



Suivre les épidémies via l'analyse des eaux usées : le projet OBEPINE



Prof. Vincent Maréchal

Directeur de la plateforme nationale OBEPINE+ - Sorbonne Université



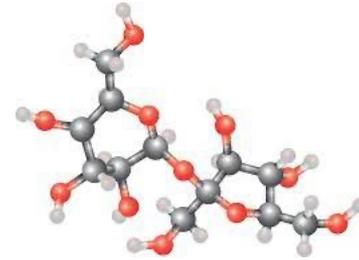
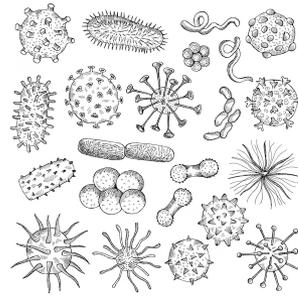
Qu'est-ce que l'épidémiologie des eaux usées* ?

* *Wastewater-based epidemiology (WBE)*

Selles / urines ...



- microbes
- antibiotiques
- antidépresseurs
- drogues illicites...



Egouts



STEU



Boues



Eaux de surface

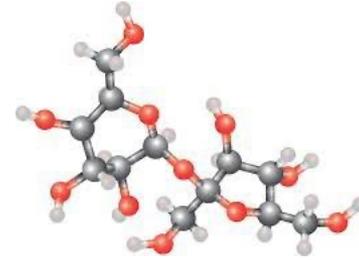
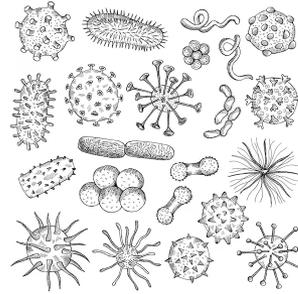


Coquillages

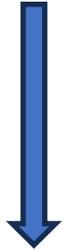
Selles / urines ...



- microbes
- antibiotiques
- antidépresseurs
- drogues illicites...



Etat de santé de la population



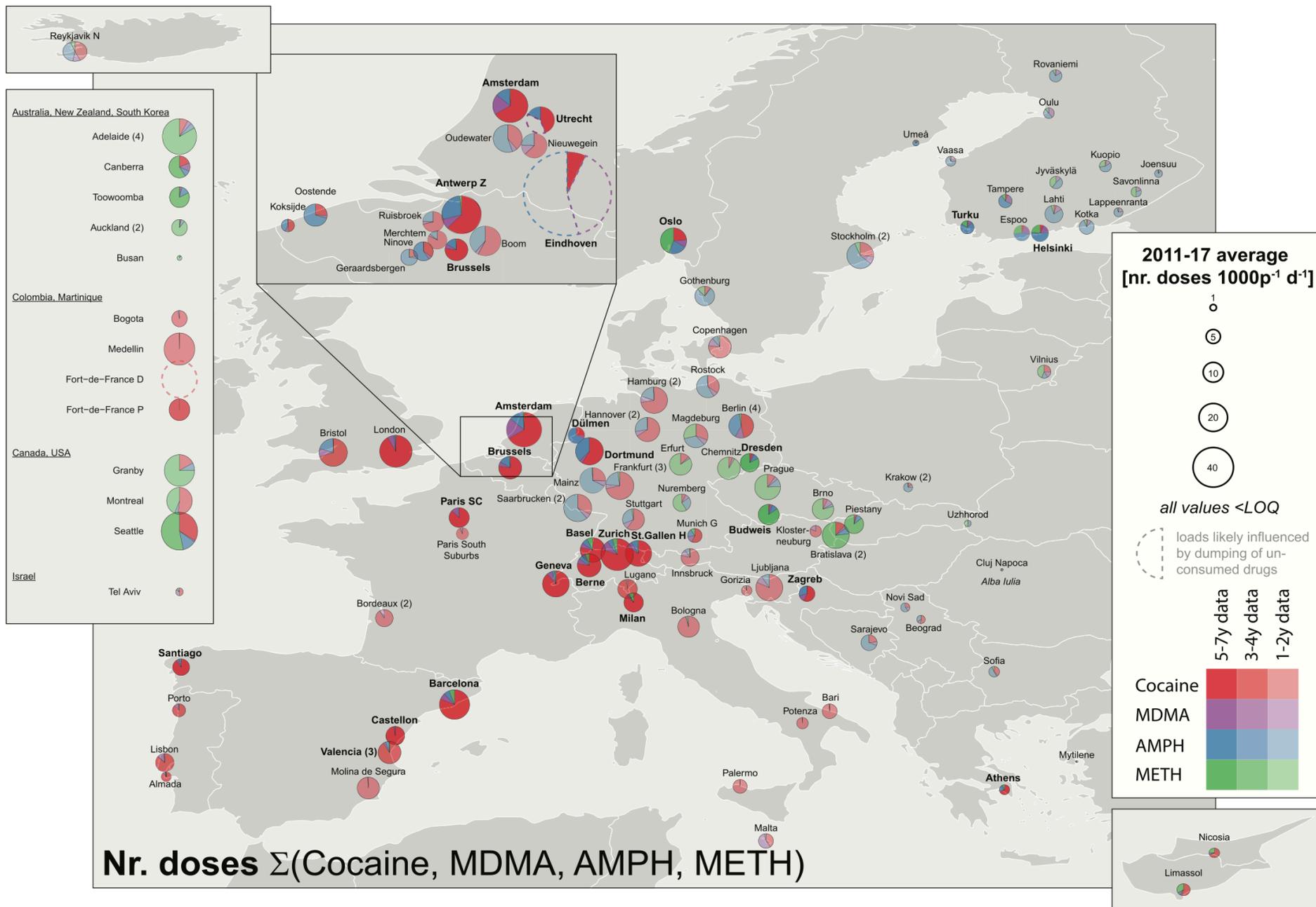
Boues



Eaux de surface

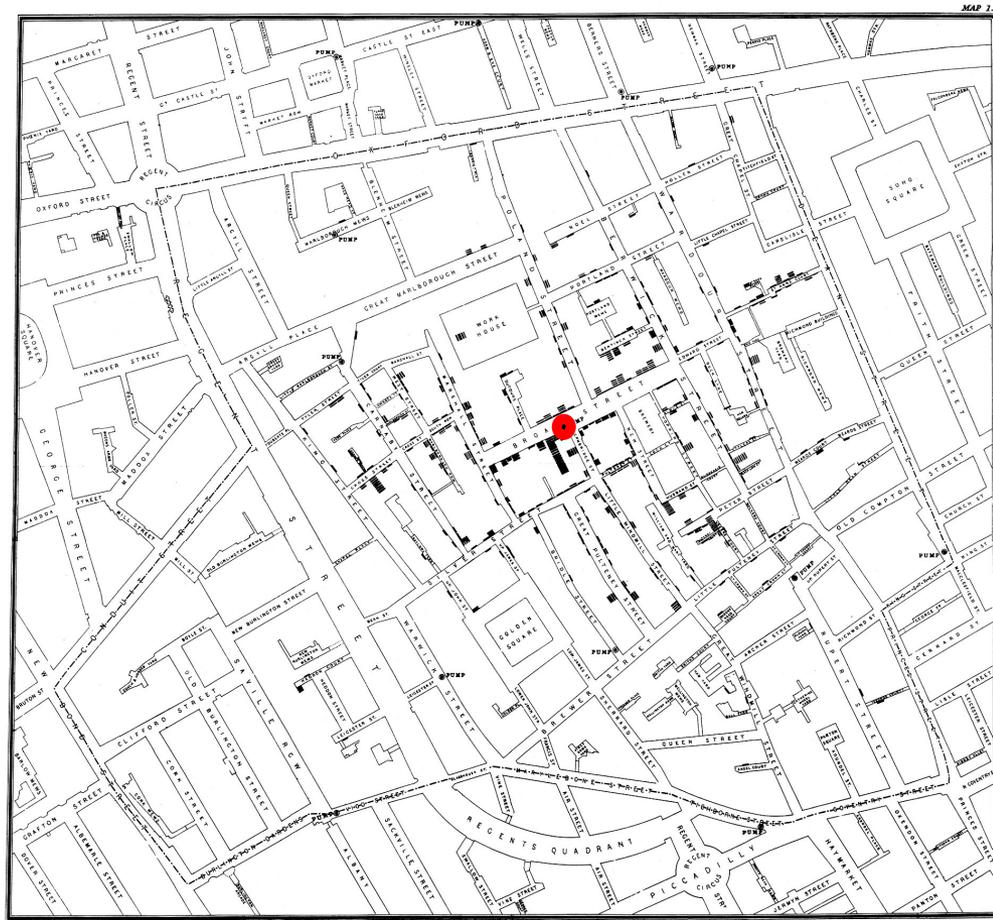
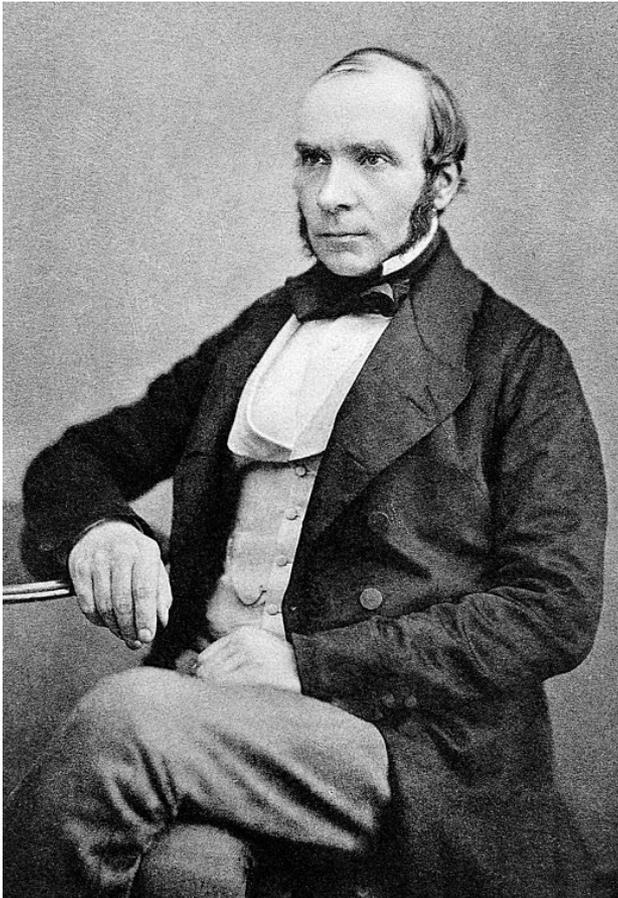


Coquillages



Source : Iria González-Mariño et al. (2019) doi:10.1111/add.14767
 2011–17 total average number of doses/1000 people/day

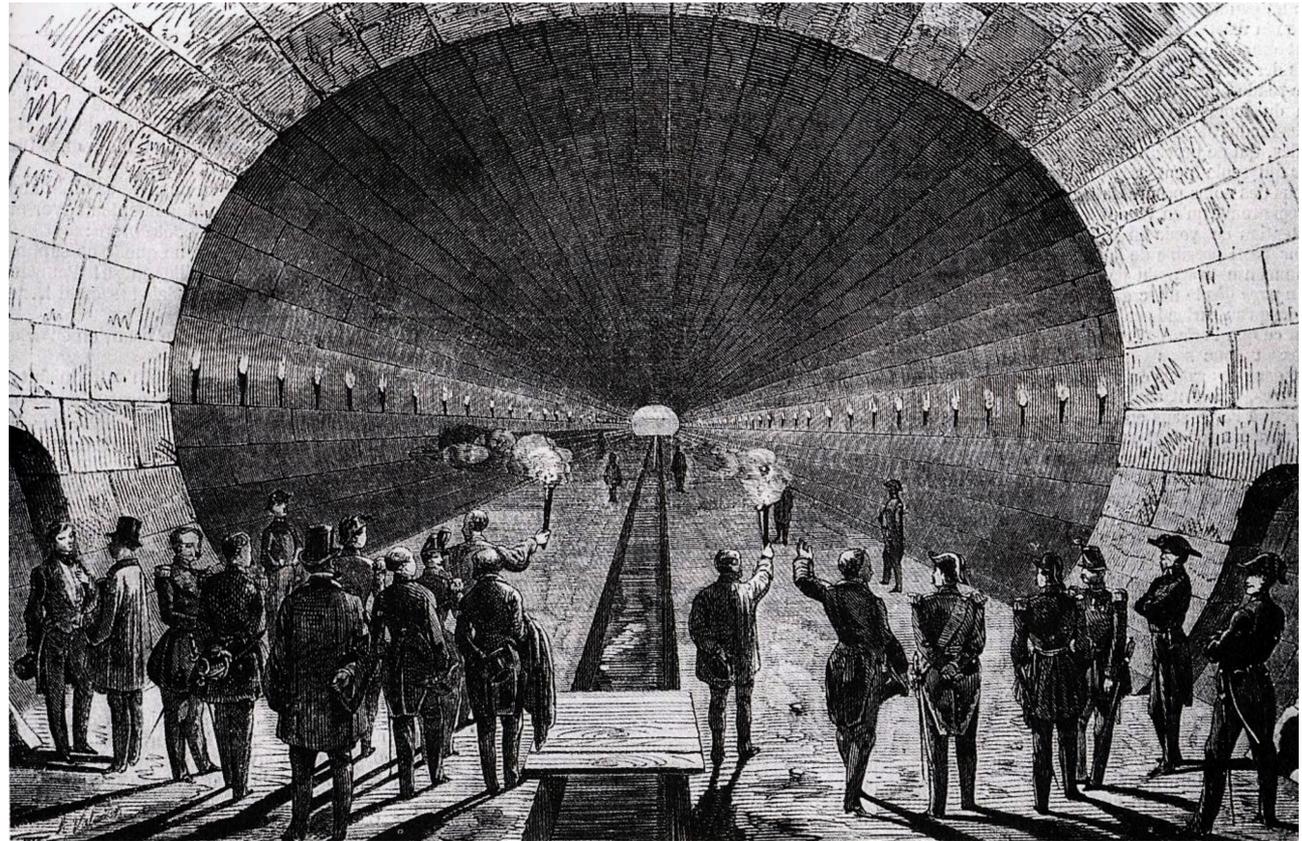
John Snow : Épidémie de choléra de Broad Street (1854)



Une impulsion pour créer les premiers réseaux d'assainissement



THE FLEET-STREET SEWER.



Egout collecteur construit sous le boulevard de Sébastopol à Paris, gravure du *Monde Illustré* (1858)

Un dispositif de suivi des épidémies de poliomyélite

- La poliomyélite touche surtout les enfants de moins de 5 ans
- Paralysie flasque irréversible (1/200 infections)
- 3 génotypes - 2 vaccins (vivant atténué ou inactivé)
- 5 à 10% des sujets paralysés meurent (atteintes respiratoires)

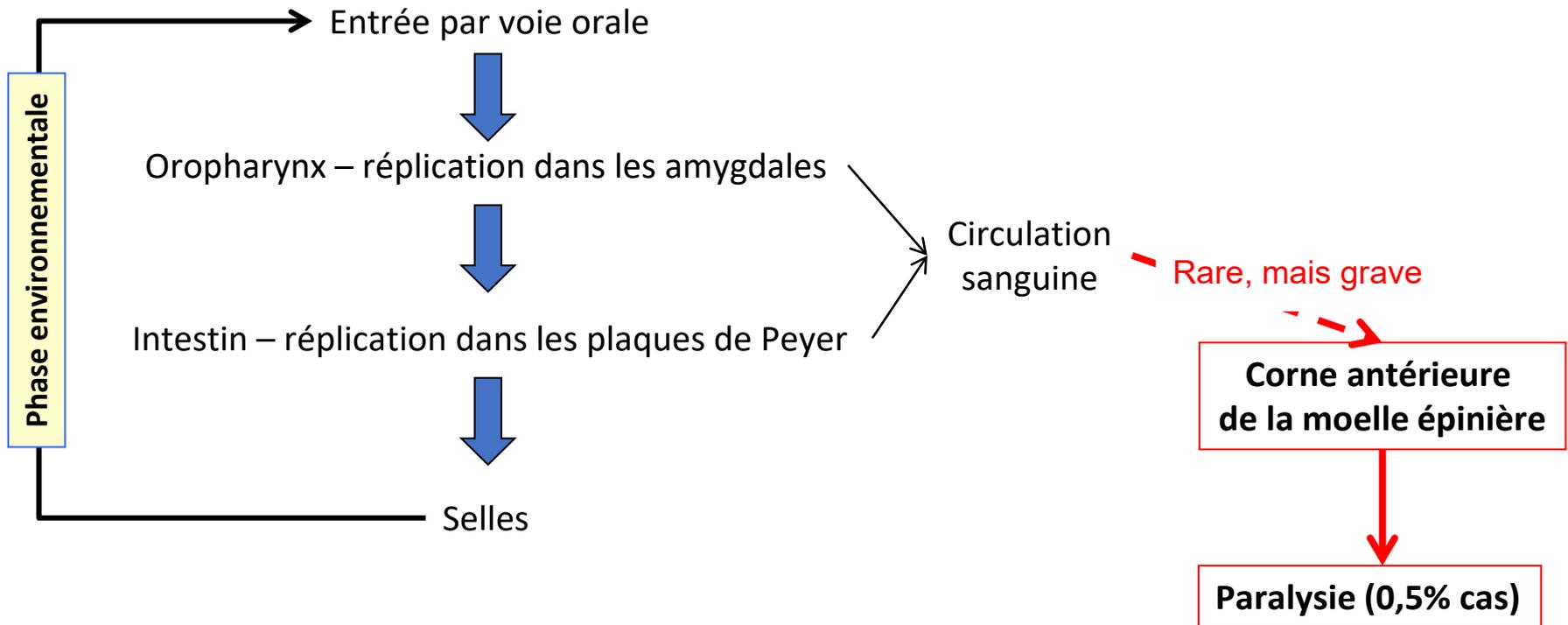


Poumon d'acier



La grande salle des poumons d'acier à Los Angeles (1950)

Dans la majorité des cas (99,5%), l'infection est non symptomatique



Persistence dans l'eau, les sols humides, variable selon le milieu (pH, chaleur, salinité, facteurs physiques etc.)

-> Réduction 1 Log10 en 20-60 jours (Slade, 1989)

Voir également J.Bae et al. *Appl Environ Microbiol.* Jan 2008; 74(2): 477-484.

Surveillance du poliovirus dans les eaux usées

- 1935 : Virus détecté dans les selles durant la phase aigue et la guérison
- 1939 : Epidémie à Charleston (Caroline du Sud) => collecte d'eaux usées

SEPTEMBER 15, 1939

SCIENCE

259

TABLE 1
TESTS FOR POLIOMYELITIC VIRUS IN SEWAGE SPECIMENS

Sewage specimen	Original amount	Interim between collection and inoculation	Amount of inoculum		Monkey No.	Result
			Intra-peritoneal	Subcutaneous		
(A) Pump	3.5 liters	6 and 7 days	36 cc	22 cc	1229	Abscess of abdominal wall; acute peritonitis. Killed on 4th day.
(B) Har.	0.5 liter	7 days	24 "		1231	Chronic and acute peritonitis. Died on 18th day.
(C) Pump (1)	8 liters	1 and 2 days	120 "		1227	Poliomyelitis. Killed on 10th day.
(2)		3 days	125 "		1232	Passage to monkey 1248 successful. Poliomyelitis. Died on 8th day.
(D) Hosp. (1)	7 "	5 "	75 "	125 "	1239	Passage not done. Infected abdominal wall. Died on 2nd day.
(2)		6 "	25 "	46 "	1240	Abscess of abdominal wall. Killed on 4th day.

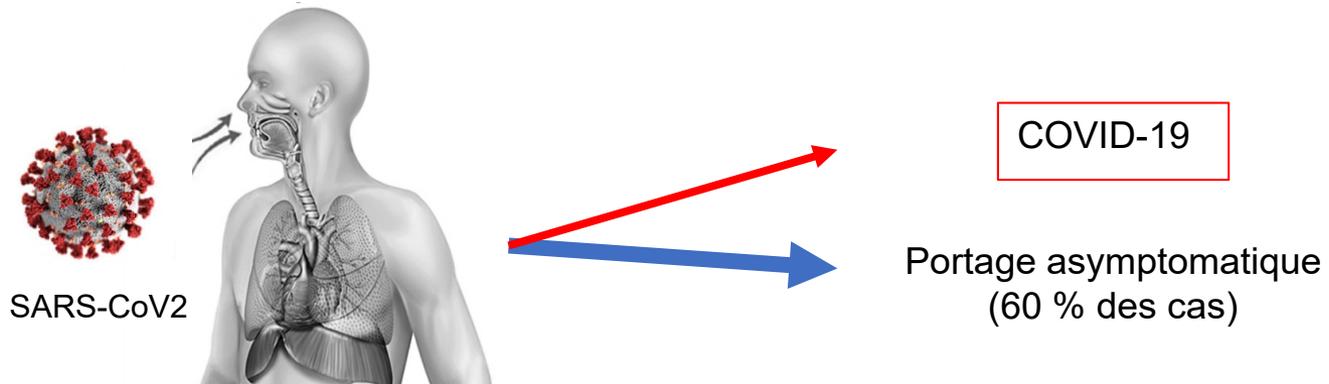
La pandémie SARS-CoV-2 ouvre des
« opportunités » de recherche

Genèse du projet Obépine*

* Observatoire épidémiologique dans les eaux usées

Comment détecter / suivre une épidémie sans test individuel ?

Du SARS-CoV-2 dans les eaux usées ?



↓

Réplication (tube digestif) - excrétion



Stations d'épuration



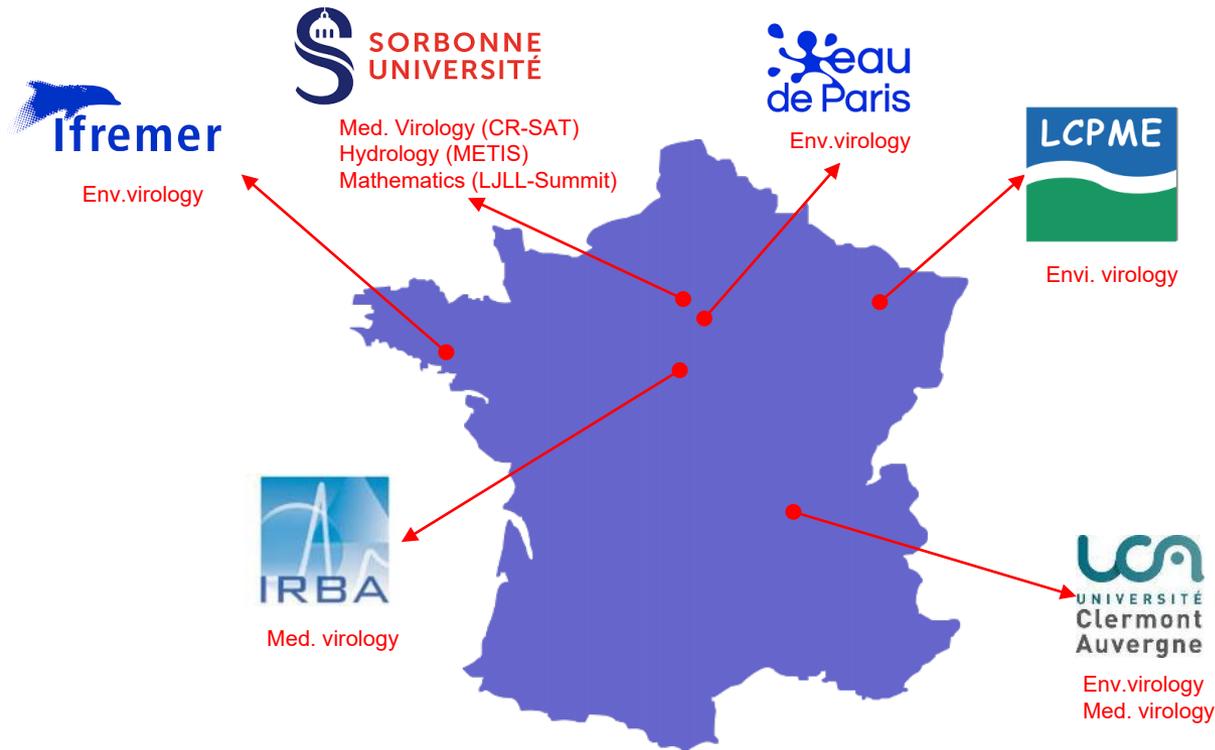
X porteurs du virus ?

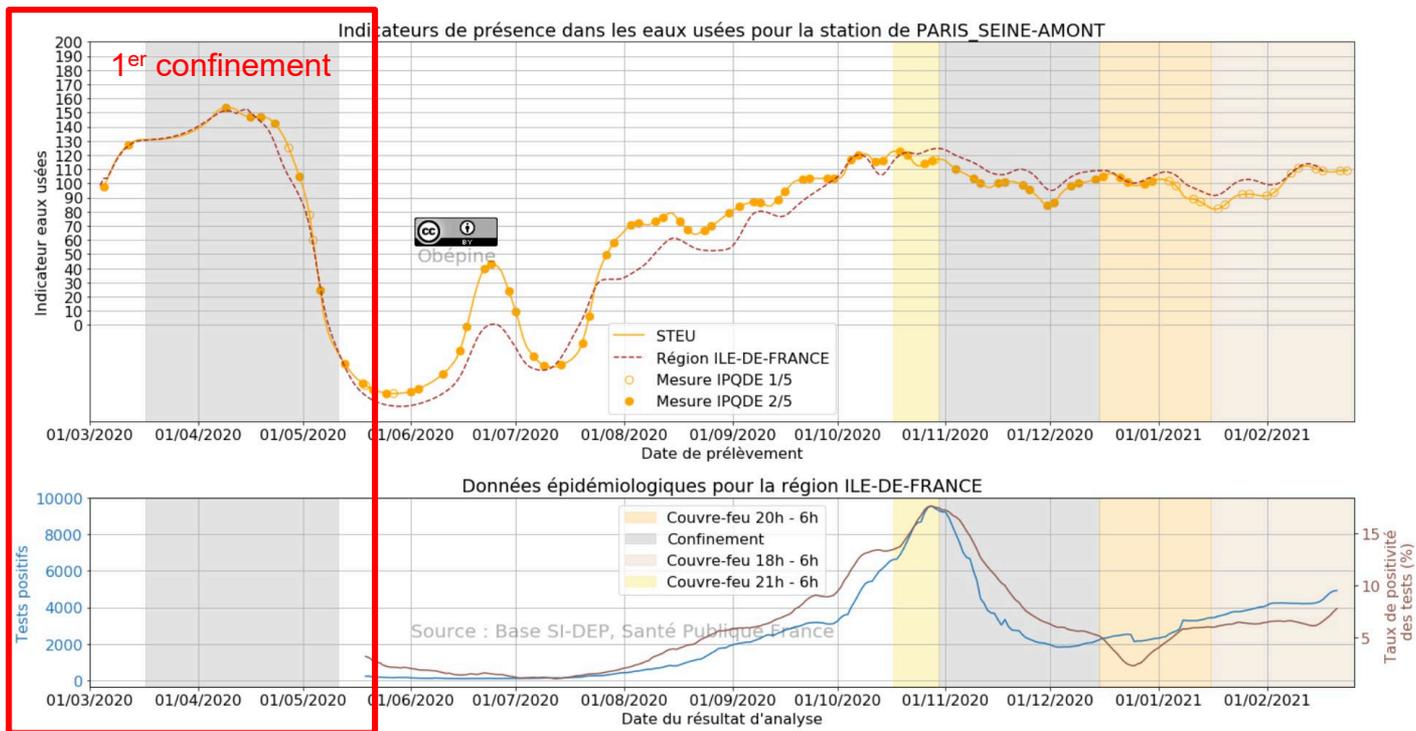
ANALYSE VIROLOGIQUE
MODELISATION MATHEMATIQUE

Virus dans les eaux usées

De l'idée à la preuve de
concept

Un consortium de recherche multidisciplinaire (Fevrier-Mars 2020)





SCIENCEINSIDER | HEALTH

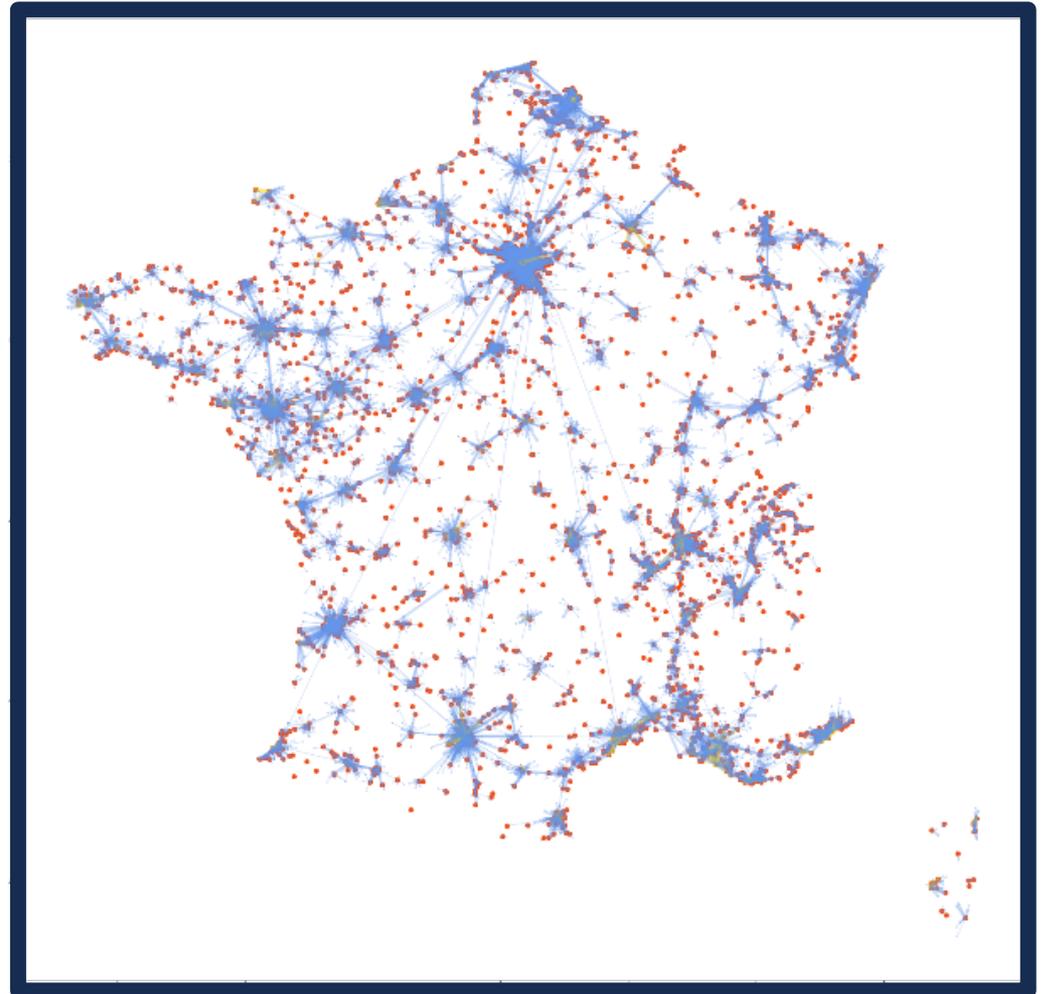
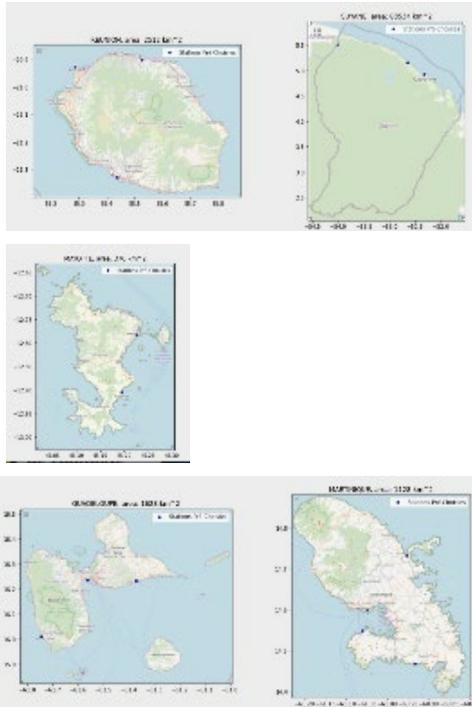
Science

Coronavirus found in Paris sewage points to early warning system

Rising levels of SARS-CoV-2 detected in wastewater before corresponding spike in clinical cases

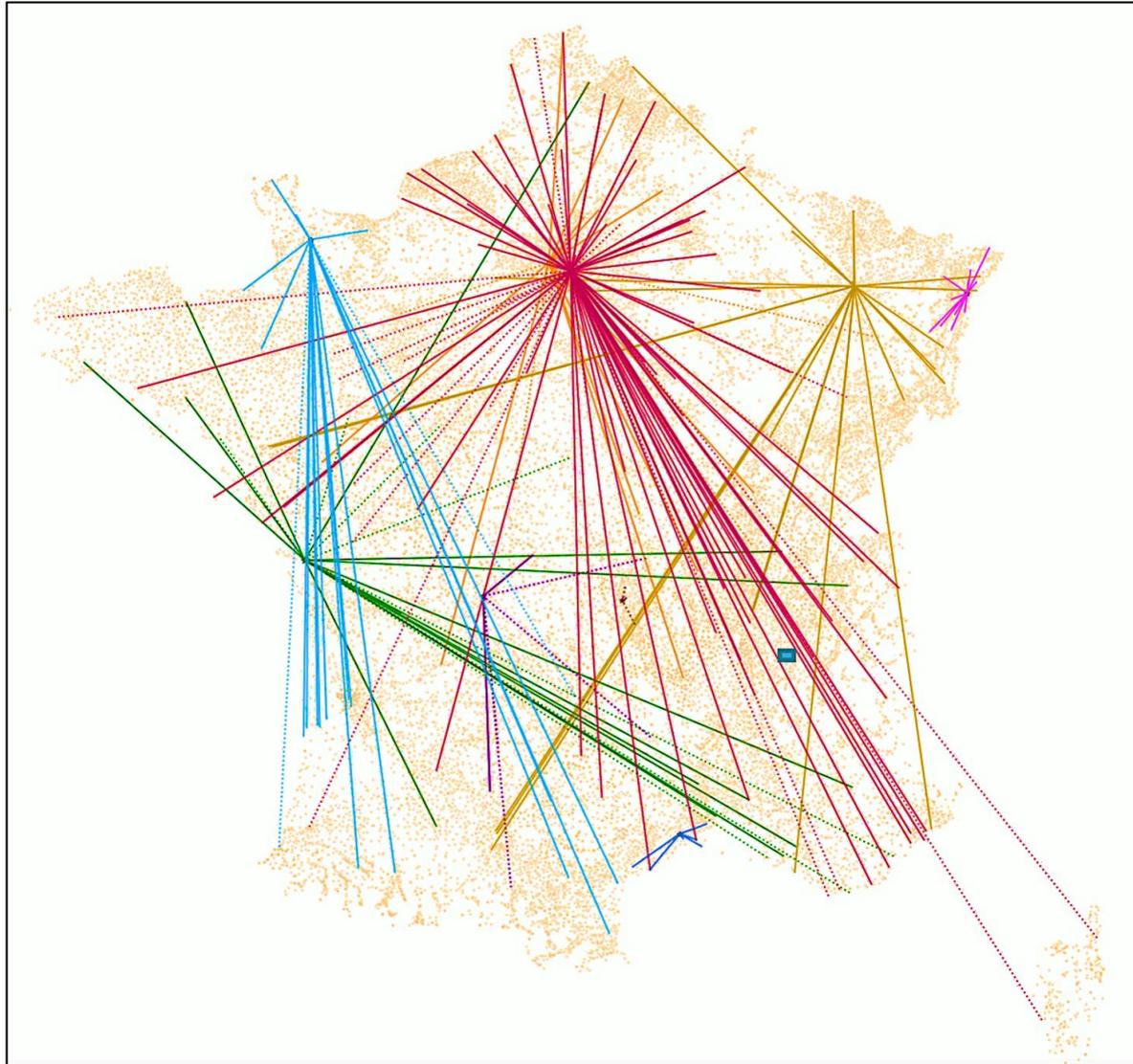
21 APR 2020 • BY [CHRISTA LESTÉ-LASSERRE](#)

Réseau de surveillance national

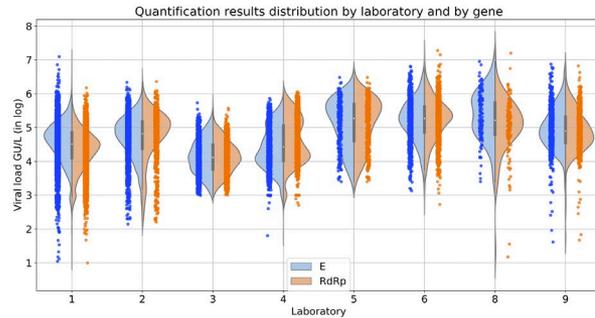


- 3,5 million €
- 150 -> 200 STEU
- 2 échantillons par semaine
- **40% de la pop. française suivie**

Une logistique complexe

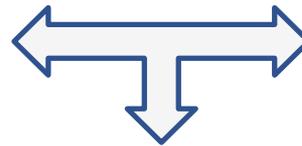


Techniques innovantes

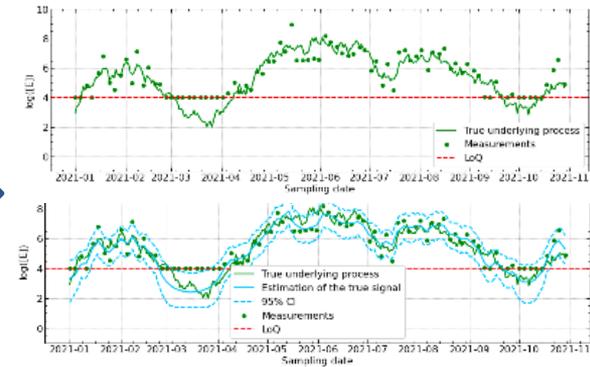


Inter-laboratories comparison

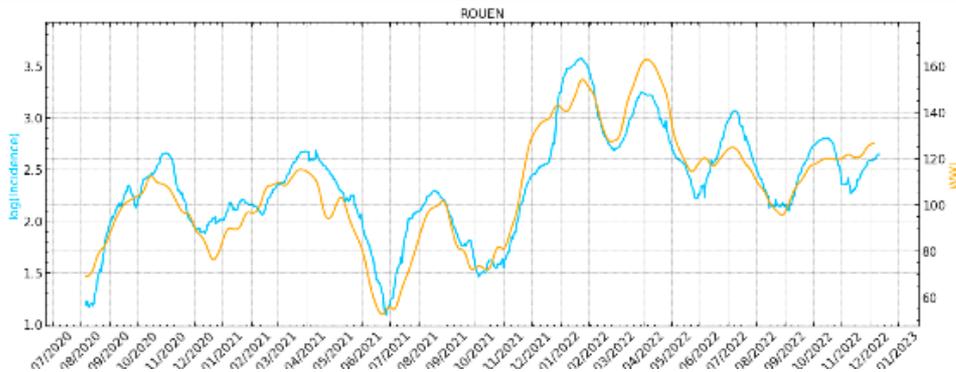
Obepine



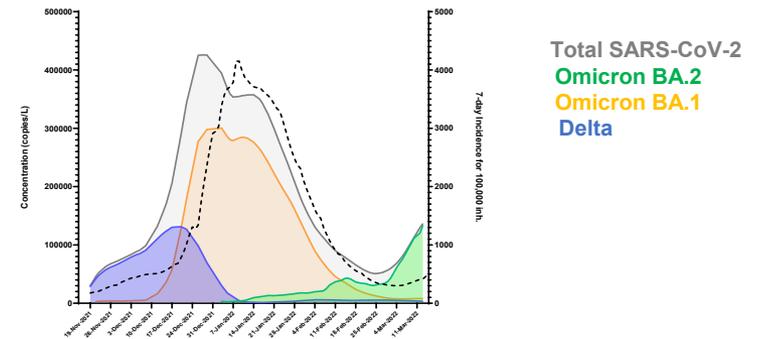
Modélisation



Suivi de l'incidence



Analyse des variants SARS-CoV-2 (EU)



1 Marie Courbariaux et al. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 8, 2022.

2 Nicolas Cluzel et al. *Environment International*, 158 :106998, 2022.

¹ Wurtzer et al. (2022-1) STOTEN (dPCR)

² Barbé et al (2022) *Frontiers in Microbiology* (Whole genome sequencing)

³ Wurtzer et al. (2022-2) STOTEN (dPCR)

* **Emergen : Emereaude project (ANRS-MIE)**

Construction d'un indicateur eaux usées (IEU)

Charge virale (UG/L) (qRT-PCR/dPCR)



- Débitmétrie
- Pluviométrie
- Données physico-chimiques
- Incidents de gestion STEU
- Indicateurs viraux (fécaux)

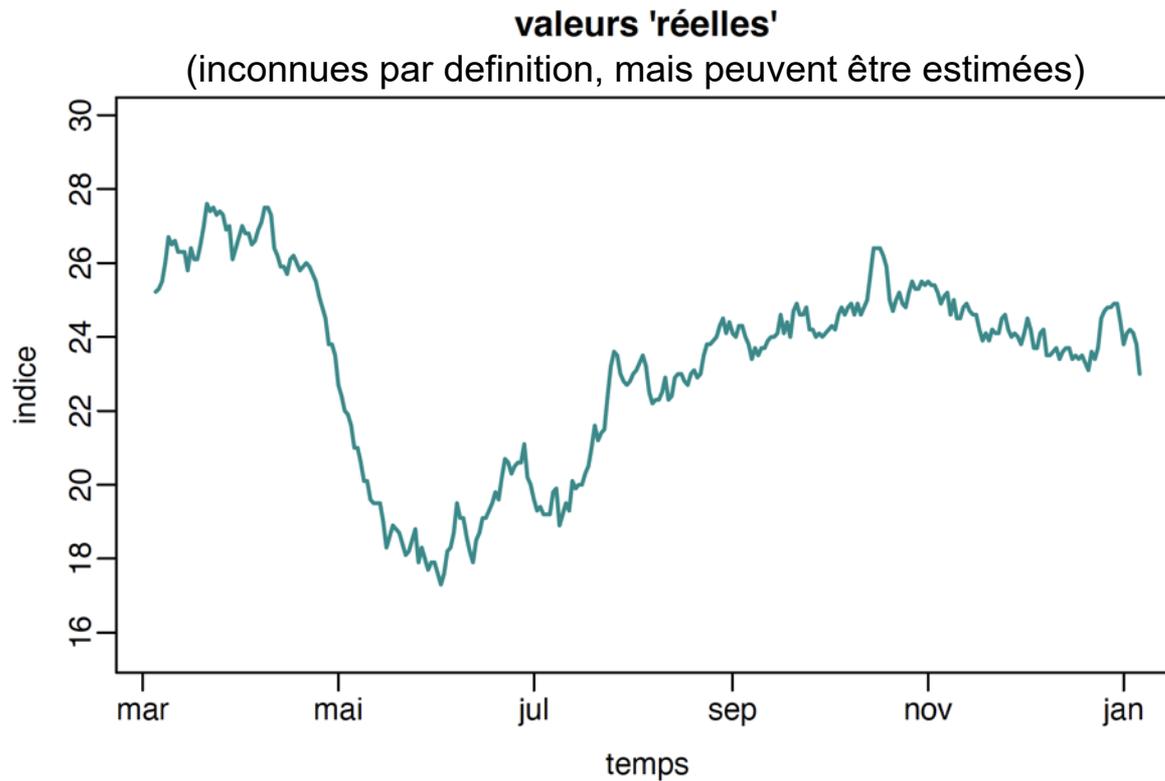
} Normalisation
nécessaire

Indicateur eaux usées (approx. CV/J)

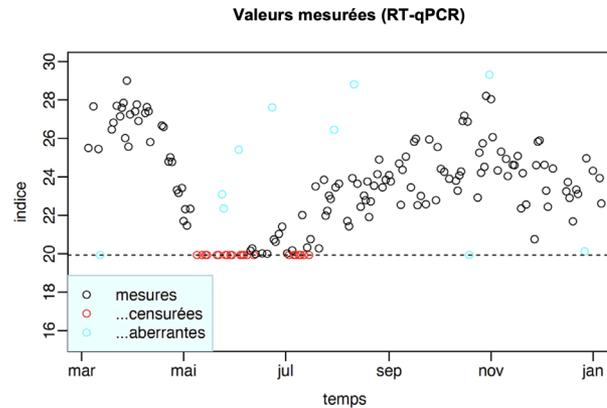
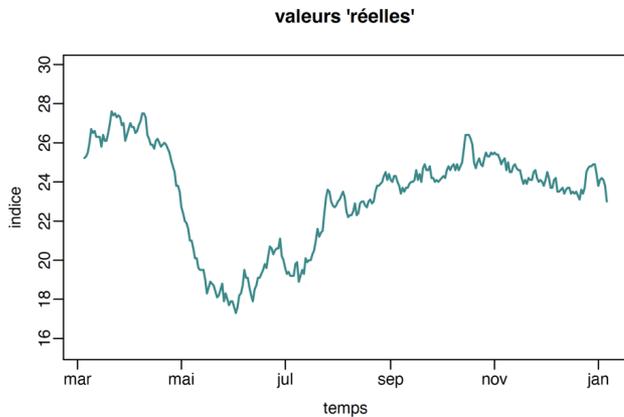


Taux d'incidence

Comment donner du sens à des données bruitées ?



Comment valider un algorithme de lissage ?



Peut-on générer un algorithme qui retrouve les valeurs réelles ?

Courbe de référence
(inventée)



Données bruitées à partir
de la courbe de référence

Smoothing for an indicator : work with G. Nuel and the team Smiles-4-Obepine

We have developed a Kalman-smoothing algorithm adapted for the Obepine data.

This one allows to find an autoregressive process of which we observe only a noisy and censored version.

$$X_i = \eta X_{i-1} + \delta + \sigma \mathcal{N}(0, 1)$$

$$Y'_i = X_i + \varepsilon \mathcal{N}(0, 1)$$

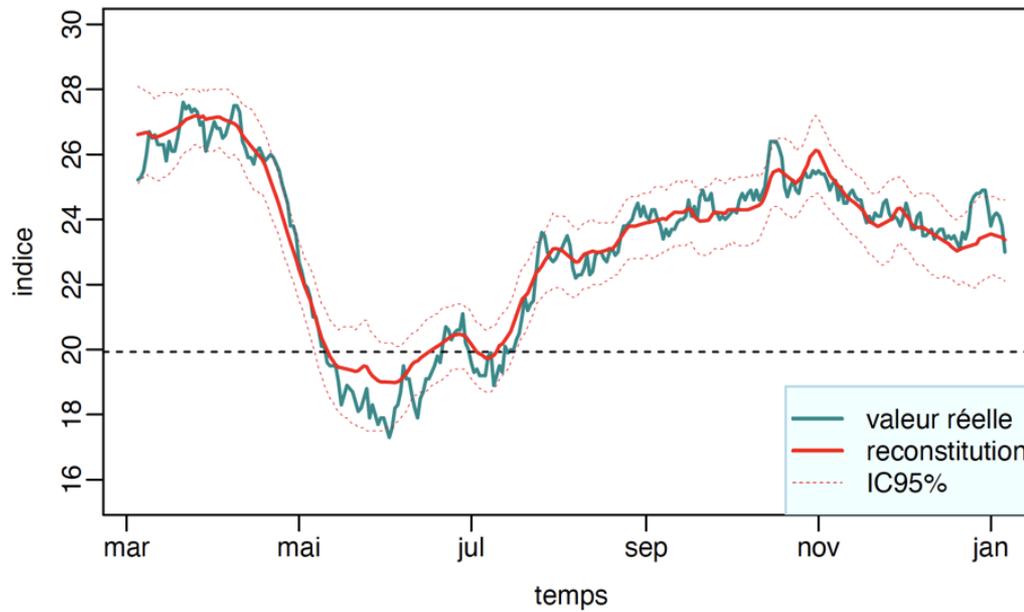
$$Y_i = \max(Y'_i, c)$$

In our case, we are looking for an estimate of the "real" concentrations in the wastewater, X , of which we only observe noisy and censored measurements, Y .

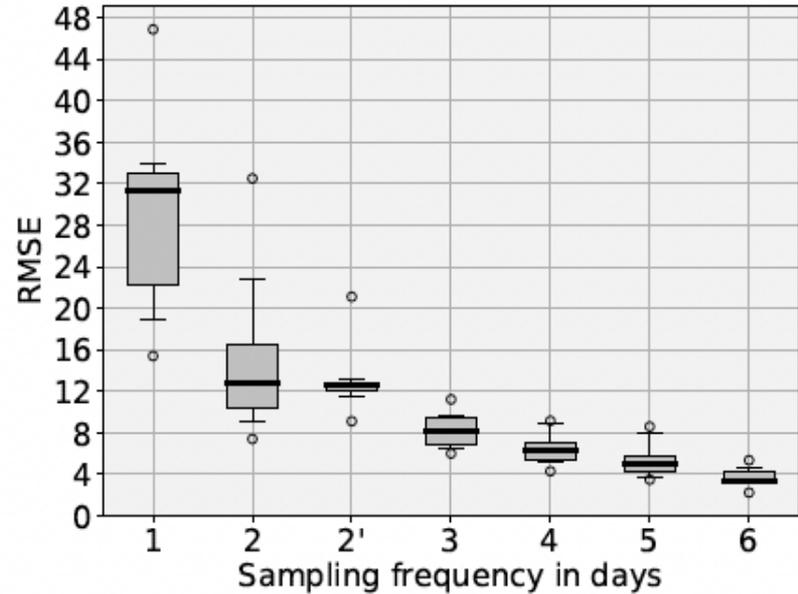
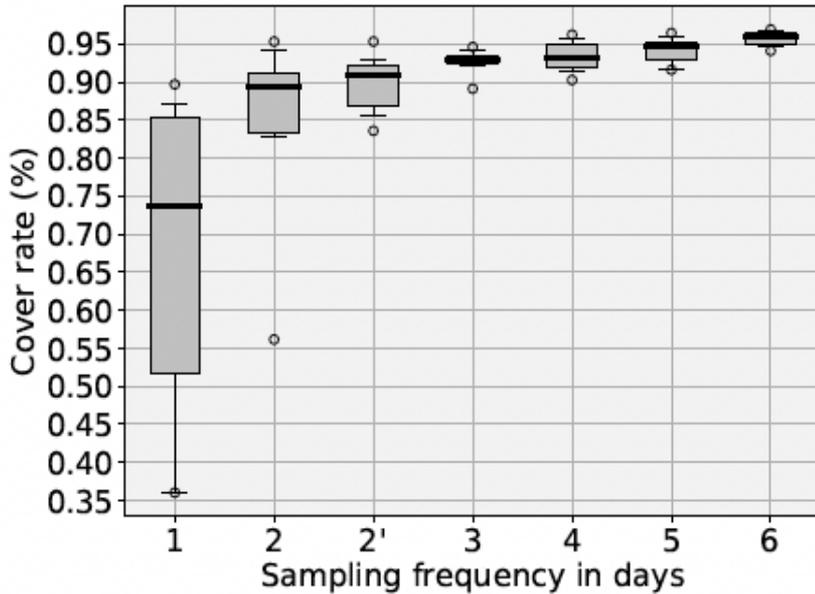
The proposed method also allows to provide the a posteriori law of the underlying process, and thus intervals in which the "true" concentration is found in 99%, 95%, 50%, . . . of the cases.

Comment donner du sens à des données bruitées ?

correction censure et valeurs aberrantes

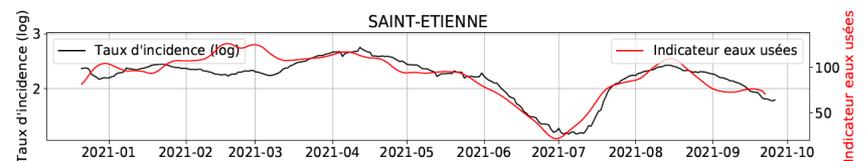
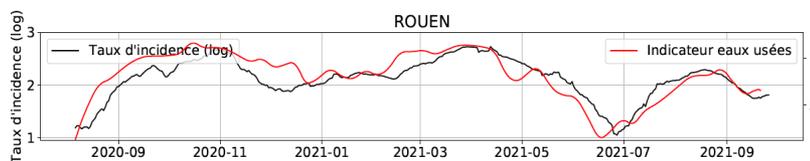
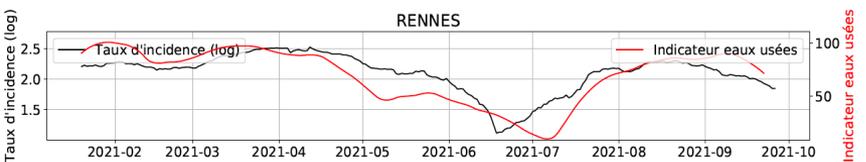
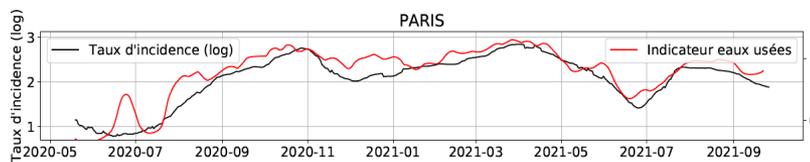
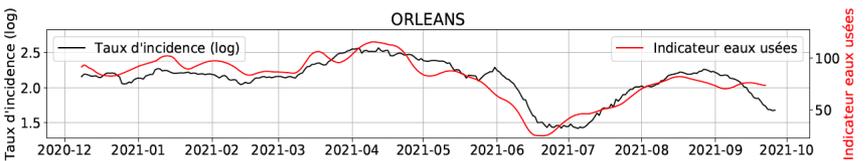
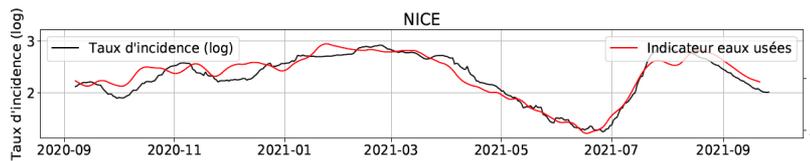
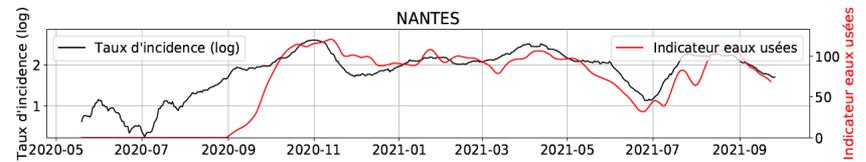
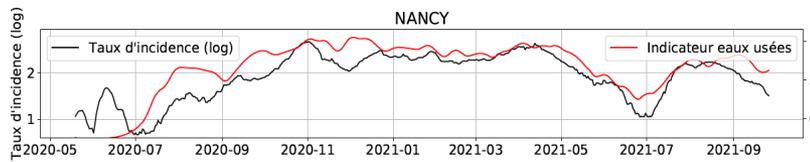
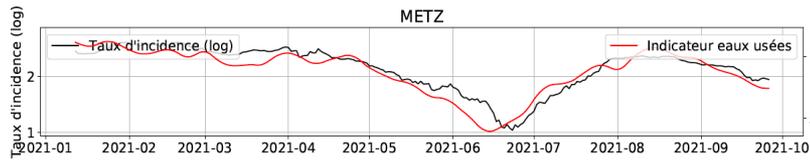


Quelle est la bonne fréquence d'échantillonnage ?



- Un échantillon composite (24h) deux fois par semaine

Evaluer l'incidence dans les eaux usées

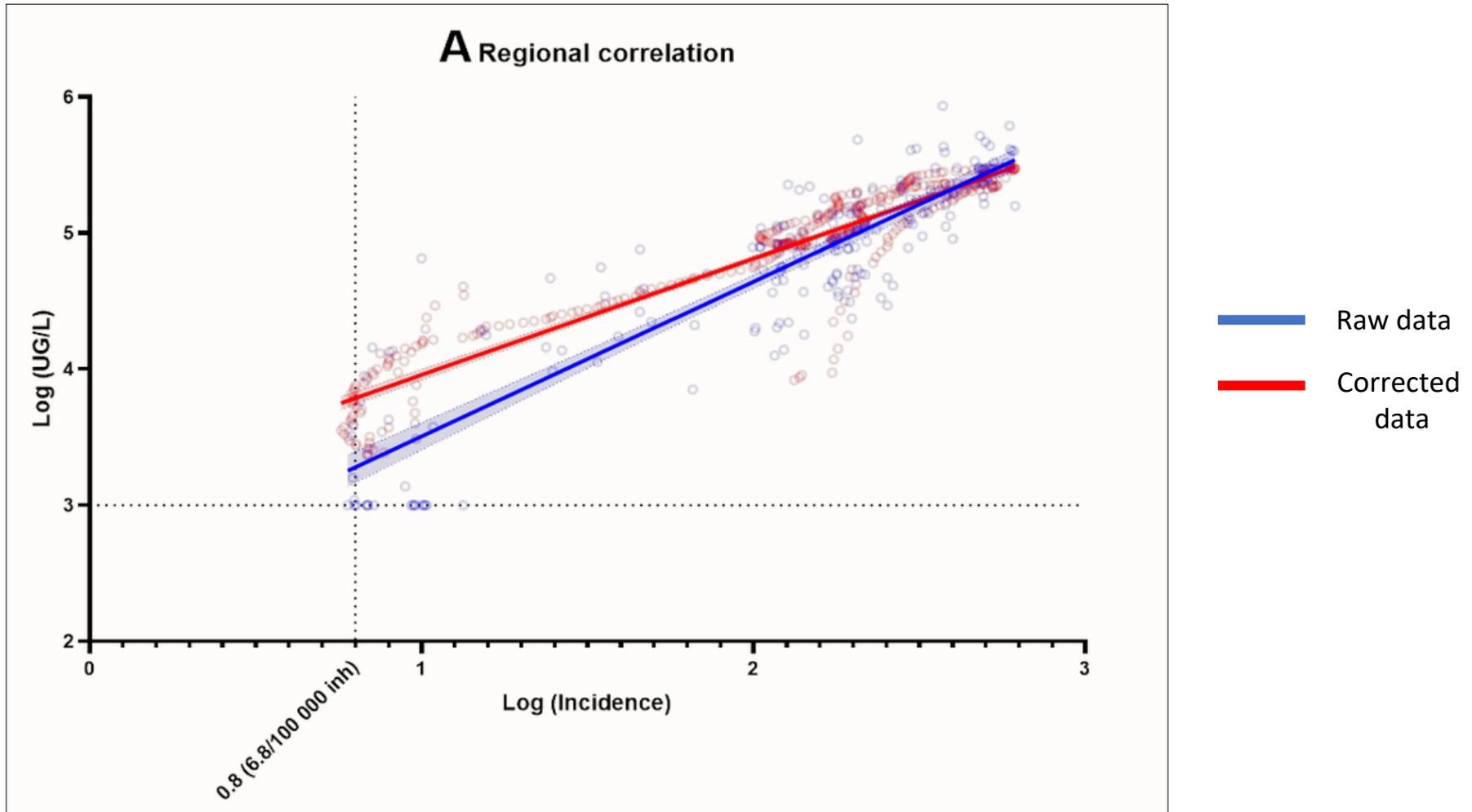


¹ Wurtzer S, Marechal V, et al. Euro Surveill. (2020) Dec;25(50):2000776.

² Bertrand I, Challant J, et al. Int J Hyg Environ Health. (2021) Apr;233:113692.

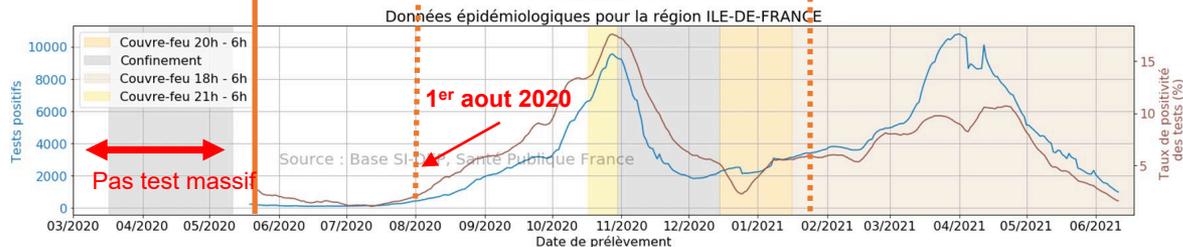
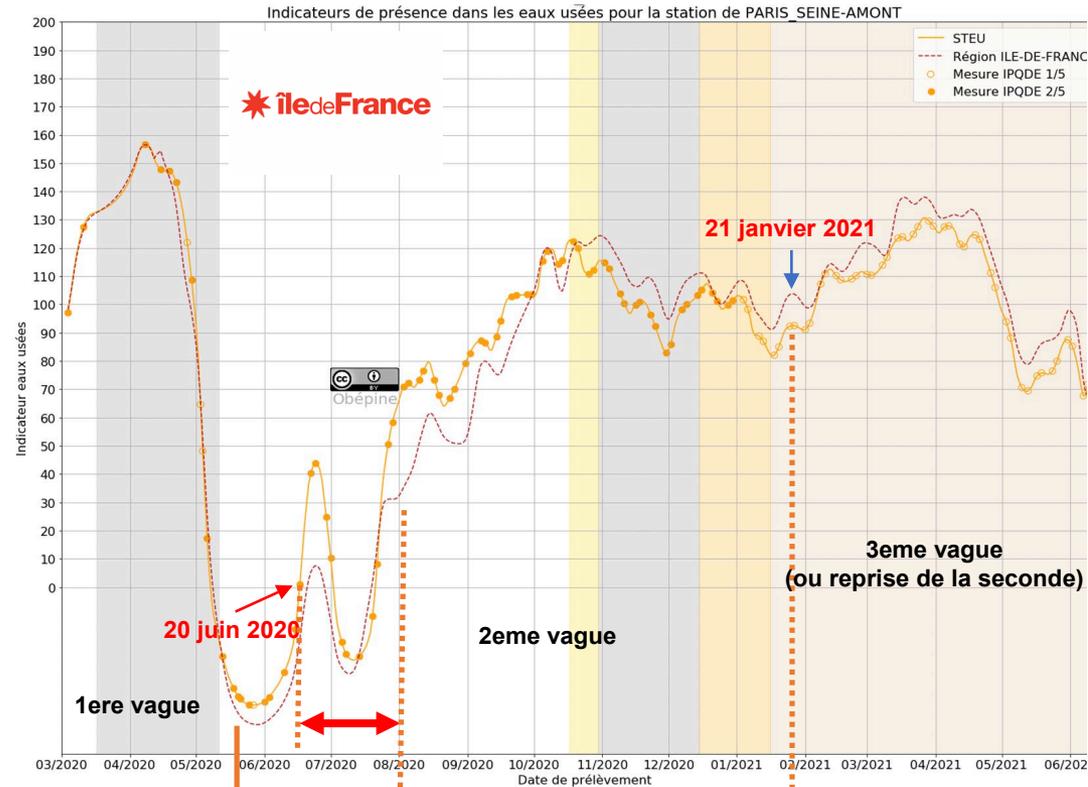
³ Cluzel N, Courbariaux M et al. (2021) Environment international

Quelle est la sensibilité du dispositif ?



-> Limite évaluée à 7 cas /100 000 hab

Peut-on anticiper la dynamique épidémique ?





Consulter
le journal

PLANÈTE • CORONAVIRUS ET PANDÉMIE DE COVID-19

Sélections  Partage    

Des traces du SARS-CoV-2 dans les eaux usées à Paris interrogent sur un possible retour de l'épidémie

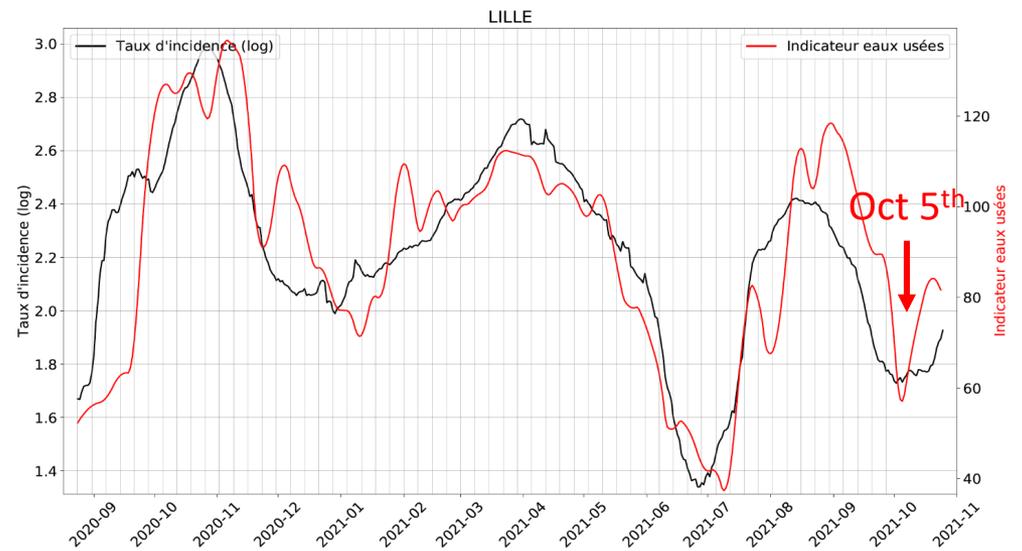
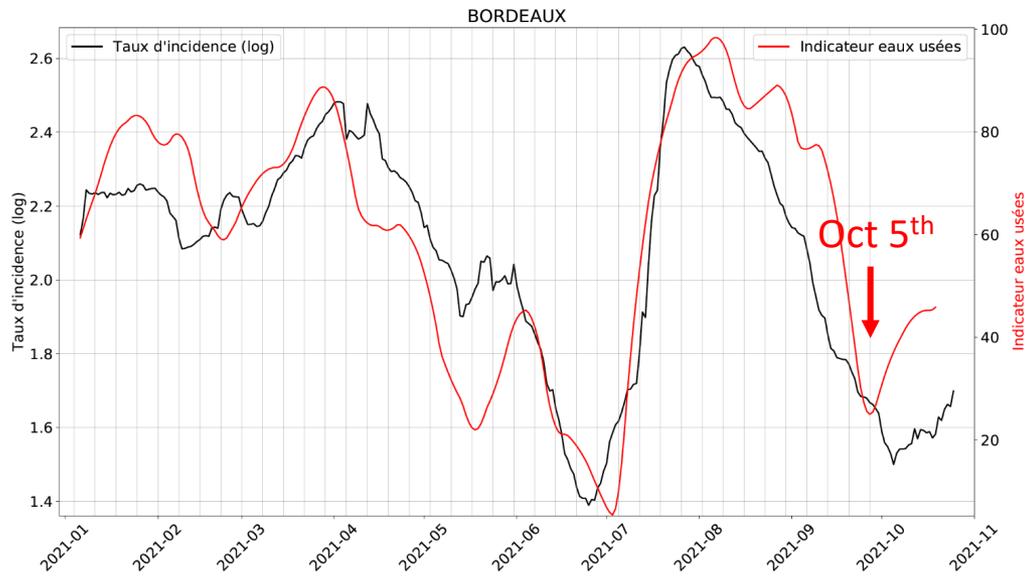
Les résultats des derniers prélèvements montrent une résurgence du virus, à des niveaux minimes. L'incidence de l'infection remonte également dans certains départements d'Ile-de-France, mais il est trop tôt pour parler d'un rebond épidémique.

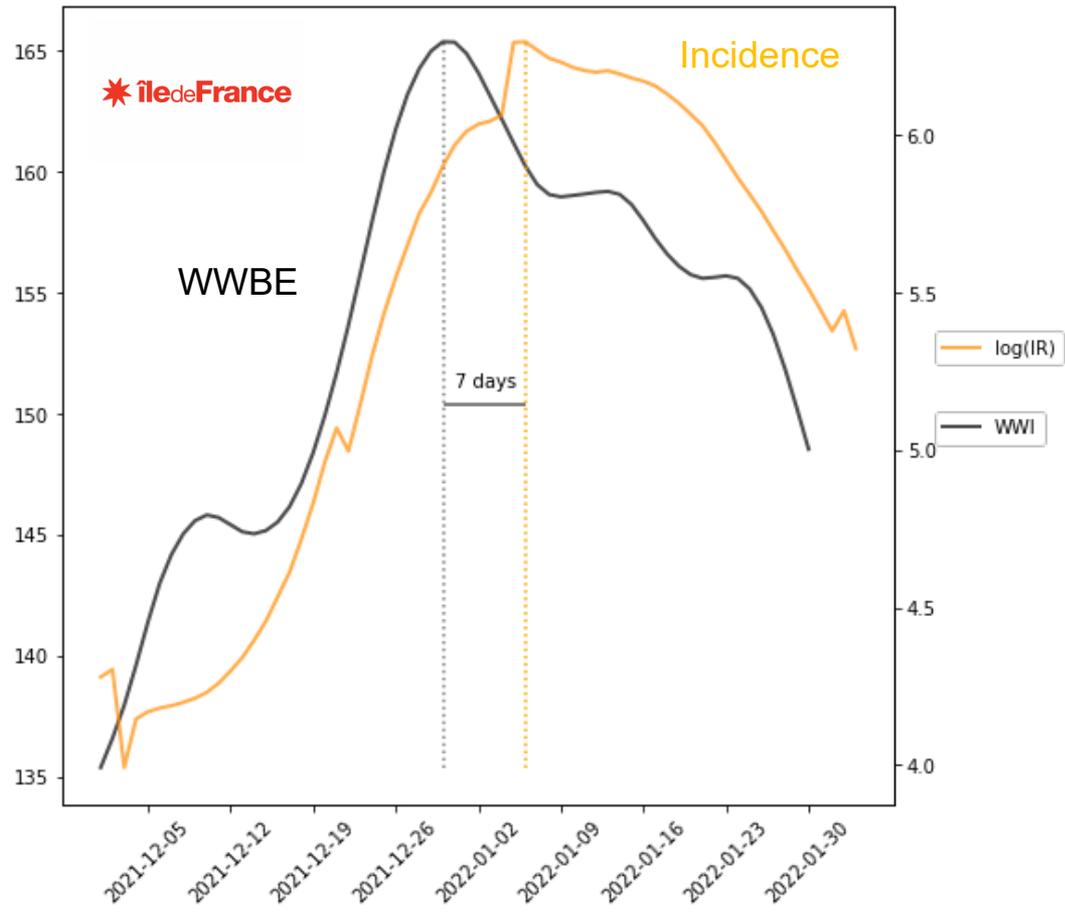
Par Chloé Hecketsweiler et Denis Cosnard

Publié le 08 juillet 2020 à 03h54 - Mis à jour le 08 juillet 2020 à 09h56 · 🕒 Lecture 5 min.

Reste à comprendre exactement le phénomène. « *S'agit-il d'un signe qu'avec le déconfinement, l'épidémie repart ?* » s'interroge Anne Souyris, l'adjointe à la Maire de Paris chargée de la santé. *C'est l'inquiétude, mais nous avons besoin d'éléments complémentaires.* » Même prudence au sein de l'agence régionale de santé (ARS) d'Ile-de-France. « *Nous avons pris connaissance de ces analyses, mais nous devons construire la méthode pour les exploiter. Nous ne voulons pas nous engager sur de fausses pistes* », souligne Aurélien Rousseau, le directeur de l'ARS.

Le suivi dans les eaux usées donne des signaux précoces





Accès aux données*

* 200 rapports hebdomadaires

Confidentiality Charter

OPERATORS

COLLECTIVITIES

OBEPINE



**LABORATORY
accredited**



Raw data



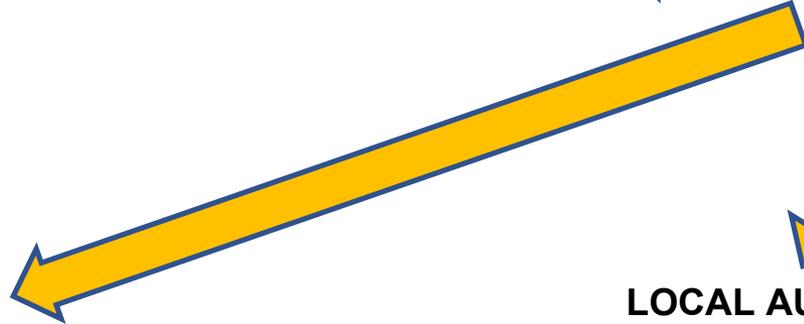
WWI data



Ministère de la Santé et des Solidarités

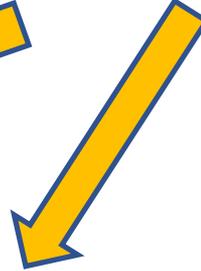


RESEARCH



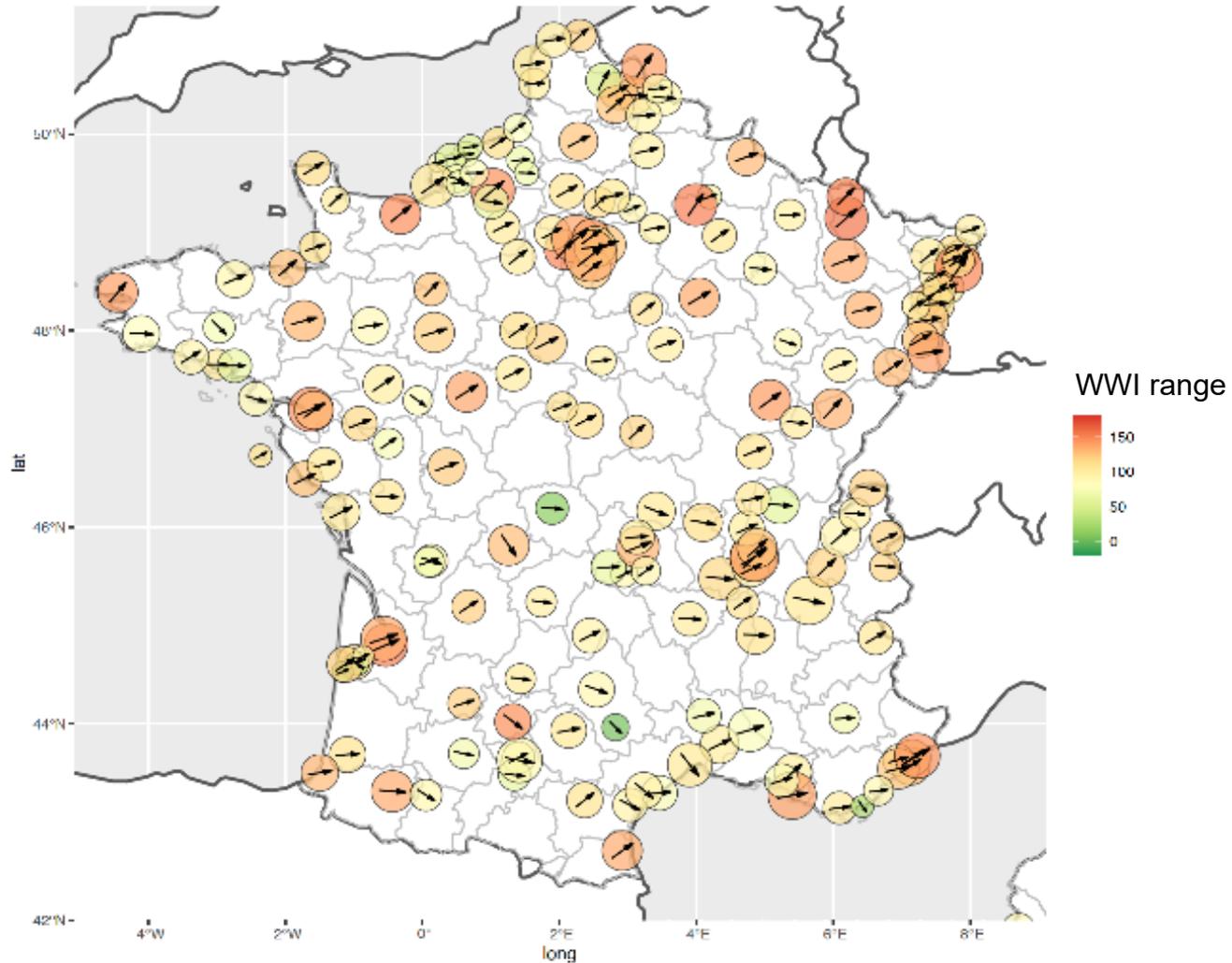
GENERAL PUBLIC

**LOCAL AUTHORITIES
PREFETS
ARS...**



Un site internet ouvert au public

Trend over last 30 days (week 12)

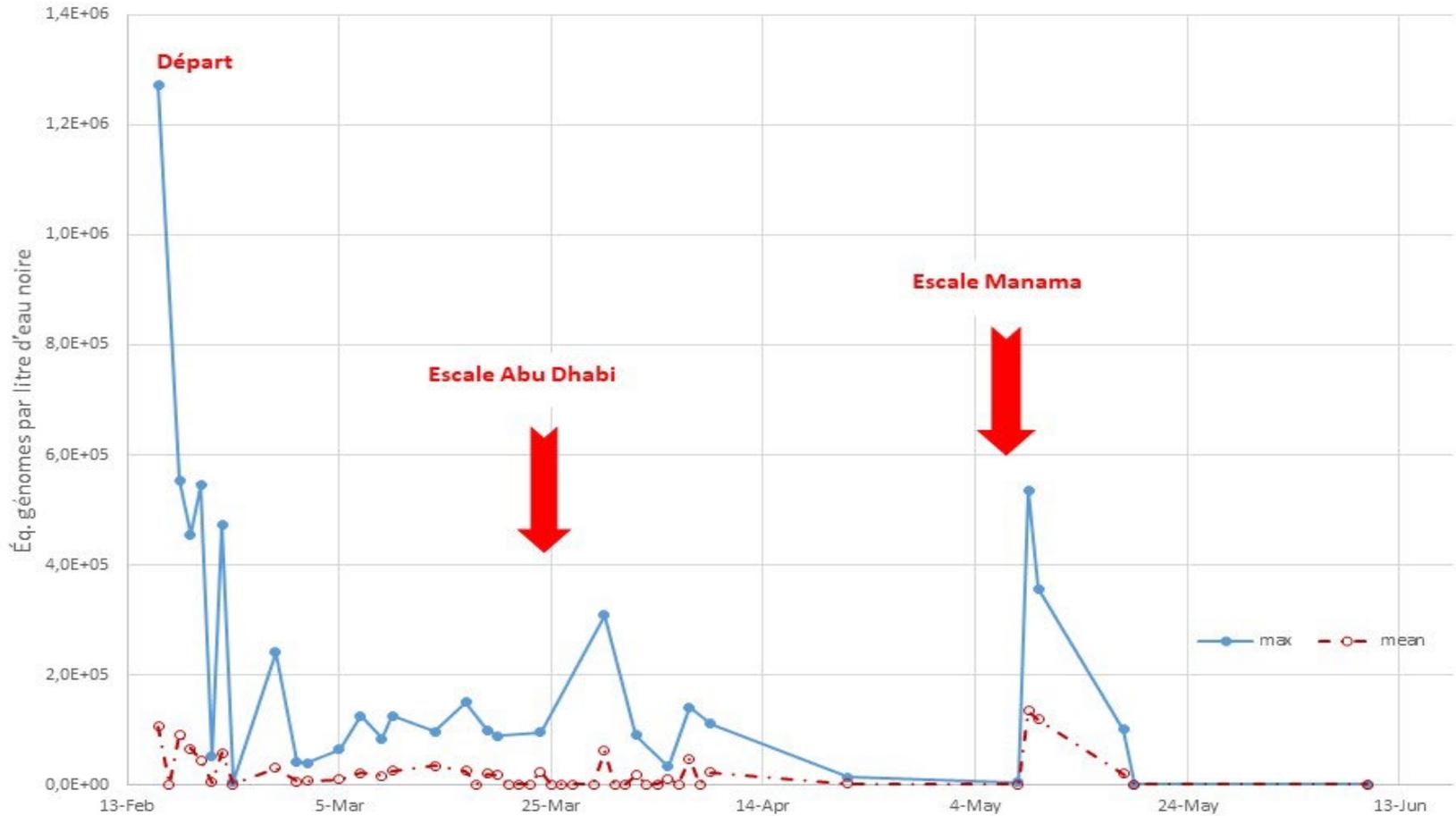


Surveillance du porte-avions Charles de Gaulle

**OBEPINE
SSA**



Première campagne (février–mai 2021)



2^e campagne (novembre–décembre 2021)

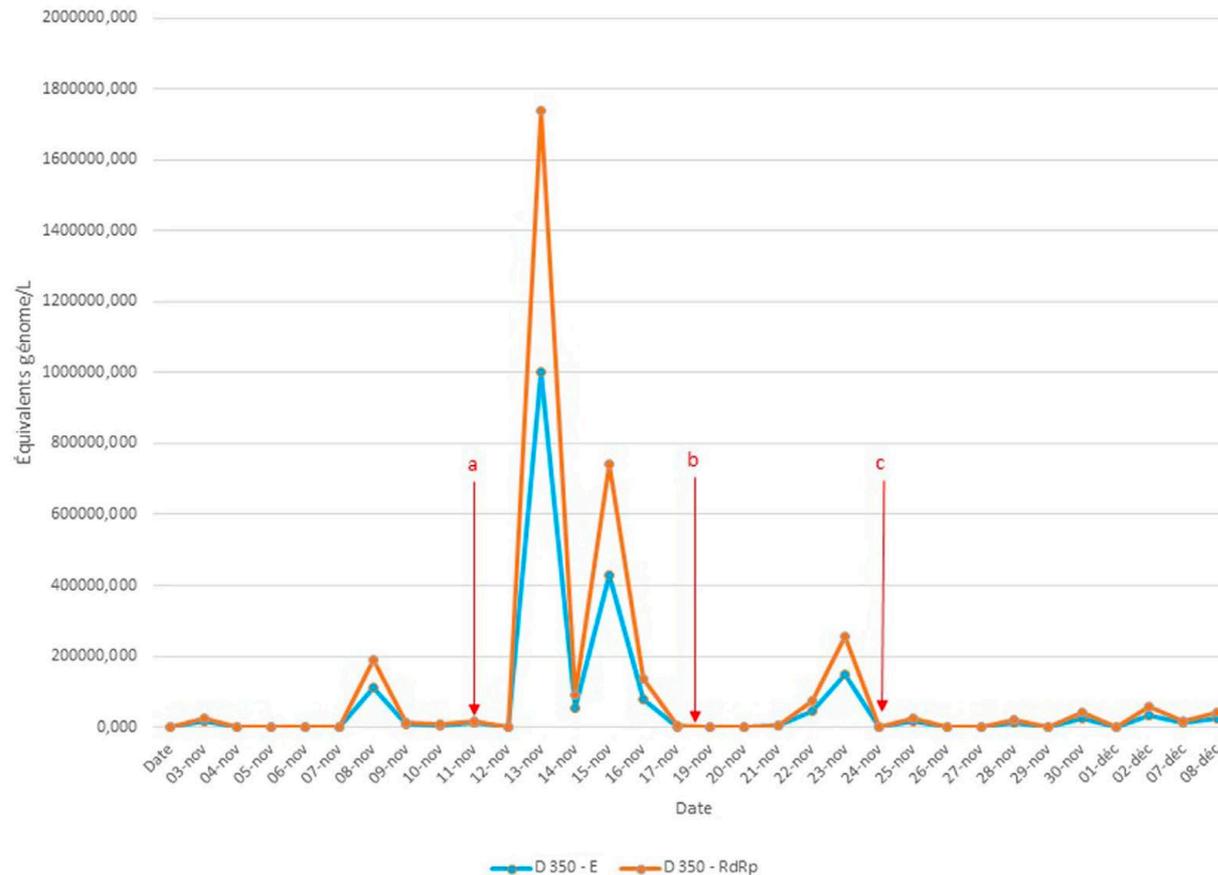


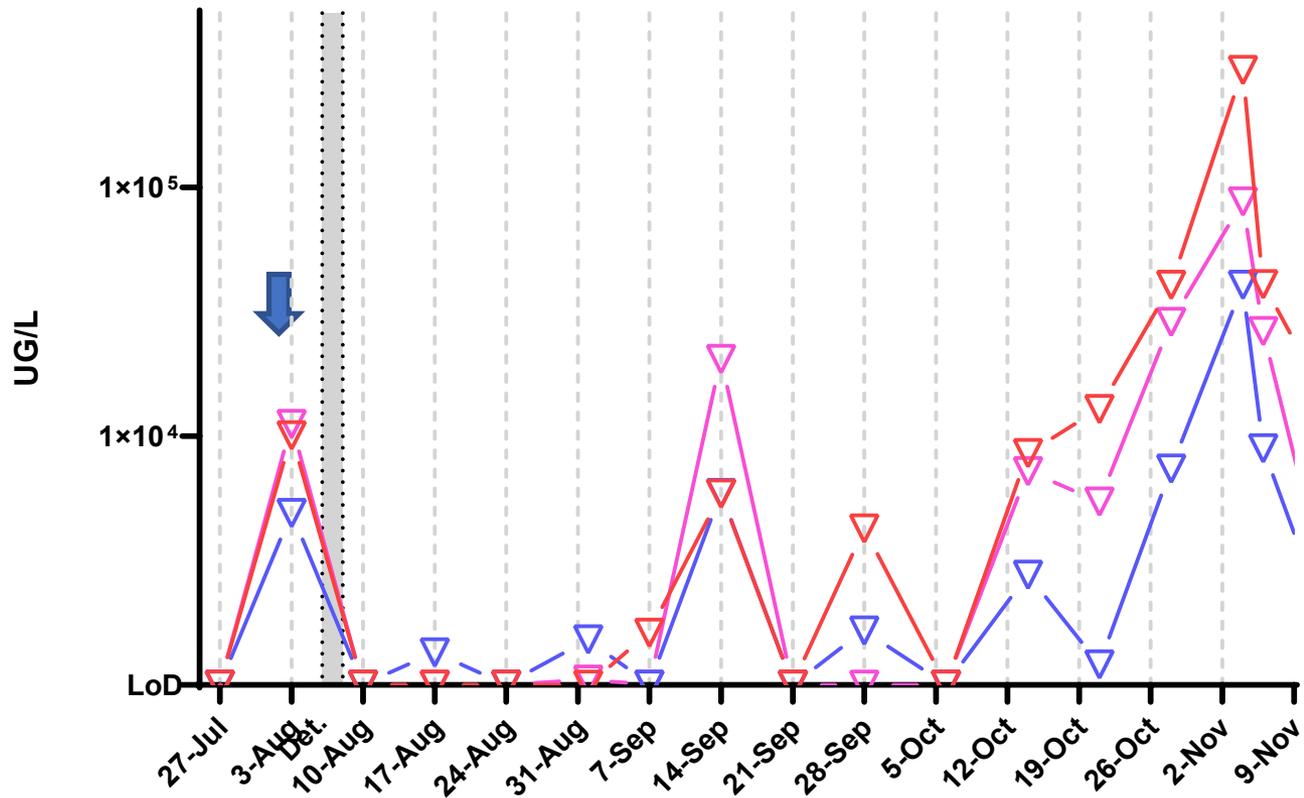
Figure 4 Suivi de la concentration en équivalents-génomes/L des gènes *RdRP* et *E* dans la caisse D350. L'élévation de la concentration dans les eaux usées précède l'identification des cas cliniques et d'autant plus que les cas sont nombreux. a.11 novembre 2021 : 1 cas positif (logement en tranche O) ; b.18 novembre 2021 : 4 cas positifs (logement en tranche S) ; c. 24 novembre 2021 : 1 cas positif (logement en tranche O).

Etude de cas : surveillance de l'île d'Yeu



Tests massifs (ARS Vendée- (ARS)

➔ 990 individus testés => 6 porteurs non-symptomatiques



Compatible with data from Univ. Arizona (August 25th-28th 2020)

=> 3 non-symptomatic students among approx. 300 (collective housing)

Peut-on suivre les variants ?

VOI - VOC

- **Variant of Interest** : Variant présentant une ou plusieurs mutations ayant possiblement un impact sur l'infection, sa prévention, son diagnostic ou son traitement (modification de la protéine Spike, échappement aux anticorps neutralisants, efficacité vaccinale réduite, impact sur le traitement, la transmission ou la sévérité)(ex: mu)
- **Variant of Concern** : Variant pour lequel un impact a été prouvé (ex: alpha, beta, delta, gamma)
- **Variant of High Consequence** : Variant mettant en échec les stratégies de prévention ou de soin actuelles (aucun)

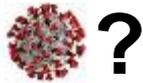
Stools



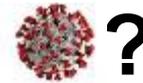
Evaluation du risque sanitaire



Egouts



Stations



Boues résiduelles



Coquillages



Eaux de surface

- ¹ Wurtzer et al. (2022) Viruses
- ² Wurtzer et al. (2021) Water Research
- ³ Verbanov et al. (2021) STOTEN
- ⁴ Desdouits et al (2021) STOTEN

Apport de l'épidémiologie des eaux usées

- Approche ancienne, mais qui n'a jamais été exploitée à cette échelle, en France et ailleurs.
- Les données eaux usées reflète les données d'incidence, et les anticipe souvent.
- Le rapport bénéfice/cout est exceptionnel (cf janvier 2022)
 - 40% de la pop. française suivie pour 330 000 euros (Obepine - MSS)
 - 46 millions de tests => 1,6 milliards euros (S.S.)
- **Il faut revoir les attendus des deux approches en fonction du contexte**
- **Il est nécessaire d'ouvrir une réflexion éthique**

De la recherche à l'action publique

Accueil > Actualité > Institut > Obépine fait des eaux usées un outil de santé publique

Obépine fait des eaux usées un outil de santé publique

Guerre en Ukraine Politique International Société Vox Économie Sport Culture Voyage Style Madame Vin

 / Sciences

Médecine

Animaux & Biodiversité

Archéologie & Paléontologie

Géologie

Maths, physique et chimie

Accueil > Actualité > Sciences & Environnement



Réservé aux abonnés

Covid-19: les autorités sanitaires tardent à intégrer l'analyse des eaux usées

Par **Marc Cherki**

Publié le 11/10/2021 à 21:01, mis à jour le 11/10/2021 à 21:08

Réponse institutionnelle

- **Recommandation Européenne (mars 2021)**
- **SUM'Eau (DGS-ANSES/SPF)** doit se substituer à Obépine pour assurer la surveillance régulière
 - Depuis Octobre 2023, Sum'eau suit 12 collectivités
 - Aux Pays-Bas, 300 stations sont suivies
- Obepine assurera le développement des **techniques innovantes**



PLANÈTE · CORONAVIRUS ET PANDÉMIE DE COVID-19

Covid-19 : la surveillance des eaux usées intégrée aux indicateurs épidémiologiques

Dans un premier temps, le système de surveillance reposera sur les prélèvements effectués dans douze stations d'épuration en France métropolitaine, soit une par région, à l'exception de la Corse.

Par Julien Lemaigen

Publié le 05 octobre 2023 à 20h13, modifié le 06 octobre 2023 à 08h55 · 🕒 Lecture 3 min. · [Read in English](#)

Marianne

MENU



Marianne TV



Connexion

S'ABONNER



POLITIQUE ▾

SOCIÉTÉ ▾

ÉCONOMIE ▾

MONDE ▾

AGORA ▾

CULTURE ▾

ART DE VIVRE ▾

RÉCITS CRIMINELS

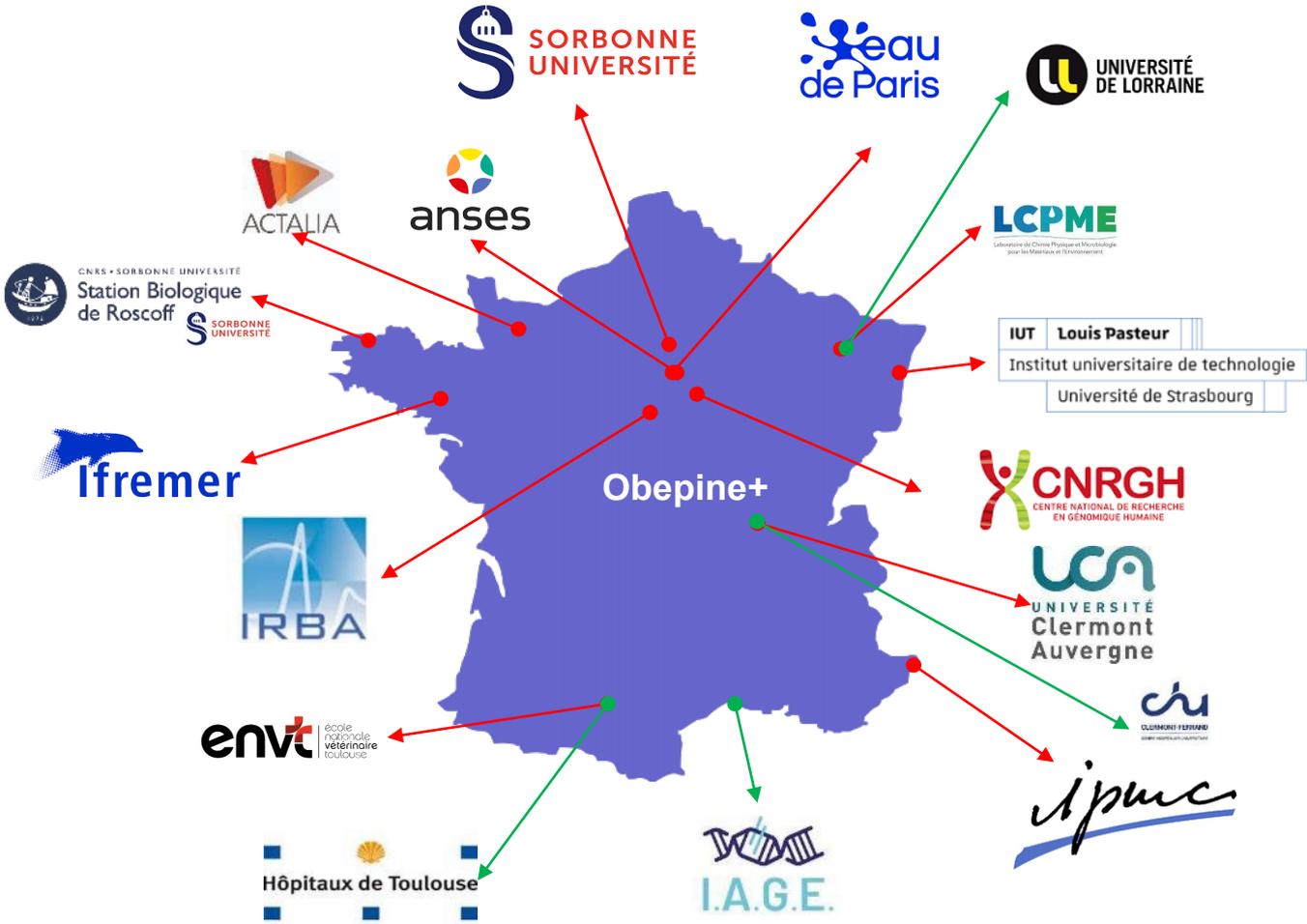
Prélèvement, labo : comment Santé Publique France va traquer Covid, grippe et bronchiolite dans les eaux usées

Par Marius Matty

Publié le 06/10/2023 à 20:08



Le futur d'Obepine : plateforme Obepine+





Objectifs d'Obepine+*



- Développer des outils pour **anticiper de futures épidémies**
- Promouvoir des **projets innovants (académiques et industriels)**
- Collaborer avec d'autres réseaux pour **une réponse intégrée**
 - ✓ (i.e. Sum'Eau, Prezode, Emergen, CNR, réseaux sentinelles...)
- Promouvoir cette approche dans les **pays à ressources limitées**
 - ✓ Afrique (**Projet AFP-Pasteur-Obépine**)
 - ✓ Inde
 - ✓ Brésil (**Déploiement d'un plan national de surveillance**)
 - ✓ Mexique...

* 10 millions d'euros – 5 ans (ANR)

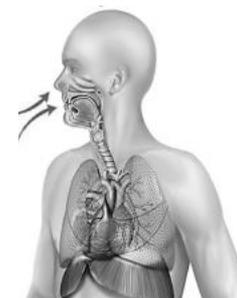
INTEGRATED SURVEILLANCE in PRIMARY CARE AND OF WASTEWATERS (2.5 millions €)



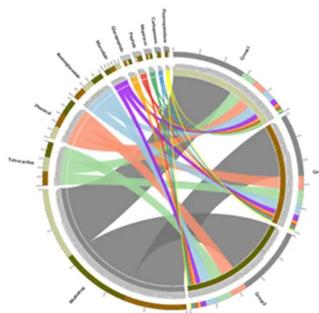
Wastewater data



Flu, RSV, COVID-19

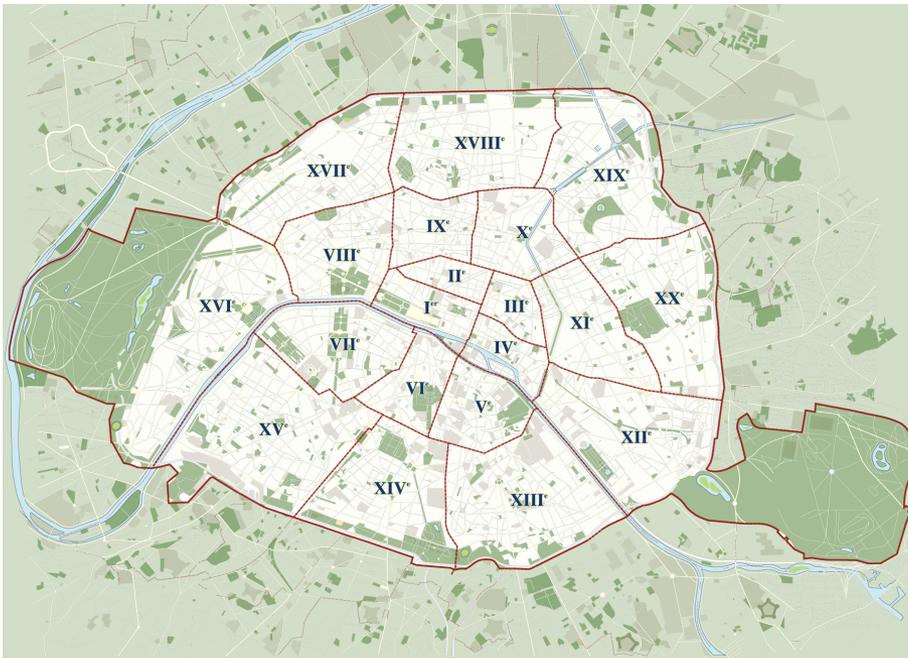


General practitioners



Metagenomic on used tissues in the population

Well-being and HeAlth Observatory within Urban trajectories (2 millions €)

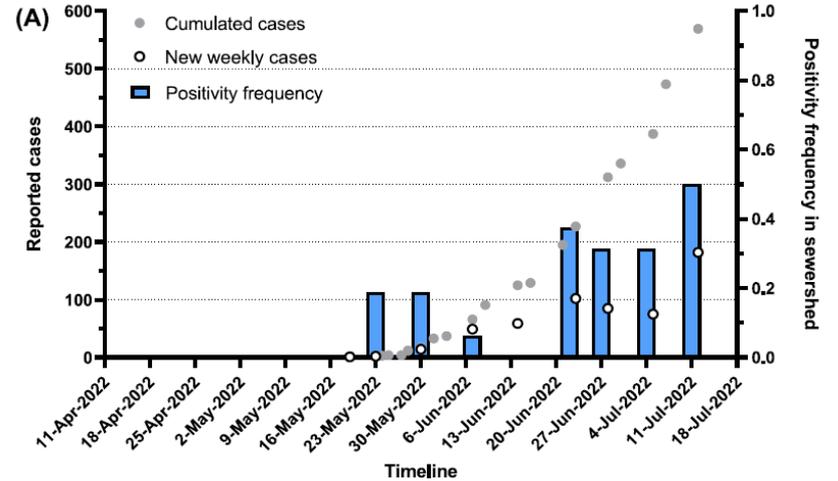
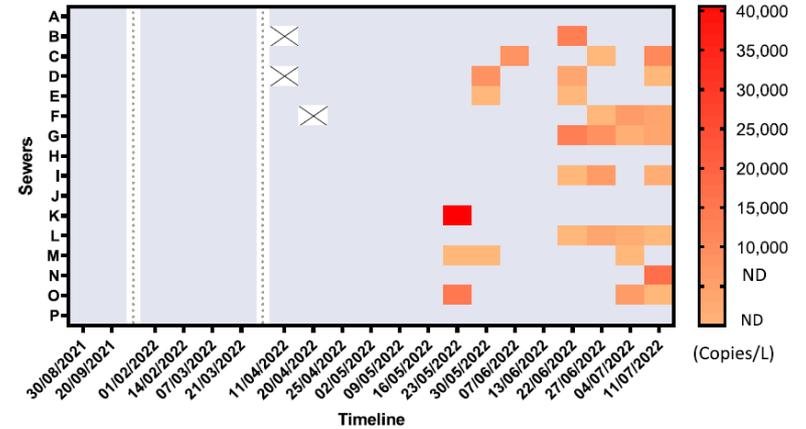
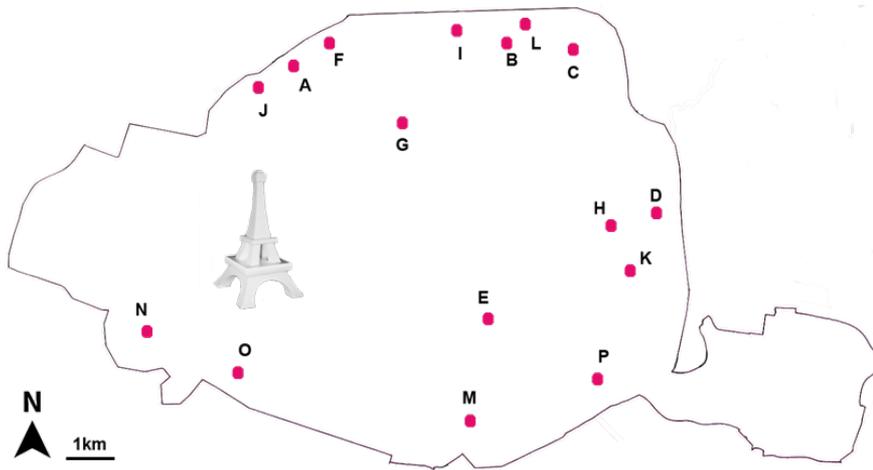


- . **Investigating microbes and molecules** in Paris sewers (drugs, anti-depressive, analgesic, antibiotics, STIs ...)
- . **Map social inequities** with sociologists

Au-delà de la COVID-19...

First Detection of Monkeypox Virus Genome in Sewersheds in France: The Potential of Wastewater-Based Epidemiology for Monitoring Emerging Disease

Sebastien Wurtzer,* Morgane Levert, Eloise Dhenain, Mickael Boni, Jean Nicolas Tournier, Nicolas Londinsky, Agnès Lefranc, OBEPINE SIG, Olivier Ferraris, and Laurent Moulin



Création d'un laboratoire dédié à la WBE à l'Institut Pasteur de Guyane

Guyane : L'ARS lance une campagne de rattrapage vaccinal contre la poliomyélite et une surveillance environnementale pendant un an

BASSIN-ATLANTIQUE-APPLI

SANTÉ

FIL INFO 2021

FIL INFO

□ Jean-Tenahe FAATAU

□ 05/10/2024

□ ~3 min lecture

L'ARS de Guyane a annoncé le lancement d'une campagne de rattrapage vaccinal contre la poliomyélite dans les communes de Cayenne, Rémire-Montjoly, Matoury et Saint-Georges. Cette initiative fait suite à la détection du poliovirus dérivé d'une souche vaccinale dans des échantillons d'eaux usées prélevés en juin et août, dans le cadre d'un projet de recherche sur la surveillance environnementale. Aucun cas de poliomyélite n'a toutefois été signalé sur le territoire guyanais à ce jour. En parallèle, l'ARS prépare un programme de surveillance environnementale d'un an sur les eaux usées.

RAPID COMMUNICATION - Euro surveillance

Detection of circulating type 3 vaccine-derived polioviruses in French Guiana, May to August 2024

Stéphanie Raffestin^{1,2,*}, Ambre Tinard^{3,4,5,*}, Antoine Enfissi^{2,6}, Marie-Line Joffret^{3,4,5}, Timothée Lichtenstein⁶, Sourakhata Tirera⁷, Laura Zanetti⁸, Marie Barrau⁹, Francky Mubenga¹⁰, Adrien Ortelli¹⁰, Christophe N Peyrefitte^{2,11}, Anne Lavergne⁷, Dominique Rousset^{2,6,}, Maël Bessaud^{3,4,5,**}**

DÉPLOYER LA SURVEILLANCE EN ABSENCE DE RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT (PROJET ATLANTES)



PASTEUR NETWORK



Le Pennec et al. in prep.

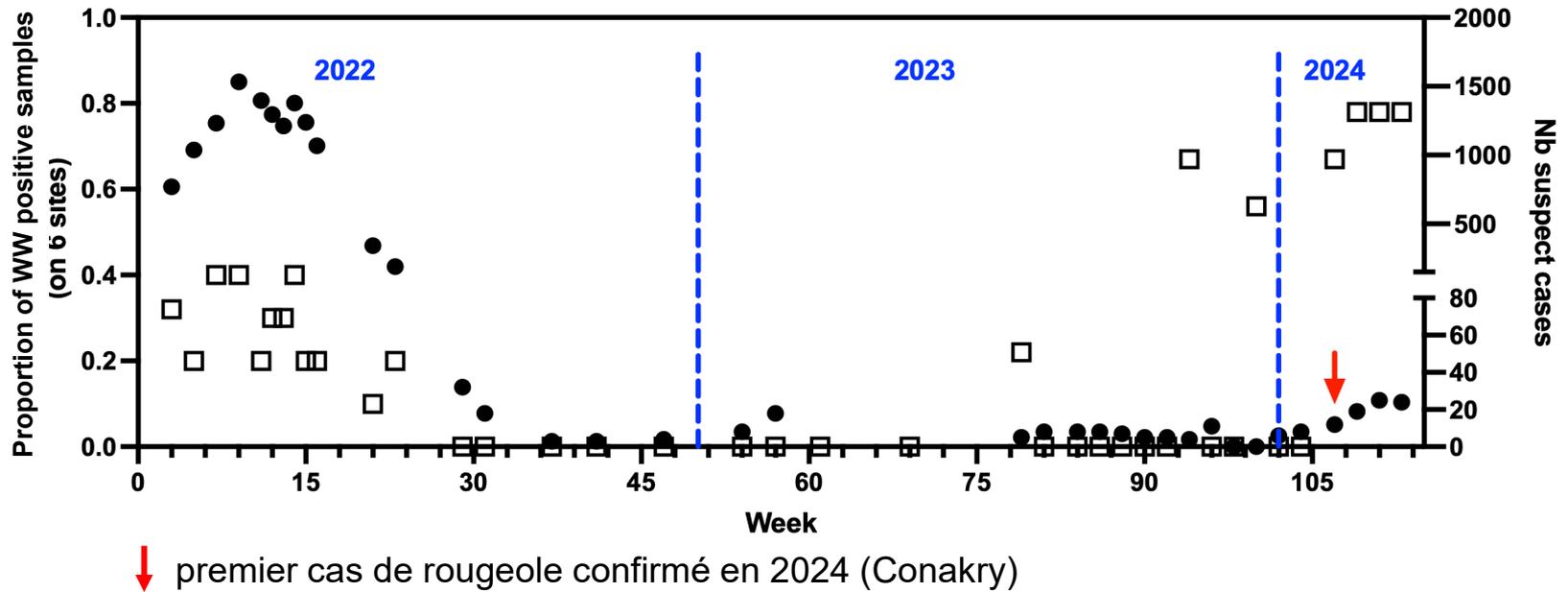
SURVEILLANCE DE LA ROUGEOLE EN GUINÉE



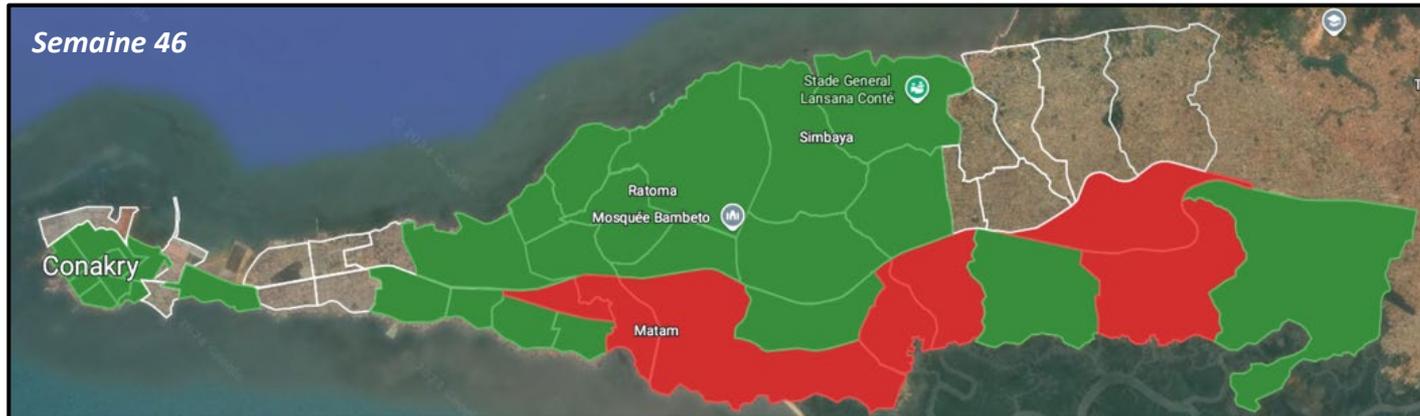
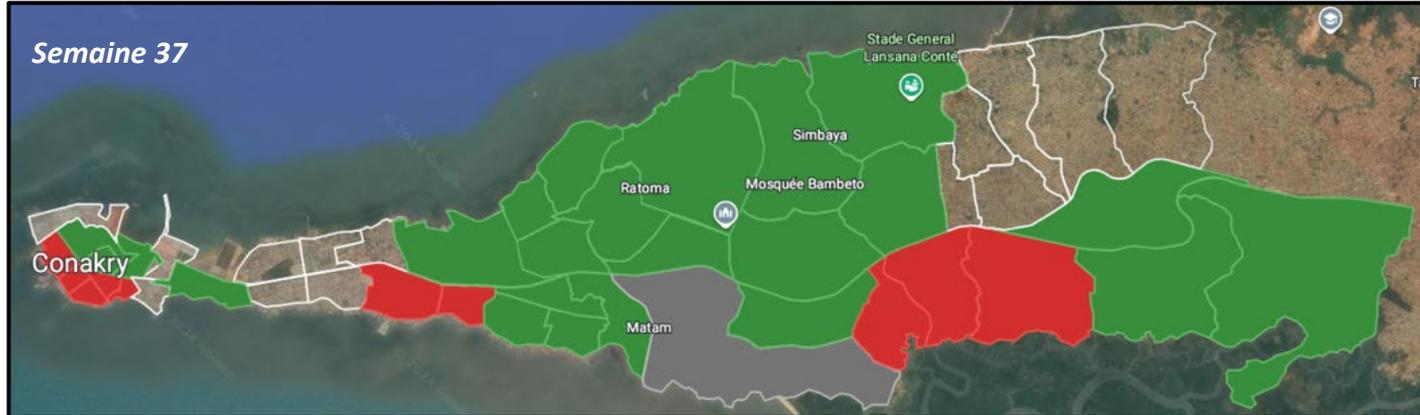
Google
Map

Le Pennec et al. in prep.

DÉTECTION PRÉCOCE DE LA ROUGEOLE (CONAKRY-GUINÉE)



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DES ZONES DE DÉTECTION DU VIRUS



Le Pennec et al. in prep.



Peut-on suivre des IST via
l'analyse des eaux usées ?

SUIVI DES PAPILLOMAVIRUS ONCOGENES EN TEMPS RÉEL

- 12 HPV oncogènes, 1 HPV probablement oncogène, 11 HPV possiblement oncogènes
- Le vaccin français (Gardasyl 9) protège seulement contre 7 HPV-HR et 2 HPV-BR
- Le virus est transmis surtout dans les **populations jeunes (H+F) qui ne font l'objet d'aucun suivi systématique**
- Les cancers se développent après **plusieurs années/décades d'infection persistante**
- Le dépistage virologique systématique n'est fait que **chez les femmes > 30 ans**
- Le vaccin – dont le déploiement est très insuffisant en France - pourrait modifier l'écologie virale et **favoriser l'émergence d'HPV à haut risque non couverts par le vaccin**

- Le dépistage/typage chez les femmes > 30 ans est **insuffisant pour apprécier la dynamique virale**
- **Il est essentiel de disposer d'un outil de suivi en temps réel, incluant les populations H+F jeunes**

PROJET PAPILLEAU*

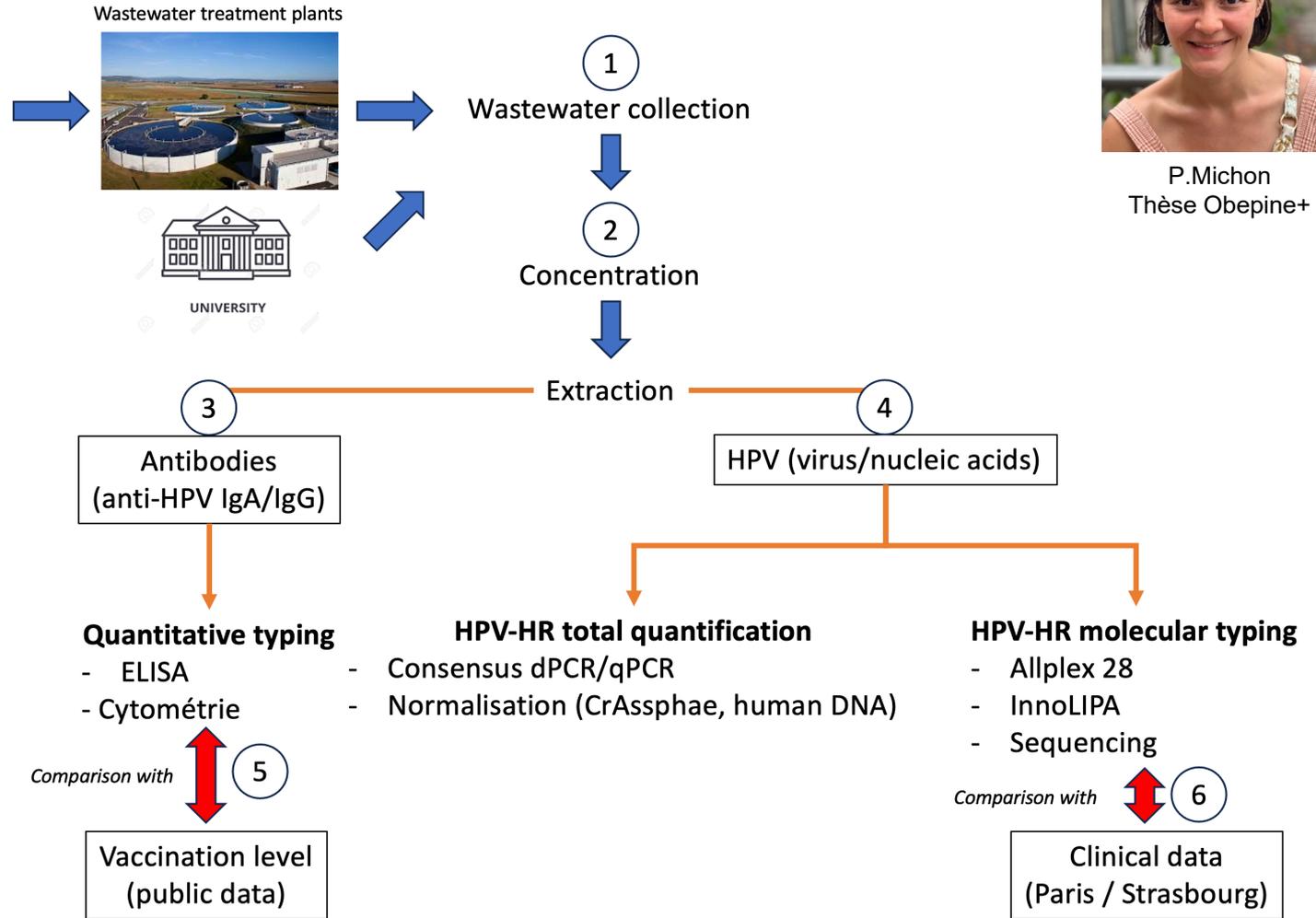
Ile de France



Grand-Est



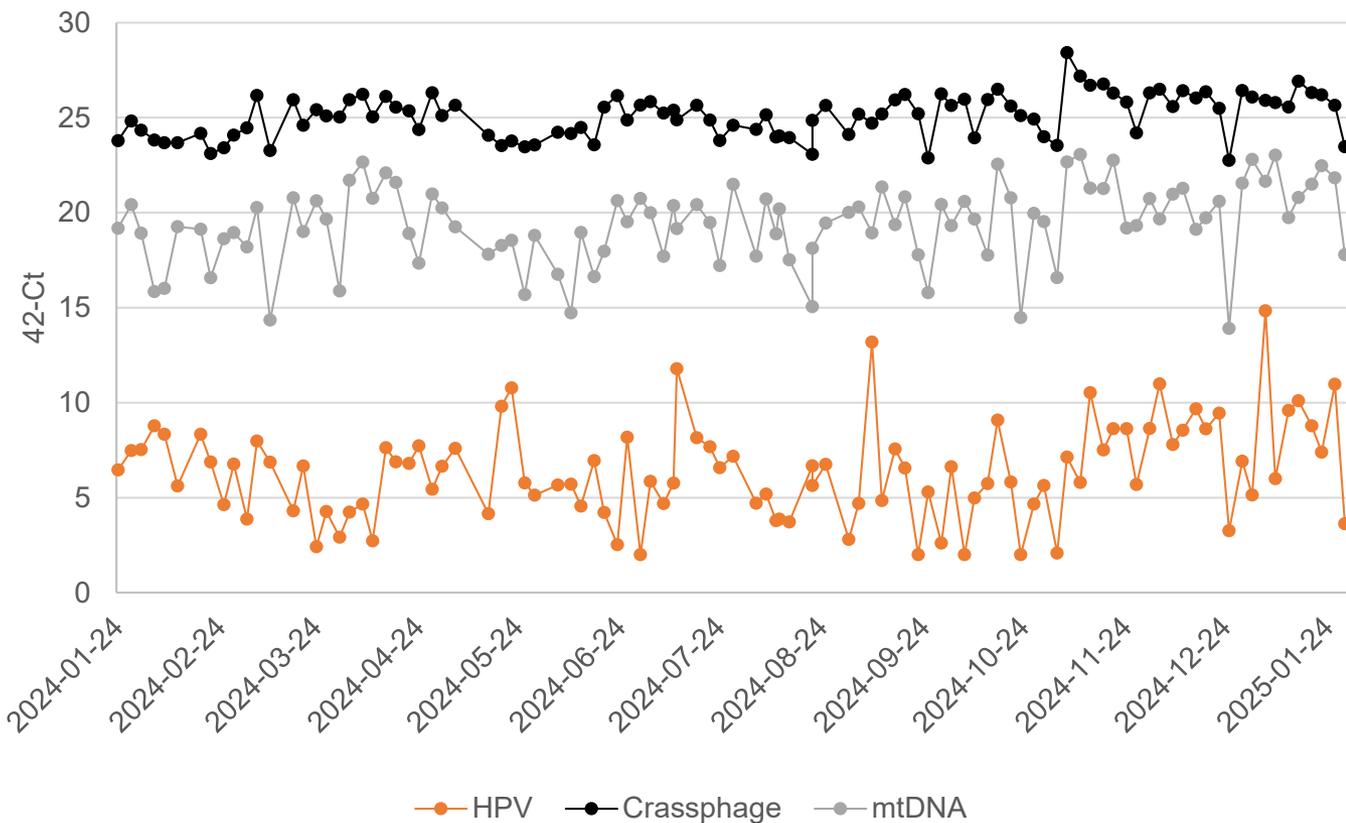
Guyane



P. Michon
Thèse Obepine+

* Projet soutenu par l'ANRS-MIE

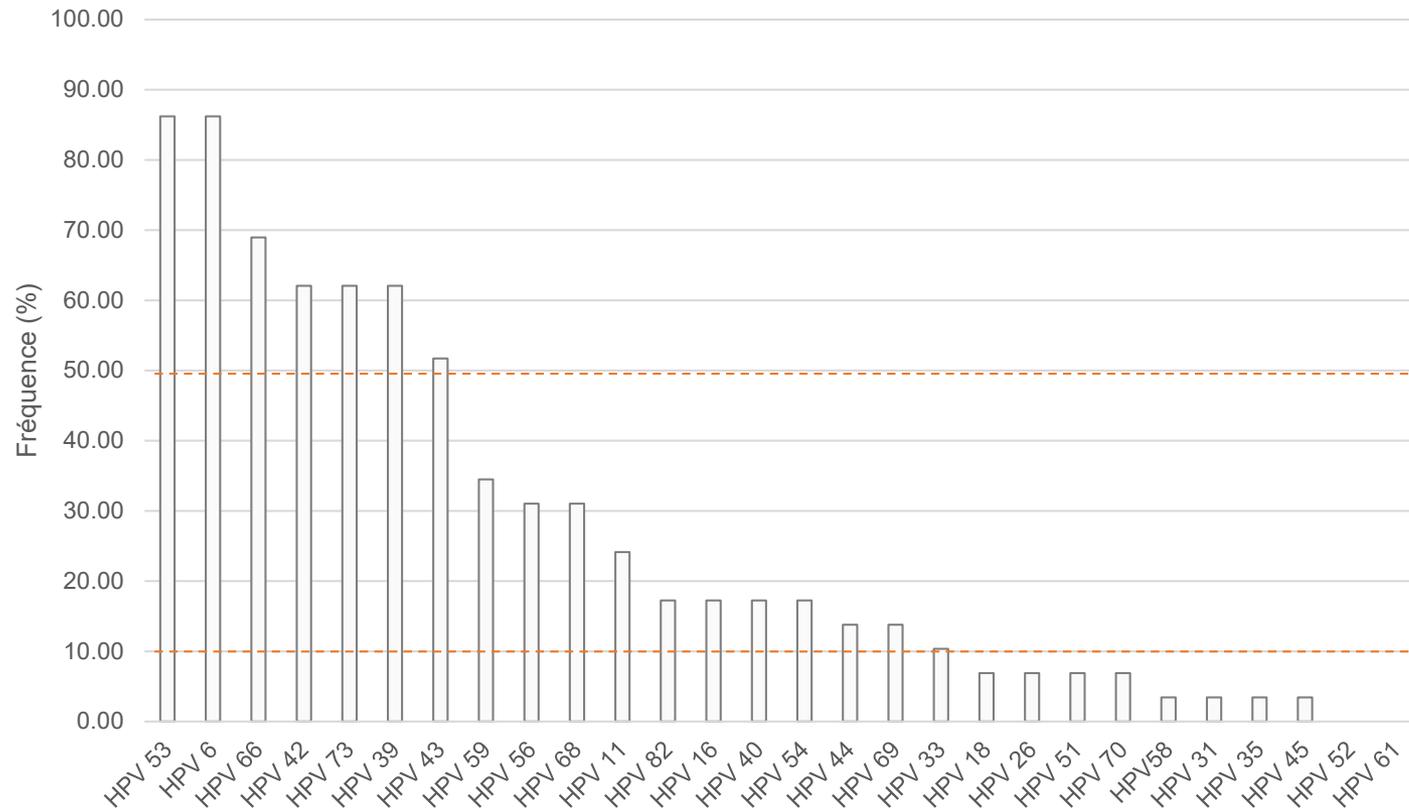
QUANTIFICATION GLOBALE DES HPV MUQUEUX (2024)*



* Suivi bi-hebdomadaire – Station Paris Seine Centre

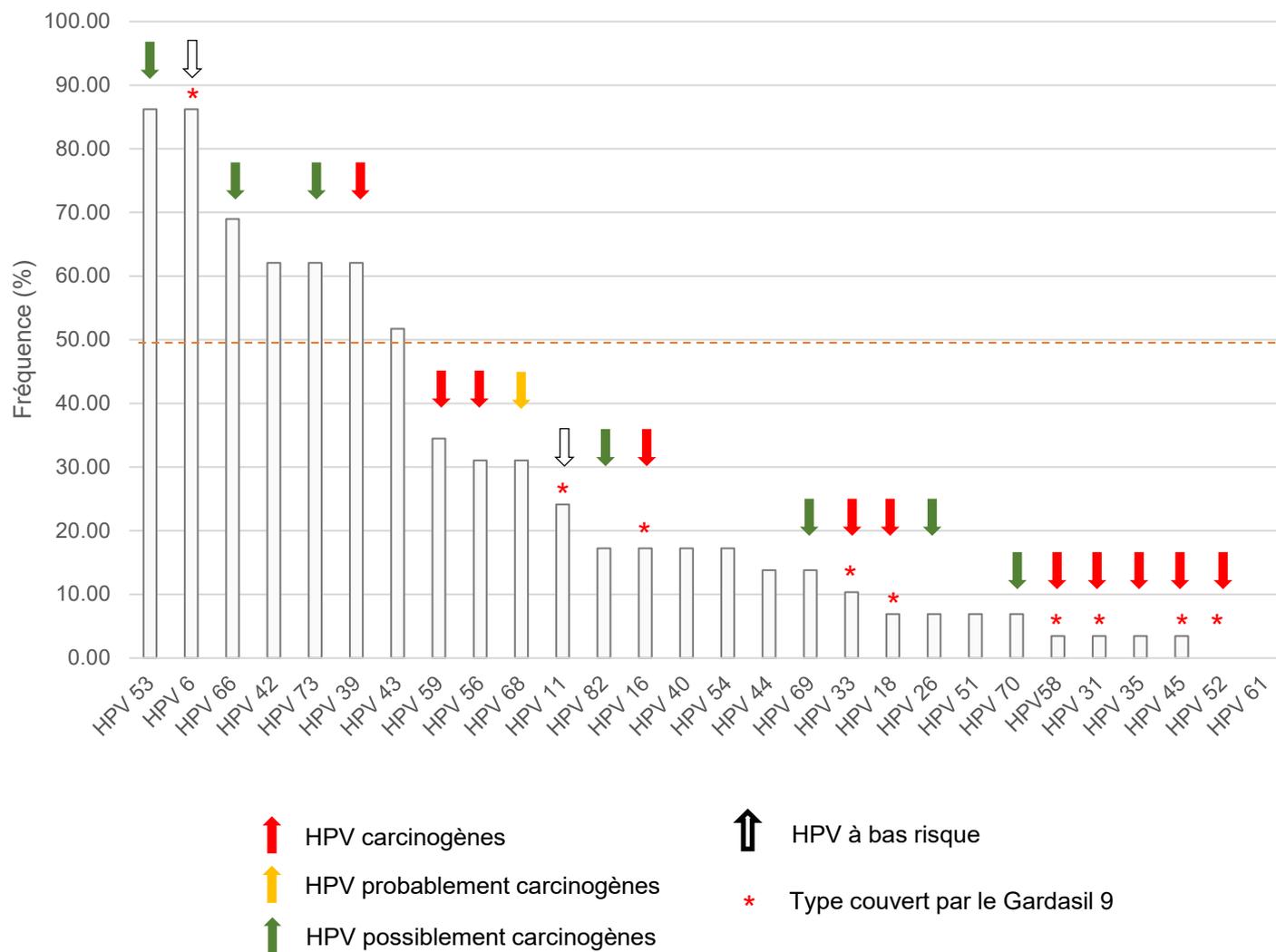
QUANTIFICATION GLOBALE DES HPV MUQUEUX (2024)*

FREQUENCE DE DETECTION DES HPV (2024)*



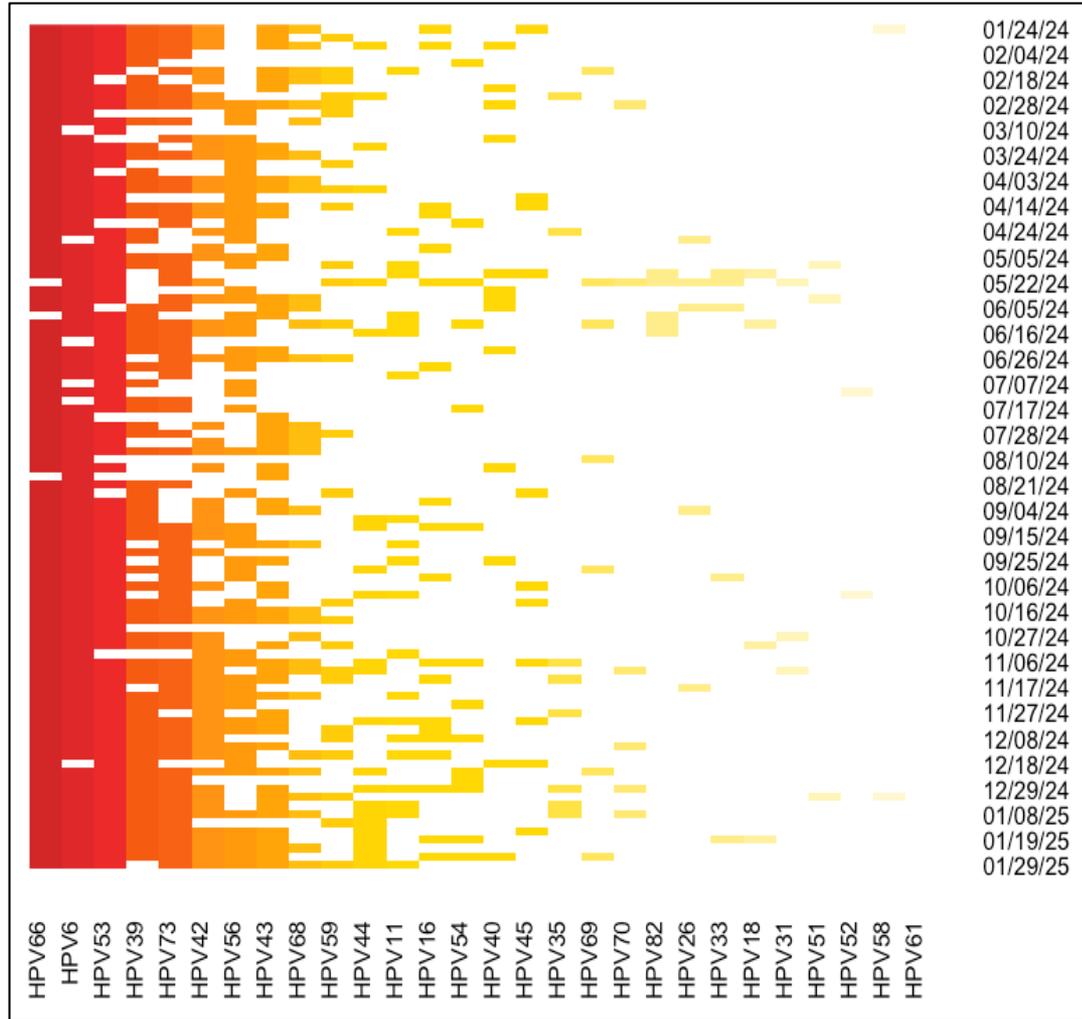
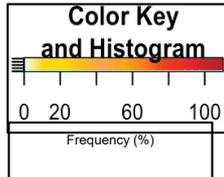
* Suivi bi-hebdomadaire – Station Paris Seine Centre

PROJET PAPILLEAU* - SUIVI EN ILE DE FRANCE (2024)

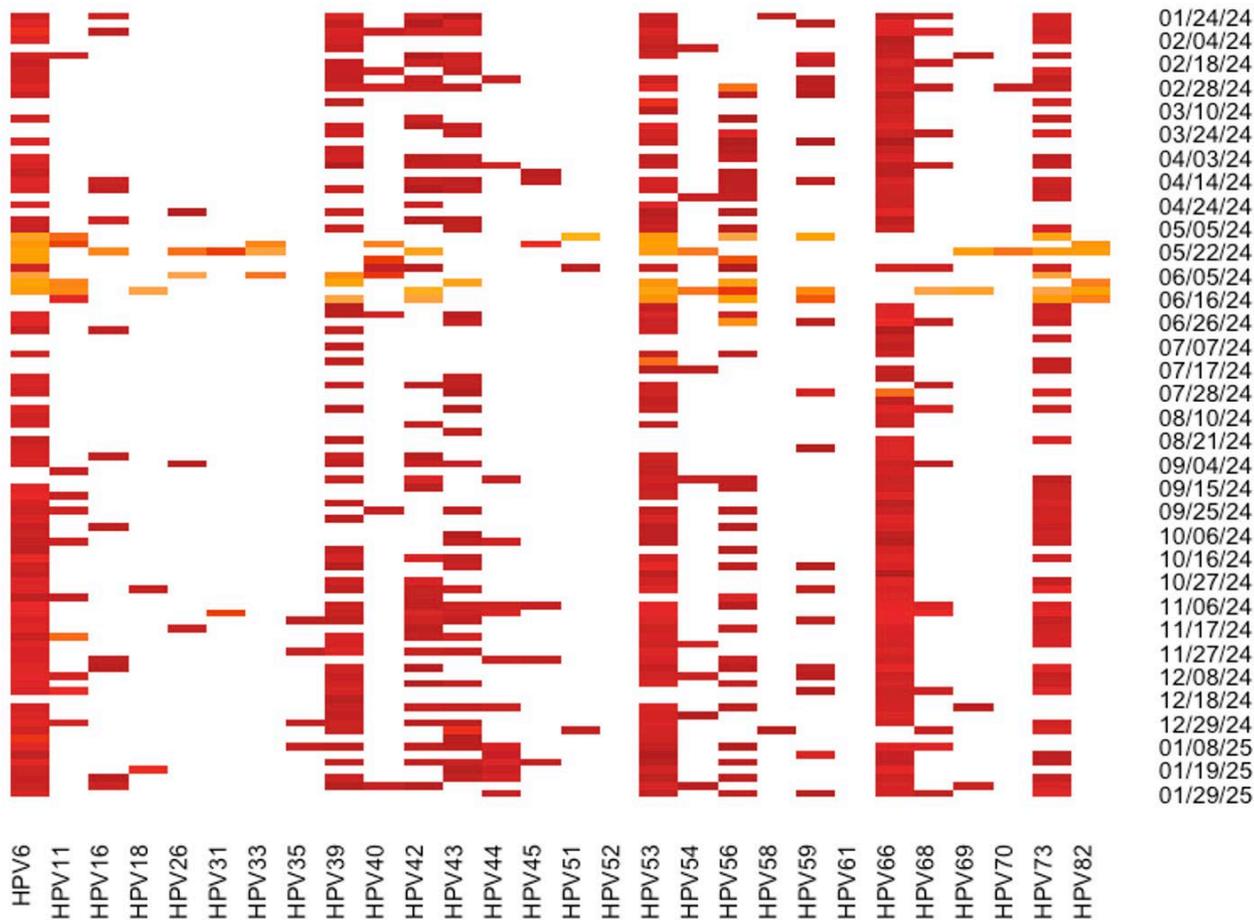
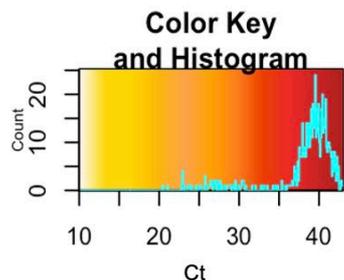


* Suivi bi-hebdomadaire – Station Paris Seine Centre

FREQUENCE DE DETECTION DES HPV (2024)*



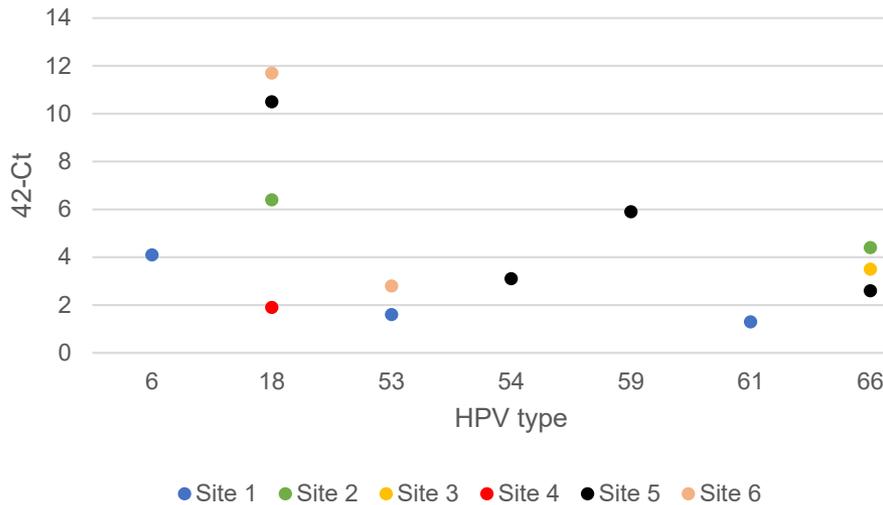
ABONDANCE RELATIVE DES HPV (2024)*



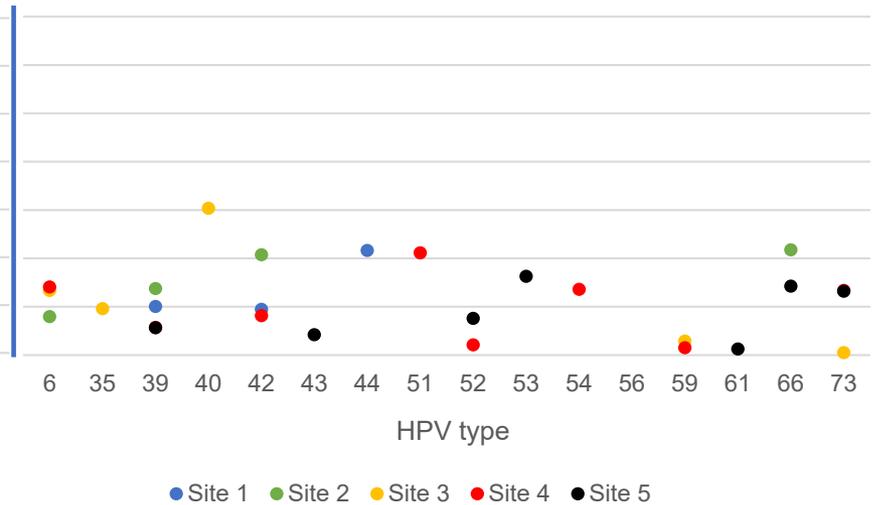
PREUVE DE CONCEPT : SUIVI D'UN CAMPUS PARISIEN



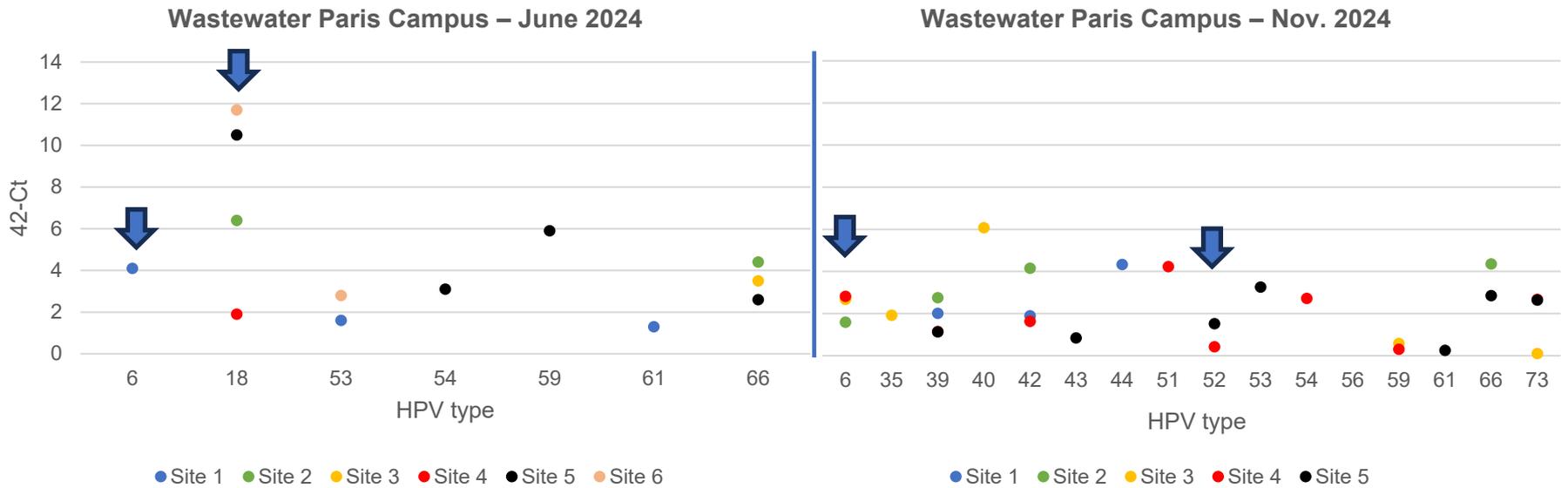
Wastewater Paris Campus – June 2024



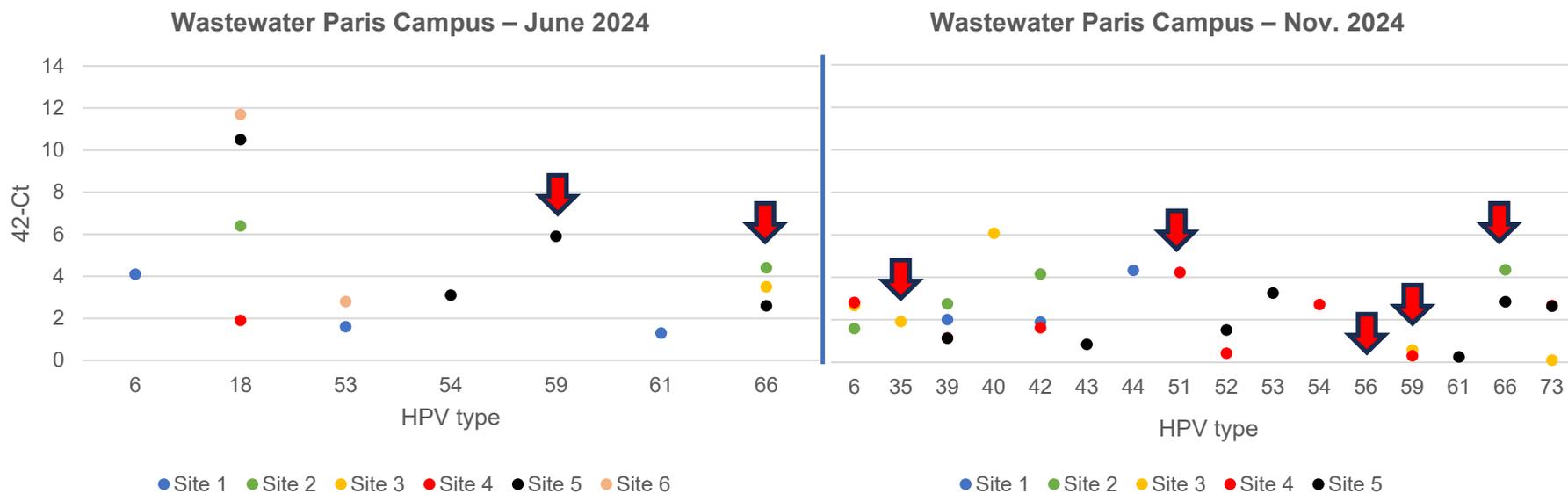
Wastewater Paris Campus – Nov. 2024



DETECTION D'HPV INTÉGRÉS AU VACCIN NONVALENT



HPV-HR NON COUVERTS PAR LES VACCINS



Perspectives

- Les HPV-HR peuvent être **quantifiés et typés** dans les eaux usées
- La **diversité régionale** et la **variation interannuelle**, notamment en **réponse à la vaccination**, seront évaluées (projet Papilleau 2026 - en cours)
- Le projet sera déployé en **Tunisie** (projet Atlantes) à l'occasion du lancement de la vaccination en 2025 (filles âgées de 9 à 14 ans).
- Le projet sera proposé à **l'échelle européenne** dans le cadre de la création d'un observatoire européen des IST via les eaux usées (4EU+)

WWBE raises legal and ethical issues

Journal of Law and the Biosciences, 1–11
doi:10.1093/jlb/Isaa039
Advance Access Publication 24 June 2020
Original Article



Legal and ethical implications of wastewater monitoring of SARS-CoV-2 for COVID-19 surveillance

Lance Gable^{1,†}, Natalie Ram^{2,†} and Jeffrey L. Ram^{3,*,**}

¹ School of Law, Wayne State University, Detroit, MI 48202, USA

² University of Maryland Francis King Carey School of Law, Baltimore, MD 21201, USA

³ Department of Physiology, School of Medicine and Director, Belle Isle Aquarium Field Research Laboratory, Wayne State University, Detroit, MI 48201, USA

*Corresponding author. E-mail: jeffram@wayne.edu

ENVIRONMENTAL
Science & Technology

pubs.acs.org/est



Policy Analysis

Ethics Guidance for Environmental Scientists Engaged in Surveillance of Wastewater for SARS-CoV-2

Steve E. Hrudey,^{*} Diego S. Silva, Jacob Shelley, Wendy Pons, Judy Isaac-Renton, Alex Ho-Shing Chik, and Bernadette Conant



Cite This: *Environ. Sci. Technol.* 2021, 55, 8484–8491



Read Online

- The paradigm is changing: wastewater is **not only a waste, it is a resource**
- => Who owns the wastewater?**
- Global monitoring by WWBE **does not require individual agreement but may lead to individual measures**
 - Individual testing on a specific population => possible discrimination?
 - Local vaccination campaign
 - Local mobility restrictions such as targeted containment
 - WWBE allows us to **trace the infected persons**

nature

[Explore content](#) ▾

[About the journal](#) ▾

[Publish with us](#) ▾

[Subscribe](#)

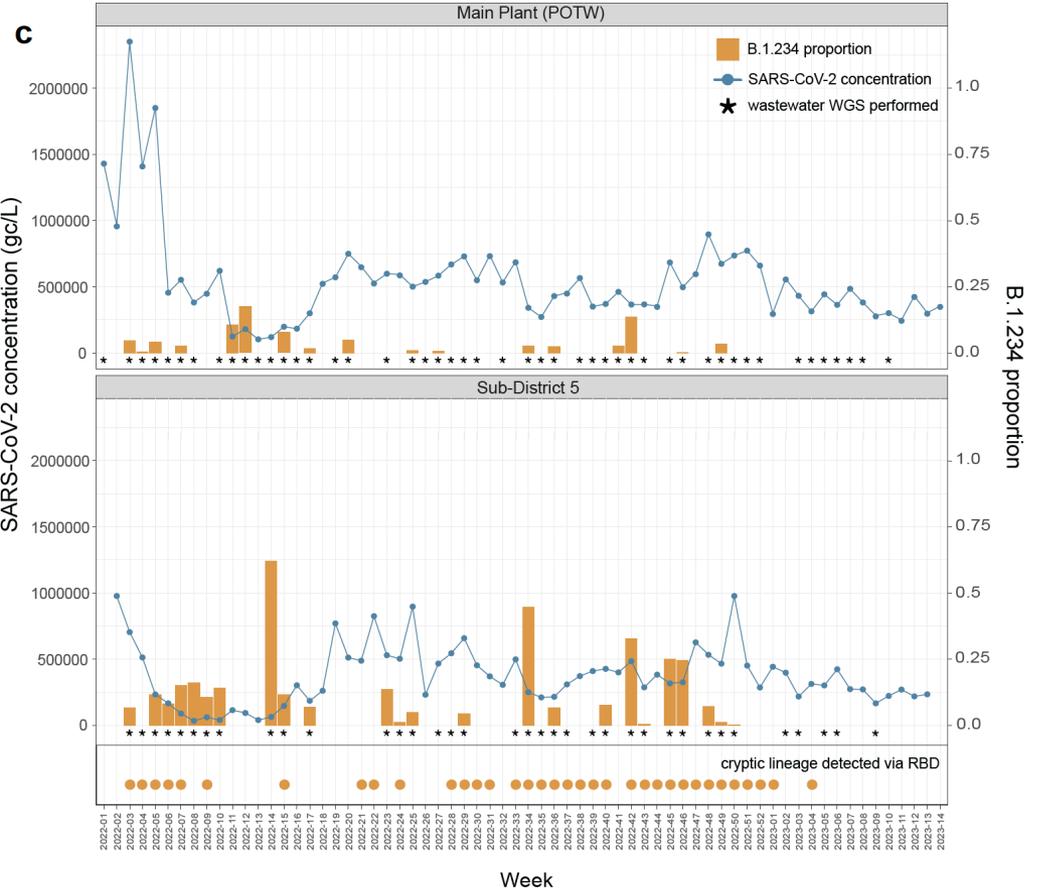
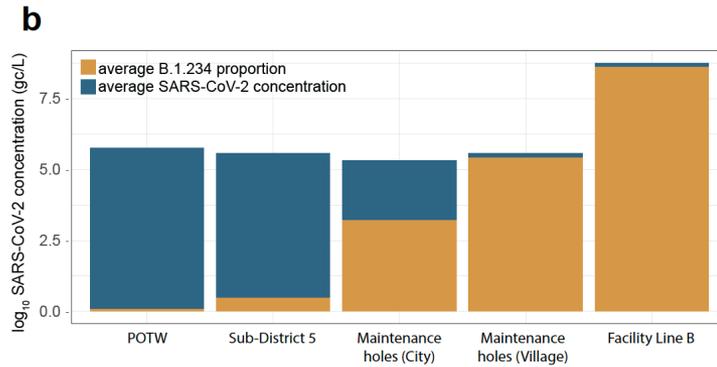
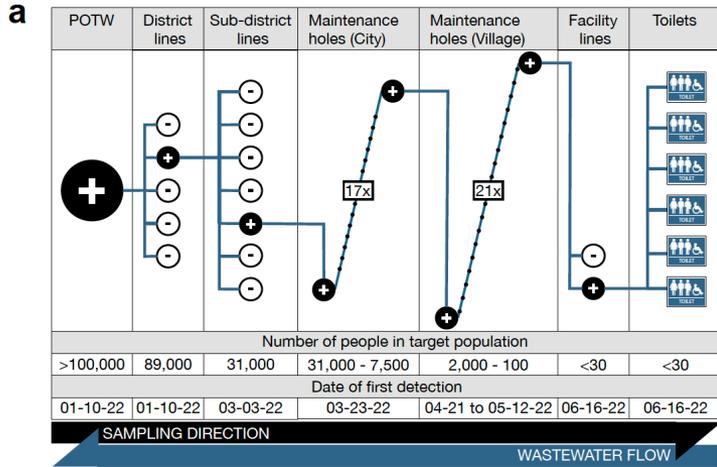
[nature](#) > [news](#) > [article](#)

NEWS | 26 September 2022

These scientists traced a new coronavirus lineage to one office — through sewage

Researchers are hunting through waste water for heavily mutated SARS-CoV-2 variants that could be the next Omicron.

Détection persistante d'un variant atypique du SARS-CoV-2





L. Moulin
(Microbiologie)



S. Wurtzer
(Virologie)



I. Bertrand
(Virologie)



C. Ganzer
(Virologie)



Y. Maday
(Mathématiques)



V. Maréchal
(Virologie)



J.M. Mouchel
(Hydrologie)



M. Boni
(Infectiologie)



S. Le Guyader
(Virologie)

Contributeurs : S.Regnier, D.Vernhet, Ph.Lebaron, O. Leroy, N. Cluzel, S. Wang, K. Laurent, M. Courbariaux, P. Waldman.

Laboratoire d'analyse: Ifremer Nantes, Inovalys, CIRSEE, LDA76, Qualyse, IUT Louis Pasteur, Eau de Paris, HSM, LGME, Actalia, LCPME, GEIST Limoges

Operateurs : VEOLIA, Suez, SAUR, SIAAP

Financial supports



MALADIES INFECTIEUSES ÉMERGENTES

