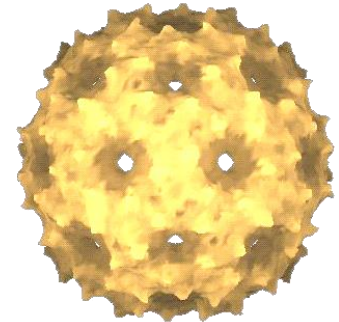
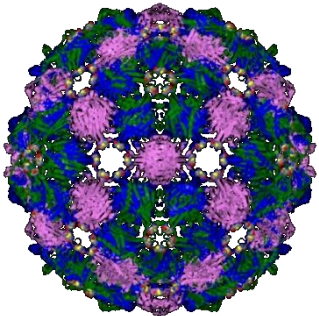


# Virus, eaux usées et traitements

Christophe GANTZER

[Christophe.gantzer@univ-lorraine.fr](mailto:Christophe.gantzer@univ-lorraine.fr)

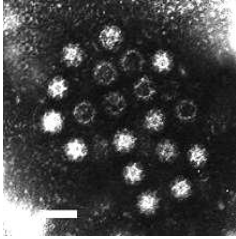


Laboratoire de Chimie Physique et Microbiologie pour les Matériaux et l'Environnement  
(LCPME) UMR 7564 Université de Lorraine/CNRS – Nancy

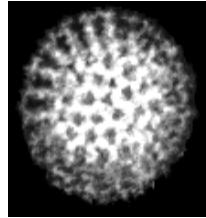
# Grande diversité de virus dans les eaux usées urbaines

## \* Virus entériques pathogènes (gastro-entérites, hépatites, pathologies liées aux entérovirus)

Ex : Norovirus  
(20-30 nm)



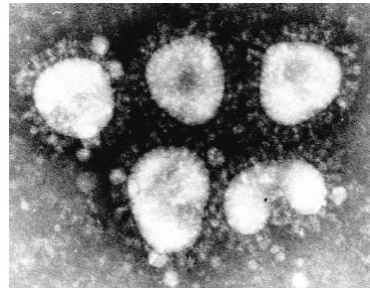
Rotavirus  
(75nm)



- ✓ Virus nus
- ✓ Capside protéique
- ✓ Génome à ARN simple brin de polarité positive (ARNdb, ADNdb)

## \* Autres virus pathogènes par exemple SARS-CoV-2 (infections respiratoires)

Coronavirus (120 nm)



R.F. Bishop, C.D. Kirkwood,  
in *Encyclopedia of Virology (Third Edition)*, 2008

- ✓ Virus enveloppé

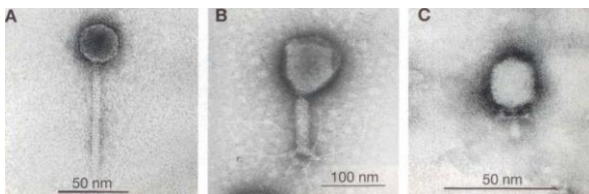
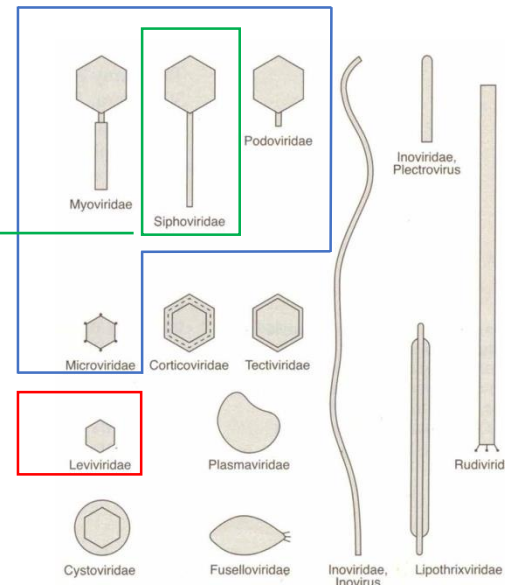
## \* Bactériophages fécaux (hôtes normaux de l'intestin humain) dont :

- ✓ Phages nus

Phages de *Bacteroides fragilis*

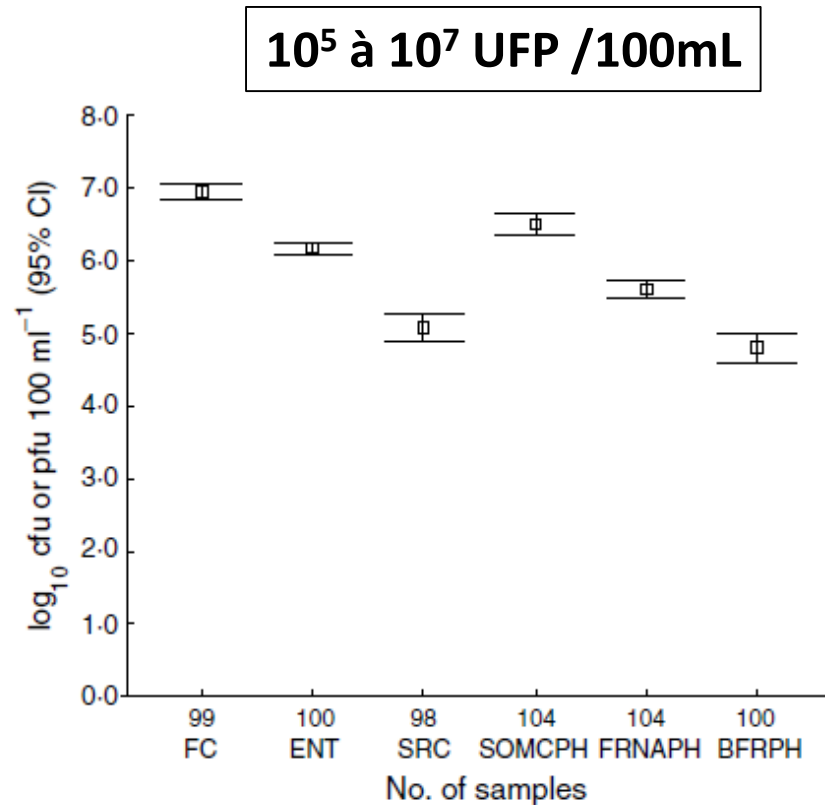
Coliphages somatiques

Phages ARN F-spécifiques



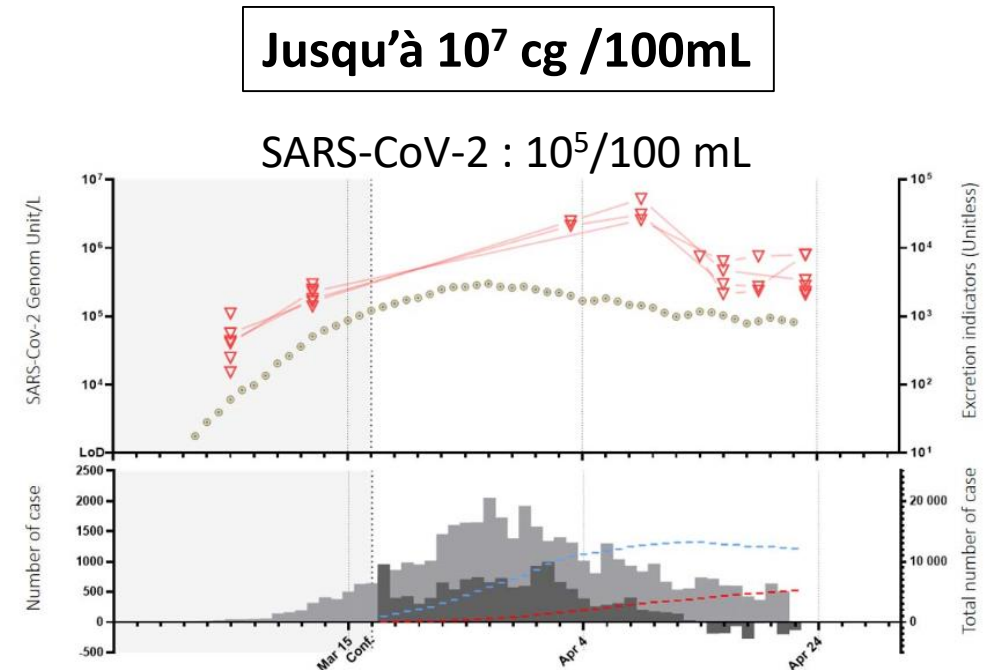
# Concentration en virus dans les eaux usées

Plutôt stable pour les bactériophages fécaux



**Fig. 1** Geometric mean ( $\square$ ) and 95% confidence intervals (CI; bars) of values of the bacterial indicators and bacteriophages in sewage. FC, Faecal coliforms; ENT, enterococci; SRC, spores of sulphite-reducing clostridia; SOMCPH, somatic coliphages; FRNAPH, F-specific RNA bacteriophages; BFRPH, bacteriophages infecting *Bacteroides fragilis* strain RYC2056

Dépend du niveau épidémique pour les virus pathogènes



**Figure 1:** Upper panel: Quantification of SARS-CoV-2 in wastewater samples in Parisian Area in different WWTP (open inverted red triangles for important WWTP, purple open inverted triangles for smaller WWTP) in circle estimators of the viral excretion.

Lower panel : In Light grey area, daily number of consultation for COVID 19 Symptoms in hospital of the Parisian area. Dark grey daily growth of hospitalized patient. Blue bar total hospitalized patient in the Parisian area, red bar cumulative deaths each day, in Parisian area.

Both panel : grey background, pre-lockdown period.

# Le réseau OBEPINE

Observatoire épidémiologique dans les eaux usées

Comité de pilotage :

J-L Bailly<sup>1</sup>, C. Gantzer<sup>2</sup>, S. Le Guyader<sup>3</sup>, Y. Maday<sup>4</sup>, V. Maréchal<sup>5</sup>,  
J. M. Mouchel<sup>6</sup>, L. Moulin<sup>7</sup>, R. Teyssou<sup>8</sup>, S. Wurtzer<sup>7</sup>

<sup>1</sup> - LMGE, UMR 6023 CNRS-Université Clermont Auvergne

<sup>2</sup> - LCPME, UMR 7564 CNRS-Université de Lorraine, Nancy

<sup>3</sup> - IFREMER

<sup>4</sup> - Sorbonne Université, Laboratoire Jacques-Louis Lions (UMR 7598) et Institut Universitaire de France,

<sup>5</sup> - Sorbonne Université, INSERM, Centre de Recherche Saint-Antoine,

<sup>6</sup> - Sorbonne Université, CNRS, EPHE, UMR 7619 Metis

<sup>7</sup> - Eau de Paris

<sup>8</sup> - Institut de Recherche Biomédicale des Armées

# Détecter le génome viral ne permet pas :

- De témoigner du caractère infectieux du virus
- D'évaluer l'efficacité d'un traitement

*Il faut utiliser des modèles/indicateurs cultivables*

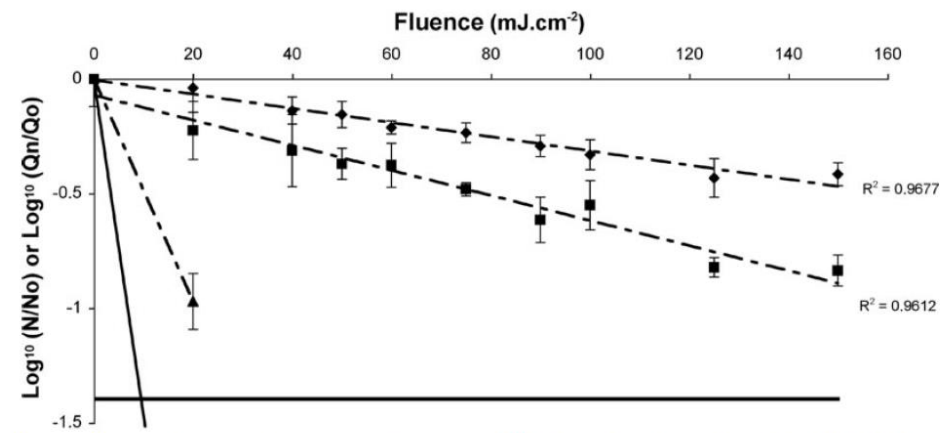


FIG. 3. Influence of the size of the targeted fragment on the kinetics of UV-induced degradation of poliovirus 1 RNA: 76 bases (◆), 145 bases (■), and 1,869 bases (▲). The dashed lines are regression lines for genome fragments, the solid line is the regression line for infectivity and is given for reference. The horizontal black line designates the highest value for the background.

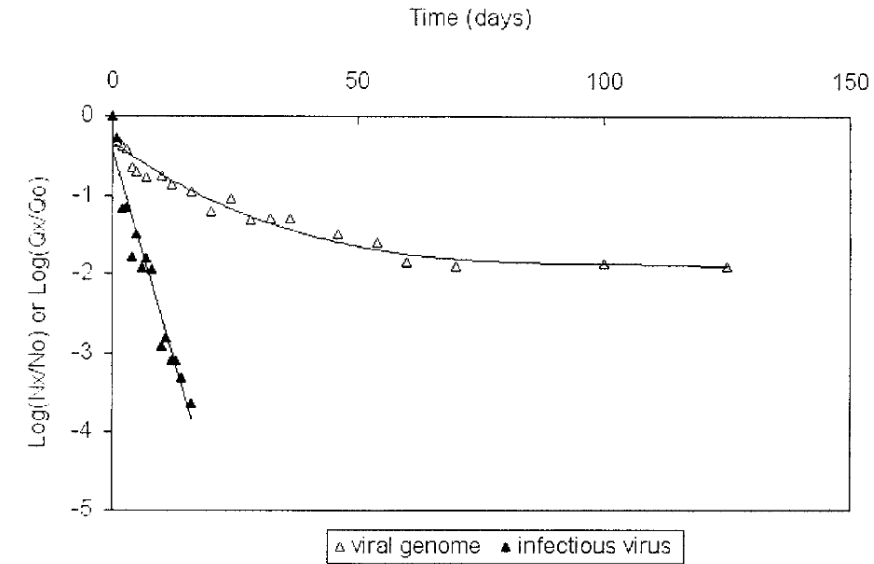
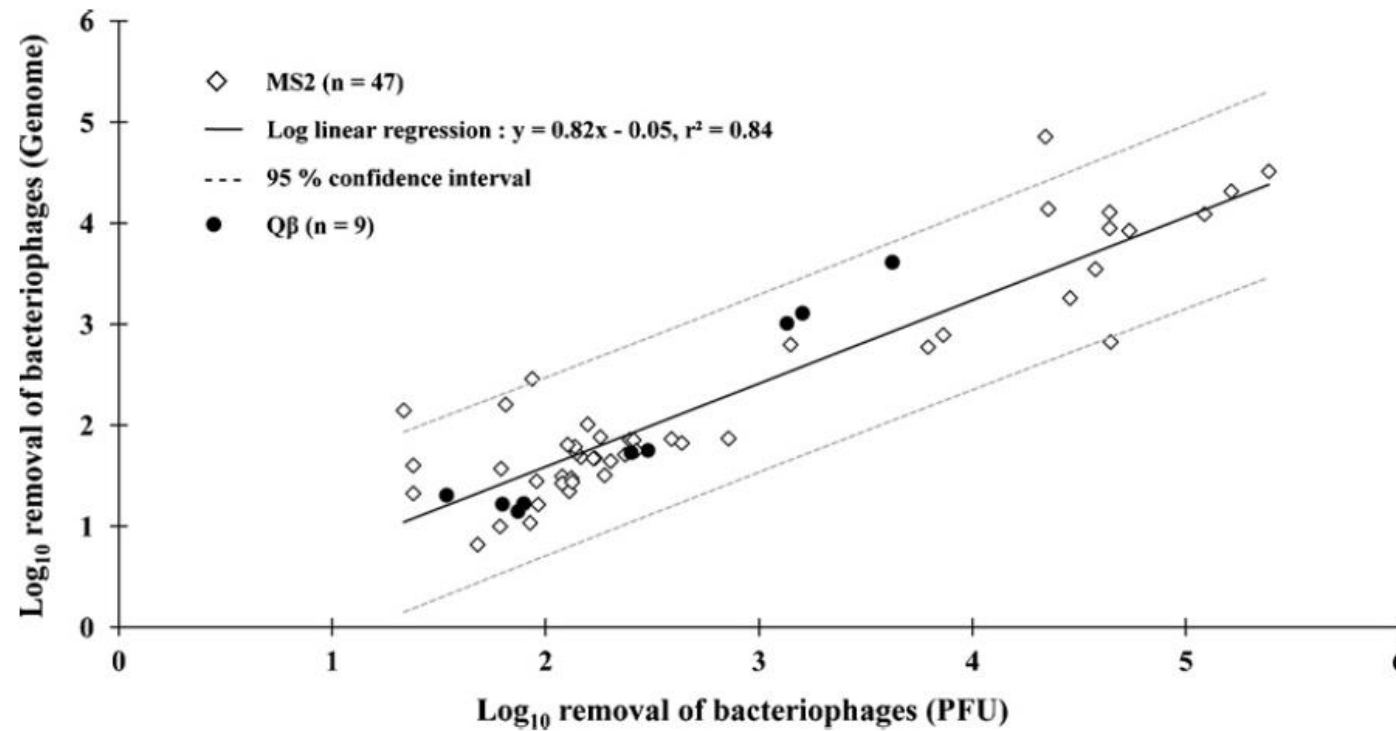


Figure 5 Comparison of the persistence of infectious virus (◆) to that of the 3C (□) and 5'-UTRdT (○) fragments of the encapsidated Poliovirus 1 genome after chlorine dioxide treatment. The arrows indi-

# Avec quelques exceptions notamment pour les traitements physiques (filtration, adsorption)

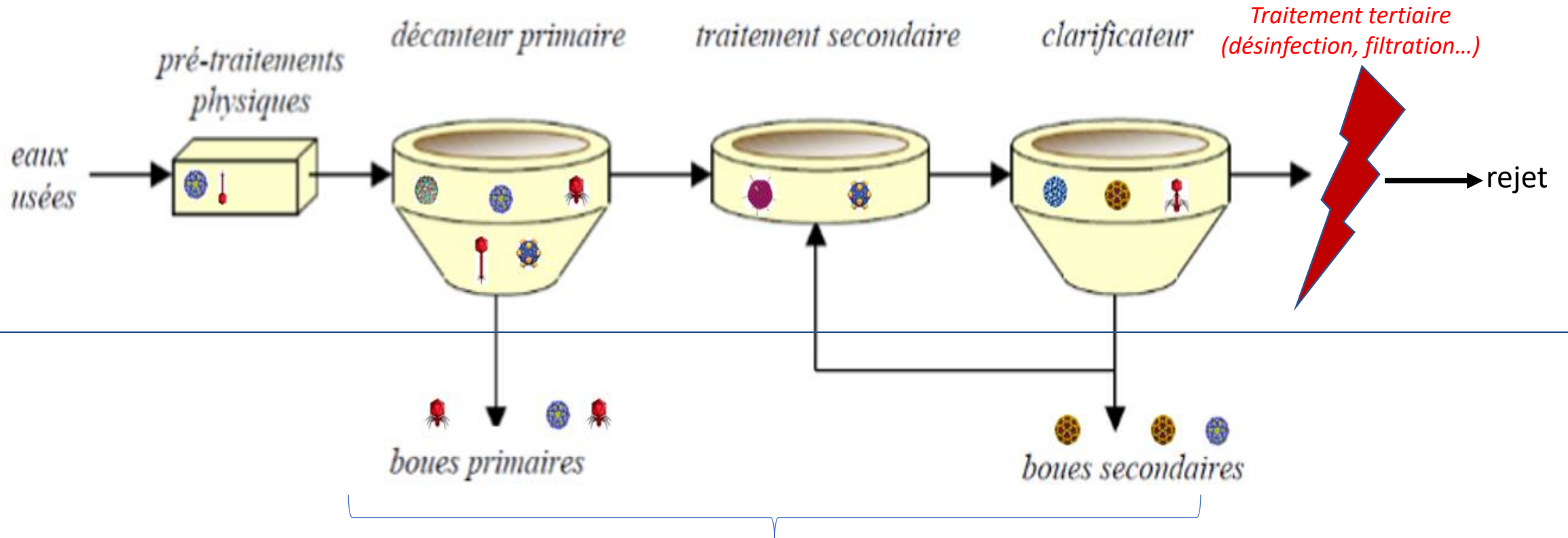
Ex : élimination des virus par ultrafiltration





# Élimination des virus lors du traitement des eaux usées et des boues

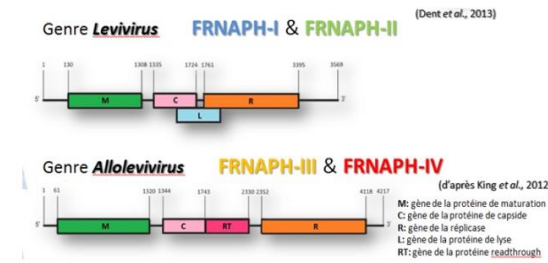
Principaux mécanismes d'élimination des virus : adhésion sur les boues + inactivation



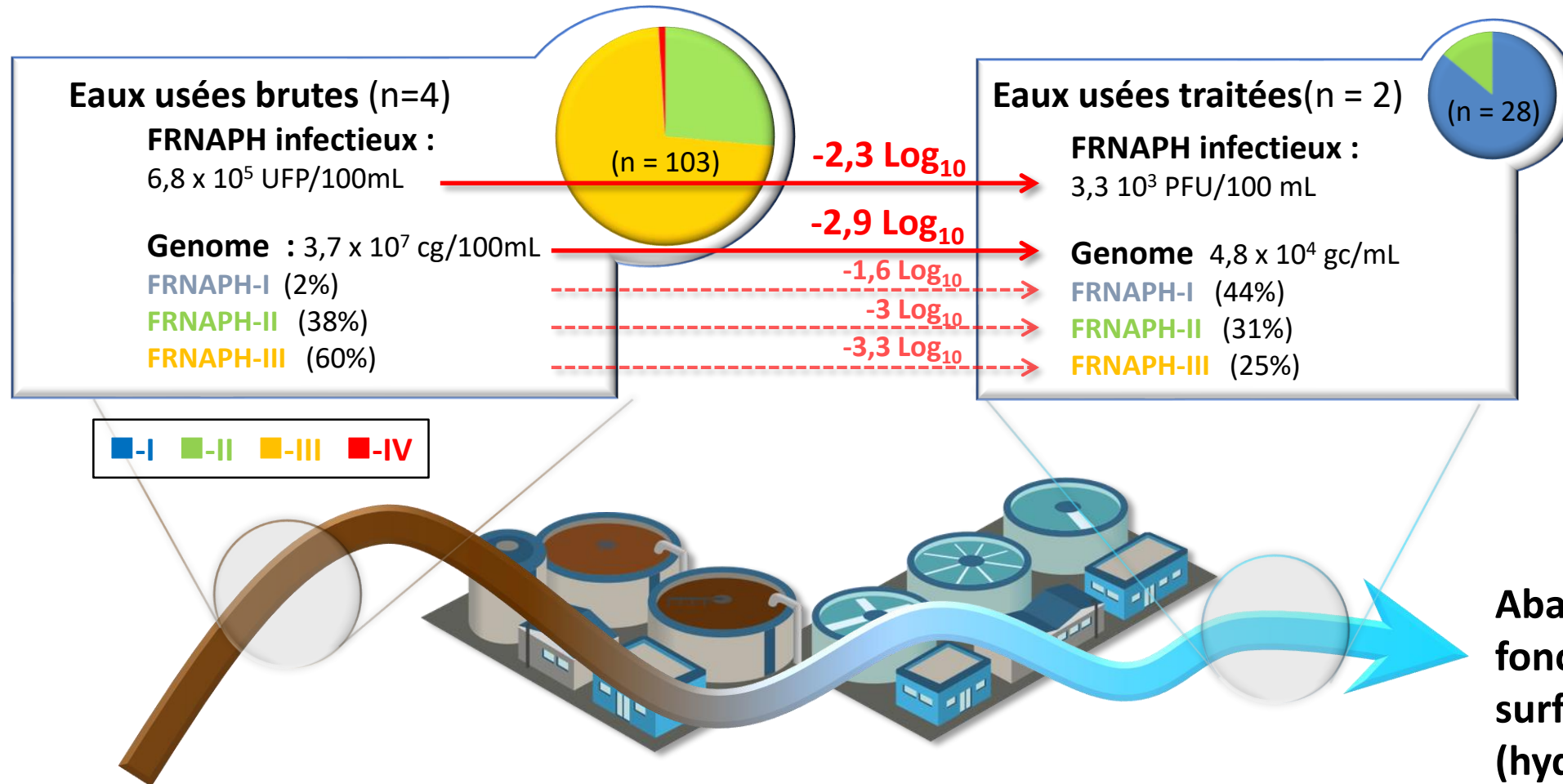
Traitement des boues (Impact des paramètres biologiques, physiques et chimiques) : température /chaulage

# Elimination des virus lors d'un traitement biologique

Ex : Phages ARN F-spécifiques (FRNAPH)



Structure des FRNAPH (Dent et al. 2013 ; King et al. 2012)



**Abattement : 1 à 3  $\text{log}_{10}$  en fonction des propriétés de surface des virus (hydrophobie ?)**



# Elimination des virus par rayonnement UV : dégradation du génome

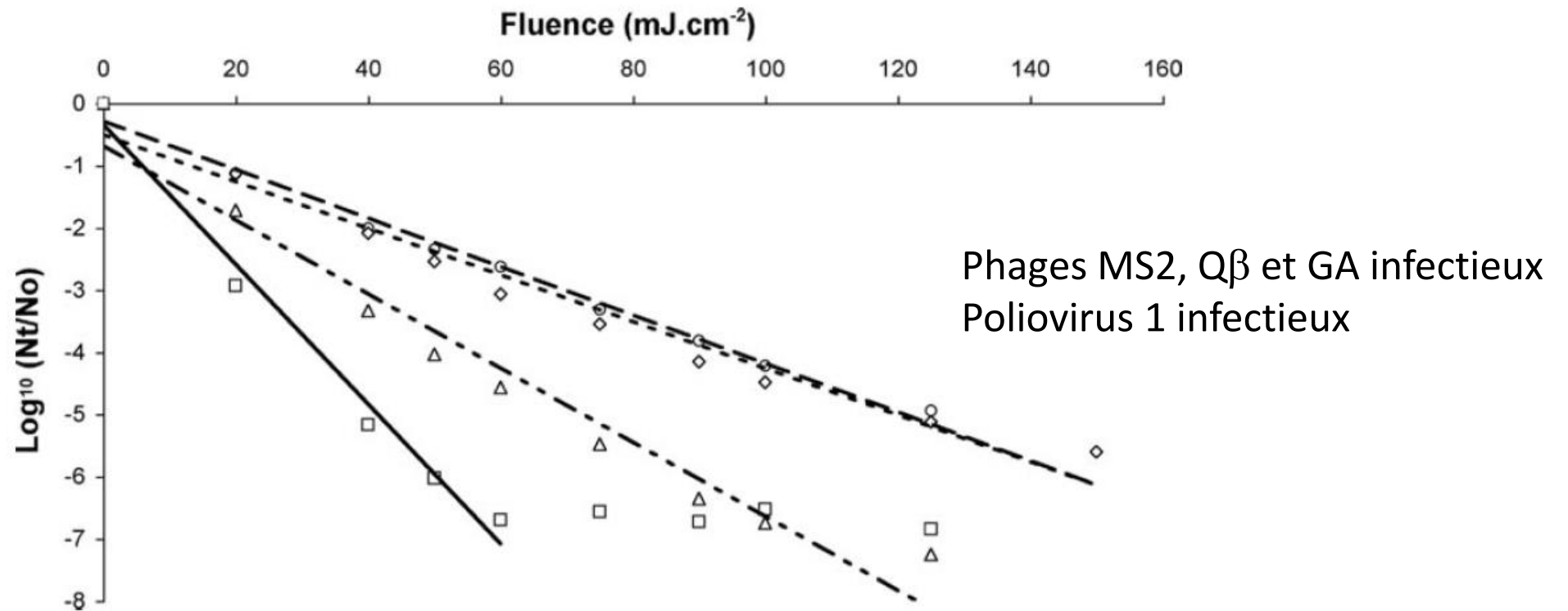
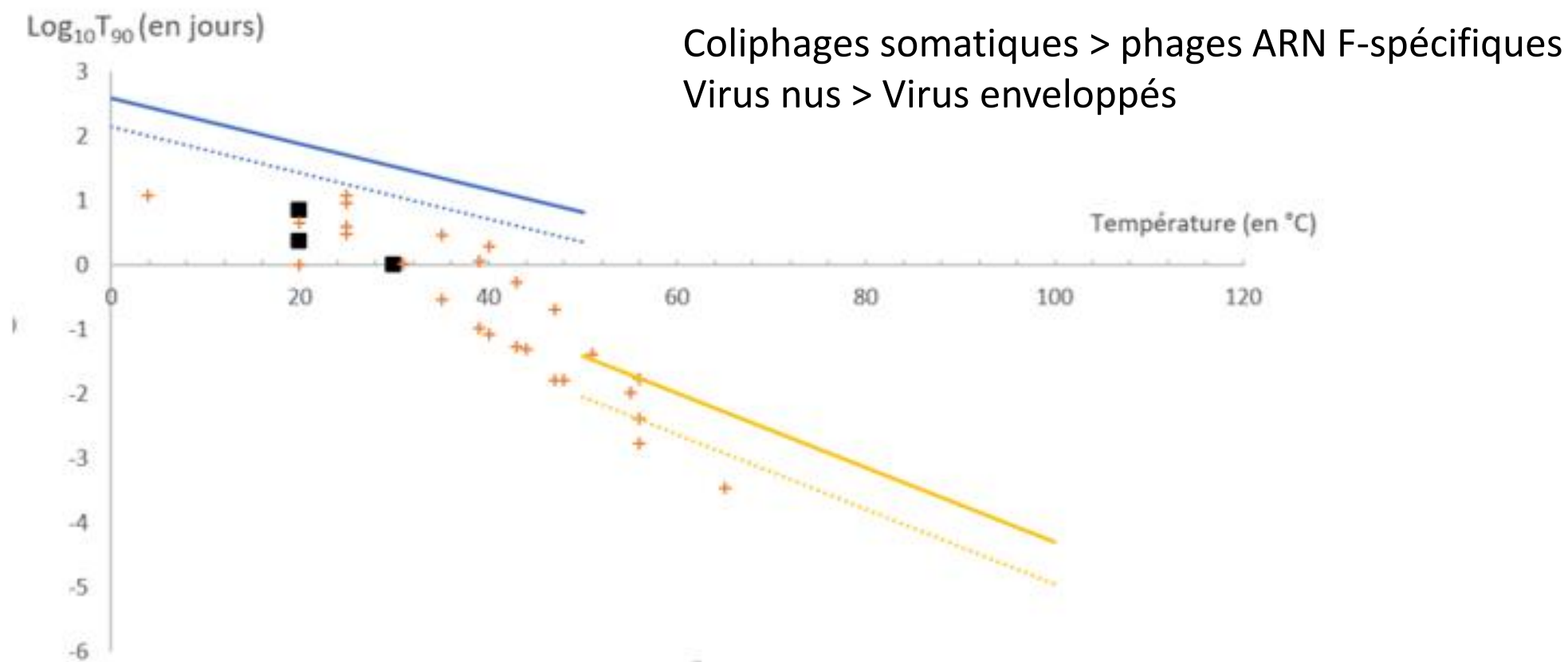


FIG. 1. UV fluence response for bacteriophages MS2 (○), GA (◇), and Qβ (△) and for poliovirus 1 (□) in phosphate buffer. The dashed lines are regression lines for bacteriophages MS2 (— —), GA (- -), and Qβ (— - -); the solid line is the regression line for poliovirus 1. Standard deviations are not plotted to avoid too many marks.

- Phages ARN F-spécifiques très résistants aux UV
- Sensibilité des virus dépend du type d'acide nucléique et du nombre de sites spécifiques sur le génome (indirectement la taille). Taille du génome (ARN) : MS2, GA < Qβ < Poliovirus

# La résistance thermique des virus nus est plus importante que celle des virus enveloppés



**Figure 1** : Inactivation des virus nus (traits pleins et pointillés) et des CoV (croix orange) ou autres virus enveloppés comme le phage phi6 et les filovirus (carrés noirs) en fonction de la température dans des milieux simples (milieux de culture, tampons, eaux usées pasteurisées).

Les données sur les CoV (croix orange) concernent le virus de Berne, le TGEV, le MHV, le SRAS-CoV et le MERS-CoV (Quist-Rybachuk et al., 2015 ; Leclercq et al., 2014 ; Darnell et al., 2004 ; Rabenau et al., 2005 ; Casanova et al., 2010 ; Casanova et al., 2009 ; Laude, 1981 ; Weiss and Horzinek, 1986).

Les données d'inactivation du phage Phi6 et des filovirus sont représentées en carrés noirs (Casanova et al., 2015 ; Bibby et al., 2015 ; Piercy et al., 2010)

Les modèles définis par Bertrand et al. (2012) sont utilisés.

## Résistance des coronavirus à pH basique

(Porcins-PEDV ; Canins-CCoV ; SARS-CoV)

- pH 6-9 :
  - peu d'inactivation dans l'heure
- pH 10 :
  - stable 1h à 4°C
  - 2  $\log_{10}$  d'inactivation en 6h à 4°C
  - 7  $\log_{10}$  d'inactivation en 1h à 25°C
- pH 11 :
  - 4  $\log_{10}$  d'inactivation en 1h à toute température
- pH 12 :
  - 5  $\log_{10}$  d'inactivation en 1h à 4°C

SARS-CoV-2 : stable 1h de pH 3 à 10

## Conclusions

### « Take-home messages »

- Grande diversité de virus dans les eaux usées : pathogènes ou non.
- Virus nus plus résistants que les virus enveloppés.
- Caractère infectieux obligatoire pour estimer le risque infectieux ou l'efficacité des traitements
- Mécanismes fondamentaux de l'élimination des virus dans les eaux usées/boues
  - adhésion sur les éléments qui sédimentent ( $1-2 \log_{10}$  d'élimination)
  - inactivation par désinfection des eaux (e.g. UV)
  - inactivation par traitements thermiques ou pH alcalins (chaulage )
- La leçon de cette pandémie : un manque de données sur les indicateurs viraux
- Suivi des bactériophages fécaux comme indicateurs de pollution fécale ou virale (coliphages somatiques, phages ARN F-spécifiques) pourrait être approfondi.