

# L'épidémiologie basée sur les eaux usées

## D'où venons-nous ?

## Où allons-nous ?

---

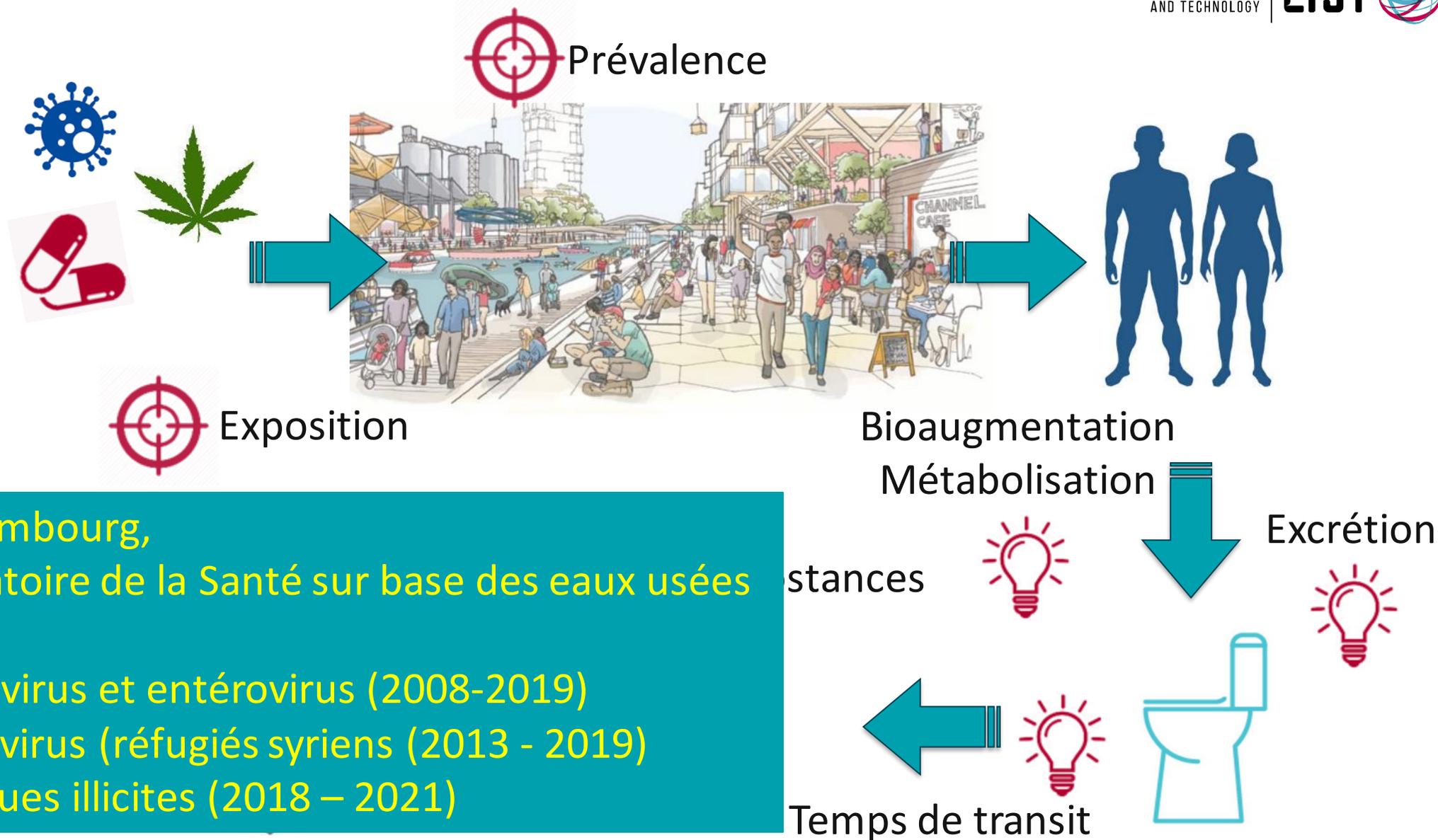
**Henry-Michel Cauchie**

**08 mars 2023**

# PLAN DE L'EXPOSÉ

- L'épidémiologie basée sur les eaux usées...
  - qu'est-ce que c'est ?
  - d'où ça vient ?
  - c'est étudié depuis quand au LIST ?
  - ça a apportée en temps de COVID-19 ?
  - ça va continuer ?

# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

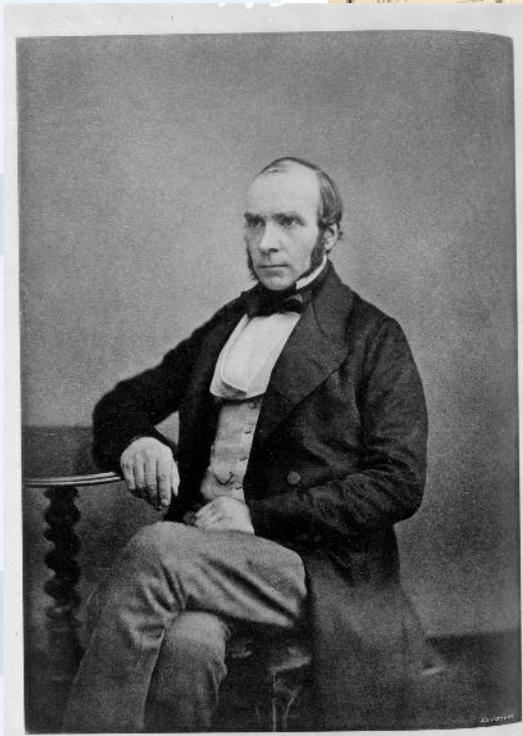
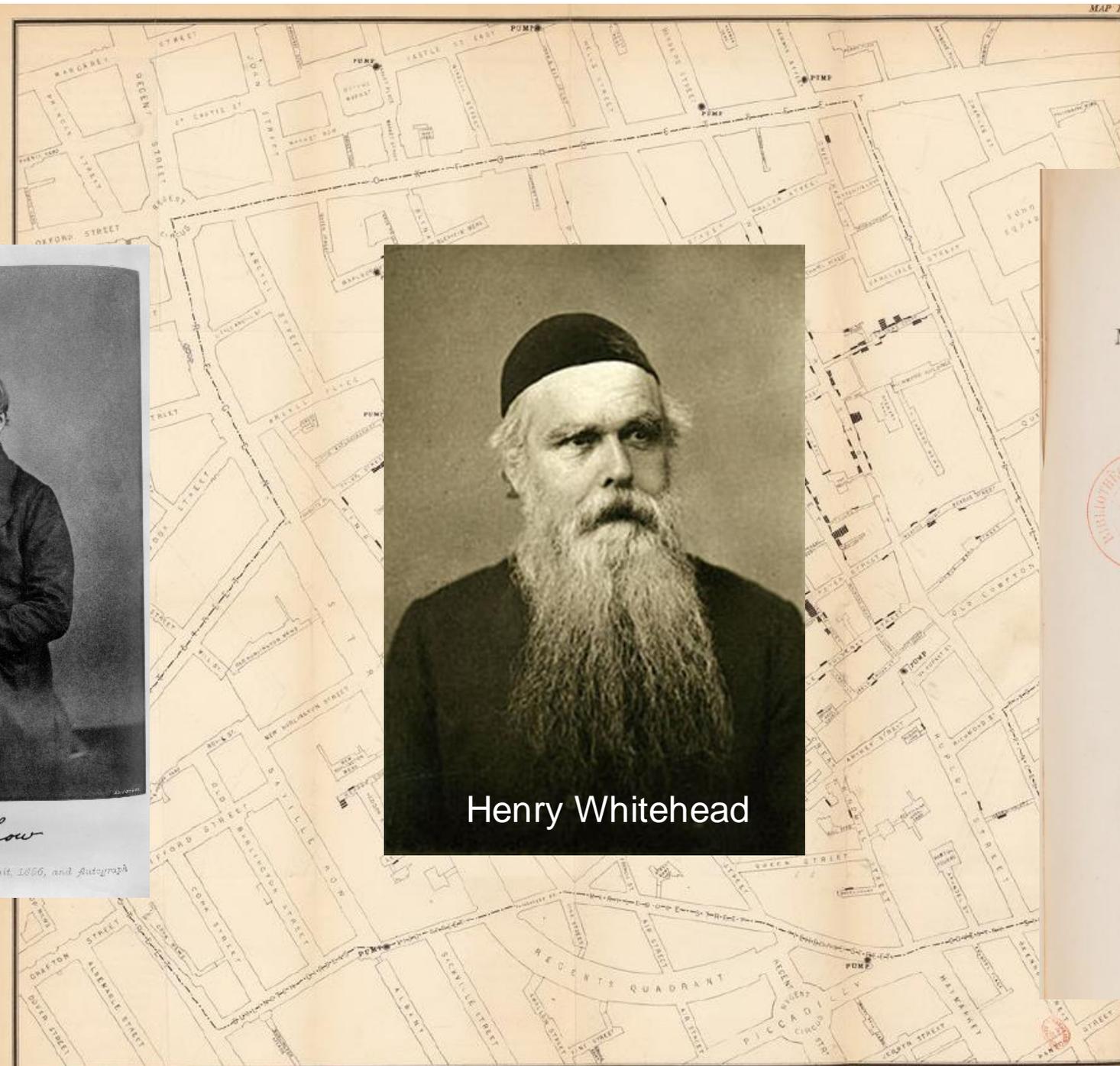


Au Luxembourg,  
Observatoire de la Santé sur base des eaux usées

- Norovirus et entérovirus (2008-2019)
- Poliovirus (réfugiés syriens (2013 - 2019))
- Drogues illicites (2018 – 2021)

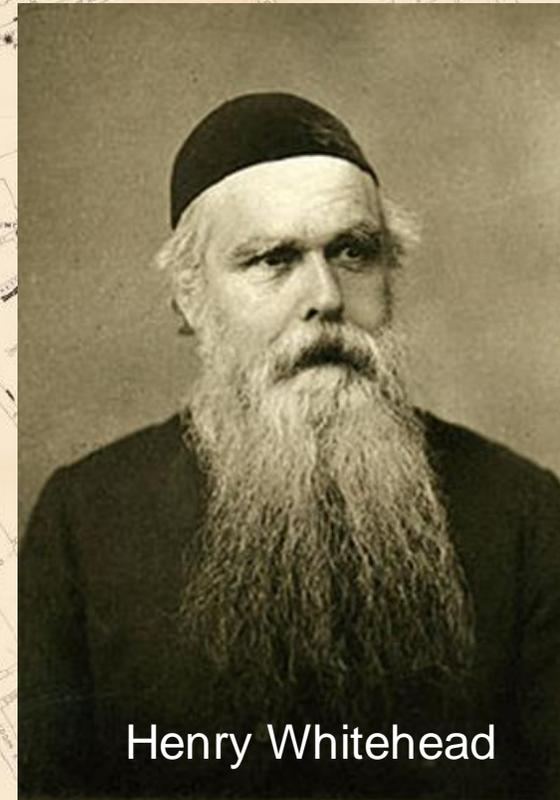
## I. XIX<sup>ème</sup> siècle

—  
**Le siècle des épidémies de choléra,  
typhus et peste... entre autres**

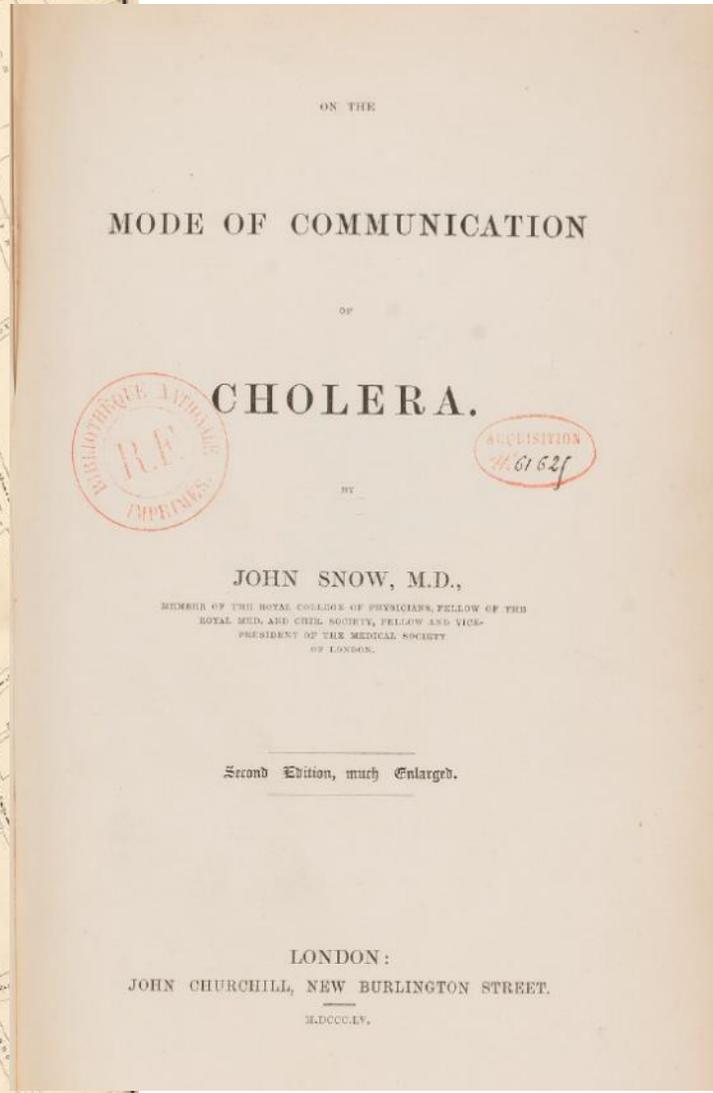


*John Snow*

(Autotype from a Presentation Portrait, 1856, and Autograph  
facsimile.—E. W. R.)



Henry Whitehead



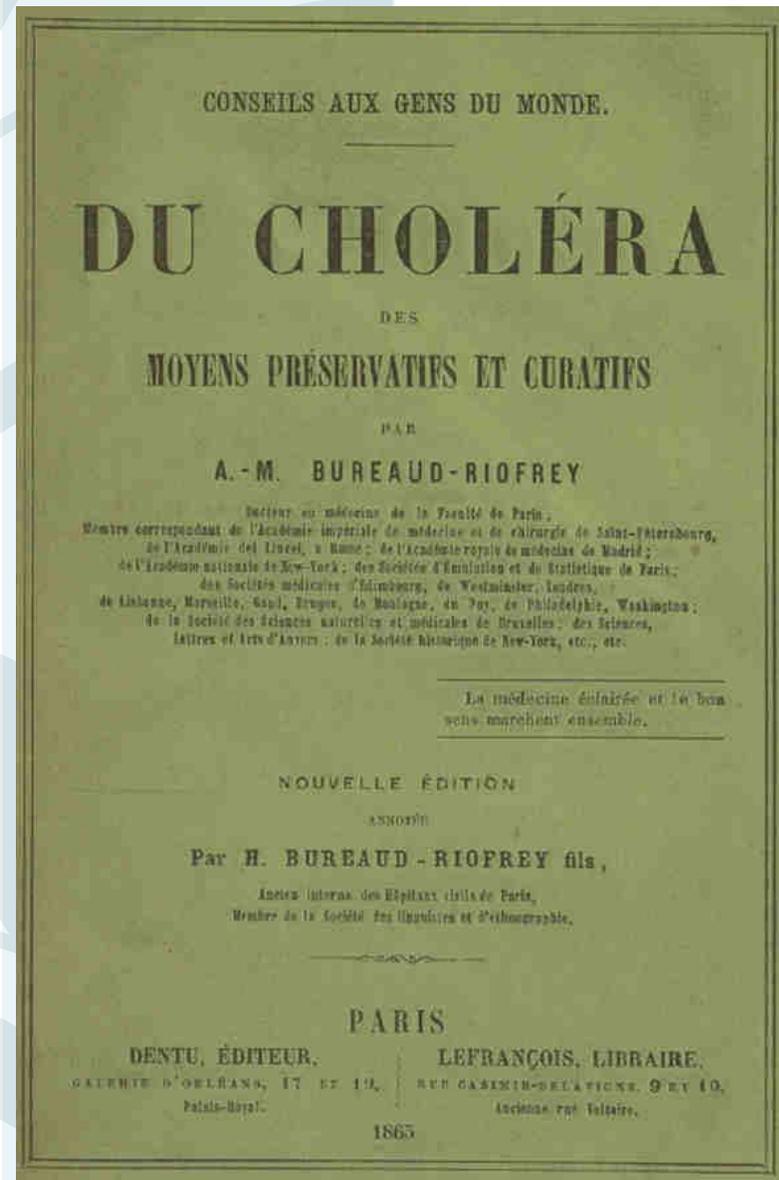
# UN POINT DE DÉPART, LE MILIEU DU XIXÈME SIÈCLE

LUXEMBOURG  
INSTITUTE OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY



BnF

Gallica



Si l'on compare la mortalité de Londres et celle de Paris en 1832, on est tenté de conclure que

le choléra a été plus meurtrier à Paris; mais pour en être sûr, il faudrait établir que les conditions étaient les mêmes, que les mœurs des deux villes étaient plus saines.

Mais enfin il faut que les faits doivent avoir été les mêmes en 1832 par les deux villes. La mortalité par le choléra à Londres en 1832 était de 7,000, et la population de 2,000,000. La mortalité par le choléra à Paris en 1832 était de 18,000, et la population de 2,000,000. La différence est énorme !!!

Qu'est-ce qui peut rendre raison de cette immense différence ?

Il y a des pauvres, il y a des ivrognes, des gens vicieux et vagabonds à Londres comme à Paris; il y a aussi des riches débilités par le luxe, les passions, les plaisirs. D'où vient donc cette différence? Cette différence vient de ce que Londres est bâti dans des conditions hygiéniques plus favorables que Paris. On a plus d'air, plus d'espace, plus d'eau, plus de propreté à Londres qu'à Paris. Londres entier est suspendu sur des égouts qui forment en quelque sorte le réseau ou la rame d'une ville souterraine. Londres n'a pas dans chaque maison un cloaque infect. Voilà, selon moi, une des causes principales de la grande différence entre la mortalité de Londres et celle de Paris.

# A MILIEU DU XIX<sup>ÈME</sup> SIÈCLE

- La philosophie hygiéniste émerge, amenant de profondes modifications dans le planning urbain
  - Un flux d'eau « propre » doit inonder la ville et emmener – via un système d'égoutage - les « miasmes » vers l'aval
- Mais persistance des épidémies (de cholera) à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle
- Ce sont les développements en microbiologie et le déploiement des techniques d'épurations « modernes » qui permettront une maîtrise sanitaire

# MICRO-ORGANISMS IN WATER

THEIR SIGNIFICANCE, IDENTIFICATION  
AND REMOVAL

TOGETHER WITH AN ACCOUNT OF THE BACTERIOLOGICAL METHODS  
EMPLOYED IN THEIR INVESTIGATION

SPECIALLY DESIGNED FOR THE USE OF THOSE CONNECTED  
WITH THE SANITARY ASPECTS OF WATER-SUPPLY

BY

PERCY FRANKLAND, PH.D., B.Sc. (LOND.), F.R.S.

ASSOCIATE OF THE ROYAL SCHOOL OF MINES  
FELLOW OF THE INSTITUTE OF CHEMISTRY, FELLOW OF THE CHEMICAL SOCIETY  
HONORARY MEMBER OF THE NORTH OF ENGLAND INSTITUTE OF TECHNICAL BREWING  
PROFESSOR OF CHEMISTRY IN UNIVERSITY COLLEGE, DUNDEE, ST ANDREWS UNIVERSITY  
AND

MRS PERCY FRANKLAND

JOINT AUTHOR OF 'STUDIES ON SOME NEW MICRO-ORGANISMS OBTAINED FROM AIR'  
'ON SOME NEW AND TYPICAL MICRO-ORGANISMS OBTAINED FROM WATER AND SOIL'  
'THE NITRIFYING PROCESS AND ITS SPECIFIC FERMENT' ETC.



LONDON

LONGMANS, GREEN, AND CO.

AND NEW YORK: 15 EAST 16<sup>th</sup> STREET

1894

## CHAPTER VII

### THE DETECTION OF PATHOGENIC BACTERIA IN WATER

Already in 1878 Pasteur<sup>1</sup> found that animals into which he had injected some impure water developed symptoms of septicæmia, showing that this water must have contained amongst others certainly some pathogenic bacteria; Schuschny and Fodor<sup>2</sup> obtained similar results in the case of rabbits inoculated with impure water.

<sup>1</sup> *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 1878.

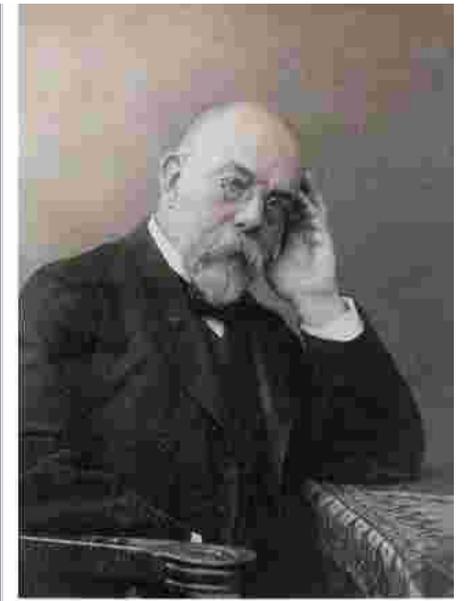
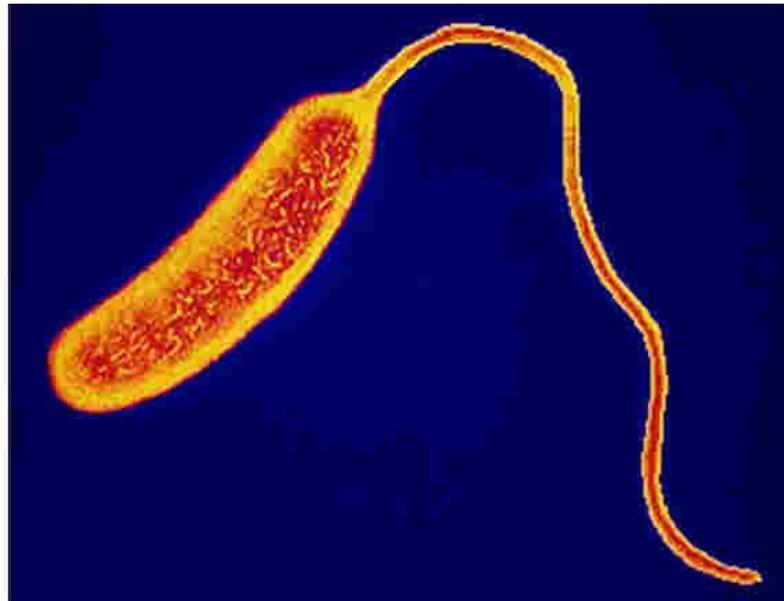
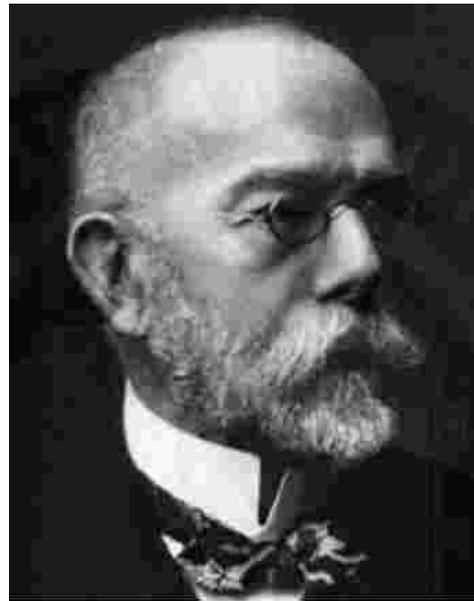
<sup>2</sup> *Archiv f. Hygiene*, 1885, vol. iii. p. 118. (See 'Die hygienische Beurtheilung des Trinkwassers,' Hueppe, *Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*, 1887.)

Koch,<sup>1</sup> whilst engaged upon investigating the cause of cholera in India, discovered cholera bacilli in a tank which was used for drinking purposes. An epidemic of cholera had broken out in a small village in the neighbourhood of Calcutta, and the attention of the cholera commissioners was attracted to the tanks which not only supplied water for drinking purposes, but in which the natives bathed and also washed their clothes, and to which, in addition, sewage gained easy access.

<sup>1</sup> *Berl. klinische Wochenschrift*, 1884, Nos. 31, 32, 32a; also 'Bericht über die Thätigkeit der Cholera-Kommission,' *Arbeiten a. d. kaiserlichen Gesundheitsamte*, vol. iii., 1887, p. 182.

Filippo Pacini découvre en 1854 que le choléra est causé par un bacille.

*F. Pacini, « Osservazioni microscopiche e deduzioni patologiche sul cholera asiatico. », Gazzetta medica italiana federativa toscana, Florence, vol. 4, déc. 1854*



Cependant, à cause de la prédominance de la théorie « miasmatique », il faudra attendre que Robert Koch redécouvre le bacille, 30 ans plus tard,

# EMERGENCE DE LA SURVEILLANCE SANITAIRE PAR LES EAUX USÉES

- 
- En 1885, Theodor Escherich décrit plusieurs microorganismes présents dans les selles de nouveaux-nés et de bébés allaités; y inclus *Bacillus coli commune*.
  - Vu la présence systématique de *Bacillus coli* dans les selles, Schardinger propose en 1892 que la présence de cette bactérie dans les eaux soit „*une indication de la présence de pollution fécale et dès lors de la présence potentielle de pathogènes entériques*“.

*Schardinger, F. (1892). Ueber das Vorkommen Gahrung erregender Spaltpilze im Trink-wasser und ihre Bedeutung für die hygienische Beurtheilung desselben. Wiener Klinische Wochenschrift 5, 403–5; 421–3.*

# MICRO-ORGANISMS IN WATER

THEIR SIGNIFICANCE, IDENTIFICATION  
AND REMOVAL

TOGETHER WITH AN ACCOUNT OF THE BACTERIOLOGICAL METHODS  
EMPLOYED IN THEIR INVESTIGATION

*SPECIALLY DESIGNED FOR THE USE OF THOSE CONNECTED  
WITH THE SANITARY ASPECTS OF WATER-SUPPLY*

BY

PERCY FRANKLAND, Ph.D., B.Sc. (LOND.), F.R.S.

ASSOCIATE OF THE ROYAL SCHOOL OF MINES  
FELLOW OF THE INSTITUTE OF CHEMISTRY, FELLOW OF THE CHEMICAL SOCIETY  
HONORARY MEMBER OF THE NORTH OF ENGLAND INSTITUTE OF TECHNICAL BREWING  
PROFESSOR OF CHEMISTRY IN UNIVERSITY COLLEGE, DUNDEE, ST ANDREWS UNIVERSITY  
AND

MRS PERCY FRANKLAND

JOINT AUTHOR OF 'STUDIES ON SOME NEW MICRO-ORGANISMS OBTAINED FROM AIR'  
'ON SOME NEW AND TYPICAL MICRO-ORGANISMS OBTAINED FROM WATER AND SOIL'  
'THE NITRIFYING PROCESS AND ITS SPECIFIC FERMENT' ETC.



LONDON  
LONGMANS, GREEN, AND CO.  
AND NEW YORK: 15 EAST 16<sup>th</sup> STREET  
1894

LUXEMBOURG  
INSTITUTE OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

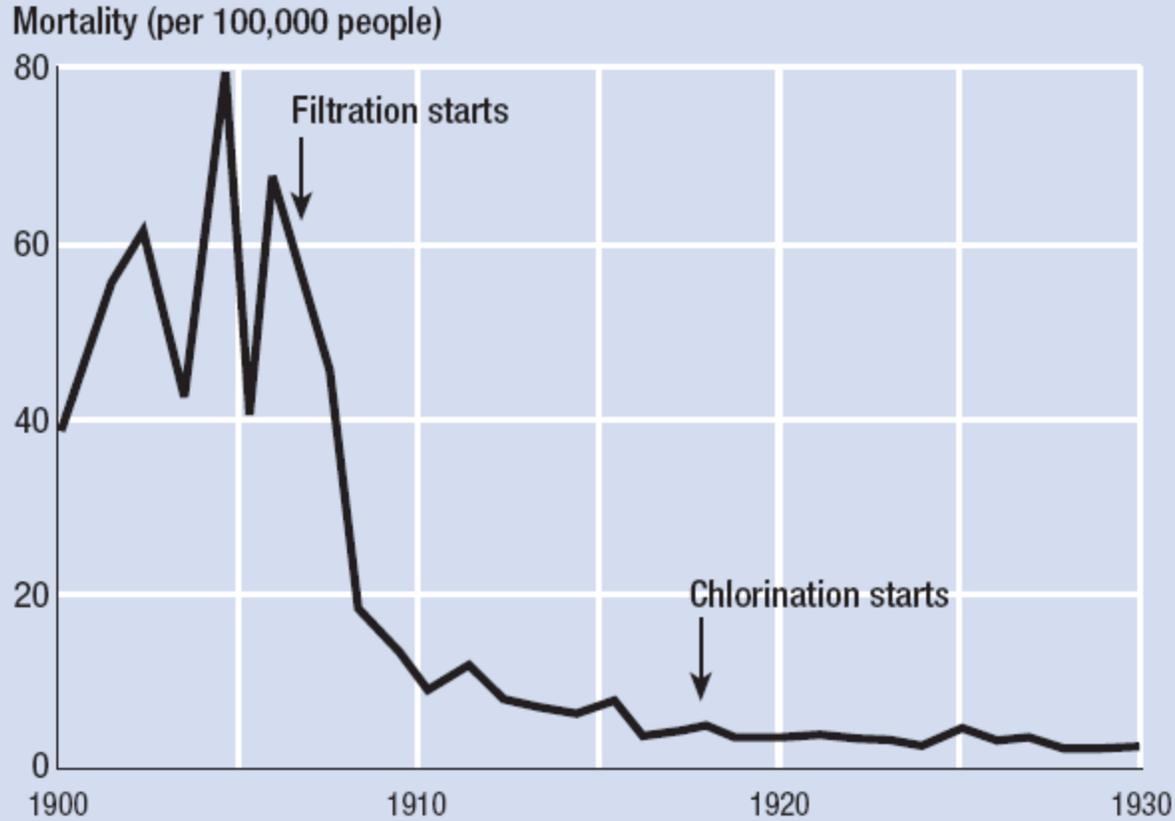


- Il apparaît que le nombre de bactéries dans l'eau est une mesure de la pollution fécale
- Sur base de nombreuses observations, il est démontré que la filtration sur sable réduit le nombre de bactéries d'eau de rivière de plus de 90%, jusqu'à atteindre un niveau inférieur à 100 bactéries par mL et limite le risque de survenue d'épidémie
- La limite de 100 bactéries par mL est devenue le premier objectif de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Il n'est pas relié à une estimation du risque pour la santé mais plutôt sur l'efficacité de traitement de l'eau.

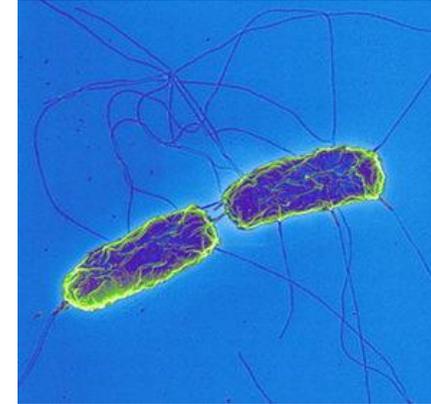
*In* OECD, WHO (2003) Assessing microbial safety of drinking water – Improving approaches and methods. IWA Publishing, 295 p.

# XX<sup>ème</sup> siècle: Le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine réduit la mortalité due à la fièvre typhoïde

Typhoid mortality in Cincinnati, Ohio, 1900–30

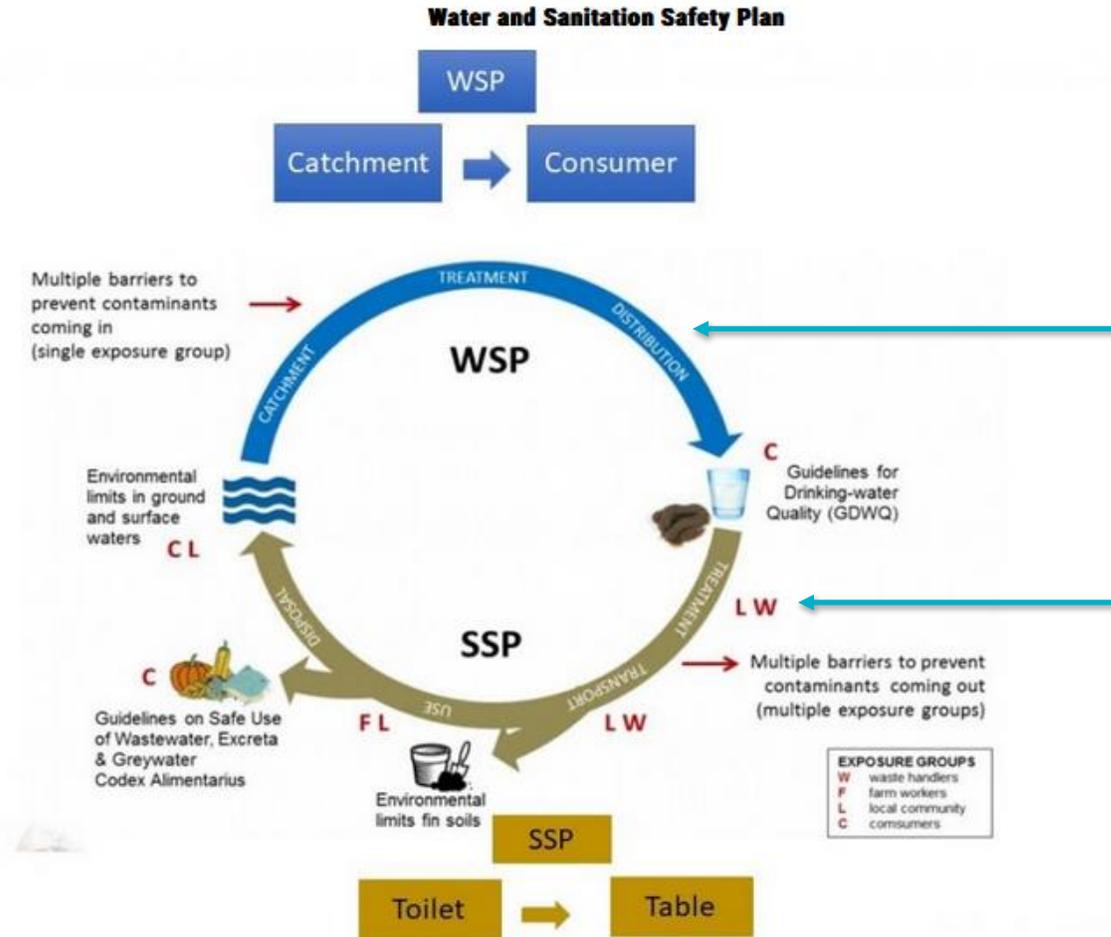
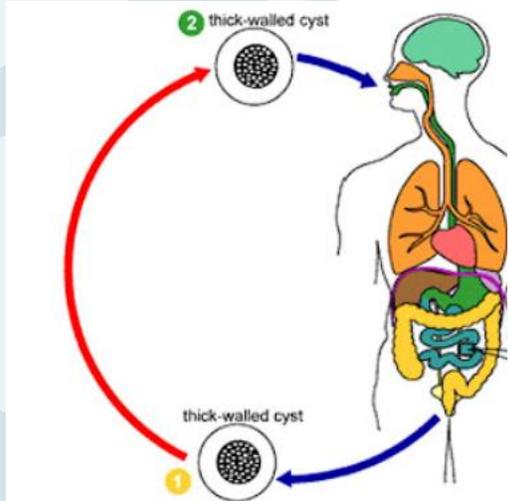


Source: University of California, Berkeley, and MPIDR 2006; CDC 2006; Cutler and Miller 2005.



*Salmonella typhi*

# PLAN DE SÉCURITÉ POUR L'EAU - OMS



- Indicateurs de qualité Eau potable

- Indicateurs de qualité Eau de réutilisation

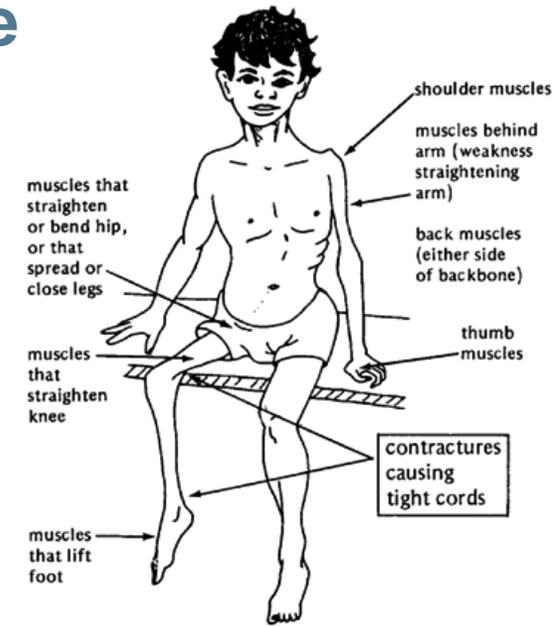
- Indicateur de contamination humaine

Source: Professor Thor Axel Stenstrom, 2013

# Suivi des poliovirus dans le cadre du programme d'éradication de la poliomyélite

- La poliomyélite est une maladie virale hautement infectieuse, qui touche principalement les jeunes enfants.
- Le virus est transmis par l'eau et les aliments contaminés et se multiplie dans l'intestin, d'où il peut envahir le système nerveux.
- Rhodes AJ et al. (1950) Poliomyelitis virus in urban sewage ; an examination for its presence over a period of 12 months. Can J Public Health 41 : 248-54.

MUSCLES COMMONLY WEAKENED BY POLIO



## The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1954



Photo from the Nobel Foundation archive.  
John Franklin Enders  
Prize share: 1/3

Photo from the Nobel Foundation archive.  
Thomas Huckle Weller  
Prize share: 1/3

Photo from the Nobel Foundation archive.  
Frederick Chapman Robbins  
Prize share: 1/3

The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1954 was awarded jointly to John Franklin Enders, Thomas Huckle Weller and Frederick Chapman Robbins "for their discovery of the ability of poliomyelitis viruses to grow in cultures of various types of tissue"



# Suivi des poliovirus dans le cadre du programme d'éradication de la poliomyélite

- L'objectif de cette étude était de déterminer la présence d'entérovirus et de poliovirus à l'entrée des stations de traitement des eaux usées.
- On suppose que l'analyse de ces eaux usées fournit une évaluation pertinente de la prévalence des entérovirus dans la population.

Asghar et al., 2014. *Environmental Surveillance for Polioviruses in the Global Polio Eradication Initiative*. *The Journal of Infectious Diseases*, 210: S294–S303

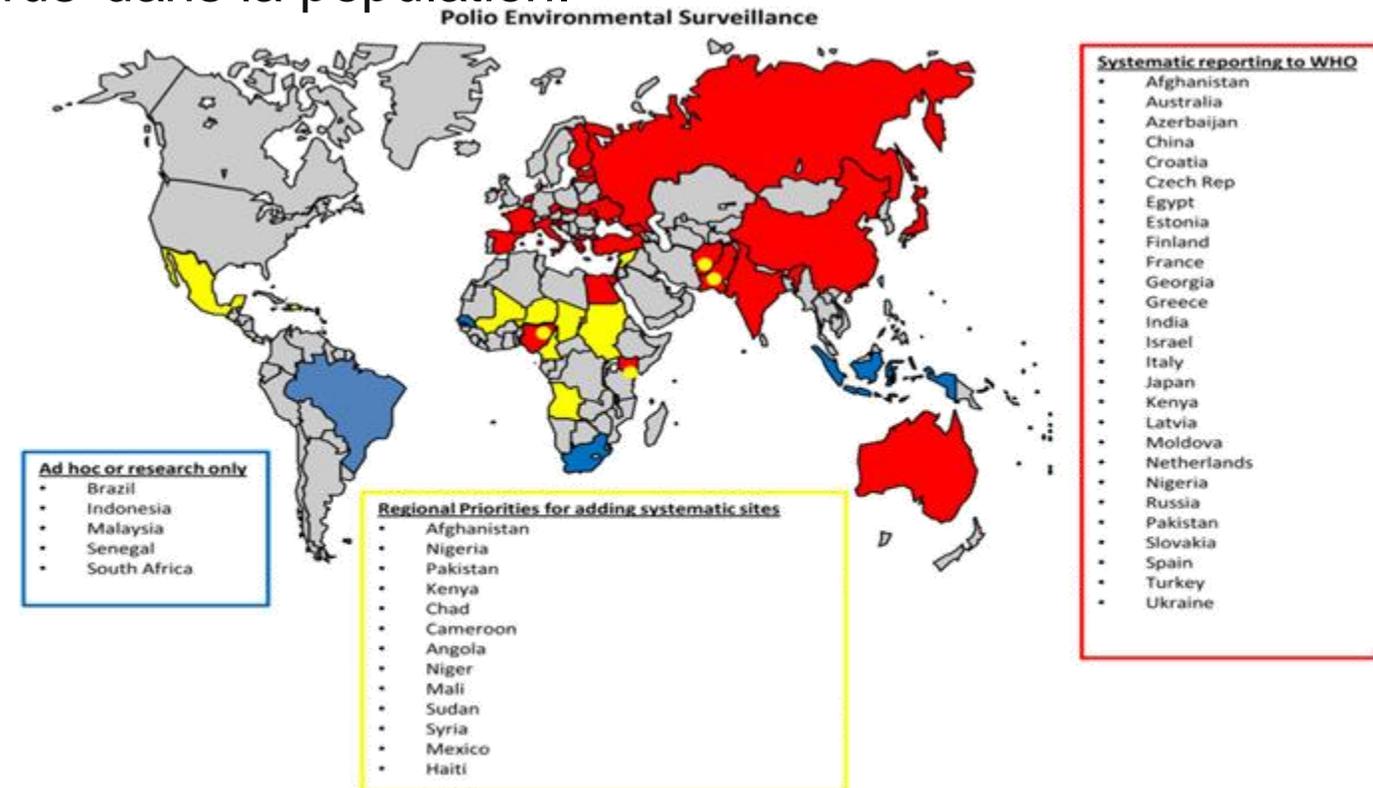


Figure 1. Countries that have undertaken environmental surveillance or sampling projects for polioviruses. Data are from the Global Polio Eradication Initiative.

**II. 2000 – 2019**

**Essais de mise en place de  
l'épidémiologie basée sur les eaux  
usées au Luxembourg**

—  
**Cas du poliovirus**

# ETUDE POLIO LUX

2013 - 2017

## BRIEF REPORT

### Polio in Syria: Problem still not solved

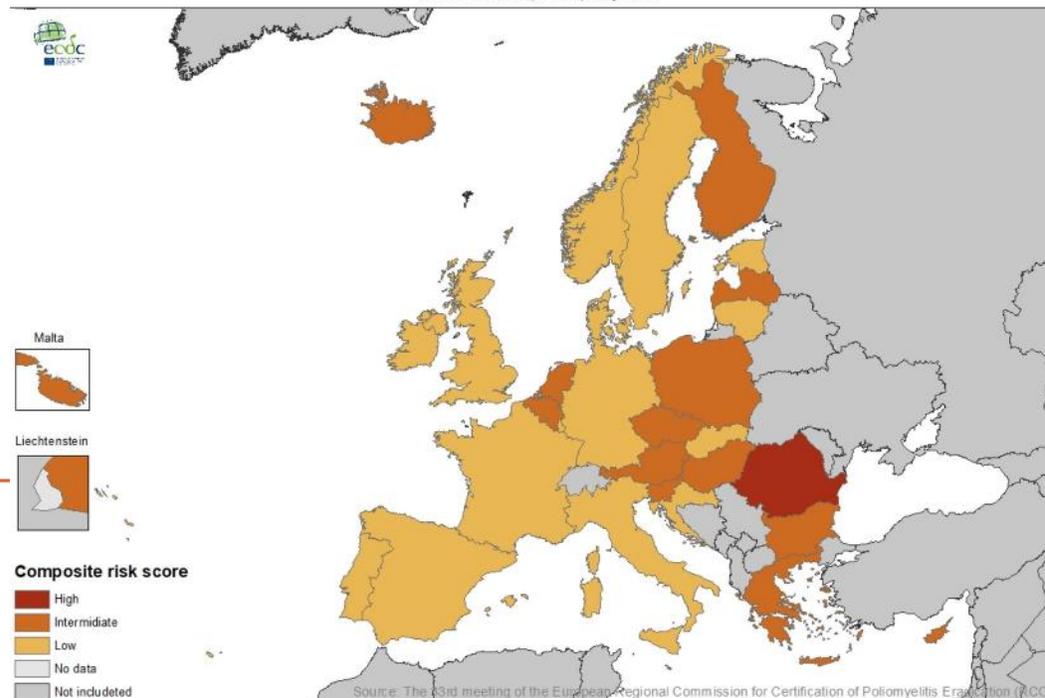
Ahmad Al-Moujahed<sup>1,2</sup>, Fares Alahdab<sup>3</sup>, Heba Abolaban<sup>2</sup>, Leo Beletsky<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, Harvard Medical School, Massachusetts Eye and Ear Infirmary, <sup>2</sup>Department of Health Sciences, Bouvé College of Health Sciences, Northeastern University, Boston, MA, <sup>3</sup>Mayo Evidence-based Practice Center, Kern Center for Science of Healthcare Delivery, Knowledge Synthesis Program, Mayo Clinic, Rochester, MN, <sup>4</sup>Northeastern University School of Law, Bouv College of Health Sciences, Boston, MA, <sup>5</sup>Division of Global Public Health, UC San Diego School of Medicine, San Diego, CA, USA

## ABSTRACT

The reappearance of polio in Syria in mid-2013, 18 years after it was eliminated from the country, manifests the public health catastrophe brought on by the civil war.

Risk of sustained transmission in the event of Wild Polio Virus (WPV) importation or emergence of Vaccine Derived Polio Virus (VDPV) in the EU/EAA, WHO, May 2019



# ETUDE POLIO LUX

- 7 stations d'épuration principales (% de la population residents)
- 4 campagnes d'échantillonnage (Sept – Dec 2017)
- Échantillonnage intégré sur 24 heures (1 litre/h)
- 8 systèmes de détection différents en RT-qPCR (**OMS, kitde détection Polio**) après culture

Spécificité	Amorces et sondes (Polarité)	Séquences des amorces et sondes (5'→3')
<b>Pan-Entérovirus (Pan-EV)</b>	PCR-1 (A) PCR-2 (S) PanEV Probe (S)	GCGATTGTCACCATWAGCAGYCA GGCCCCGAATGCGGCTAATCC FAM-CCGACTACTTTGGGWGTCCGTGT-BHQ1
<b>Pan-Poliavirus (Pan-PV)</b>	panPV/PCR-1 (A) panPV/PCR-2 (S) panPV Probe 21A (A)	AYRTACATIATYTGRTAIAC CITAITCIMGITTYGAYATG FAM-TGRTTNARIGCRTGICRTRTT-BHQ1
<b>Sérotype 1 (PV1)</b>	seroPV1A (A) seroPV1,2S (S) seroPV1 Probe 16A (A)	ATCATIYTPTCIARPATYTG TGCGIGAYACIACICAYAT FAM-TGICCYAVICCYTGIGMIADYGC-BHQ1
<b>Sérotype 2 (PV2)</b>	seroPV2A (A) seroPV1,2S (S) seroPV2 Probe 5S (S)	AYICCYTCIACIRCICCYTC TGCGIGAYACIACICAYAT FAM-CARGARGCIATGCCICARGGIATNGG-BHQ1
<b>Sérotype 3 (PV3)</b>	seroPV3A (A) seroPV3S (S) seroPV3 Probe 11S (S)	CCCCIAIPTGRTCRTTIKPRTC AAYCCITCIRTITTYTAYAC FAM-CCRTAYGTNGGITTRGCVAAYGC-BHQ1
<b>Sabin 1 (Sab1)</b>	Sab1/PCR-1 (A) Sab1/PCR-2 (S) Sab1/Probe (A)	CCACTGGCTTCAGTGTTT AGGTCAGATGCTTGAAAGC CY5-TTGCCGCCCCCACC GTTTCACGGA-BHQ3
<b>Sabin 2 (Sab2)</b>	Sab2/PCR-1 (A) Sab2/PCR-2 (S) Sab2/Probe (S)	CGGCTTTGTGTCAGGCA CCGTTGAAGGGATTACTAAA FAM-ATTGGTTCCCCCGACTTCCACCAAT-BHQ1
<b>Sabin 3 (Sab3)</b>	Sab3/PCR-1 (A) Sab3/PCR-2 (S) Sab3/Probe (S)	TTAGTATCAGGTAAGCTATC AGGGCGCCCTA ACTTT ROX-TCACTCCCGAAGCAACAG-BHQ2

Wild types

Vaccinal strains

# ETUDE POLIO LUX

## RT-qPCR

Sites		Pan-EV	Pan-PV	PV1	PV2	PV3	Sab1	Sab2	Sab 3
<b>BEGGEN</b>	Campagne #01	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #02	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #03	-							
	Campagne #04	-							
<b>BLEESBRUCK</b>	Campagne #01	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #02	-							
	Campagne #03	-							
	Campagne #04	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
<b>BETTEMBOURG</b>	Campagne #01	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #02	-							
	Campagne #03	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #04	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
<b>HESPERANGE</b>	Campagne #01	-							
	Campagne #02	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #03	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #04	-							
<b>MERSCH</b>	Campagne #01	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #02	-							
	Campagne #03	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #04	-							
<b>PETANGE</b>	Campagne #01	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #02	-							
	Campagne #03	-							
	Campagne #04	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
<b>SCHIFFLANGE</b>	Campagne #01	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #02	-							
	Campagne #03	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-
	Campagne #04	+	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	- (n.v.)	-	-	-

# CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

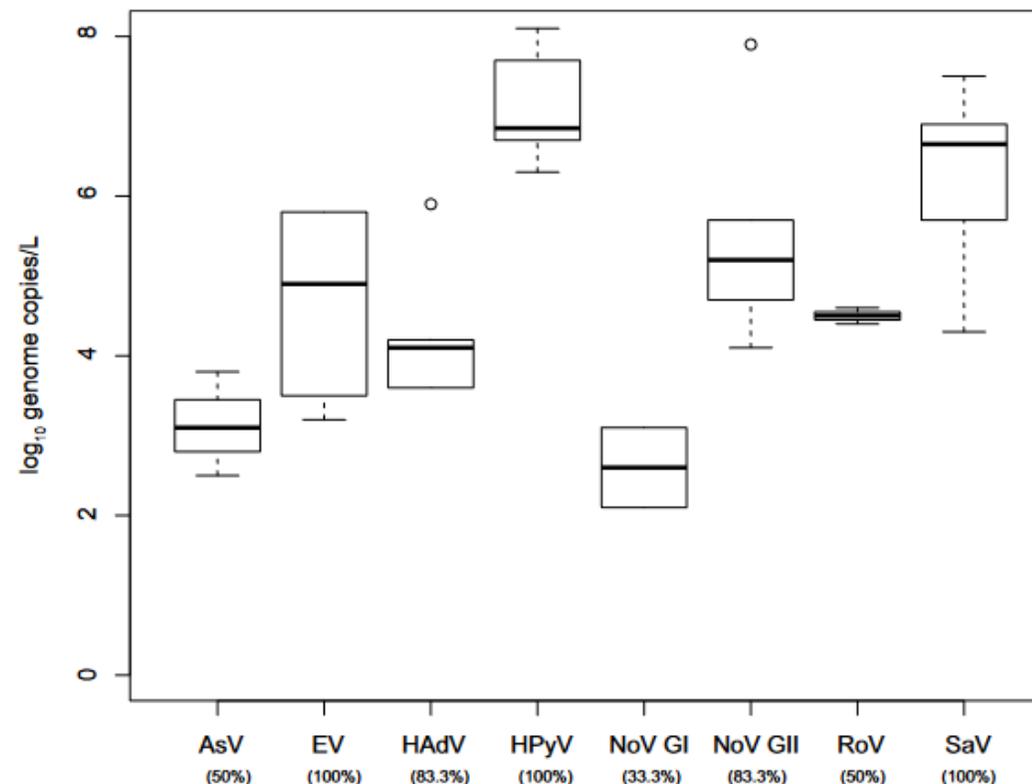
- 57% (16 sur 28) des échantillons d'eaux usées étudiés contiennent des entérovirus infectieux
- Tous les échantillons d'eaux usées étudiés sont exempts de contamination par les souches vaccinales Sabin 1, 2 et 3.
- Tous les échantillons testés "semblent" être exempts de poliovirus sauvage.
- Il serait très intéressant de procéder à une analyse de la diversité des entérovirus récupérés après le stade de la culture cellulaire en utilisant une approche NGS.



## Detection of Human Enteric Viruses in French Polynesian Wastewaters, Environmental Waters and Giant Clams

Laetitia Kaas<sup>1</sup> · Leslie Ogorzaly<sup>2</sup> · Gaël Lecellier<sup>3,4,5</sup> · Véronique Berteaux-Lecellier<sup>3,5</sup> · Henry-Michel Cauchie<sup>2</sup> · Jérémie Langlet<sup>1</sup>

**Fig. 2** Concentrations of NoV GI, NoV GII, AsV, EV, HAdV, HPyV, RoV and SaV in wastewater samples from WWTP in the urban area of Papeete. The box plots represent the median concentrations ( $\log_{10}$  GC/L), first quartile and third quartile of positive samples. The whiskers reach the minimum and maximum viral concentrations no more than 1.5 time the interquartile range from the box. The numbers in parentheses represent the percentage of positive samples for each virus ( $n=6$ )



Norovirus GI

Norovirus GII

Murine norovirus

Armored RNA

Astrovirus

Enterovirus

Hepatitis A virus

Hepatitis E virus

Human adenovirus—all species

Human polyomavirus

Rotavirus

Sapovirus

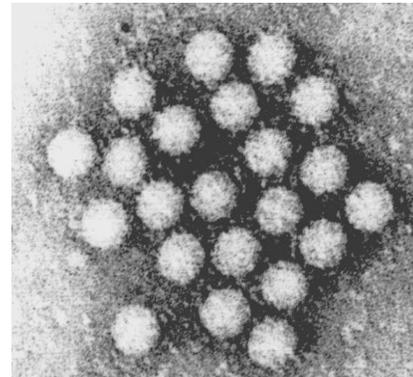
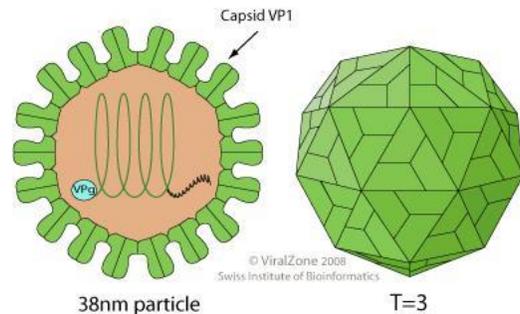
## **II. 2000 – 2019**

# **Premières études utilisant l'épidémiologie basée sur les eaux usées au Luxembourg**

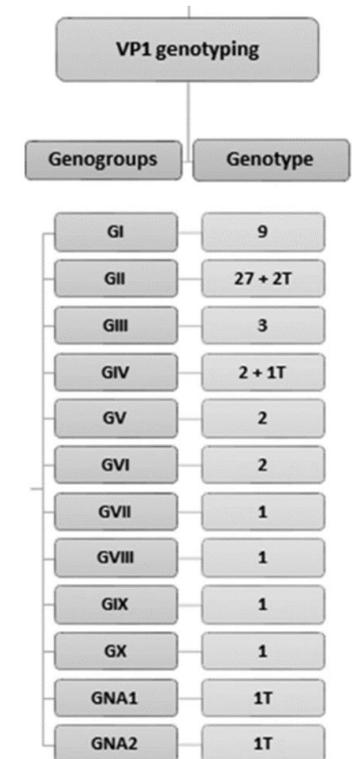
## **Cas des norovirus**

# GASTRO-ENTÉRITES VIRALES HIVERNALES : NOROVIRUS

- **Principal agent responsable** des épidémies de gastroentérites virales dans le monde
  - aux USA : 81 - 96 % des épidémies non bactériennes
  - en Europe : >85 % des épidémies non bactériennes
  - au Japon : 93 - 97 % des épidémies virales
- 64.000 hospitalisations – 900.000 consultations/an dans pays industrialisés
- 70.000 – 200.000 décès/an dans les pays les plus pauvres



- Famille: *Caliciviridae*
- Genre: *Norovirus*
- Virus nu
- Taille: 30-38 nm
- Génome: ARN simple brin
- Capside: 4 protéines structurales



# ETUDE SENSORLUX (2008-2010)

- 717 échantillons de selles de 647 patients différents
- 393 échantillons d'eaux usées de 3 STEP majeures (couverture de 44% de la population luxembourgeoise)
- Diversité dans les échantillons positifs

## Genetic diversity of noroviruses from outbreaks, sporadic cases and wastewater in Luxembourg 2008–2009

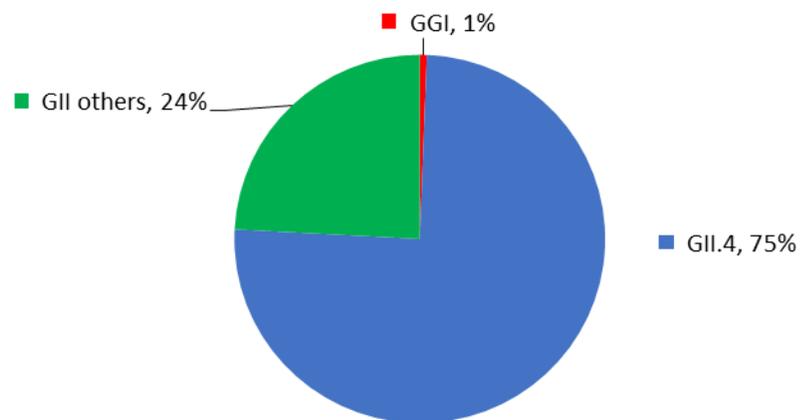
J. R. Kremer<sup>1\*</sup>, J. Langlet<sup>2\*</sup>, S. Skraber<sup>3</sup>, P. Weicherding<sup>4</sup>, B. Weber<sup>5</sup>, H.-M. Cauchie<sup>3</sup>, S. De Landtsheer<sup>1</sup>, J. Even<sup>6</sup>, C. P. Muller<sup>1</sup>, L. Hoffmann<sup>3</sup> and J. Mossong<sup>2</sup>

1) Institute of Immunology, National Health Laboratory and Centre de Recherche Public-Santé, Luxembourg, 2) Surveillance and Epidemiology of Infectious Diseases, National Health Laboratory, Luxembourg, 3) Department of Environment and Agro-biotechnologies (EVA), Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, 41 rue du Brill, Belvaux, Luxembourg, 4) Health Inspection, Direction de la Santé, 5A rue de Prague, Luxembourg, 5) Laboratoires Réunis, 38 rue Hiehl, Z.A.C. Laangwiss, Junglinster, Luxembourg and 6) Virology & Serology, National Health Laboratory, Luxembourg

*Clin Microbiol Infect* 2011; **17**: 1173–1176

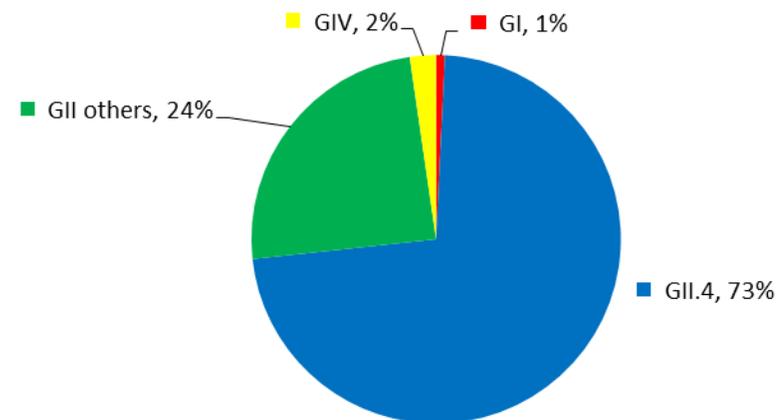
10.1111/j.1469-0691.2010.03407.x

Diversity in human samples



GII.12, GII.3, GII.6 and GII.1 only in stool samples

Diversity in wastewater samples



GGIV and GI.6 only in WW

# ETUDE SENSORLUX (2008-2010)



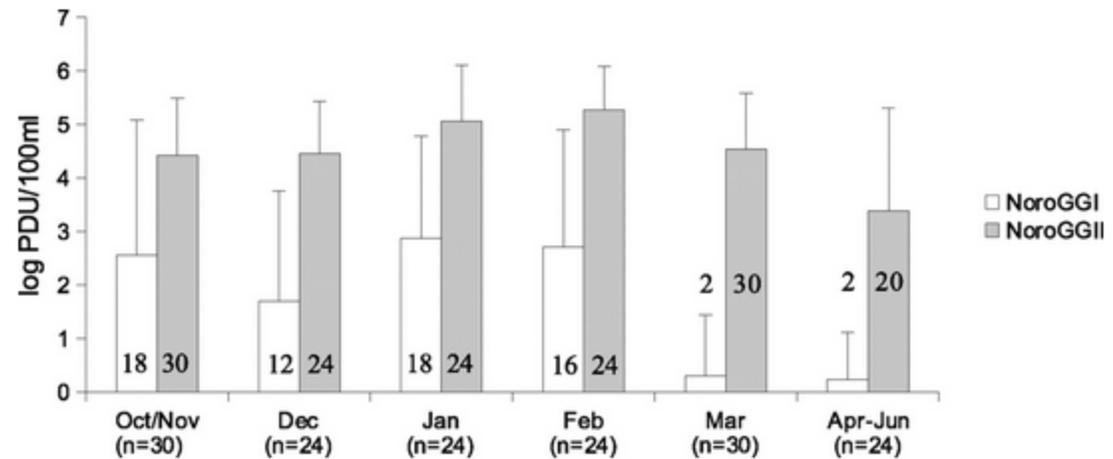
AMERICAN  
SOCIETY FOR  
MICROBIOLOGY

Applied and Environmental  
Microbiology®

PUBLIC HEALTH MICROBIOLOGY  
Volume 77 Issue 15  
<https://doi.org/10.1128/AEM.00632-11>

## Concentration and Diversity of Noroviruses Detected in Luxembourg Wastewaters in 2008-2009

Sylvain Skraber<sup>1</sup>, Jérémie Langlet<sup>2</sup>, Jacques R. Kremer<sup>3</sup>, Joël Mossong<sup>2</sup>, Sébastien De Landsheer<sup>3</sup>, Jos Even<sup>4</sup>, Claude P. Muller<sup>3</sup>, Lucien Hoffmann<sup>1</sup>, Henry-Michel Cauchie<sup>1,\*</sup>



**FIG. 1.** Average concentration of norovirus GI and GII in raw wastewater samples. Values for negative samples were set to 0 for the averaging. Error bars indicate standard deviations. The numbers of samples are indicated in brackets for each month, while the numbers of positive samples are detailed in the graphic for each genogroup and each date.

# ETUDE SENSORLUX (2008-2010)

WATER RESEARCH 43 (2009) 4780-4789

Available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)



journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)



ELSEVIER



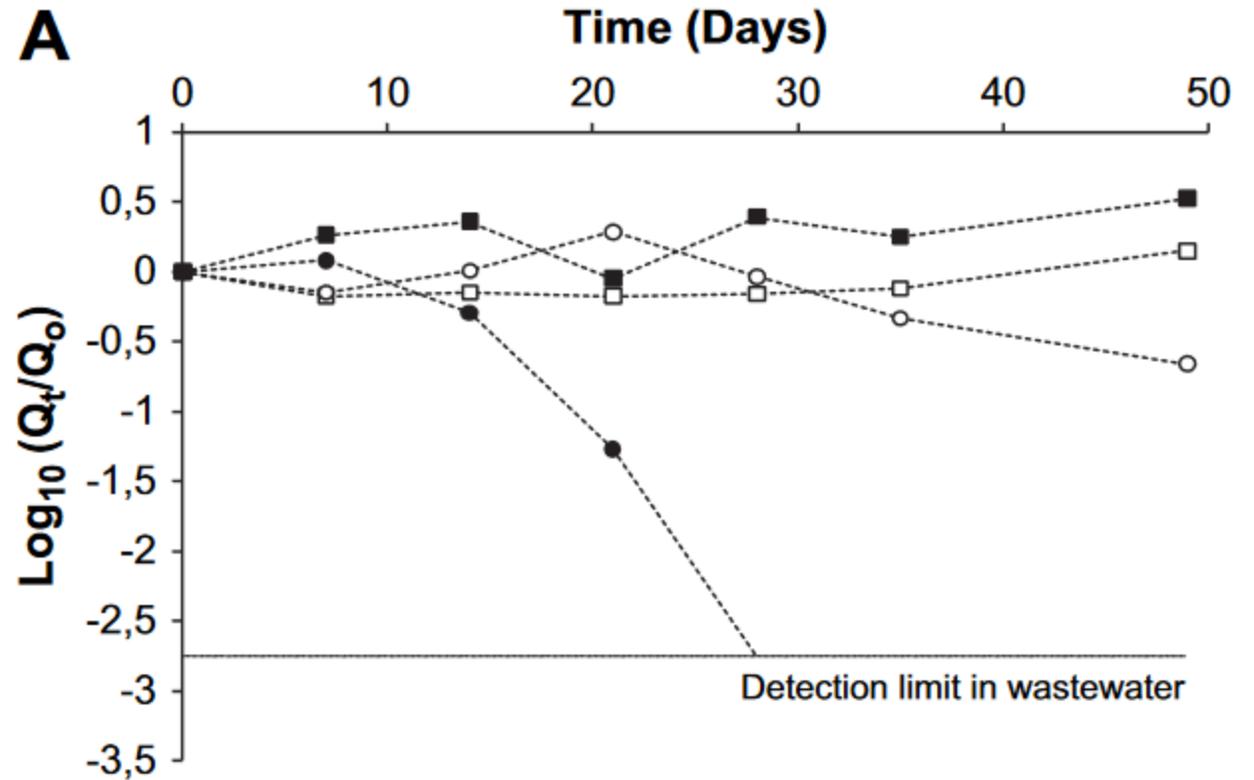
## Occurrence and persistence of enteroviruses, noroviruses and F-specific RNA phages in natural wastewater biofilms

Sylvain Skraber<sup>a,\*</sup>, Leslie Ogorzaly<sup>b</sup>, Karim Helmi<sup>a</sup>, Armand Maul<sup>c</sup>, Lucien Hoffmann<sup>a</sup>, Henry-Michel Cauchie<sup>a</sup>, Christophe Gantzer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann, Department of Environment and Agro-biotechnologies (EVA), 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg

<sup>b</sup>Laboratory of Physical Chemistry and Microbiology for the Environment (LCPME), UMR 7564, Nancy Université CNRS, Faculté de Pharmacie, 5, rue Albert Lebrun, F-54000 Nancy, France

<sup>c</sup>Université de Metz, LMAM, CNRS, UMR 7122, Ile du Saulcy, F-57045 Metz, France



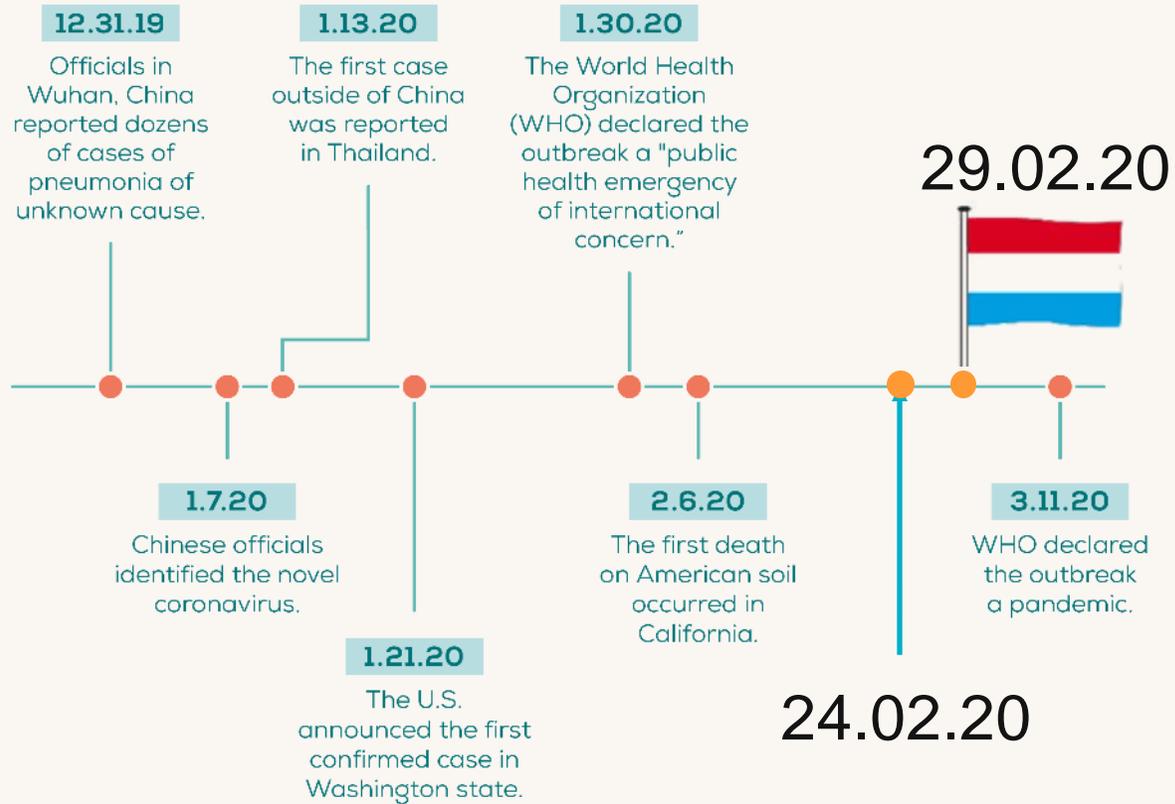
■ Biofilm,  
20 °C; □ Biofilm, 4 °C; ● Wastewater, 20 °C; ○ Wastewater,  
4 °C.

## III – COVID-19 (et post-COVID-19)

---

# LA PANDÉMIE DE SARS-COV-2

## COVID-19 Timeline

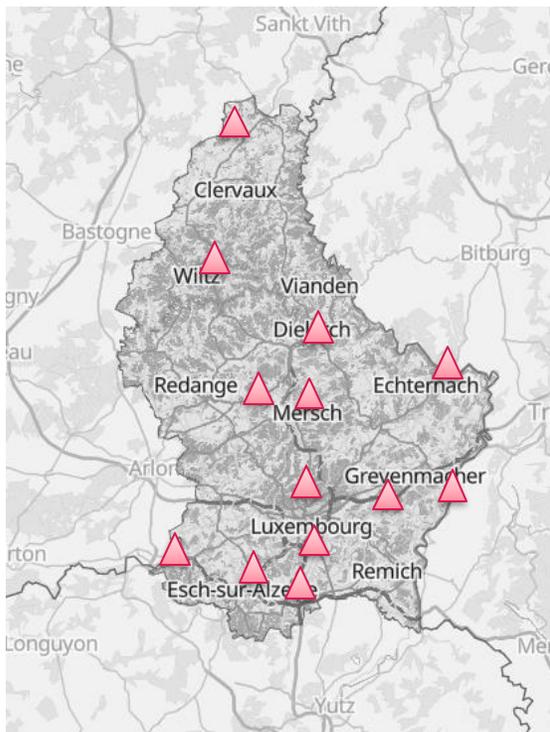


Source: World Health Organization



# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## LUXEMBOURG: Prélèvement des STEP à l'échelle nationale par le LIST

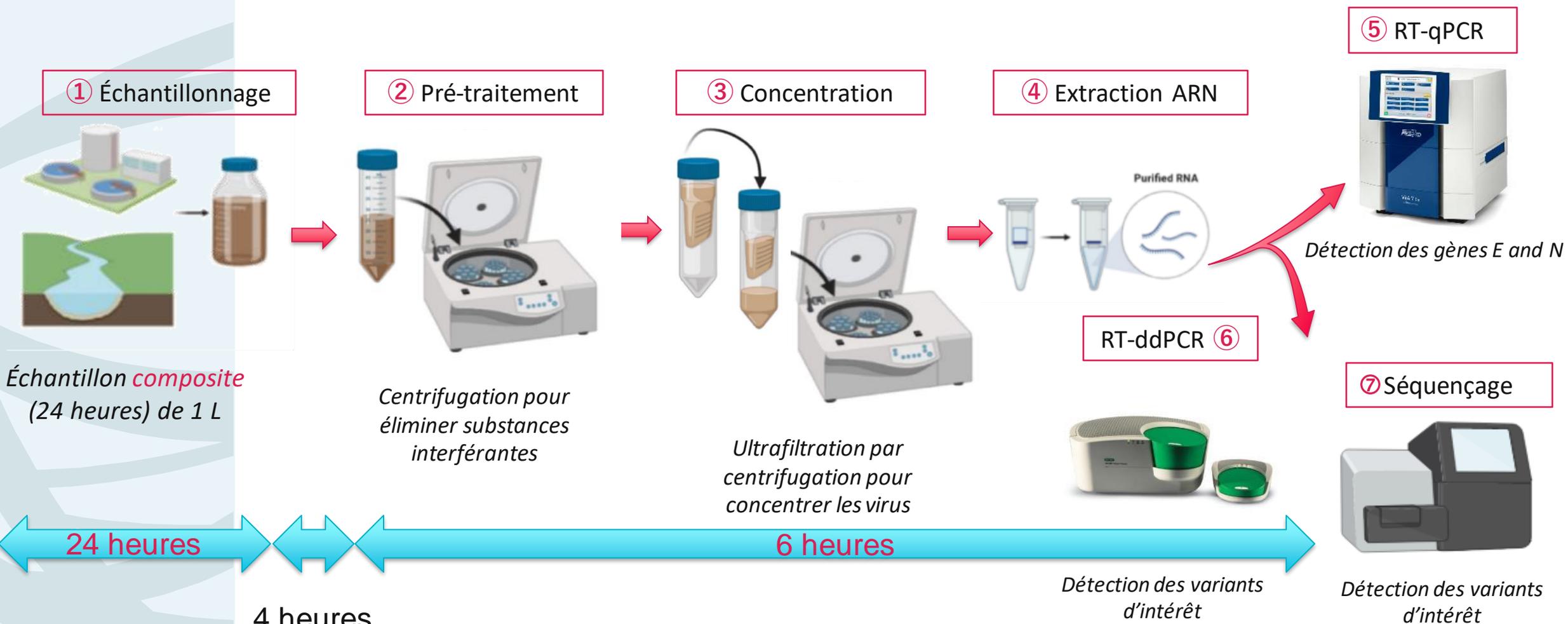


WWTP	Inhabitants connected	Number of samples				Total
		2019	2020	2021	2022	
Beggen	139731		52	92	68	212
Bettembourg	53606		45	91	66	202
Schifflange	68143	4	56	96	67	223
Bleesbrück	30930		44	92	68	204
Mersch	30473		47	91	68	206
Pétange	59481	4	51	96	68	219
Hespérange	15479		35	48	41	124
Echternach	7499		36	79	68	183
Uebersyren	18600		38	78	68	184
Grevenmacher	9835		38	81	67	186
Troisvierges	3411		38	92	68	198
Boevange sur Attert	1170		20	48	42	110
Wiltz	6944		28	92	68	188
<b>Total</b>	<b>445302</b>	<b>8</b>	<b>528</b>	<b>1076</b>	<b>827</b>	<b>2439</b>
Pop Lux (2019)	613901 (73%)					

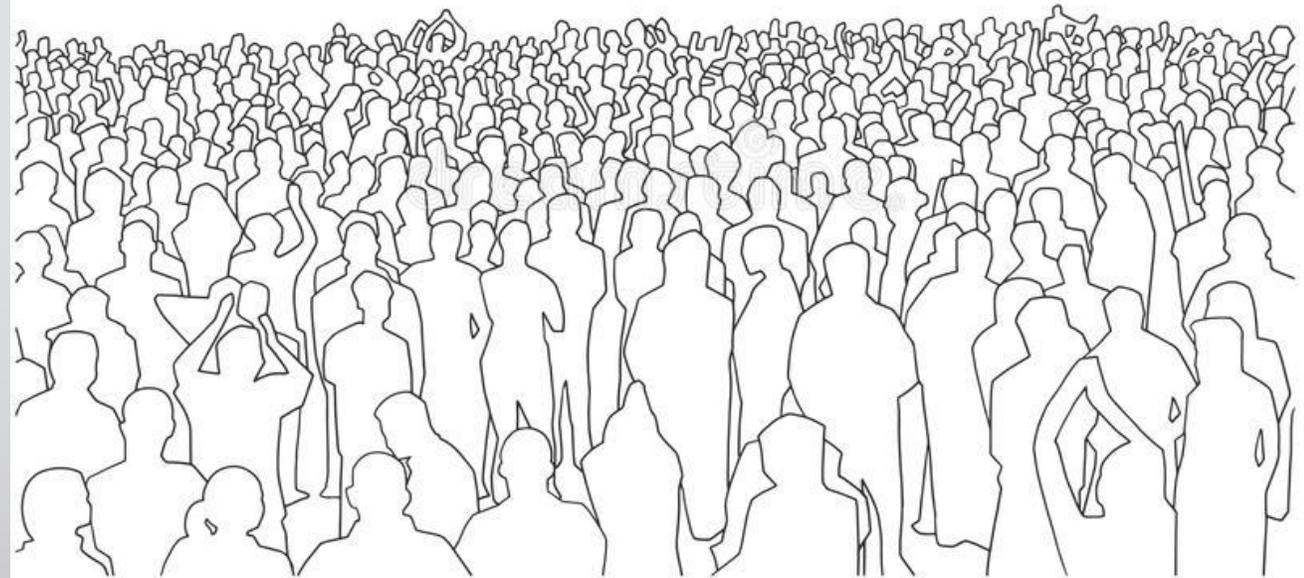
➤ Échantillons congelés, analyse rétrospective: Octobre 2019 – Février 2020

# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## Concentration et détection de SARS-CoV-2 et de ses variants

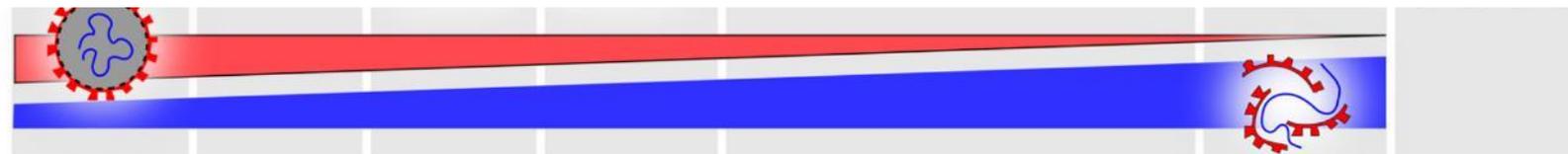
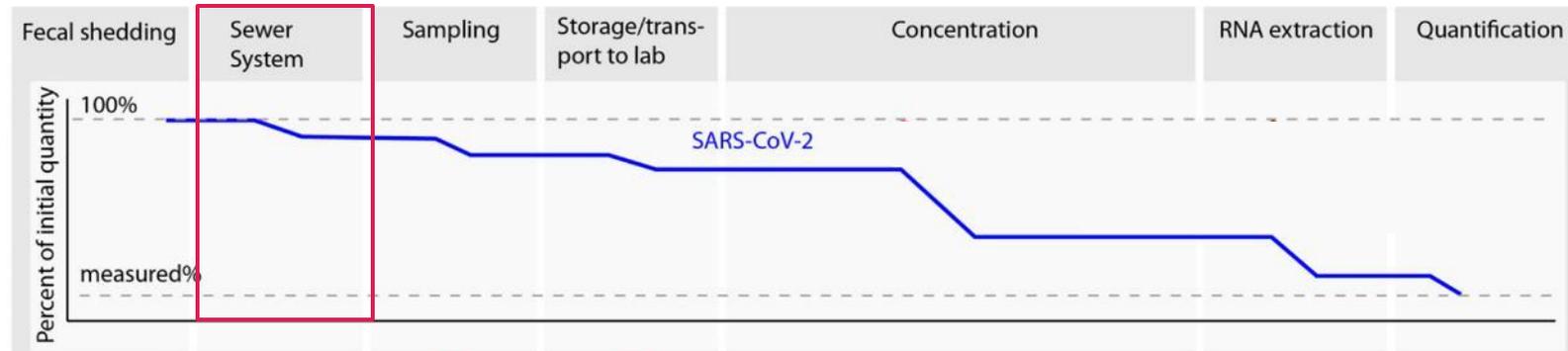


# 1 TEST PCR = ?



# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## SARS-CoV-2: de l'hôte à la STEP

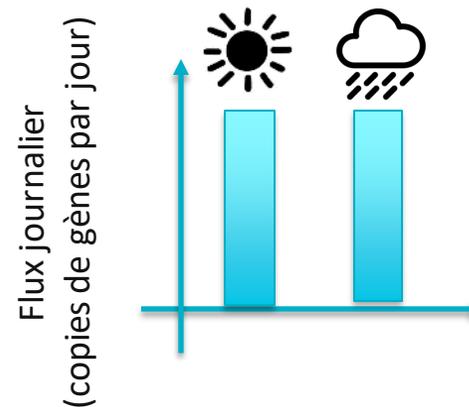
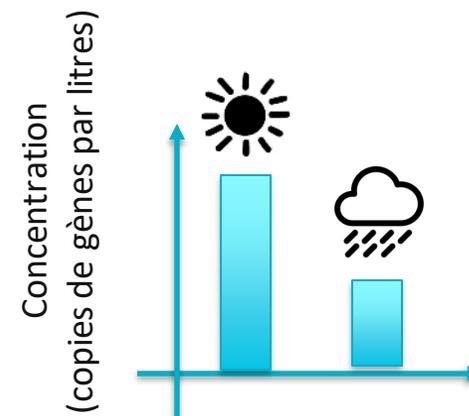
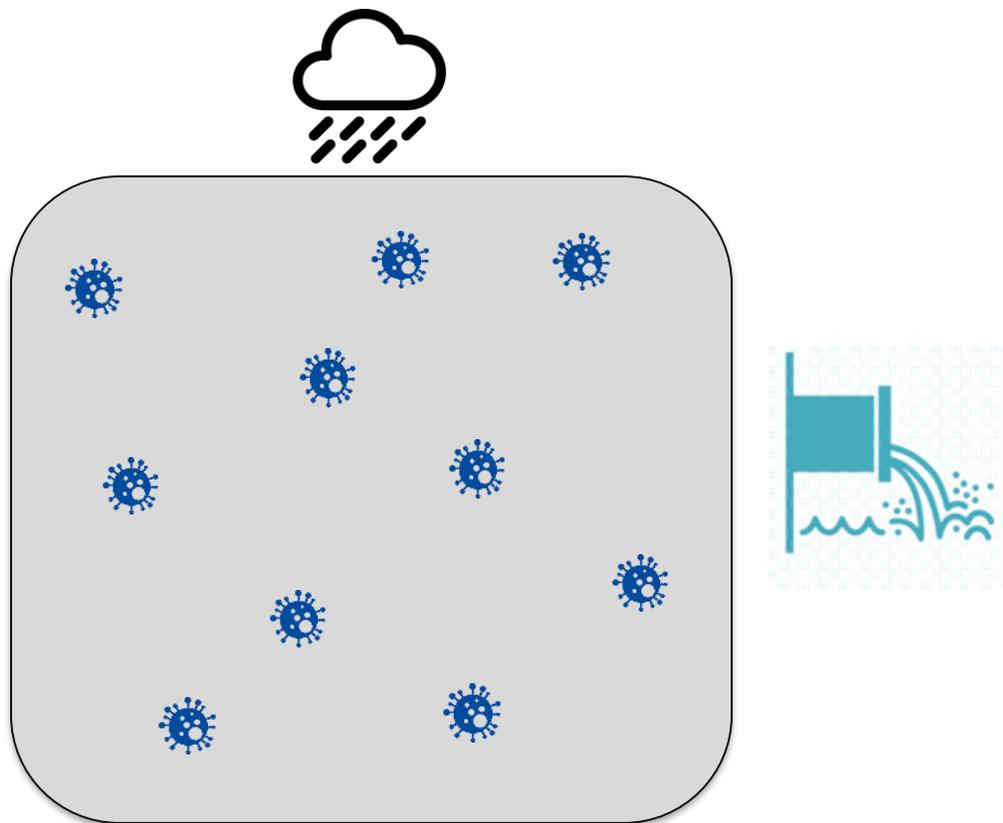


Virus intact

Virus dégradé  
ARN libre

# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

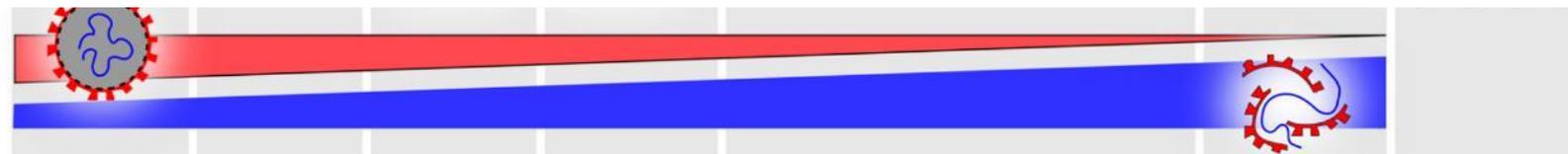
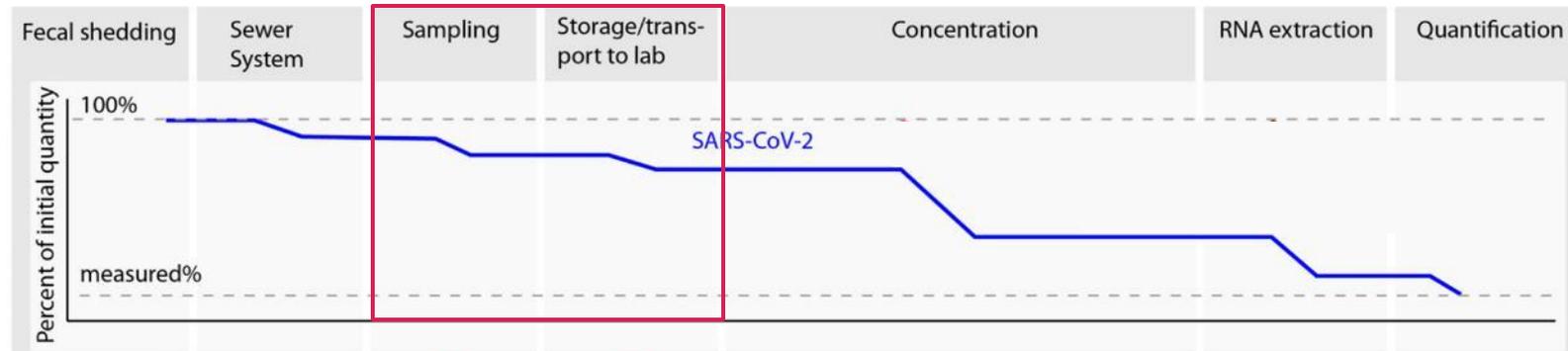
## SARS-CoV-2: de l'hôte à la STEP



$$\begin{array}{ccccccc} \text{Flux journalier} & = & \text{concentration} & \times & \text{débit d'eau usée} \\ \text{(copies de gènes par jour)} & & \text{(copies de gènes par litre)} & & \text{(litres par jour)} \end{array}$$

# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## SARS-CoV-2: de l'hôte à la STEP

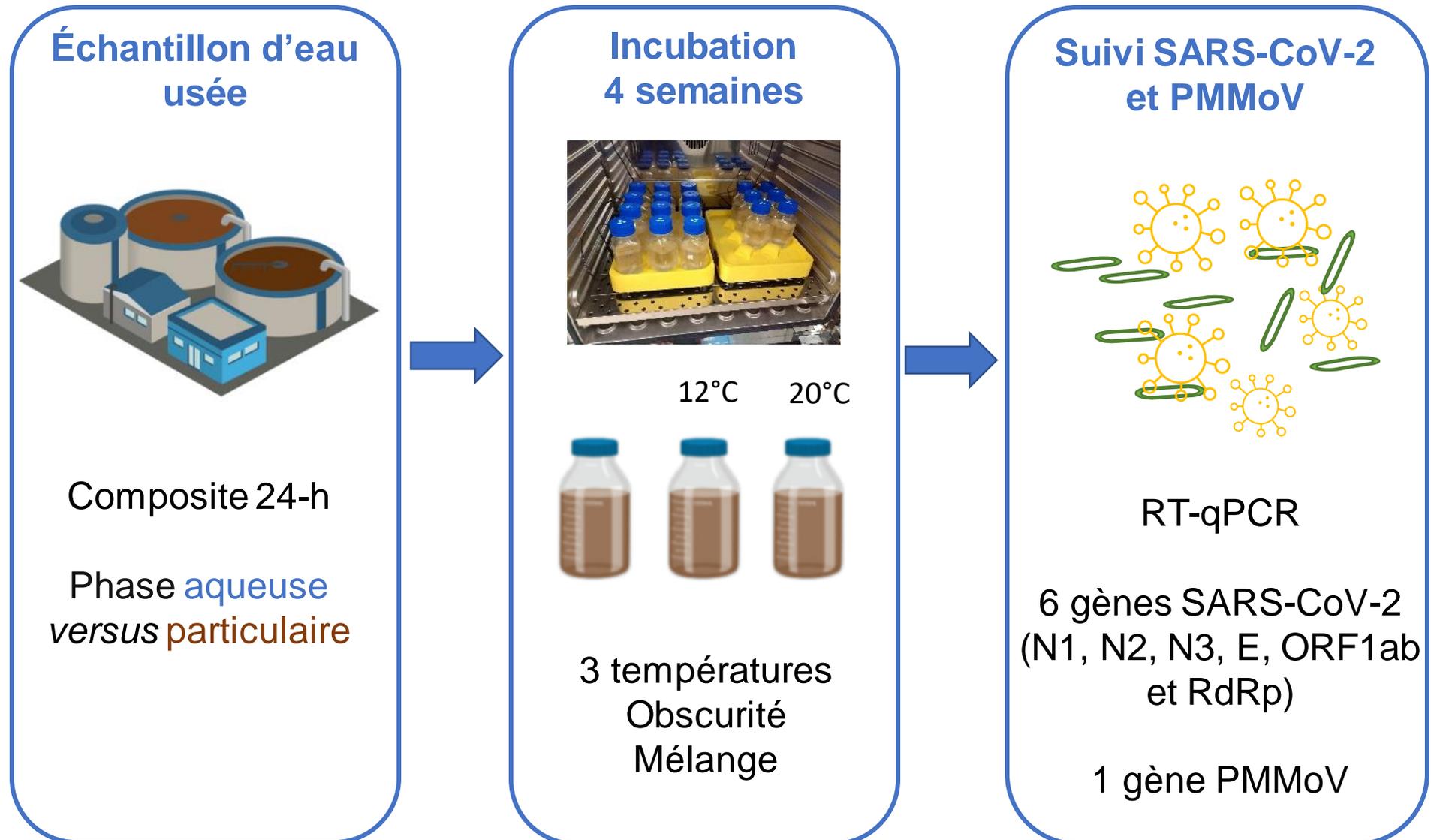


Virus intact

Virus dégradé  
ARN libre

# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## SARS-CoV-2: stabilité du signal génétique dans l'eau usée



# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## SARS-CoV-2: stabilité du signal génétique dans l'eau usée

Science of the Total Environment 857 (2023) 159401

Contents lists available at ScienceDirect



ELSEVIER

Science of the Total Environment

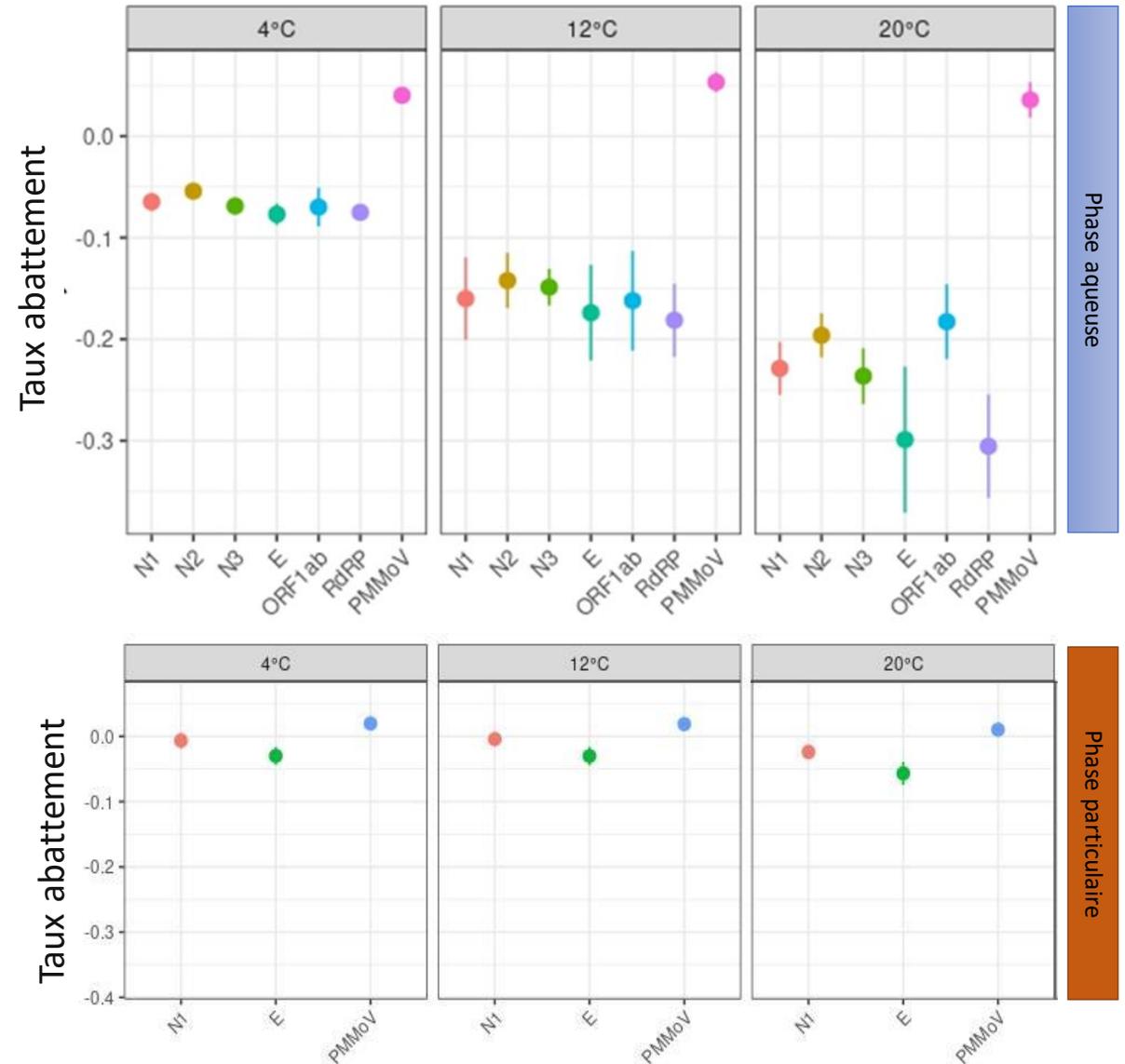
journal homepage: [www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)



Persistence of endogenous RNA biomarkers of SARS-CoV-2 and PMMoV in raw wastewater: Impact of temperature and implications for wastewater-based epidemiology

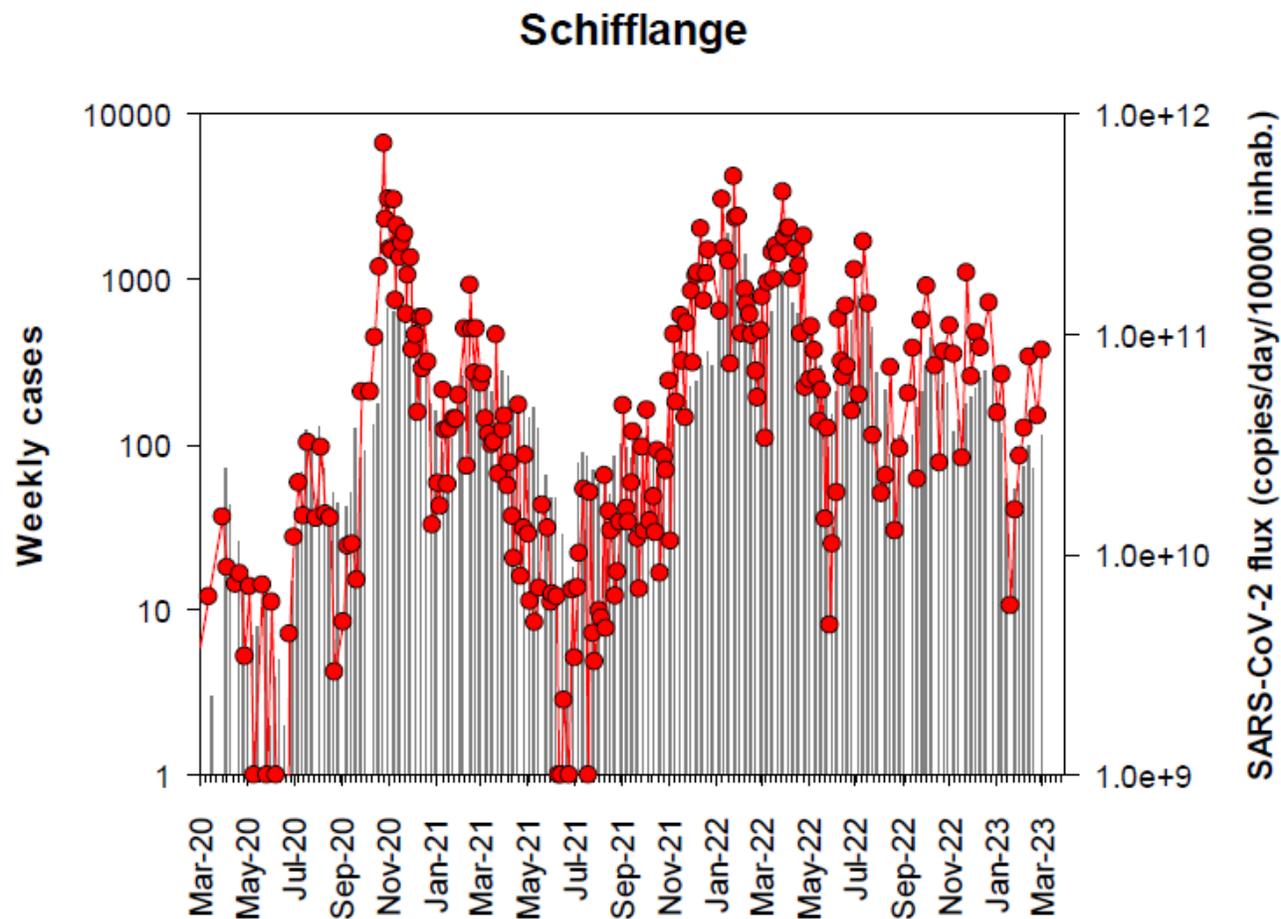
Jean-Baptiste Burnet, Henry-Michel Cauchie, Cécile Walczak, Nathalie Goeders, Leslie Ogorzaly \*

Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Environmental Research & Innovation Department, 41 rue du Brill, L-4422 Belvaux, Luxembourg



# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## Résultats à l'échelle du bassin contributeur

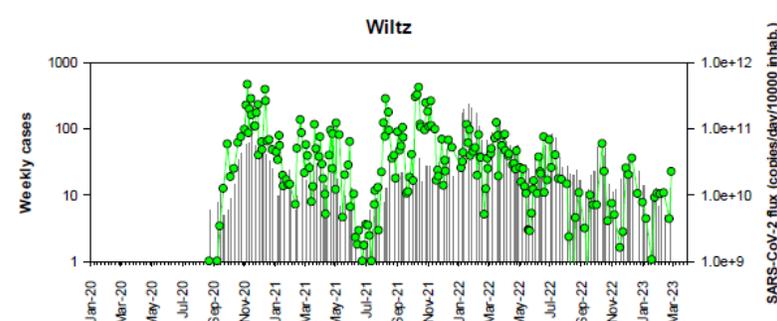
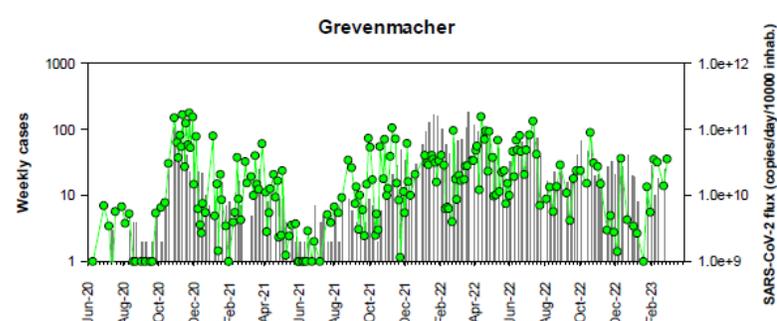
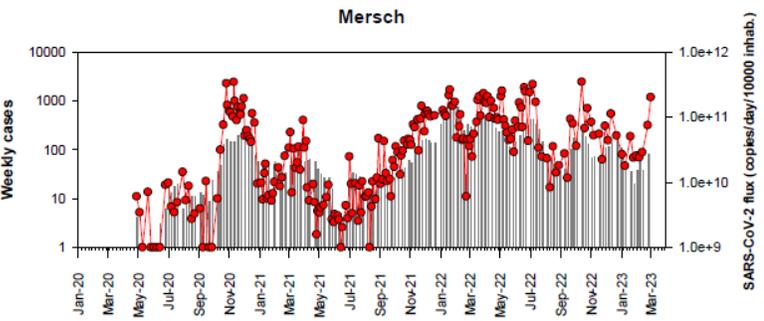
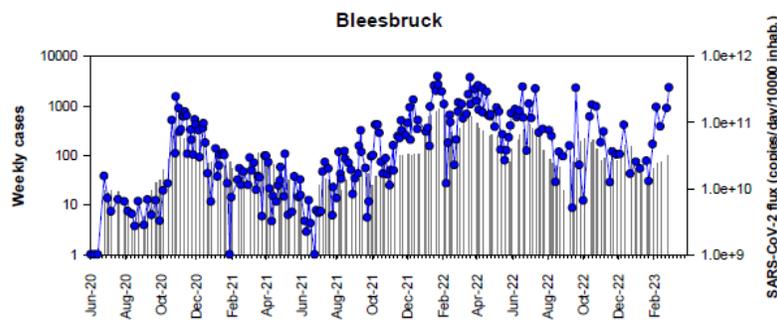
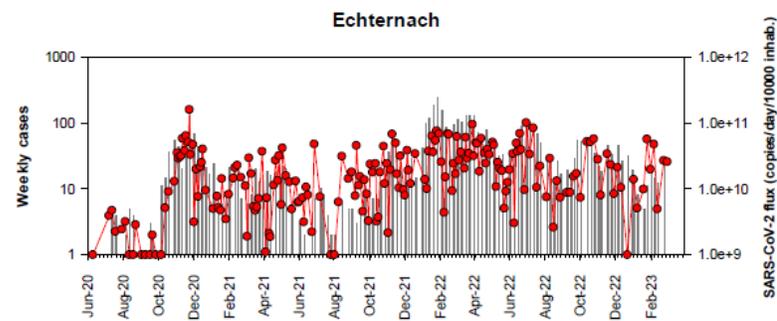
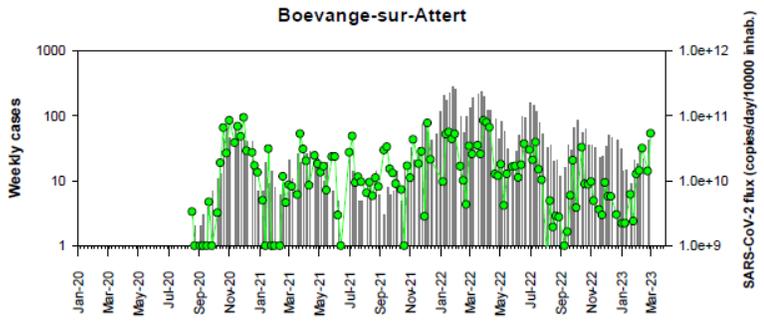
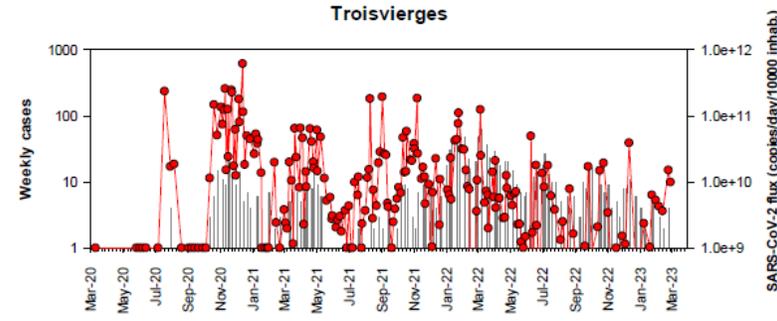
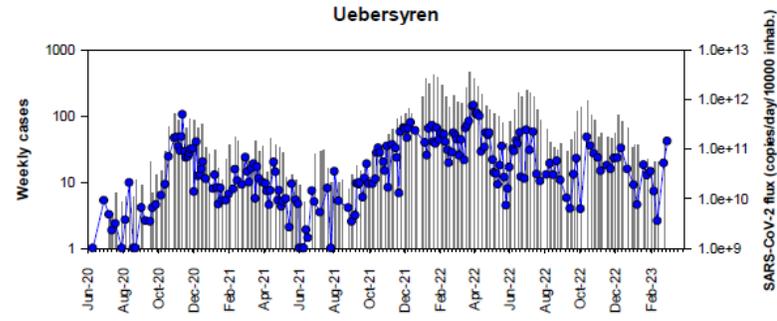
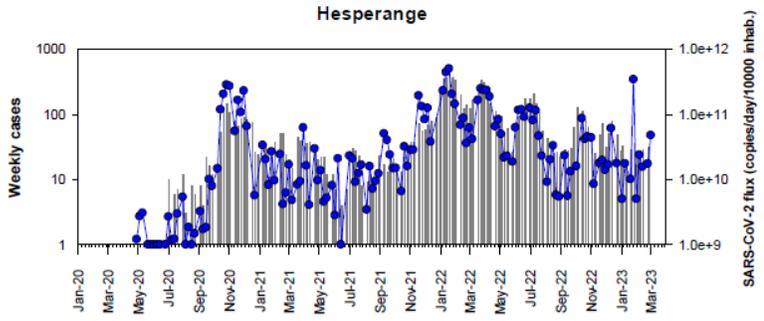


Flux SARS-CoV-2 =  
[virus]<sub>PCR</sub> x débit<sub>24h</sub> pour 10,000 habitants

- Flux SARS-CoV-2/10.000 hab.
- | Cas hebdomadaires

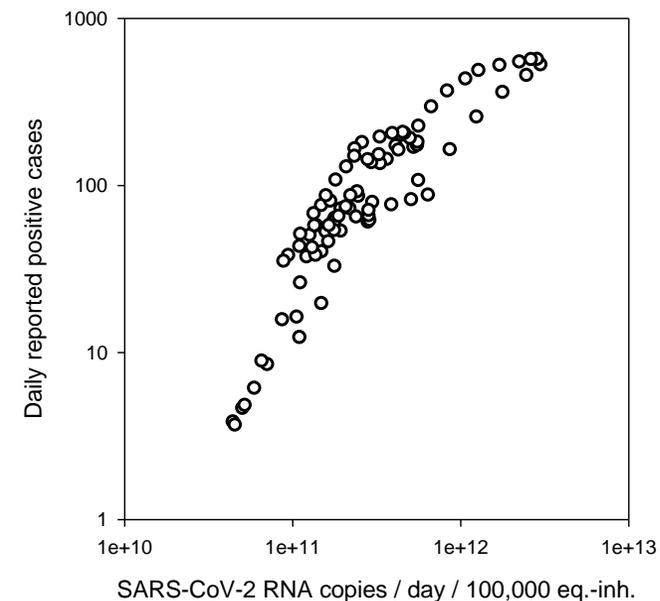
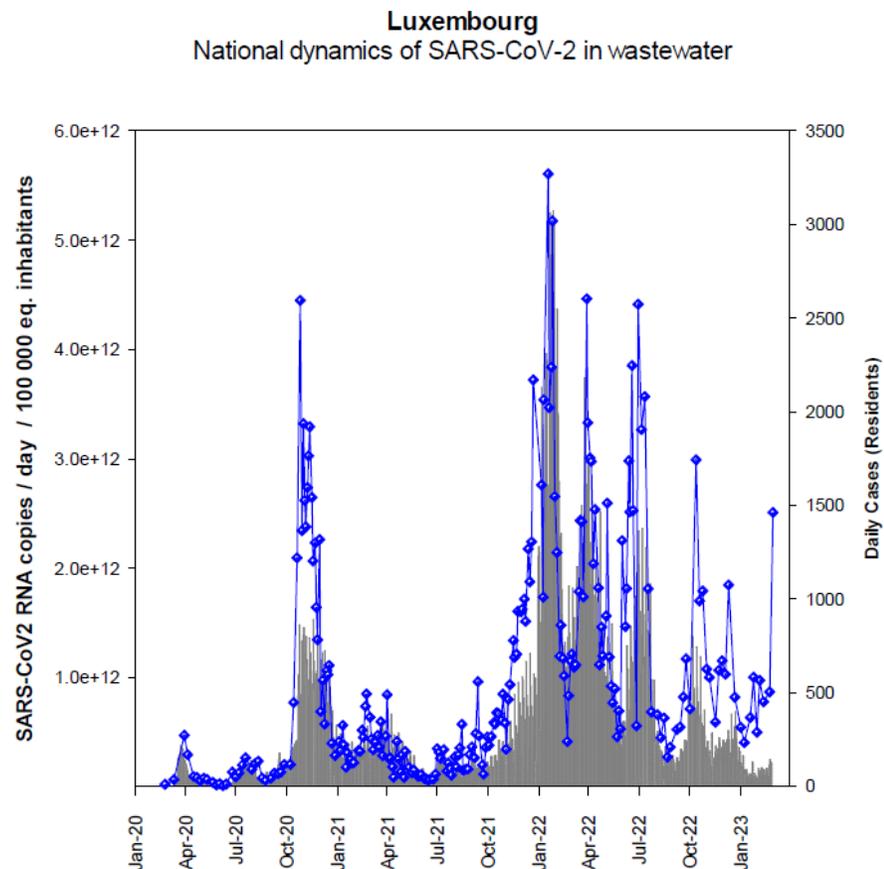
# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## Résultats à l'échelle du bassin contributeur



# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## Résultats à l'échelle nationale

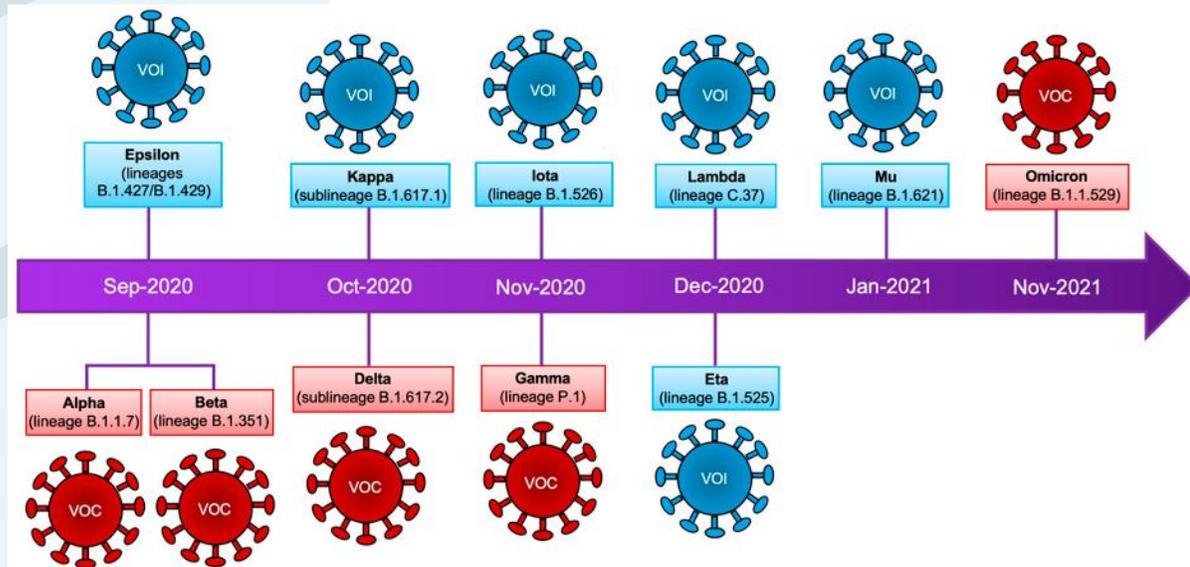


Bonne corrélation entre les cas signalés et SARS-CoV-2 dans les eaux usées (national)

Spearman correlation (n=78): 0.95  
( $p < 0.0001$ )

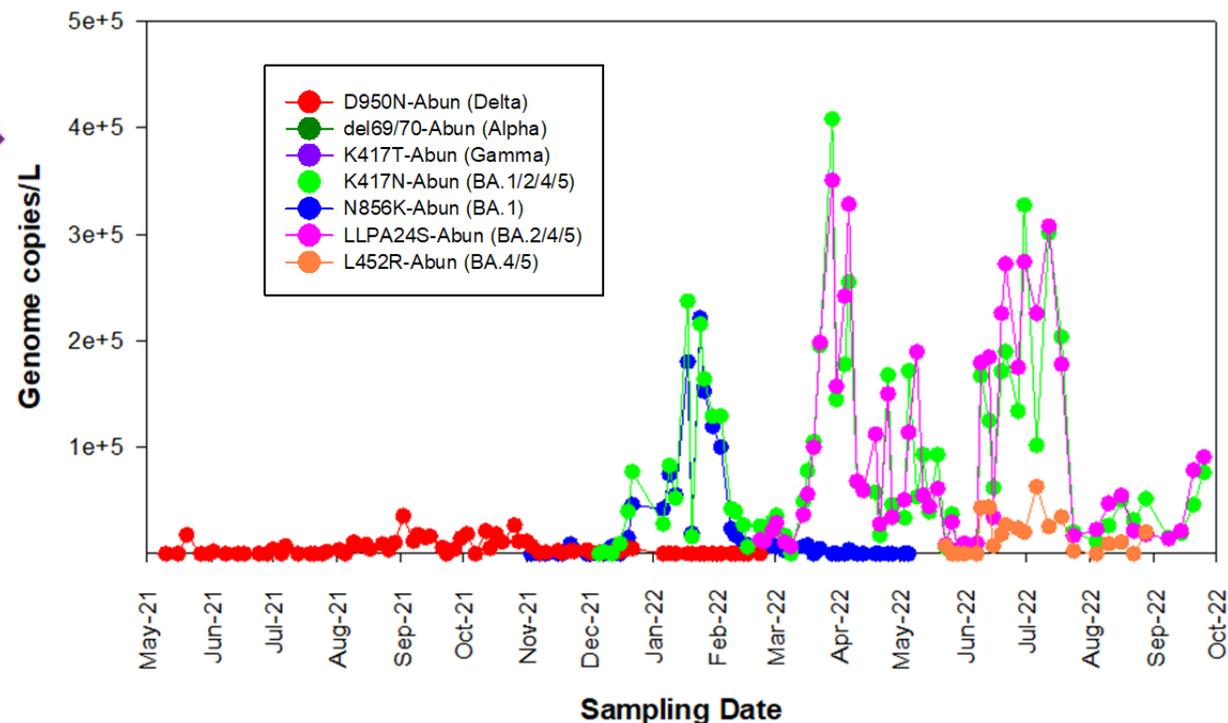
# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## SARS-CoV-2: apparition de mutations et des variants



Détection des variants d'intérêt par RT-ddPCR

### SCHIFFFLANGE

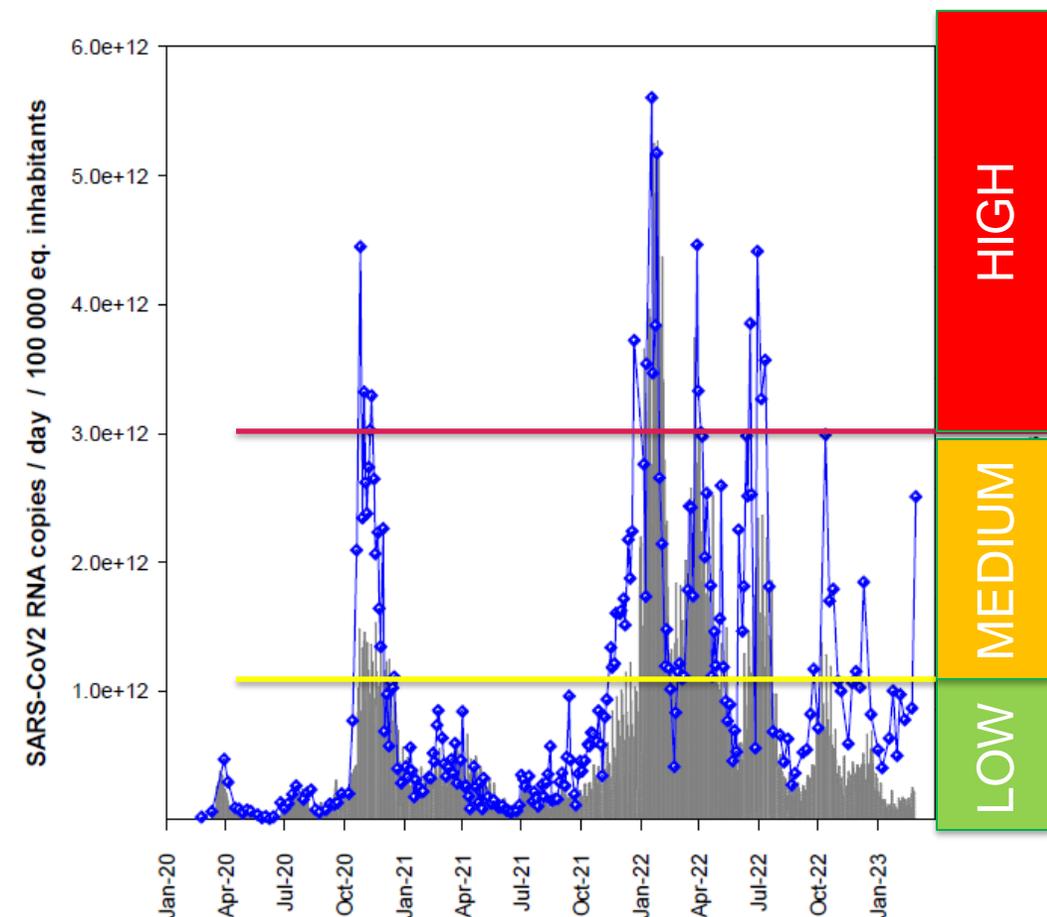


# SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

Rapports bi-hebdomadaires au Conseil de Gouvernement et au grand public



**Luxembourg**  
National dynamics of SARS-CoV-2 in wastewater



# RÉCAPITULATIF ET PERSPECTIVES

Dans le cadre de l'observatoire de la santé via les eaux usées:

- Mise en place rapide d'un système de surveillance du SARS-CoV-2 dans les eaux usées au Luxembourg
- Analyse rétrospective possible sur base d'échantillons congelés
- Bonne corrélation entre flux de gènes dans les eaux usées et cas positifs actifs
- Support de crise effectif au Luxembourg et transparence de l'information
- Détection précoce des variants

## **Perspectives:**

- Développement d'un plan préparatoire aux pandémies (Pandemics preparedness plan) incluant d'autres virus respiratoires et plus largement les agents infectieux y compris les gènes d'antibiorésistance

# EXTENSION DU PÉRIMÈTRE DU SUIVI ÉPIDÉMIOLOGIQUE PAR LES EAUX USÉES

## Surveillance aéroportuaire SARS-CoV-2 2023

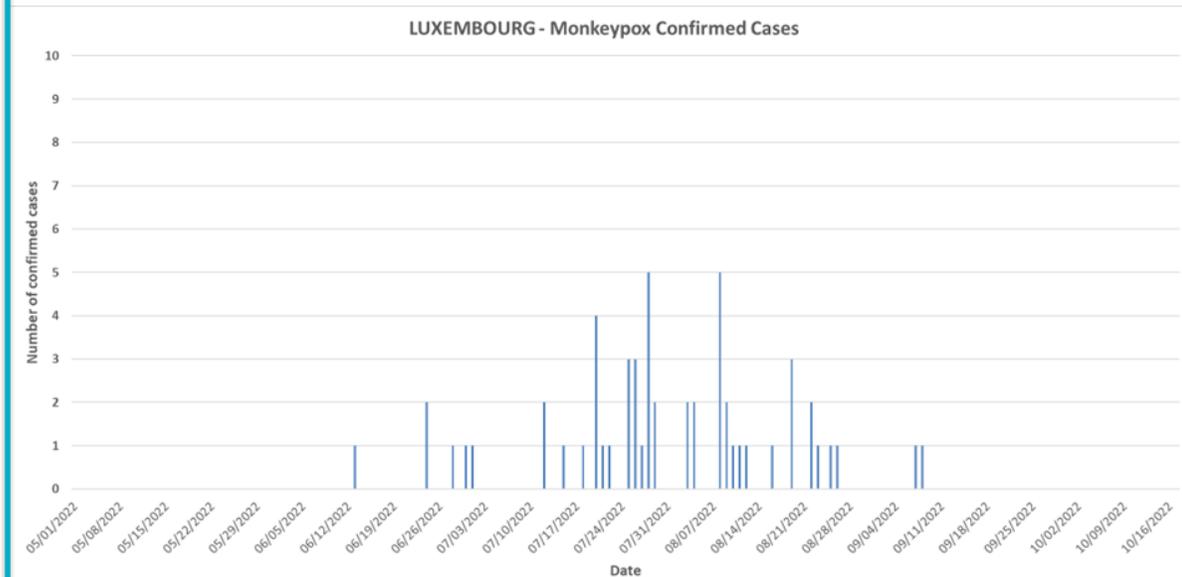
### CORONASTEP Airport Report 01 (2023 - Weeks 02 to 04) SARS-CoV-2 Airport Sewage Surveillance in Luxembourg



Table 1: SARS-CoV-2 concentration (RT-qPCR) and mutations detected (RT-ddPCR) in the airport sewage samples.

Sampling date	SARS-CoV-2 concentration	Mutations detected by RT-ddPCR	Variants of concern carrying the mutation
08 January 2023	3.7 x 10 <sup>4</sup> genome copies/L	L452R LLPA24S K417N R346T	Omicron BA.4, BA.5, BQ.1 Omicron BA.2, BA.4, BA.5, BA.2.12.1, BA.2.75, BQ.1, XBB Omicron BA.1, BA.2, BA.4, BA.5, BA.2.12.1, BA.2.75, BQ.1, XBB Omicron XBB, BQ.1
20 January 2023	1.1 x 10 <sup>4</sup> genome copies /L	L452R LLPA24S K417N	Omicron BA.4, BA.5, BQ.1 Omicron BA.2, BA.4, BA.5, BA.2.12.1, BA.2.75, BQ.1, XBB Omicron BA.1, BA.2, BA.4, BA.5, BA.2.12.1, BA.2.75, BQ.1, XBB
26 January 2023	2.0 x 10 <sup>4</sup> genome copies /L	L452R LLPA24S K417N R346T	Omicron BA.4, BA.5, BQ.1 Omicron BA.2, BA.4, BA.5, BA.2.12.1, BA.2.75, BQ.1, XBB Omicron BA.1, BA.2, BA.4, BA.5, BA.2.12.1, BA.2.75, BQ.1, XBB Omicron XBB, BQ.1

## Monkeypox 2022



55 cas au total depuis le début de l'épidémie

Analyse quantitative impossible  
< limite de quantification

# FUTUR : PÉRENNISATION D'UN OBSERVATOIRE DES EAUX USÉES AU LUXEMBOURG

- Structure supportée par
  - Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable
  - Ministère de la Santé
  - Fonds HERA accelerator
  - EU4Health
- En plus des virus respiratoires et gastrointestinaux:
  - Gènes et bactéries antibiorésistantes (coordination avec la version en révision e la directive européenne sur les eaux usées)
  - Coordination avec la surveillance des virus émergents (à vecteur arthropodes)

# REMERCIEMENTS



LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de l'Environnement, du Climat  
et du Développement durable

Administration de la gestion de l'eau

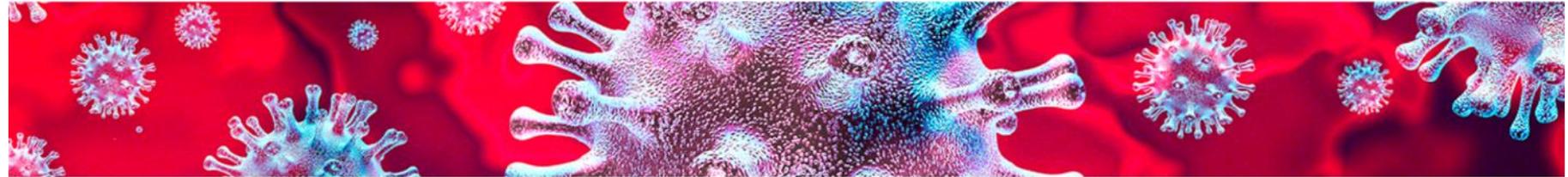


LE GOUVERNEMENT  
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG  
Ministère de la Santé

Direction de la Santé · Division de l'Inspection Sanitaire



## WWTP syndicates



Home > COVID-19 > Coronastep

### CORONASTEP

#### MONITORING THE EVOLUTION OF COVID-19 IN WASTEWATER

Researchers at the Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) are working tirelessly to provide a detailed view of the evolution of the Covid-19 pandemic by tracking the presence of the coronavirus in the Grand Duchy's wastewater. Using a highly sensitive methodology, LIST's team of microbiologists identifies where, when and in what concentration the SARS-CoV-2 coronavirus is present. Complementary to the large-scale testing, these near real-time results are delivered weekly to the government for an informed decision.

#### WHO ARE THE SCIENTISTS BEHIND THIS PROJECT?

From the collection of samples to the analysis and interpretation of results in the laboratory, the Coronastep project team led by [Leslie Ogorzely](#) and [Henry-Michel Cauchie](#) is using its expertise in environmental microbiology and hydrology to fight the Covid-19 pandemic.



From left to right: Leslie Ogorzely, Henry-Michel Cauchie, Cécile Walczak, Jean-Baptiste Burnet, Delphine Collard



[LEARN MORE](#)

