

Impacts potentiels des changements climatiques sur les évènements hydrologiques extrêmes : sévérité des étiages et risques de crues

Auteur : Jean-François Cyr, M.Sc., ingénieur, responsable des projets de gestion intégrée
Centre d'expertise hydrique du Québec et coordonnateur adjoint du programme « Ressources hydriques », Ouranos, Québec

RÉSUMÉ

Le dernier rapport de synthèse du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC, 2007) décrit, pour le siècle prochain, les perturbations anticipées du climat à l'échelle de la planète. Ces travaux représentent l'état à cette date des connaissances scientifiques en matière de science du climat. Les plus récents travaux du consortium Ouranos (2010) indiquent qu'une hausse généralisée des températures et des précipitations induira des répercussions sur la distribution des ressources en eau sur le territoire québécois à l'horizon 2050. Les différentes projections hydroclimatiques effectuées pour le territoire de l'Amérique du Nord permettent notamment d'entrevoir la tendance qui se dessine quant aux impacts potentiels des changements climatiques sur les évènements hydrologiques extrêmes, soit, pour ce qui est de la partie méridionale du Québec, des crues printanières hâtives et réduites, des étiages plus sévères ainsi que des changements dans l'intensité et la fréquence des crues estivales et automnales (Ouranos, 2010).

Outre ces grandes tendances, il est nécessaire, pour le bénéfice d'un grand nombre d'usagers impliqués dans le domaine de la gestion de l'eau et de son adaptation, de formaliser davantage la quantification de cette tendance en la traduisant au travers d'indicateurs hydrologiques spécifiques fréquemment utilisés dans ce domaine. En ce sens, et conformément aux éléments de sa mission de gestionnaire du régime hydrique du Québec, le Centre d'expertise hydrique du Québec (CEHQ) s'est fixé comme objectif d'estimer et d'utiliser l'état des connaissances afin d'évaluer l'impact des changements climatiques sur le régime hydrique québécois afin de favoriser la conception et le développement de stratégies d'adaptation dans le domaine de la gestion des ressources en eau. À cette fin, le CEHQ a adopté, dans le cadre de la mesure 25a du plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec, une approche fondée sur la modélisation hydroclimatique afin de conduire ces analyses.

Des simulations hydrologiques ont donc été effectuées à l'aide du modèle hydrologique Hydrotel, alimenté à partir de différentes projections climatiques issues du Modèle régional canadien du climat (MRCC), lui-même piloté par différents membres du Modèle global canadien du climat (MCCG3). Le modèle hydrologique a d'abord été mis en place, puis calé sur une grande portion du bassin versant du fleuve Saint-Laurent localisée principalement au Québec, représentant une superficie de 390 000 km², ce que l'on appelle la plateforme de modélisation hydrologique. Pour ce faire, une méthode novatrice de calage dit « global » a été développée, appliquée puis évaluée.

La production des simulations hydroclimatiques a ensuite permis l'évaluation de différents indicateurs hydrologiques utilisés sur une base opérationnelle par les acteurs de l'eau. L'analyse de la dérive climatique potentielle de ces indicateurs hydrologiques sur l'horizon 2040-2070 a permis de dresser un portait préliminaire de l'impact des changements climatiques sur le régime hydrique québécois. Parmi les signaux les plus clairs obtenus à ce jour, il faut mentionner l'augmentation de l'ordre de 10 à 20 % de la quantité d'eau transitant par les bassins versants simulés. Les débits d'étiage estivaux (Q2-7, évalués de juin à novembre) présentent une très forte baisse, jusqu'à 70 %, au sud du territoire étudié. Cette réduction serait cependant plus modérée au nord, soit de l'ordre de 10 à 20 %. Les indicateurs de crues présentent des dérives beaucoup plus variables, donc plus difficilement interprétables. La tendance semble cependant indiquer une augmentation d'environ 10 à 15 % des crues de récurrence deux ans. L'analyse du comportement des hydrogrammes interannuels laisse effectivement présager un devancement de la crue printanière ainsi qu'une augmentation des débits moyens en hiver (de novembre à mars), cela aux dépens des débits normalement observés en été (de juin à septembre). Plusieurs sources d'incertitudes sont évidemment liées à ce processus de calcul, en commençant, du début de la chaîne, par l'incertitude intrinsèque au système climatique naturel lui-même, jusqu'aux incertitudes qui sont liées, en bout de course, au modèle hydrologique et à son calage à l'aide des observations disponibles, en passant par celles se rattachant aux diverses étapes de traitement des données issues des projections climatiques destinées à alimenter les simulations hydrologiques. C'est pourquoi, dans un souci de fournir le meilleur éclairage possible aux usagers, la présentation des diverses projections s'accompagne d'une appréciation systématique des incertitudes associées.

Finalement, mentionnons que l'ensemble des résultats obtenus de ce projet sera présenté sous la forme d'un atlas permettant de visualiser la distribution spatiale des diverses tendances estimées pour chacun des indicateurs hydrologiques concernés. La production de cet atlas en est à ses débuts. L'outil sera amélioré au cours de l'année 2012, en même temps que seront parallèlement poursuivies certaines activités visant à harmoniser et valider les processus de simulation et de calage, pour en arriver à une version finale en mars 2013.

Impacts potentiels des changements climatiques sur les événements hydrologiques extrêmes

Sévérité des étiages et risques de crues

Présenté au



Drummondville
7 mars 2012

Par Jean-François Cyr, ing. M.Sc.



Plan de la présentation

- Tendances historiques
- Adaptation aux CC – Le volet des impacts
- Plateforme CEHQ - Méthodologie
 - - Résultats
 - - Travaux futurs

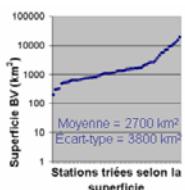


Tendances historiques

Observations récentes des débits au Québec

20 années récentes (1992-2011) vs 20 années antérieures (1972-1991)

Indicateur (I)	Période	Variation de P1 (1972-1991) à P2 (1992-2011)*	Signification statistique à 1%
Maximum journalier de crue	Été et automne	+ 14% ¹	oui
Maximum journalier de crue	Printemps	- 8 % ¹	oui
Variation journalière du débit	Printemps, été et automne	+ 24% ¹	oui
Étiage consécutif de 7 jours	Été et automne	- 10 % ¹	oui
Durée des étiages les plus sévères	Été et automne	+ 3.5 jours ²	oui
Nombre de jours en étiage	Été et automne	+ 4.4 jours ²	oui
Volume total	Printemps	- 6% ¹	oui
Volume total	Été et automne	+ 1% ¹	non



Source : Larouche, Turcotte et Cyr (2008), CEHQ
Mise à jour : Lachance-Cloutier (2012), CEHQ

$$1: \frac{I_{P2} - I_{P1}}{I_{P1}} \quad 2: |I_{P2} - I_{P1}|$$

Centre d'expertise
hydrique
Québec

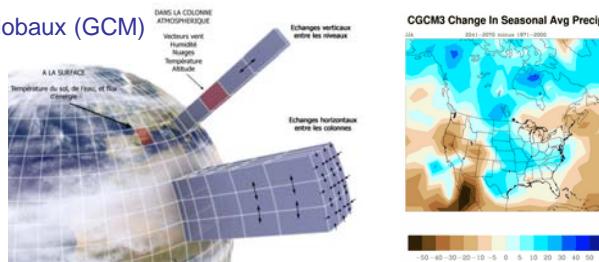
Plan de la présentation

- Tendances historiques
- Adaptation aux CC – Le volet des impacts
- Plateforme CEHQ - Méthodologie
- - Résultats
- - Travaux futurs

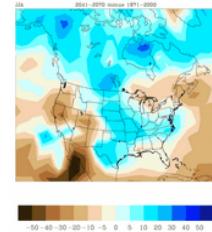
Adaptation aux CC – Le volet des impacts

Modèles du climat:

Modèles globaux (GCM)

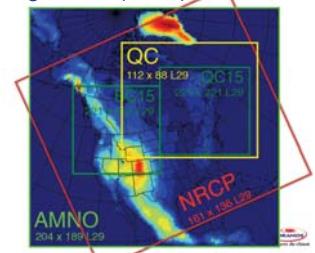


GCM3 Change In Seasonal Avg Precip

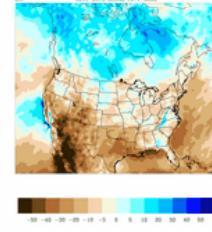


Source : www.narccap.ucar.edu

Modèles régionaux (RCM)



RCM4+cgcm3 Change In Seasonal Avg Precip



Centre d'expertise
hydrique
Québec

Adaptation aux CC – Le volet des impacts

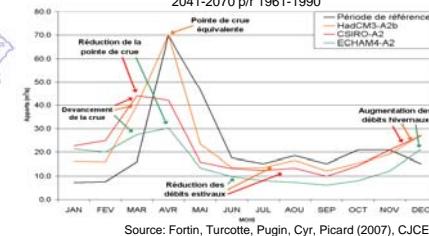
Impacts hydrologiques globaux pour le Québec

- Volumes annuels modifiés
 - Augmentation au Nord**
 - Sud plus incertain**
- Écoulements plus soutenus l'hiver
- Crues de printemps devancées
- Plus grande variabilité journalière des débits
 - Étiages estivaux plus sévères**
 - Crues modifiées**



Impacts sur les débits mensuels

Apports moyens sur 30 ans au lac Saint-François
2041-2070 p/r 1961-1990



Source: Fortin, Turcotte, Pugin, Cyr, Picard (2007), CJCE

Centre d'expertise
hydrique
Québec

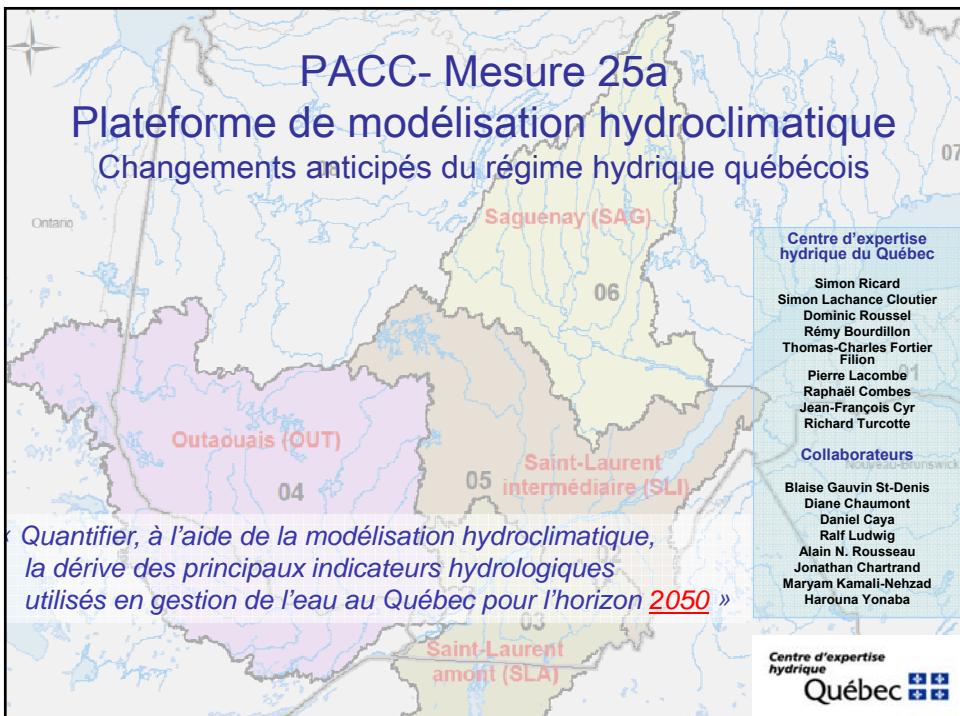


Plan de la présentation

- Tendances historiques
- Adaptation aux CC – Le volet des impacts
 - Plateforme CEHQ - Méthodologie
 - - Résultats
 - - Travaux futurs

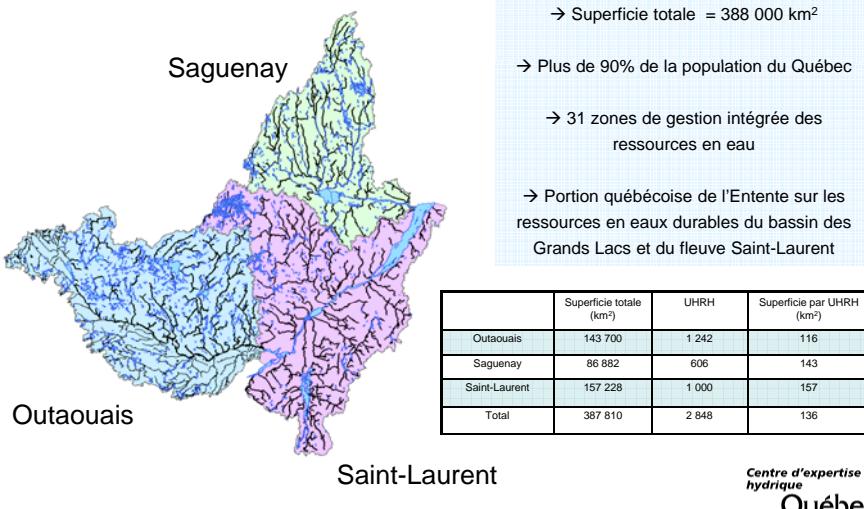


Centre d'expertise
hydrologique
Québec

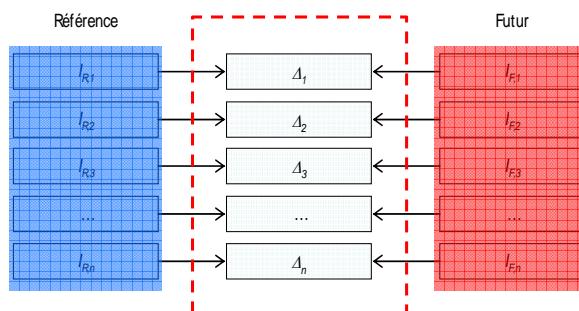


Méthodologie

Plateforme de modélisation hydrologique

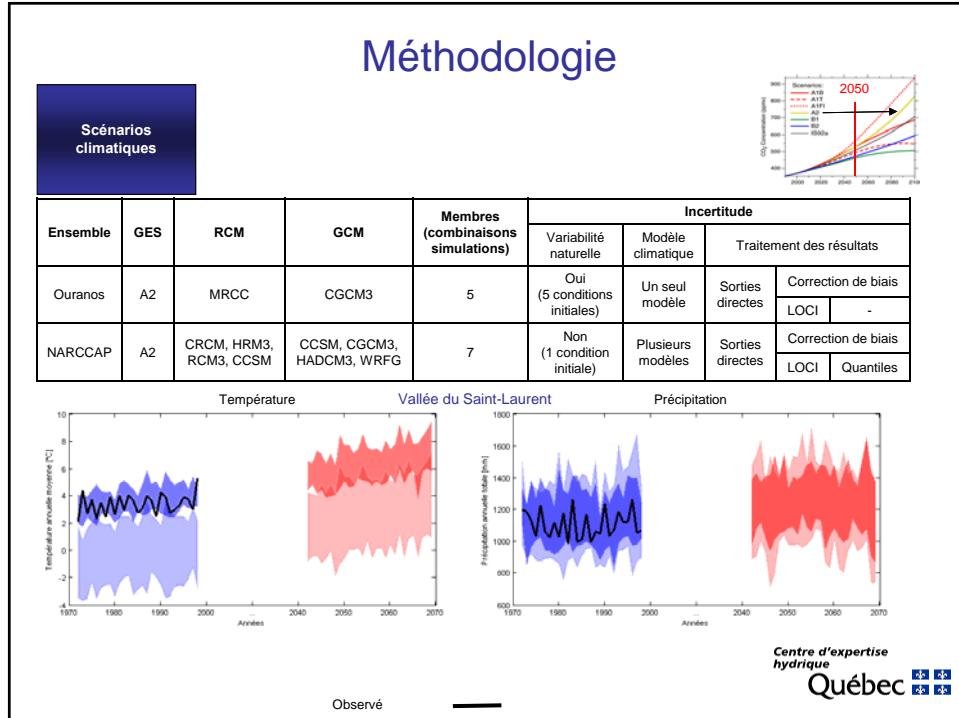
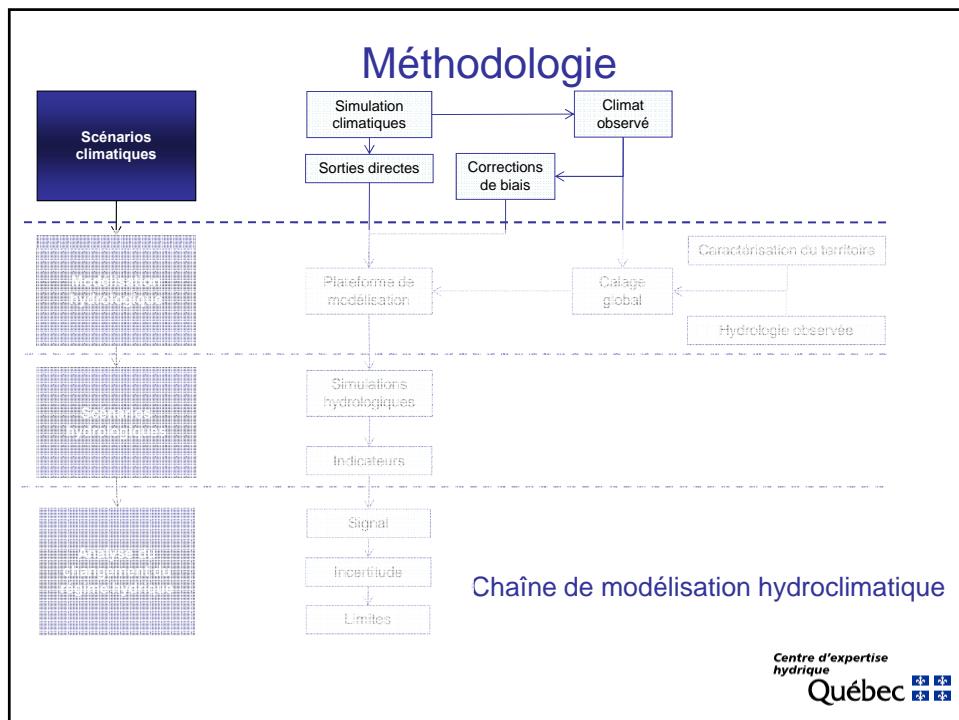


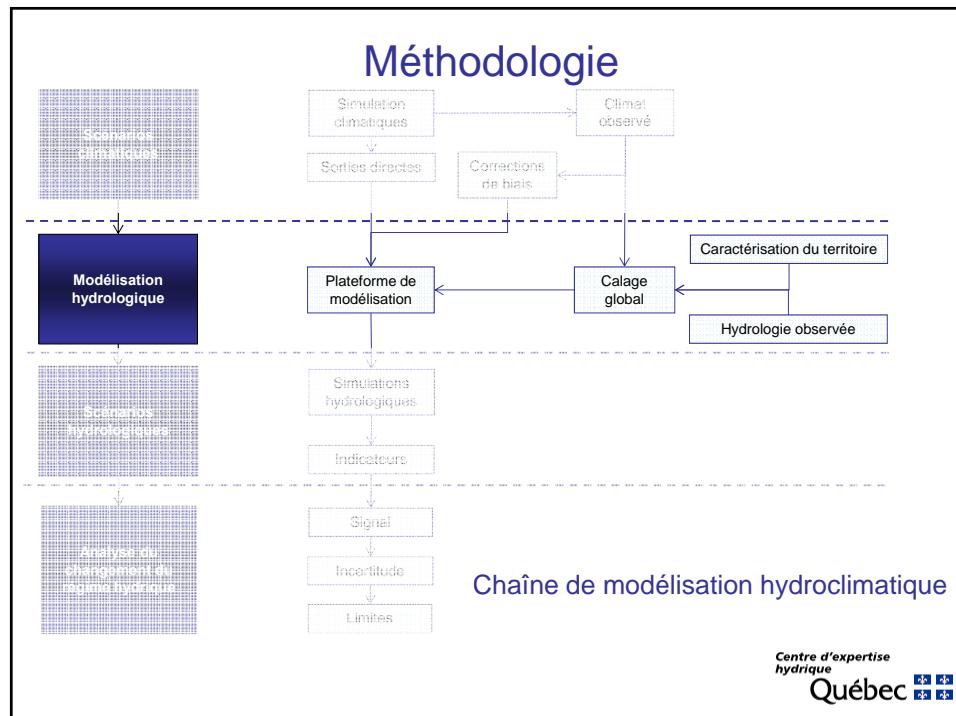
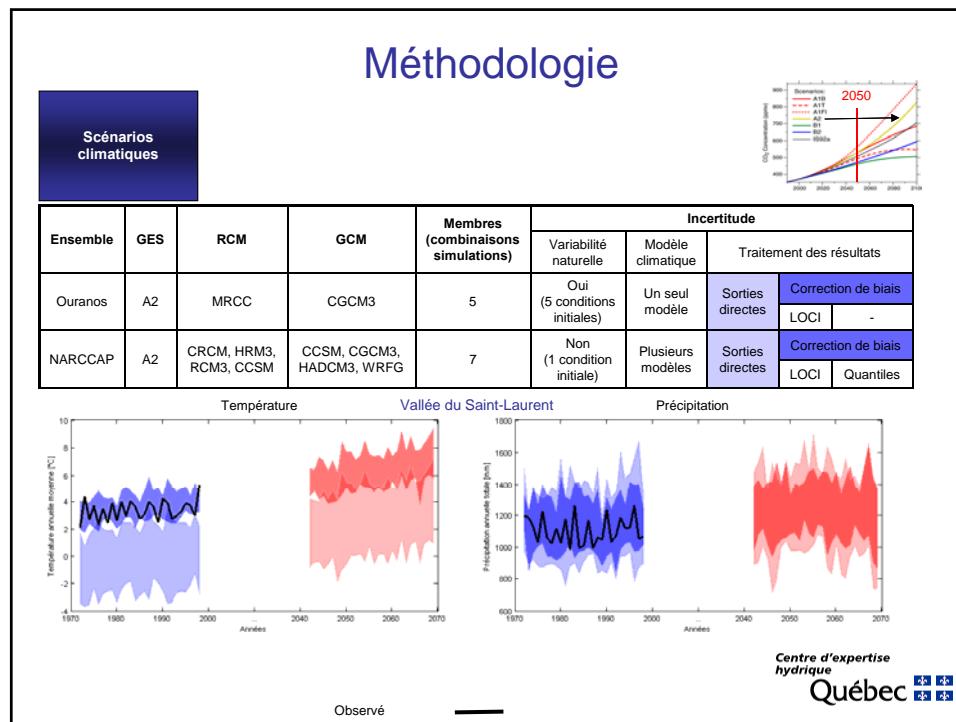
Méthodologie



Objectif: évaluer la dérive climatique
Le signal
Pour l'horizon 2050

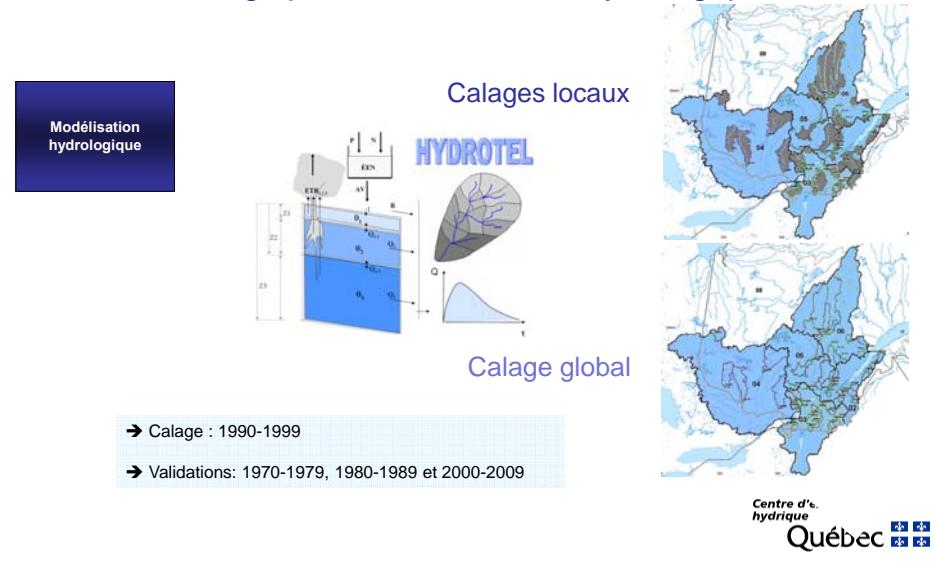
*Centre d'expertise
hydrique
Québec*





Méthodologie

Calage préalable du modèle hydrologique

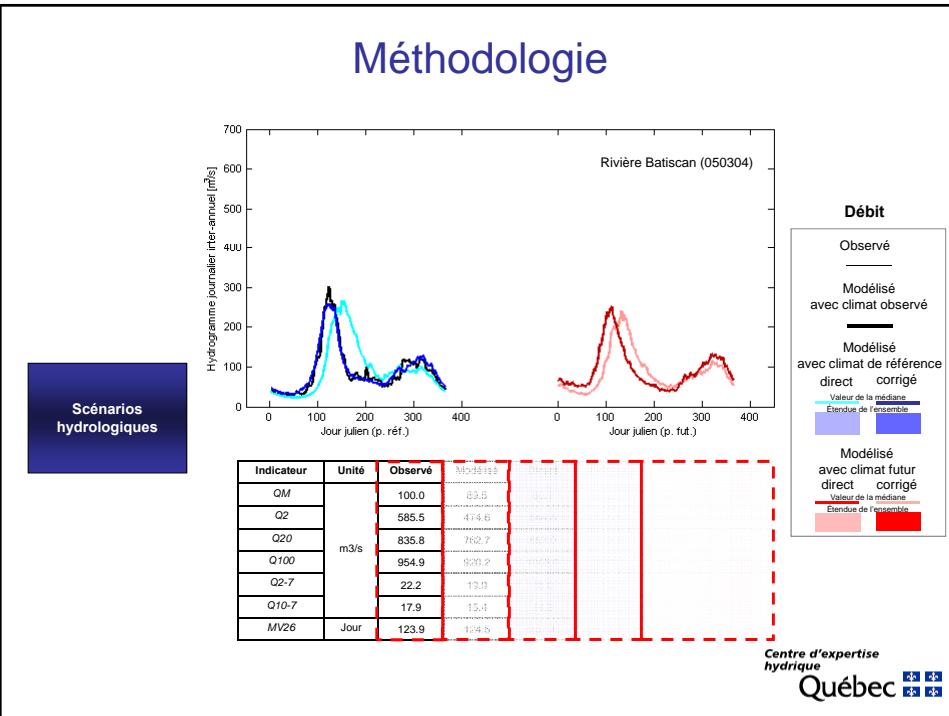
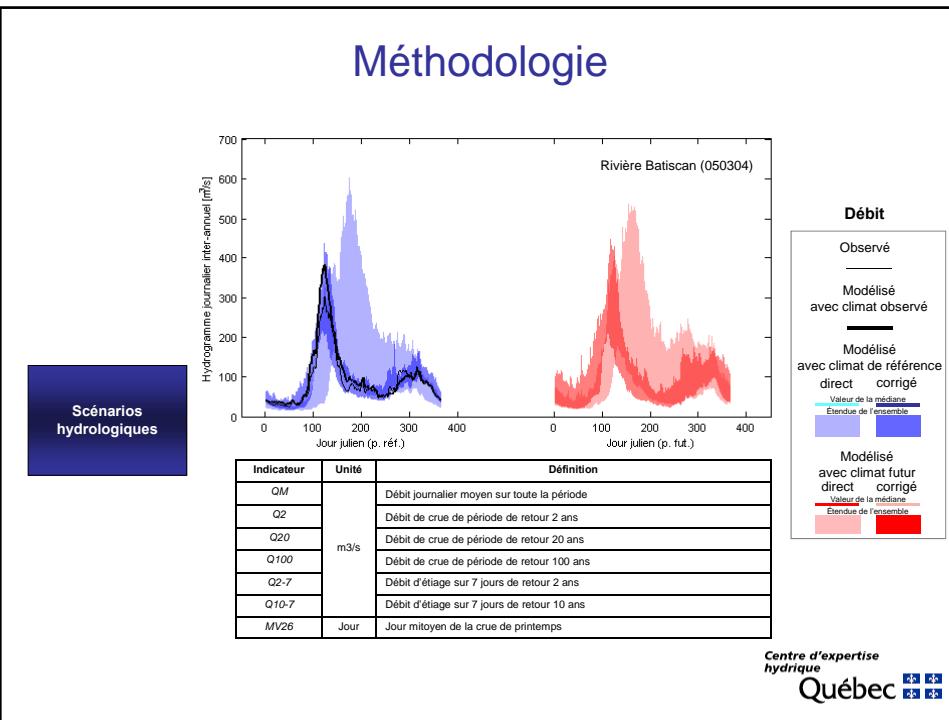


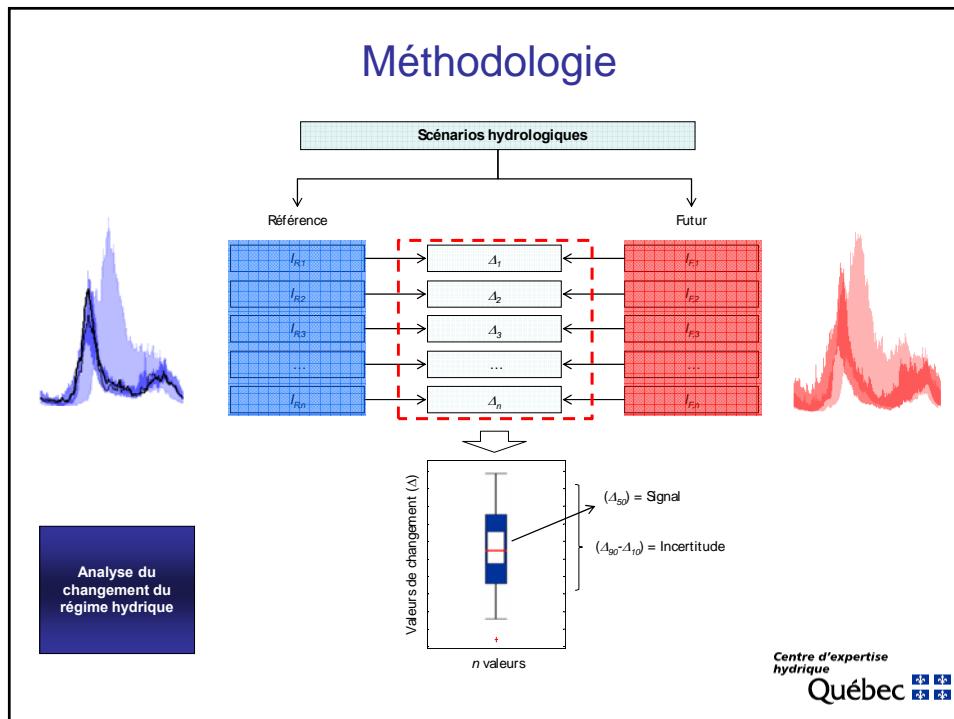
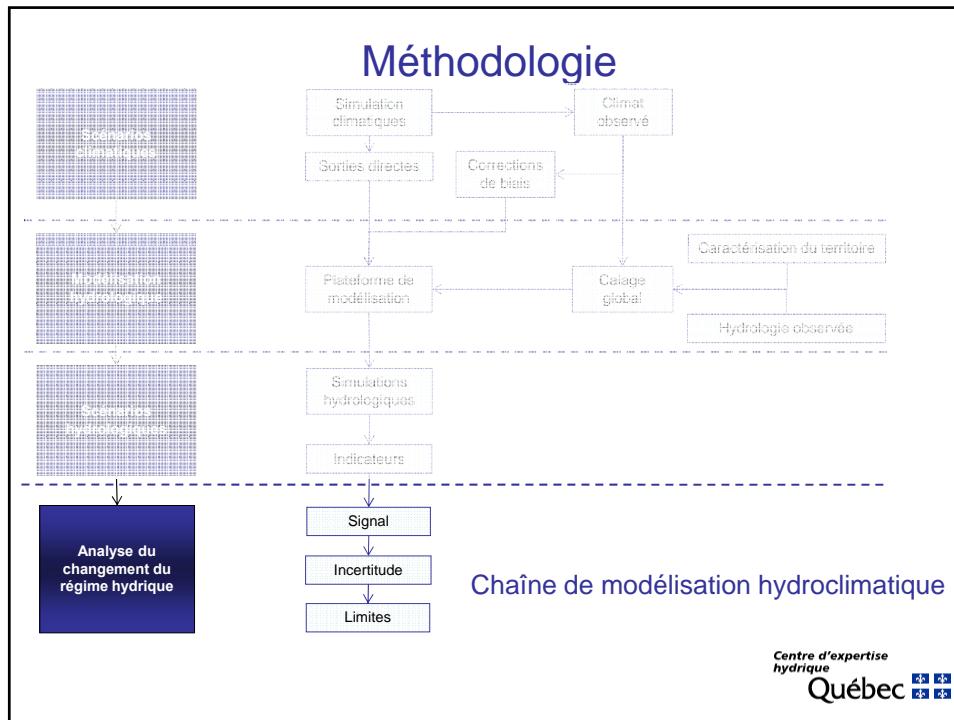
Méthodologie

Chaîne de modélisation hydroclimatique

Centre d'expertise
hydrique
Québec

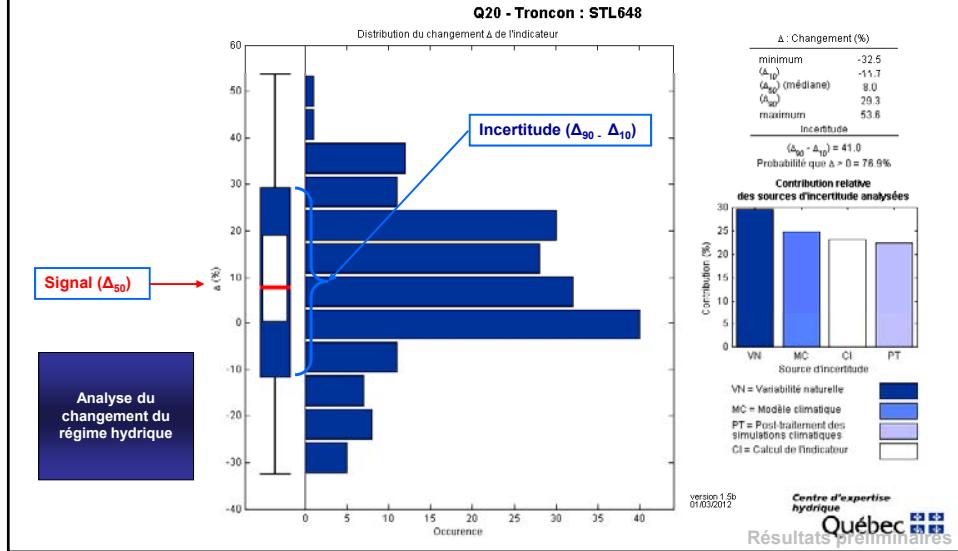
Méthodologie





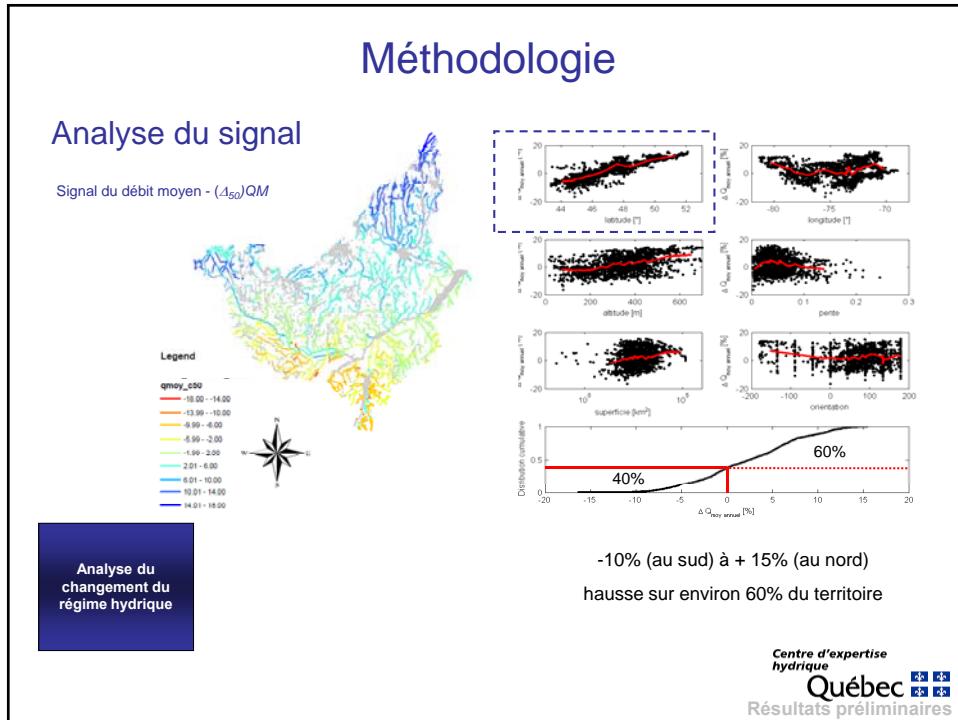
Méthodologie

Analyse par tronçon de l'incertitude liée à l'évaluation du signal de changement



Méthodologie

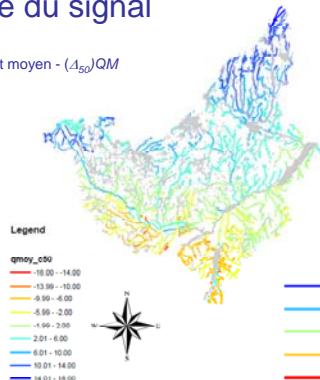
Analyse du signal



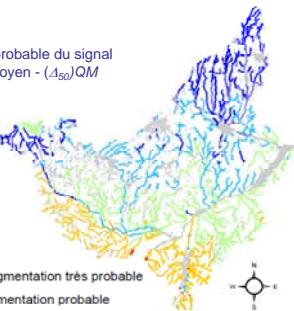
Méthodologie

Analyse du signal

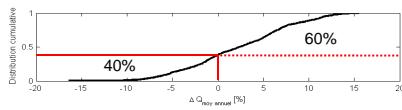
Signal du débit moyen - $(A_{50})QM$



Direction probable du signal du débit moyen - $(A_{50})QM$



Analyse du changement du régime hydrique

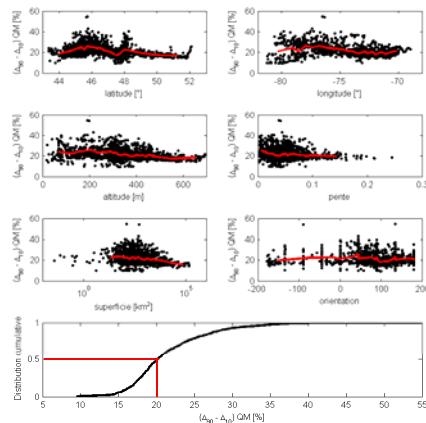


Centre d'expertise
hydraulique
Québec
Résultats préliminaires

Méthodologie

Analyse de l'incertitude

Incertitude relative au débit moyen
 $(A_{90}-A_{10})QM$



Incertitude d'environ 20%

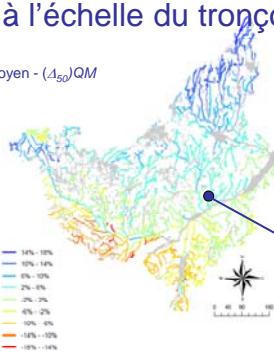
Analyse du changement du régime hydrique

Centre d'expertise
hydraulique
Québec
Résultats préliminaires

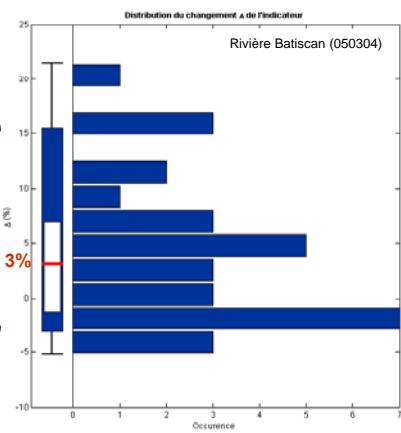
Méthodologie

Analyse à l'échelle du tronçon

Signal du débit moyen - (A_{50})QM



Analysé du
changeement du
régime hydrique



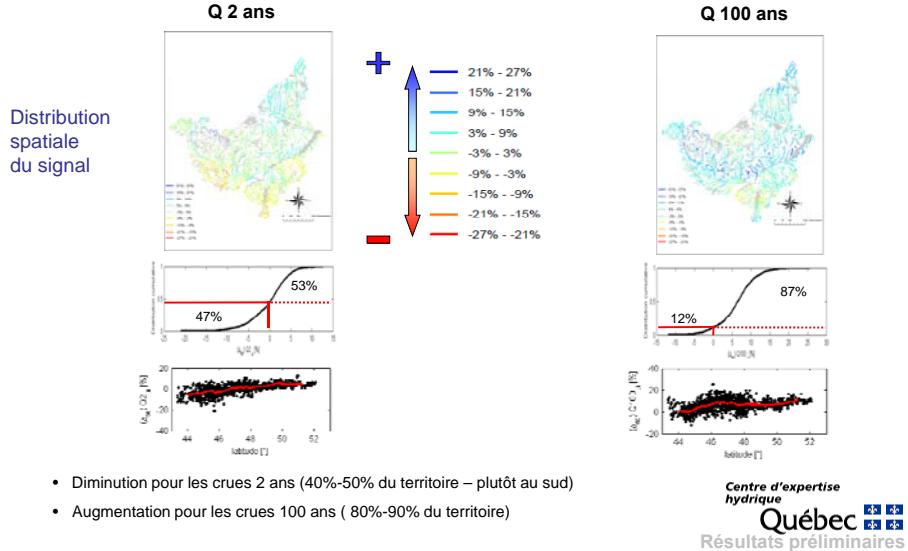
Centre d'expertise
hydrique
Québec Résultats préliminaires

Plan de la présentation

- Tendances historiques
- Adaptation aux CC – Le volet des impacts
- Plateforme CEHQ - Méthodologie
 - - Résultats
 - - Travaux futurs

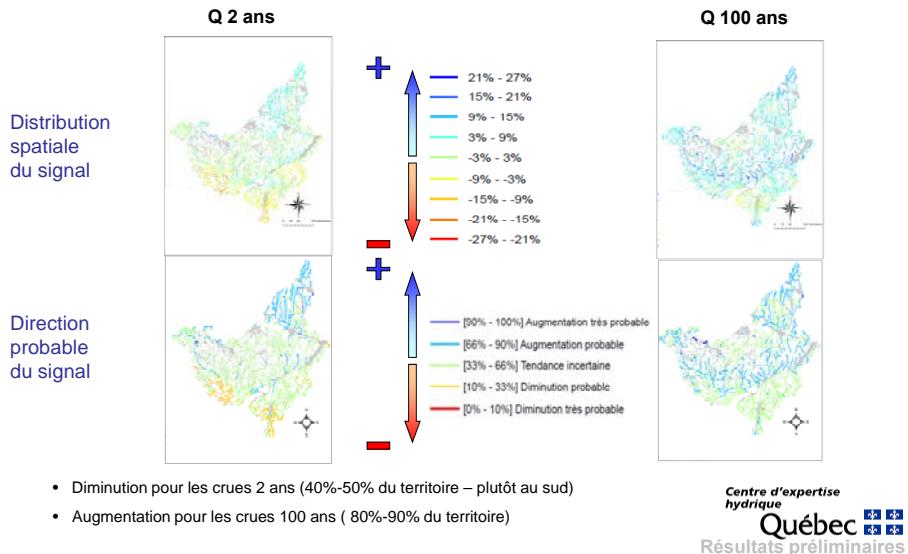
Résultats

Changements dans la crue printanière à l'horizon 2050



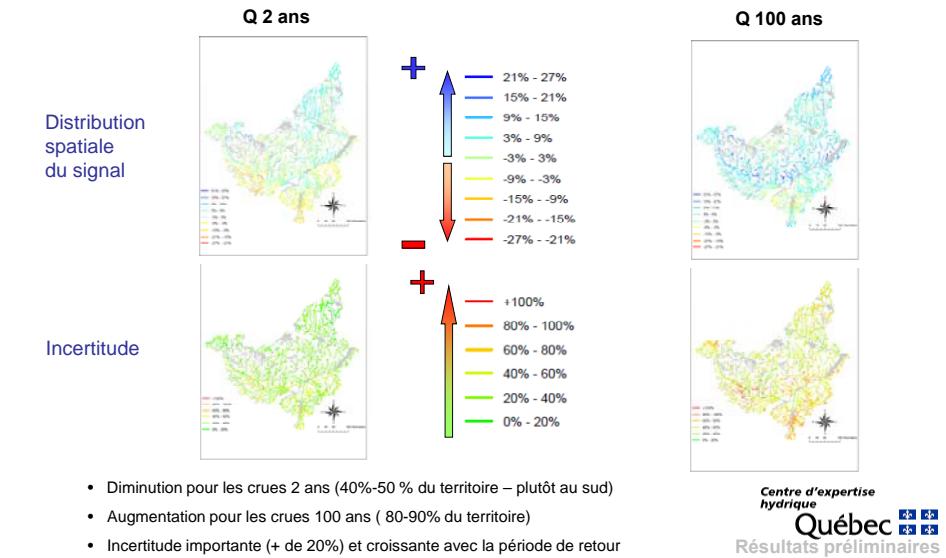
Résultats

Changements dans la crue printanière à l'horizon 2050



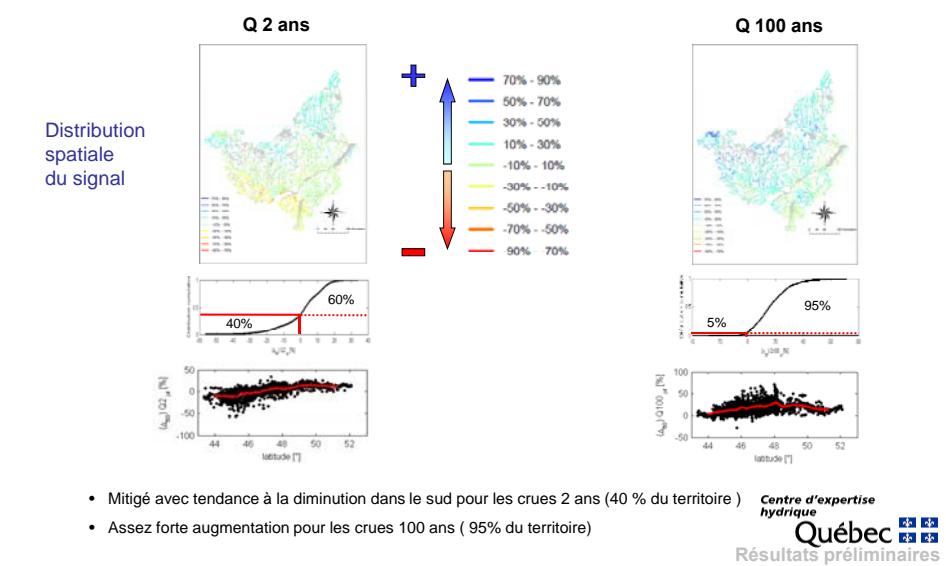
Résultats

Changements dans la crue printanière à l'horizon 2050



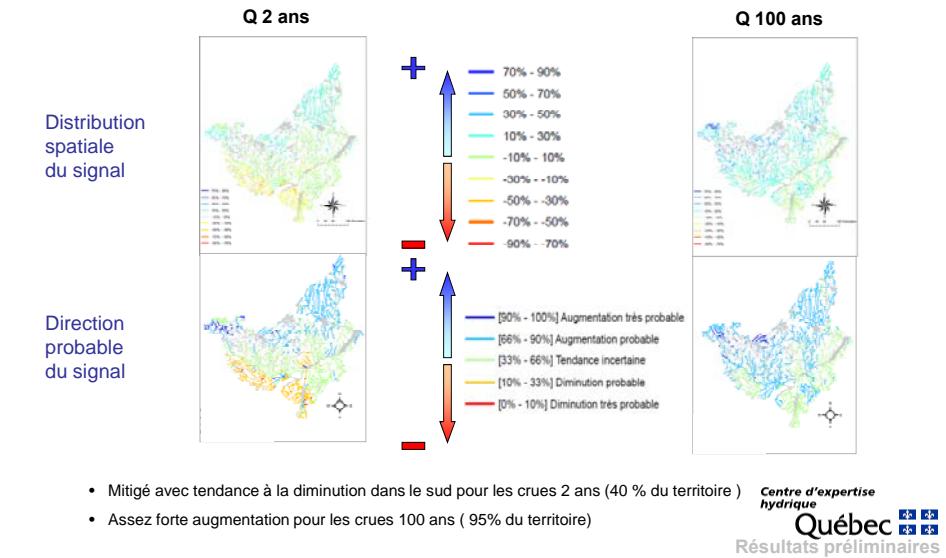
Résultats

Changements dans la crue estivale à l'horizon 2050



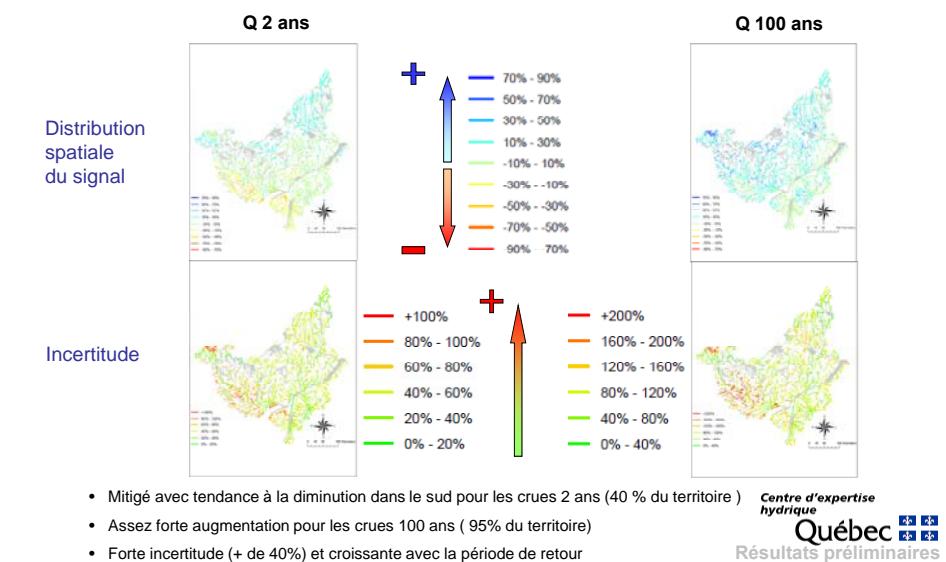
Résultats

Changements dans la crue estivale à l'horizon 2050



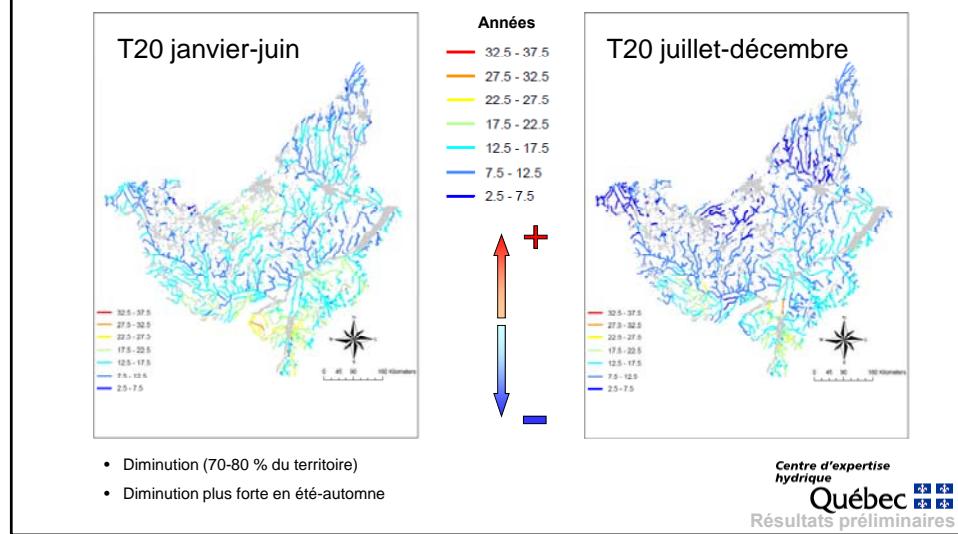
Résultats

Changements dans la crue estivale à l'horizon 2050



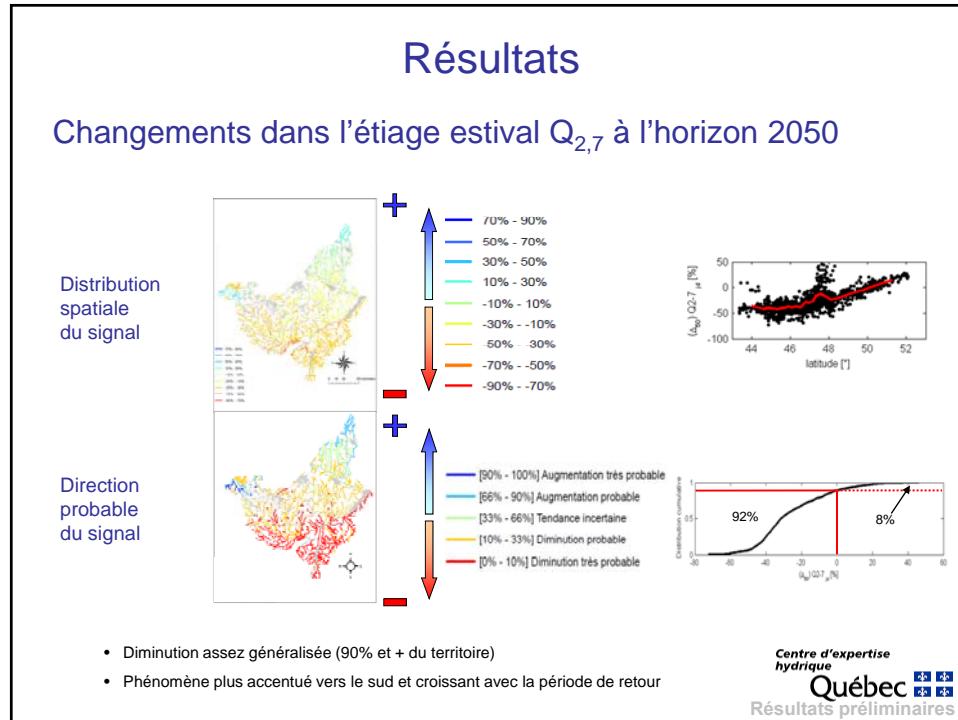
Résultats

Changements dans la récurrence des crues à l'horizon 2050



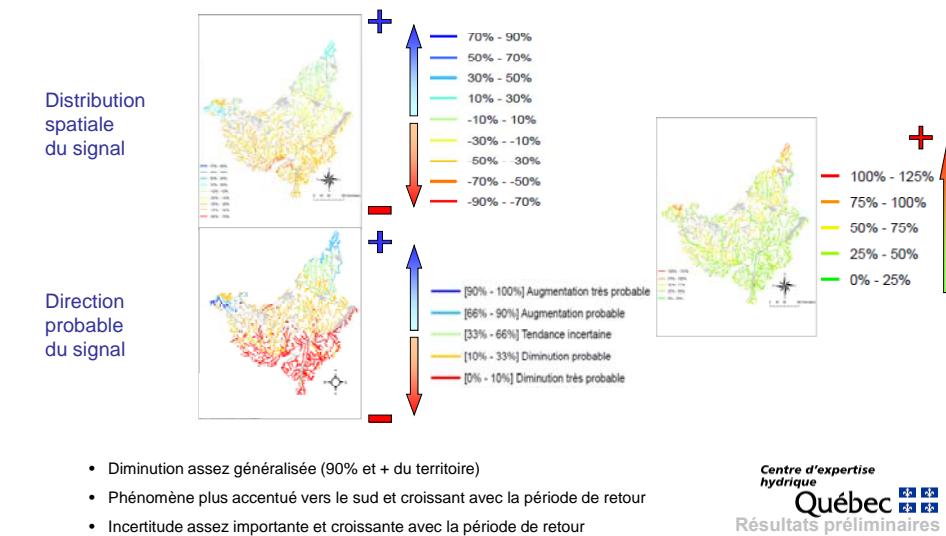
Résultats

Changements dans l'étiage estival Q_{2,7} à l'horizon 2050



Résultats

Changements dans l'étiage estival Q_{2,7} à l'horizon 2050



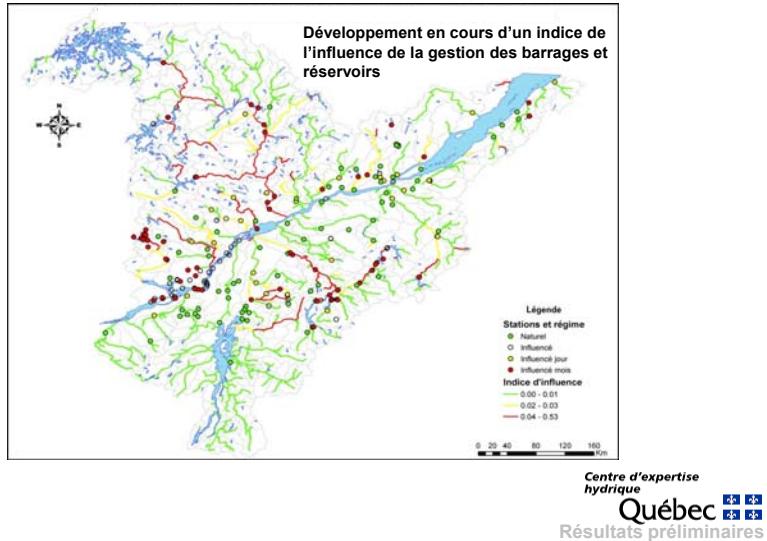
Résultats

Résumé

<p>➤ Débit moyen annuel :</p> <ul style="list-style-type: none"> -10% à + 15% (hausse sur environ 70% du territoire) 	<p>Changements anticipés du régime hydrique</p>
<p>➤ Crues :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Q ➔ Baisse à légère hausse au sud / Forte hausse au nord ➔ Tendance à la hausse plus forte en été-automne ➔ Tendance à la hausse augmente avec période de retour • TR ➔ Diminution pour 70% à 80% du territoire ➔ Phénomène plus accentué pour été-automne 	
<p>➤ Étiage estival :</p> <ul style="list-style-type: none"> Diminution assez généralisée (70% à 90% du territoire) Phénomène plus accentué vers le sud Phénomène croissant avec la période de retour 	
<p>➤ Incertitude :</p> <ul style="list-style-type: none"> Augmente avec la période de retour TR Encore très élevée en regard des projections en crues 	

Résultats

Limites: sans considération actuelle de l'influence de la gestion des barrages et réservoirs



Plan de la présentation

- Tendances historiques
- Adaptation aux CC – Le volet des impacts
- Plateforme CEHQ - Méthodologie
 - - Résultats
 - - Travaux futurs

Travaux futurs

- Ensemble de scénarios climatiques
- Amélioration de la méthode
 - Calage global
 - Méthodes de correction de biais
 - Analyse de l'incertitude
- Indication des tronçons à régime influencé
- Transfert aux usagers et atlas

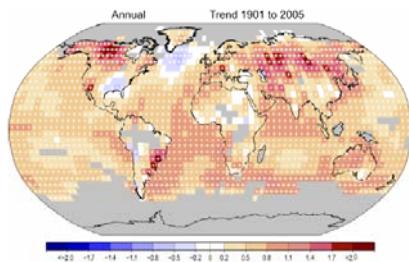
Centre d'expertise
hydrique
Québec 

Tendances historiques

Températures et précipitations mondiales

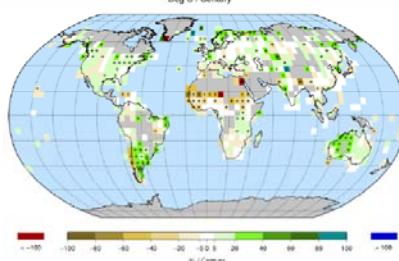
Observations des tendances des températures (GIEC, 2007)

Le climat change: le réchauffement est significatif d'un point de vue statistique (+)



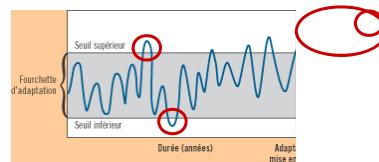
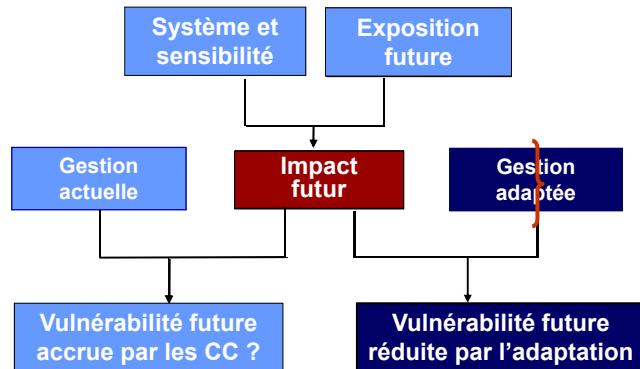
Observation des tendances des précipitations (GIEC, 2007)

Le réchauffement global modifie le cycle de l'eau



Centre d'expertise
hydrique
Québec

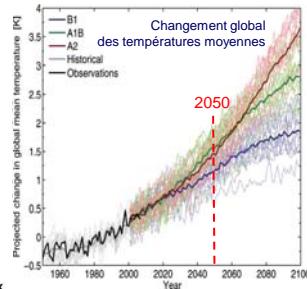
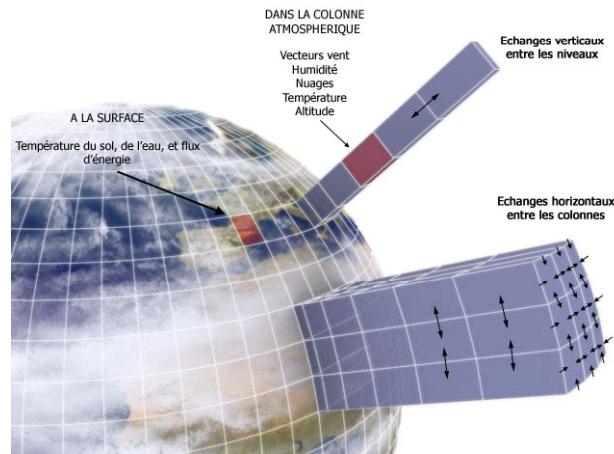
Adaptation aux CC



Centre d'expertise
hydrique
Québec

Adaptation aux CC – Le volet des impacts

Projections climatiques
Scénarios d'émission de GES et Modèles climatiques

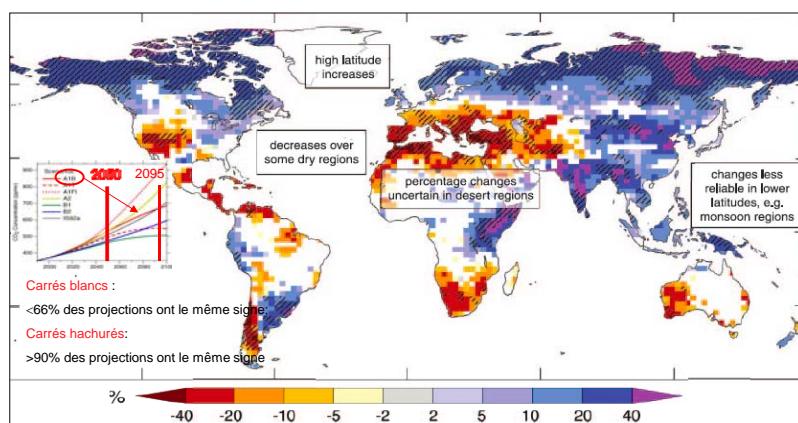


Source : IPCC fourth assessment report 2007

Centre d'expertise
hydrique
Québec

Adaptation aux CC – Le volet des impacts

Changements dans les volumes annuels d'eau



Changements dans les écoulements (scénario A1B) pour la période 2090-2099, par rapport à 1980-1999, selon 12 modèles (source IPCC, 2007).

Centre d'expertise
hydrique
Québec