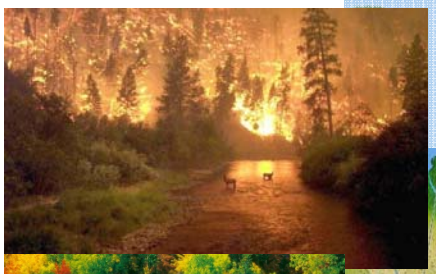
Changements climatiques et impacts sur le Québec



Alain Bourque
Directeur Impacts et Adaptation
www.ouranos.ca

Ouranos: faciliter l'adaptation aux inévitables CC

Ouranos
550 Sherbrooke West
Montreal, Canada
www.ouranos.ca

- **Développement et coordination de la R&D interdisciplinaire appliquée en CC pertinente à ceux qui devront s'adapter**
- **≈ 60-100 scientifiques/experts du climat à l'adaptation réunis ET ≈ 250+ spécialistes en réseau**
- **Accès à un réseau étendu d'experts / usagers / décideurs**
- **Super ordinateurs pour la simulation climatique: SGI - 32 CPU & 3 CRAY SX-6**
- **Budget annuel de base: 5M$/an (10-12M$ avec l'effet levier)**
- **Members ($ + employés contribués) :**
  8 ministères provinciaux
  Hydro-Québec
  Environement Canada
  4 universités québécoises
  4-6 membres affiliés

Ouranos: faciliter l'adaptation aux inévitables CC

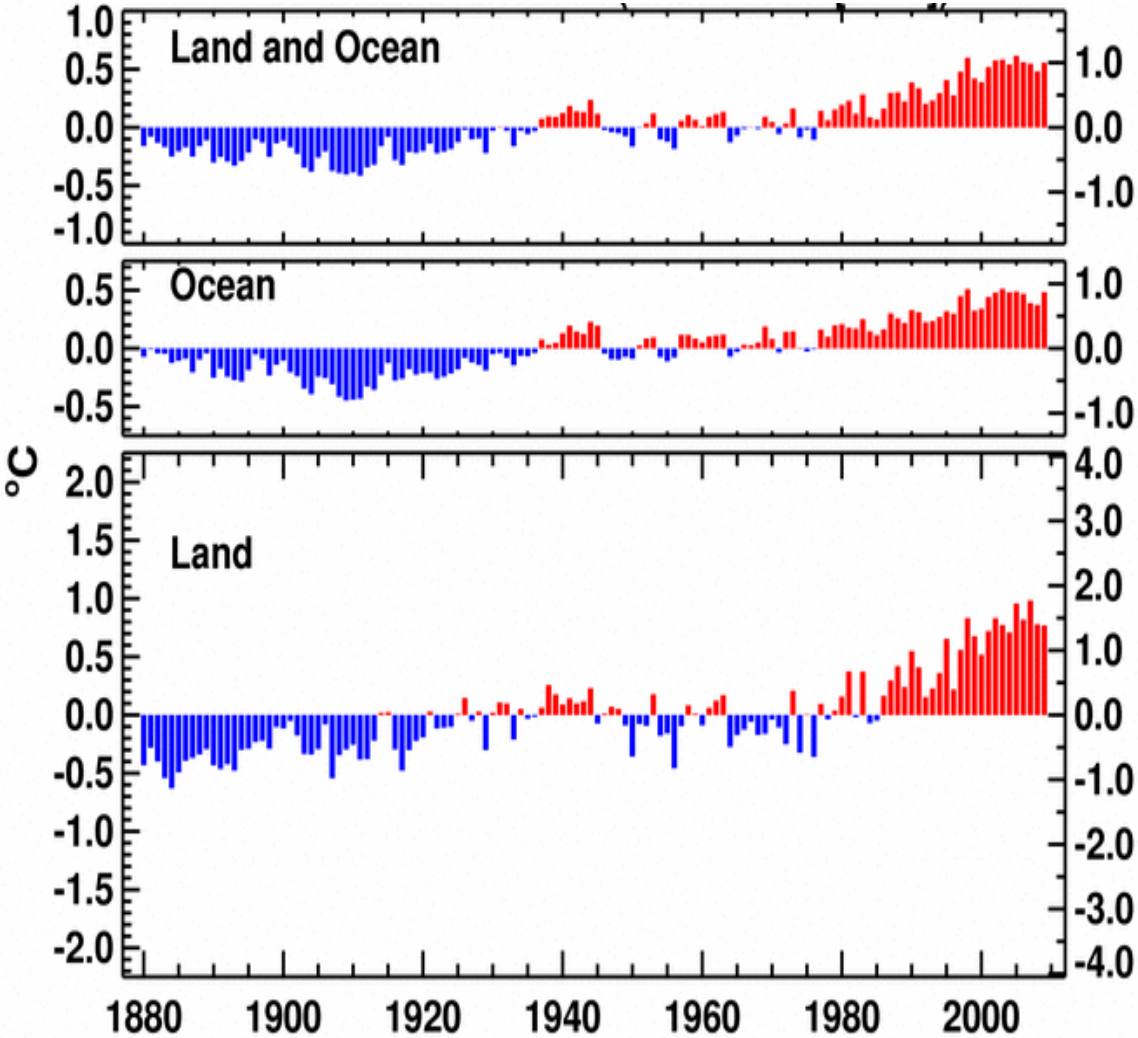
Ouranos
550 Sherbrooke West
Montreal, Canada
www.ouranos.ca

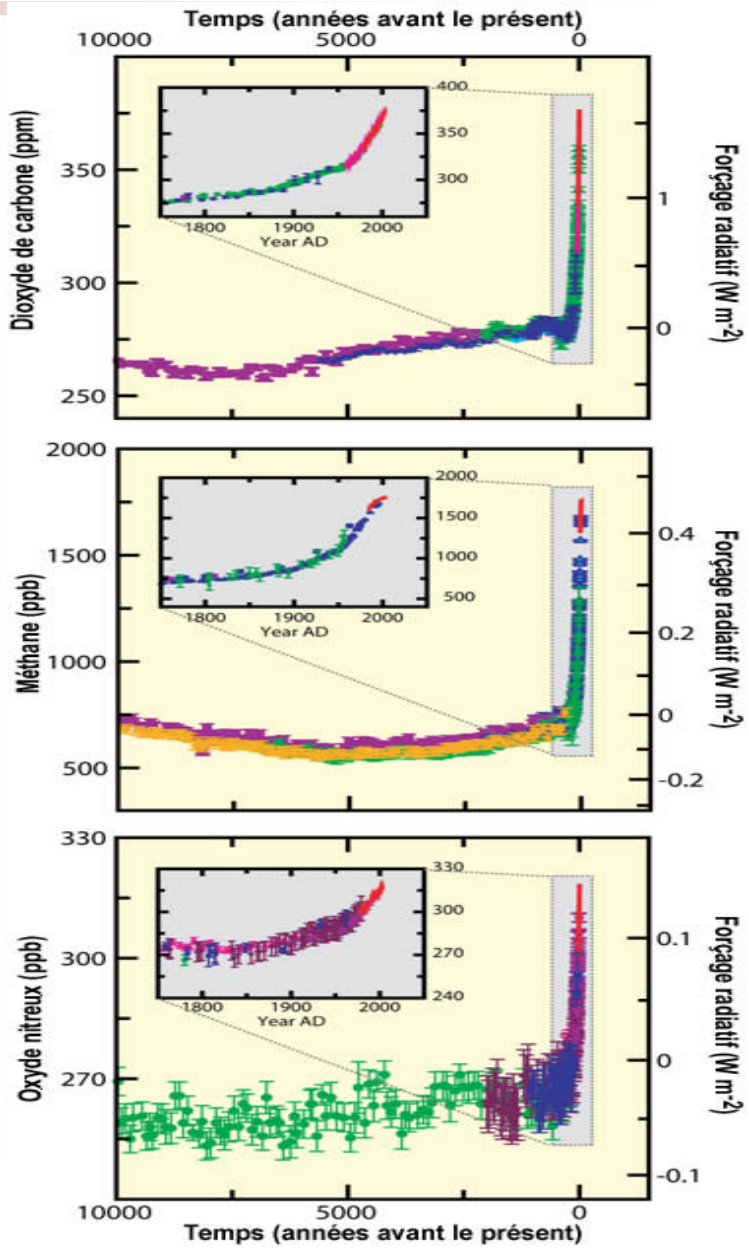
- **Développement et coordination de la R&D interdisciplinaire appliquée en CC pertinente à ceux qui devront s'adapter**
- **≈ 60-100 scientifiques/experts du climat à l'adaptation réunis ET ≈ 250+ spécialistes en réseau**
- **Accès à un réseau étendu d'experts / usagers / décideurs**
- **Super ordinateurs pour la simulation climatique: SGI - 32 CPU & 3 CRAY SX-6**
- **Budget annuel de base: 5M$/an (10-12M$ avec l'effet levier)**
- **Members ($ + employés contribués) :**
  8 ministères provinciaux
  Hydro-Québec
  Environement Canada
  4 universités québécoises
  4-6 membres affiliés

Nouvelle version publiée en 2010

Croissance soutenue des GES et des températures

Temp. à la surface du globe

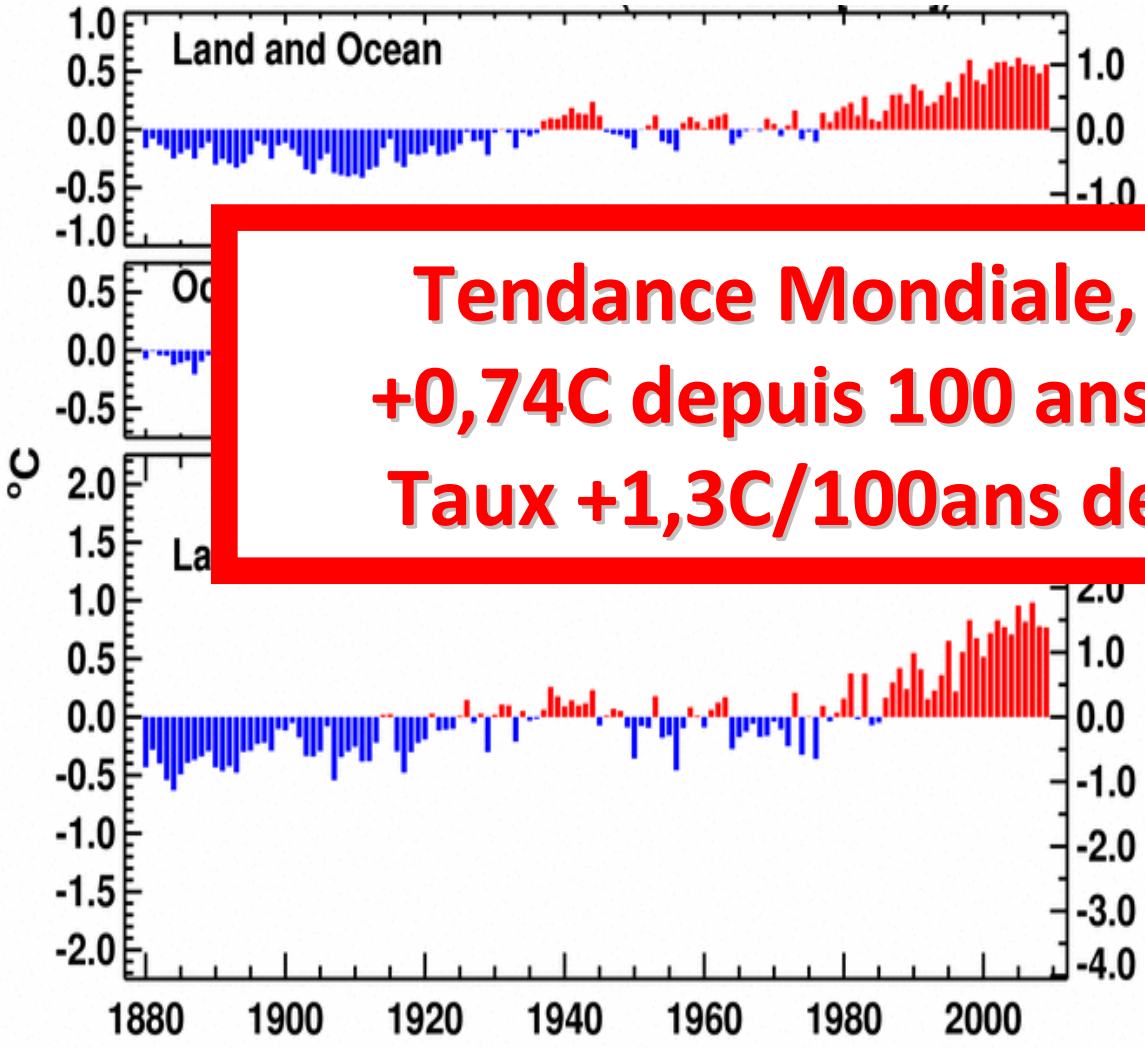




http://www.ncdc.noaa.gov/

Croissance soutenue des GES et des températures

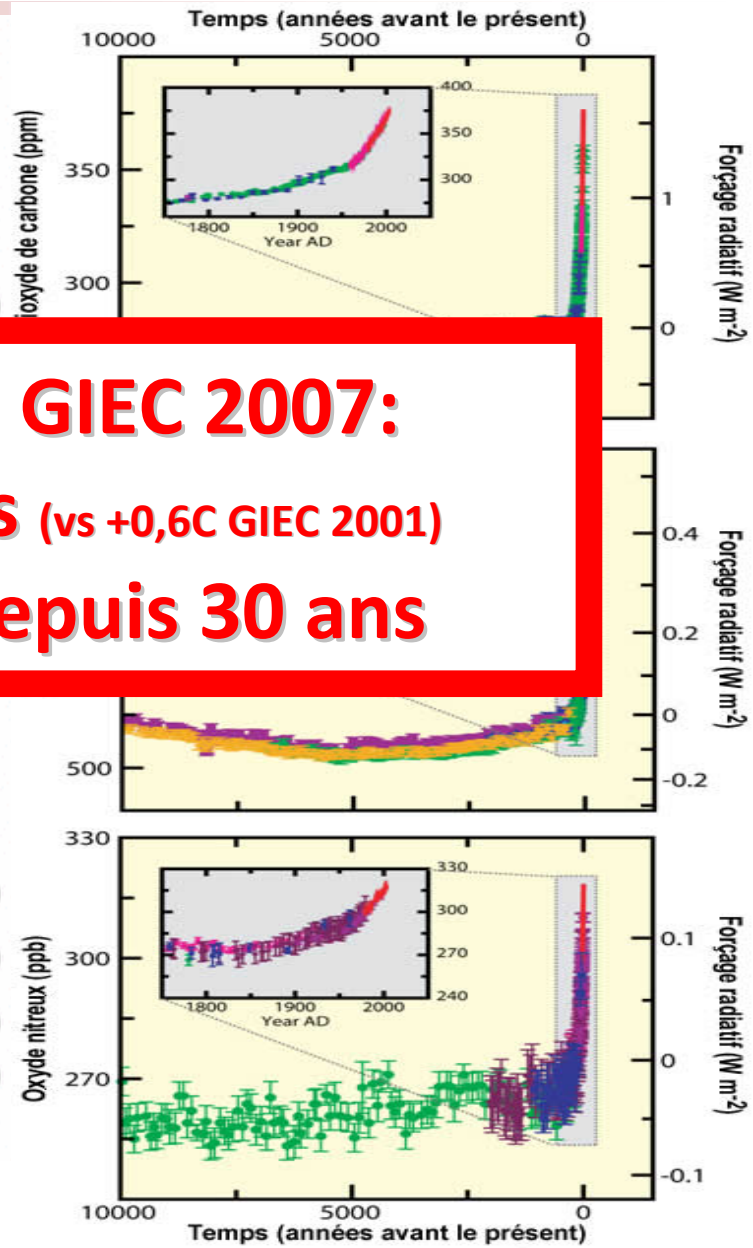
Temp. à la surface du globe



Tendance Mondiale, GIEC 2007:

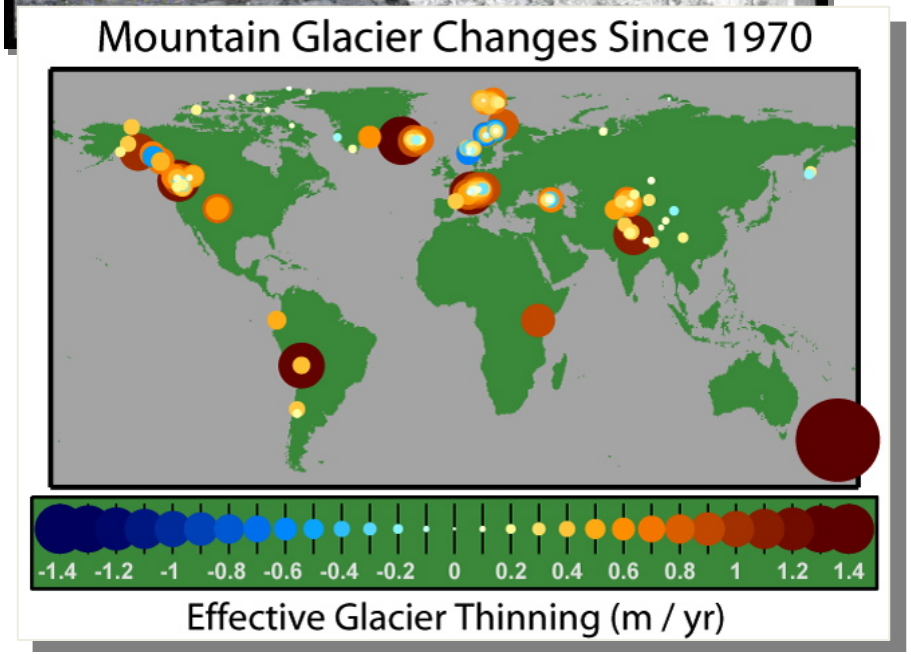
+0,74C depuis 100 ans (vs +0,6C GIEC 2001)

Taux +1,3C/100ans depuis 30 ans

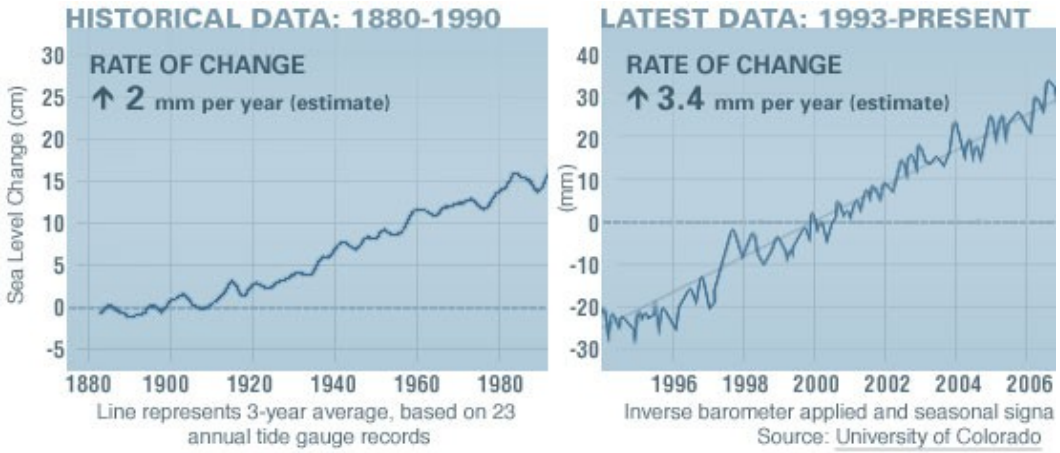


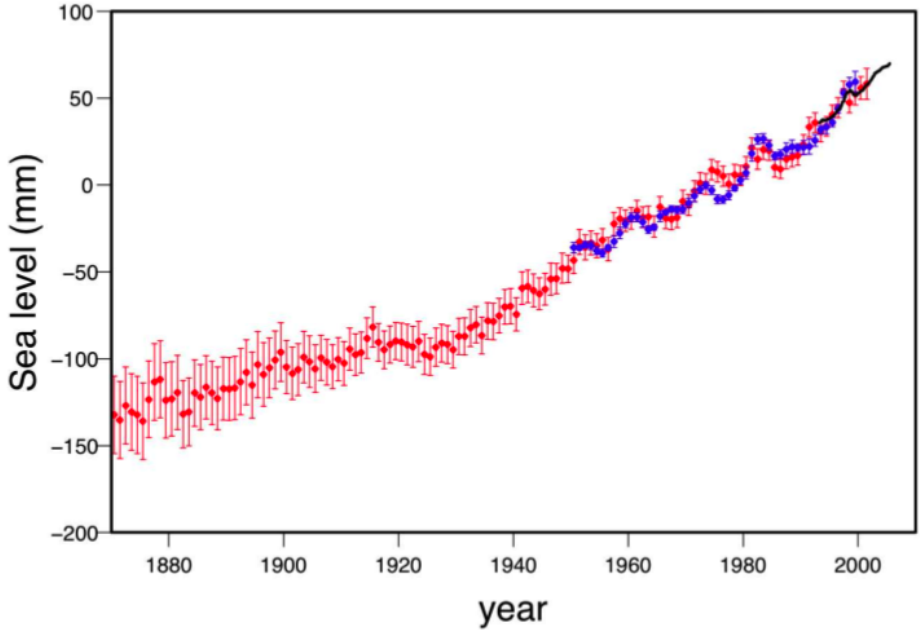
http://www.ncdc.noaa.gov/

Fonte des glaciers



Augmentation du niveau de la mer





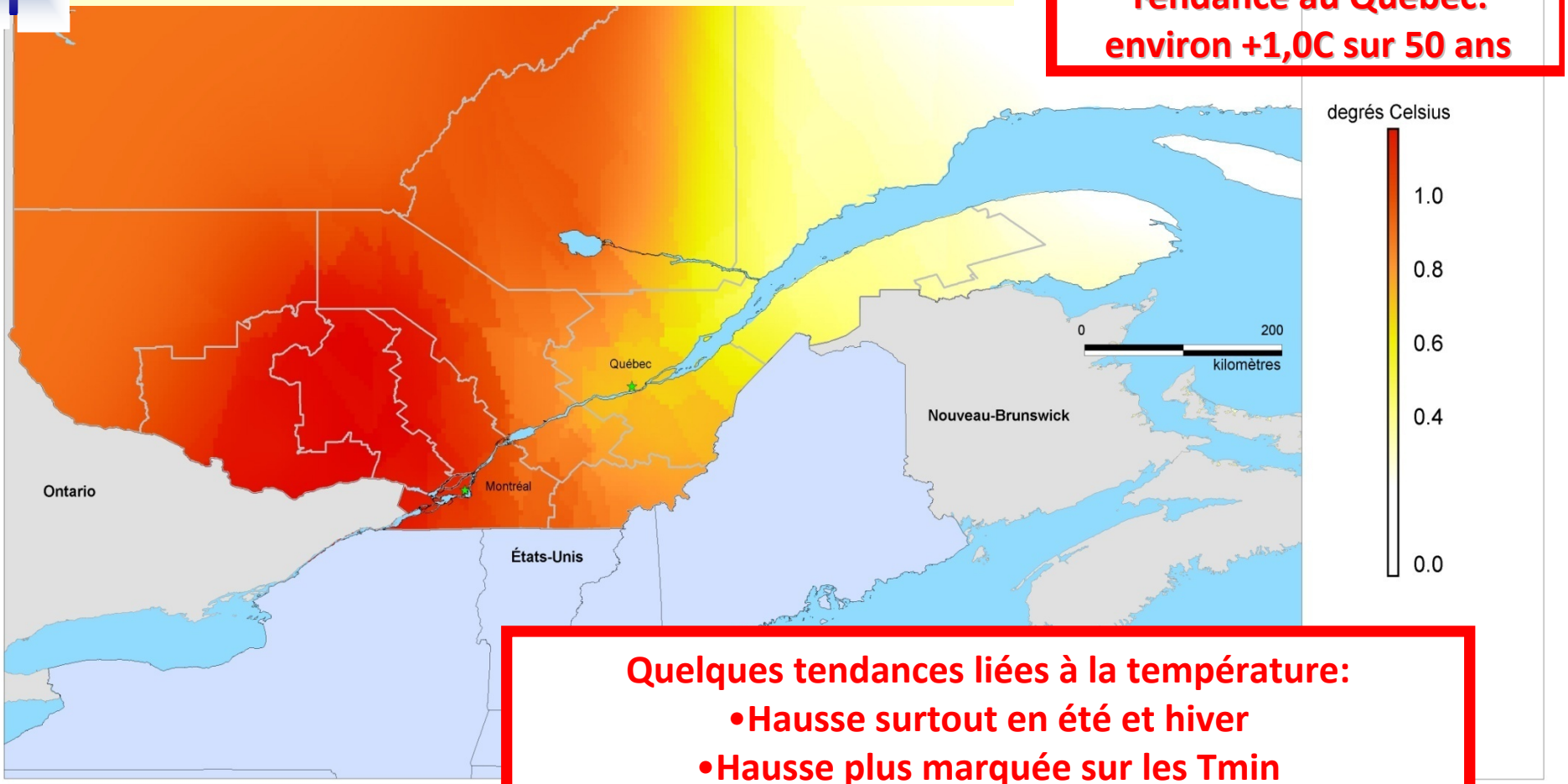
IPCC, 2007

Upper left: Muir Glacier, USA

Tendances des températures moyennes annuelles

(60 stations du sud du Québec de 1960 à 2003)

Tendance au Québec: environ +1,0C sur 50 ans



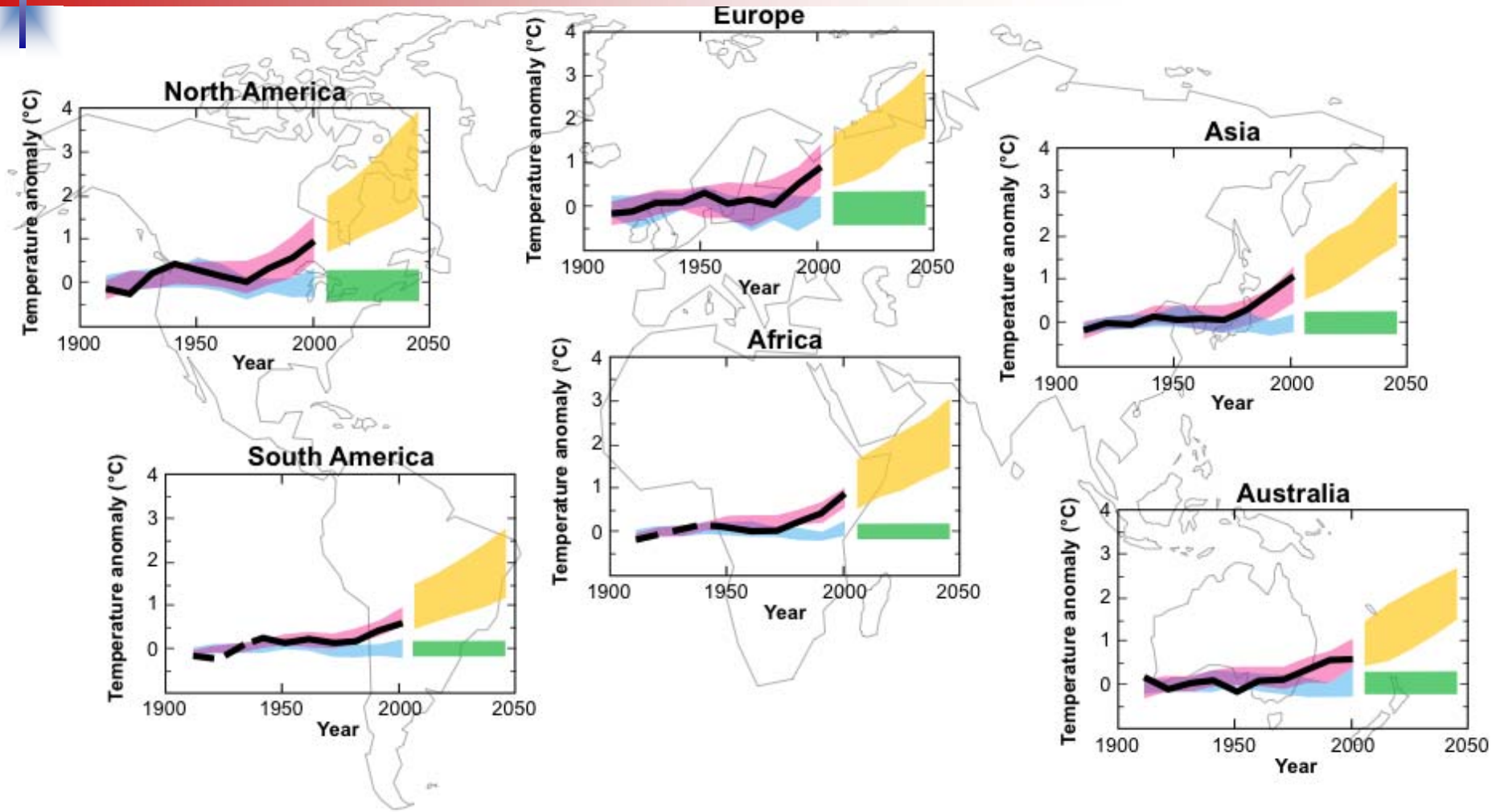
Quelques tendances liées à la température:

- **Hausse surtout en été et hiver**
- **Hausse plus marquée sur les Tmin**
- **Hiver nettement moins froid avec + gel/dégel**
- **Saison chaude de même durée mais + chaude**
- **Hausse plus importante dans le Nord**
- **Yagouti et al. 2008 pour plus d'info**

Développement durable, Environnement et Parcs
Québec

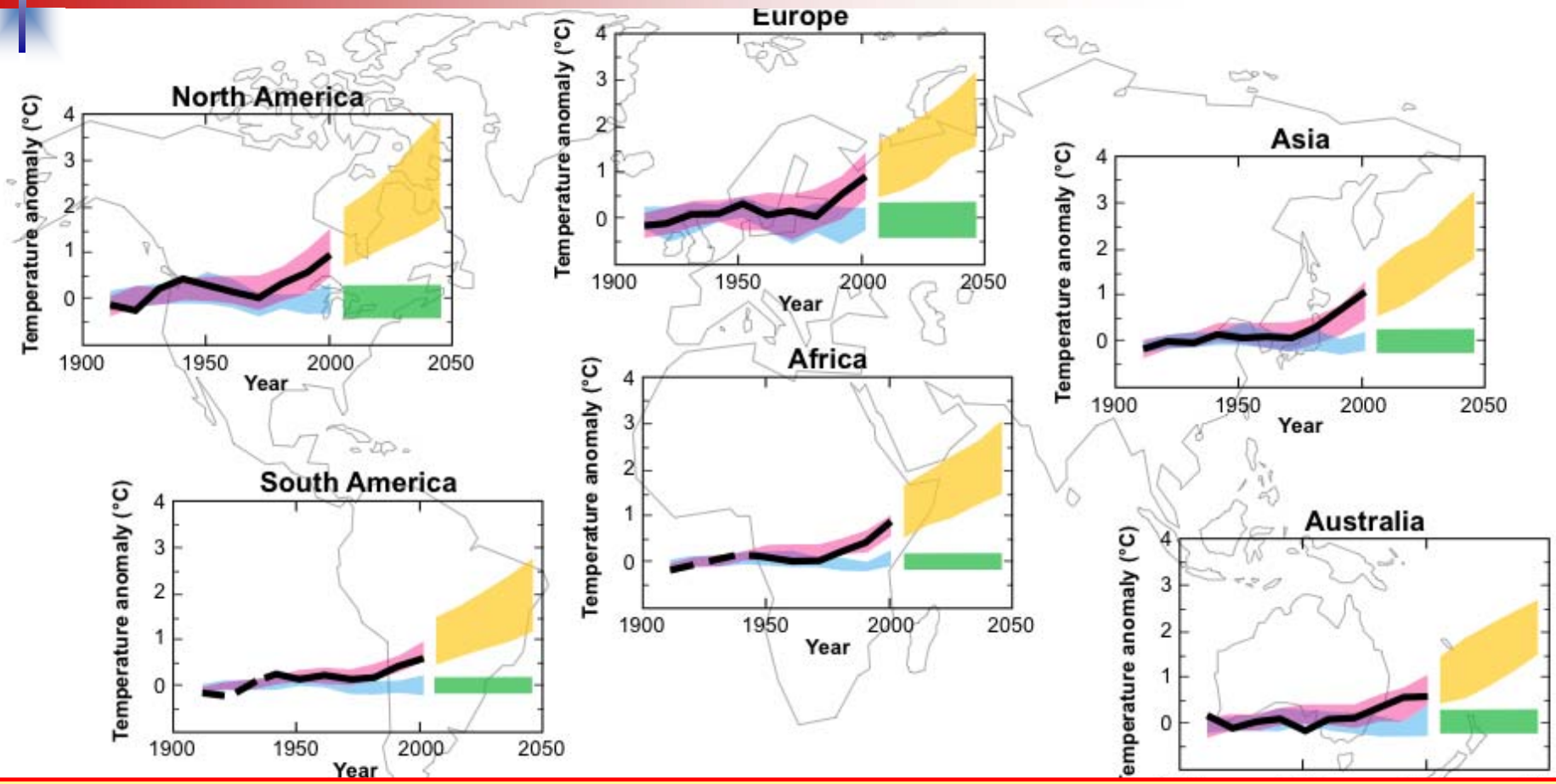
Vers le nouveau climat du 21e siècle

Source: IPCC-FAR, WG1



Vers le nouveau climat du 21e siècle

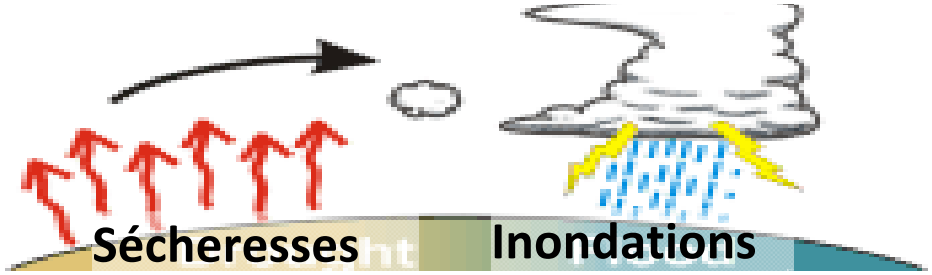
Source: IPCC-FAR, WG1



L'activation du cycle hydrologique est confirmée par les simulateurs climatiques

Atmosphère de faible énergie

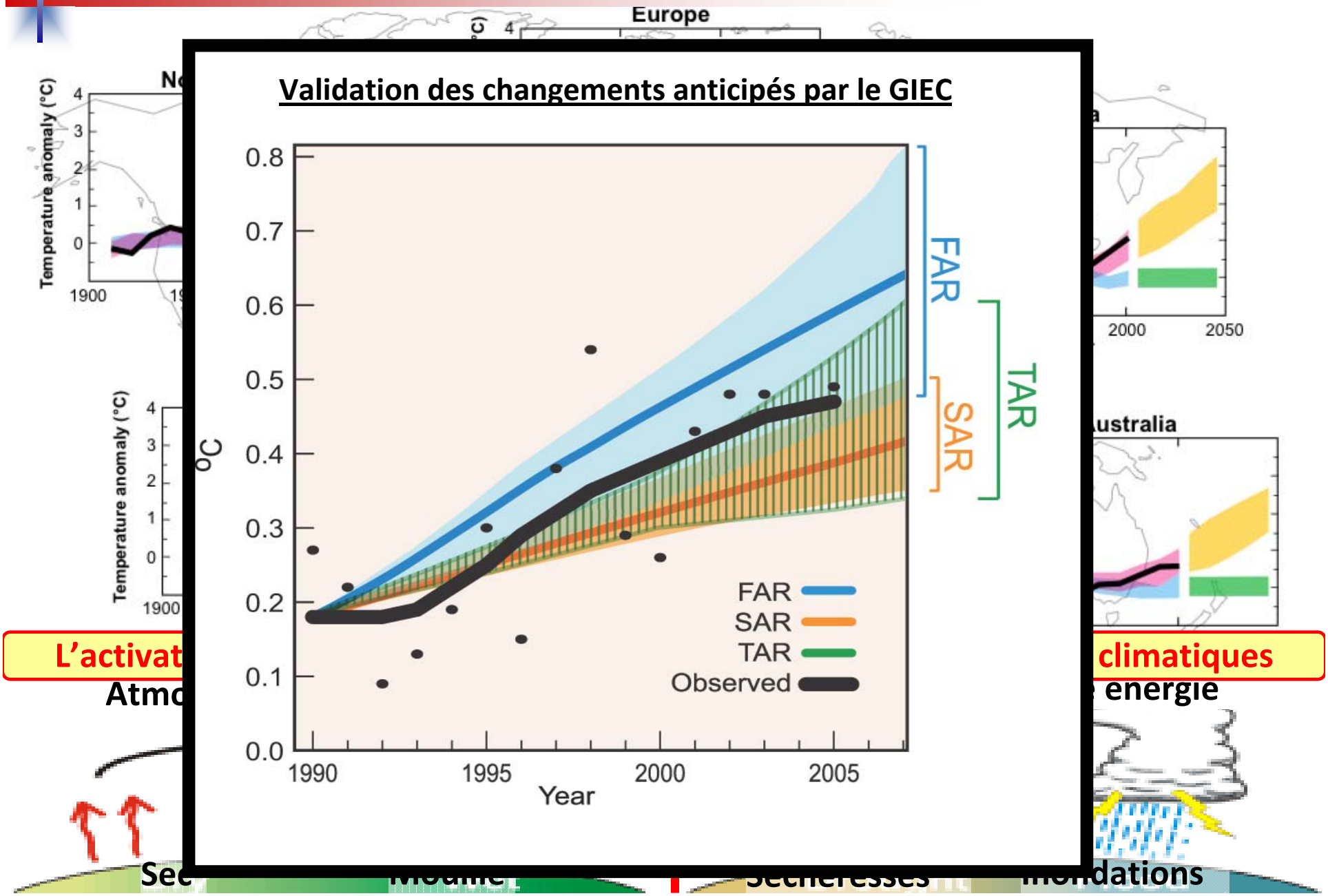
Atmosphère de forte énergie



Vers le nouveau climat du 21e siècle

Source: IPCC-FAR, WG1

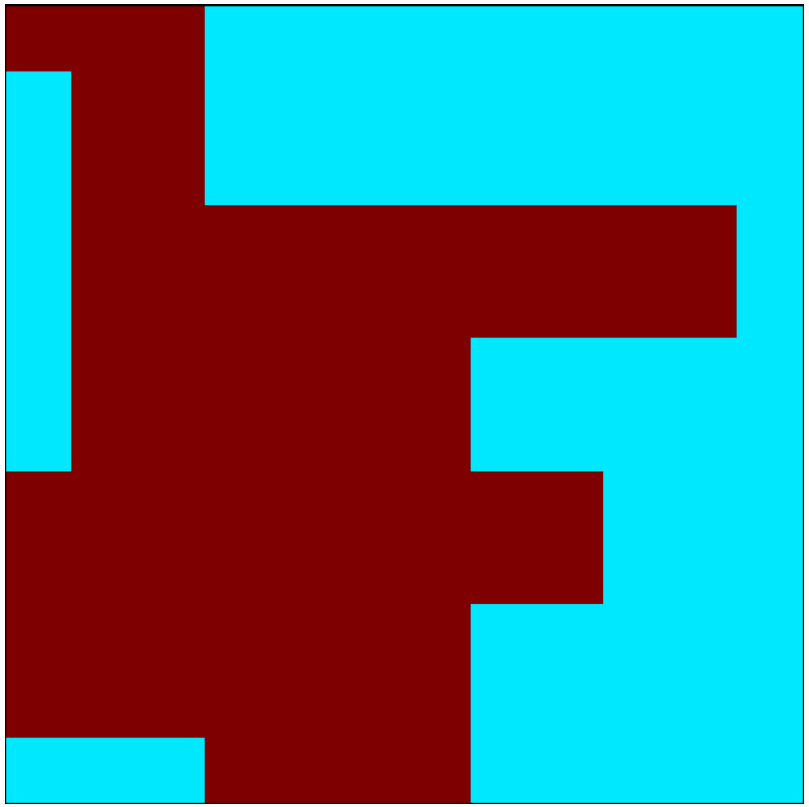
Validation des changements anticipés par le GIEC



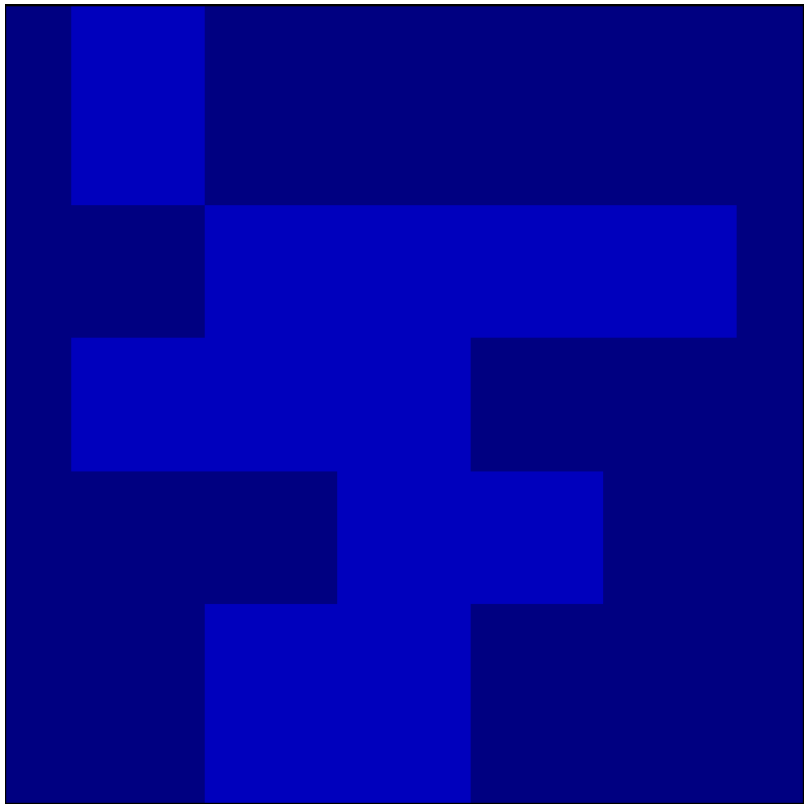
Ern N. A. selon le Modèle de Circulation Générale

(disponible chez Environment Canada et autres)

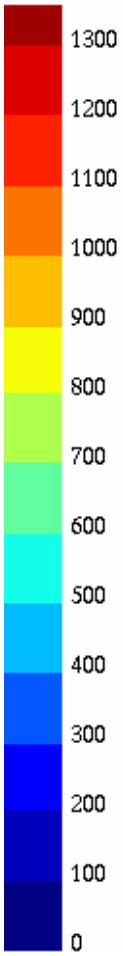
Résolution spatiale: 250-400 km



Masque terre-mer



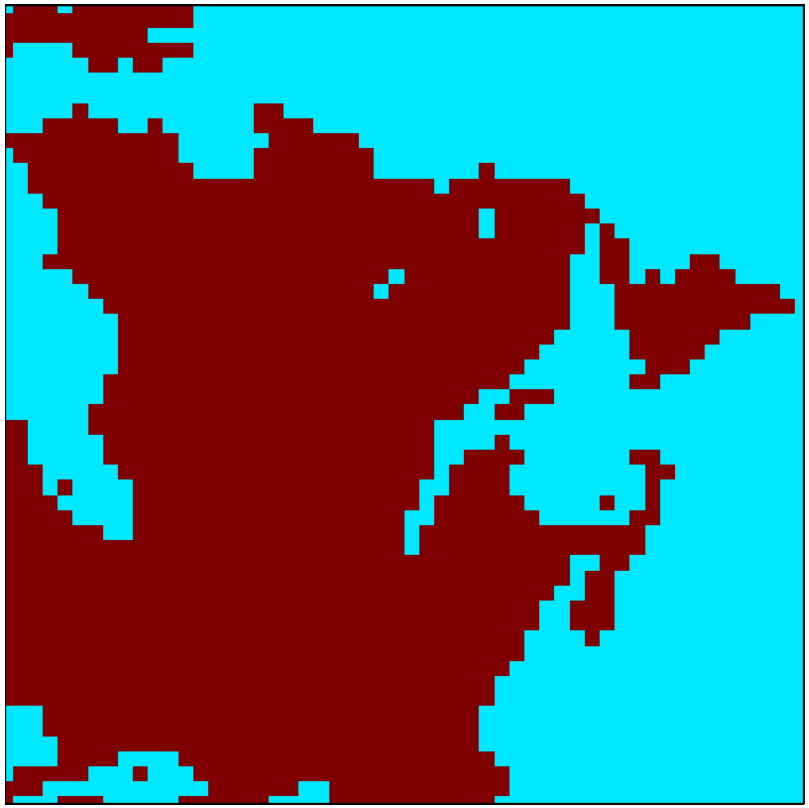
Élévation



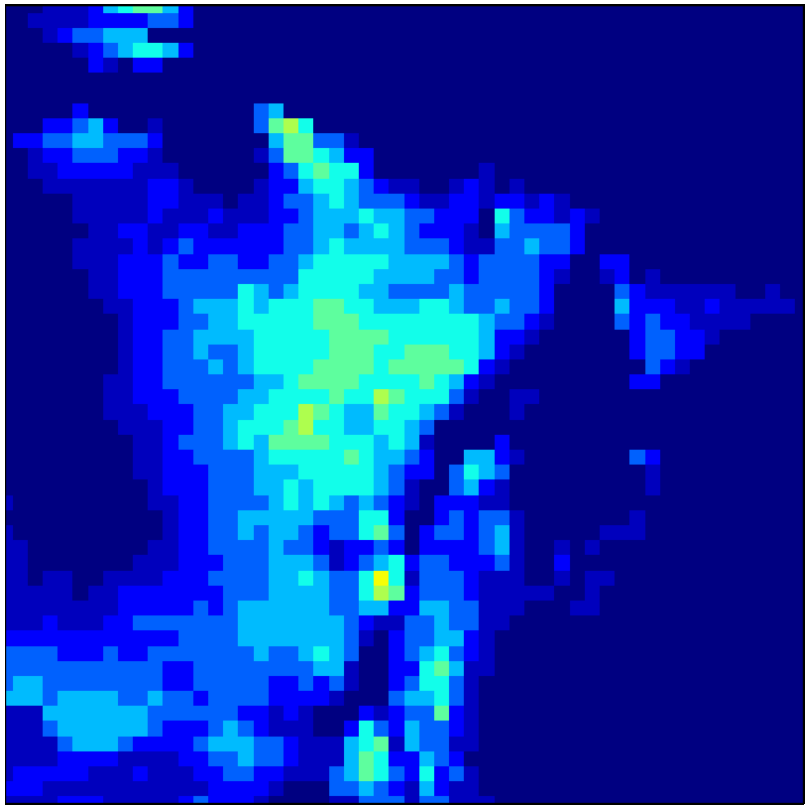
Ern N. A. selon le Modèle de Circultation Générale pour le futur: Ensemble de MRC

(CRMC, Arpège, NARCCAP…)

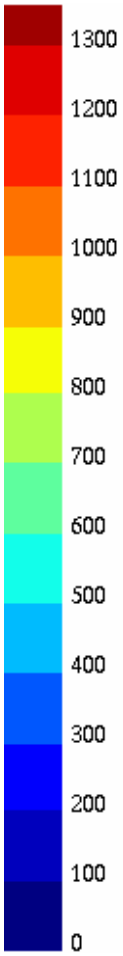
Résolution spatiale: 45 km



Masque terre-mer

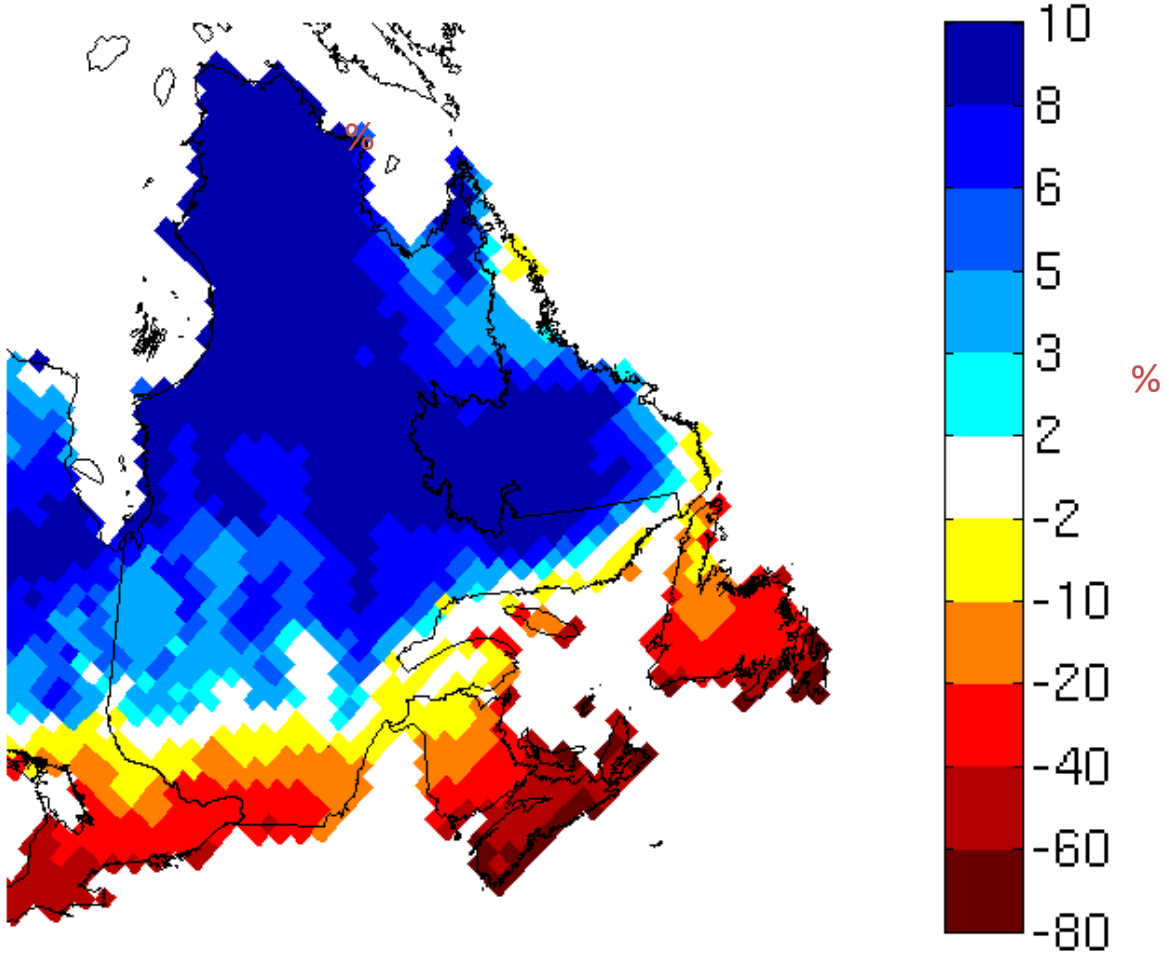


Élévation



Changement moyen de la quantité de neige cumulée

Changement moyen (2041-2070 vs 1961-1990) en équivalence en eau en MARS

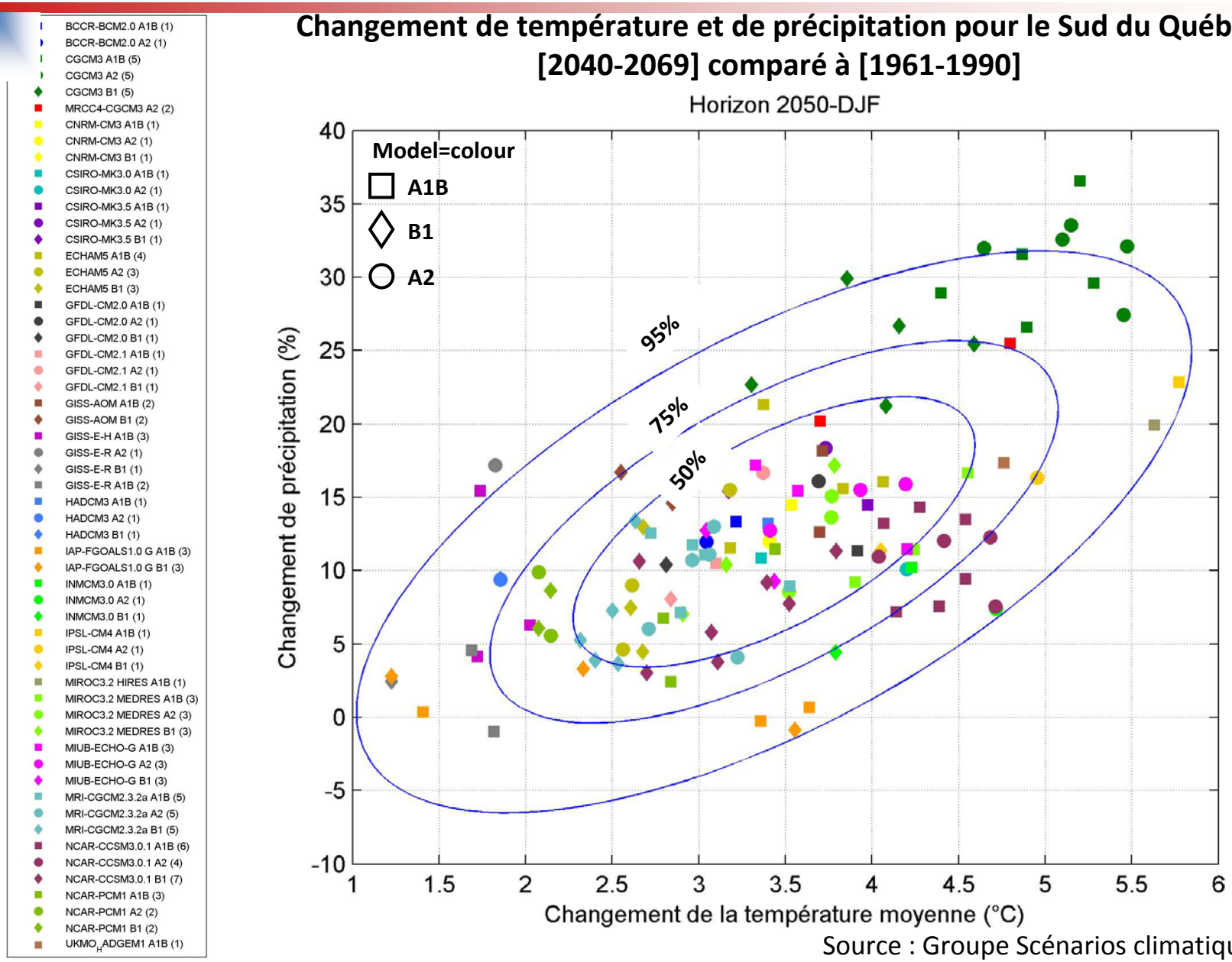


5 simulations du MRCC pilotées par 5 membres différents du modèle couplé global MCCG3 selon le scénario d'émissions de GES SRES A2

Source : Groupe scénarios climatiques Ouranos

Différents scénarios de changements Temp et Pcpn

Changement de température et de précipitation pour le Sud du Québec [2040-2069] comparé à [1961-1990]



Source : Groupe Scénarios climatiques Ouranos

Scénarios climatiques: changements saisonniers

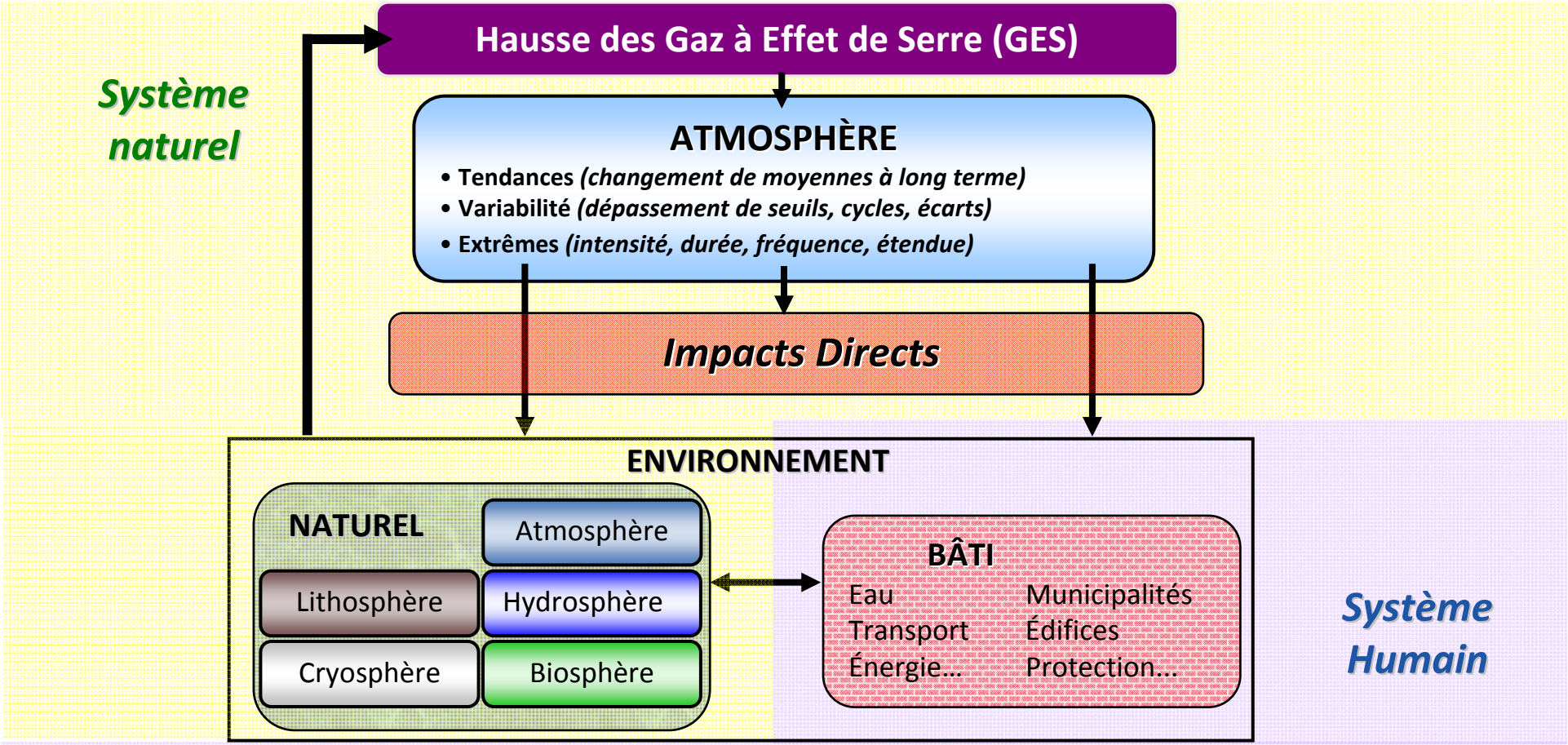
Changements saisonniers de temp et précip par rapport à 1961-1990

		Sud du Québec			Nord du Québec		
Saison		Chgt Horizon 2020	Chgt Horizon 2050	Chgt Horizon 2080	Chgt Horizon 2020	Chgt Horizon 2050	Chgt Horizon 2080
Hiver	Temp	1,3 à 2,3°C	2,5 à 3,8°C	3,6 à 5,7°C	2,4 à 4,0°C	4,5 à 6,5°C	5,8 à 9,5°C
	Précip	3,7 à 11,1%	8,6 à 18,1%	14,5 à 27,6%	6,2 à 17,9%	16,8 à 29,4%	24 à 43,8%
Printemps	Temp	1,0 à 1,7°C	1,9 à 3,0°C	2,7 à 4,3°C	1,1 à 1,9°C	1,9 à 3,3°C	2,8 à 5,4°C
	Précip	2,0 à 8,6%	4,4 à 13,1%	8,9 à 22,2%	2,2 à 11,8%	6,3 à 19%	12,1 à 29,4%
Été	Temp	1,1 à 1,7°C	1,9 à 3,0°C	2,6 à 4,4°C	0,9 à 1,7°C	1,6 à 2,8°C	2,1 à 3,6°C
	Précip	-1,5 à 4,4%	-1,8 à 5,4%	-4,9 à 6,0%	1,6 à 8,2%	3 à 12,1%	5,8 à 17,9%
Automne	Temp	1,2 à 1,9°C	2,0 à 3,1°C	2,7 à 4,5°C	1,2 à 2,3°C	2,3 à 3,7°C	2,8 à 4,6°C
	Précip	-2,7 à 3,6%	-0,7 à 7,7%	0,4 à 12,8%	5,5 à 12%	9,8 à 20,1%	16,2 à 29,5%

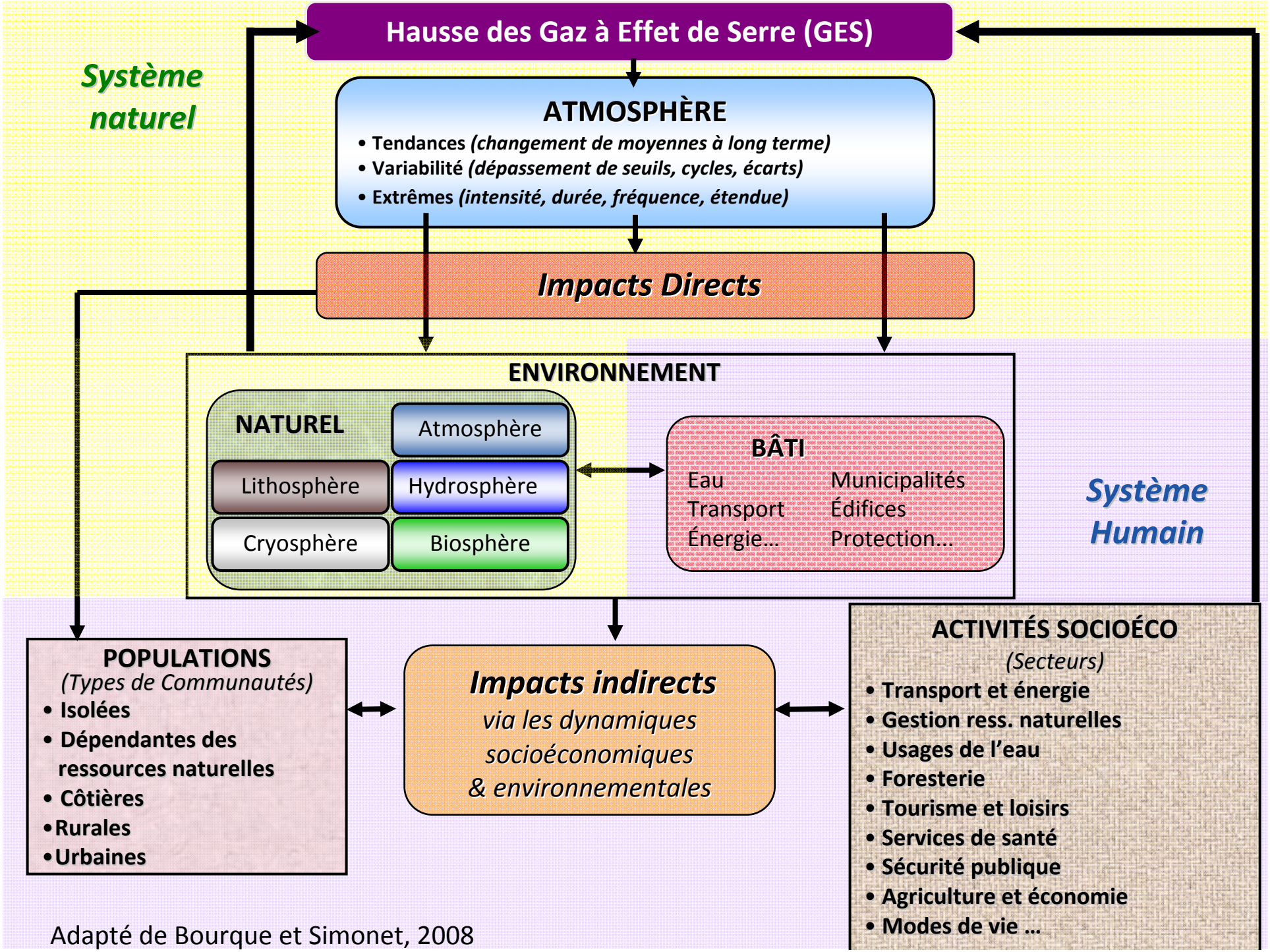
Les valeurs correspondent aux 25e et 75e quantiles des changements projetés.

Source: Ouranos

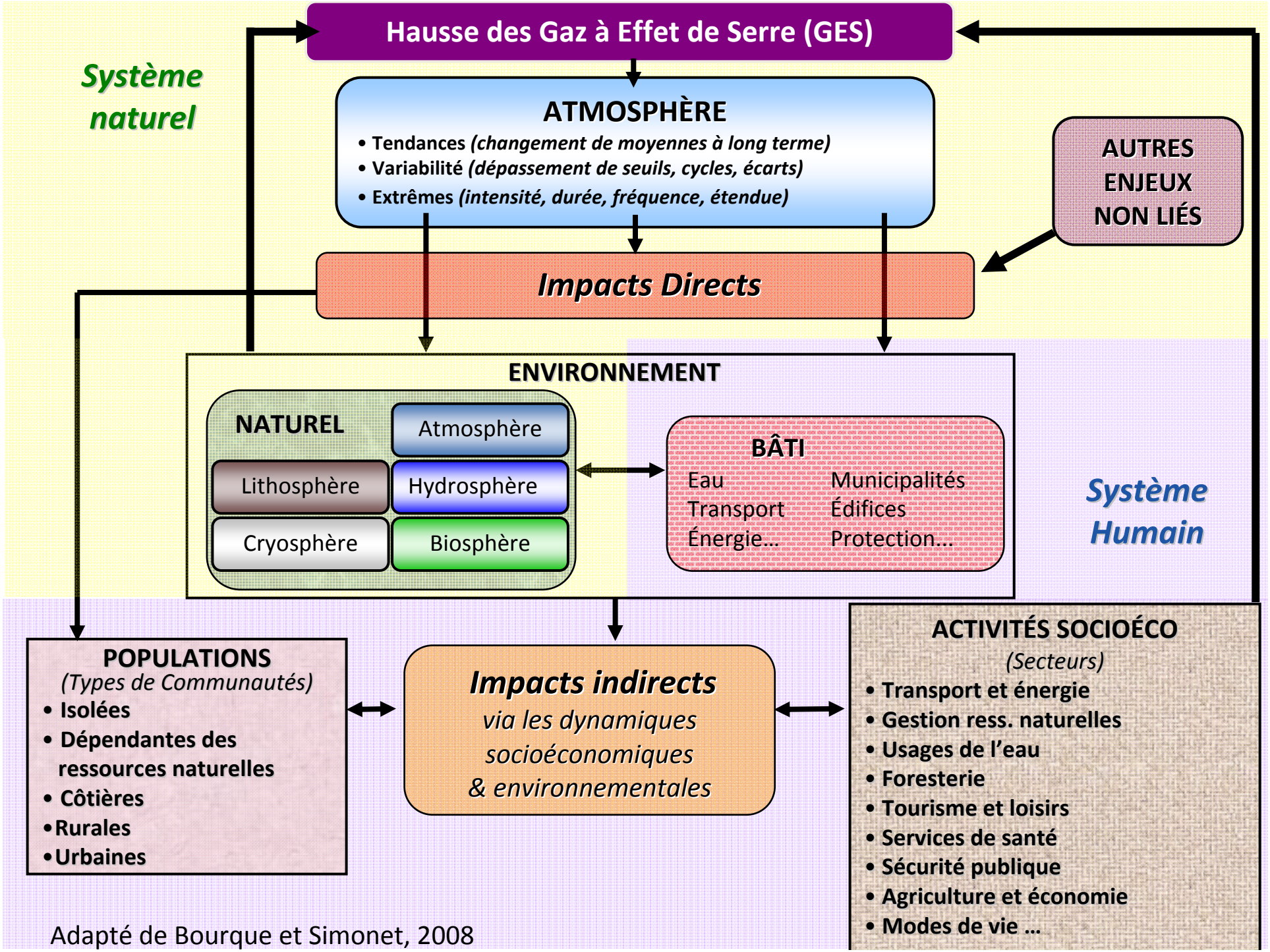
- Changements plus importants en valeur absolue vers le Nord.
- Augmentations de température et précipitation plus marquées en hiver.
- Peu de changements des précipitations totales en été vers le Sud.



Adapté de Bourque et Simonet, 2008



Adapté de Bourque et Simonet, 2008



Adapté de Bourque et Simonet, 2008

UNE APPROCHE COMPLÉMENTAIRE

ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX	BESOINS NATIONAUX

DIMINUER
les émissions de gaz
à effets de serre

ÉVITER
3 - 4 X CO_2

S'ADAPTER
aux changements

SE PRÉPARER
2 X CO_2

UNE APPROCHE COMPLÉMENTAIRE

ENGAGEMENTS INTERNATIONAUX

DIMINUER
les émissions de gaz
à effets de serre

ÉVITER
3 - 4 X CO_2

BESOINS NATIONAUX

S'ADAPTER
aux changements

SE PRÉPARER
2 X CO_2

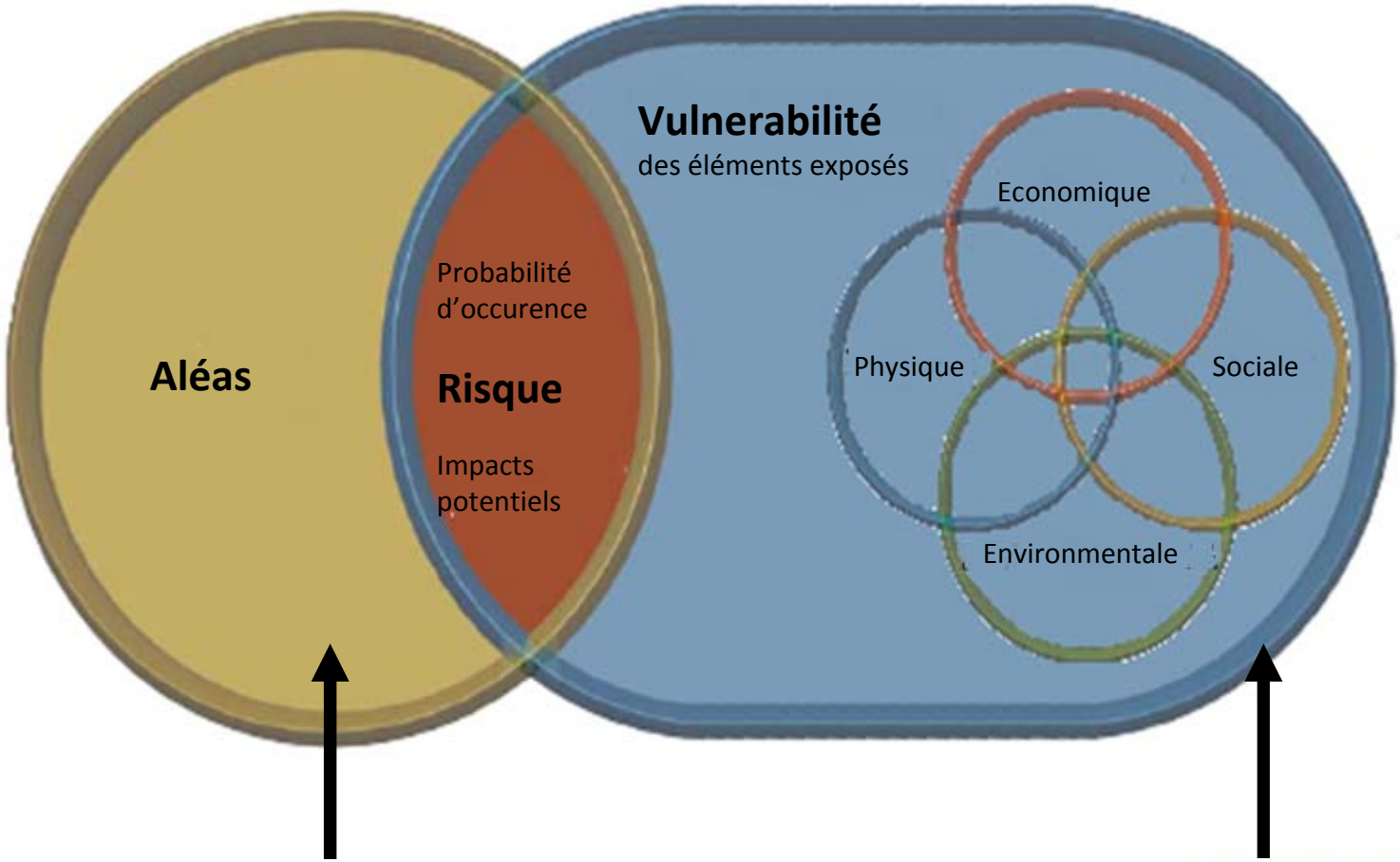
Québec (2007):

- Transport = 41%
- Industries = 32,4%
- Résid, comm, inst. = 12,8%
- Agriculture = 7,3%
- Déchets = 5,5%
- Électricité = 1,2%

Se préparer aux impacts:

- Environnement naturel
- Environnement bâti
- Sécurité et santé des populations
- Activités socio-économiques
  - 30% axé sur les Ressources
  - 70% axé sur le Tertiaire

Risques liés aux CC sont f (changements, vulnérabilité)

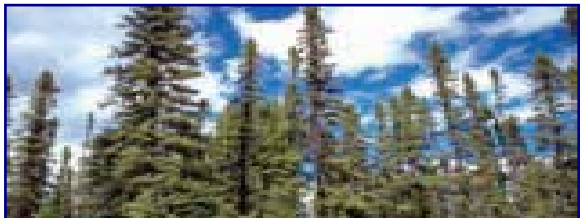


CC affectant les événements météo:
- Intensité, Durée, Fréquence, Étendue de conditions extrêmes/anormales
- Impacts graduels de changements à moyen et long termes des moyennes

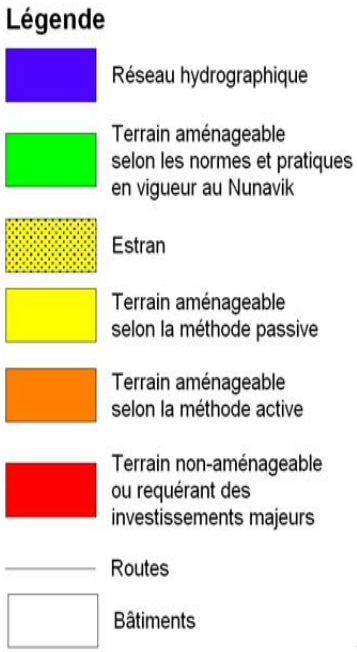
Déterminants de la vulnérabilité
- Sensibilité et exposition
- Capacité d'adaptation: capital social, connaissances, richesse $, institutions, infrastructures, aptitudes, technologie, info accessible et comprises…

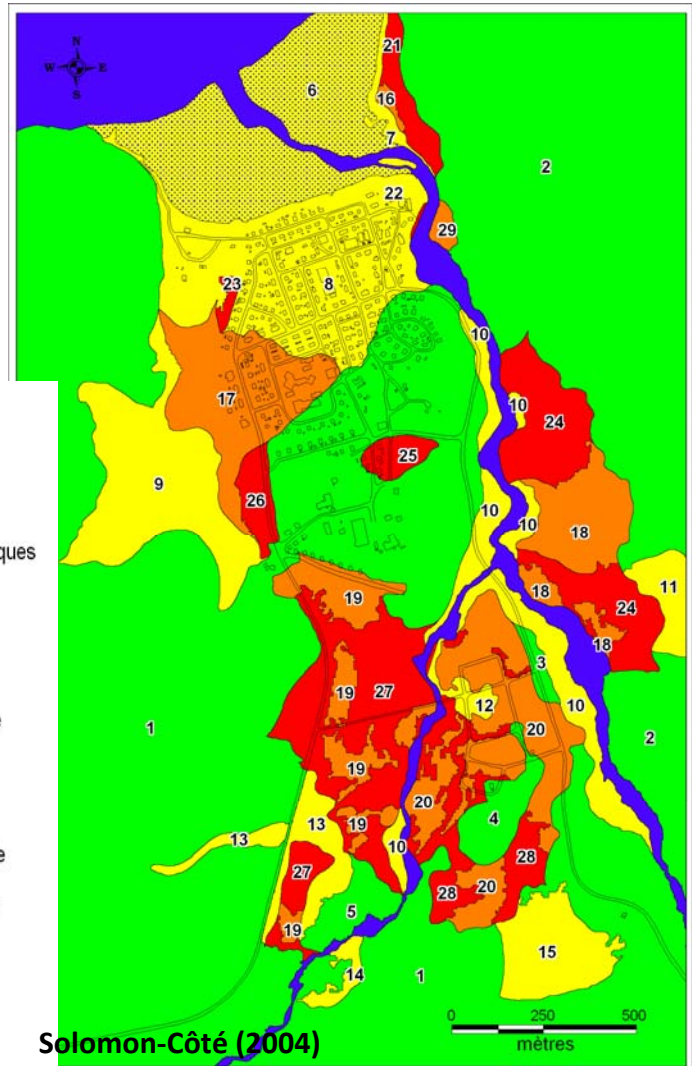
Impacts sur le Nord déjà en changements rapides

- **Plus importants changements climatiques en valeur absolue**
- **La fonte du pergélisol pose des risques accrus pour les communautés côtières isolées et les infrastructures essentielles**
- **Accès aux ressources et mode de vie étroitement liés à l'environnement naturel**
- **Impacts sur les écosystèmes**



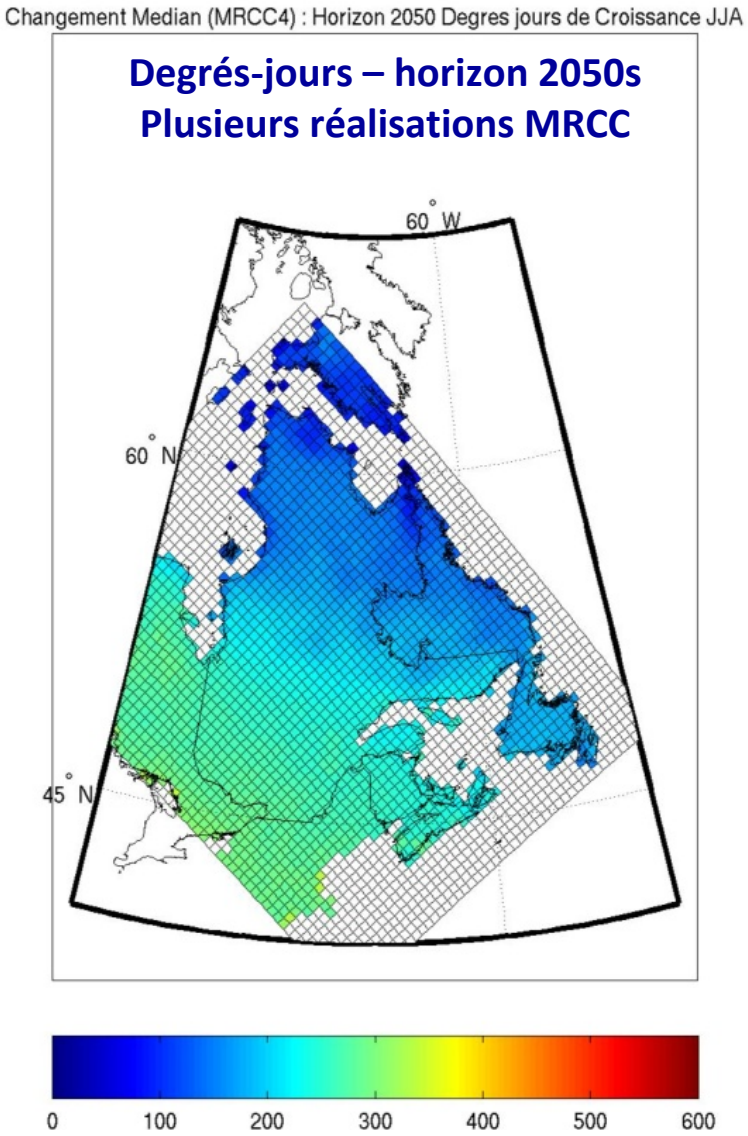
Migration de la limite des arbres

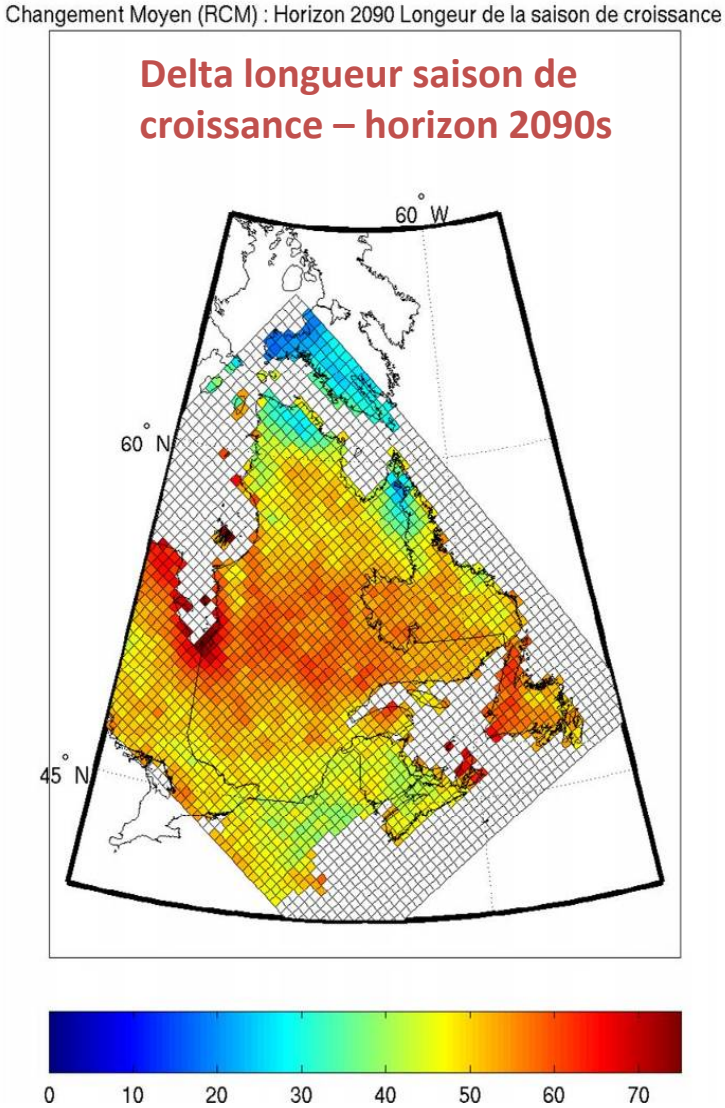




Solomon-Côté (2004)

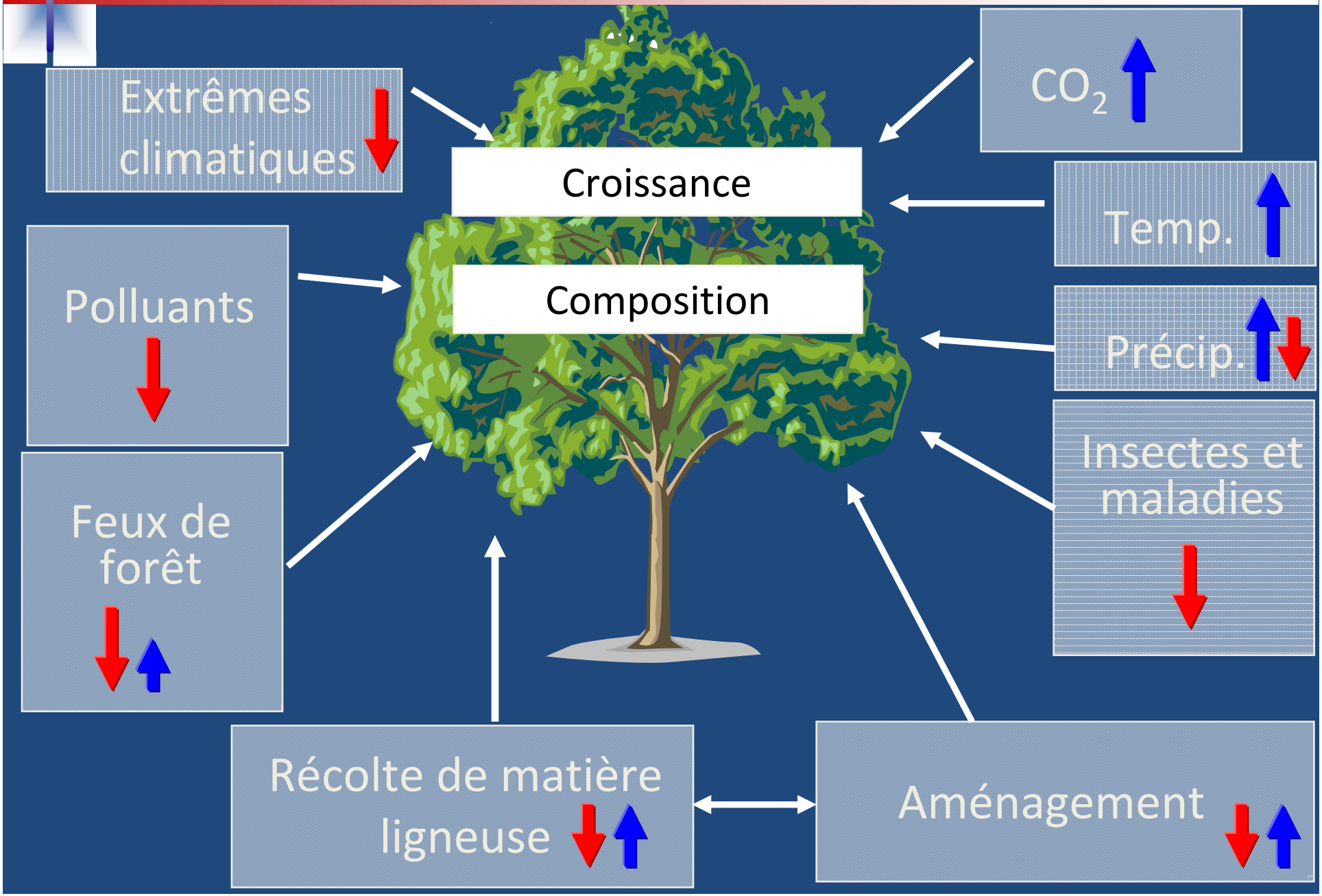
Trasnformation inévitable de l'environnement naturel



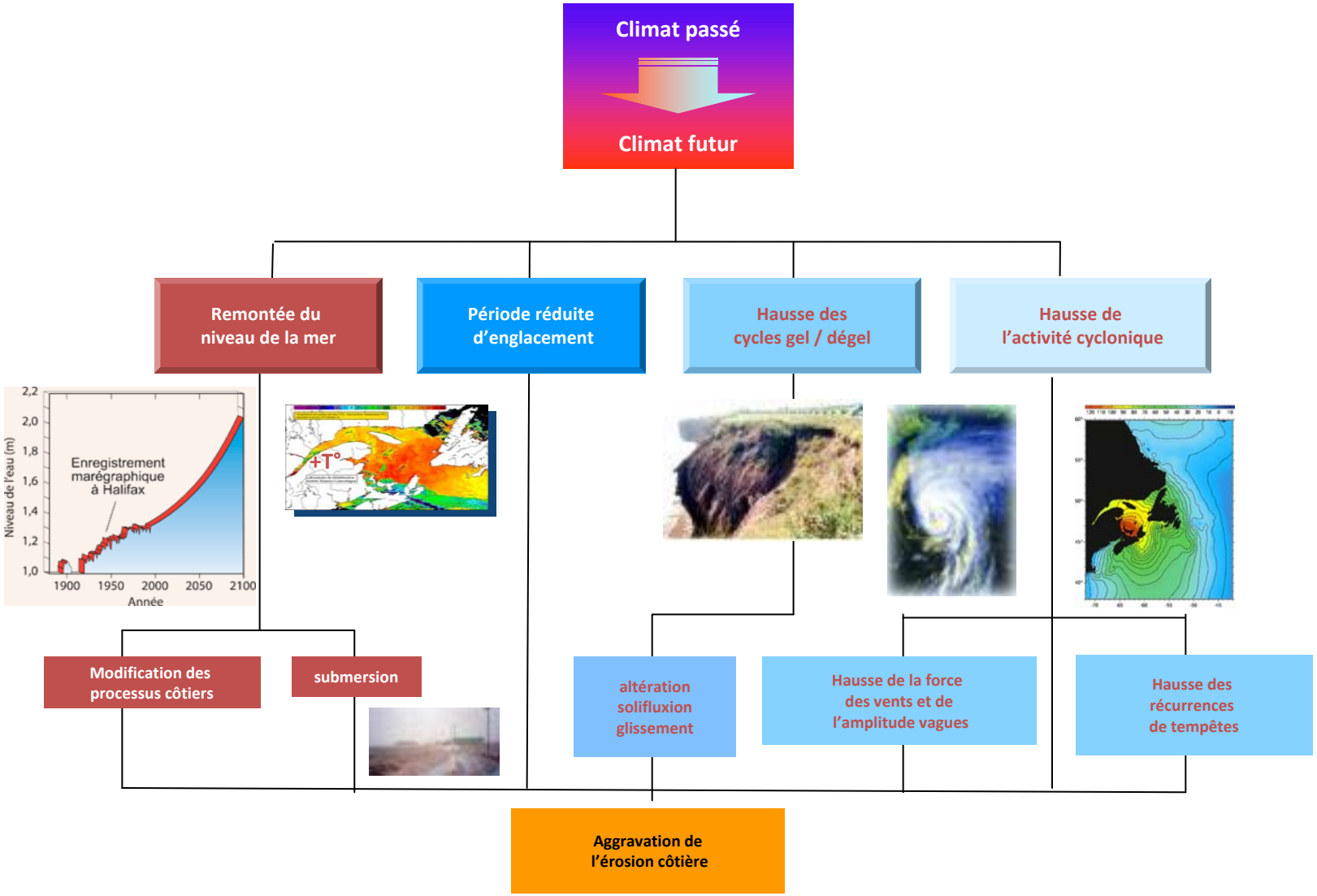


Source : Groupe scénarios climatiques Ouranos

Vers une croissance moins lente mais plus risquée

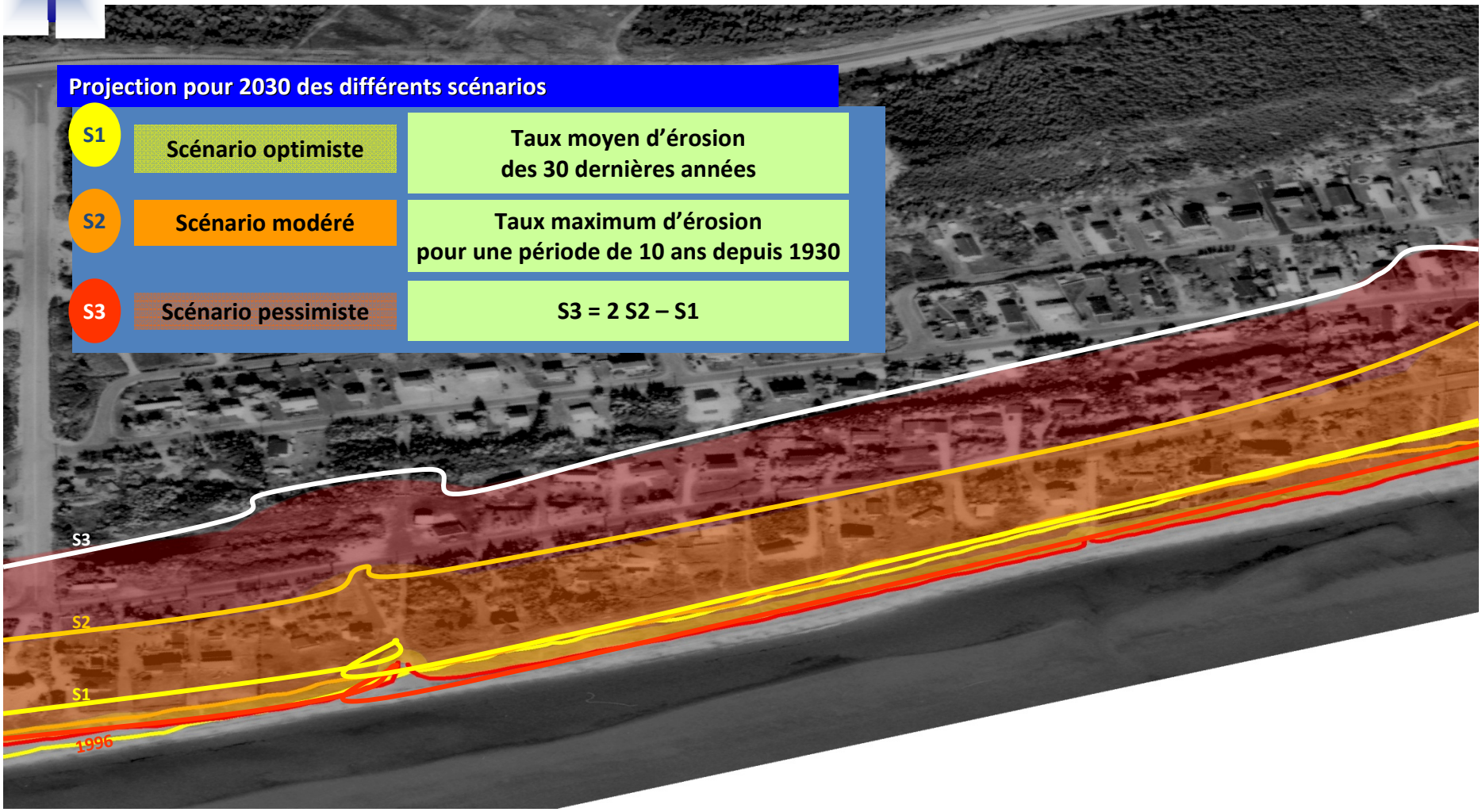


Accélération de l'érosion cotière: les causes climatiques



Savard et al, 2008

Cartographie des risques selon différents scénarios

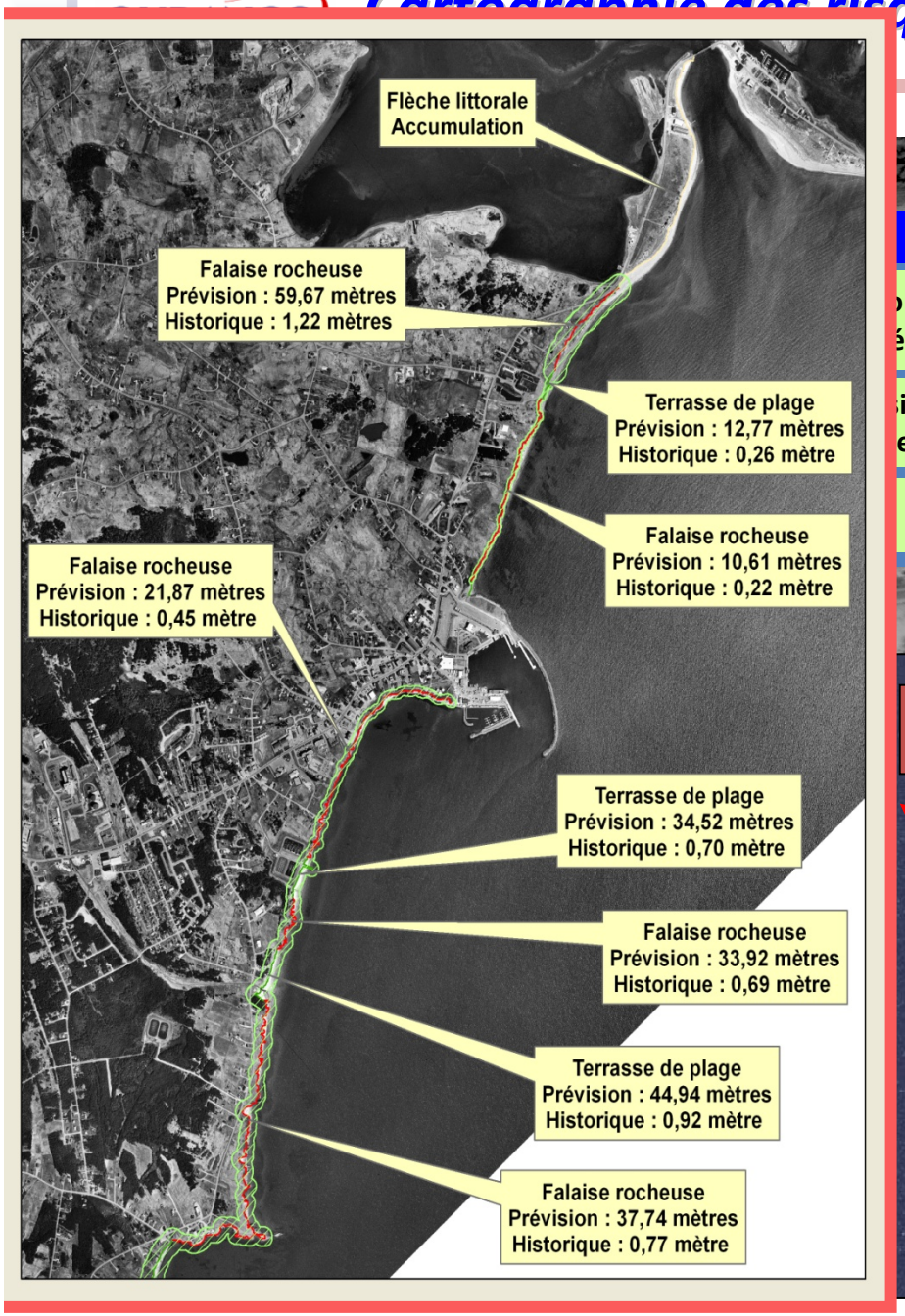


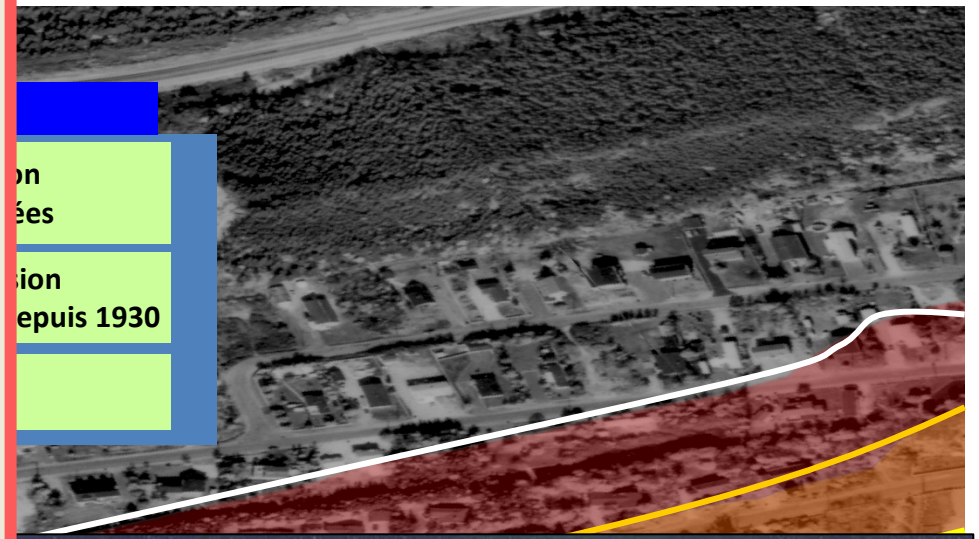
Projection pour 2030 des différents scénarios

S1	Scénario optimiste	Taux moyen d'érosion des 30 dernières années
S2	Scénario modéré	Taux maximum d'érosion pour une période de 10 ans depuis 1930
S3	Scénario pessimiste	S3 = 2 S2 – S1

Bernatchez et al, 2008

Cartographie des risques selon différents scénarios





L'adaptation est un processus, qui peut être difficile

Organisations dans les comités d'adaptation:

- **Gouvernement Québec:** MSP, MTQ, MDDEP, MRNF, Communication-Québec, CLD
- **Municipalités:** Percé, Sept-Îles et Cap-aux-Meules; Municipalités régionales de comtés
- **Gouvernement Canada:** Pêches et Océans; Parc; Transport
- **Autres:** Comités ZIP aux trois sites; Conseil régional de l'environnement; Conseil régional des Élus; Centre de Recherche sur les Milieux Insulaires et Maritimes; Groupes environnementaux et comités de riverains; CLD, SADC; chambres de commerce
- **Etc…**

retrait

protection

zonage

Enjeux pour la production d'éléctricité

Enjeux énergétiques

Changements climatiques

précipitation / vent

température / vent

Prévision des apports

- Gestion des systèmes hydriques
- Planification de la production
- Optimisation de la prod. (marché de gros)
- Planification des projets de production
- Conception des installations de production
- Énergie éolienne
- Considérations environnementales
- Considérations financières

Événements extrêmes, variabilité naturelle, tendances climatiques

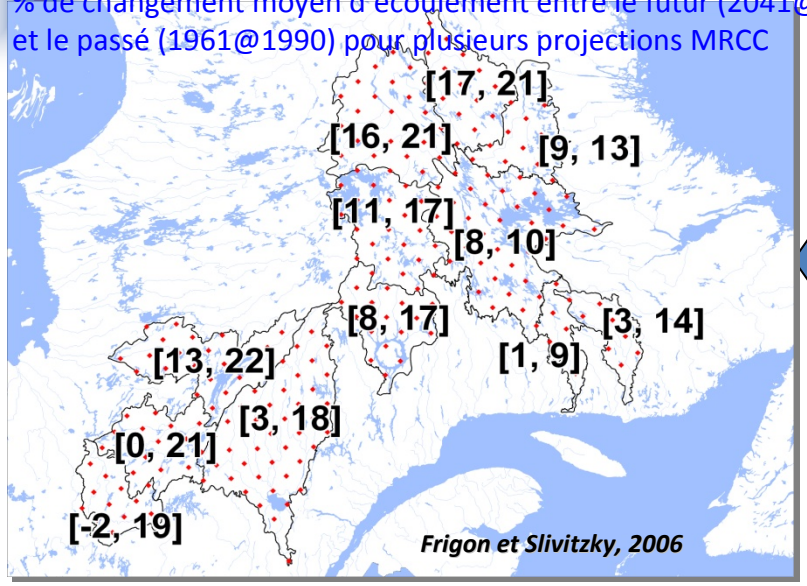
- Sécurité de la population
- Sécurité des installations
  - Hydrauliques
  - Transport
  - Distribution
- Critère de conception des installations
- Considérations environnementales
- Considérations financières

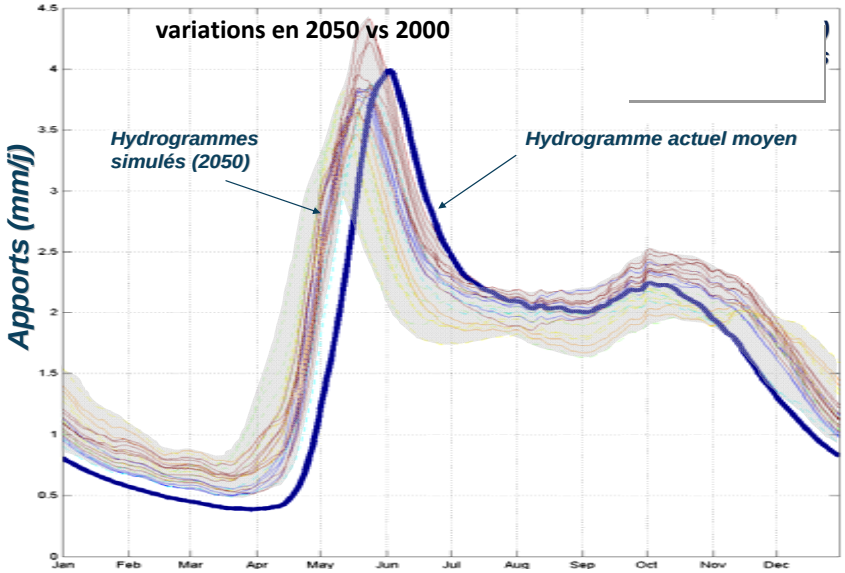
Prévision de la demande

- Profil / volume de la demande québécoise
- Approvisionnement énergétique
- Marché d'exportation
- Considérations environnementales
- Considérations financières

Impacts sur la quantité/qualité d'eau et ses usages

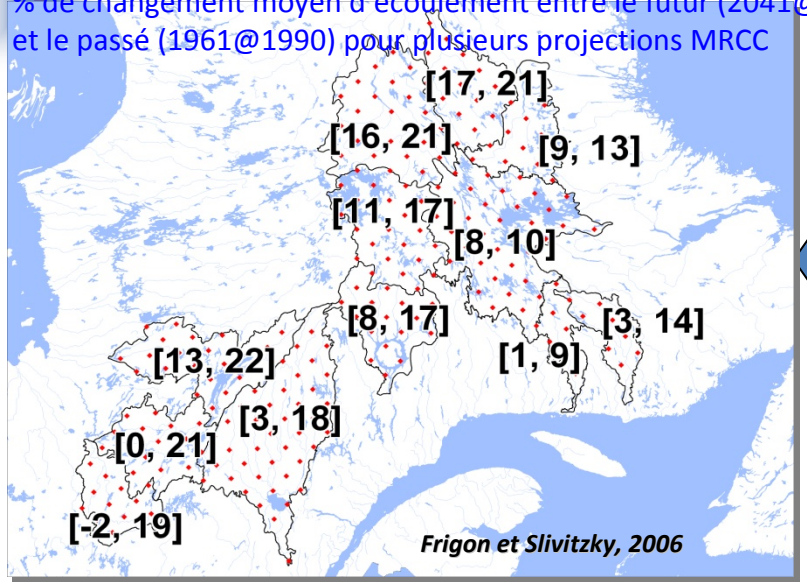
% de changement moyen d'écoulement entre le futur (2041@2070) et le passé (1961@1990) pour plusieurs projections MRCC

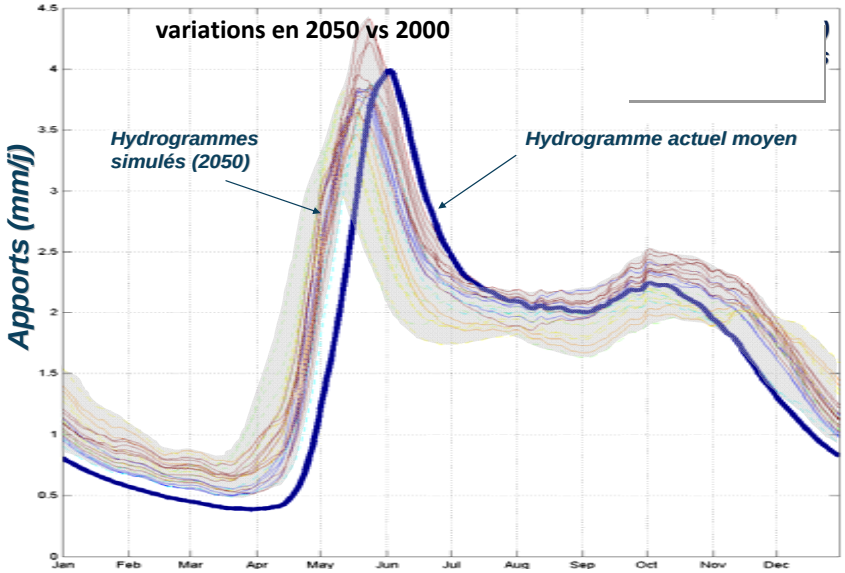




Impacts sur la quantité/qualité d'eau et ses usages

% de changement moyen d'écoulement entre le futur (2041@2070) et le passé (1961@1990) pour plusieurs projections MRCC





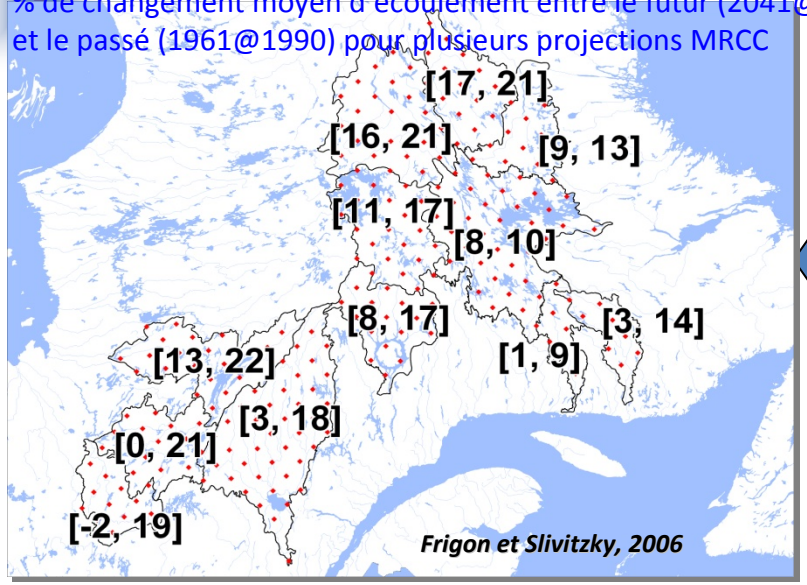
Pour le sud, il semble qu'on se dirige:

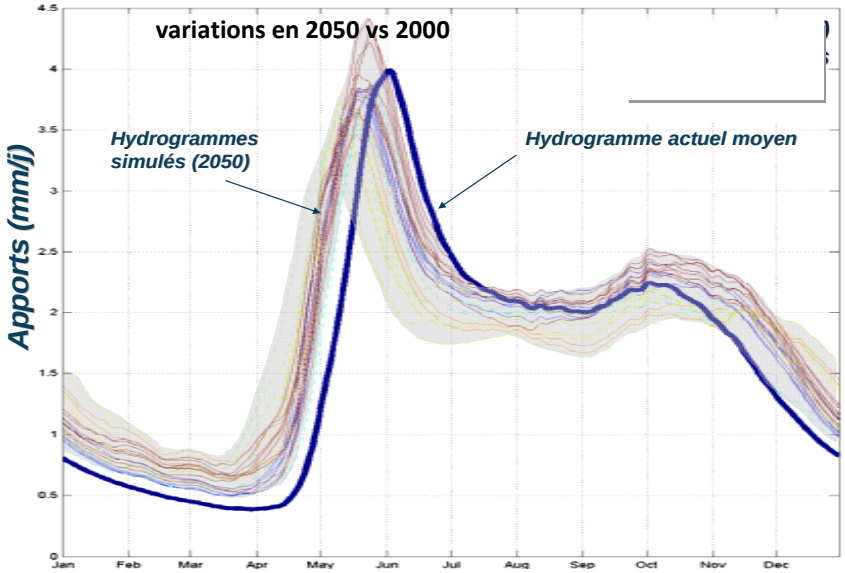
- **Débits plus importants l'hiver**
- **Plus de gel/dégel et/ou de redoux**
- **Crues printannières plus hâtives**
- **Crues moins prévisibles?**
- **Étiages plus sévères en fin d'été**
- **Température de l'eau plus élevée**
- **Crues subites liées aux orages en été**
- **Pluies automnales plus importantes**

➢ **Enjeux accrus de quantité et de qualité**

Impacts sur la quantité/qualité d'eau et ses usages

% de changement moyen d'écoulement entre le futur (2041@2070) et le passé (1961@1990) pour plusieurs projections MRCC





Pour le sud, il semble qu'on se dirige:

- **Débits plus importants l'hiver**
- **Plus de gel/dégel et/ou de redoux**
- **Crues printannières plus hâtives**
- **Crues moins prévisibles?**
- **Étiages plus sévères en fin d'été**
- **Température de l'eau plus élevée**
- **Crues subites liées aux orages en été**
- **Pluies automnales plus importantes**

➢ **Enjeux accrus de quantité et qualité**

Solutions d'adaptation:

- **Mobiliser les acteurs de l'eau pour gérer les risques**
- **Développer des plans de gestion de la ressources**
- **Mettre en œuvre des programmes de réduction de prélèvement directs**
- **Définir des débits et/ou niveaux seuils**
- **Modifier l'aménagement à long terme et à l'échelle du territoire**
- **Adapter la gestion des barrages et des réservoirs aux situations extrêmes**
- **Nettoyer et reprofiler le lit du cours d'eau**

Observations récentes des débits

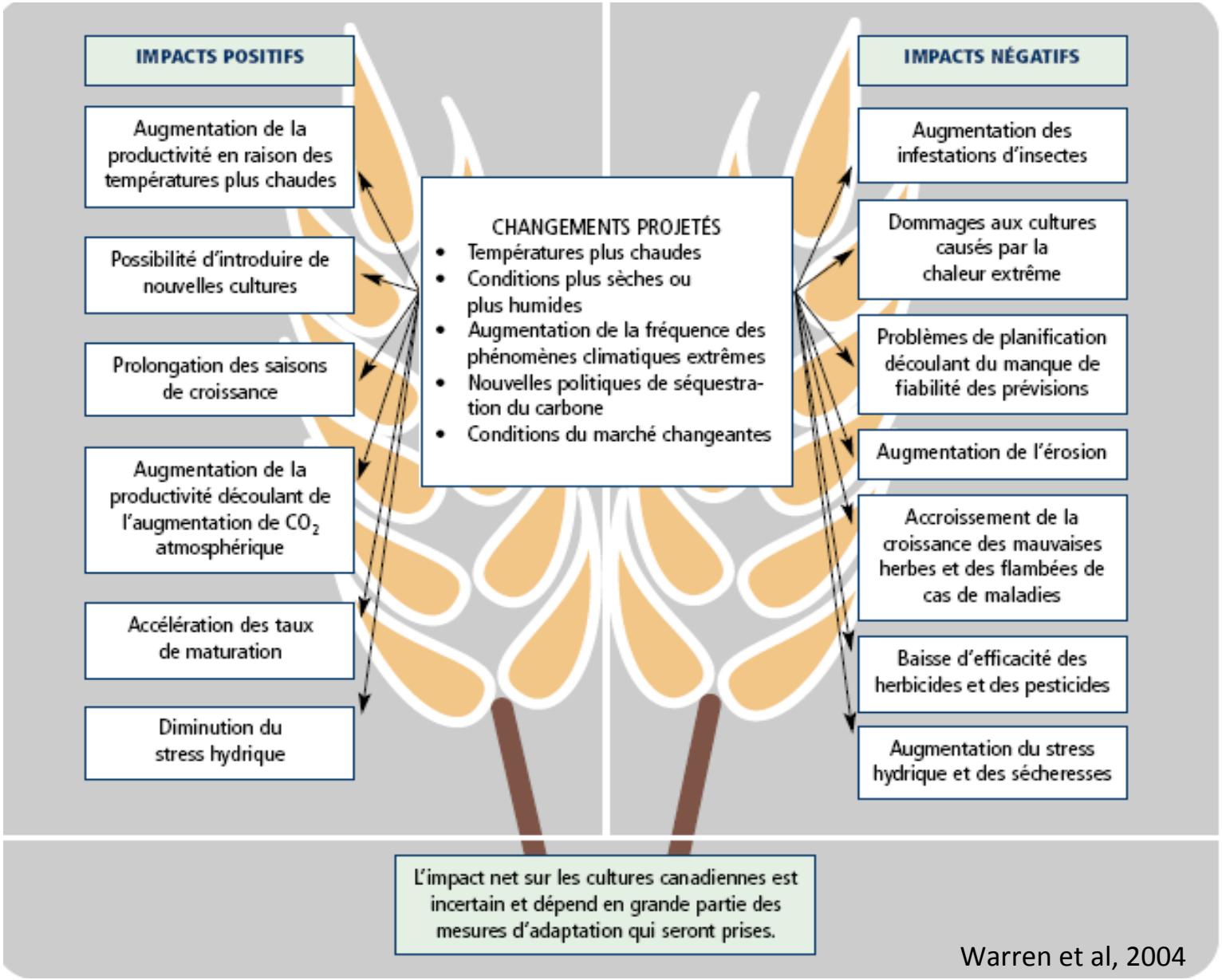
Résultats :

Indicateur (I)	Période	Variation de P1 (1978-1992) à P2 (1993-2007)	Signification statistique à 1%
Maximum journalier de crue	Été et automne	+ 20%[1]	oui
Maximum journalier de crue	Printemps	- 8 %[1]	oui
Étiage consécutif de 7 jours	Été et automne	- 11 %[1]	oui
Durée des étiages les plus sévères	Été et automne	+ 3 jours[2]	oui
Nombre de jours en étiage	Été et automne	+ 4 jours[2]	oui
Variation journalière du débit	Printemps, été et automne	+ 22%[1]	oui
Volume total	Printemps, été et automne	+ 5%[1]	non

* Les mêmes conclusions générales s'applique si on subdivise différemment la période de 30 ans sauf pour l'écoulement total

[1]: $\frac{I_{P2}-I_{P1}}{I_{P1}}$ [2]: $I_{P2}-I_{P1}$

Impacts des CC sur l'agriculture au Canada

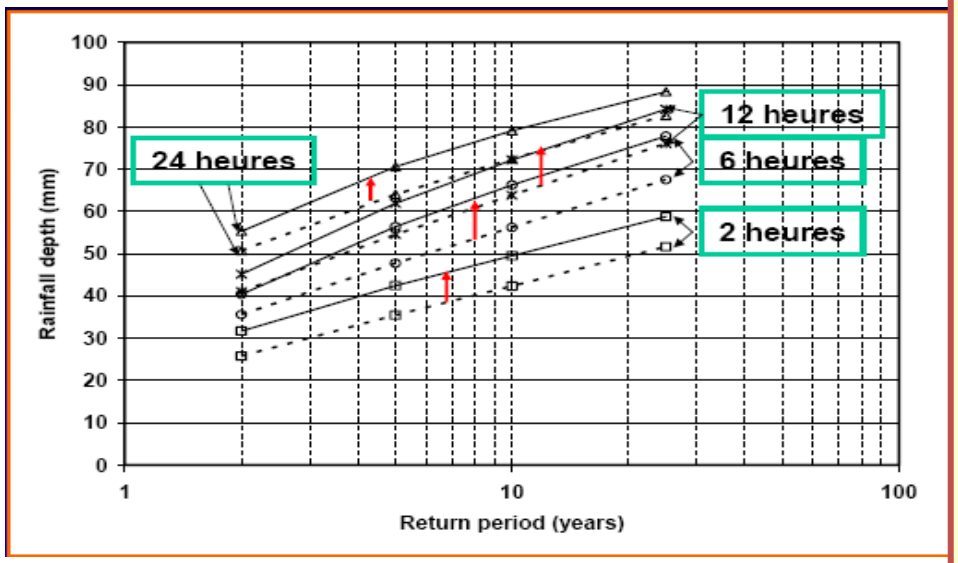


Warren et al, 2004

Pluies abondantes et inondations urbaines/rurales

- **Future maximum 24-hour summer intensities using Regional Climate Model**

(Source: Mailhot et al.)



Barrières à l'adaptation face aux CC

- infrastructures existantes vs nouvelles vs réhabilitées
- responsabilité professionnelle (ingénieur, élu) vs normes, pratiques et désir de développement
- mode d'octroi des contrats (plus bas soumissionnaire)
- fonctionnement en silo des organisations vs approche multi-sectorielle du contrôle à la source
- limites bassin versant vs limites municipales
- contraintes locales (espace disponible, climat, etc.)
- niveau de sensibilisation des acteurs (sous-sols aménagés, etc.) …

Exemples d'impacts:

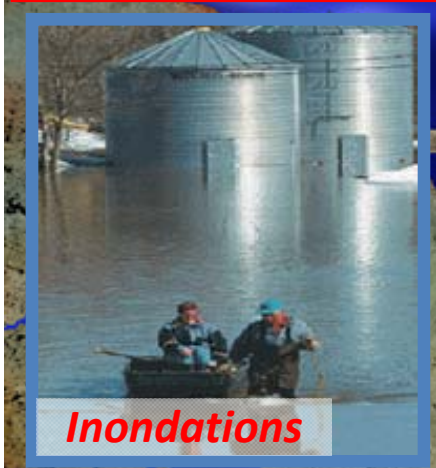
- **Débordements et surverses**
- **Inondations milieu urbain et rural**
- **Érosion et glissements de terrain**
- **Qualité de l'eau et disponibilité**
- **Impacts socioéco et santé**
- **Impacts pour les organisations**

Des impacts parfois soudains liés aux changements?

Feux de forêts

Stabilité des sols

Avalanche


Inondations

Glace et embâcle

Érosion et glissement

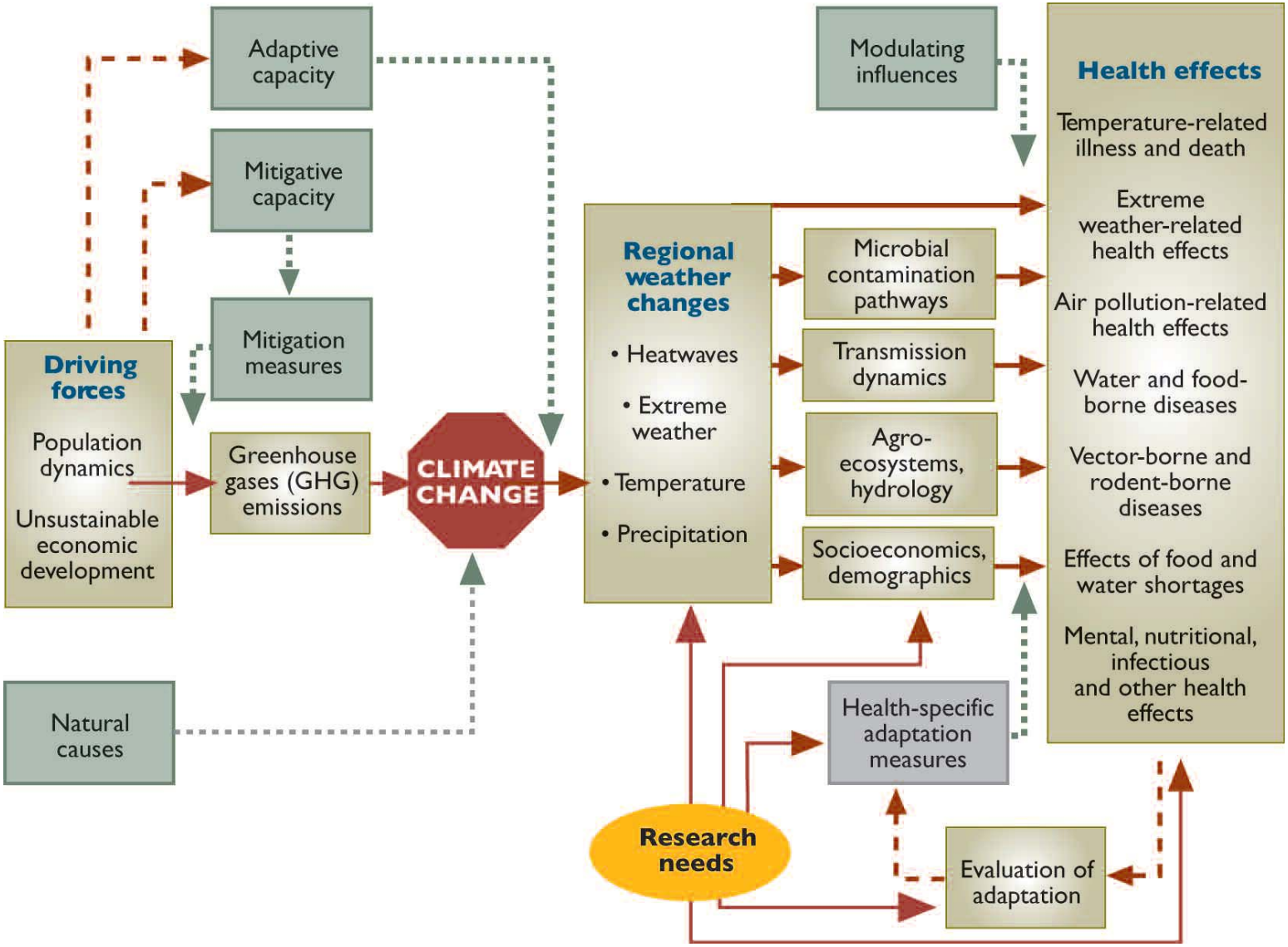
Sécheresses, canicules

Orages violents

Tempêtes et surcotes

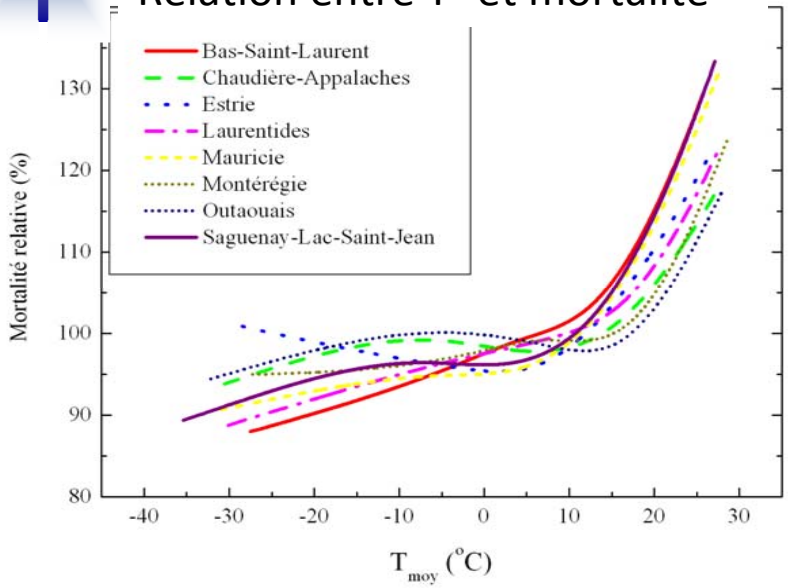
Des impacts graduels/discrets liés aux changements?

Cadre OMS en R&D sur les changements climatiques

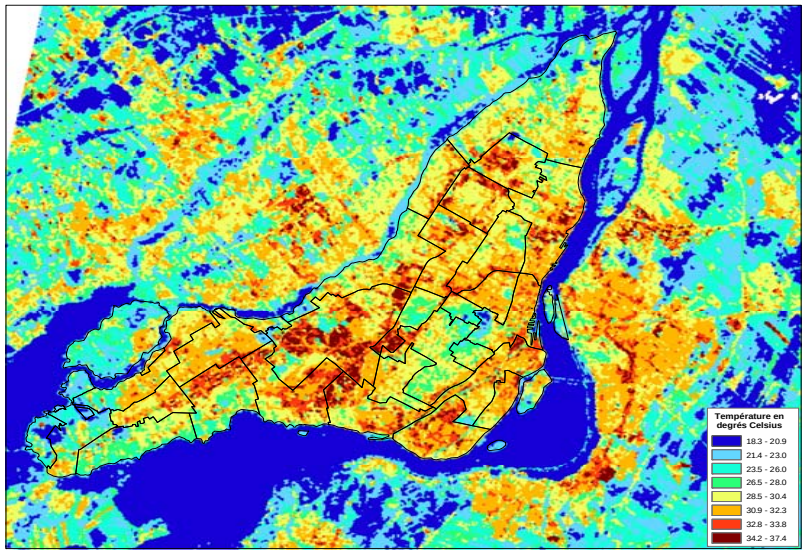


Section Santé et Évaluation Santé Canada

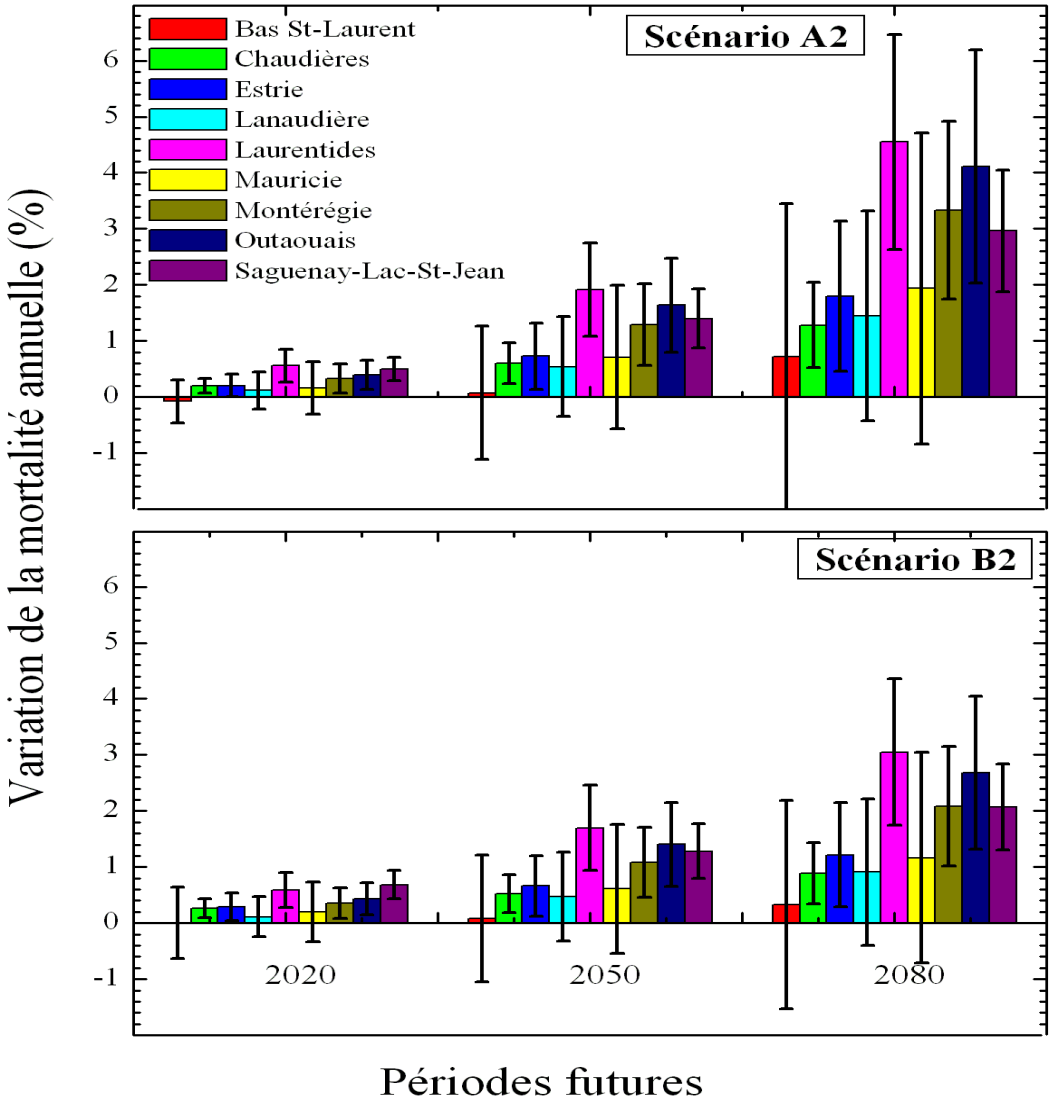
Relation entre T° et mortalité



Un facteur parmi d'autres: îlots de chaleur urbain



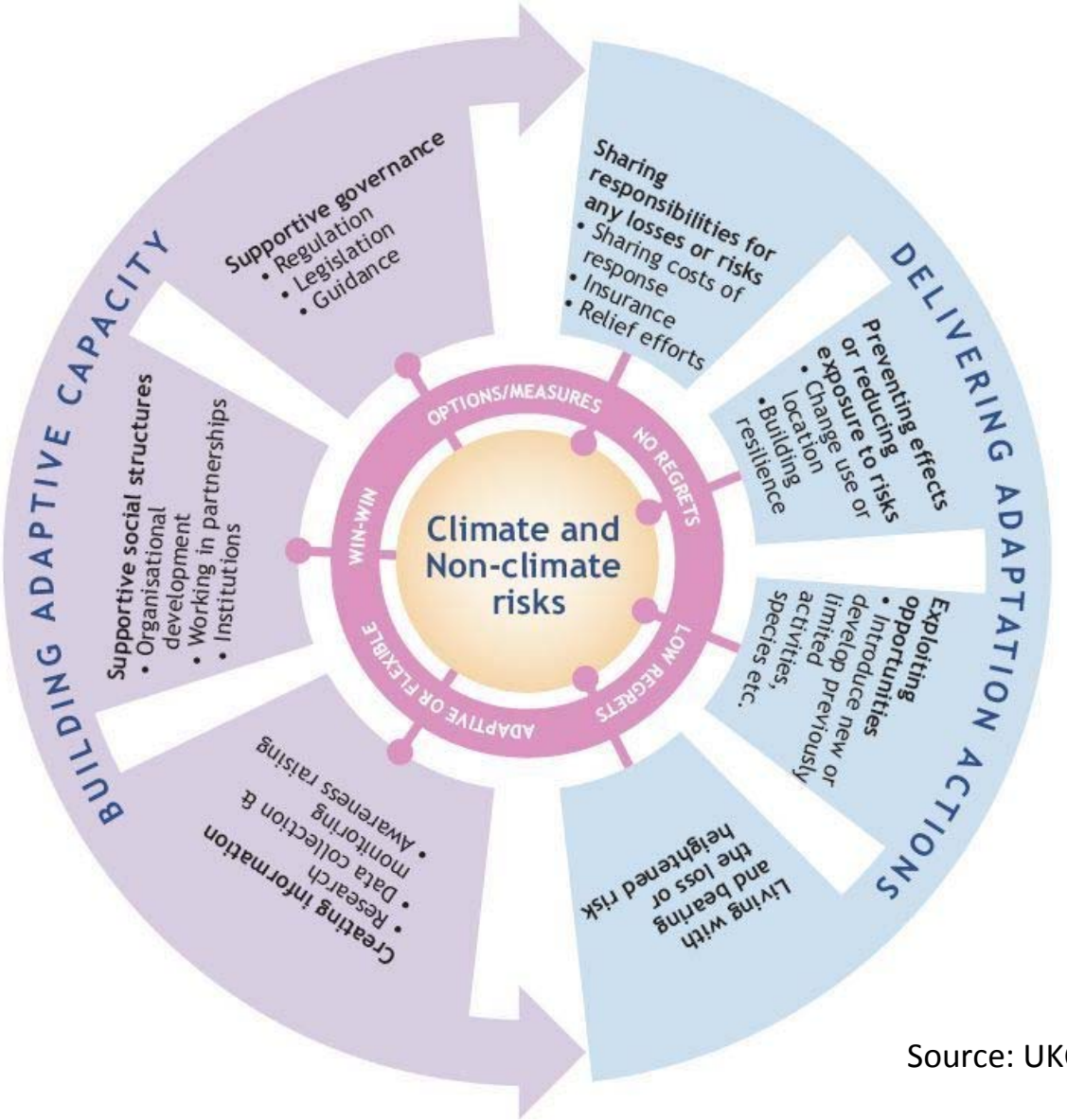
Scenarios de mortalité future en lien avec la chaleur



Doyon et Gosselin, Baudouin

L'adaptation sous toutes ses formes

1. MESURES POUR BÂTIR LA CAPACITÉ D'ADAPTATION



2. MESURES MENANT À DES ACTIONS D'ADAPTATION

Source: UKCIP

Les CC: se préparer ou subir?

1) Le climat change aux niveaux planétaires, nationales et régionales.
2) Les moyennes, la variabilité et les extrêmes sont/seront affectés.
3) Les impacts commencent à se faire sentir à différentes échelles.

4) La réduction des GES vise à limiter l'ampleur des changements.
5) L'adaptation aux changements inévitables minimise les impacts.

6) Il faut savoir à quoi s'adapter, sans toutefois attendre la certitude.
7) L'adaptation aux CC passera par des solutions interdisciplinaires et une plus grande collaboration entre la science et les différents acteurs de l'adaptation.
8) L'adaptation peut être un levier additionnel pour faire la promotion de pratiques plus durables.