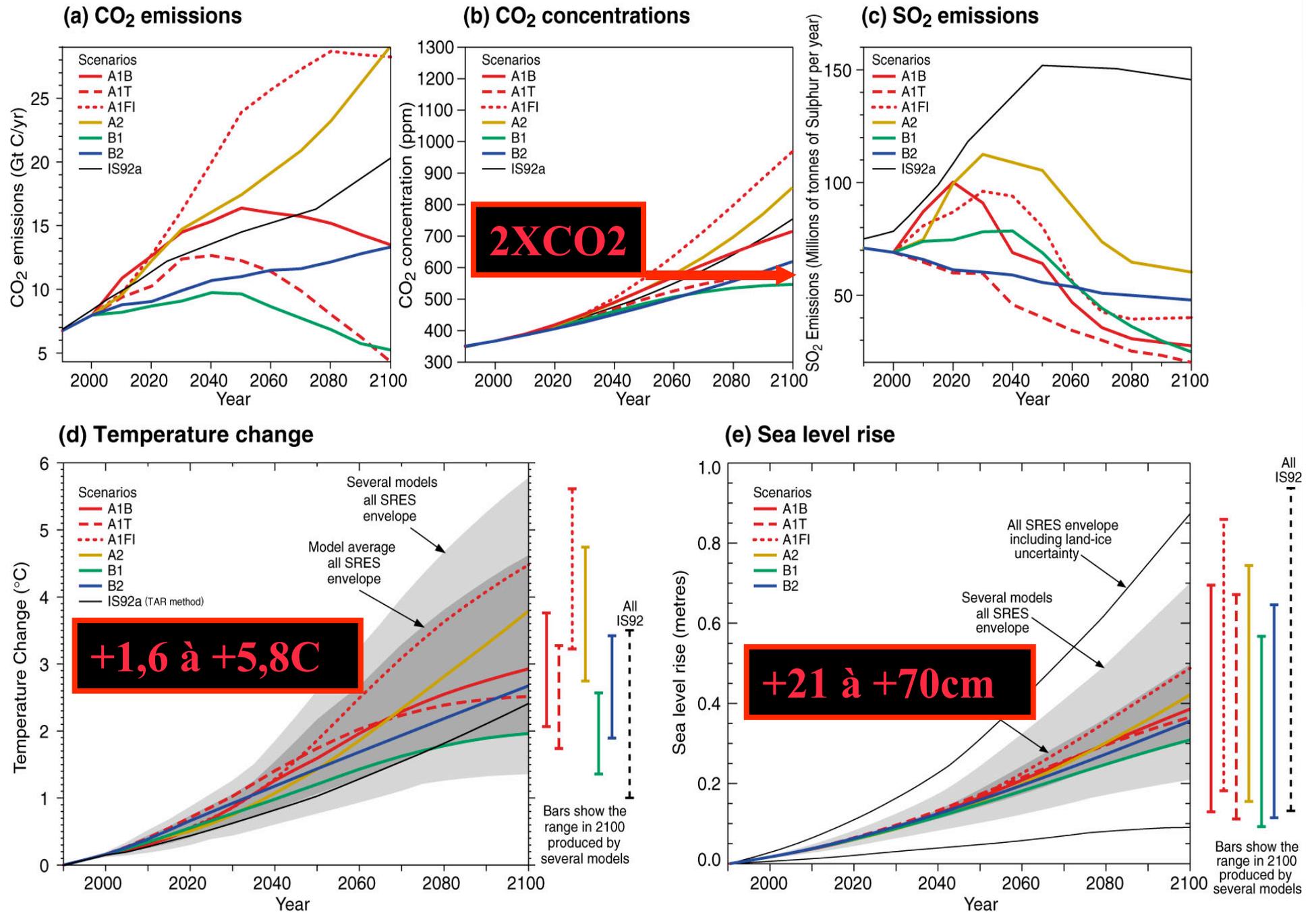
## Source des émissions de CO<sub>2</sub> (1996)



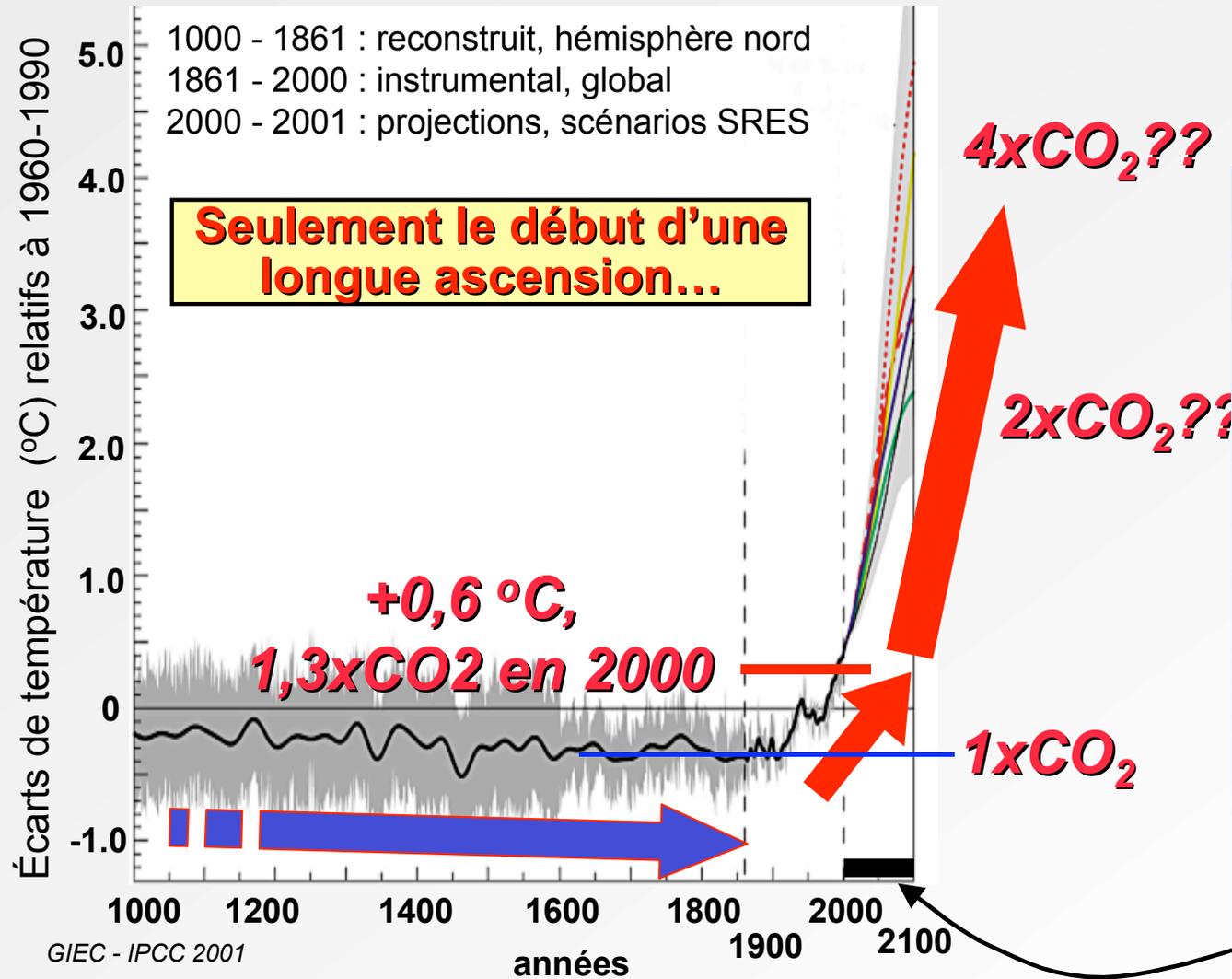
**Au Québec:**  
Gains importants à faire sur le transport pour "Kyoto" et au-delà...

# The global climate of the 21st century

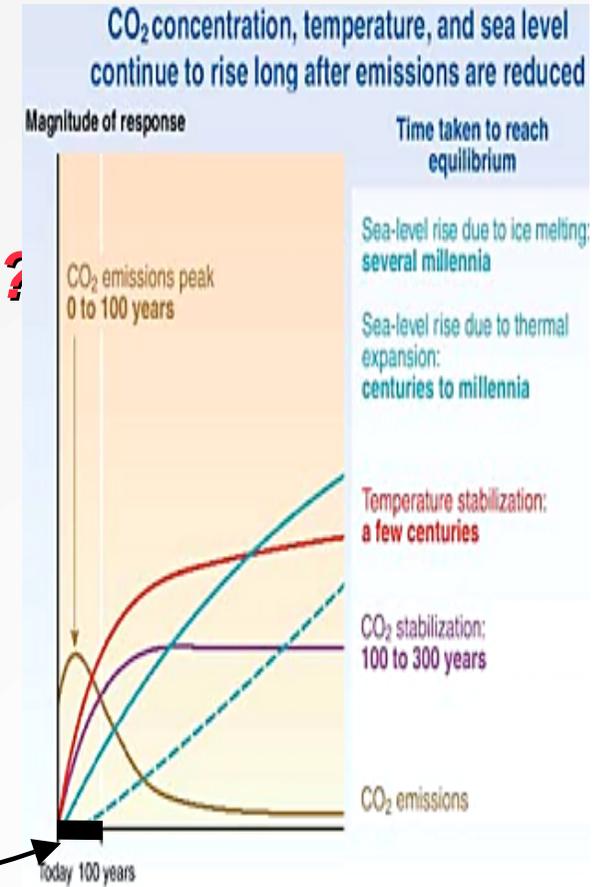
GIEC, 2001



# Le passé... très différent du futur



**... et pas de retour en arrière !!**



**Une tonne de CO<sub>2</sub> produite aujourd'hui :**

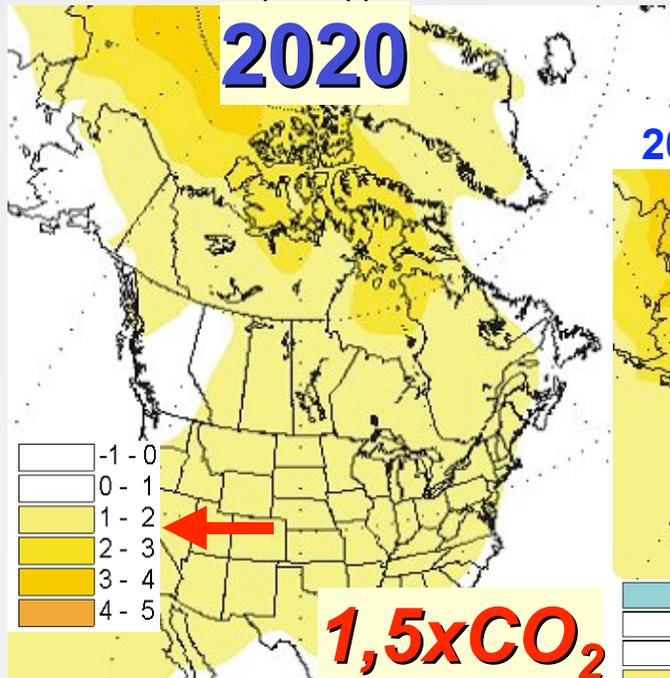
- Appartient à l'atmosphère de toute la planète
- Est laissée aux futures générations

# S'adapter sera un énorme défi



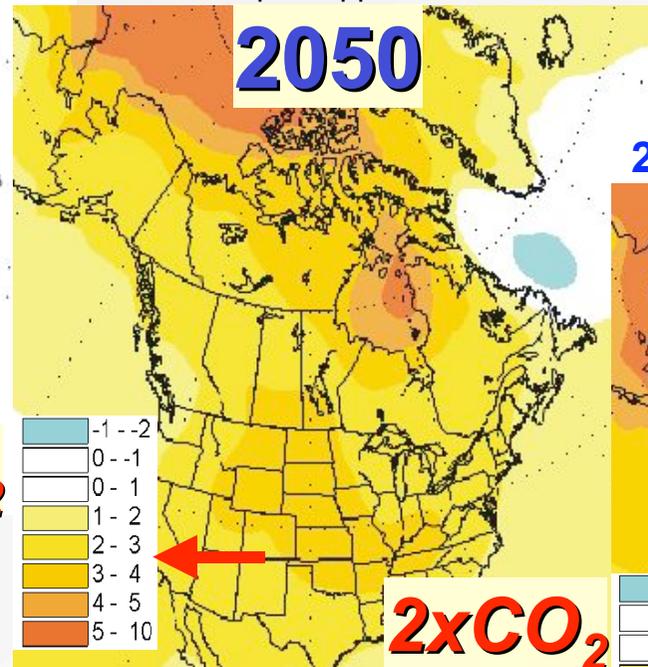
Température moyenne, avec le modèle canadien [scénario IS92a (2xCO<sub>2</sub> en 2065)]  
(Service Météorologique du Canada, Environnement Canada)

2010-2030 par rapport à 1975-1995

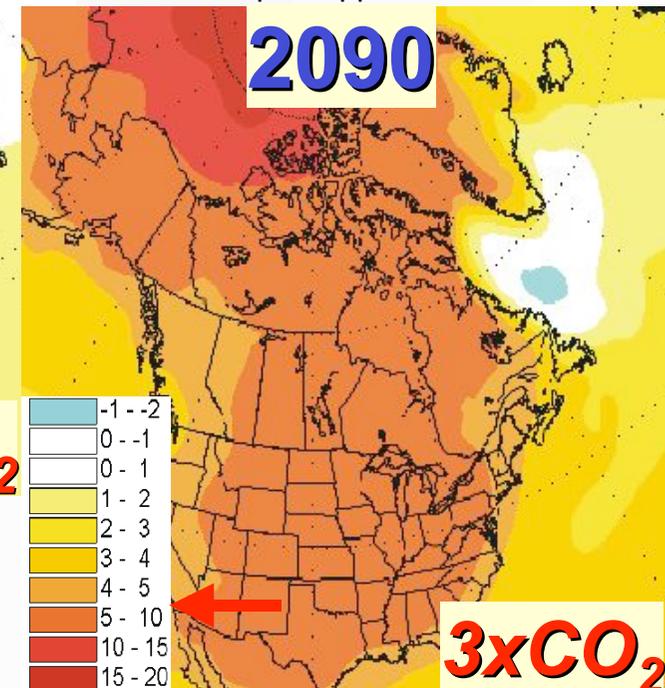


**1 % seulement d'augmentation  
des GES /an**

2040-2060 par rapport à 1975-1995



2080-2100 par rapport à 1975-1995

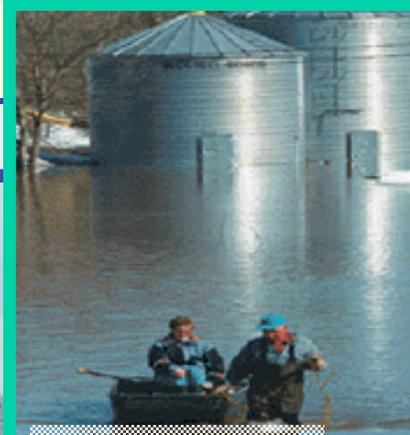


Les températures augmentent substantiellement au Canada, particulièrement dans le nord

# Impacts des extrêmes



fortes

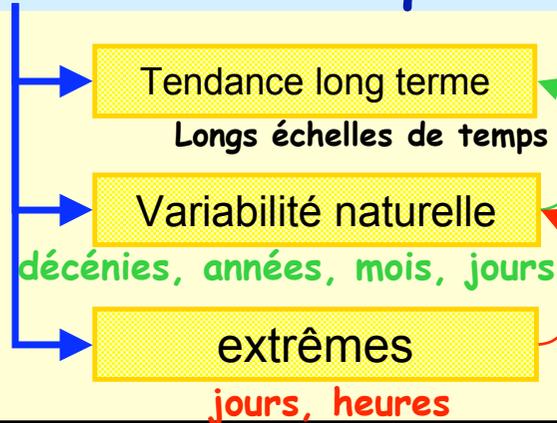


Inondations



feux

## Changements climatiques

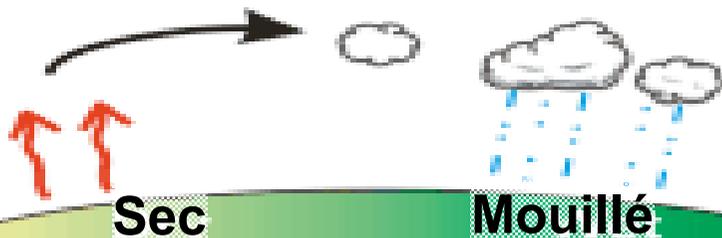


Sécheresses, canicules

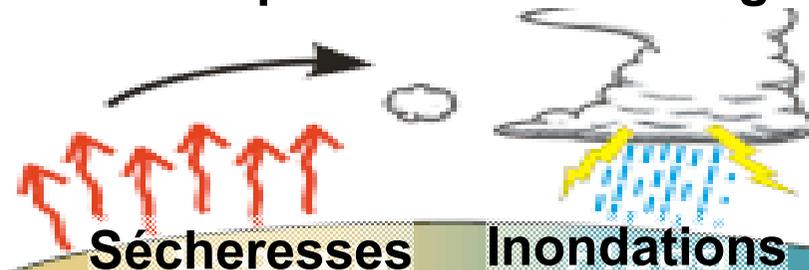


Augmentation des extrêmes avec les changements climatiques ?

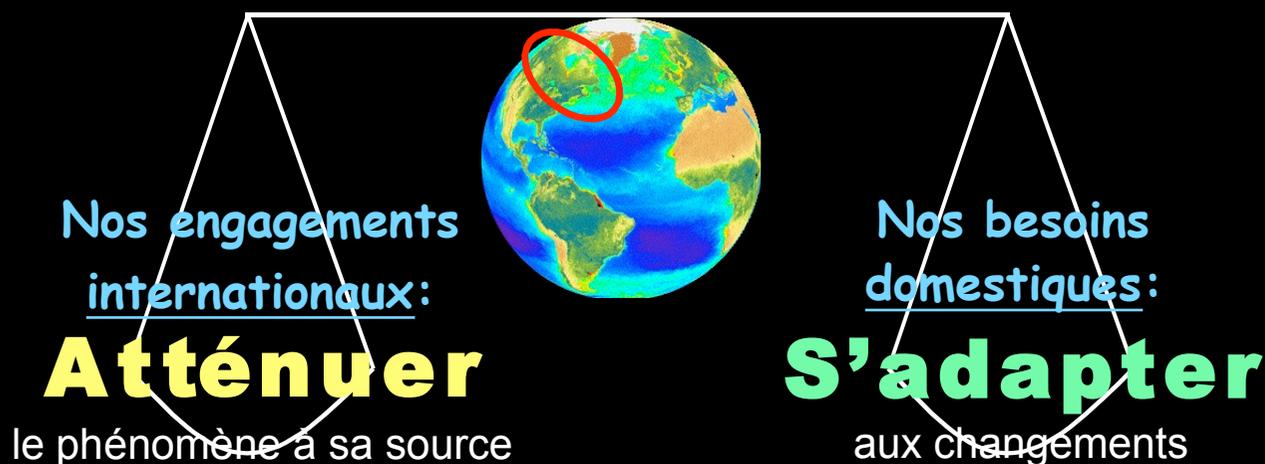
Atmosphère de faible énergie



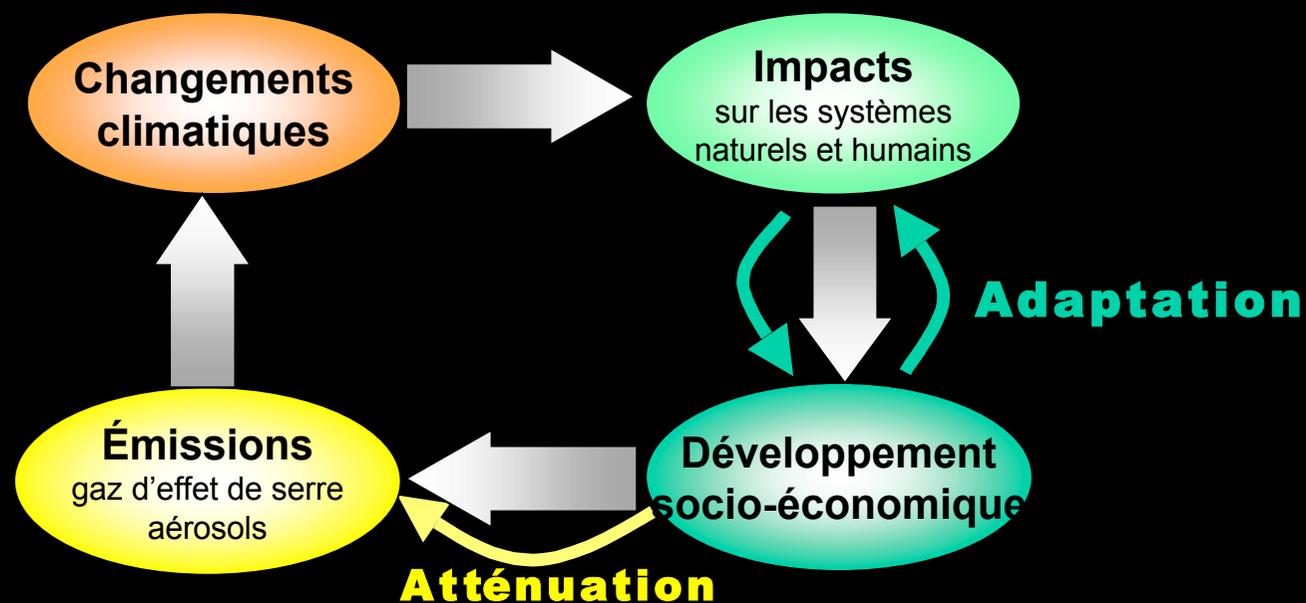
Atmosphère de forte énergie



# Une stratégie équilibrée et intégrée pour le Québec



**Au Québec, il est nécessaire de faire les deux !!**



# Le Consortium Ouranos : unique au Canada



550 Sherbrooke Ouest  
Montréal  
18<sup>e</sup> et 19<sup>e</sup> étages, 1800 m<sup>2</sup>

- Coordination de la recherche interdisciplinaire appliquée
- 90+ scientifiques et professionnels réunis
- Accès à un réseau étendu d'experts/usagers/décideurs
- Super-ordinateur pour les simulations climatiques:
  - SGI et CRAY SX-6
- 6 M\$ budget annuel de base. (15 M\$ par l'effet levier)
- Dates importantes:
  - 2001: Accord pour démarrage
  - 2002: Annonce, locaux, programme
  - 2003: Fin du démarrage
  - 2004: Financement Qc 2004-09
  - 2004+: Résultats en support usagers
- **1er Symposium le 9-10 Juin:**  
235 invités, 75 affiches, 15 plénières

Plus de 250 spécialistes au travail sur:

- Les variations et changements du climat
- Le support aux décisions sur l'adaptation

Logos of partners and institutions:

- Québec
- Hydro Québec
- Environnement Canada
- UQÀM (Université du Québec à Montréal)
- VRQ (Valeur-Récherche Québec)
- McGill
- UNIVERSITÉ LAVAL
- Université du Québec Institut national de la recherche scientifique

# Les priorités du Québec en adaptation



## Arctique:

### • Pergélisol

(infrastructures, habitation, mode de vie)

## Considérations :

- L'économie
- La population: santé et sécurité
- L'environnement et la conservation
- La dynamique

- Ampleur des changements?
- Vulnérabilités et risques?
- Solutions d'adaptation?  
(pour toutes les sous-régions)

## Ressources:

(développement durable)

- Hydroélectricité
- Forêts

## Maritimes:

- Érosion côtière
- Pêcheries

## Sud du Québec:

- Environnement urbain
- Environnement rural

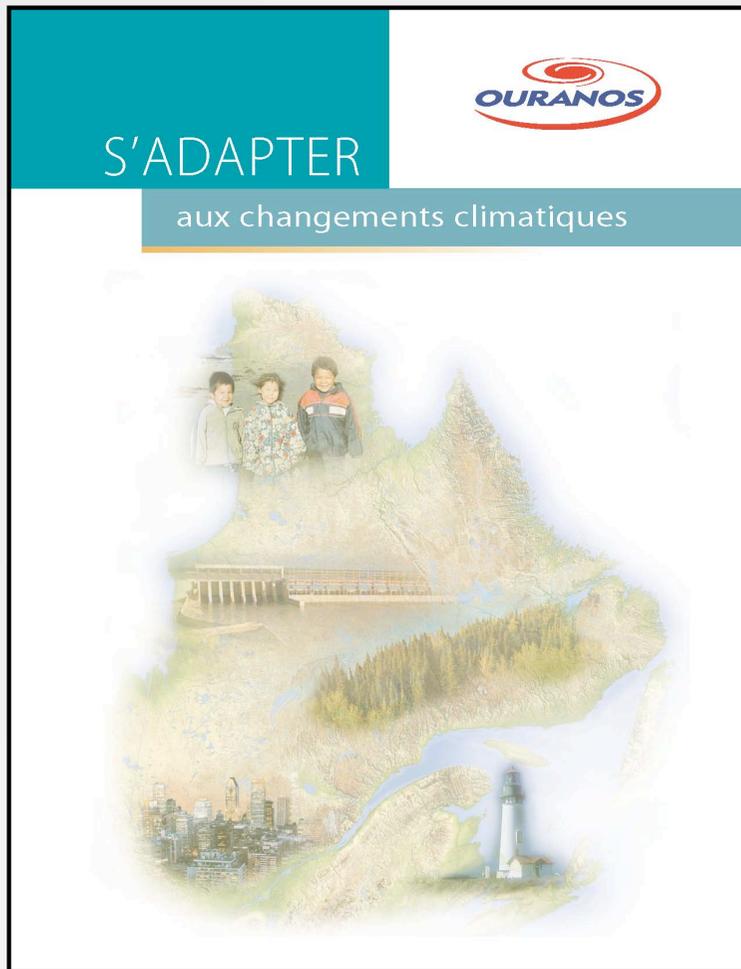
## Enjeux sociaux et environnementaux:

- Santé en milieu urbain
- Catastrophes climatiques
- Approvisionnement en eau
- Écosystèmes et biodiversité

## Enjeux économiques:

- Conflits d'usages du St-Laurent
- Gestion de l'eau
- Agriculture, agroalimentaire
- Transport
- Profil de la demande énergétique
- Tourisme

# 1<sup>er</sup> rapport "S'adapter aux changements climatiques"



- Première évaluation intégrée des enjeux pour le Québec
- Grand nombre de personnes impliqué. Plus d'une année d'efforts.
- Disponible en juin 2004

<b>CHAPITRE 1 : SCIENCE DU CLIMAT -</b>	
<b>UNE AUGMENTATION INEVITABLE DES TEMPERATURES ..</b>	
Une ascension rapide .....	
L'augmentation des concentrations de GES .....	
Des émissions en hausse .....	
L'augmentation des températures .....	
<b>CHAPITRE 2 : IMPACTS ET STRATEGIES D'ADAPTATION -</b>	
<b>UNE APPROCHE PAR REGIONS .....</b>	
Le territoire .....	
La population .....	
L'économie .....	
Les régions du point de vue des changements climatiques .....	
<b>L'ARCTIQUE QUEBECOIS .....</b>	
Le pergélisol .....	
<b>LA REGION RESSOURCES .....</b>	
La forêt .....	
La production d'hydroélectricité .....	
<b>LA REGION MARITIME .....</b>	
L'érosion côtière .....	
<b>LA REGION SUD DU QUEBEC .....</b>	
L'agriculture .....	
Les écosystèmes et la biodiversité .....	
Le Saint-Laurent .....	
La gestion de l'eau .....	
La demande d'énergie .....	
Le transport .....	
La santé .....	
Le tourisme .....	
Les événements climatiques extrêmes et la variabilité naturelle .....	
<b>SOMMAIRE ET CONCLUSION .....</b>	
Des émissions en hausse .....	
Une augmentation inévitable des températures .....	
Les impacts par régions .....	
L'adaptation nécessaire .....	
Une solution globale .....	
Le consortium Ouranos .....	

# Dégel du pergélisol



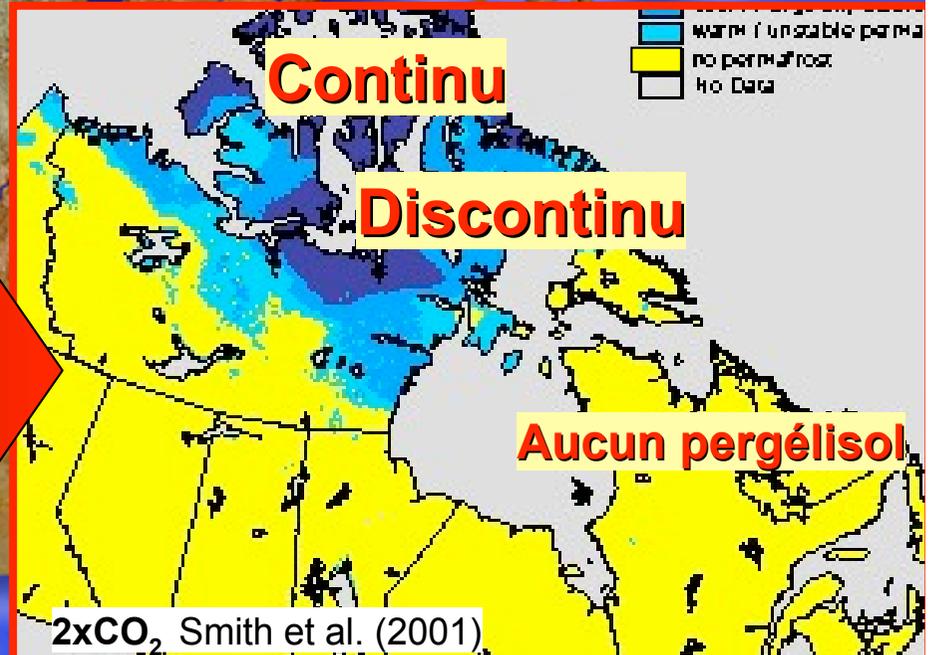
Des infrastructures déjà affectées :

- pistes d'atterrissage
- bâtiments

Tasiujak, 28 août 2002

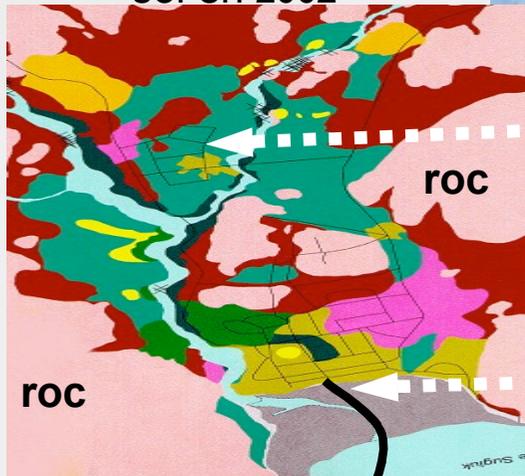


Réchauffement de 1 à 3 degrés en dix ans à 10 mètres de profondeur

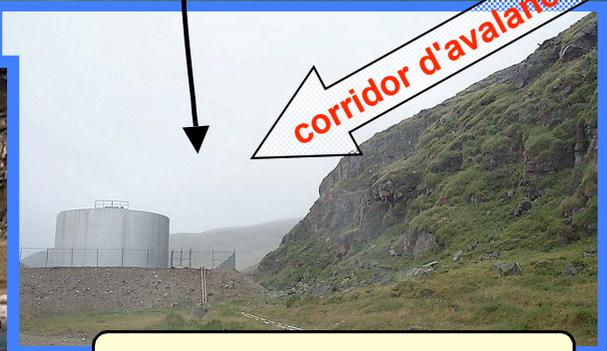
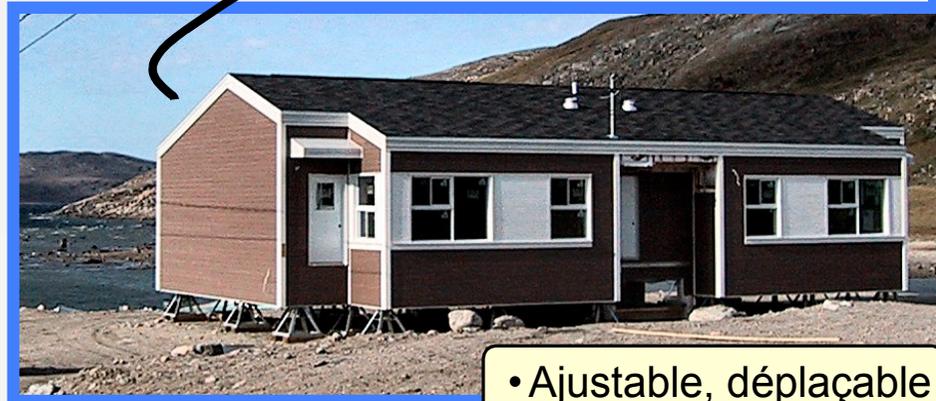
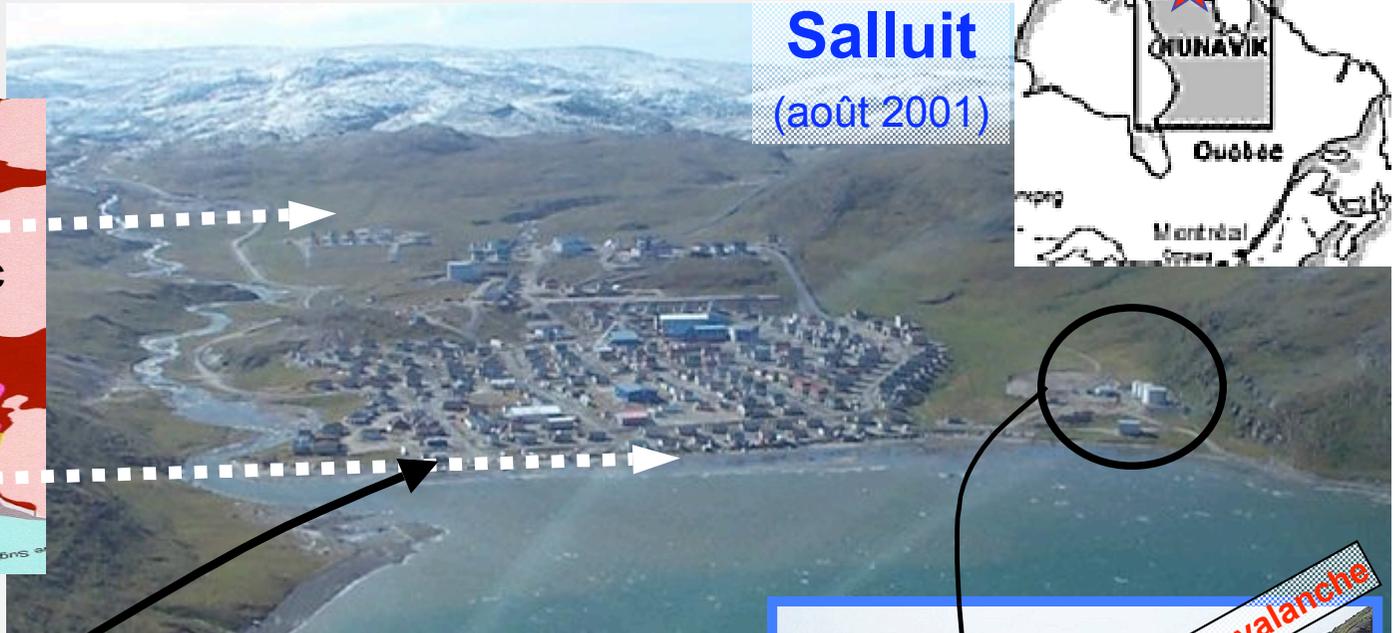


# L'adaptation dans le nord du Québec

Caractérisation du sol en 2002



Salluit  
(août 2001)



• Déplace les réservoirs

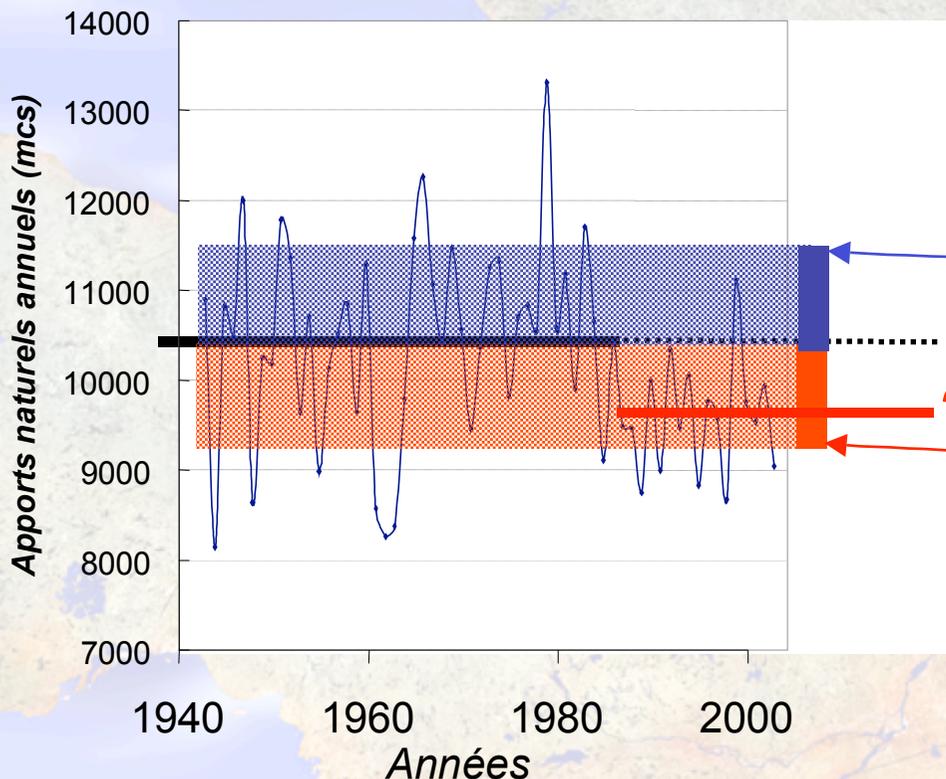
- Des maisons et édifices devront être déplacées
- Il faudra peut-être déplacé le village si le taux de fonte actuelle se maintient.



# Gérer le risque "hydraulique"

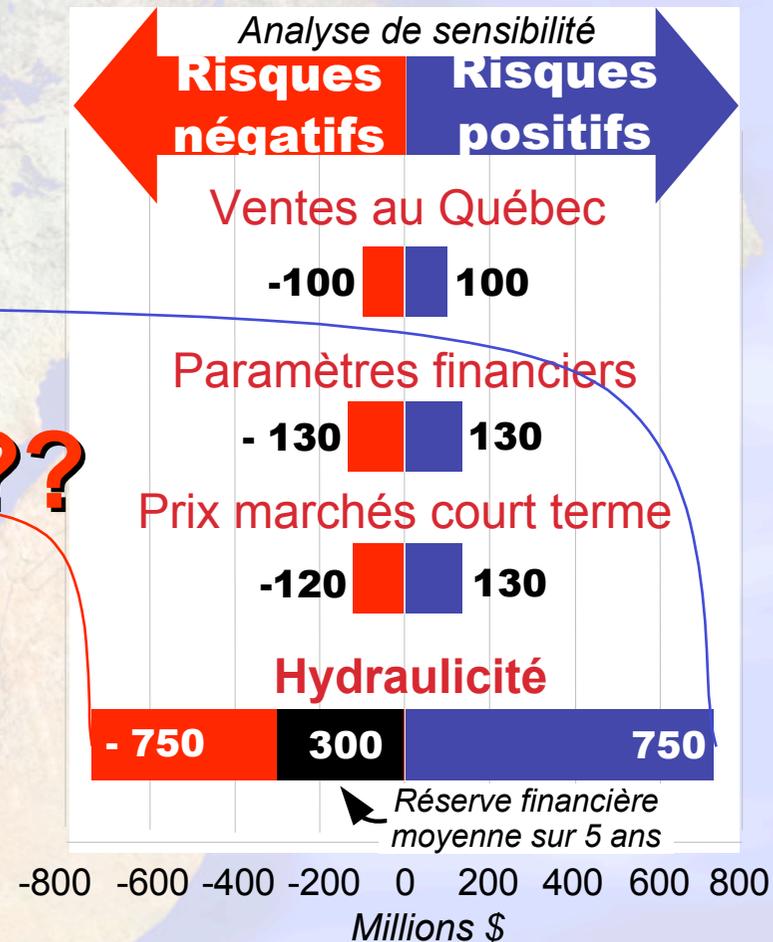


## Variation hydraulique historique



Prévision du bénéfice net consolidé pour 2006:

**\$2,000 million**



• Nouveaux équipements ?

• 32 GW  
(96% hydraulique)

• 185 TWh

• ventes:

total: 13 MM\$

ext.: 3,5 MM\$

• actifs: 57 MM\$

• 650 000 km<sup>2</sup>

Production  
du parc  
existant ?

Évolution de la  
demande  
interne ?

Opportunités  
de ventes  
externes  
(déplace la production  
basée sur les  
hydrocarbures)  
?

● Hydroélectrique

● Nucléaire

● Gaz naturel

● Pétrole

● Charbon

# L'approche américaine face aux changements climatiques

- Pas de réglementation nationale sur les GES...
- Réduire l'intensité énergétique (GES/PIB)
- Améliorer la science du climat
- Mesures d'atténuation basée sur la **technologie** :

- Piles à combustible hydrogène pour le transport
- Séquestration du CO<sub>2</sub> sur les centrales électriques (incluant le CO<sub>2</sub> produit par le reformage du gaz naturel pour produire l'hydrogène)
- Le nucléaire pour 50% de la production électrique
- Développer la fusion nucléaire (projet ITER)

Les états et régions développent déjà leurs propres stratégies intégrées...

N'en sait-on pas déjà assez pour bouger ???

Pas de réduction significative avant 25 ans...

Source pour H<sub>2</sub> ???

Technologies ?  
Quantités ?  
Échéanciers ?

Contexte social et environnemental ??

Bonne idée, mais très long terme !!

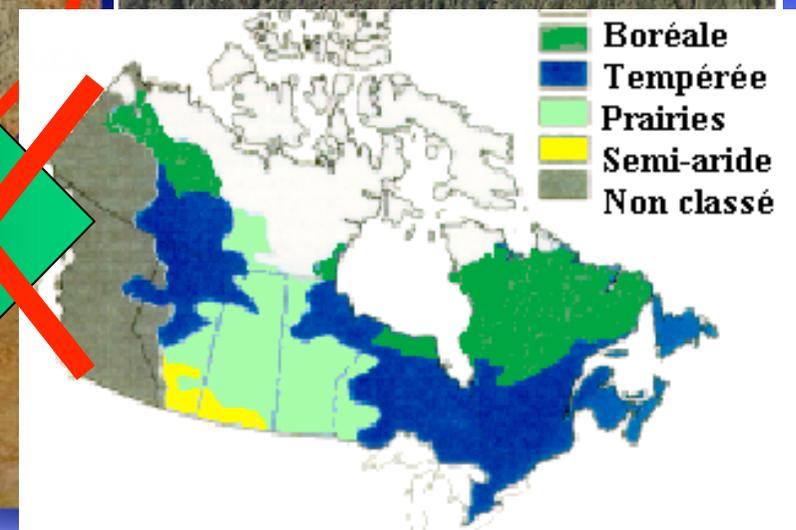
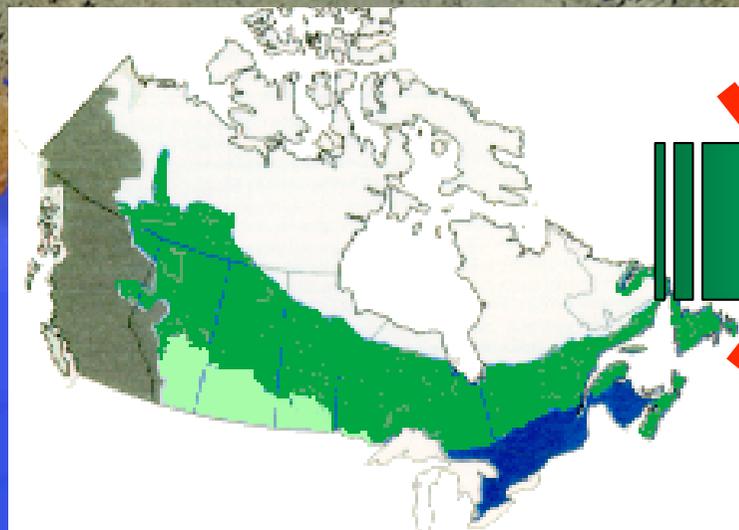
L'offre doit supporter la demande d'énergie. Si la science confirme les cc, nous développerons les technologies requises.



# Impacts sur la foresterie au Québec



- Impacts des sécheresses?
- Feux de forêts ?
- Risques liés aux insectes?
- Effets positifs ou négatifs sur la productivité forestière?
- Détermination des droits de coupe?



# Érosion du littoral dans les maritimes

- Niveau de la mer plus haut de 50 cm en 2050.
- Fréquence plus élevée des tempêtes ?
- Moins de protection par les glaces devant les côtes durant les tempêtes.
- Surcotes de marée plus violente ?
- Résister est dispendieux et l'océan finit presque toujours par gagner...



- Système lagunaire
- Habitats fauniques
- Sites touristiques

★ Zones en érosion où le réseau de transport est menacé

Concentre les études sur trois sites

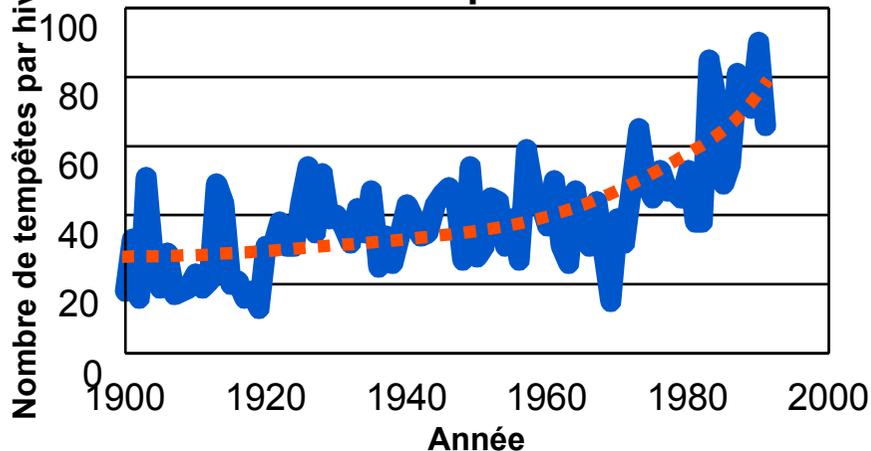
- Front deltaïque
- Habitats fauniques
- Sites industriels
- Milieu urbain

- Falaise de grès
- Zones de pêches
- Sites touristiques
- Corridor routier

- Plages en perte...
- Villages perturbés
- Infrastructures, propriétés menacées...
- Écosystèmes en dégradation
- Pêcheries ?
- Tourisme ?

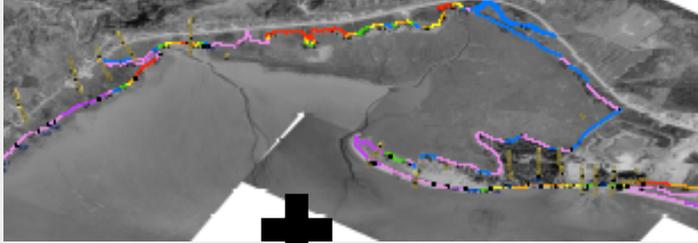


Fréquence des tempêtes hivernales dans l'hémisphère Nord



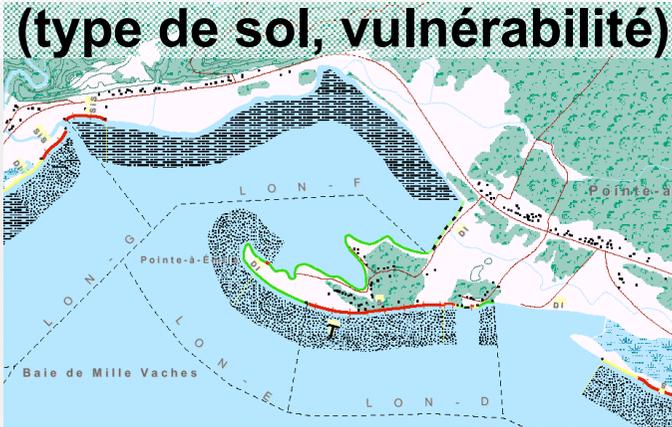
Source: Lambert 1996.

## Mesurage (historique du recul/érosion)



## Description

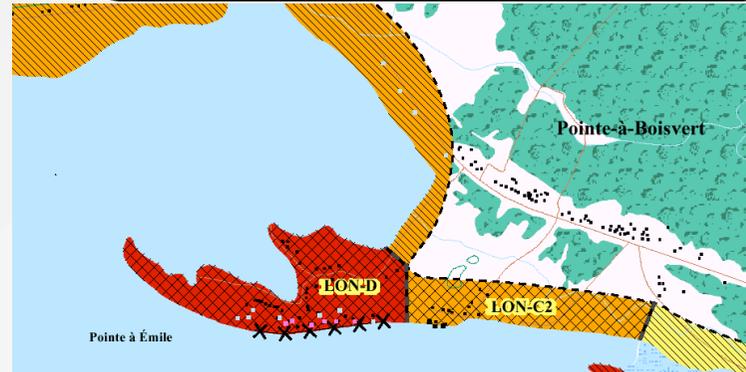
(type de sol, vulnérabilité)



# L'adaptation à l'érosion côtière dans les maritimes



- L'adaptation doit toujours impliquer les riverains et les décideurs locaux



**Adaptation**  
(accord avec les riverains sur le plan de gestion de la côte)

retraite



Reconstruire plus loin

protection



Construire un mur

zonage



Contrôler le développement

# Conflits d'usage de l'eau (exemple du St-Laurent)



Montréal (Pointe-aux-Trembles)

Gracieuseté: Hudon et al.



1994: "moyenne" des 30 dernières années



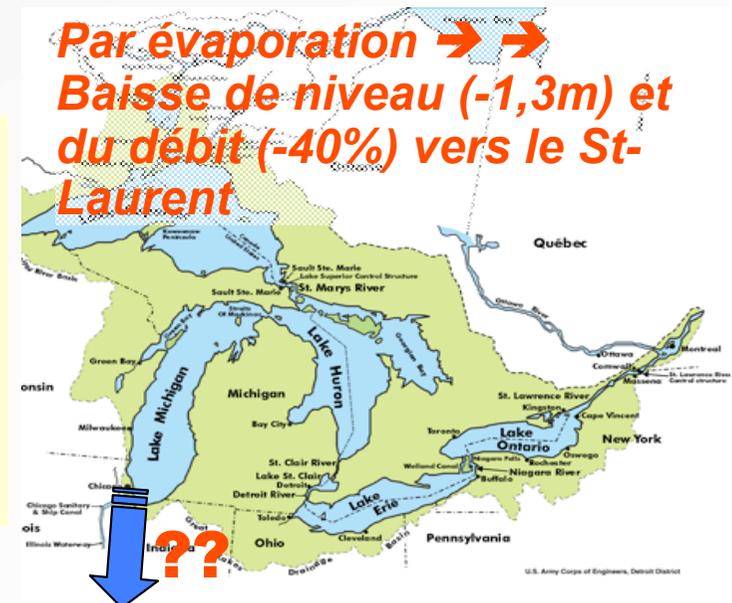
1999: "extrême", inférieur d'un mètre

... et si 1999 devenait la "moyenne" ... à laquelle s'ajoute les "extrêmes" ??

- Gestion de l'eau
- Liens Grands Lacs
- Navigation commerciale
- Production électrique
- Pêches
- Faune, flore, habitats
- Tourisme et loisirs
- Infrastructures
- Assurances

- Aqueduc
- Eaux usées
- Drainage urbain
- Eaux souterraines
- Agriculture
- Qualité de l'eau

Par évaporation → →  
Baisse de niveau (-1,3m) et  
du débit (-40%) vers le St-  
Laurent



U.S. Army Corps of Engineers, Detroit District

# Eau potable et rejets des eaux usées



**Rivière des Milles-Iles  
(août 2001),**

**13m<sup>3</sup>/s dont 2,5m<sup>3</sup>/s de rejets**



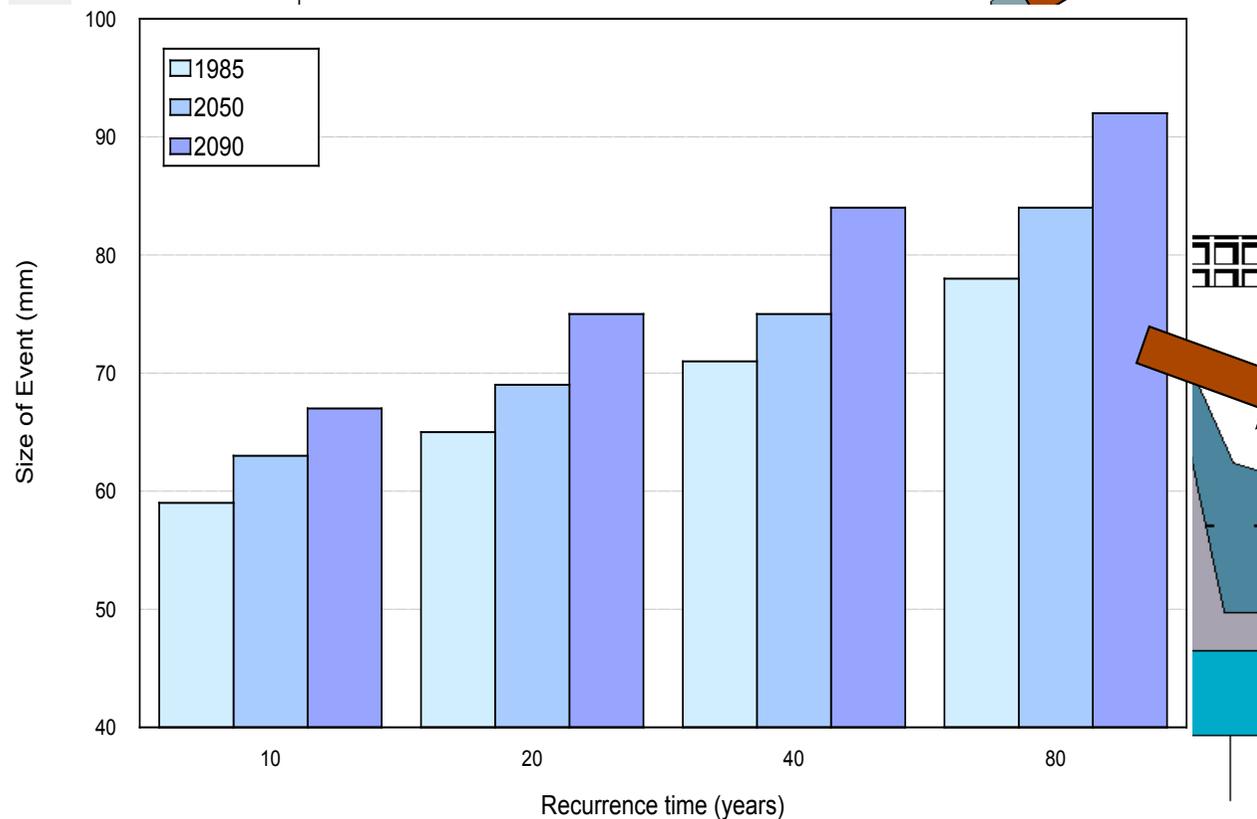
## Hydrogramme typique et composantes



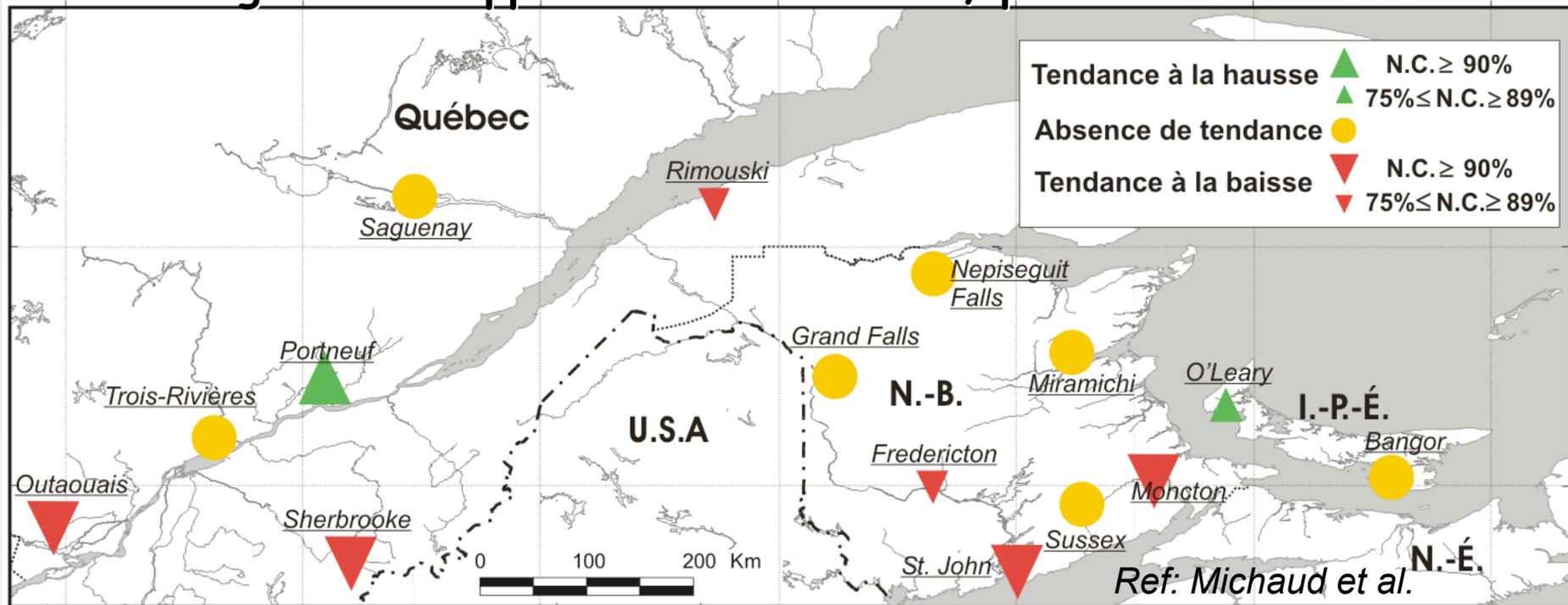
Peak WWF

•Populations  
•Environnement  
⇒Impacts

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | Infiltration                  |
| 2 | Sanitary Flow                 |
| 3 | Inflow                        |
| 4 | Rainfall Derived Infiltration |



## Recharge de la nappe d'eau souterraine, période 1910-1999

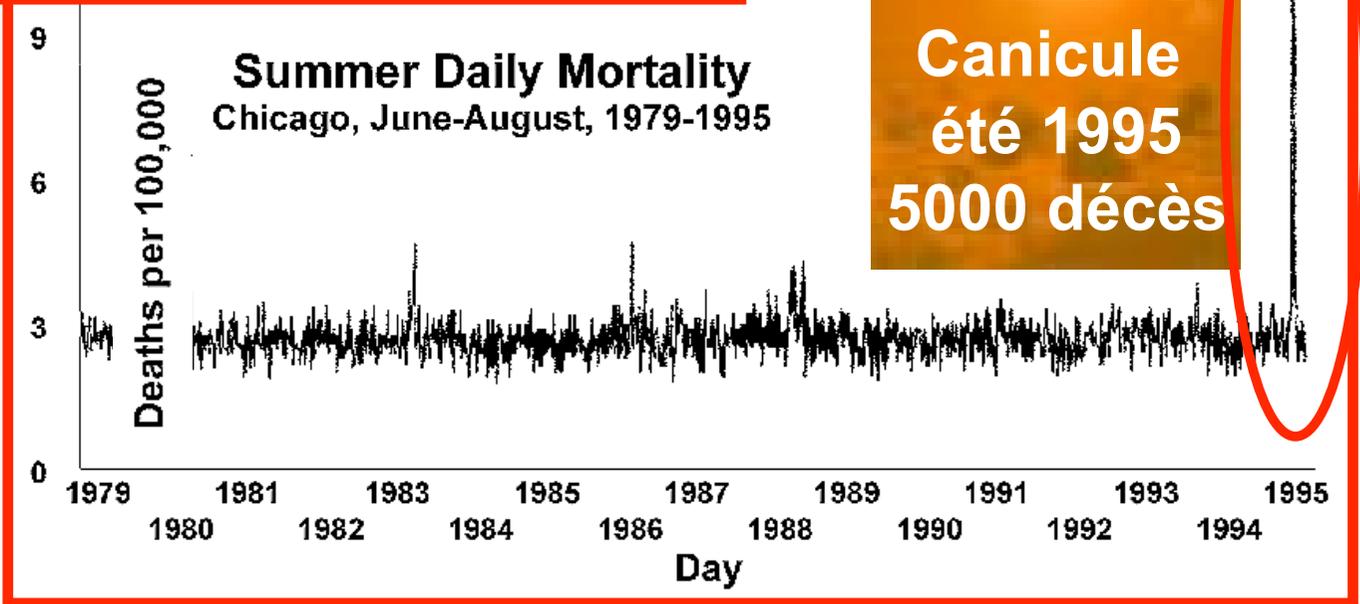
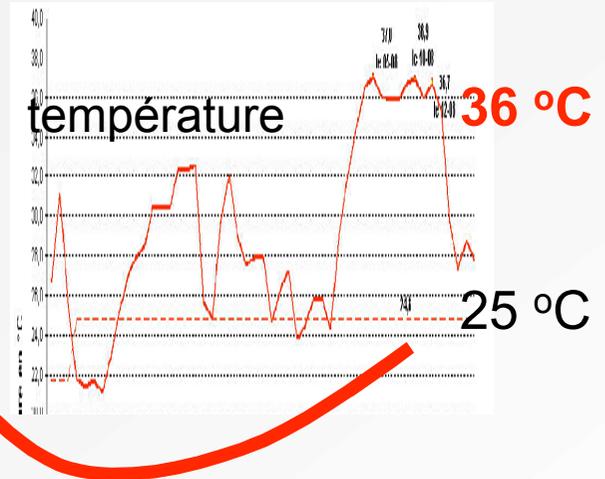
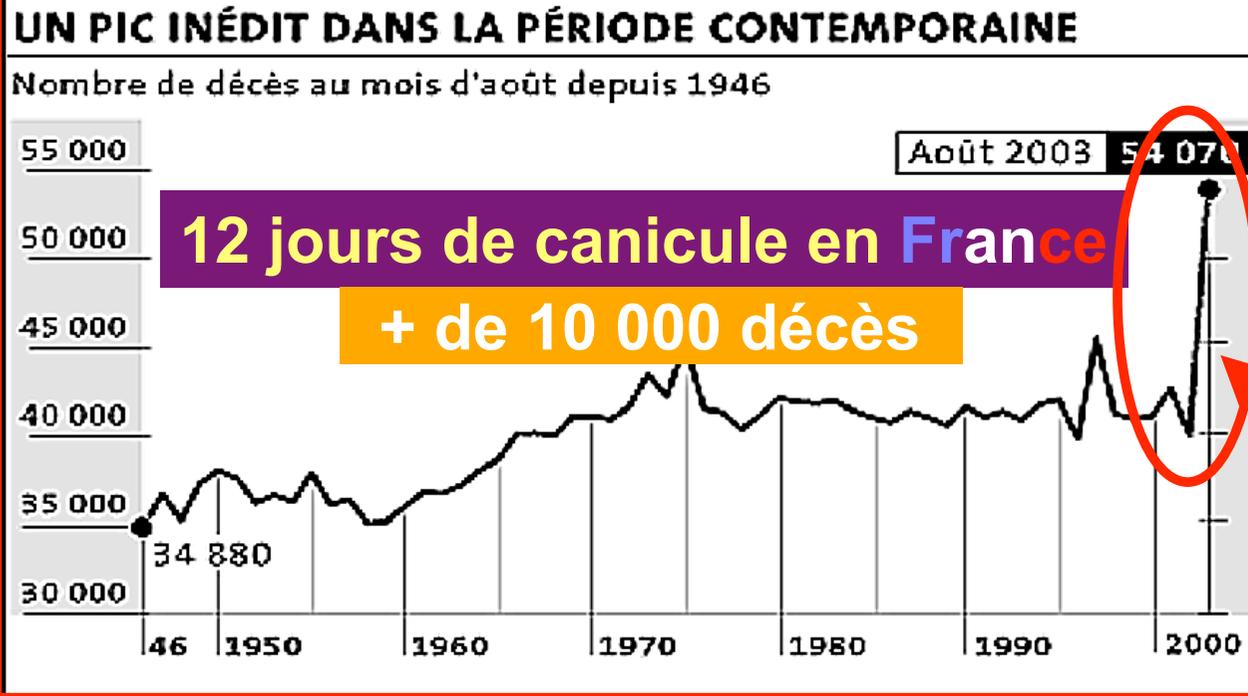


**Tendance à la baisse de la recharge de la nappe d'eau souterraine**

- Évapotranspiration
- Précipitations fortes et de courte durées
- Prélèvements



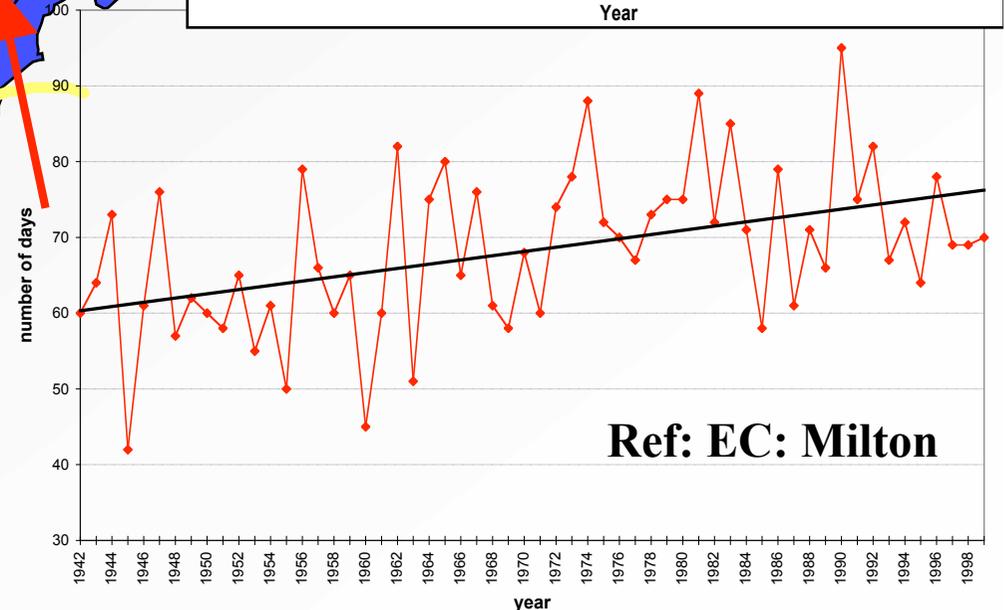
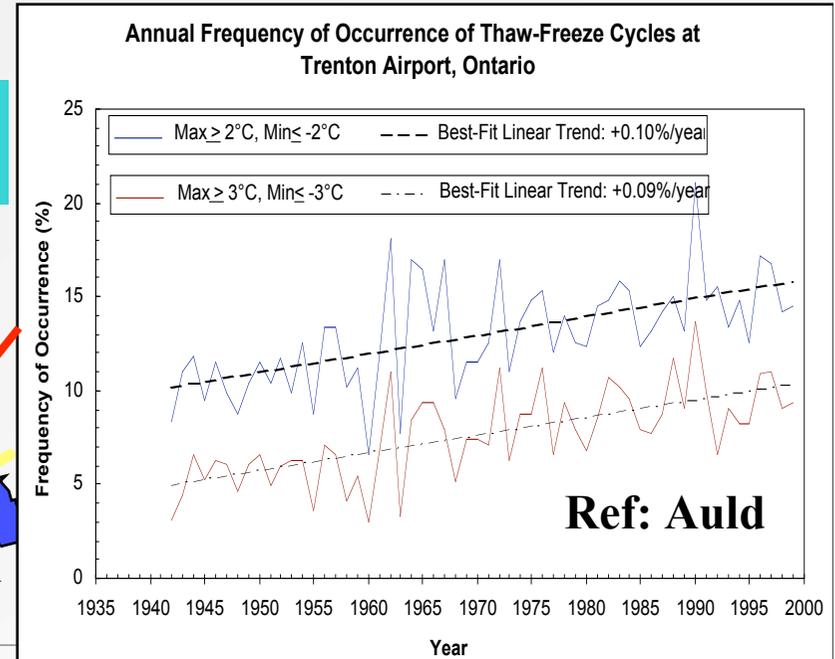
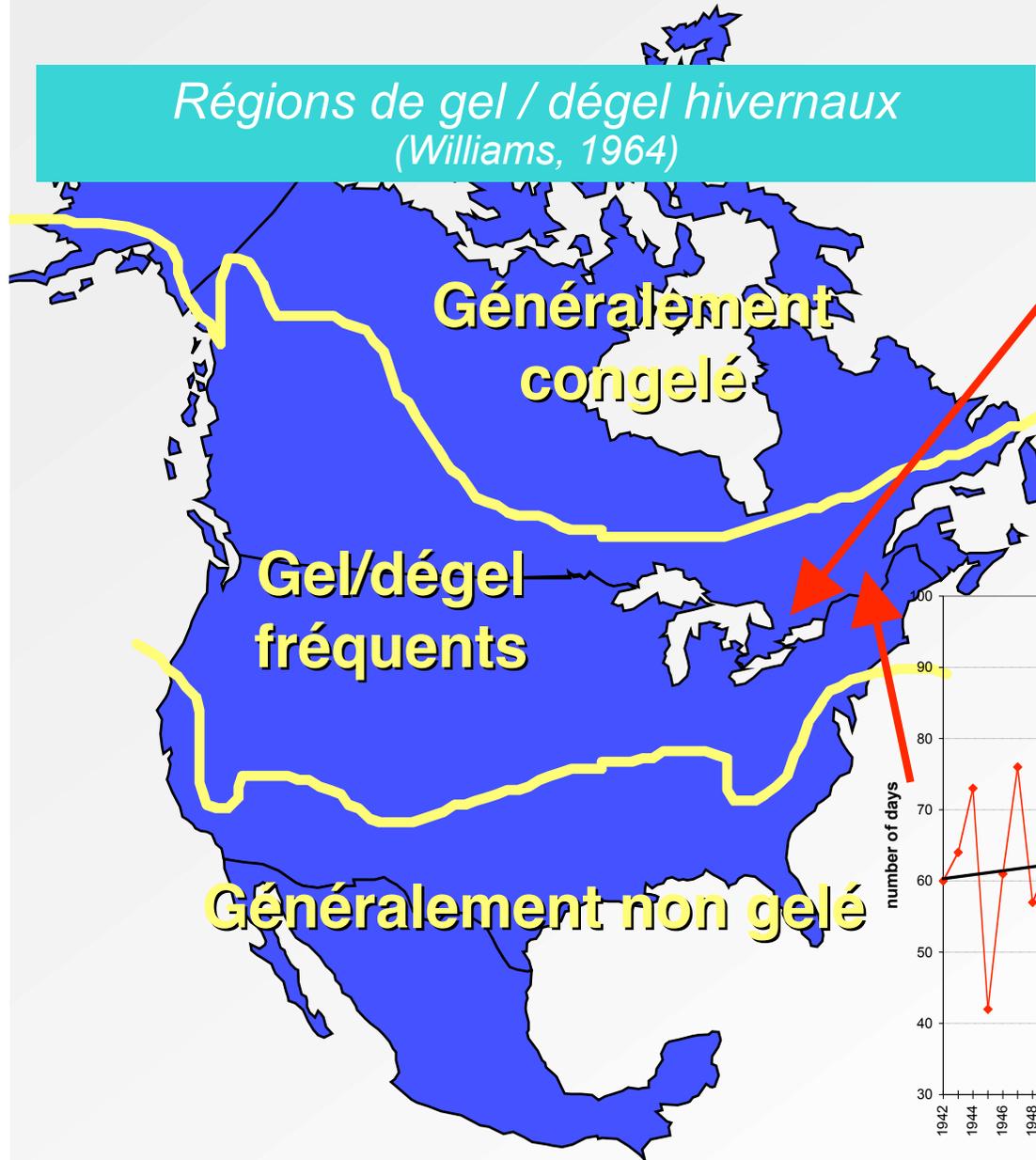
# Santé en milieu urbain: Qu'arriverait-il à Montréal?



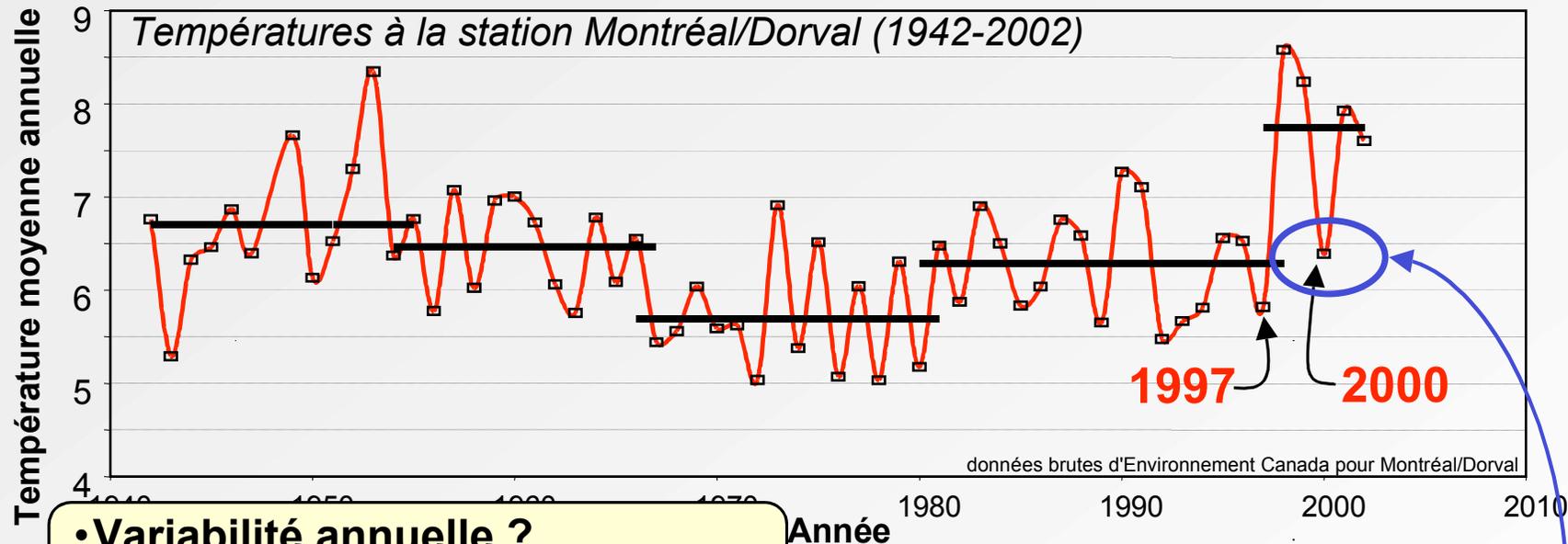
# Transport, tourisme: gel – dégel hivernaux



Régions de gel / dégel hivernaux  
(Williams, 1964)



# Agriculture: Positif ou négatif ?



- Variabilité annuelle ?
- Grande capacité d'adaptation ?

Année	Caractérisation de la saison	Production annuelle moyenne	Indemnités versées en assurance récolte
1997	Saison continuellement en retard jusqu'à l'automne.	Relativement difficile	42 702 529 \$
1998	Saison continuellement en avance par rapport à une année moyenne.	Relativement très bonne	14 976 643 \$
1999	Des conditions généralement propices.	Très bonne	9 760 065 \$
2000	Absence chronique de chaleur et gelées destructrices en début et en fin de saison.	<b>Très difficile</b> Le maïs est la culture qui a été la plus affectée.	<b>127 084 770 \$</b>
2001	Alternance de temps frais, humide, chaud et sec.	Favorable	31 841 684 \$
2002	Alternance de périodes humides et fraîches, et de périodes très chaudes et de sécheresse.	Relativement favorable	29 834 454 \$

(au 6 janvier 2003)

## REVUE DES ANNÉES 1997 À 2002

# Faire face aux défis posés par l'adaptation



## La science du climat

### Données historiques

- archives, validation, accès
- données dérivées

### Modélisation climat: recherche

- modèle régional
- couplage Baie d'Hudson

### Simulations climat

- développement
- production, analyse

### Analyse du climat

- Scénarios climat
- Mise à l'échelle statistique
- Analyse statistique
- Temps violent
- Régime de temps



## Impacts et stratégies d'Adaptation par régions

### Nordique

- Pergélisol et transport
- Pergélisol et communauté
- Accessibilité du territoire

### Forêts

- Productivité
- Feux et insectes
- Perturbation

### St-Laurent fluvial

- Évaluation niveaux d'eau
- Outaouais
- Sédiments tributaires
- Impacts: biophysique, économique
- Stratégies d'adaptation

### Maritimes

- Érosion côtières sur 3 zones témoins

### Hydroélectricité

- Tourbières
- Variabilité naturelle
- Hydraulicité
- Utilisation des simulations climat

### Sud du Québec

- Eau : potable, drainage urbain, design-fortes pluies
- Bassin Châteauguay: nappe phréatique, crues, ...
- Agroalimentaire: économique, impacts des extrêmes
- Santé: allergies-canicules, santé urbaine
- Tourisme ski-golf



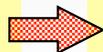
Canadian Climate Impacts and Adaptation Research Network  
Réseau canadien de recherche sur les impacts climatiques et l'adaptation

## Information pour les décideurs

Intégration des connaissances



Évaluation des impacts



Stratégies d'adaptation, opportunités économiques

Les 10  
grands  
programmes  
à Ouranos

[www.ouranos.ca](http://www.ouranos.ca)

Québec

Hydro Québec

Environnement Canada

UQÀM McGill

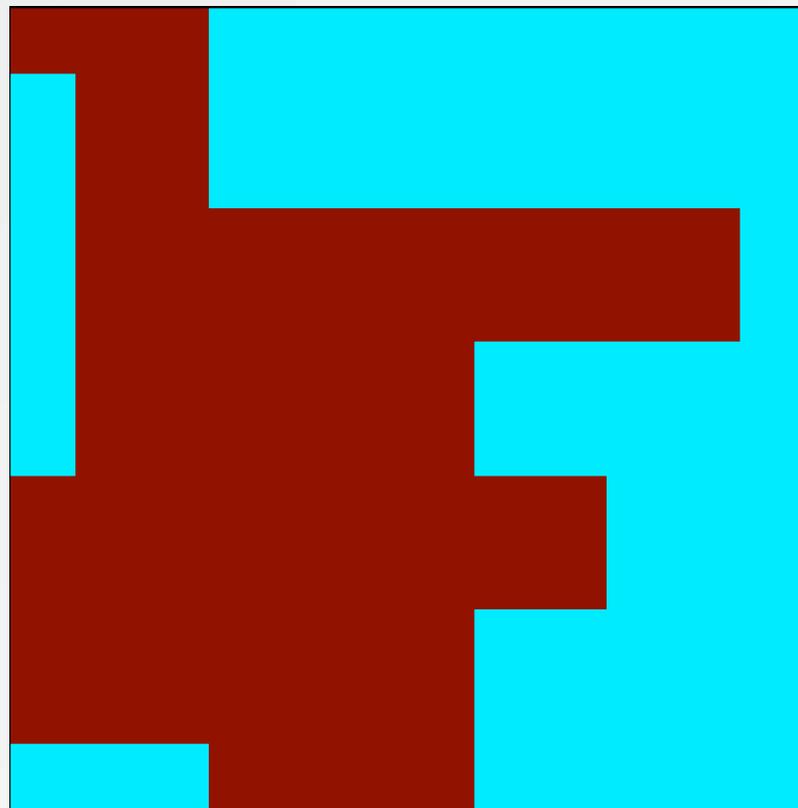
Université du Québec à Montréal

UNIVERSITÉ LAVAL

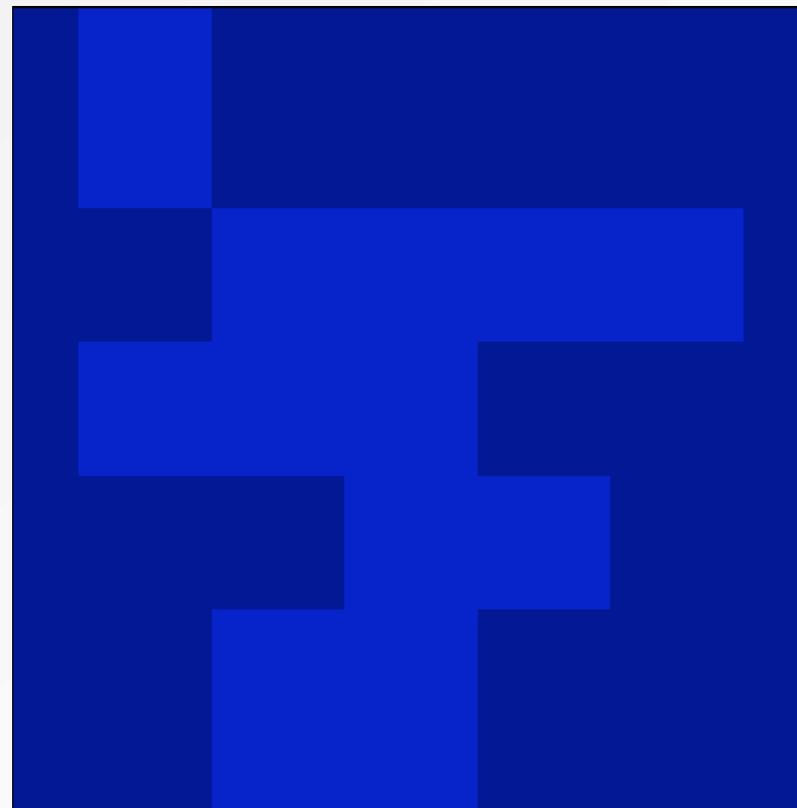
Université du Québec Institut national de la recherche scientifique

## Québec according to a General Circulation Model (available from Environment Canada and a few others)

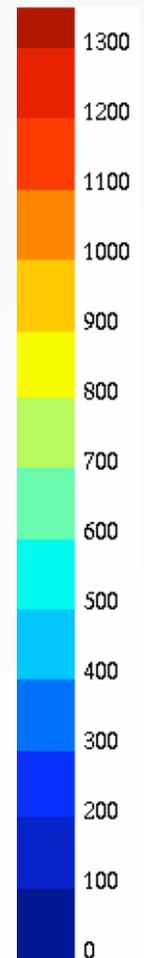
Spatial resolution: 400 km



Land-Water Contour

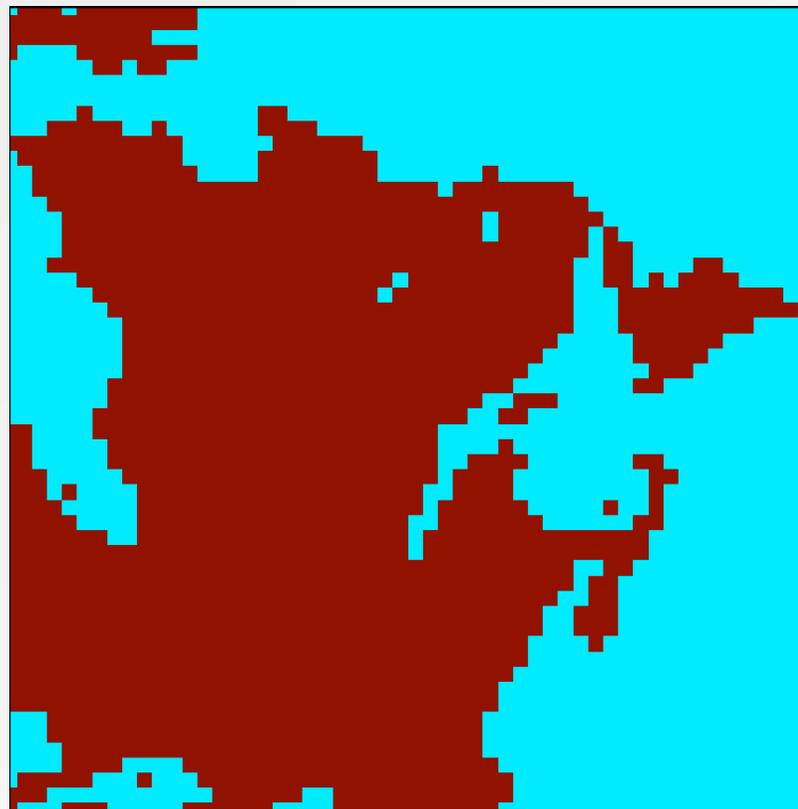


Elevation

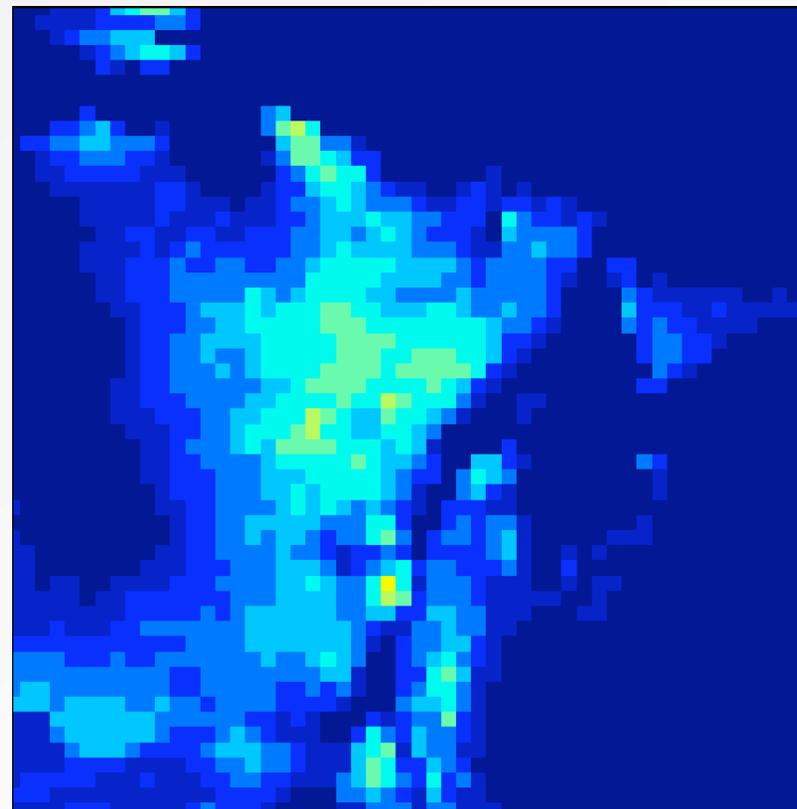


**Québec** according to a Regional Climate Model  
Currently being done at Ouranos

Spatial resolution: 45 km



Land-Water Contour

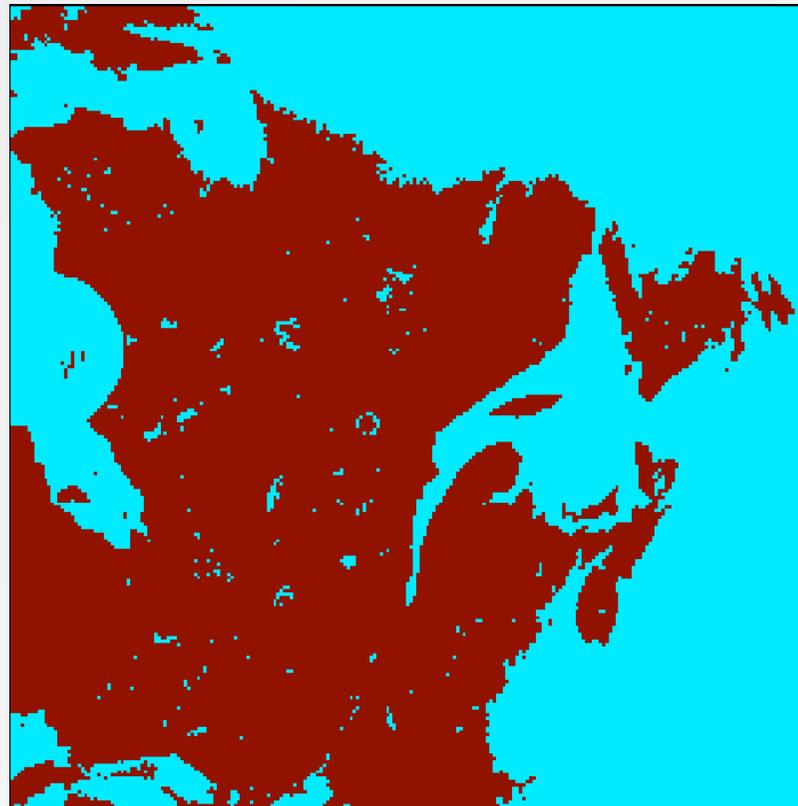


Elevation

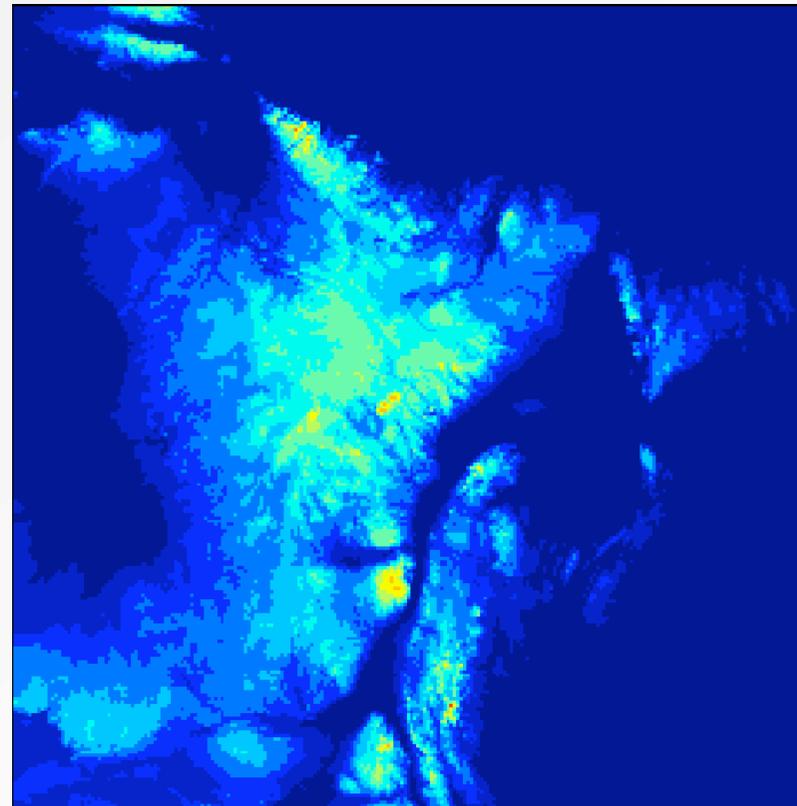


Possible with enough computer power

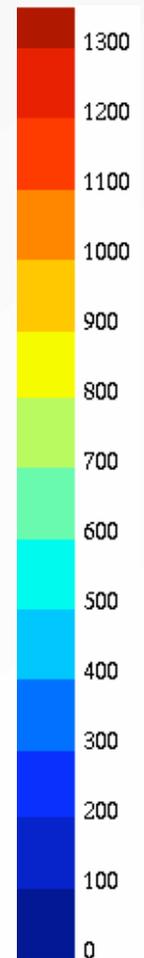
Spatial resolution: 10 km



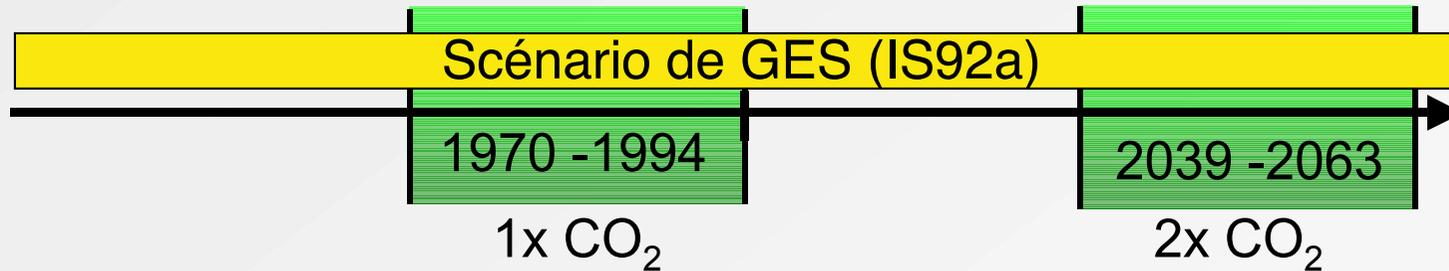
Land-Water Contour



Elevation



# Le futur vs le passé

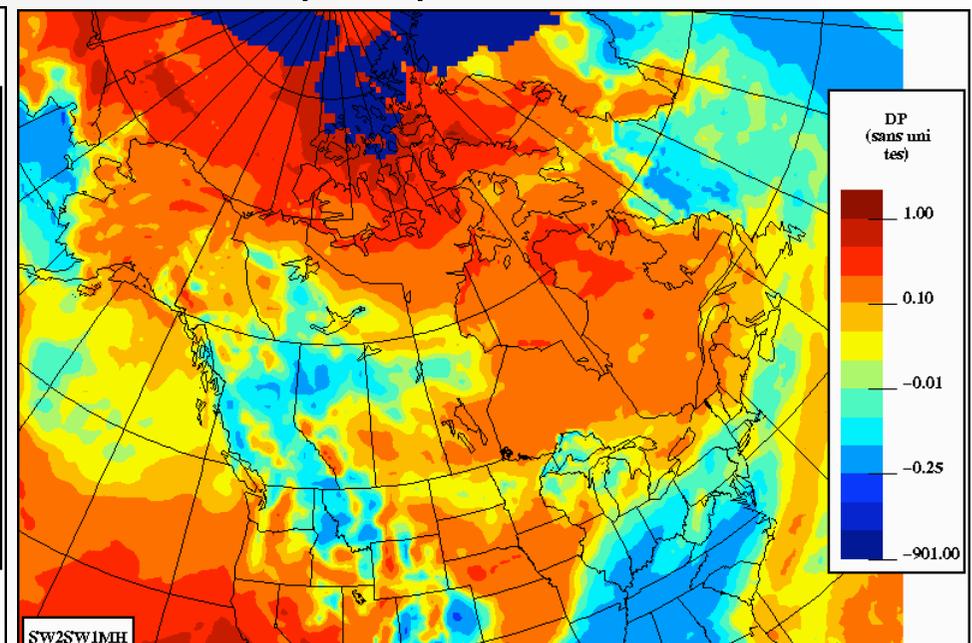
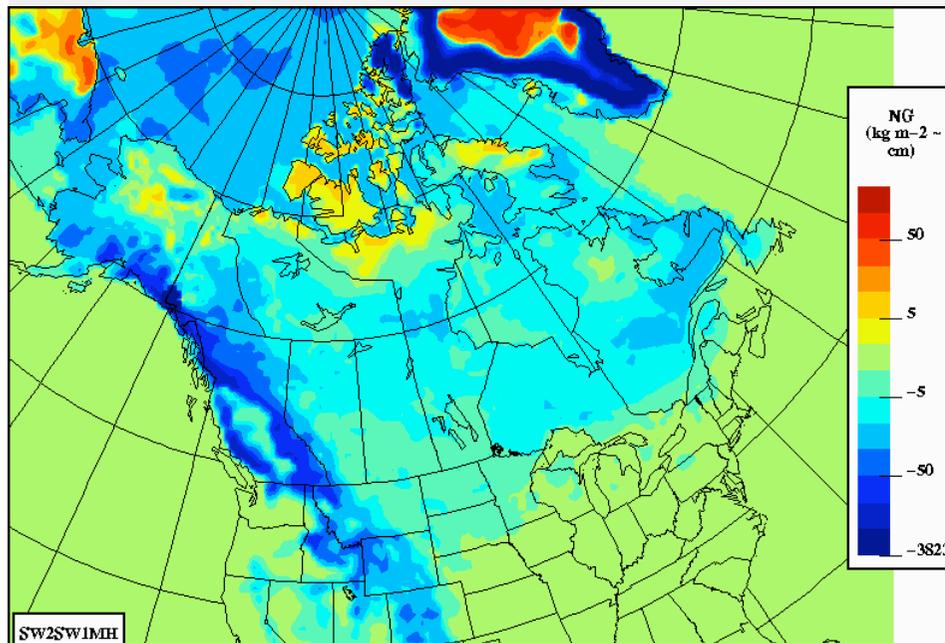


moyenne de 25 ans, période (2039-43) – période (1970-74)

Hiver (déc, jan, fév)

neige au sol

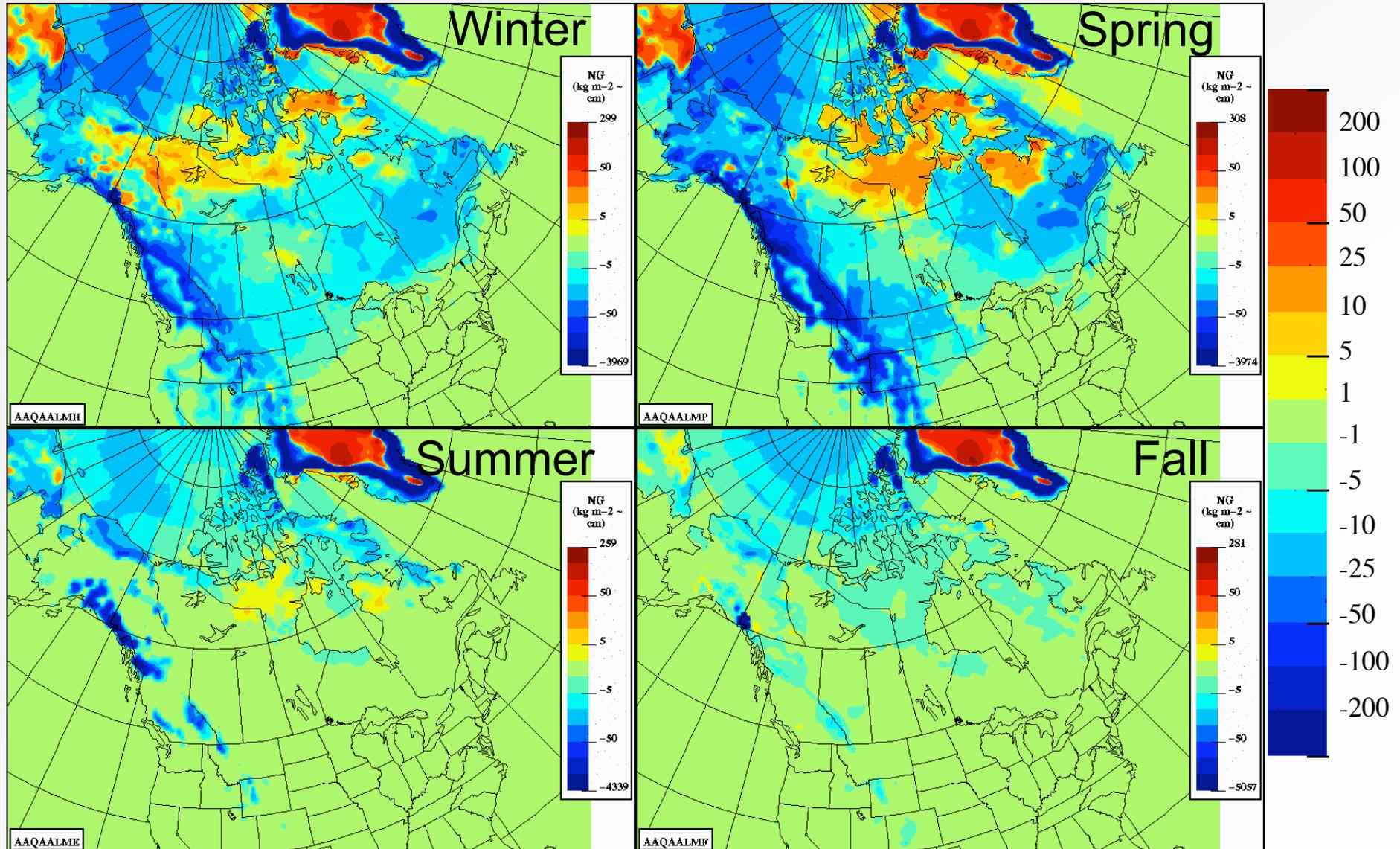
précipitations totales



# Snow on the ground (2039-43 vs 1970-74)



water equivalent (1 kg/m<sup>2</sup> ≈ cm)  
5 year average of (2039-43)-(1970-74)



# Ouranos contribue aux deux !

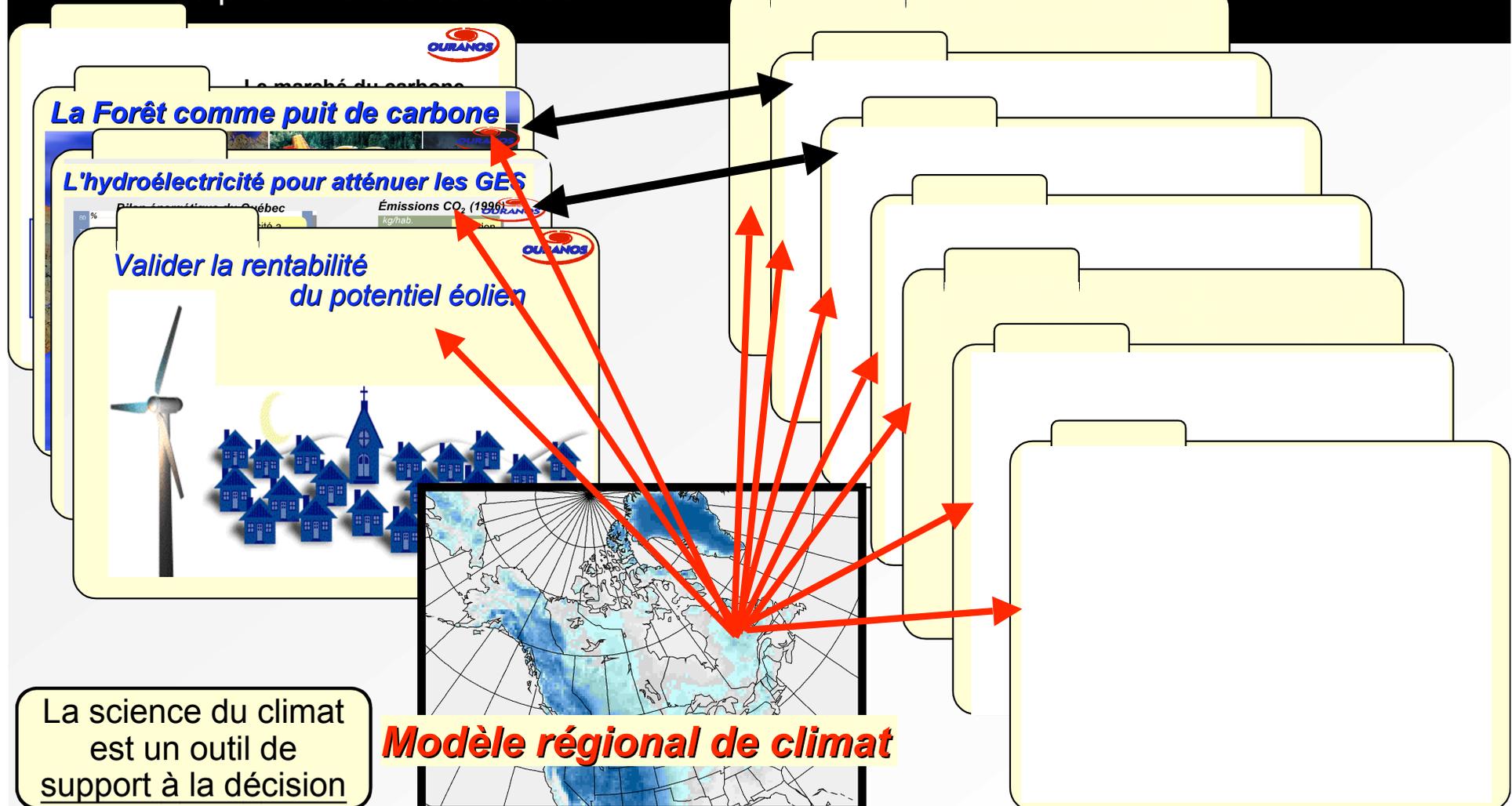


## Atténuer

le phénomène à sa source

## S'adapter

aux changements



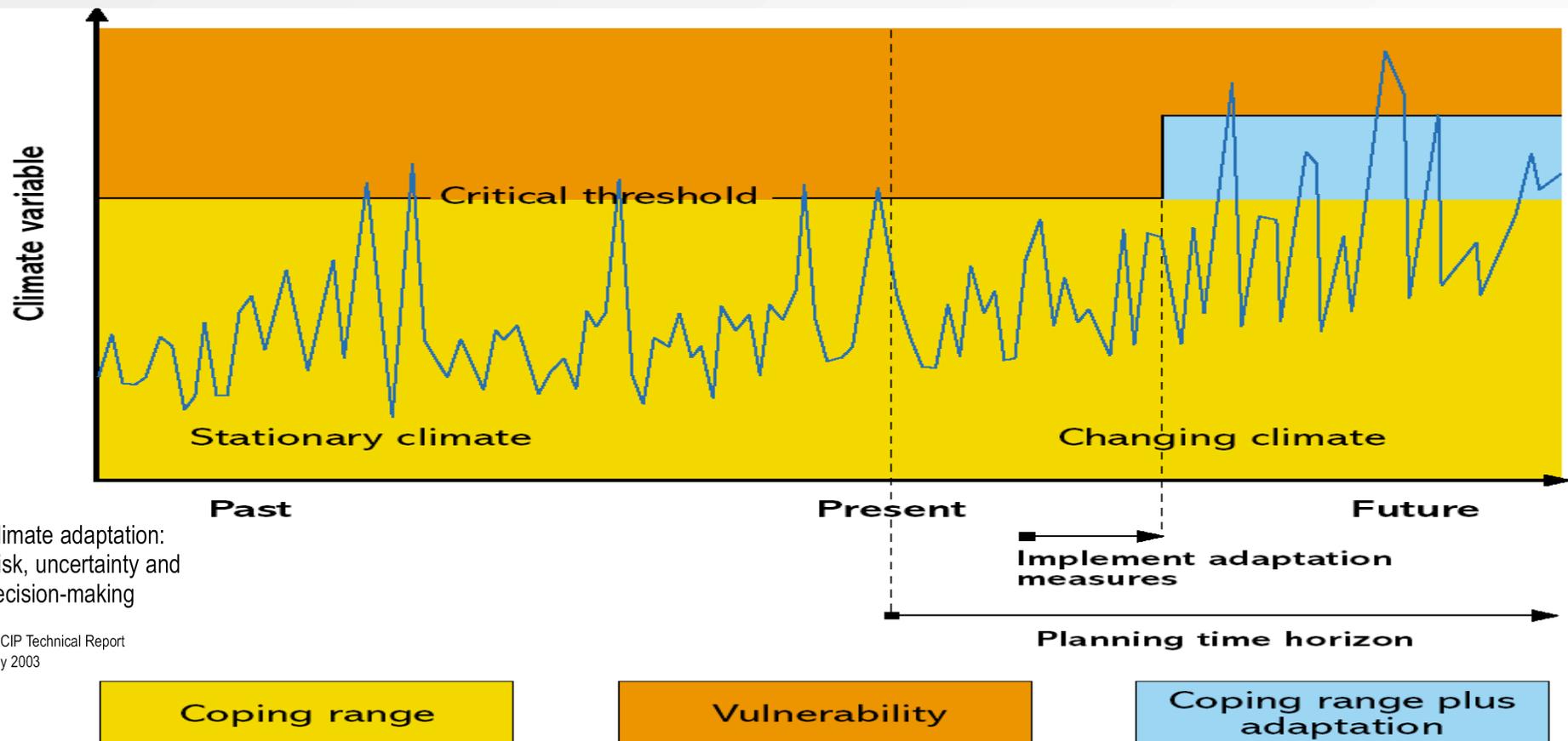
La science du climat est un outil de support à la décision

**Modèle régional de climat**

# Anticiper pour minimiser les risques...



- Infrastructures municipales (critères de conception, ...)
- Aménagement du territoire (zones sensibles et inondables)
- Sécurité des barrages et aménagements
- Activités économiques (hydro, voie maritime, zones côtières, foresterie)
- Santé (extrêmes du climat, prévisions opérationnelles, ...)
- Comportements, habitudes et perceptions!



# *Une stratégie équilibrée et intégrée, adaptée aux besoins du Québec*



**Au Québec, il est nécessaire de faire les deux !!**

---

**Merci de votre attention**