

Les effets du climat sur la qualité de l'eau potable : données et estimations

Ianis Delpla; Manuel J. Rodriguez

*École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional
(ÉSAD)*

*Chaire de recherche CRSNG en gestion et surveillance de la qualité de l'eau
potable*

Université Laval

Colloque INFRA, Montréal, Canada, 03 décembre 2019

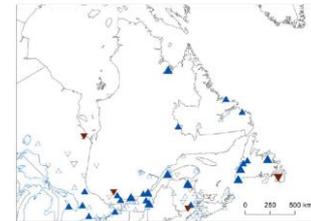
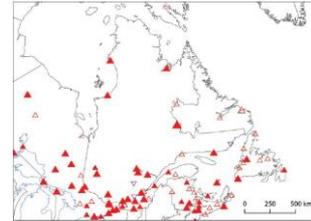


Chaire de recherche en eau potable
de l'Université Laval



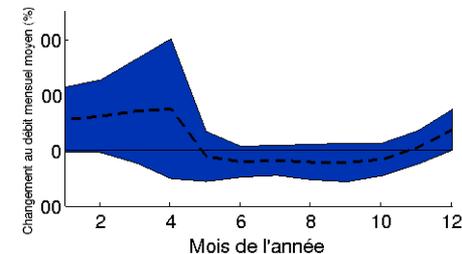
Changement climatiques : tendances passées et futures

- Tendances passées au Québec ^[1]:
 - ↗ T° air (+1-3°C) entre 1950 et 2011
 - ↘ prec. neige et nombre de jours de gel
 - ↗ précipitations annuelles et pluies extrêmes
 - ↗ cycles gel/dégel en hiver
 - ↘ sècheresses estivales
 - Variabilité: Juillet Aout 2018 ont été les mois consécutifs les plus chauds en 146 ans, et Octobre 2018 le mois le plus froid en 44 ans ^[2]



Vincent et al., 2012

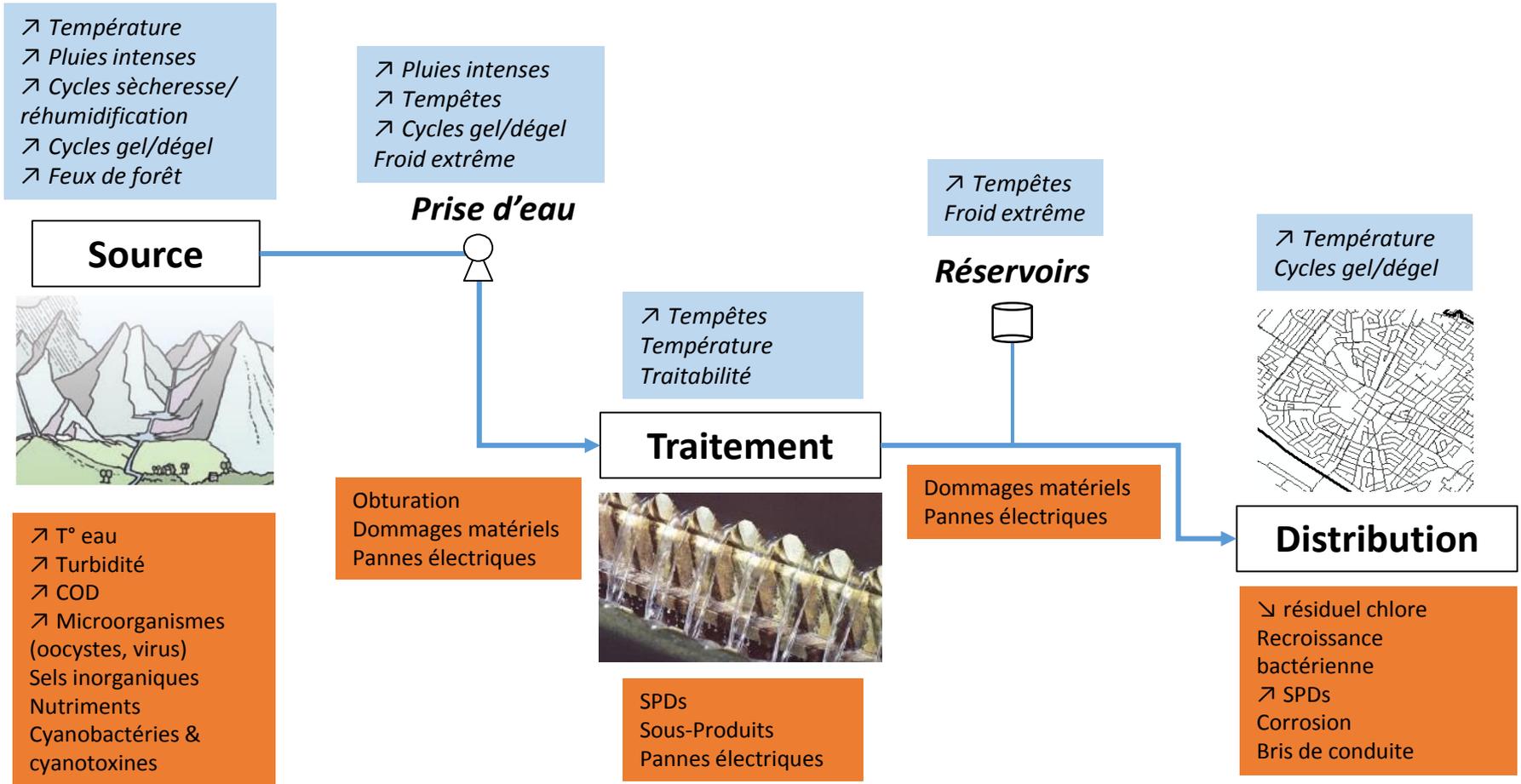
- Effets anticipés au Québec
 - ↗ T air (moy et max.) & pluies intenses
 - ↗ cycles gel/dégel
 - ↗ fréquence et durée sècheresses (printemps, été)
 - ↗ fréquence et durée débits faibles et des inondations
 - ↗ feux forêts
 - Hausse niveau de la mer



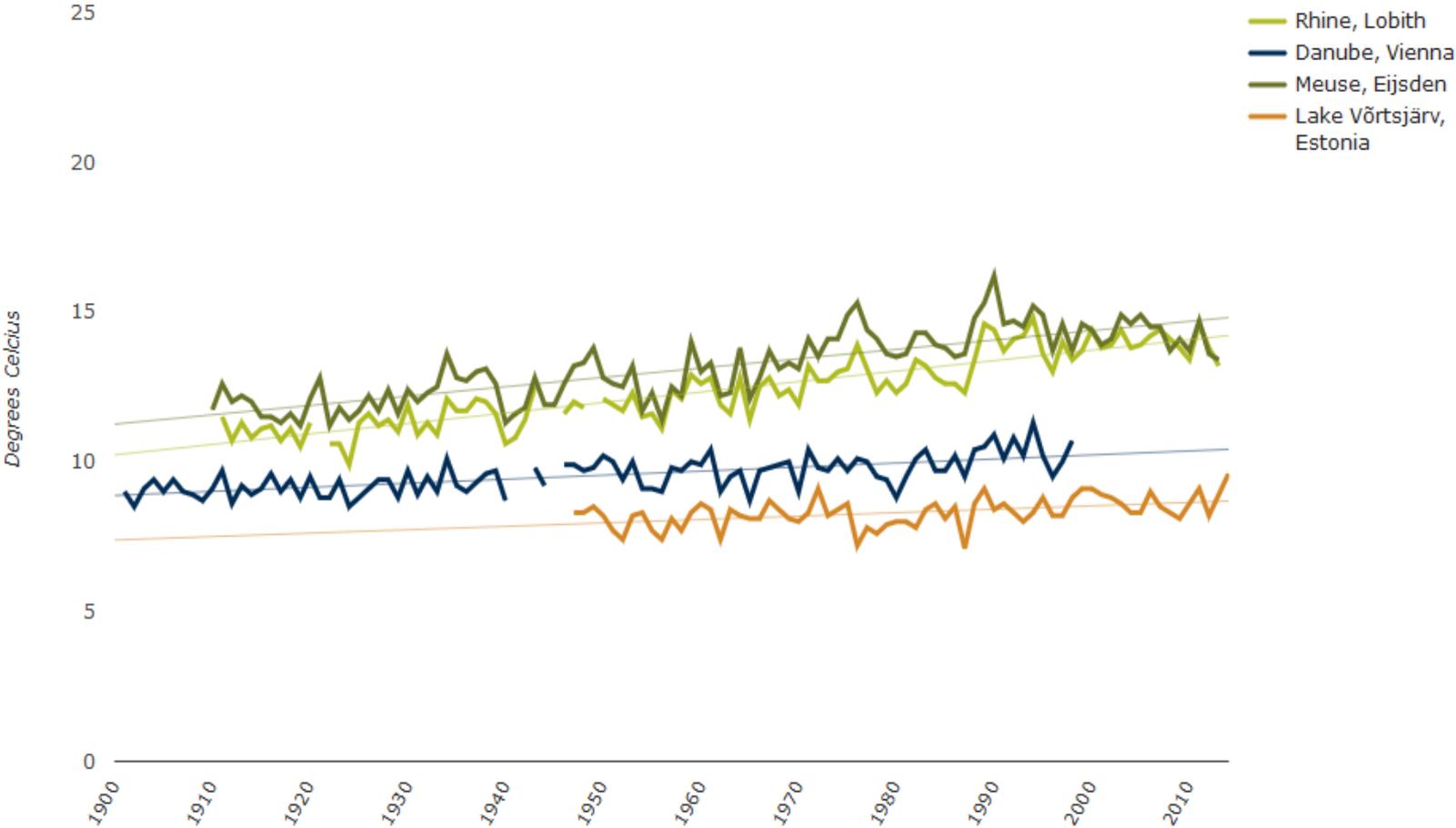
[1] Ouranos, 2015

[2] MDDELCC, 2018

Impacts des CC sur la chaîne d'approvisionnement en eau potable



L'exemple de la température de l'eau



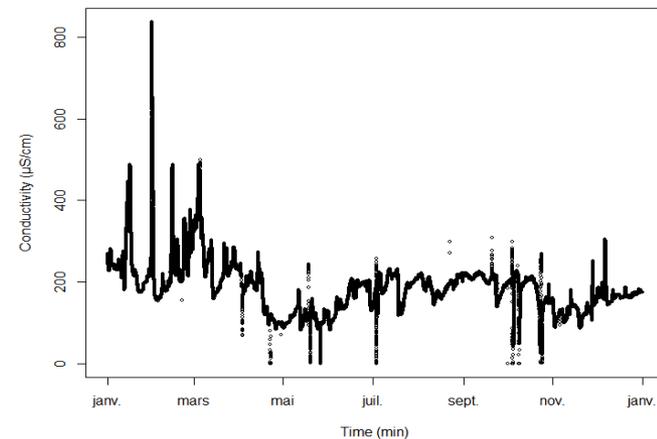
Des ressources en eau sous influence

La combinaison de plusieurs évènements extrêmes peut être particulièrement difficile pour les systèmes de traitements d'EP :

- Cycles sécheresse-réhumidification : favorise décomposition et lessivage de la MO dans eaux de surface ^[1]
- Feux de forêts et pluies : Hausses long terme MO, chlorophyll-a et phosphore ^[2]
- Cycles gel/dégel : hausse salinité eaux de surface
- Fortes pluies et augmentation des T° : blooms de cyanobactéries

Dépassement de seuil écologique (productivité forêts et nitrification des sols)

→ **Altération long terme**



[1] Evans et al., 2005

[2] Emelko et al., 2011

Impacts potentiels – traitement eau potable (1)



1) Infrastructure:

Tempêtes, forts vents

- Pannes de courant et perturbations des systèmes de communication
- Dommages sur alimentation électrique et infrastructure communication
- Perturbation du fonctionnement des systèmes de pompage, traitement, réservoirs, communication et de surveillance

Froid extrême

- Blocage des prises d'eau par la glace

Cycles gel/dégel

- Obstruction des pompes par le frasil (Québec, Lévis,..)



Credit: Christelle Legay

Impacts potentiels – traitement eau potable (2)

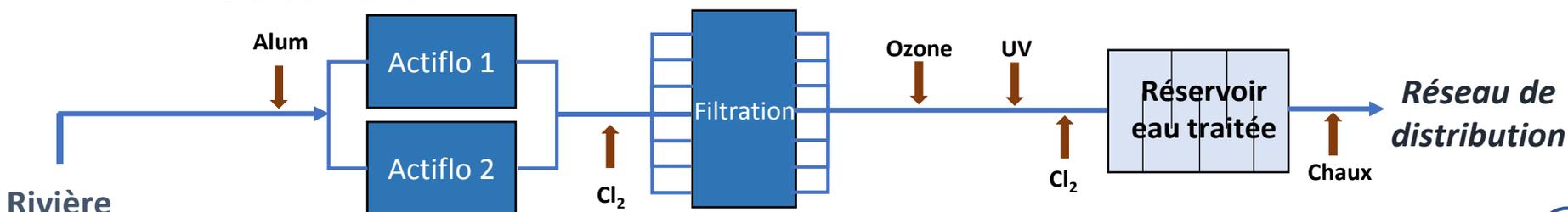


2) Qualité de l'eau

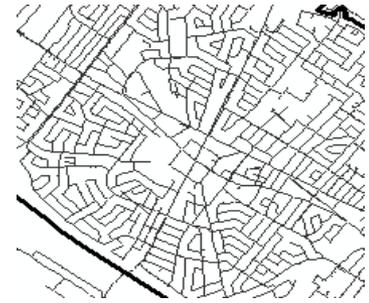
- Impacts sur l'efficacité du traitement et sur qualité eau traitée (turbidité, matière organique, microorganismes)
 - Pluies
 - Chaleur et froid extrêmes

3) Coûts d'opération du traitement

- Produits chimiques (chlore, sels d'aluminium et de fer) : hausse de la demande et des doses
- Production de boues
- Encrassage et blocage des membranes, baisse de la durée de vie des filtres
- Redimensionnement des ouvrages, ajout de nouvelles étapes de traitement



Impacts potentiels sur le réseau de distribution



1) Modifications de la qualité de l'eau potable

- Taux de consommation du chlore dans l'eau double pour une hausse de T° de 5°C [1]
- Modifications des patrons de désinfectant résiduel dans les systèmes de distribution : Risque de hausse des Sous-Produits de Désinfection (SPDs) et de recroissance bactérienne
- Respect de la réglementation
- Plaintes (goût, odeurs)

2) Infrastructures

- Impacts des évènements extrême (gel, inondation, sécheresse) sur les infrastructures de distribution : bris des conduites, dysfonctionnement des équipements de réseau (pompes de rechloration par exemple)
- Modification de la qualité de l'eau peuvent impacter les infrastructures : Corrosion, entartrage

Risques pour la santé humaine



- Risques microbiologiques
 - Majorité des épidémies hydriques aux USA au 20^{ème} siècle ont eu lieu après des épisodes de fortes pluies^[1]
 - Milwaukee (Etats Unis), 1993 : épidémie Cryptosporidium : 403 000 cas, 54 morts
 - Canada : Walkerton (2000): épidémie E. Coli O157:H7, (4300 cas, 7 morts) ^[2]; North Battleford (2001): épidémie Cryptosporidium (7000 cas)
 - Fortes et faibles précipitations sont liées a l'apparition d'épidémies de gastroentérites (Québec) ^[3]
 - ↗ Température ^[4]: Association entre épidémies cholera et El Niño
- Risques chimiques ^[5] :
 - **SPD** : Cancers (vessie et colorectal), effets sur la reproduction (mortalité et retards de croissance)
 - **Cyanotoxines** : cancer du foie, effets neurotoxiques, Hépatites
- Populations vulnérables : jeunes enfants, personnes âgées, femmes enceintes, malades chroniques

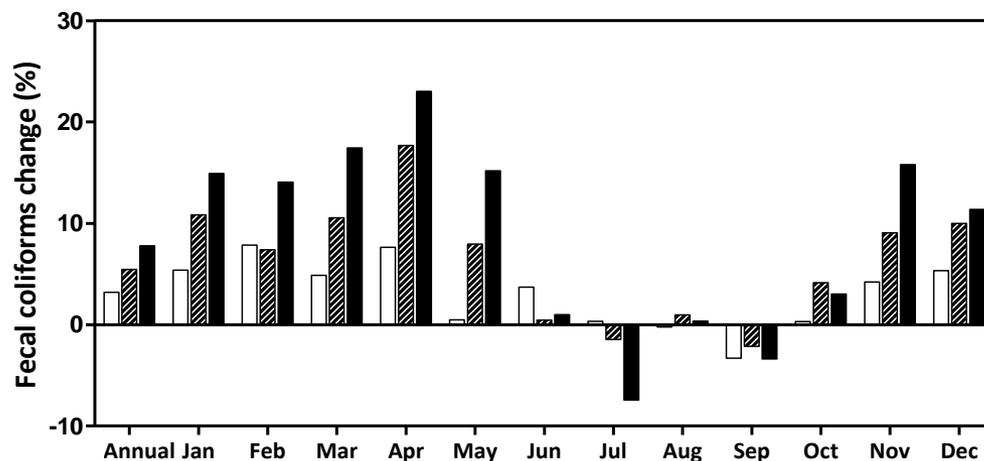
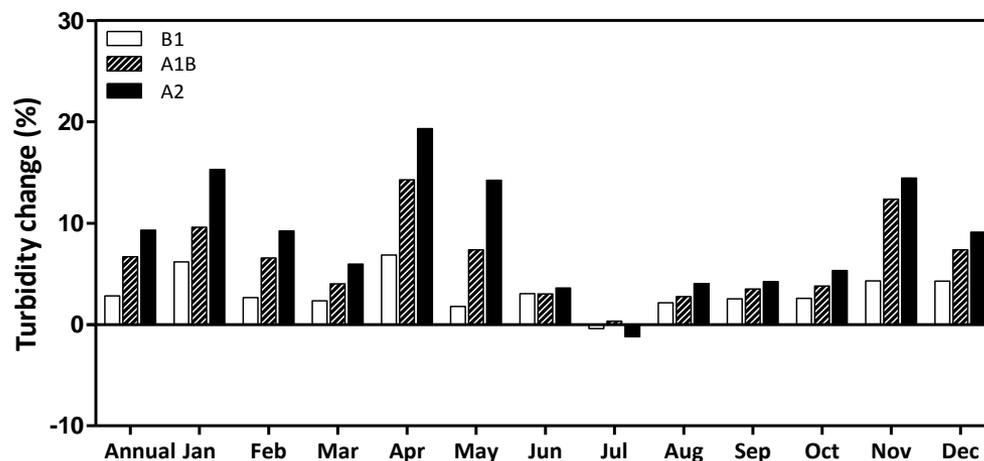
^[1] Curriero et al., 2001
^[2] Heather et al., 2004

^[3] Febriani et al., 2010
^[4] Hunter, 2003
^[5] InVS, 2010

Impacts sur la qualité des sources d'eau

Turbidité et Coliformes Fécaux

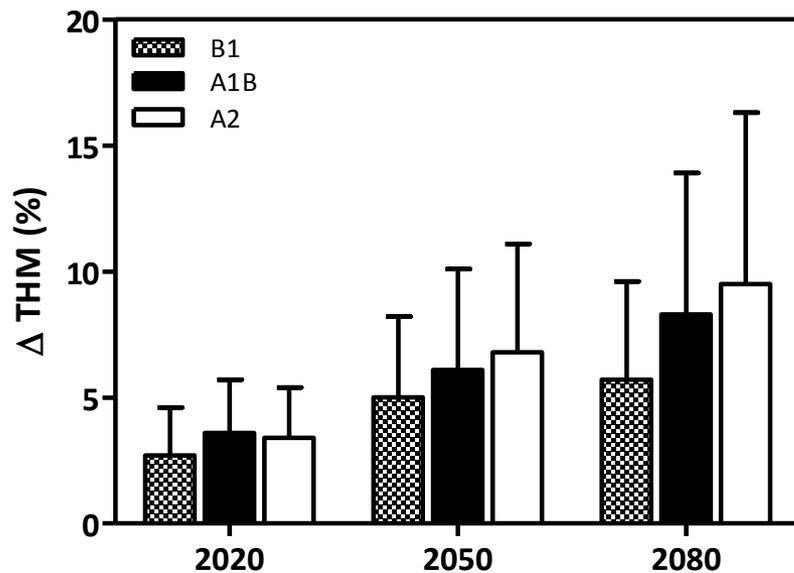
- 24 sources d'eau potable (Sud Québec)
- Hausse plus importante en avril
 - ↗ Précipitations et ↗ ruissellement
- Réduction de la période de gel



Delpla et Rodriguez, (2014)

Étude de cas: sous-produits de désinfection

- THM : Effets cancérogènes suspectés
- 13 petites unités de traitement d'eau (Sud du Québec)
- 3 scénarios et 3 périodes
- Variations annuelles

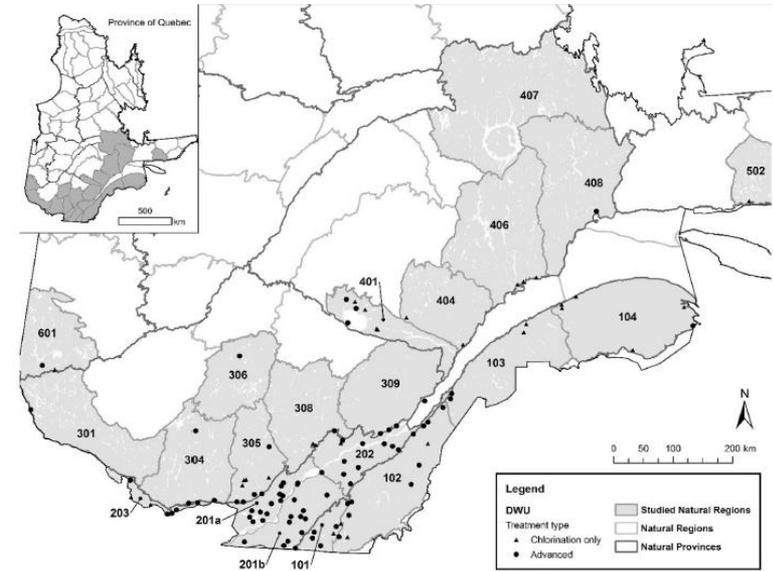


Delpla et al., (2016)

- Augmentation pour tous les scénarios et périodes (+10% : A2 – 2080)
- Diminution de la période de gel et augmentation des pluies et de la température

Étude de cas : sous-produits de désinfection

- 108 unités de traitement
- Probabilité (%) de dépasser la valeur de 80 µg/L
- Par saison et horizon temporel

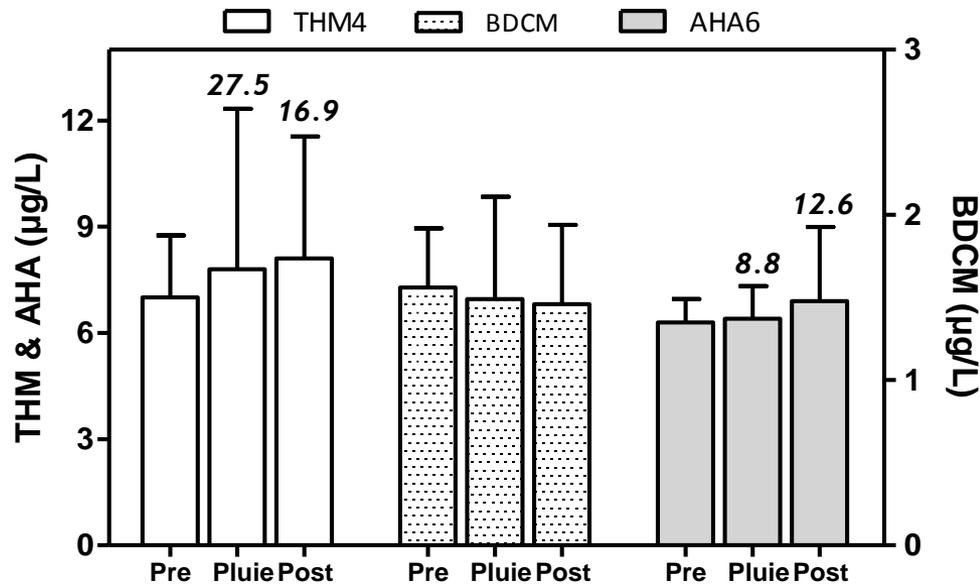


Cool et al., 2019

Time periods	Treatment type	Winter	Spring	Summer	Fall	Overall
Current	Cl ₂	17.3	29.5	60.3	43.9	38.3
	Advanced	3.4	9.7	32.5	18.5	16.4
2020	Cl ₂	19.4	31.0	62.3	44.9	40.0
	Advanced	4.0	10.5	34.0	19.2	17.4
2050	Cl ₂	21.7	33.5	65.4	46.8	42.4
	Advanced	4.7	11.7	36.7	20.4	18.8
2080	Cl ₂	23.1	35.3	68.3	48.8	44.4
	Advanced	5.2	12.6	39.3	21.8	20.2
Total Variation **	Cl ₂	5.8	5.8	8.0	4.9	6.1
	Advanced	1.8	2.9	6.8	3.4	3.8

Sous-produits en temps de pluie (1)

- Eaux traitées UTE Québec (4 campagnes de terrain)

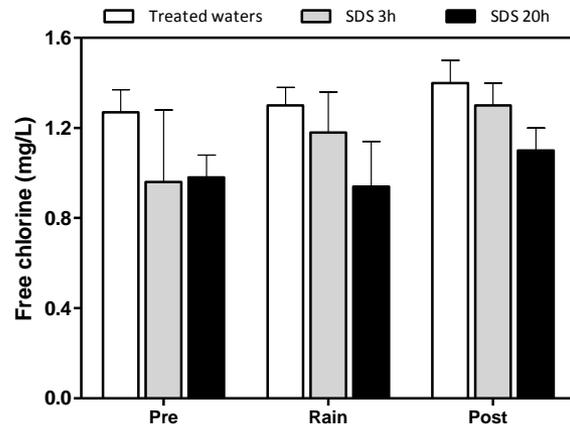


Delpla and Rodriguez, 2016

- Faible ↗ THM4 et AHA6
- Pics mesurés en temps de pluie et postpluie
- ↗ Chloroforme et TCAA
- ↘ proportion THM et AHA bromés

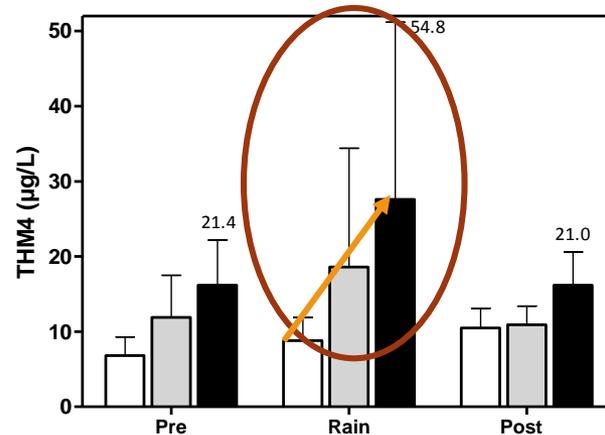
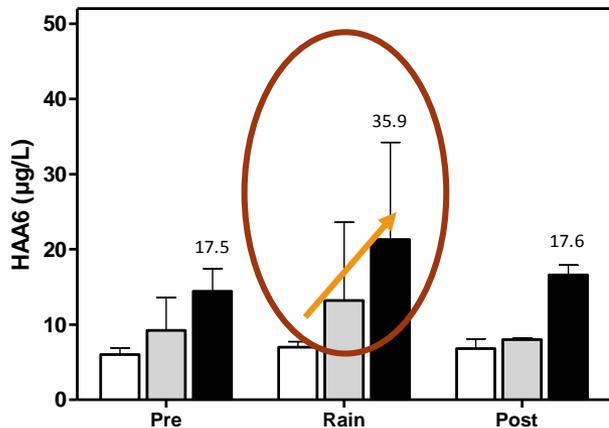
Sous-produits en temps de pluie (2)

- Eaux traitées UTE Québec (4 campagnes de terrain)



- Bonne efficacité du traitement en temps de pluie

- ↗ réactivité et variabilité SPD pendant la période de pluie



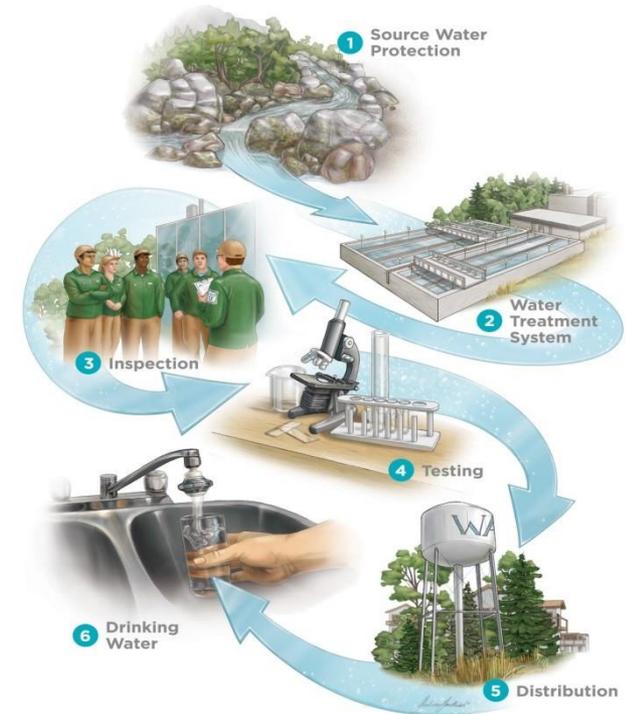
- Cause possible: Modifications de la qualité et de la quantité de matière organique

Delpla and Rodriguez, 2016

Solutions

Approche multibarrières : un outil efficace pour l'adaptation aux changements climatiques

- Approche intégrée (de la source au robinet) de la gestion du risque
 - Connaître les risques externes (naturel/anthropique)
 - Connaître les menaces internes (traitement et réseau de distribution)
- Assurer la mise en place de barrières adéquates pour faire face aux impacts négatifs
 - Protection de la source
 - Traitement de l'eau efficace
 - Gestion de la qualité de l'eau en réseau



Solutions

Mesures d'adaptation (1)

- Dépend de la situation locale/problème (climat, source, ...)
- Protection des sources
 - Réduire l'érosion: stabilisation et naturalisation des rives
 - Réduction du lessivage en milieux urbains et agricole: toits verts pavés poreux, bassins de (bio)rétention,....
 - Utiliser des principes de développement urbains durables (*Low impact development, Smart growth,...*)



Solutions

Mesures d'adaptation (2)

- Développement de sources alternatives
 - Récolte des eaux pluviales
 - Recyclage des eaux grises
 - Stockage dans l'aquifère
 - Relocaliser les sources d'eau brutes
- Alerte précoce (« early warning »)
- Optimisation du traitement
- Réduction des pertes du réseau



Solutions

Mesures d'adaptation (3)

- Planification
 - Élaboration de plans d'adaptation aux changements climatiques
 - Budgets spécifiques dédiés à l'adaptation aux changements climatiques dans les nouveaux projets d'infrastructure (redimensionnement des ouvrages)
- Interventions en santé publique (surveillance épidémiologique,...)

Solutions

Recherche (1)

- Amélioration des outils de modélisation:
 - Prédiction climatiques à l'échelle locale (municipalités)
 - Quantification locale des impacts sur la qualité de l'eau (précurseurs de SPD, pathogènes, micropolluants)
- Développement des outils pour la surveillance et la gestion de la qualité de l'eau
 - Analytique: tests rapides (pathogènes)
 - Suivi en continu d'indicateurs de la qualité de l'eau (e.g. turbidité, UV, COT)
 - Systèmes d'aide à la décision
 - Systèmes d'alerte précoce (machine learning, big data)

Solutions

Recherche (2)

- Évaluation de l'exposition
 - Populations vulnérables
- Évaluation du risque :
 - Petits et grands réseaux
 - Prise de conscience des opérateurs et des gestionnaires?
 - Résilience et vulnérabilité concernant les changements climatiques?
- Interdisciplinarité



Merci pour votre attention

Questions ??

Ianis.Delpla@crad.ulaval.ca

Étude de cas: sous-produits de désinfection

