

Évaluation de la demande en eau urbaine future : une étape indispensable à une gestion durable de l'eau au Québec

Par Marie-Belle Achkar

Webinaire Hebd'Eau, le 23 novembre 2023



Plan de la présentation

- 1. Contexte de la gestion de l'eau
- 2. La demande en eau urbaine
- 3. Contexte Québécois
- 4. Évaluation de la demande en eau future
- 5. Défis
- 6. Conclusion et réflexion

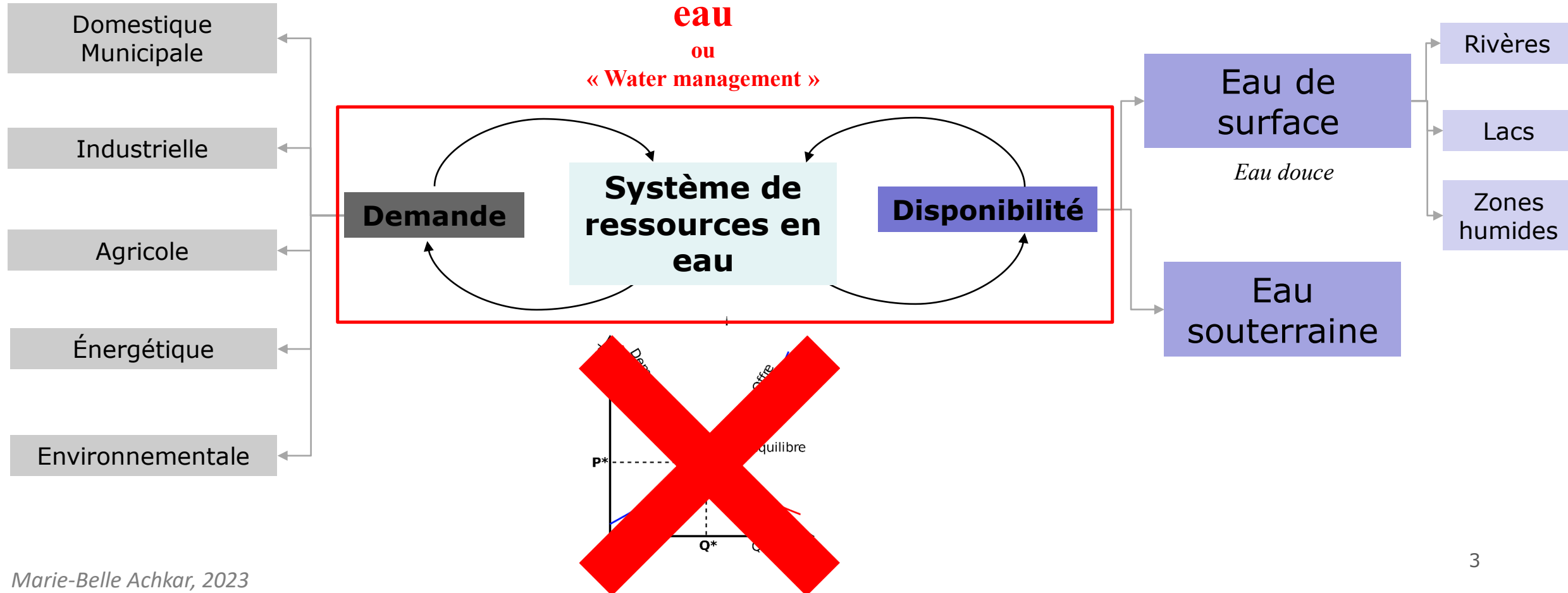
1. Contexte de la gestion de l'eau

Gestion des ressources en

eau

ou

« Water management »



2. La demande en eau urbaine

La demande en eau urbaine, c'est quoi?

Définition d'après (Billings & Jones, 2008)

« Dans le cadre d'un service public d'approvisionnement en eau, c'est le **volume total d'eau pour approvisionner les clients dans un certain laps de temps**. En ce sens, la **demande en eau du réseau et la production totale d'eau** d'un réseau public sont des notions finalement équivalentes. La demande totale en eau du système comprend un volume ou une composante inévitable des **pertes d'eau** ».

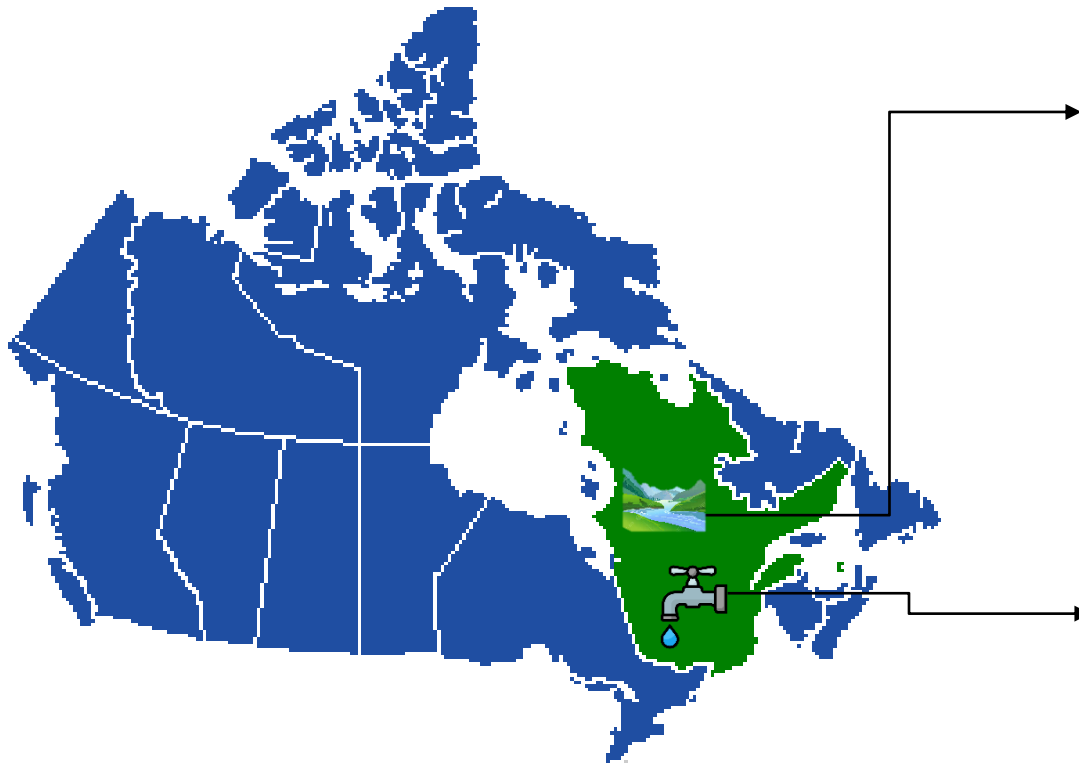
Volume total → Σ Volume de chaque usager
Laps de temps → jour, mois, **année**, etc.

Unité : m^3 / jour ou m^3 / mois ou m^3 / année (Mm^3 / année)

demande en eau du réseau = production totale d'eau

*demande totale = consommation réelle + **pertes dans le réseau***

3. Contexte Québécois



Nos ressources

- 💧 **10 %** du territoire recouvert d'eau douce
- 💧 **3 %** des réserves en eau douce renouvelables de la planète (Gouvernement du Québec, 2023)

Mais aussi ...

Notre consommation

- 💧 **1.5 x** consommation de l'Ontario
- 💧 **2 x** consommation de la France

« une consommation anormalement élevée au Québec, ce qui le situe parmi les sociétés les plus grandes consommatrices d'eau » (SQEEP, 2011)

3. Contexte Québécois

D'après la Stratégie Québécoise d'économie d'eau potable (horizon 2011 – 2017) :

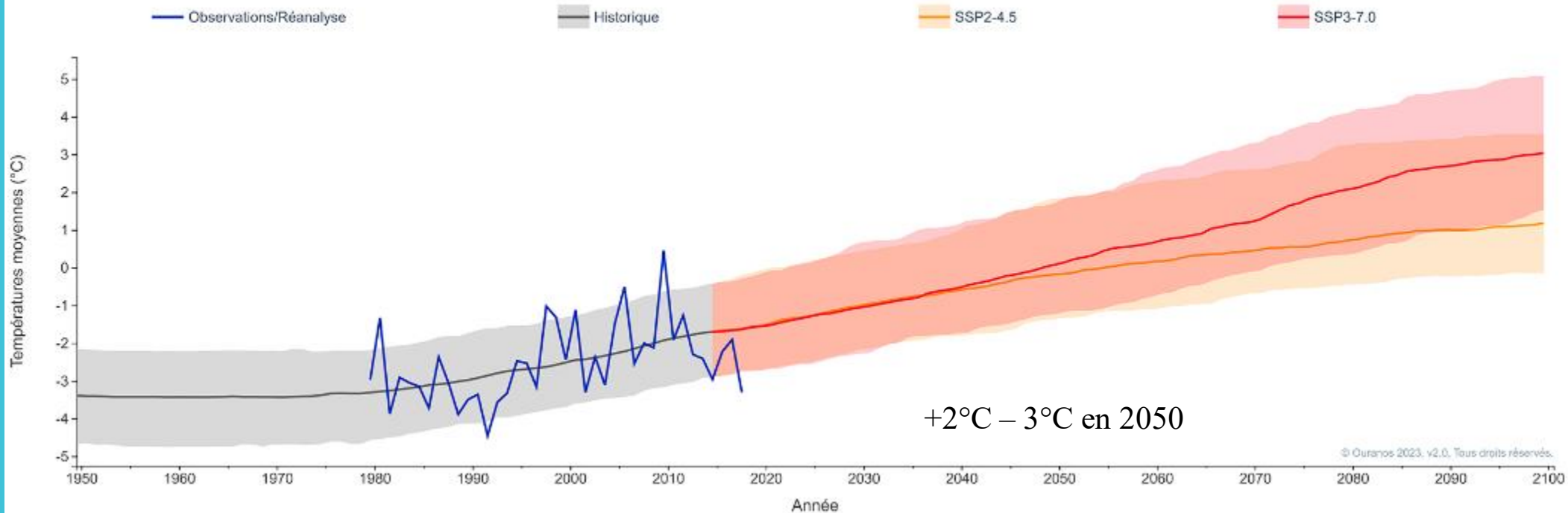
« Les deux principaux facteurs contribuant à cette distribution élevée, estimée à 35 % supérieure à la moyenne canadienne, sont :

- **Les pertes d'eau dues aux fuites dans les réseaux** : une étude réalisée par Environnement Canada en 2006 montre que le Québec est la province ayant **le taux moyen de fuite dans les réseaux le plus élevé**;
- **La surconsommation** : l'utilisation abusive de la ressource ».

3. Contexte Québécois

Changement climatique

Projection de la température moyenne annuelle québécoise
→ Tendence croissante pour les deux scénarios d'émissions



Évolution des températures moyennes annuelles sur le Québec de 1950 à 2100. La partie gauche montre le climat récent intégrant des observations, la partie droite montre le climat projeté. Le SSP2-4.5 est un scénario d'émissions de GES médian, le SSP3-7.0 est un scénario élevé (tiré des Portraits climatiques d'Ouranos basés sur CMIP6)

Schéma inspiré du *Rapport sur les Perspectives régionales* rédigé principalement par des experts d'Ouranos (2022)

Changements climatiques

Étiages plus importants

Impacts sur la qualité et la quantité d'eau

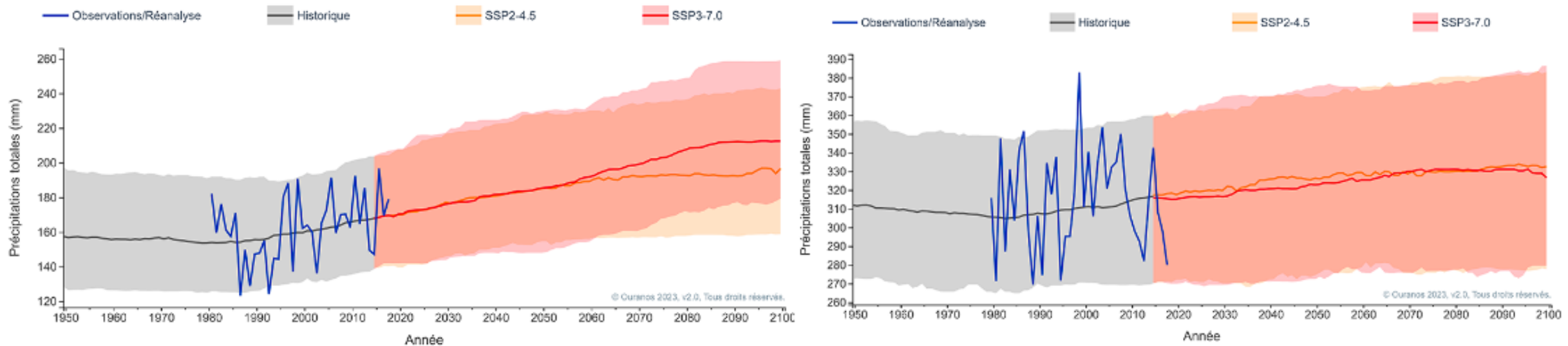
Notamment le fleuve Saint-Laurent

Risque de pénurie d'eau au Québec

3. Contexte Québécois

Changement climatique

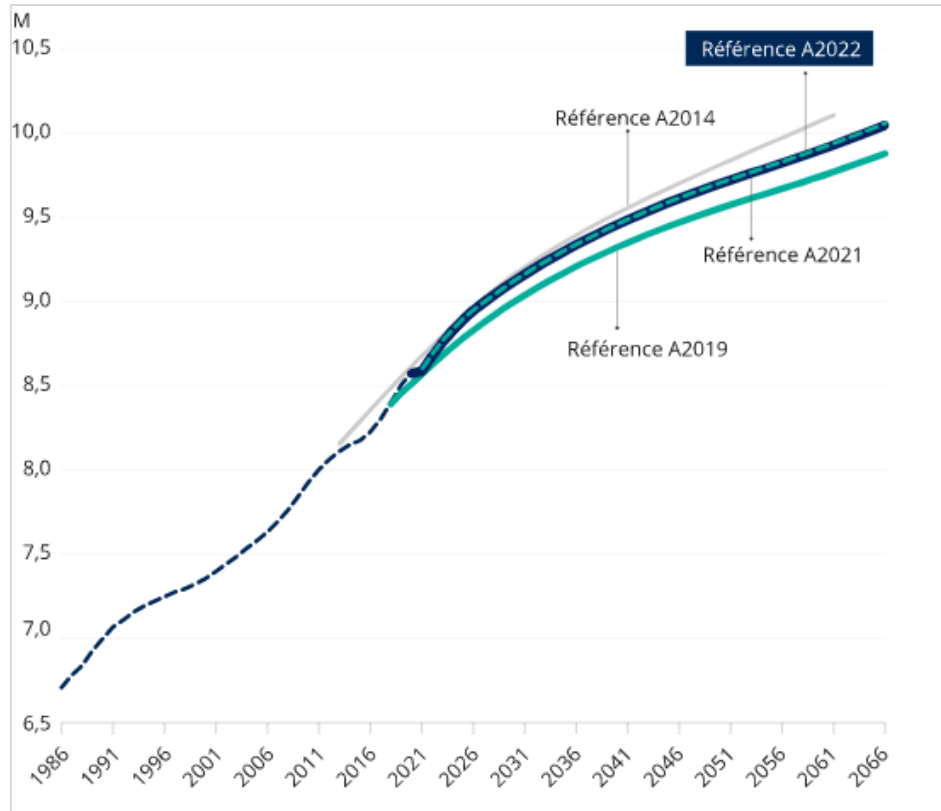
Projection des précipitations totales au Québec en hiver et en été
→ Tendence croissante pour les deux scénarios d'émissions avec une grande marge d'incertitudes



Évolution des précipitations sur l'ensemble du Québec de 1950 à 2100 en hiver (à gauche) et en été (à droite). La partie gauche montre le climat récent intégrant des observations, la partie droite montre le climat projeté. Le SSP2-4.5 est un scénario d'émissions médian, le SSP3-7.0 est un scénario d'émissions élevé (tiré des Portraits climatiques d'Ouranos basés sur CMIP6)

3. Contexte Québécois

Croissance démographique



« la population du Québec passerait de 8,6 millions en 2020 à 9 millions en 2027, et à **plus de 10 millions en 2066** »
(Institut de la statistique du Québec, 2022)

Observations et projections jusqu'à 2066 de la population Québécoise (pour différents modèles de 2014, 2019, 2021 et 2022).

Source : Institut de la statistique du Québec (Juillet 2022)

3. Contexte Québécois

Incitatifs institutionnels pour réduire la consommation d'eau municipale

LA STRATÉGIE QUÉBÉCOISE D'ÉCONOMIE D'EAU POTABLE

HORIZON 2019 - 2025

Objectifs

- Réduction de 20% de la quantité d'eau distribuée par personne par rapport à l'année 2015;
- Atteinte d'un niveau de fuites modéré;
- Augmentation des investissements.

Incitation des municipalités à estimer et mesurer la demande en eau future, notamment résidentielle.

Mesures d'économie d'eau
pour les bâtiments
résidentiels

Sur les systèmes de climatisation sans boucle de recirculation, les urinoirs à réservoir de chasse automatique, l'arrosage, les piscines et les spas, etc.

Sensibilisation des citoyens

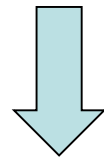
Tarification et/ou taxation de
l'eau

A quel point l'application de cette stratégie influencera-t-elle la demande en eau urbaine future?

4. Projection de la demande en eau future

Pourquoi ?

- Évaluer les impacts du changement climatique sur la demande ;
- Évaluer le succès des mesures d'économie d'eau potable;
- Estimer le volume à extraire des ressources naturelles et vérifier si l'équilibre est atteignable entre offre et demande.



- Support aux processus de prise de décision;
- Outil important pour la mise en place de plans stratégiques de gestion et de planification à plusieurs niveaux.

4. Projection de la demande en eau future

*La demande en eau urbaine future incarne le **statut pluridisciplinaire** du domaine de gestion de l'eau. En effet, celle-ci peut varier avec le climat, la condition sociale et économique, la saison, le jour de la semaine, etc.*

Pour modéliser la demande en eau urbaine future, il faut commencer par :

1. Choisir la zone d'étude
2. Fixer les objectifs
3. Explorer les données disponibles

Ainsi, après **l'analyse des données** et avec le support de la littérature, on peut :

1. Identifier les variables dépendantes et indépendantes ;
2. Identifier les relations/équations potentielles entre les différentes variables ;
3. Choisir et construire le modèle ;
4. Choisir un pas de temps convenable ;
5. Calibrer le modèle : identification/calcul des paramètres ;
6. Valider le modèle ;
7. Appliquer le modèle pour une période future bien précise ;
8. Effectuer une analyse de sensibilité et de scénarios.

Note 1 : une **revue de littérature** est indispensable pour tout projet de recherche afin d'explorer les **lacunes et limites des travaux antérieurs**, et aider le chercheur à se lancer dans son projet.

Note 2 : la **statistique** est un outil essentiel pour l'analyse des données. En effet, de nombreux **tests** permettent de conclure sur leurs caractéristiques telles que la tendance, la périodicité, les valeurs aberrantes, etc.

4. Projection de la demande en eau future

Prédire ou projeter la demande en eau consiste à **estimer** le volume d'eau consommé dans le **futur** (proche ou loin) afin de répondre aux questions en lien avec les **objectifs des gestionnaires d'eau**.

Échelle de temps	Horizon de prediction/projection	Objectifs
Court-terme (Short-term)	Horaire, journalière, hebdomadaire	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle, exploitation et gestion en temps réel du système d'approvisionnement en eau potable (dans une période de temps spécifique). • Gestion quotidienne des réservoirs urbains.
Moyen-terme (Medium-term)	Mensuelle, par saison	<ul style="list-style-type: none"> • Variabilité de la consommation d'eau • Gestion mensuelle du réservoir du barrage
Long-terme (Long-term)	Annuelle à décennale	<ul style="list-style-type: none"> • Pour les problèmes de décision tels que l'expansion des capacités au niveau de la planification stratégique et sa planification financière. • Gestion des actifs, pour évaluer l'efficacité des mesures de conservation et élaborer des politiques et des stratégies telles que la tarification de l'eau. • Évaluer les impacts du changement climatique.

Tableau inspiré par les travaux de (Pena-Guzman et al., 2016), (Banihabib & Mousavi-Mirkalaei, 2019), (Qi & Chang, 2011) and (Tiwari & Adamowski, 2013)

4. Projection de la demande en eau future

Variables et facteurs clés

Variable dépendante

La revue de littérature a permis d'identifier les facteurs clés influençant la **demande en eau urbaine** :

Facteurs climatiques

Température (maximale, minimale, moyenne)
Précipitations
Humidité de l'air
Couverture nuageuse
Vitesse du vent
Pression atmosphérique
Température du point de rosée
Etc.

Facteurs socio-économiques

Population
Revenu moyen
Emploi
Prix de l'eau
Niveau d'éducation
PIB
Mesures d'économie d'eau
Caractéristiques de l'habitation
Ethnicité
Disponibilité des ressources en eau
Sources alternatives
Etc.

Facteurs calendaires

Jour de la semaine
Jour du mois
Vacances
Jour de l'année julienne
Jour de l'année lunaire
Etc.

Caractéristiques physiques du territoire

4. Projection de la demande en eau future

Méthodes et modèles

On peut distinguer 4 méthodes traditionnelles de modélisation de la demande future :

Méthode	Analyse de régression (simple ou multiple)	Analyse des séries temporelles	Approche de l'intelligence computationnelle	Approches hybrides
Principe	Estimation statistique de la relation entre la demande en eau et les variables indépendantes.	Dissection statistique des diverses tendances contribuant intrinsèquement à l'évolution de la demande au fil du temps.	Purement piloté par les données, entraînement d'un algorithme d'apprentissage pour capturer le comportement d'un processus	Combinaison de divers modèles pour obtenir des avantages synergiques
Horizon de temps	Long-terme (facteur : population) Court-terme (facteurs climatiques : T et P).	Court-terme	Court-terme (surtout) Long-terme	Court-terme (surtout) Long-terme
Notes additionnelles	Inclu aussi les modèles de regression non linéaire	Les composants incluent : les tendances à long-terme, les variations cycliques et à court-terme.	Ex : ANN, fuzzy logic, etc. Mathématiquement favorable pour simuler des systèmes complexes.	Ex : hybrid wavelet-bootstrap-neural network, pattern recognition neural-fuzzy modeling.

4. Projection de la demande en eau future

Méthodes et modèles - Principe

Apprendre du
passé



Comprendre le
futur

Hypothèse

les relations et approches
mathématiques sont
conservées

Mais il ne s'agit pas d'un simple problème mathématique et technique

La demande en eau = nous, notre comportement, notre mode de vie

5. Défis

1

Au niveau des données

- Qualité d'enregistrement et de mesure
- Disponibilité (séries temporelles)
- Caractéristiques statistiques

2

Au niveau des composantes de la demande

- Identification du type et nombre des différents usagers (résidentiels, industriels, commerciaux, etc.)
- Mesure et estimation de la consommation de chacun
- Mesure et estimation des pertes dans le réseau

5. Défis

3 Incertitudes

- Imprévus (ex: pandémie, bris d'aqueducs, interruption du service, etc.)
- Comportement des individus
- Projection des facteurs climatiques et socio-économiques

4 Liens entre résultats mathématiques et événements réels

Données aberrantes, grandes variations journalières, mensuelles ou annuelles, données manquantes, tendances croissante ou décroissante, etc.

6. Conclusion et réflexion

- 💧 La modélisation du cycle hydrologique naturel sans les interventions anthropiques présente une lacune au niveau de la représentation de la réalité;
- 💧 Les modèles analysant les ressources en eau sont nombreux dans la littérature, alors que ceux traitant la demande sont moins récurrents → importance d'avoir les deux pour une bonne gestion de la ressource au niveau urbain ou du bassin versant;
- 💧 La demande en eau urbaine future présente beaucoup d'incertitudes rendant sa modélisation complexe;
- 💧 Jusqu'à présent, il n'existe pas un modèle général permettant de prédire/projeter la demande dans n'importe quel contexte spatio-temporel → chaque cas d'étude implique un modèle unique;
- 💧 L'étude d'impacts du changement climatique sur la demande est indispensable pour l'adaptation à ceux-ci et la construction d'une résilience dans les systèmes de distributions actuels et futurs.

MERCI DE VOTRE ATTENTION!

QUESTION?