



## Les indicateurs et la réglementation actuelle

### Contamination virale et parasitaire de l'eau potable : indicateurs et gestion du risque

Philippe Cantin, Ph.D., microbiologiste  
Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ)  
*Journées annuelles de santé publique - 2016*

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec

## Est-ce que les indicateurs bactériens sont adéquats pour les parasites et les virus ?

- Parasites et virus d'intérêt pour l'eau potable au Québec
- Méthodes d'analyse des parasites et des virus
- Les indicateurs
- Mesures du RQEP contre les parasites et les virus
- Conclusions

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec

## PARASITES D'INTÉRÊT POUR L'EAU POTABLE AU QUÉBEC

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

### *Giardia et Cryptosporidium*

Cycle de vie de  
*Giardia*

Source : <https://www.cdc.gov/parasites/giardia/pathogen.html>

Cycle de vie de  
*Cryptosporidium*

Source : <https://www.cdc.gov/parasites/crypto/pathogen.html>

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

## Kystes de *Giardia*

- Peut survivre des mois dans l'environnement (ex. 77 jours dans l'eau du robinet à 8 °C)
- Survit mieux au froid, donc l'hiver
- Résistant à la simple chloration



Image : CEAEQ

Forme ovoïde, 7-10 × 8-14 µm  
Microscopie à contraste interférentielle  
1000X

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec

## Oocystes de *Cryptosporidium*

- Survivent dans les eaux froides (4 °C) jusqu'à 18 mois
- Résistent à divers stress environnementaux, dont la congélation
- Très résistants à la désinfection
- *C. hominis*, *C. meleagridis* et *C. parvum* infectent les humains



Image : CEAEQ

Rond, 4 à 6 µm de diamètre  
Microscopie à contraste interférentielle  
1000X

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec

*Giardia* et *Cryptosporidium* : on peut en trouver dans presque toutes les eaux de surface non traitées !

- La giardiose est endémique chez les humains et plus de 40 espèces d'animaux
- Matières fécales humaines
  - Eaux usées municipales et fosses septiques défectueuses
- Matières fécales provenant d'animaux d'élevage, sauvages ou de compagnie
  - Castor, chien, rat musqué, cheval, ours, oiseaux, chats, souris, canards, bernaches, etc.

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

### Éclosions à *Giardia* ou *Cryptosporidium*

- Milwaukee, 1993, *Cryptosporidium*, 400 000 personnes infectées, 100 décès
- North Battleford, Saskatchewan, 2001 : *Cryptosporidium*
  - Rejet d'égout en amont de la prise d'eau

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

## Autres protozoaires entériques

- *Toxoplasma gondii*, *Cyclospora cayetanensis* et *Entamoeba histolytica*
- Ne semblent pas problématiques au Québec
- Un traitement de potabilisation efficace contre *Giardia* et *Cryptosporidium* est également efficace contre ces autres protozoaires entériques

## VIRUS D'INTÉRÊT POUR L'EAU POTABLE AU QUÉBEC

## Virus entériques

- Définition : virus qui peuvent se multiplier dans le tractus gastrointestinal des humains et des animaux
- Plus de 140 types sérologiques
- Parasites obligatoires
- En général, les virus sont spécifiques à l'hôte
- Très petits : 0,020 à 0,350  $\mu\text{m}$  (20 à 350 nm)

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

## Plusieurs groupes de virus entériques

- Norovirus (dont le virus de Norwalk)
- Virus de l'hépatite A et E
- Rotavirus
- Enterovirus
- Adenovirus
- Astrovirus
- Etc

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

## On s'inquiète des virus dans les eaux usées d'origine humaine

- Proviennent des fèces et parfois de l'urine
- Matières fécales humaines
  - Eaux usées municipales et fosses septiques défectueuses
- Migration dans le sol
  - Migrent plus vite dans les sols sableux que les sols argileux
  - Des virus détectés dans l'eau souterraine à 100 m de sources septiques

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec



## Éclosion à virus associée à l'eau potable

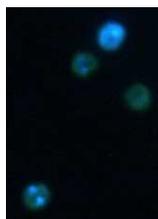
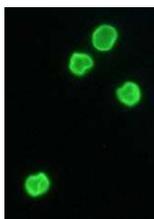
- Wisconsin, 2012, norovirus, 19 cas lors d'une réception de mariage dans un club sportif
  - Installation septique qui contamine le puits. Présence d'*E. coli*, de coliformes totaux et de norovirus dans l'eau du puits

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec

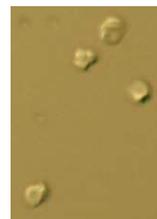


<https://www.dhs.wisconsin.gov/lh-depts/waterborne-presentation.pdf>

## MÉTHODES D'ANALYSE DES PARASITES ET DES VIRUS



Images : CEAEQ



Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec 

## Le CEAEQ offre l'analyse de *Giardia* et *Cryptosporidium*

- Méthode standardisée US EPA 1623.1 (2012), la technique la plus reconnue
- Limites
  - Coûteuse : >1000 \$/échantillon
  - Nécessite entre 10 et 50 litres d'eau
  - Temps de laboratoire élevé
  - Récupération faible
    - Kystes de *Giardia* : 8-100 %
    - Oocystes de *Cryptosporidium* : 32-100 %
  - Viables, infectieux ?

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec 

## Développements récents sur l'analyse de *Giardia* et *Cryptosporidium*

- Utilisation de la qPCR pour la quantification
- Nouvelles techniques pour évaluer la viabilité et l'infectiosité des kystes et des oocystes (Lalancette *et al.*, 2010)
- Nouvelles techniques pour identifier les espèces de *Cryptosporidium*
- Séquençage de prochaine génération ???
- En résumé, beaucoup d'innovations intéressantes qui changent peu le portrait global

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec



## Méthodes d'analyse des virus

- Culture cellulaire, biologie moléculaire (PCR), hybrides
- Méthodes standardisées : USEPA 1615: 2012
- Limites
  - Nécessité de concentrer des volumes d'eau très importants (120 à 4320 litres pour USEPA 1615)
  - Équipement de laboratoire spécialisé, personnel très bien formé
  - Coût élevé des analyses
  - Choix des virus à analyser

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec



## Liste des virus identifiés par la méthode USEPA 1615 : 2012

- Enterovirus humain A, B, C et D
- Norovirus génogroupes I et II
- Orthoreovirus de mammifères



Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec



## Les méthodes d'analyse des virus et des parasites

- Demeurent trop limitées pour un contrôle régulier de la qualité de l'eau, malgré les innovations
- Sont utiles en certaines circonstances
  - Valider des technologie de traitement d'eau
  - Améliorer les connaissances sur la présence des virus et des parasites aux prises d'eau
  - Etc.

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec



## LES INDICATEURS

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

### Quelques caractéristiques du microorganisme indicateur idéal

- Présent avec les virus et les parasites; absent dans une eau non-contaminée
- Nombre plus élevé que les virus et les parasites
- Survie égale ou plus longue que celle des virus et des parasites
- Au moins aussi résistant à la désinfection que les virus et les parasites

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec 

## *Escherichia coli*

- Bactérie indicatrice de contamination fécale
  - Concentration élevée dans les fèces humaines et animales
  - Généralement absente dans les eaux non contaminées
  - Encore considérée comme le meilleur indicateur pour l'eau potable

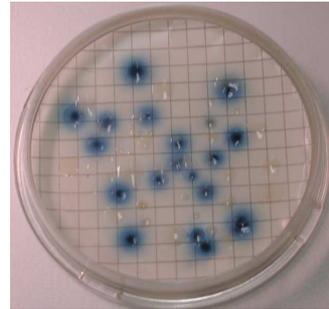


Image : CEAEQ

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec



## *E. coli* : valeur comme indicateur

	<i>E. coli</i> présent	<i>E. coli</i> absent
Virus entériques	Risque élevé	On ne sait pas
<i>Giardia</i> et <i>Crypto</i>	Risque élevé	On ne sait pas

### Limites de *E. coli* comme indicateur

Virus entériques	<i>E. coli</i> migre plus lentement dans l'eau souterraine que les virus entériques
<i>Giardia</i> et <i>Crypto</i>	Il faut des doses de chlore plus élevées pour inactiver <i>Giardia</i> et <i>Crypto</i> que celles requises pour <i>E. coli</i>

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec



## Autres bactéries indicatrices courantes

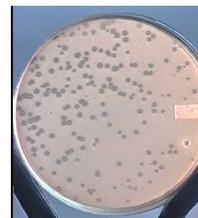
- Coliformes thermotolérants (coliformes fécaux)
  - N'est plus utilisé dans l'eau potable
- Entérocoques
  - Indicateur fécal moins spécifique qu'*E. coli*
  - Complément à *E. coli*
- Coliformes totaux
  - Surtout un indicateur de traitement
- Valeur d'indicateur pour les virus, *Giardia* et *Crypto* : pas meilleure que celle d'*E. coli*

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec



## Coliphages

- Bactériophages (virus) qui infectent *E. coli*
- Deux types
  - Coliphages F-spécifiques (aussi appelés "mâles spécifiques")
  - Coliphages somatiques
- Ressemblent à certains virus entériques humains
- Plus faciles à analyser que les virus entériques humains
- Au Québec, des laboratoires sont accrédités par le MDDELCC pour les coliphages F-spécifiques



Images : CEAEQ

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec



## Coliphages

- Utiles comme indicateurs de virus dans l'eau souterraine:
  - Migrent comme certains virus
- Utiles pour valider des procédés
  - Se comportent comme certains virus lors de la désinfection
- Limites :
  - Les coliphages F-spécifiques sont trouvés chez 1-3% des humains seulement (Edberg *et al.*, 2000)
  - Les méthodes d'analyse ne sont pas si simples



## Autres indicateurs de procédé ou modèles

- Spores de *Clostridium perfringens*
- Bactéries sporulantes aérobies
- Sont utiles pour valider des procédés de traitement de l'eau
  - La résistance des spores bactériennes à la désinfection se rapproche de celle de *Cryptosporidium*



## Corrélation entre indicateurs et virus ou parasites ?

- Il existe toujours une controverse sur l'existence d'une corrélation
  - Généralement pas de corrélation
  - Lorsqu'il y en a, la concentration en organismes pathogènes est élevée
- On ne peut pas se fier uniquement aux indicateurs pour prévenir le risque associé aux virus et à *Giardia* et *Cryptosporidium*
- Une approche de gestion du risque est requise

## COMMENT LE RQEP\* PRÉVIENT-IL LE RISQUE ASSOCIÉ AUX PARASITES ET AUX VIRUS DANS L'EAU

\* Règlement québécois sur la qualité de l'eau potable

## Mesures du RQEP contre *Giardia* et *Cryptosporidium*

- Problématique :
  - Surtout pour les systèmes alimentés en eau de surface ou ESSIDES\*
  - *Giardia* et *Crypto* peuvent être présents de manière sporadique dans toutes les eaux de surface
  - *Giardia* et *Crypto* sont résistants à la désinfection, mais « filtrables »

\*Eaux Souterraines Sous Influence Directe d'Eaux de Surface

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec 

## Obligation de filtrer avant de désinfecter

- Généralement, la filtration, avant la chloration, est nécessaire pour inactiver *Giardia* et *Cryptosporidium*
- Obligation de performance de traitement :
  - Éliminer 99,9 % (3 log) des kystes et oocystes, ou plus

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec 

**Tableau 10-6 : Crédits d'enlèvement des kystes de *Cryptosporidium* obtenus par les traitements de filtration**

Traitements	Turbidité à l'eau filtrée (95 <sup>e</sup> centile)				
	≤ 0,15 UTN <sup>7</sup>	≤ 0,15 UTN <sup>6</sup>	0,15 à 0,30 UTN <sup>5</sup>	0,31 à 0,50 UTN <sup>5</sup>	0,51 à 1,0 UTN <sup>5</sup>
Filtration directe <sup>1</sup>	3,5 log	3,0 log	2,5 log	2,0 log	0
Traitement conventionnel <sup>2</sup>	4,0 log	3,5 log	3,0 log	2,5 log	0
Filtration lente	3,0 log	3,0 log	3,0 log	3,0 log	3,0 log
Filtration sur terre diatomée	3,0 log	3,0 log	3,0 log	3,0 log	3,0 log
	≤ 0,1 UTN				
Filtration membranaire <sup>3,4</sup>	Voir les fiches du Comité		Ne s'applique pas		

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec

<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Eau/potable/guide/documents/volume1.pdf>

## Suivi de *E. coli* à l'eau brute (depuis 2013)

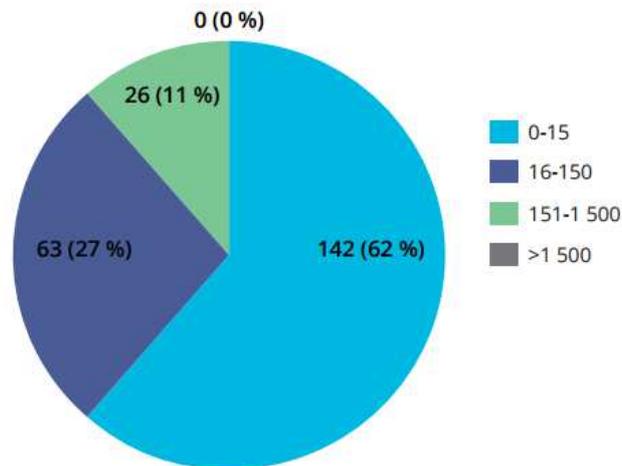
Nombre moyen de bactéries <i>Escherichia coli</i> (par 100 ml d'eau brute prélevée)	Catégorie de micro-organismes pathogènes	Pourcentage d'élimination
≤ 15	Virus	99,99 %
	Kyste de <i>Giardia</i>	99,9 %
	Oocyste de <i>Cryptosporidium</i>	99,9 %
> 15 et ≤ 150	Virus	99,999 %
	Kyste de <i>Giardia</i>	99,99 %
	Oocyste de <i>Cryptosporidium</i>	99,9 %
> 150 et ≤ 1500	Virus	99,9999 %
	Kyste de <i>Giardia</i>	99,999 %
	Oocyste de <i>Cryptosporidium</i>	99,99 %
> 1500	Virus	99,99999 %
	Kyste de <i>Giardia</i>	99,9999 %
	Oocyste de <i>Cryptosporidium</i>	99,999 %

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec

[http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/reglement/guide\\_interpretation\\_RQEP.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/reglement/guide_interpretation_RQEP.pdf)

Figure 18 – Répartition des stations approvisionnées en eau de surface au Québec selon la moyenne de leurs résultats d'analyse de bactéries *E. coli* à l'eau brute (en UFC/100 ml)

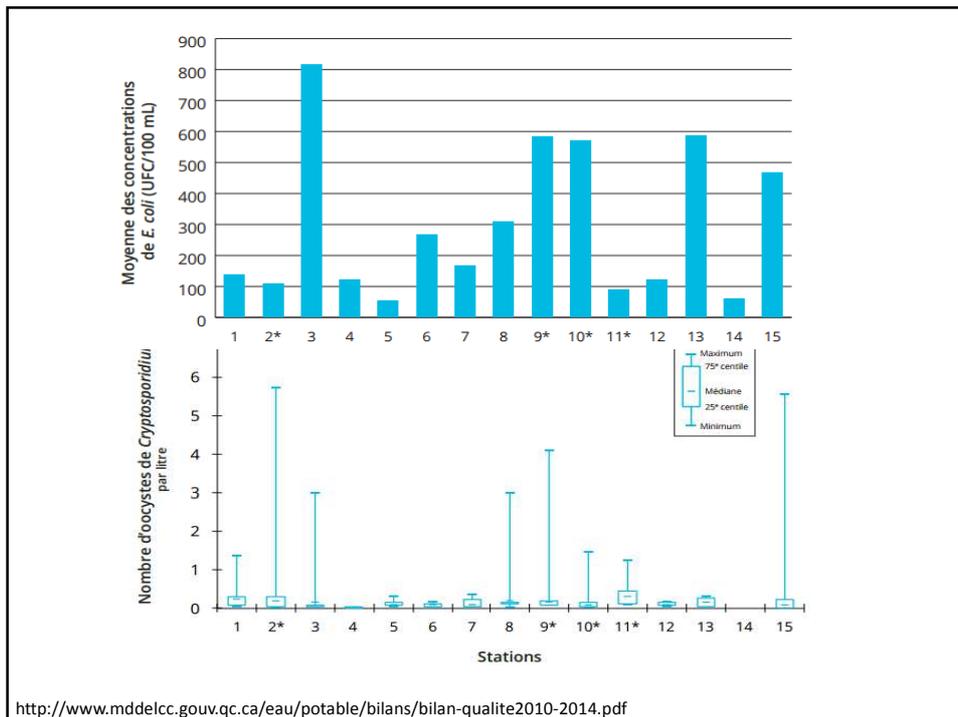


<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/bilans/bilan-qualite2010-2014.pdf>

## Autres mesures

- Opérateurs formés
- Suivi en continu de paramètres opérationnels et inscription dans un registre
  - Turbidité (augmentation du risque *Giardia* et *Cryptosporidium* lorsque la turbidité augmente)
  - Désinfectant résiduel en sortie d'usine
  - Etc.
- Obligation d'aviser le MDDELCC en cas de défaillance
- Audits aux 5 ans

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques  
Québec



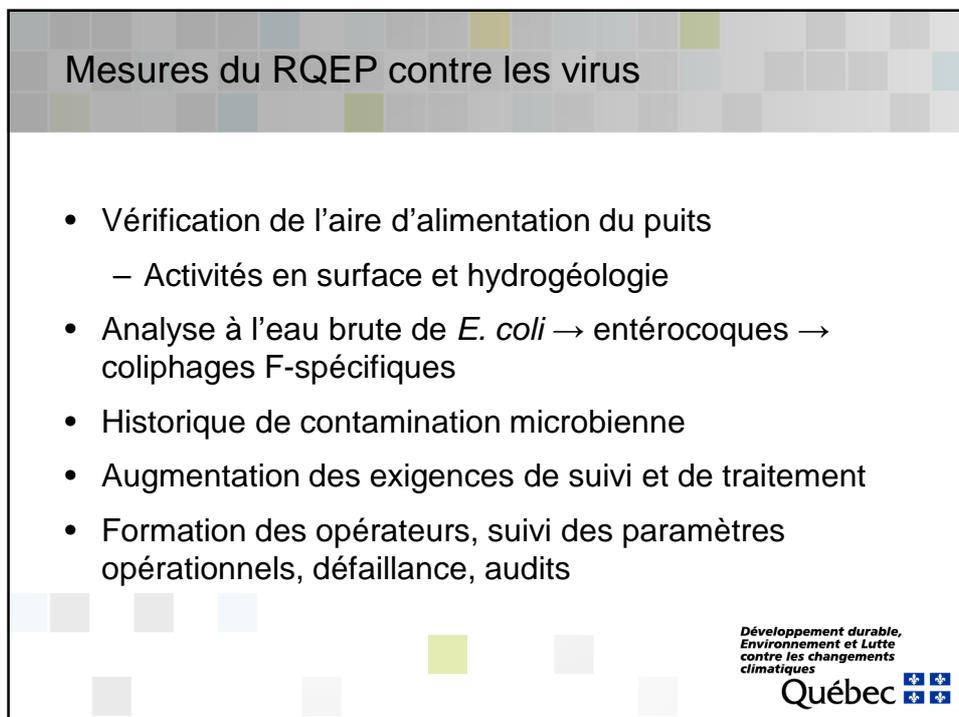
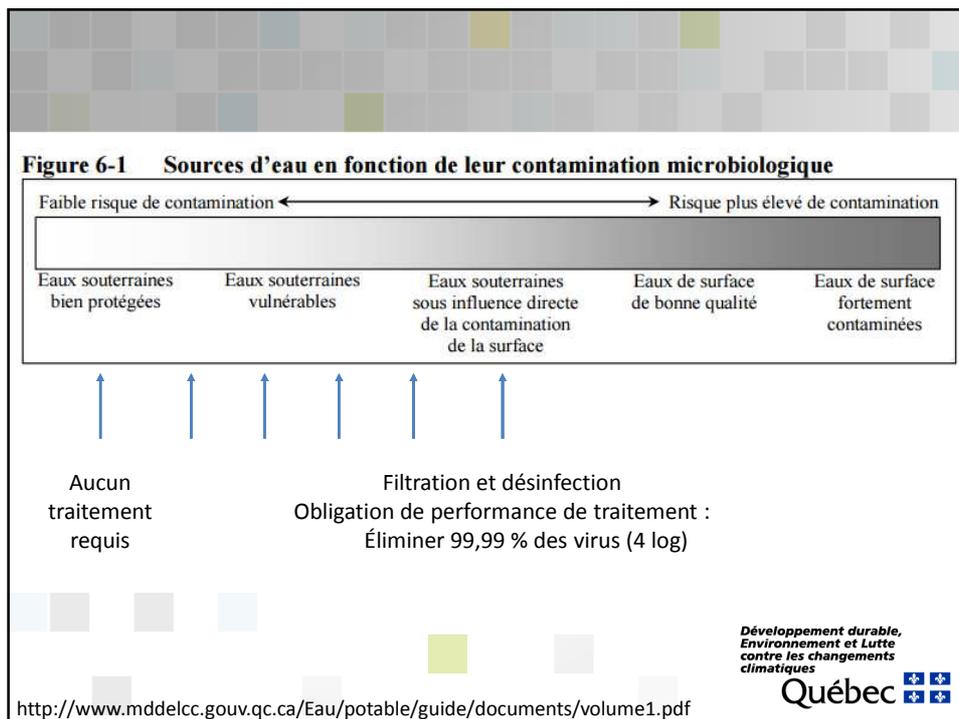
## Mesures du RQEP contre les virus entériques

- Problématique :
  - Concerne surtout pour les réseaux alimentés en eaux souterraines
    - Pour les eaux de surface, on a une approche contre les virus qui est similaire à celle de *Giardia* et *Crypto*
  - Inquiétude surtout pour la contamination fécale d'origine humaine
    - Rares sont les virus qui franchissent la barrière des espèces
  - Les virus migrent plus rapidement dans le sol que les bactéries indicatrices

\*Eaux Souterraines Sous Influence Directe d'Eaux de Surface

Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques

Québec



## Conclusion

- L'analyse des parasites et des virus entériques humains demeure trop complexe et coûteuse pour un suivi régulier de la qualité de l'eau potable
  - Utile en certaines occasions
- Les indicateurs conventionnels (*E. coli*, coliformes totaux, entérocoques et coliphages) demeurent très utiles pour suivre la qualité de l'eau potable
  - Cependant, ils ont des limites par rapport aux virus et aux parasites

## Conclusion (suite)

- Pas de nouvel indicateur pour les virus ou pour les protozoaires
- D'autres approches que les indicateurs sont requises pour éviter la transmission des virus et des parasites par l'eau potable
- Le RQEP contient des mesures pour prévenir le risque associé aux virus et aux parasites

MERCI DE VOTRE ATTENTION

*Développement durable,  
Environnement et Lutte  
contre les changements  
climatiques*

Québec 