



## **ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ ASSOCIÉS**

AUX VIRUS PRÉSENTS DANS LES APPROVISIONNEMENTS EN EAU SOUTERRAINE

---

PIERRE PAYMENT, CENTRE INRS-INSTITUT ARMAND-FRAPPIER

*Publié avril 2015*



Réseau  
canadien  
de l'eau

# ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ ASSOCIÉS AUX VIRUS PRÉSENTS DANS LES APPROVISIONNEMENTS EN EAU SOUTERRAINE

PIERRE PAYMENT, CENTRE INRS-INSTITUT ARMAND-FRAPPIER

Publié avril 2015

## POURQUOI AVONS-NOUS RÉALISÉ CETTE RECHERCHE?

Pour évaluer les risques pour la santé publique, il est essentiel de connaître l'occurrence des contaminants microbiens. De 1974 à 2001, les virus entériques humains (principalement le virus de Norwalk et celui de l'hépatite A) ont été à l'origine d'au moins 24 éclosions de maladies menaçant la santé publique au Canada. Un grand nombre de municipalités canadiennes dépendent de l'eau souterraine comme source d'eau potable. Si ces sources sont contaminées par des virus, il peut en résulter des éclosions de maladies d'origine hydrique.

Comme source d'eau potable, l'eau souterraine est habituellement plus sécuritaire que l'eau de surface à cause de la filtration naturelle et du délai de recharge des sources de contaminant. Toutefois, les virus entériques humains peuvent tout de même se retrouver dans l'eau souterraine si les bonnes conditions existent, comme lorsque l'eau souterraine est sous l'influence directe de l'eau de surface.

Actuellement, il n'y a pas d'indicateur direct fiable pour mesurer les virus entériques dans l'eau souterraine. La surveillance des bactéries (à l'aide d'indicateurs comme les coliformes totaux et *E. coli*, les entérocoques et les coliphages) est utilisée comme élément auxiliaire pour la détection virale. Toutefois, les sources d'eau qui sont libres de ces microorganismes fécaux peuvent quand même contenir des virus qui peuvent mettre la santé du public en danger.

Pour mieux comprendre la qualité de l'eau brute, il faut des tests pour les deux types de virus et leurs indicateurs bactériens afin d'évaluer adéquatement le taux de succès de ces indicateurs.

Il est difficile de tester l'eau pour détecter la présence de virus et évaluer les risques connexes, car il suffit d'aussi peu qu'une seule particule virale pour infecter un humain. Puisque les virus dans un échantillon d'eau peuvent être rares, ils doivent être concentrés à partir de centaines de litres d'eau afin d'accroître les chances de détection. Avec l'eau souterraine, la taille de l'échantillon requis est de plus de 1 000 litres. Puisque peu de laboratoires sont en mesure de réaliser ces tests, peu de données canadiennes sont disponibles.

La présente étude avait les objectifs suivants :

- Mesurer l'occurrence des virus dans les sources d'eau souterraine non traitée de certaines collectivités canadiennes et évaluer leur risque pour la santé publique.
- Déterminer si les tests microbiens actuels sont adéquats pour surveiller l'occurrence de virus dans l'eau souterraine.
- Étudier l'avantage d'utiliser d'autres indicateurs microbiens comme éléments auxiliaires de détection des virus.

La présente recherche a été menée par une équipe d'experts en microbiologie, hydrologie, hydrogéologie, génie civil et santé publique, avec la contribution de représentants des ministères de l'Environnement du Québec, de l'Ontario et de l'Alberta.

## QU'AVONS-NOUS FAIT?

Sur une période d'un an, l'équipe de recherche a testé l'eau souterraine de puits municipaux dans trois provinces pour déterminer la présence de virus entériques humains et d'une série d'indicateurs bactériens. Pour obtenir des sites représentatifs, la sélection a été faite en collaboration avec les ministères de l'Environnement de l'Alberta, de l'Ontario et du Québec. Les puits de 35 municipalités ont été choisis. Chaque site était situé dans un secteur d'activité humaine et disposait de données historiques sur la qualité de l'eau brute.

On a réparti les sites en deux groupes :

- Sites propres avec peu de contamination bactérienne
- Sites contaminés avec des antécédents d'indicateurs bactériens



Figure 1. Appareil de concentration des virus

L'équipe de recherche a contacté les gestionnaires et exploitants de ces réseaux de distribution d'eau et leur a demandé de remplir un questionnaire détaillé en plus de fournir des échantillons d'un de leur puits. Des trousse de échantillonnage avec filtre adsorbant pour virus ont été conçues pour usage sur le site (Figure 1). Afin d'accroître la sensibilité des tests de détection de virus, les chercheurs ont utilisé de nouvelles méthodes moléculaires pour détecter les virus dans les échantillons. Ces méthodes permettent de détecter des virus qui ne se reproduisent pas dans les cultures cellulaires utilisées pour leur détection.

Au total, 167 échantillons ont été obtenus pour réaliser les tests de présence de virus et de bactéries :

INDICATEURS ÉVALUÉS	CONTAMINANT	JUSTIFICATION DE L'ÉCHANTILLONNAGE DANS LE CADRE DE CETTE RECHERCHE
<b>COLIFORMES TOTAUX</b>	Bactéries	Norme réglementaire actuelle
<b>E. COLI</b>	Bactéries	Norme réglementaire actuelle
<b>ENTÉROCOQUES</b>	Bactéries	Norme réglementaire actuelle dans certaines provinces
<b>COLIPHAGES</b>	Virus	Virus de bactéries coliformes qui se comportent comme des virus entériques humains dans l'eau souterraine
<b>ENDOSPORES AÉROBIES</b>	Bactéries	Bactéries courantes qui indiquent une possible contamination de l'eau de surface

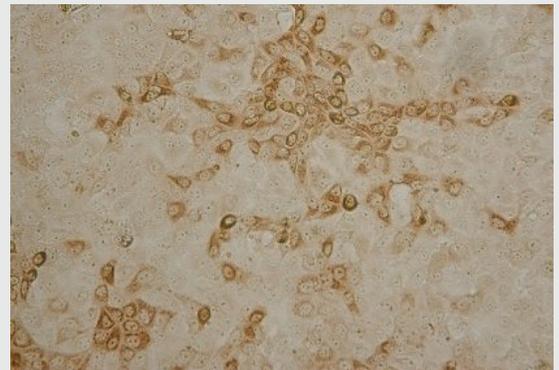
Tableau 1. Indicateurs de bactéries et virus utilisés dans l'échantillonnage et justification de leur usage

Tous les résultats recueillis ont été analysés pour évaluer les liens entre la présence de virus et de divers indicateurs, y compris les épisodes de pluie et les écoulements possibles d'eau souterraine.

## QUELS SONT NOS CONSTATS?

- Les coliformes totaux ont été détectés de façon très minime dans cinq échantillons provenant de sites propres, mais plus souvent et en concentrations plus grandes dans les échantillons provenant des sites contaminés.
- La bactérie *E. coli* n'a été retrouvée dans aucun des sites propres, mais elle a été détectée à de faibles niveaux dans les sites catégorisés comme étant contaminés.
- Des entérocoques ont été détectés une seule fois dans un site propre et une fois dans un site contaminé.
- Des coliphages n'ont été détectés dans aucun des sites propres, mais ils ont été détectés plus fréquemment dans les sites contaminés.
- Des endospores aérobies ont été détectées de façon très minime dans les échantillons provenant de sites propres. Elles ont été détectées plus fréquemment et à de plus fortes concentrations aux deux sites contaminés.
- 130 échantillons ont été analysés par culture cellulaire pour la présence de virus entériques humains. Un seul site a obtenu un résultat positif.
- Tous les échantillons analysés par méthodes moléculaires se sont révélés négatifs.

La plupart des sites choisis pour ce projet étaient considérés comme propres et non vulnérables à la contamination. Aucun indicateur de pollution fécale n'a été trouvé pendant la période d'échantillonnage d'un an. Les données recueillies montrent qu'à part un seul échantillon ayant donné un résultat positif pour la présence d'entérocoques dans un site, les sites catégorisés comme propres se sont avérés d'excellente qualité. Ces résultats confirment les résultats de recherches antérieures selon lesquels les sites d'eau souterraine propres qui n'indiquent pas de présence d'indicateurs bactériens sont habituellement libres de virus. Par conséquent, tenir compte des données historiques disponibles pour déterminer la vulnérabilité des puits demeure une étape essentielle dans l'évaluation de toute eau souterraine, surtout s'il s'agit d'une source d'eau potable.



Virus détectés dans une culture cellulaire

La surveillance des entérocoques et des coliphages n'a pas fourni d'information supplémentaire et il ne semble pas que cela justifie le coût des tests additionnels. Selon la documentation scientifique, les endospores aérobies pourraient être un indicateur prometteur du rendement d'une usine de traitement, mais leur utilisation comme indicateur de la qualité de l'eau souterraine nécessiterait plus de recherche et une normalisation des techniques de laboratoire.

L'absence de coliformes totaux et d'endospores aérobies évoque une eau est exempte de bactéries. Leur présence serait donc un solide indicateur de dégradation de la qualité de la source d'eau. Il faudrait dans de tels cas investiguer davantage pour déterminer la source de contamination. Cependant, ces tests ne justifient pas nécessairement des essais réglementaires; ils pourraient plutôt être utilisés dans le cadre d'une démarche préventive.

La présence d'indicateurs bactériens indique que de l'eau de surface contaminée pénètre dans l'aquifère, ce qui implique également la possibilité d'intrusion de virus. La surveillance d'*E. coli* et des coliformes totaux en combinaison fournit une excellente évaluation de la possibilité de contamination fécale et des risques connexes pour la santé publique.

Les résultats des Tableaux A, B et C (ci-dessous) appuient l'importance d'un échantillonnage fréquent pour détecter l'occurrence d'une contamination fécale. La dégradation de la qualité de l'eau peut se produire rapidement et disparaître rapidement, surtout après des épisodes de pluie. Il est difficile de prélever des échantillons précisément au bon moment. Le Tableau B montre l'effet de la fonte printanière et des pluies, tandis que le tableau C montre l'effet des pluies d'automne. Ces occurrences n'auraient pas été détectées dans le cadre d'un programme de surveillance moins fréquent.

MOIS	COLIFORMES TOTAUX	<i>E. COLI</i>	VIRUS
DÉC.	0	0	ND
JANV.	0	0	ND
FÉVR.	0	0	ND
MARS	0	0	ND
AVRIL	0	0	<2
MAI	0	0	<2
MAI	0	0	<2
JUIN	0	0	<2
JUIL.	0	0	<2
AOÛT	0	0	<2
SEPT.	0	0	<2
OCT.	0	0	<2
NOV.	0	0	<2
DÉC.	0	0	<2

Tableau A. Site propre au Québec

MOIS	COLIFORMES TOTAUX	<i>E. COLI</i>	VIRUS
DÉC.	5	0	ND
JANV.	29	0	ND
FÉVR.	5	0	ND
MARS	28	0	ND
AVRIL	41	0,5	9,2
MAI	0,5	0	<2
MAI	2	0	<2
JUIN	0	0	<2
JUIL.	1	0	<2
AOÛT	2,5	0	<2
SEPT.	0	0	<2
OCT.	0	0	<2
NOV.	0	0	<2
DÉC.	0	0	<2

Tableau B. Site vulnérable au Québec

MOIS	COLIFORMES TOTAUX	<i>E. COLI</i>	VIRUS
DÉC.	76	0	ND
JANV.	330	0,5	ND
FÉVR.	32	0,5	ND
MARS	955	10	ND
AVRIL	61	0,5	17,2
MAI	21	0,5	<2
MAI	12	0	<2
JUIN	29	1	<2
JUIL.	153	9	<2
AOÛT	185	4	5
SEPT.	500	10	248
OCT.	43,5	0	18
NOV.	18	0,5	62
DÉC.	30,5	1	4

Tableau C. Site contaminé au Québec

LÉGENDE	
BACTÉRIES (CFU/100 ML)	VIRUS (INFECTIOUS UNITS /1000L)
<0,5	<2
0,5-10	41914
11-100	11-100
>100	>100

Tableaux modifiés, tirés de Locas et coll. (2007).

La surveillance d'*E. coli* en combinaison avec les coliformes totaux fournit une excellente évaluation de la possibilité de contamination fécale et des risques connexes pour la santé publique.

## QU'EST-CE QUE CES RÉSULTATS SIGNIFIENT POUR LES MUNICIPALITÉS?

Les changements climatiques, notamment les épisodes de pluie plus fréquents et de plus forte intensité, ont le potentiel d'altérer la qualité de l'eau souterraine très rapidement, transportant vers les aquifères plus de polluants provenant de la contamination en surface. Actuellement, la fréquence de surveillance des indicateurs bactériologiques est faible, parfois une seule prise d'échantillon par mois. Étant donné la nature potentiellement passagère des événements liés à l'eau souterraine, alors que les conditions climatiques saisonnières et les événements climatiques peuvent altérer la qualité de l'eau sur une base quotidienne, il est recommandé d'effectuer des tests plus fréquents de dépistage d'*E. coli* et des coliformes totaux. Cette information permettrait aux fournisseurs d'eau de réagir rapidement lorsque des changements surviennent et d'effectuer les traitements de désinfection appropriés.

Les données historiques disponibles jouent un rôle important dans la détermination de la vulnérabilité des sources d'eau à la contamination par des bactéries et des virus. Les sites qui ont des antécédents de contamination sont les plus vulnérables à une contamination continue. Dû à la détectabilité insuffisante des virus à l'aide des méthodes d'échantillonnage normalisées, les séries de données plus grandes fournissent un meilleur aperçu de la qualité de l'eau et du potentiel de contamination au fil des saisons et selon des conditions hydrologiques variées. Les municipalités devraient utiliser les données historiques disponibles sur la qualité de l'eau brute afin de déterminer quels sont les sites offrant les sources d'eau potable les plus sécuritaires.

La surveillance d'*E. coli* et des coliformes totaux en combinaison fournit une excellente évaluation de la contamination fécale et des risques connexes pour la santé publique. De plus, l'utilisation de ces deux indicateurs est économique, car il existe déjà une méthode normalisée où la détection simultanée peut se faire avec le même médium de culture. La surveillance des entérocoques et des coliphages n'a pas fourni d'information supplémentaire et ne semble pas justifier les coûts additionnels de ces tests.

Le traitement et la désinfection de l'eau souterraine est maintenant une pratique courante et certaines provinces l'exigent. Il s'agit d'une barrière de sécurité qui permet de minimiser les risques pour les consommateurs et les risques d'éclosion de maladie. En comprenant la nécessité du traitement et de la désinfection, le potentiel de changement rapide de la qualité de l'eau souterraine et les liens entre l'échantillonnage de l'eau brute et la vulnérabilité de la source d'eau, les exploitants des réseaux de distribution d'eau potable seront mieux préparés à fournir une eau potable saine à leurs communautés.

**POUR PLUS D'INFORMATION, CONTACTEZ PIERRE PAYMENT À : [PIERRE.PAYMENT@IAF.INRS.CA](mailto:PIERRE.PAYMENT@IAF.INRS.CA)**

### RAPPORT RÉDIGÉ PAR PIERRE PAYMENT, CENTRE INRS-INSTITUT ARMAND-FRAPPIER

#### ÉQUIPE DE RECHERCHE :

##### *Chercheur principal :*

PIERRE PAYMENT, professeur, Centre INRS - Institut Armand-Frappier

##### *Co-chercheurs :*

BENOIT BARBEAU, École Polytechnique de Montréal

RICHARD VILLEMUR, INRS - Institut Armand-Frappier

ROBERT CHAPUIS, École Polytechnique de Montréal

RENÉ THERRIEN, Université Laval

AARON MARGOLIN, University of New Hampshire

#### PARTENAIRES :

WARNEX

MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DE L'ONTARIO

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU QUÉBEC

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE

L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC

SANTÉ CANADA (CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET SANTÉ)

#### RÉFÉRENCES :

SCHUSTER CJ1, AG ELLIS, WJ ROBERTSON, DF CHARRON, JJ ARAMINI, BJ MARSHALL ET DT MEDEIROS. « Infectious disease outbreaks related to drinking water in Canada, 1974-2001 », *Can J Public Health*, 2005, vol. 96, no 4, p. 254-8.

PAYMENT P. ET A. LOCAS. « Pathogens in water: value and limits of correlation with microbial indicators », *Groundwater*, 2011, vol. 49, no 1, p. 4 - 11

LOCAS, A., C. BARTHE, A.B. MARGOLIN ET P. PAYMENT. « Groundwater microbiological quality in Canadian drinking water municipal wells », *Can. J. Microbiology*, 2008, vol. 54, p. 472-478

LOCAS, A., C. BARTHE, B. BARBEAU, A. CARRIÈRE ET P. PAYMENT. « Virus occurrence in municipal groundwater sources in Quebec, Canada », *Can. J. Microbiology*, 2007, vol. 53, no 6, p. 688-694.

PAYMENT, P ET A. LOCAS. Évaluation et contrôle de la qualité virologique des eaux souterraines. Rapport présenté au Ministère de l'Environnement du Québec, Programme d'aide à la recherche et au développement en environnement (PARDE), 2005, Projet no 3331-24-02-01, 90 pages. [http://sdis.inrs.ca/documents/2005\\_PARDE\\_groundwater\\_rpt.pdf](http://sdis.inrs.ca/documents/2005_PARDE_groundwater_rpt.pdf)