

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

Ian 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*

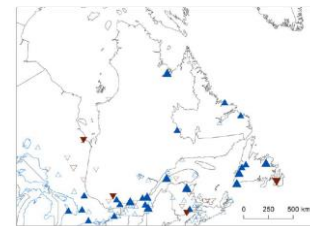
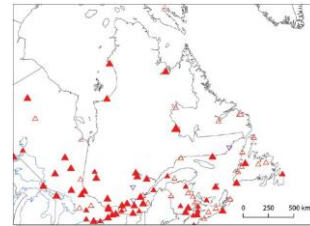


Chaire de recherche en eau potable  
de l'Université Laval



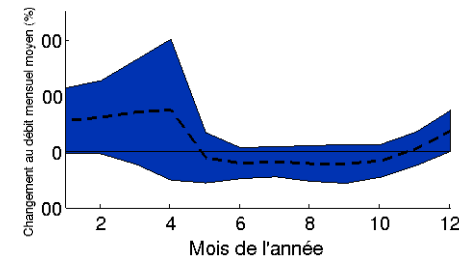
# Changement climatiques : tendances passées et futures

- Tendances passées au Québec <sup>[1]</sup>:
  - ↗ 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 <sup>[2]</sup>



*Vincent et al., 2012*

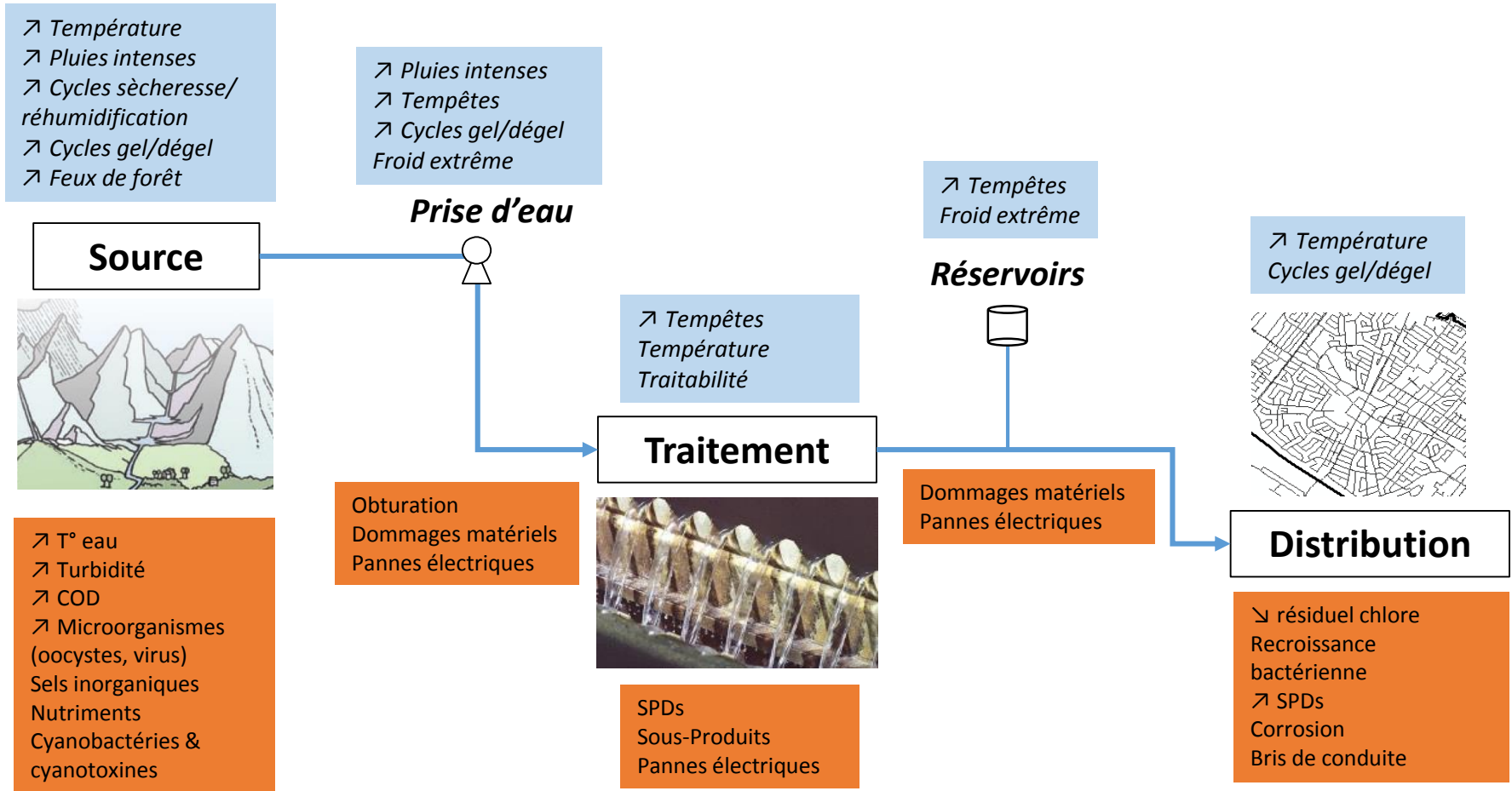
- Effets anticipés au Québec
  - ↗ T air (moy et max.) & pluies intenses
  - ↗ cycles gel/dégel
  - ↗ fréquence et durée sècheresses (printemps, été)
  - ↗ fréquence et durée débits faibles et des inondations
  - ↗ feux forêts
  - Hausse niveau de la mer



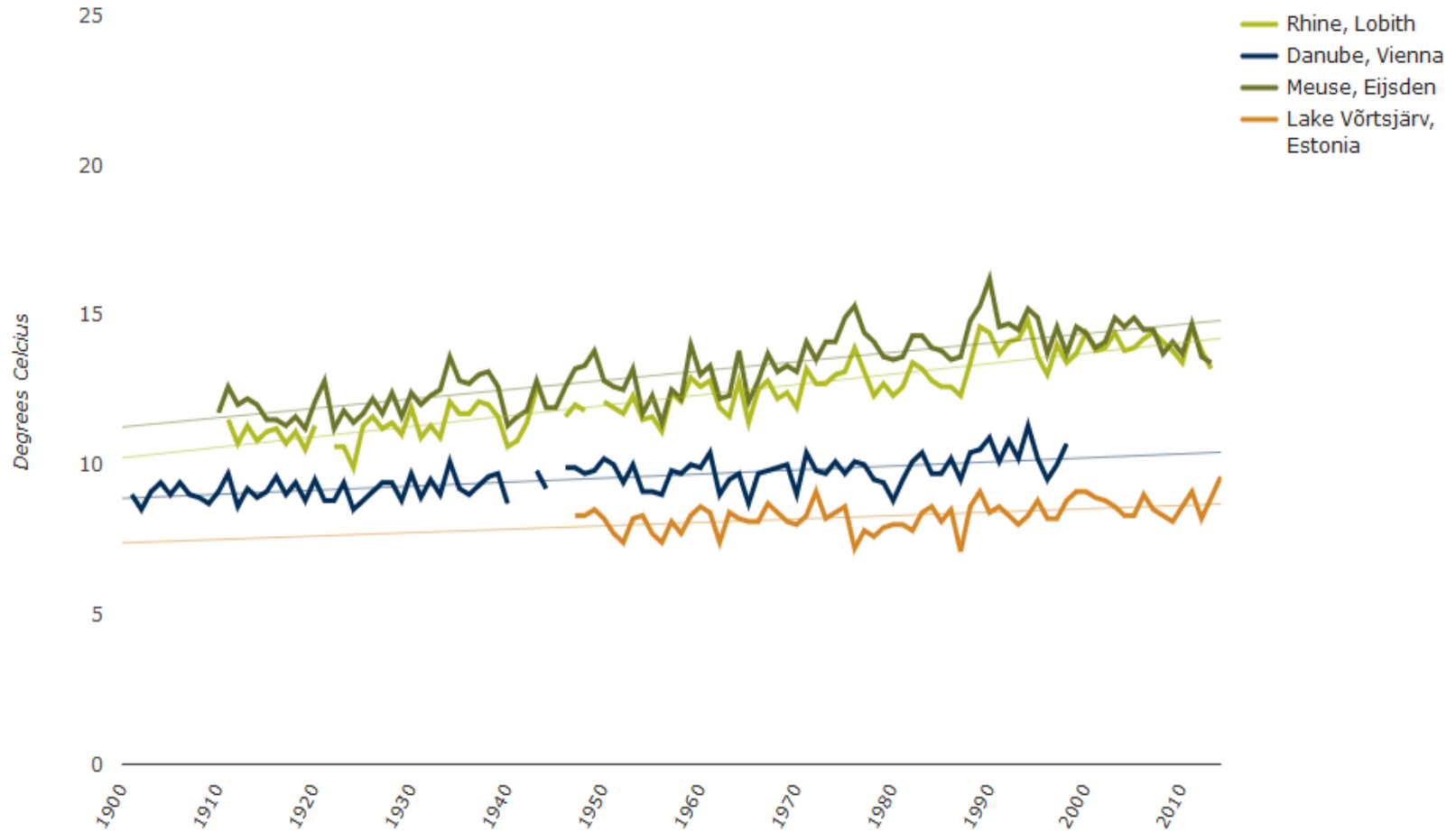
*[1] Ouranos, 2015*

*[2] MDDELCC, 2018*

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



# L'exemple de la température de l'eau



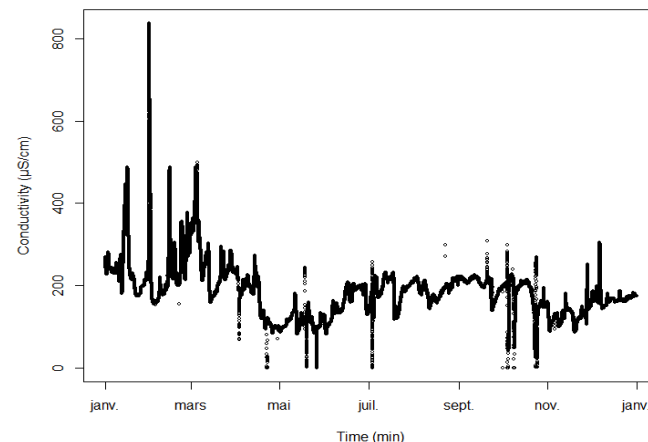
# Des ressources en eau sous influence

La combinaison de plusieurs événements 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 <sup>[1]</sup>
- Feux de forêts et pluies : Hausses long terme MO, chlorophyll-a et phosphore <sup>[2]</sup>
- 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**



<sup>[1]</sup> Evans et al., 2005

<sup>[2]</sup> 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,..)



# Impacts potentiels – traitement eau potable (2)

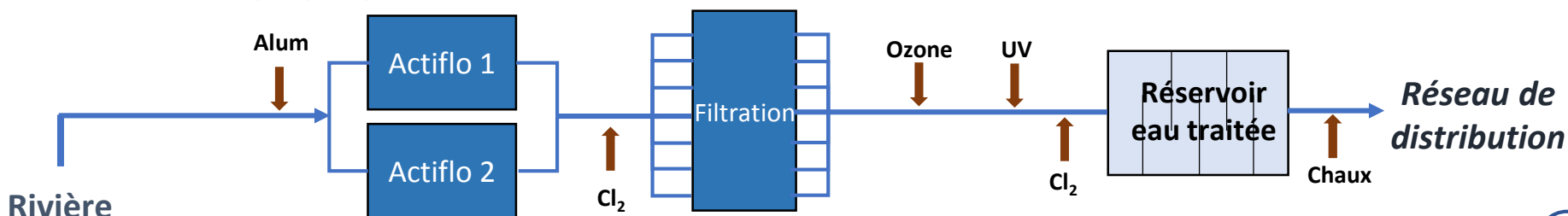


## 2) Qualité de l'eau

- 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 <sup>[1]</sup>
- 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 événements 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<sup>ème</sup> siècle ont eu lieu après des épisodes de fortes pluies<sup>[1]</sup>
    - Milwaukee (Etats Unis), 1993 : épidémie *Cryptosporidium* : 403 000 cas, 54 morts
  - Canada : Walkerton (2000): épidémie *E. Coli* O157:H7, (4300 cas, 7 morts) <sup>[2]</sup>; North Battleford (2001): épidémie *Cryptosporidium* (7000 cas)
  - Fortes et faibles précipitations sont liées a l'apparition d'épidémies de gastroentérites (Québec) <sup>[3]</sup>
- ↗ Température <sup>[4]</sup>: Association entre épidémies cholera et El Niño
- Risques chimiques <sup>[5]</sup> :
  - **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

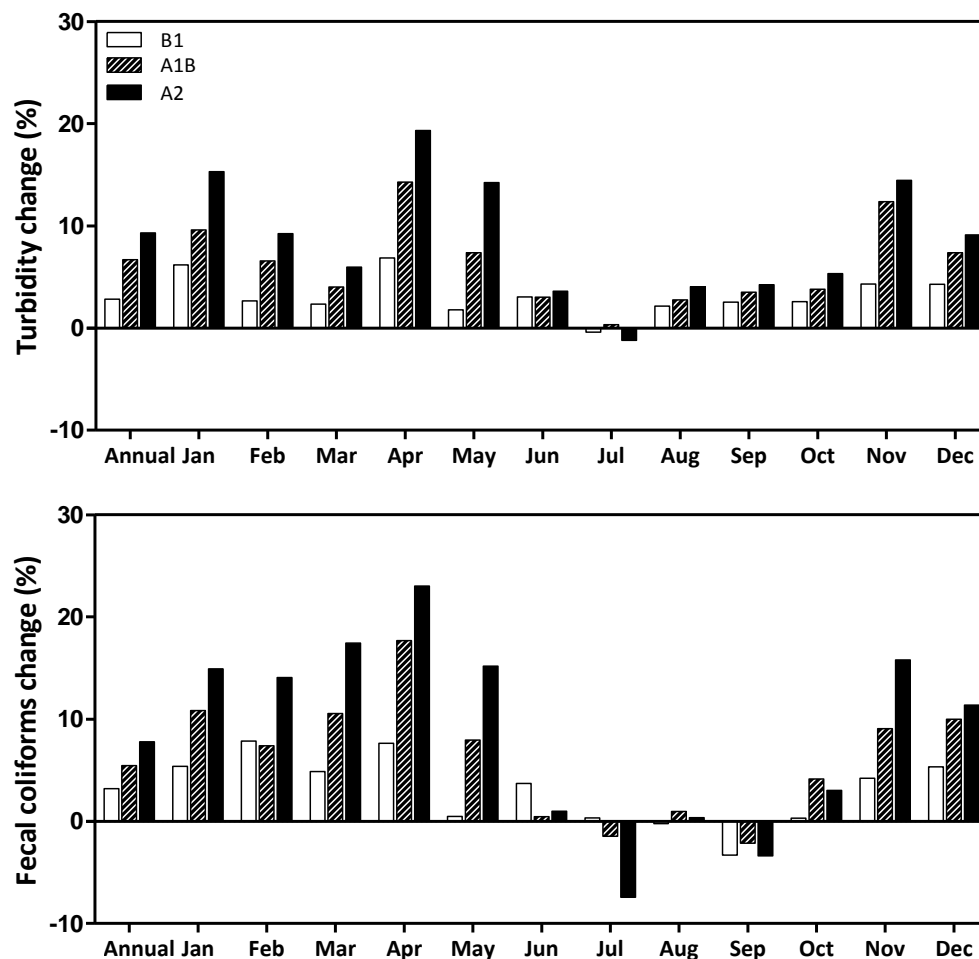
<sup>[1]</sup> Curriero et al., 2001  
<sup>[2]</sup> Heather et al., 2004

<sup>[3]</sup> Febriani et al., 2010  
<sup>[4]</sup> Hunter, 2003  
<sup>[5]</sup> InVS, 2010

# Impacts sur la qualité des sources d'eau

## Turbidité et Coliformes Fécaux

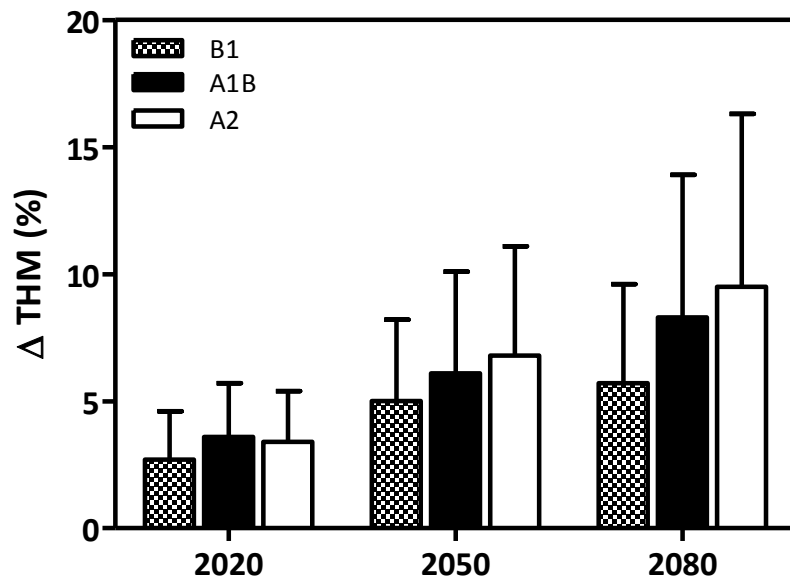
- 24 sources d'eau potable (Sud Québec)
- Hausse plus importante en avril
  - ↗ Précipitations et ↗ ruissellement
- Réduction de la période de gel



*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

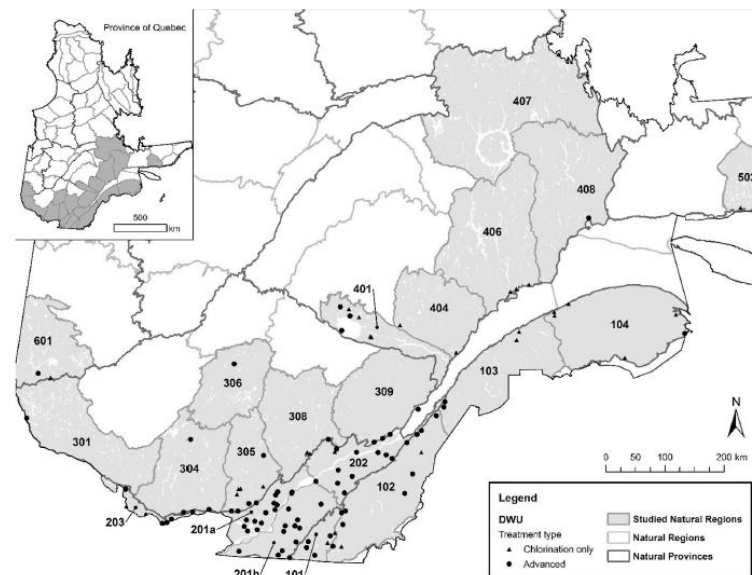


*Delpla et al., (2016)*

- 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  $80 \mu\text{g/L}$
- Par saison et horizon temporel

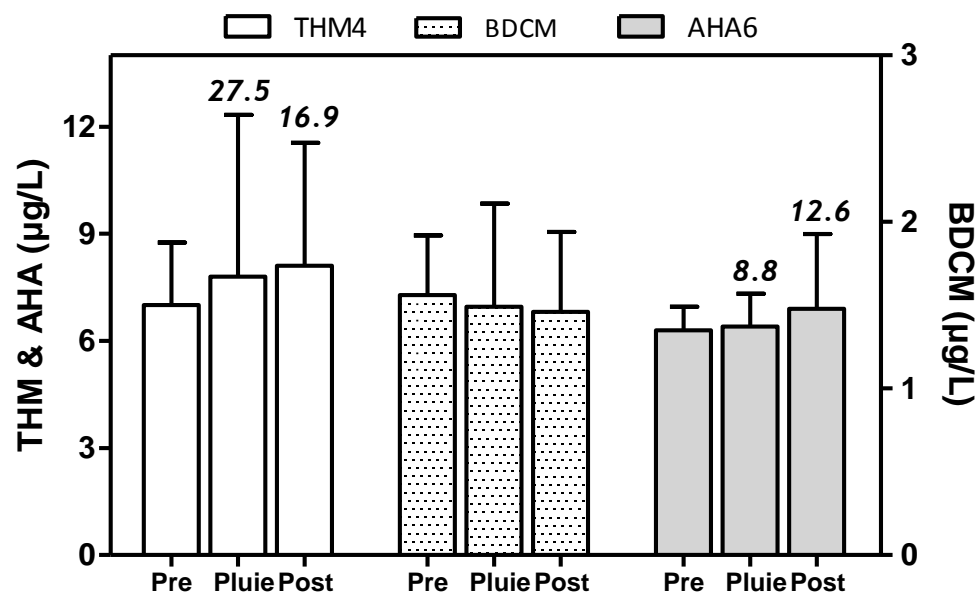


*Cool et al., 2019*

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

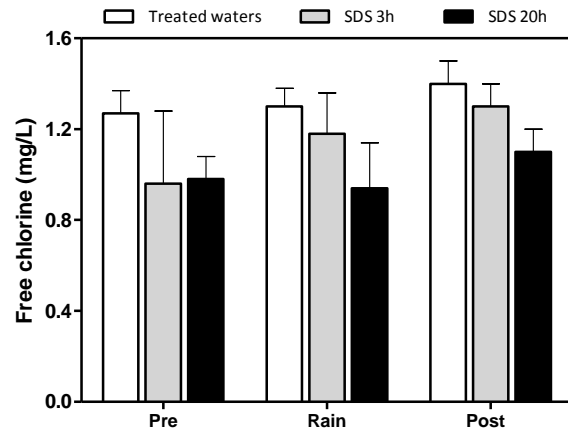


*Delpla and Rodriguez, 2016*

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

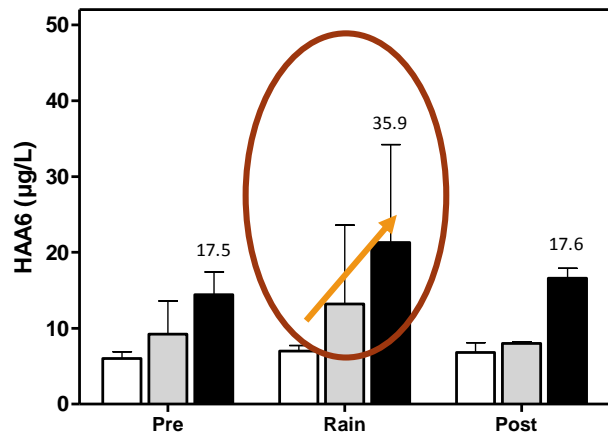
# Sous-produits en temps de pluie (2)

- Eaux traitées UTE Québec (4 campagnes de terrain)

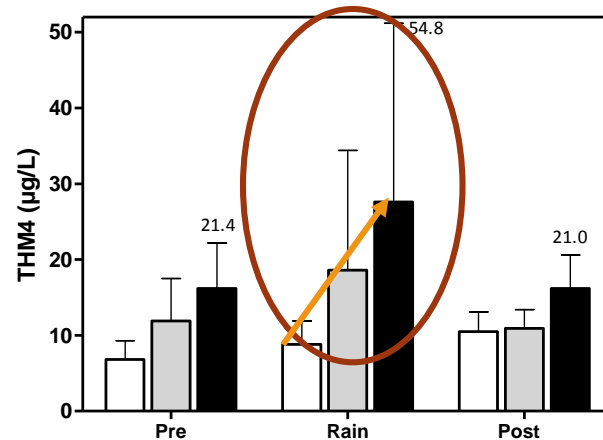


- Bonne efficacité du traitement en temps de pluie

- ↗ réactivité et variabilité SPD pendant la période de pluie



*Delpla and Rodriguez, 2016*

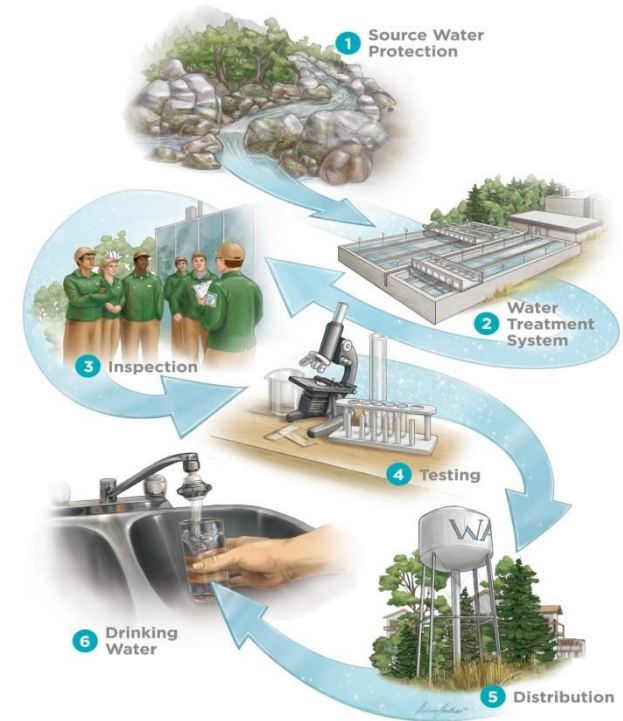


- Cause possible: Modifications de la qualité et de la quantité de matière organique

# 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](mailto:Ianis.Delpla@crad.ulaval.ca)*





# Étude de cas: sous-produits de désinfection

