



# L'Épidémiologie par les eaux usées: Les nouvelles ressources à récupérer des eaux usées

**Prof. Dominic Frigon**  
Coordonnateur CentrEau  
de COVID-Eaux Usées  
Dépt. de génie civil  
Université McGill

**Prof. Peter A. Vanrolleghem**  
Directeur CentrEau  
Dépt. de génie civil et des eaux  
Université Laval



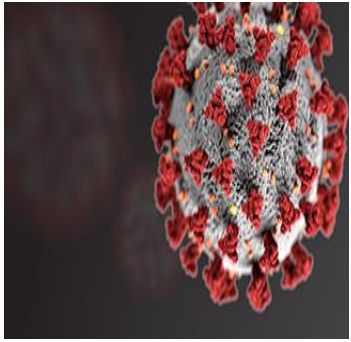
**McGill**



**UNIVERSITÉ  
LAVAL**

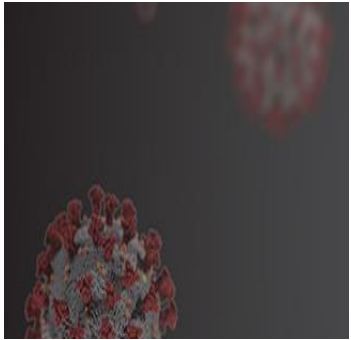
# StaRRE: Station de Récupération des Ressources de l'Eau

---



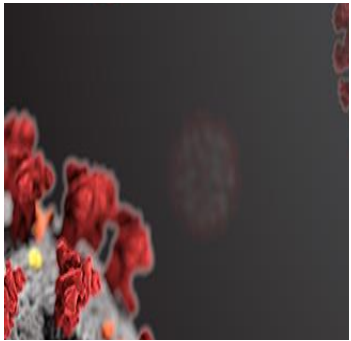
## Mandat de récupérer:

- L'eau
- Les matières fertilisantes
- Le carbone
- L'énergie



## Nouvelle ressource à récupérer:

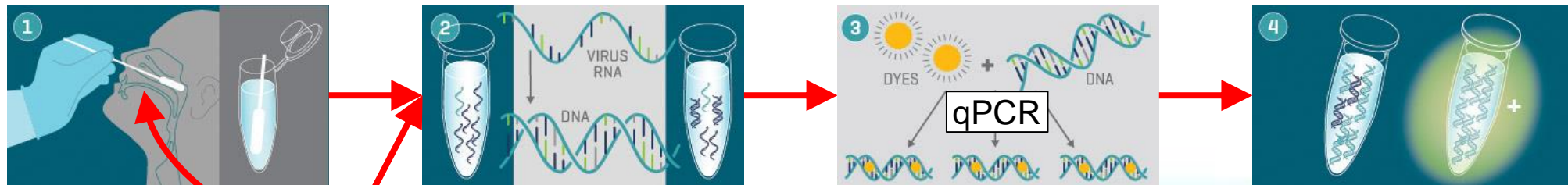
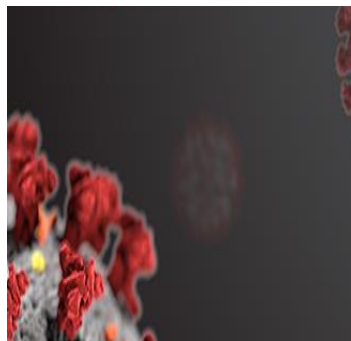
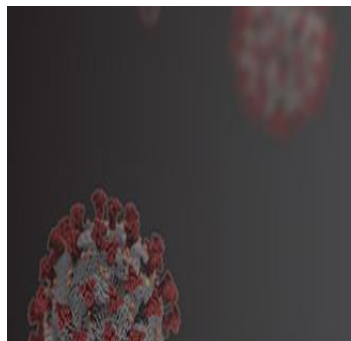
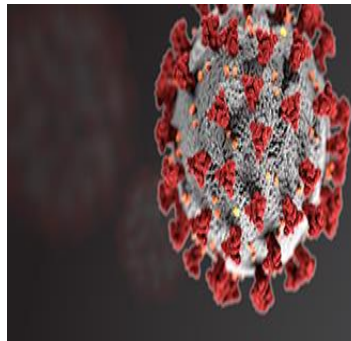
- L'information épidémiologique
- **Épidémiologie par les eaux usées**



## Épidémiologie par les eaux usées *en action* :

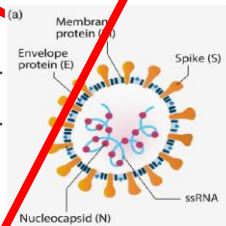
- Surveillance de la circulation de la poliomyélite depuis 1988
  - Beaucoup plus sensible que la surveillance des cas de paralysie
  - Détection d'une éclosion en Israël en 2013 dans des populations éloignés
- Statistique Canada: suivi de la consommation de cannabis et autres drogues (2019 report: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-621-m/11-621-m2019004-eng.htm>)

# Suivi de la pandémie de COVID-19 en détectant l'ARN

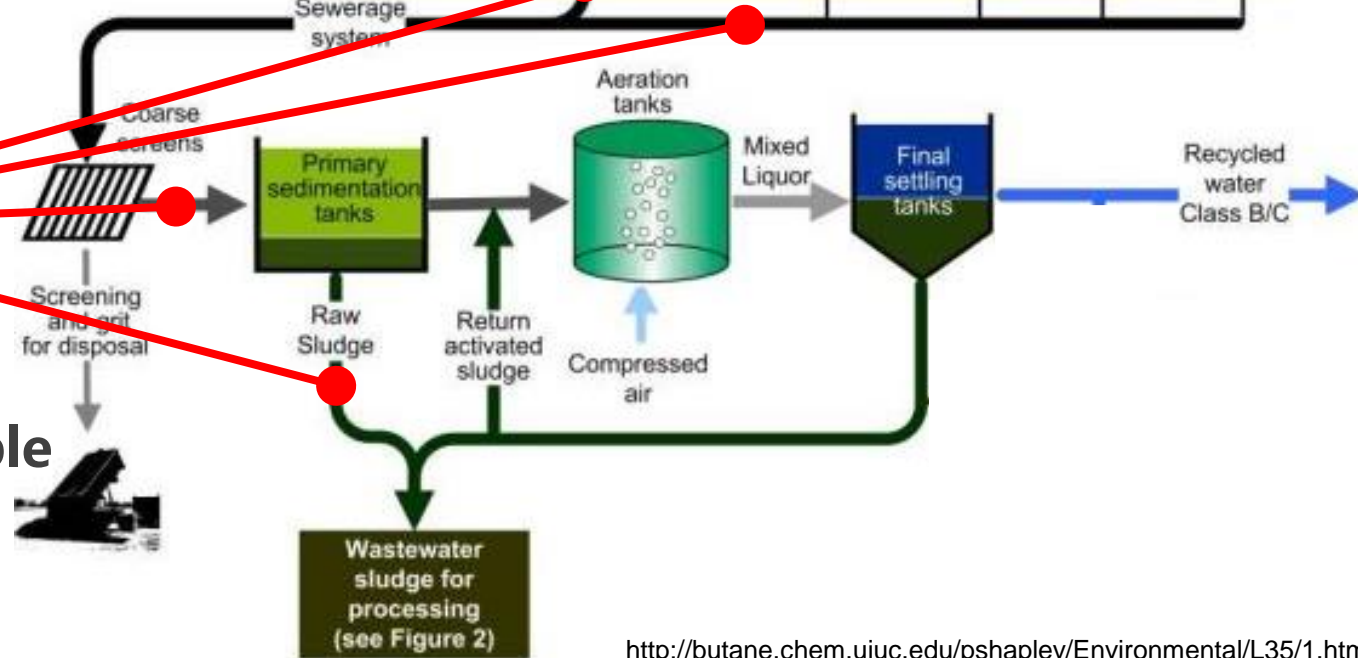
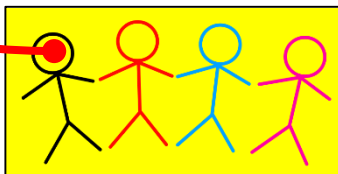


<https://www.fredhutch.org/en/research/diseases/coronavirus/serology-testing.html>

**Intact SARS-CoV-2**

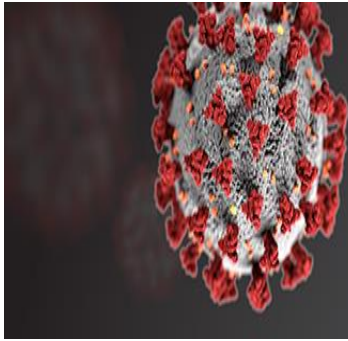


**Inapte SARS-CoV-2**



**Matrice complexe et variable**

- Virus contrôles internes
- Virus contrôles externes

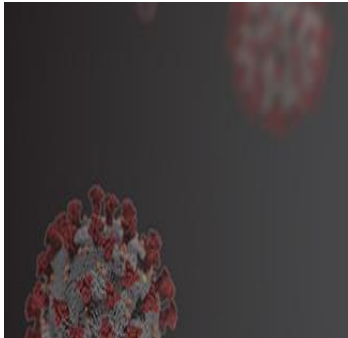
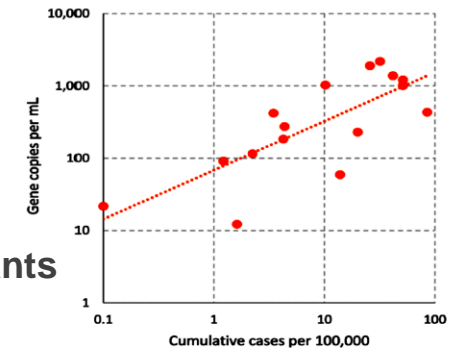


# Le SRAS-CoV-2 a-t-il été quantifié dans les eaux usées et corrélé à la dynamique des cas COVID-19?

## Première démonstration aux Pays-Bas

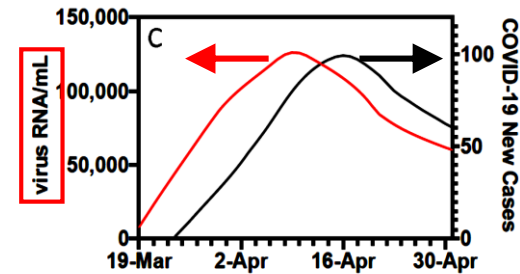
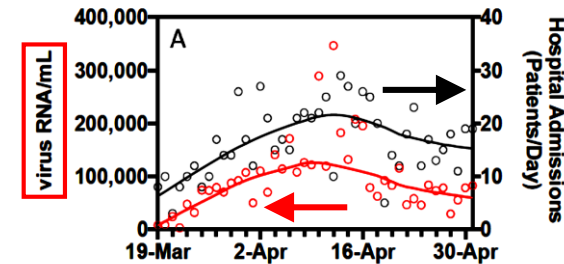
(Medema et al. [2020] Environ. Sci. Technol. Let.)

- 6 municipalités analysées tout au long du mois de mars 2020
- Démonstration de corrélation entre les cas et la concentration d'ARN virale
- Suggestion d'une limite de détection d'environ **1-10 cas pour 100 000 habitants**



## La concentration virale a augmenté dans les eaux usées plus que 2-7 jours avant les cas signalés

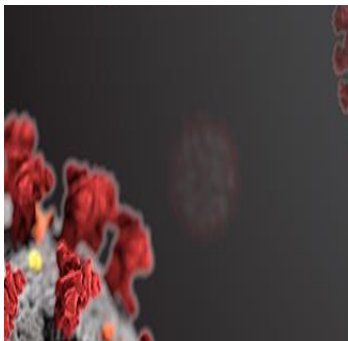
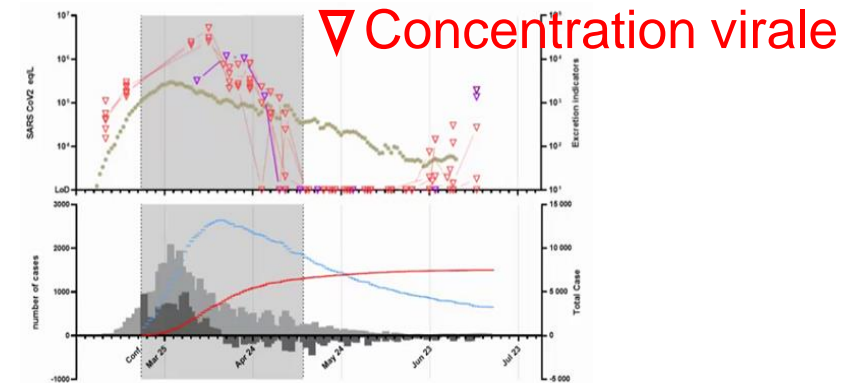
(Peccia et al. [2020] Nature Biotechnology, 38(10), 1164-1167)



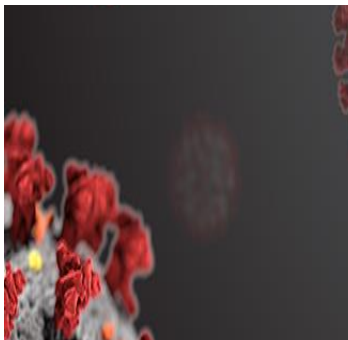
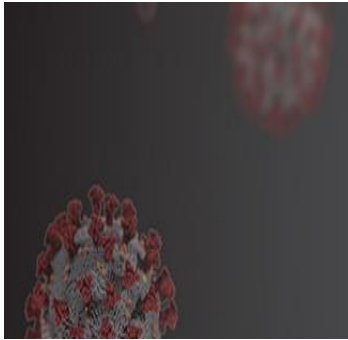
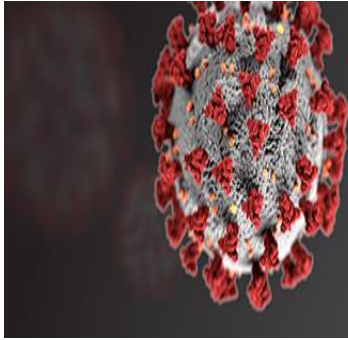
## Dynamique des cas à Paris (France)

(Wurtzer et al. [2020] medRxiv 2020.04.12.20062679 et mises à jour)

- Concentration virale stabilisée et diminuée en corrélation avec les cas cliniques au cours de la première vague
- Le retour du virus à la mi-juillet est plus rapide dans les eaux usées que dans les cas cliniques



# Vigie de la COVID-19 par les eaux usées à l'International

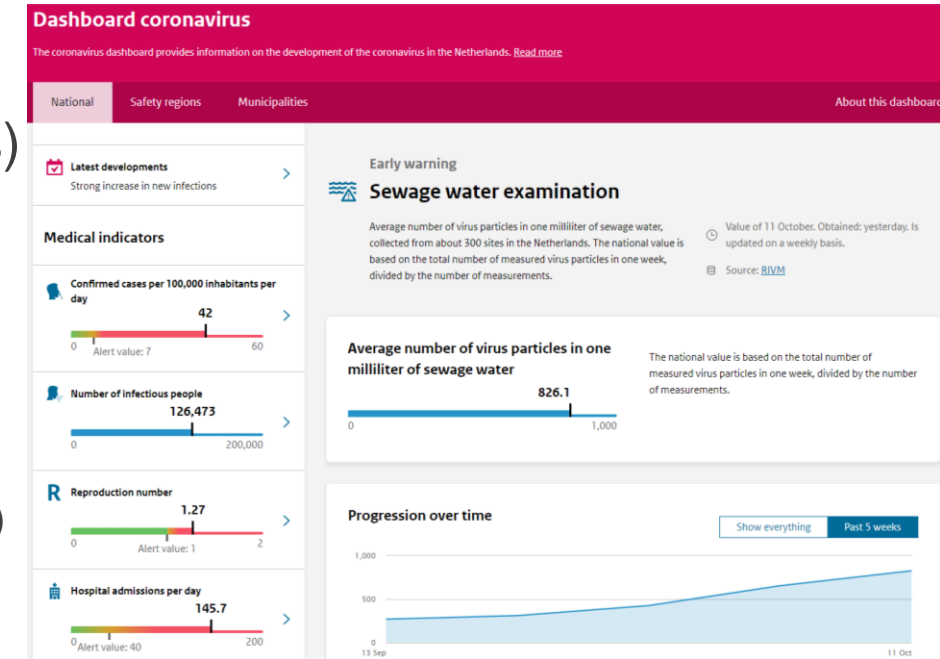


## À l'échelle municipale ou régionale

- Pays-Bas: Coronavirus dashboard (>300 sites)
- Royaume Uni: 44 sites suivis
- Europe: 26 pays impliqués dans des études coordonnées
- États-Unis:
  - Coronavirus Wastewater Surveillance System (CDC)
  - Investissements régionaux et locaux: Ex. 10 millions USD au Michigan
- Australie, Israël, et plusieurs autres pays

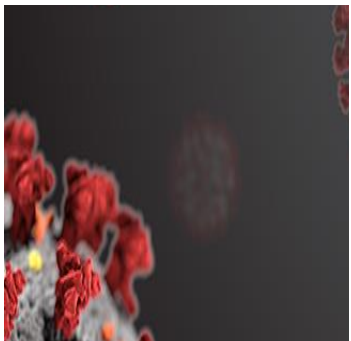
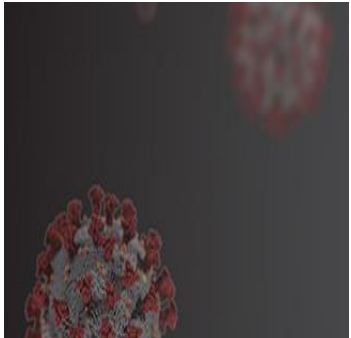
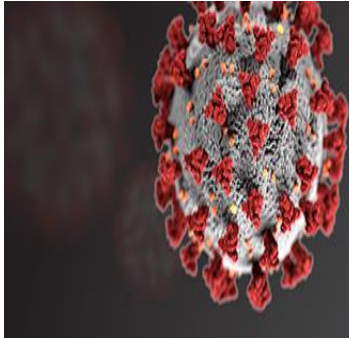
## À l'échelle institutionnelle

- Plusieurs campus universitaires suivis aux États-Unis et au Canada
- Université de l'Arizona: détection de 2 cas dans une résidence après des tests individuels négatifs



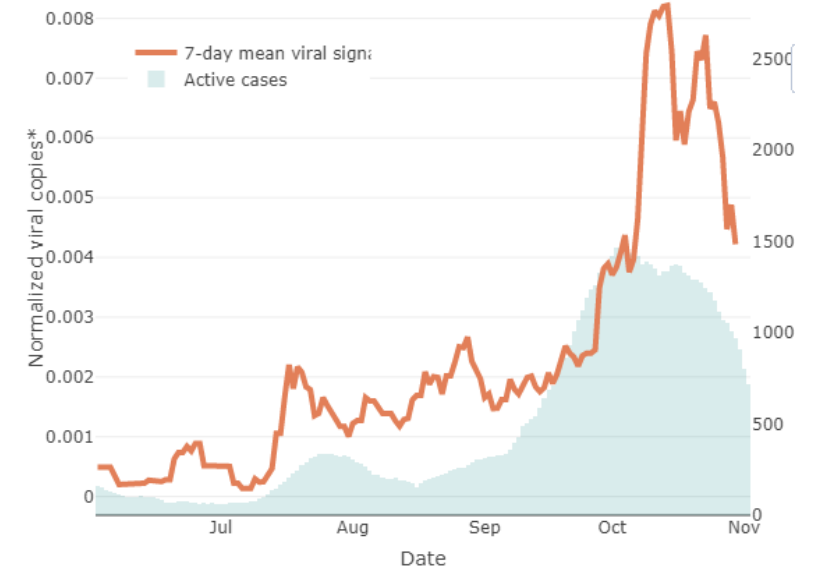
<https://coronadashboard.government.nl/landelijk/rioolwater>

# Vigie de la COVID-19 par les eaux usées au Canada

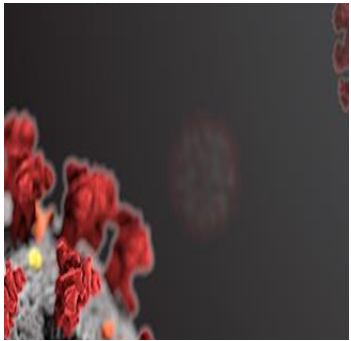
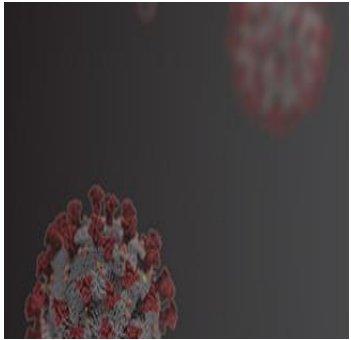
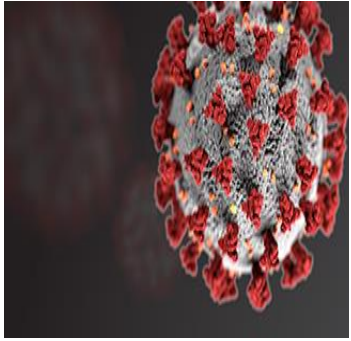


- L'Agence de la santé publique du Canada a lancé un projet de recherche
  - Groupe technique sur l'analyse;
  - Groupe de modélisation pour l'interprétation de la charge virale;
  - Coordination nationale sur les techniques et le partage de données.
- Plusieurs projets en cours en Ontario, Alberta, Saskatchewan, Colombie Britannique, Nouveau Brunswick
  - Ontario: Une vingtaine de chercheurs se rencontrent chaque semaine
  - Données livrées quotidiennement aux autorités de Santé publique d'Ottawa et Peel.
  - Quelques campus universitaires et centres de soins de longue durée sont suivis
  - Plusieurs compagnies québécoise et canadiennes développent des produits pour le suivi:
    - Nos partenaires: OClair Environ., Thales Canada
    - Ailleurs: LuminUltra, FredSense.

**Ottawa COVID-19 Viral Signal in Wastewater**  
(<https://613covid.ca/wastewater/>)

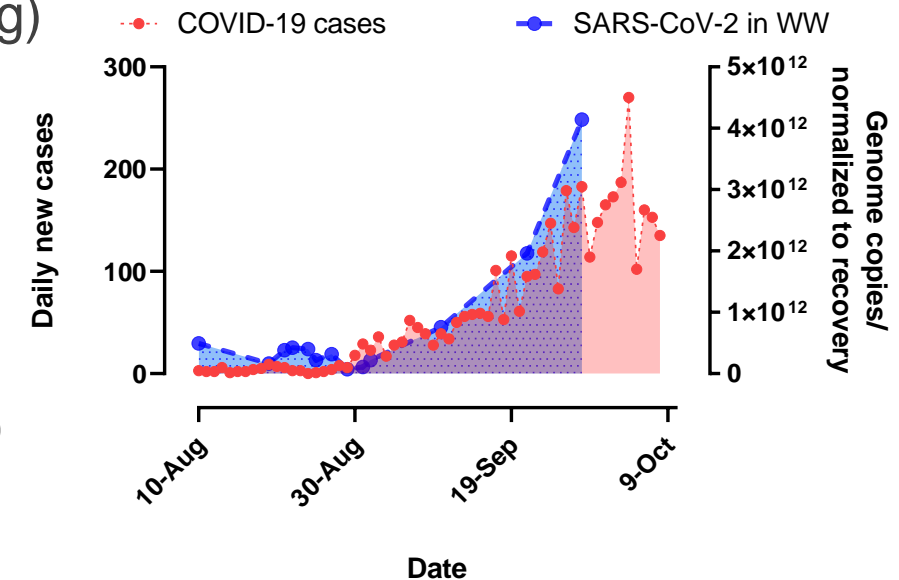


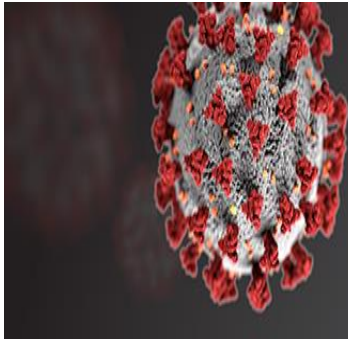
# Vigie de la COVID-19 par les eaux usées au Québec



- Une quinzaine de chercheurs regroupés dans CentrEau
- Plusieurs villes échantillonnées de manière *ad hoc* depuis la première vague (Montréal, Québec, Trois-Rivières, Laval, Gatineau, La Prairie, Cowansville, Rimouski)
- Capacité d'analyse établie: évaluation locale participation à l'étude inter-laboratoire du Laboratoire nationale de microbiologie (Winnipeg)
- Analyse des échantillons archivés depuis mars 2020.
- Développement d'un projet pilote de vigie dans 5 régions qui commencera en janvier 2020

**Signal viral dans les eaux usées de Québec au début de la deuxième vague**

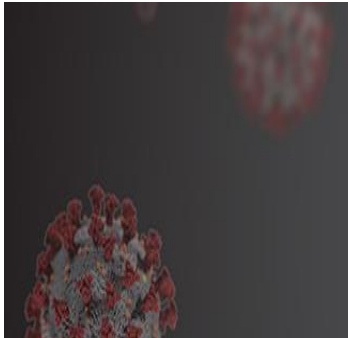




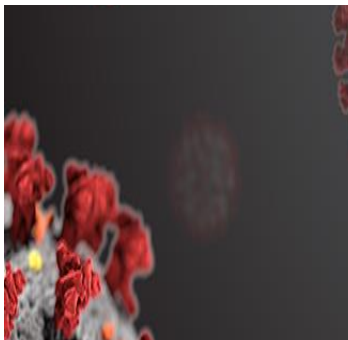
# Combien coûterait la surveillance par les eaux usées de la COVID-19 au Québec?



- Suivi de groupes de 100 000 habitants (quartiers dans les grandes villes, rassemblement de municipalités)
- 1% de l'effort actuel avec les tests individuels



Estimations pour Montréal	Tests cliniques individuels	Tests des eaux usées (1 échantillon)
Population couverte par l'échantillonnage	2 000 000	100 000
Nombre de tests effectués par jour	8,000	1
Coût par test	50 \$	200 \$
Investissement quotidien par habitant pour les tests cliniques	0.20 \$	0.002 \$





# Projets pilotes de vigies par les eaux usées

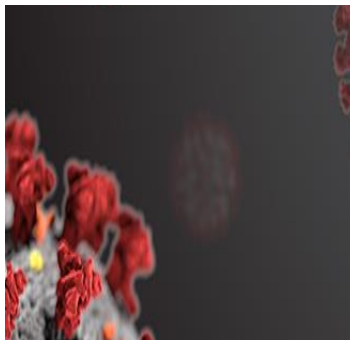
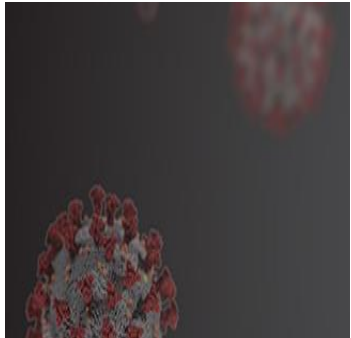
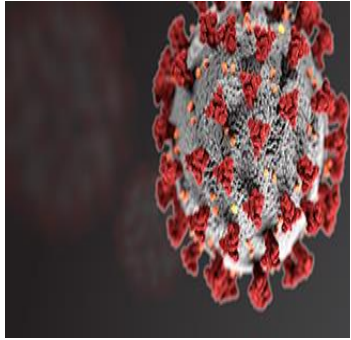
---

## Approche

- Intégration des activités avec les Directions régionale de santé publique et les municipalités.
- Équilibre entre la recherche et le transfert de connaissance
- Collaboration avec des acteurs commerciaux connaissant le terrain.

## Objectifs

- Opérationnaliser l'échantillonnage et la gestion des analyses et résultats
- Vérifier la valeur ajoutée de la vigie par les eaux usées pour la détection précoce d'agrégats géospatiaux et d'éclosions de la COVID-19
- Comprendre les facteurs limitants le déploiement de la vigie par les eaux usées à l'ensemble du territoire et proposer des stratégies pour y remédier
- Soutenir le développement scientifique d'aspect fondamentaux de la vigie par les eaux usées



# Projets pilotes de vigies par les eaux usées

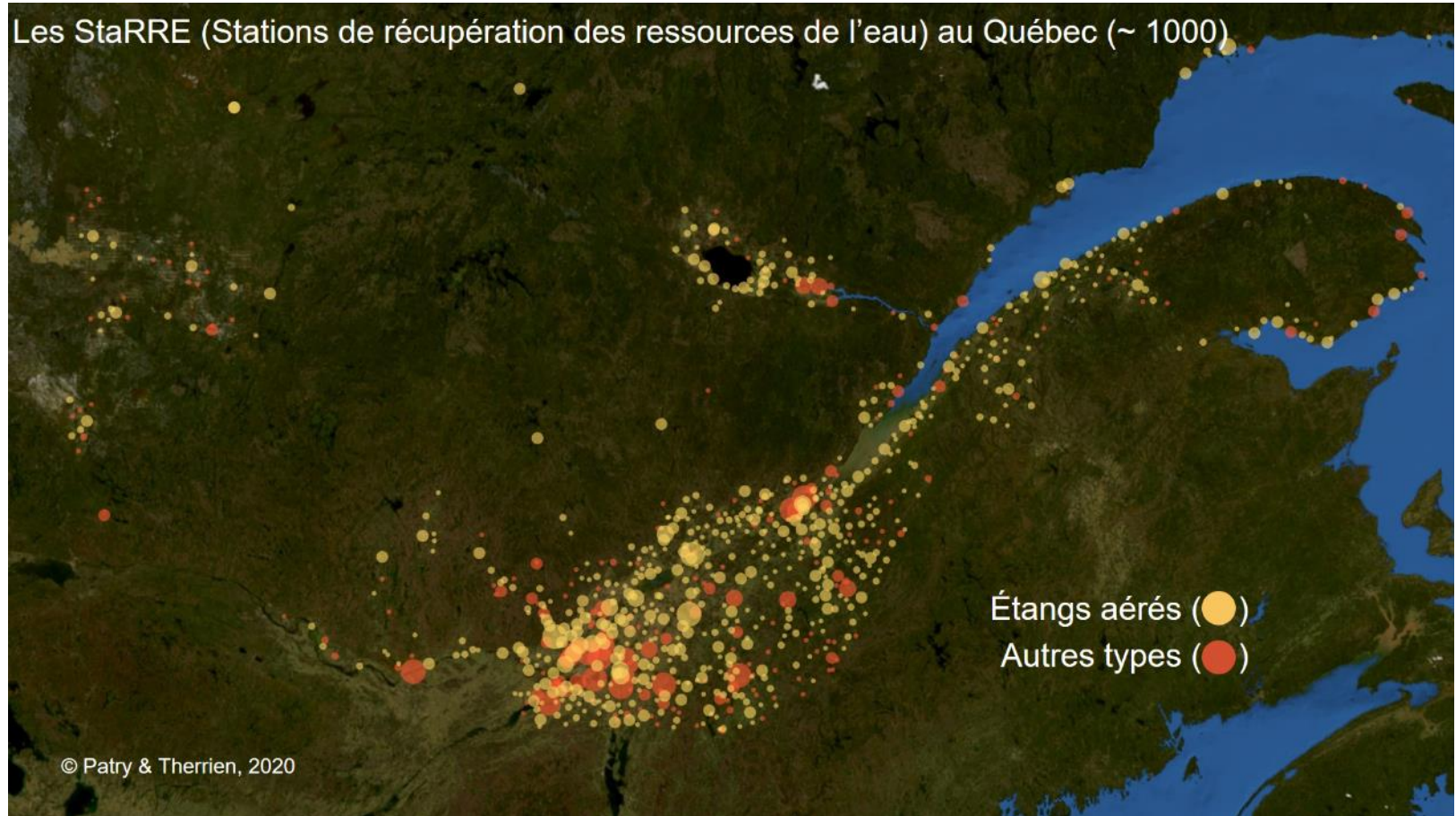
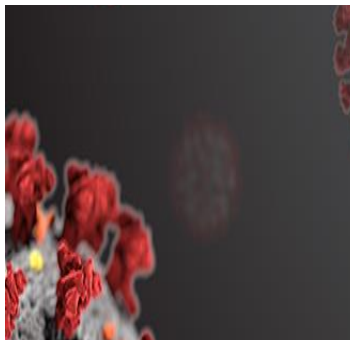
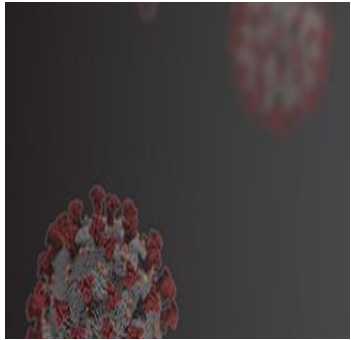
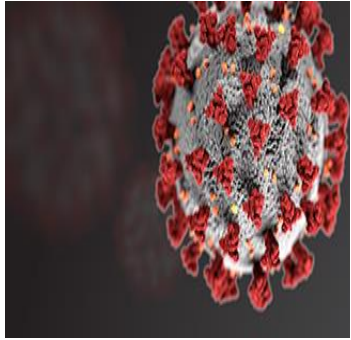
---

## Volet Urbain

- Montréal
- Laval
- Québec

## Volet Région

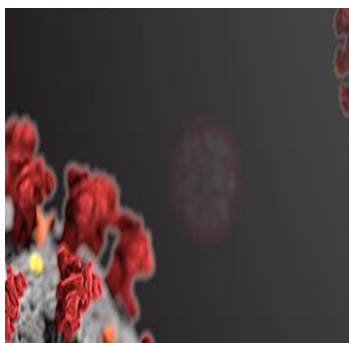
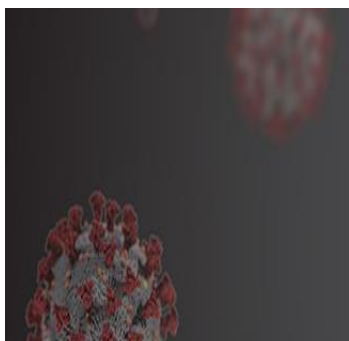
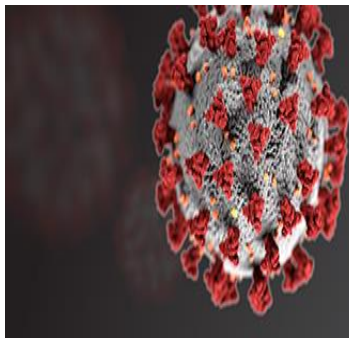
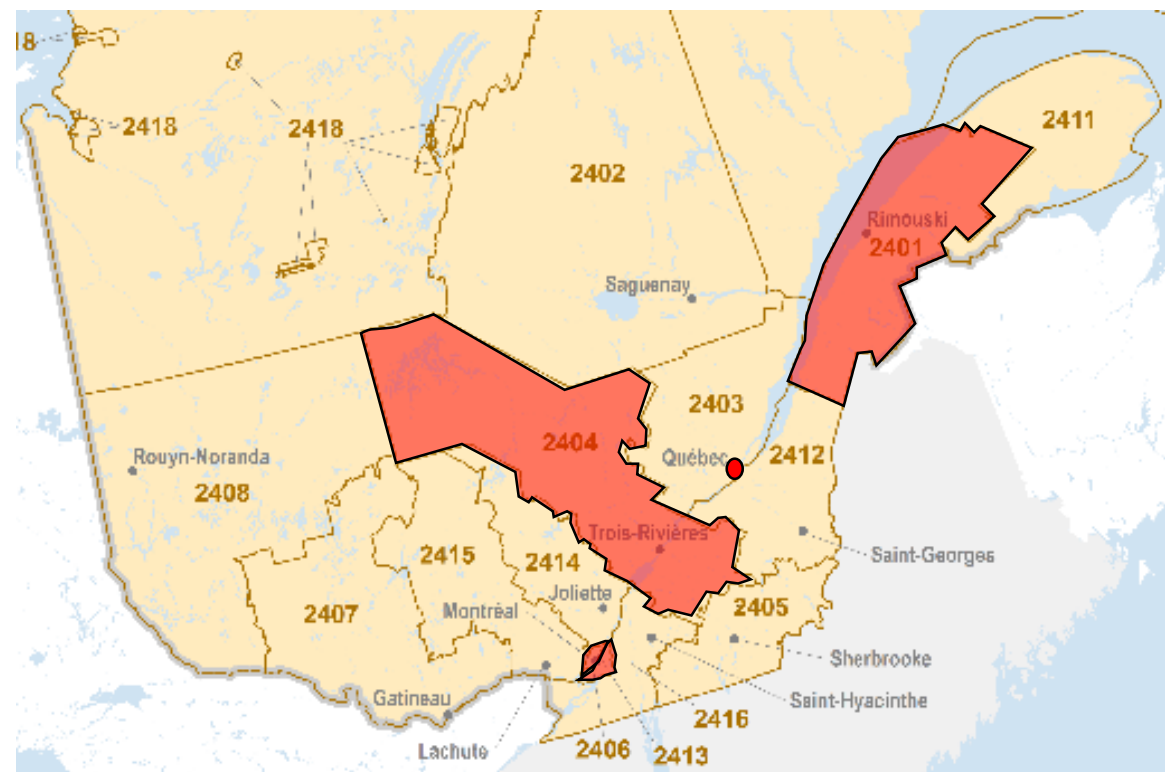
- Bas-St-Laurent
- Mauricie



# Projets pilotes de vigies par les eaux usées

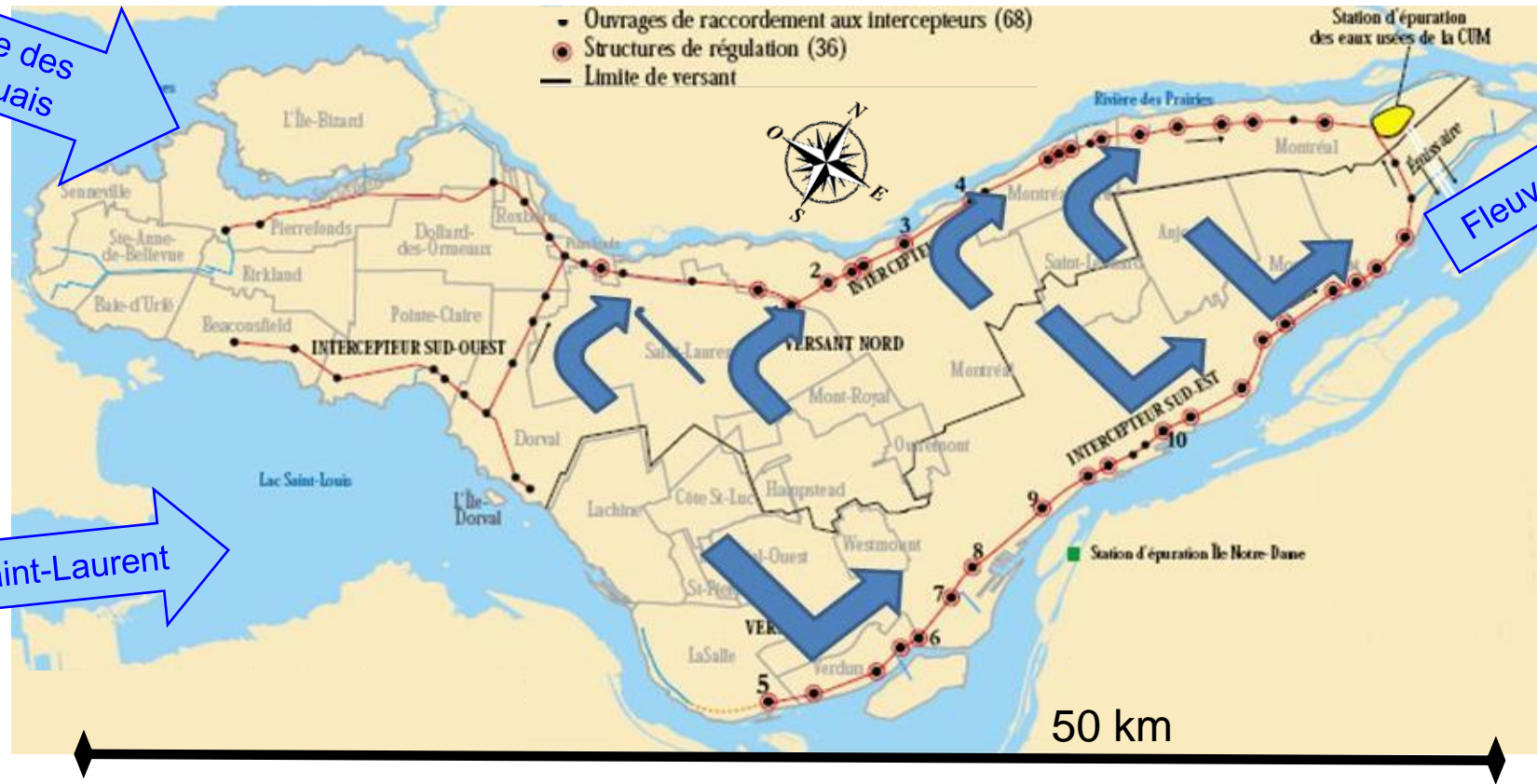
## Projets pilotes de 6 mois :

- Montréal (2 000 000 habitants)
- Québec (Capitale-Nationale; 830 000 habitants)
- Laval (440 000 habitants)
- Bas-Saint-Laurent (200 000 habitants)
- Mauricie-Centre-du-Québec (270 000 habitants, dont 140 000 à Trois-Rivières)



# Vigie de la COVID par quartier de Montréal avec les eaux usées

- Surveillance séparée de chaque quartier sur l'île de Montréal aux collecteurs
- 20 échantillons par jour couvrant environ 100 000 habitants par échantillon
- Possibilité de faire des canevras ponctuelles à l'intérieur d'un quartier.



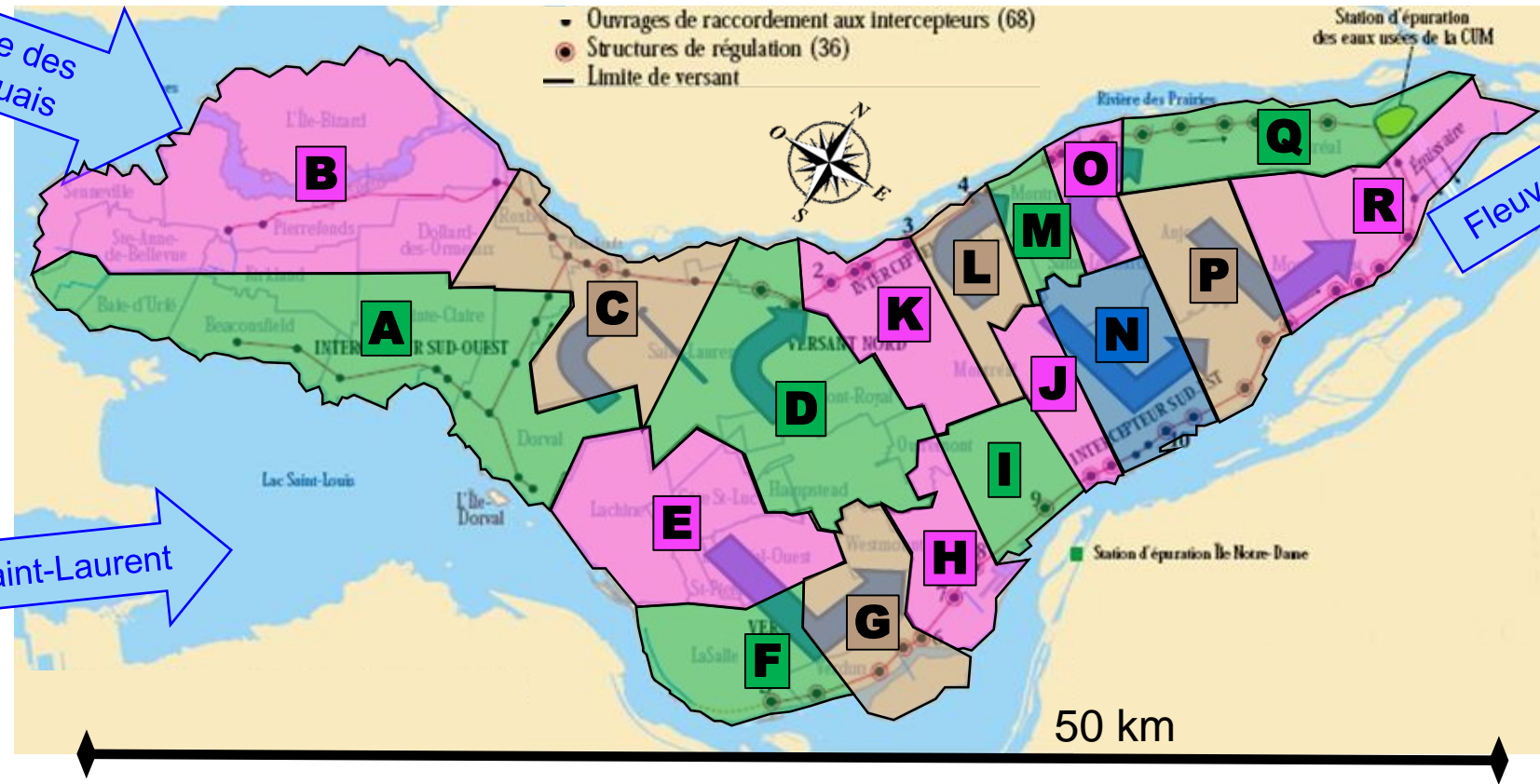
Fleuve Saint-Laurent

Rivière des Outaouais

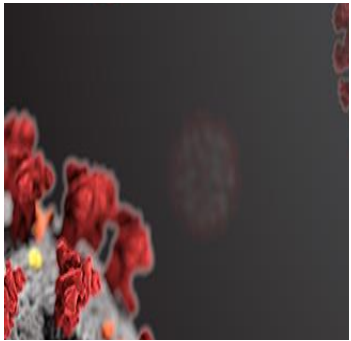
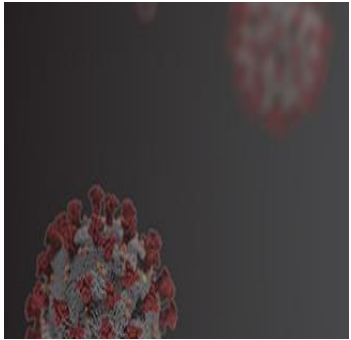
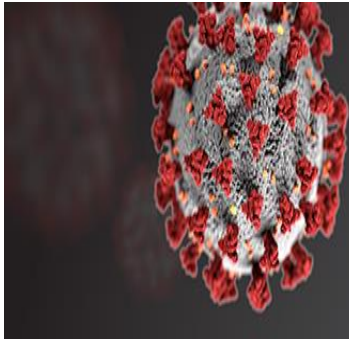
Fleuve Saint-Laurent

# Vigie de la COVID par quartier de Montréal avec les eaux usées

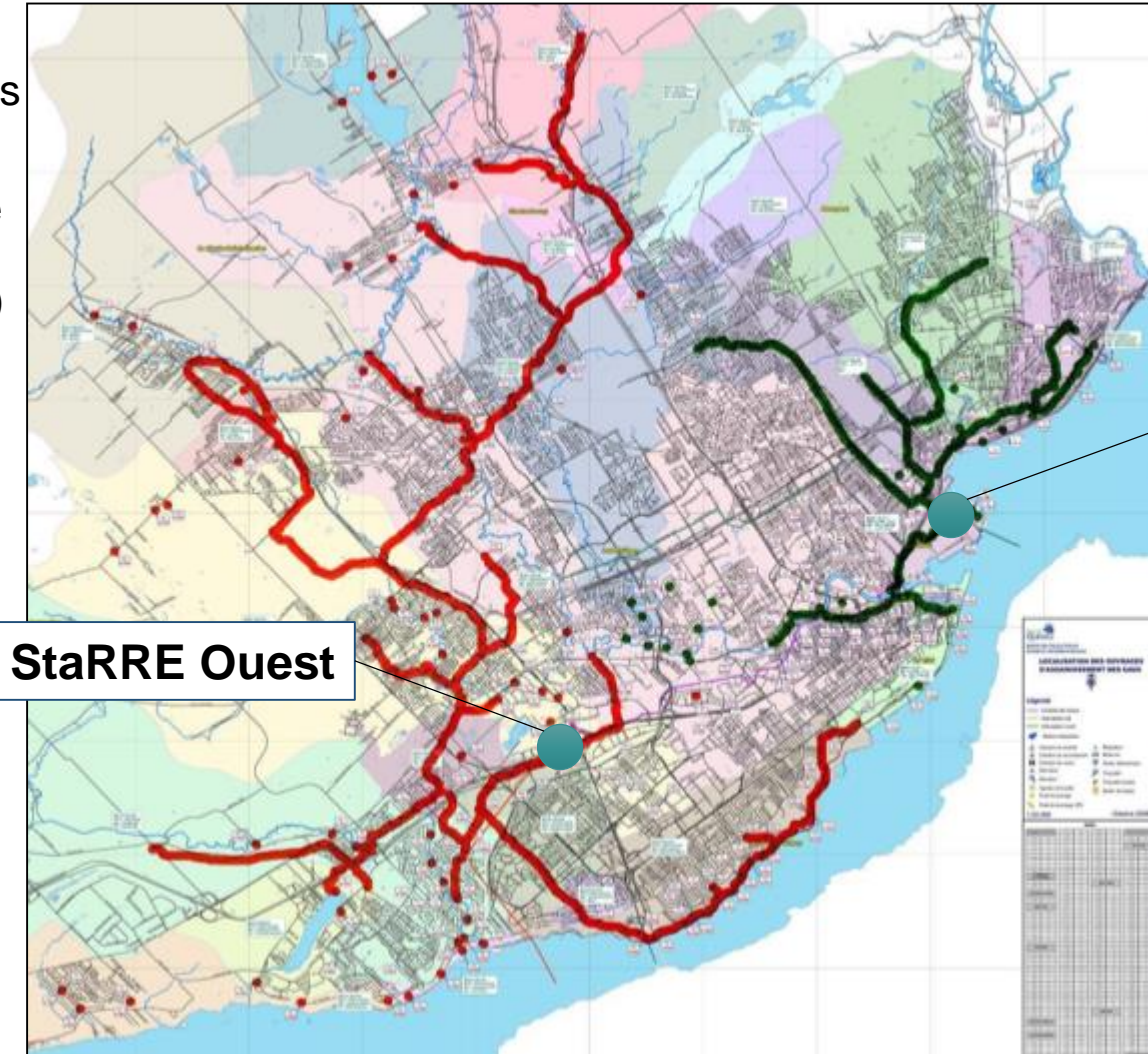
- Surveillance séparée de chaque quartier sur l'île de Montréal aux collecteurs
- 20 échantillons par jour couvrant environ 100 000 habitants par échantillon
- Possibilité de faire des canevras ponctuelles à l'intérieur d'un quartier



# Vigie de la COVID par quartier de *Québec* avec les eaux usées

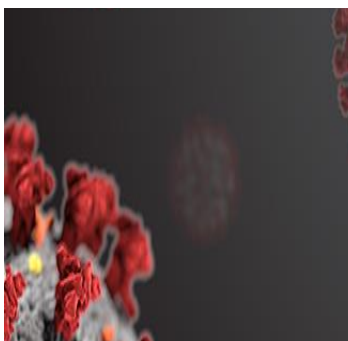
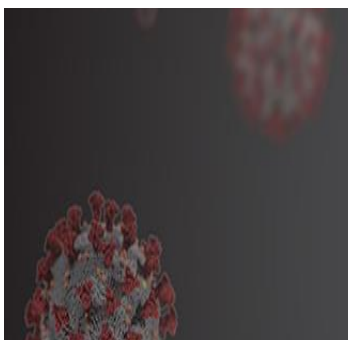
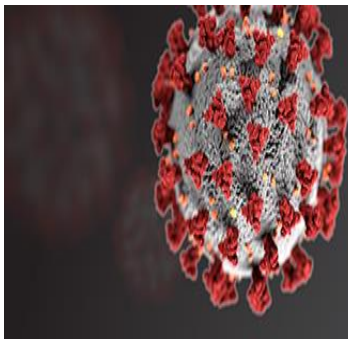


- Depuis le 21 juin 2020
- 2 échantillons à chacune des deux StaRRE de Québec
- Toutes les données de base sont disponibles (débit, T, pluie, DCO/DBO<sub>5</sub>, MeS, pH)
- Analyses commencées



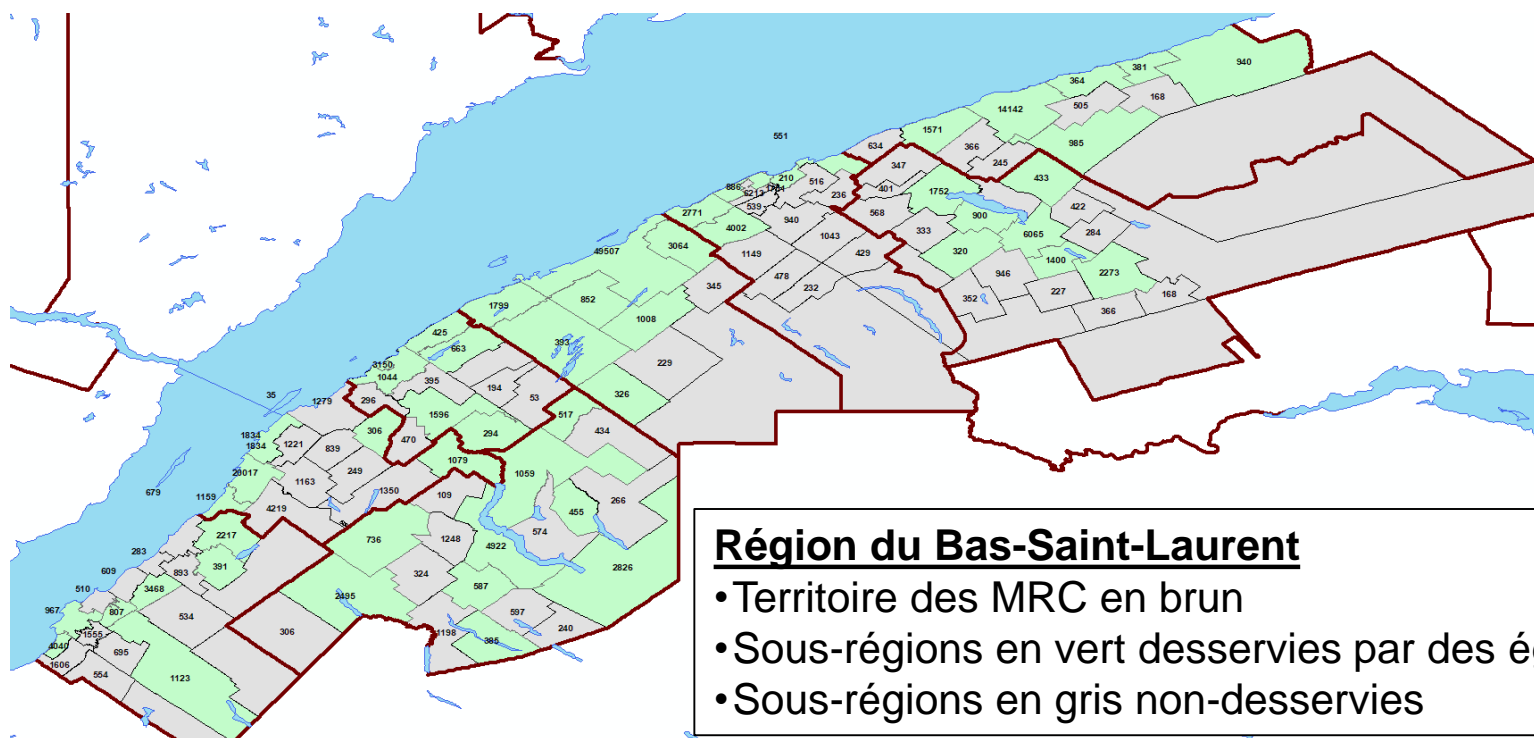
StaRRE Est

StaRRE Ouest

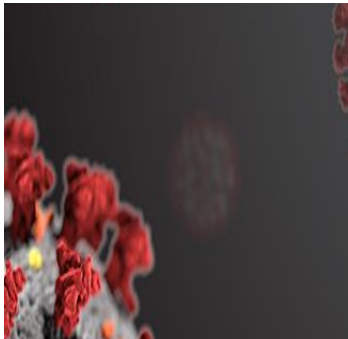
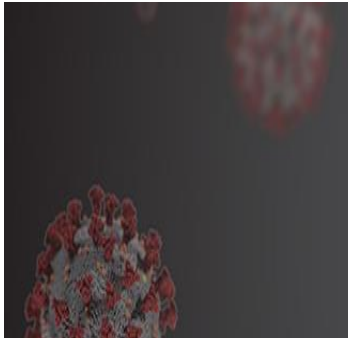
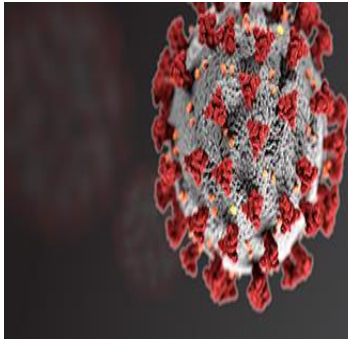


# Vigie de la COVID par les eaux usées en région éloignée : Projet pilote au *Bas-Saint-Laurent*

- Mesure à la fin des réseaux d'égouts en regroupant les échantillons de sous région
- Analyse 2-3 fois par semaine puisqu'on s'attend à de faibles concentrations (on non-détectés)
- Échantillonnage adaptatif où, si SARS-CoV-2 est détecté, la fréquence est augmentée et l'échantillon est séparé pour analyser chacune des sous-régions visées.



# Modélisation du signal viral

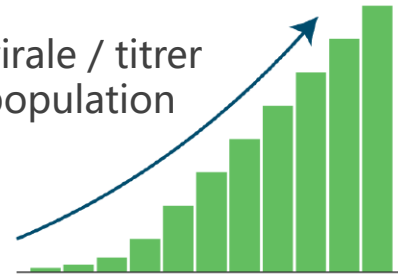


- Trois niveaux d'interprétation (WRF sommet COVID, avril 2020)

## Occurrence de tendance

Plus facile à réaliser

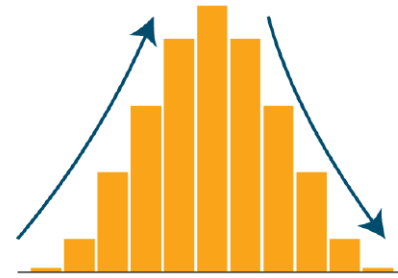
Charge virale / titrer dans la population



1 variable, 1 direction

## Changement dans les tendances

Démontre les défis

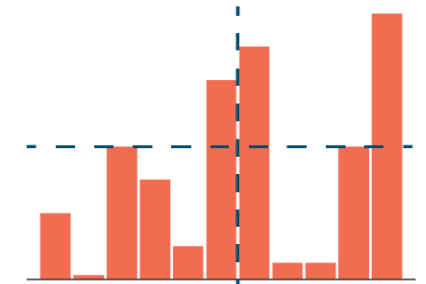


1 variable, 2 directions

## Prévalence communautaire

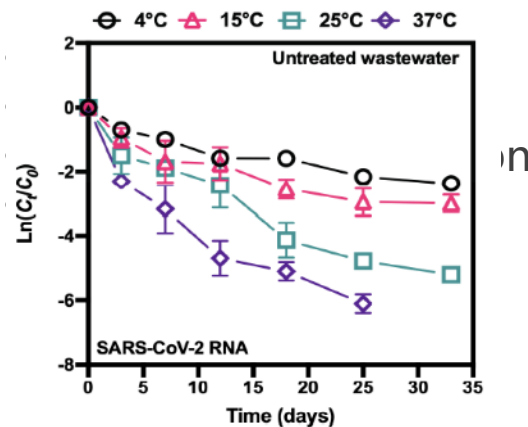
Très difficile à réaliser

Nombre de cas



multiple variables, need to establish trigger levels

- Correction de tendances :



Amélioration de la qualité des données en ajoutant de l'information à partir des tests de dépistage de la population par méthodes de « Machine Learning »

THALES



# Gestion des données

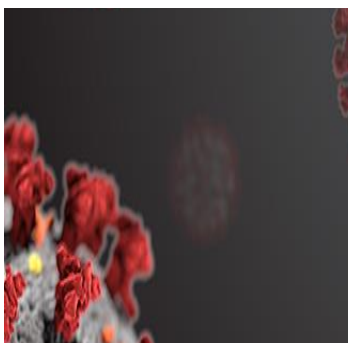
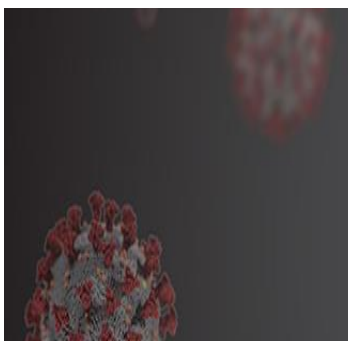
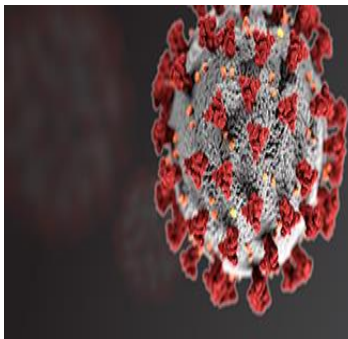
- Agence canadienne de santé publique

Développement de structures de données standardisées pour partage pancanadien

- Support logistique des échantillonnages et collecte/visualisation de données

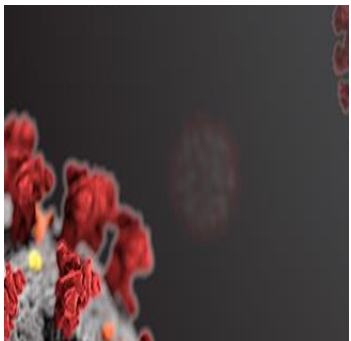
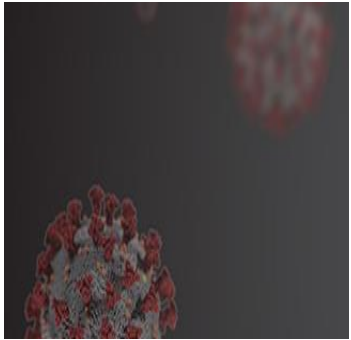
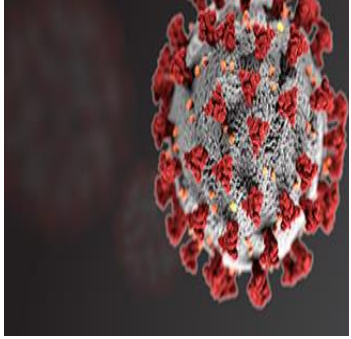


# Réflexions finales sur la vigie de la COVID-19 par les eaux usées



- La vigie par les eaux usées s'inscrit d'emblée dans les nouvelles approches de dépistage de la santé publique.
- Nos designs novateurs pour suivre les quartiers et les régions éloignées permettent l'intégration aux interventions ciblées pour les communautés et les populations les plus vulnérables.
- Les aspects éthiques et de gouvernance de ce type de vigie seront considérés.
- L'Infrastructure de cette vigie par les eaux usées pourra être valorisée pour d'autres problèmes de santé, comme par exemple :
  - Influenza
  - Résistance aux antibiotiques
  - Zoonoses dans les élevages
  - Maladies métaboliques (ex. obésité morbide)
  - Consommation de drogue
- StaRRE → Eaux usées comme ressource d'information

# Remerciements



- Membres de CentrEau-COVID-Eaux usée et leur équipe :
  - Sarah Dorner et Françoise Bichai (Polytechnique Montreal)
  - Marc-André Labelle (Centre des Technologie de l'eau)
  - Alain Létourneau (U. Sherbrooke)
  - François Guillemette (UQTR)
  - Marc-Denis Rioux et Karine Lamarche (UQAR)
  - Richard Villemur (Armand-Frappier)
  - Robert Delatolla et Stephanie Guilherme (U. Ottawa)
  - Viviane Yargeau (U. McGill)
  - Céline Vaneeckhaute (U. Laval)
  
- Les membres de nos équipes de recherche:  
Fernando Sanchez-Quetz, Thomas Maere, et plusieurs autres
  
- CentrEau: Centre québécois de recherche sur l'eau
  
- Plusieurs collaborateurs canadiens et internationaux
  - Réseau Canadien de l'Eau
  - Équipes de recherche en Ontario, Saskatchewan, Alberta, Colombie-Britannique, Nouvelle Écosse, Australie, JRC-Europe
  - Agence Canadienne de la Santé Publique

