



Spatio-Temporal Mapping of the Spread of COVID-19 through Waste Water

Spatialisation dynamique de la propagation du COVID-19 via les eaux usées

Webinaire 25 novembre 2020



29 Mars 2020 Medema & al : On peut détecter les traces de SARS-Cov-2 dans les eaux usées



On peut donc spatialiser la propagation de l'épidémie grâce à la surveillance des eaux usées



12 Avril 2020 Projet soumis à l'unité de crise CNRS-INSERM



27 avril 2020 Le CNRS nous accorde un financement d'amorçage



9 août 2020 Première publication dans la revue internationale One Health

But du projet

Produire un outil de surveillance sanitaire pour spatialiser l'épidémie

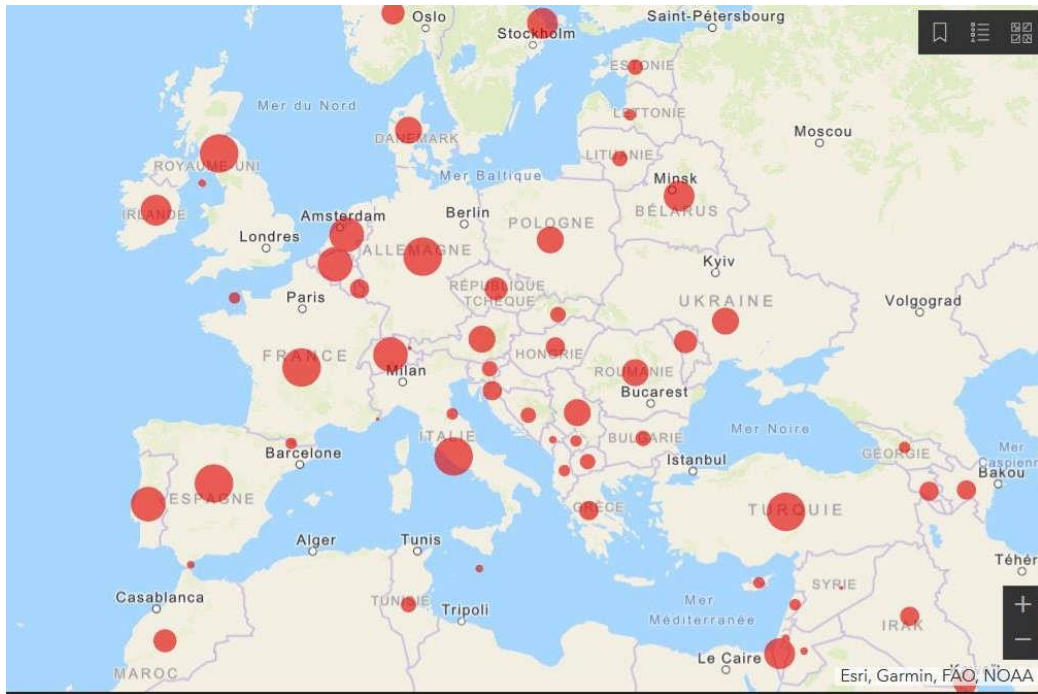
(1) d'une façon multi-échelle

(2) d'une façon dynamique

Pourquoi est-ce utile?

Parce qu'on n'a pas spatialisé l'épidémie à ce jour

Ceci nous empêche de cibler les mesures efficaces



COVID-19 en France Métropolitaine

Nombre d'hospitalisations / de réanimations / de décès

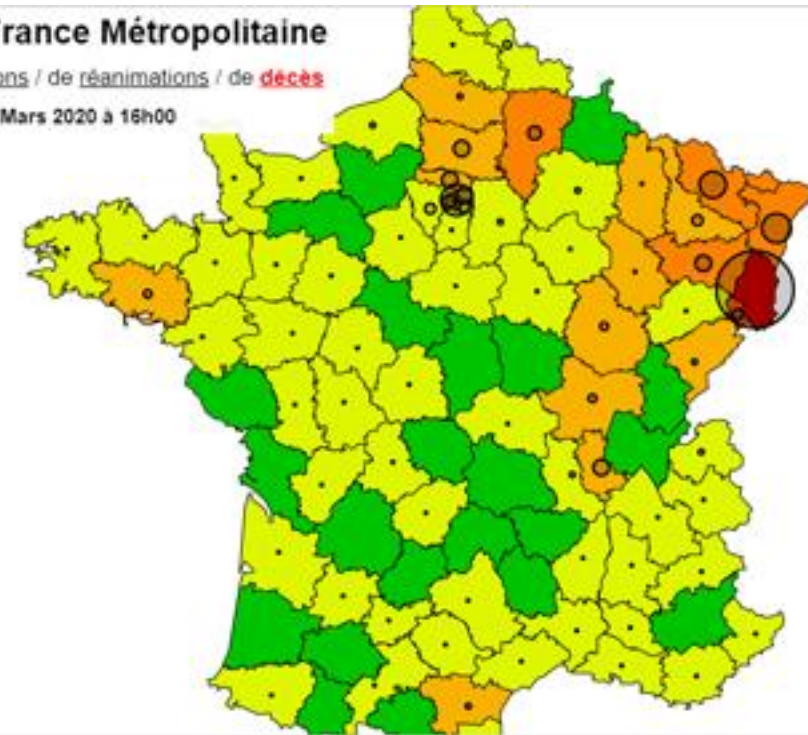
Mis à jour le Mercredi 25 Mars 2020 à 16h00

1099 décès

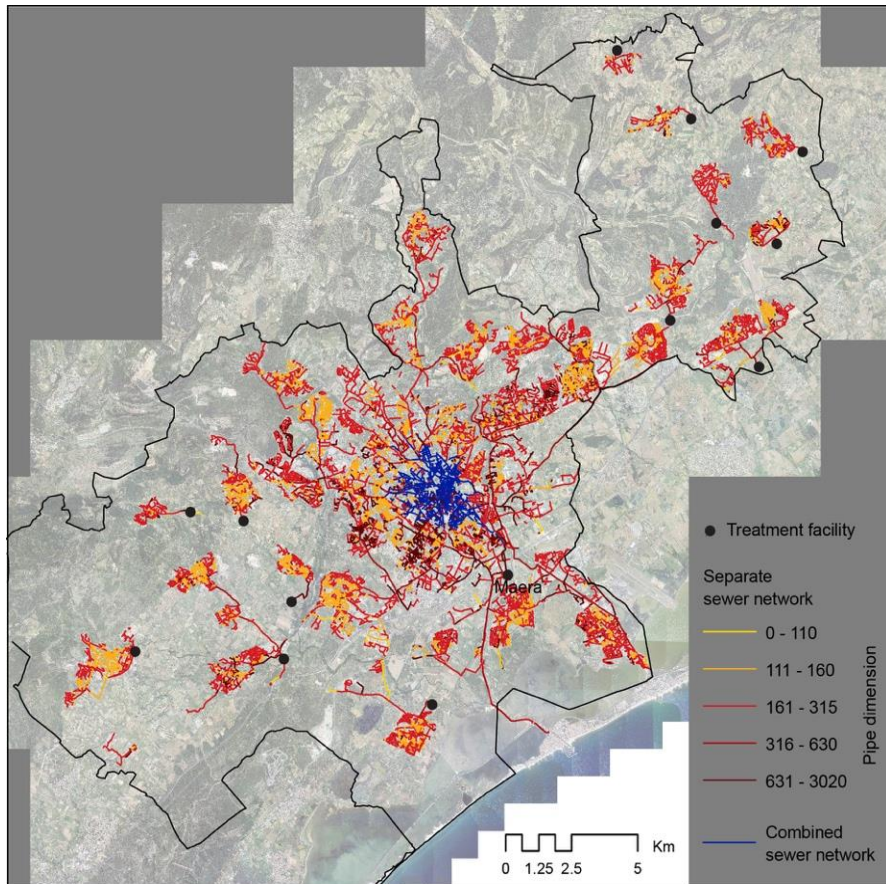
+240 en 24h

+28%

Nombre de décès pour
100 000 habitants :



Que fait WaterCov ?



- 1) **Détecte les points où le virus pénètre le réseau**
- 2) **Relie cette couche de données aux données socio-économiques géolocalisées de l'INSEE**
- 3) **Spatialise la propagation de l'épidémie en fonction des limites qui lui sont propres**
- 4) **Identifie les variables socio-économiques qui façonnent la propagation de l'épidémie**
- 5) **Fournit un outil de surveillance de santé publique respectueux des libertés individuelles et sans contrainte**

Comment Water Cov le fait-il?

Grâce à une collaboration interdisciplinaire rassemblant

géographie, virologie, épidémiologie, mécanique des fluides, sociologie et étude des sciences et sociétés

Cartographie

1-Modélisation du réseau d'assainissement par une analyse

Bases de données publiques de 3M

Métadonnées

Cartes à dire d'acteurs

2-Relier ce modèle avec deux types de bases de données

a- IGN (vector graphics)

b- INSEE (données statistiques)

Résolution: îlot d'habitation

RGPD: limites et contraintes légales

22 juin 2020 avis favorable du comité du secret statistique pour le projet scss-3505-1 DIFFUCO Cartographie spatio-temporelle de la diffusion du COVID-19 dans les eaux usées

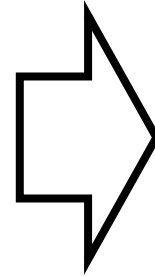
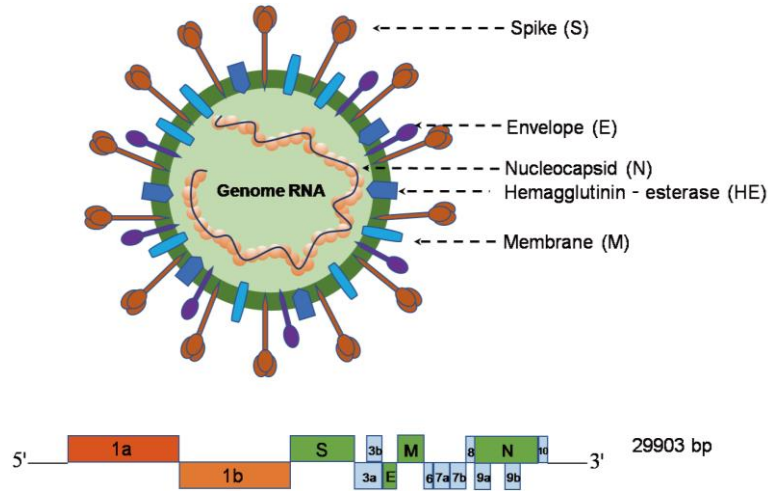
3-Objectif: Passer d'un paradigme individuel à un paradigme écologique

Echantillonnage

- De l'aval vers l'amont
- Jusqu'à l'îlot d'habitation
- Durée de l'excrétion individuelle du virus
- Vanessa Speight, Sheffield University, Royaume Uni

Détection du virus dans les eaux usées de Montpellier

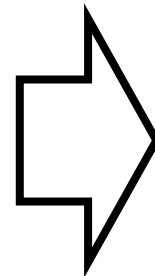
SARS-CoV-2 -> le virus responsable de la maladie COVID-19



Détection de l'ARN du virus,
et non pas du virus entier



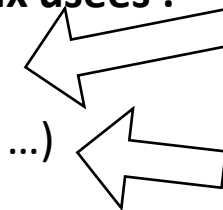
Méthode de détection similaire aux techniques de diagnostiques chez l'homme : **la PCR**



Le challenge dans les eaux usées :
Mesurer la quantité d'ARN viral détecté pour pouvoir comparer les échantillons (exemple : entrée/sortie de STEP)

Objectif virologique de WaterCoV -> être capable de comparer des prélèvements d'eaux usées :

- Provenant de différentes sources (STEP, station de pompage, regard d'habitations, ...)
- Provenant d'une même source, mais prélevé à différentes périodes (jours, semaines, ...)



Localiser un foyer d'infection avec une très grande précision

Prédire très tôt l'arrivée d'une deuxième vague !



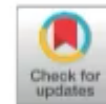
Contents lists available at ScienceDirect

One Health

journal homepage: www.elsevier.com/locate/onehlt



Post-lockdown detection of SARS-CoV-2 RNA in the wastewater of Montpellier, France



Julie Trottier^{a,*}, Regis Darques^a, Nassim Ait Mouheb^{b,c}, Emma Partiot^{b,d}, William Bakhache^d, Maika S. Deffieu^{b,d}, Raphael Gaudin^{b,d,**}

^a CNRS, ART-Dev, Site Saint-Charles, Rue du Professeur Henri Serre, 34090 Montpellier, France

^b Université de Montpellier, 163 Rue Auguste Broussonnet, 34090 Montpellier, France

^c INRAE, UMR G-eau, 361 Rue Jean-François Breton, 34196 Montpellier Cedex 5, France

^d CNRS, Institut de Recherche en Infectiologie de Montpellier (IRIM), 1919 Route de Mende, 34293 Montpellier, France

ARTICLE INFO

Keywords:

COVID-19

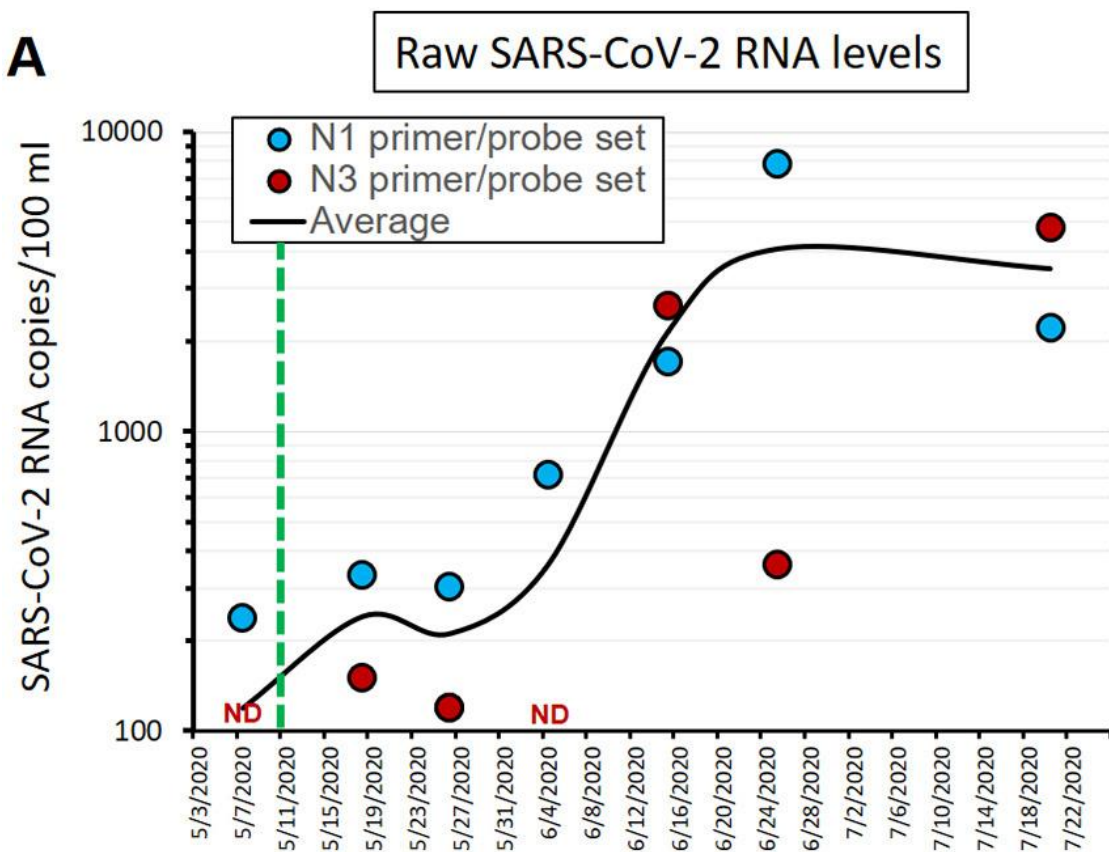
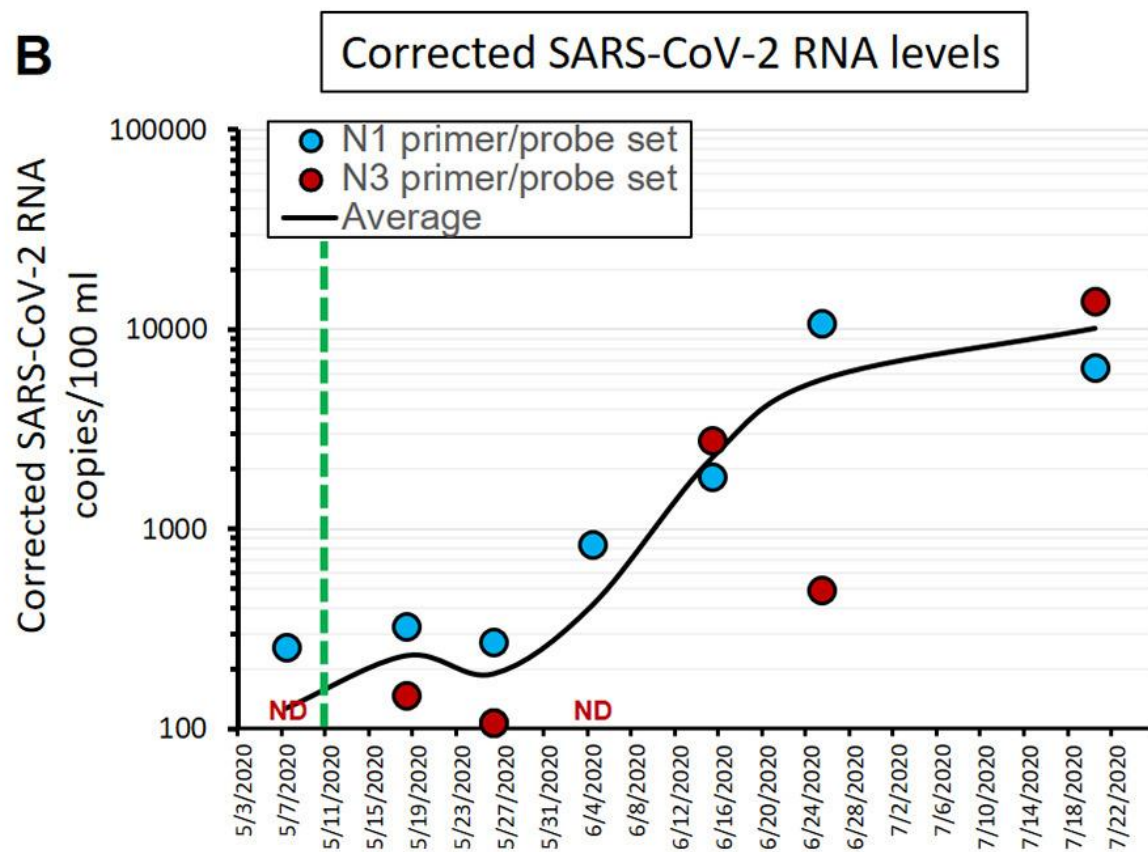
Virus

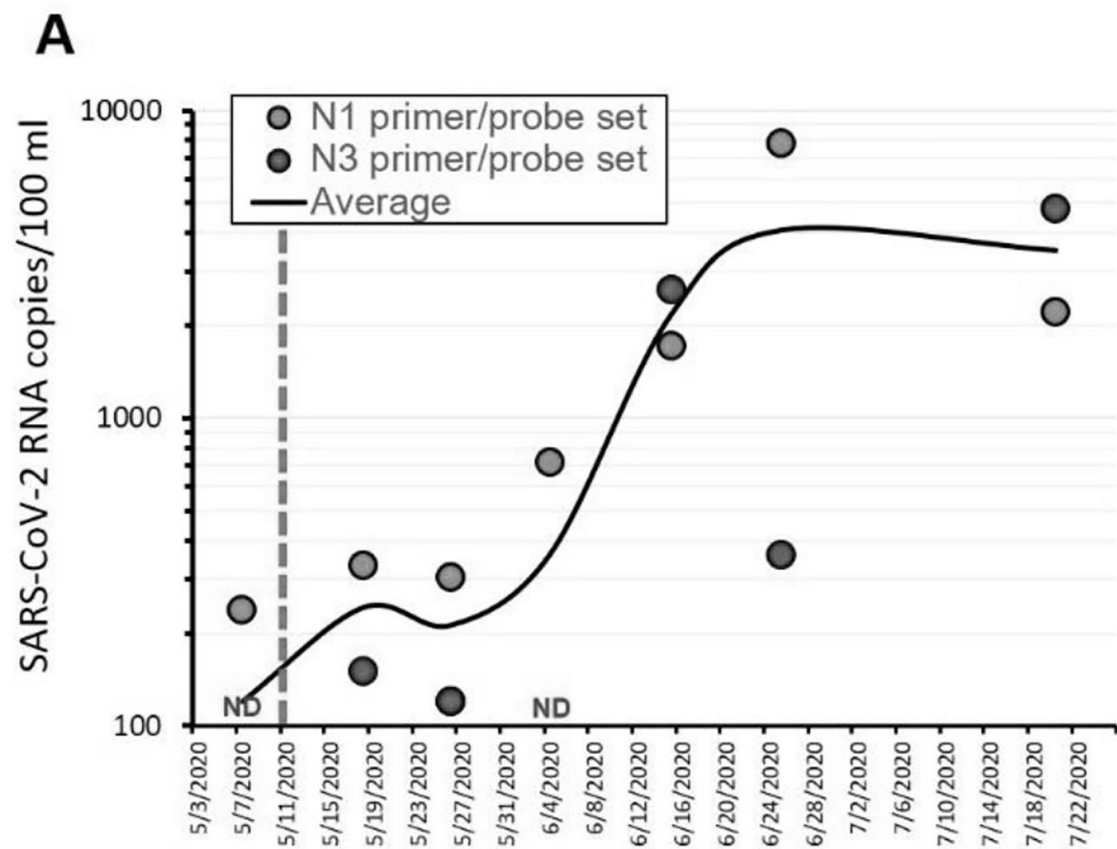
PCR

Health Surveillance

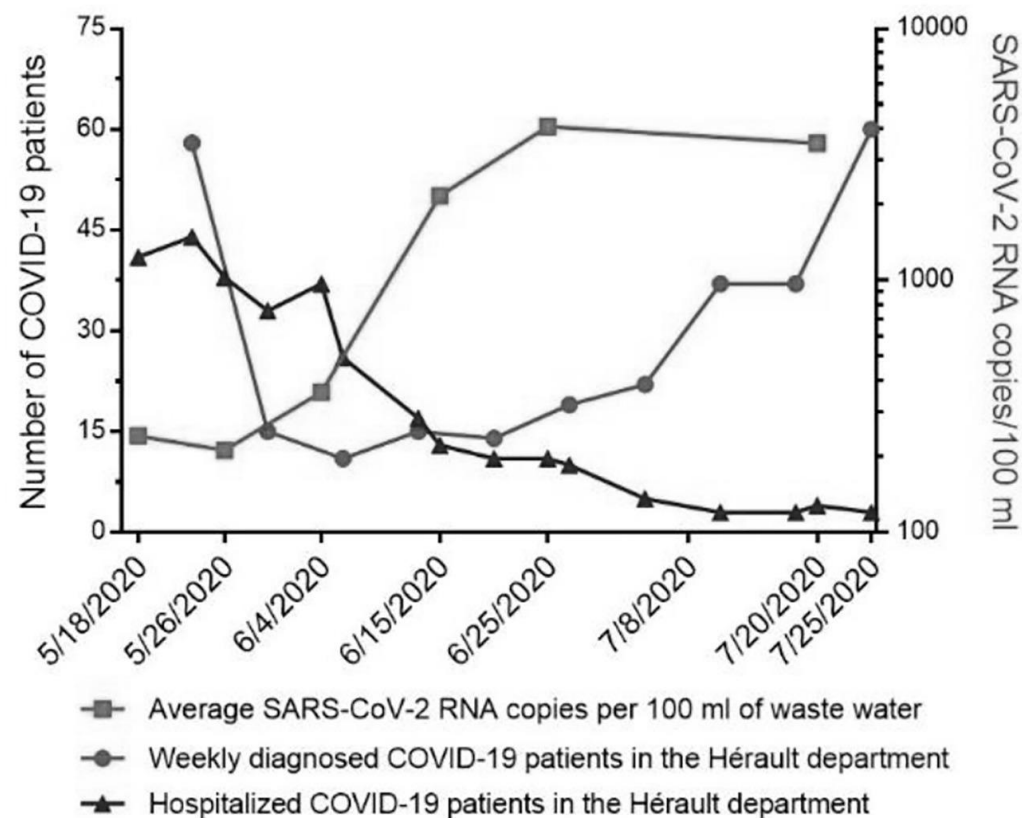
ABSTRACT

The evolution of the COVID-19 pandemic can be monitored through the detection of SARS-CoV-2 RNA in sewage. Here, we measured the amount of SARS-CoV-2 RNA at the inflow point of the main waste water treatment plant (WWTP) of Montpellier, France. We collected samples 4 days before the end of lockdown and up to 70 days post-lockdown. We detected increased amounts of SARS-CoV-2 RNA at the WWTP from mid-June on, whereas the number of new COVID-19 cases in the area started increasing a couple of weeks later. Future epidemiologic investigations shall explain such asynchronous finding.

A**B**



B Correlation between the number of new cases of COVID-19 patients and amount of SARS-CoV-2 RNA detected in wastewater





ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



Comparison of virus concentration methods for the RT-qPCR-based recovery of murine hepatitis virus, a surrogate for SARS-CoV-2 from untreated wastewater

Warish Ahmed^{a,*}, Paul M. Bertsch^a, Aaron Bivins^b, Kyle Bibby^b, Kata Farkas^c, Amy Gathercole^d, Eiji Haramoto^e, Pradip Gyawali^f, Asja Korajkic^g, Brian R. McMinn^g, Jochen F. Mueller^h, Stuart L. Simpsonⁱ, Wendy J.M. Smith^j, Erin M. Symonds^k, Kevin V. Thomas^h, Rory Verhagen^h, Masaaki Kitajima^l

^a CSIRO Land and Water, Ecosciences Precinct, 41 Boggo Road, Dutton Park, QLD, 4102, Australia

^b Environmental Change Initiative, University of Notre Dame, 721 Flanner Hall, Notre Dame, IN 46556, USA

^c School of Ocean Sciences, Bangor University, Menai Bridge, Anglesey LL59 5AB, UK

^d ComPath, South Australian Health and Medical Research Institute, Adelaide, SA 5000, Australia

^e Interdisciplinary Center for River Basin Environment, University of Yamanashi, 4 - 3 - 11 Takeda, Kofu, Yamanashi 400-8511, Japan

^f Institute of Environmental Science and Research Ltd. (ESR), Porirua 5240, New Zealand

^g United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, 26W Martin Luther King Jr. Drive, Cincinnati, OH 45268, USA

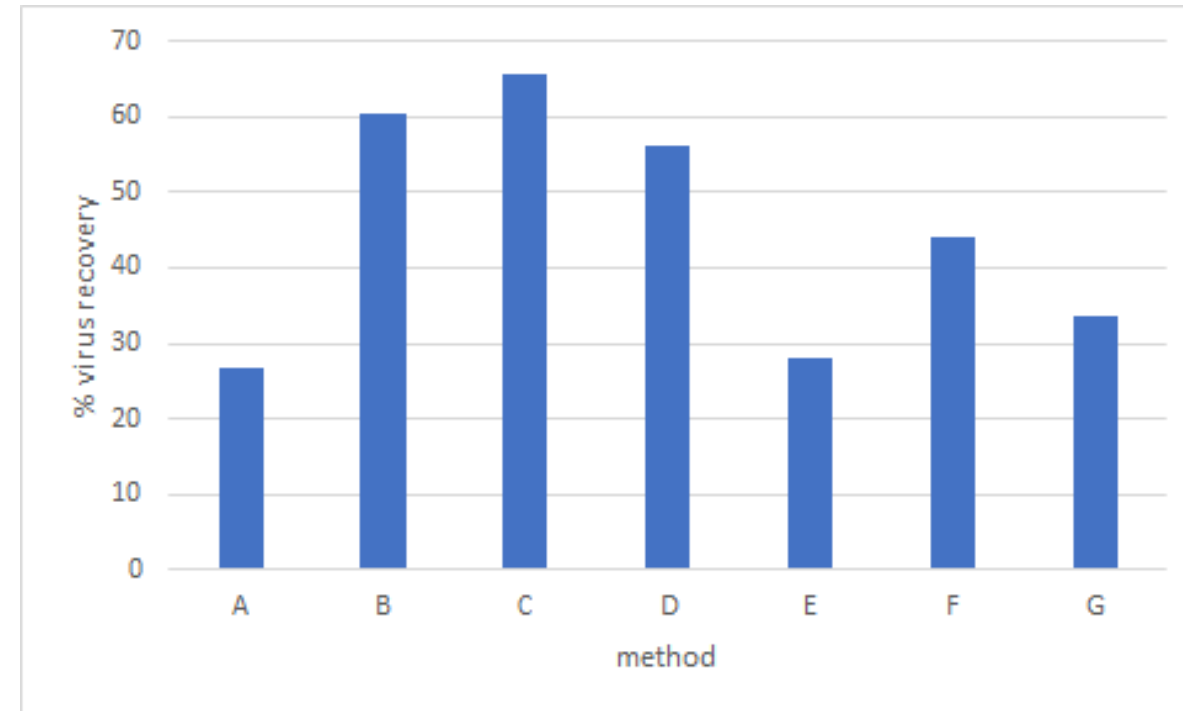
^h Queensland Alliance for Environmental Health Sciences (QAEHS), University of Queensland, 20 Cornwall Street, Woolloongabba, QLD 4102, Australia

ⁱ CSIRO Land and Water, Lucas Heights, NSW 2234, Australia

^j CSIRO Agriculture and Food, Queensland Bioscience Precinct, St Lucia, QLD 4067, Australia

^k College of Marine Science, University of South Florida, 140 Seventh Avenue South, St. Petersburg, FL 33701, USA

^l Division of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Hokkaido University, North 13 West 8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-0032, Japan



Sur le devenir du SRAS-CoV-2 lors du traitement des eaux usées et sa présence dans les rejets (eau) ou les milieux récepteurs

- Selon la littérature, les procédés de traitement biologique, tels que le lagunage pour les petites stations ou les bioréacteurs à membrane, sont cités comme potentiellement efficaces contre les coronavirus.
- Cependant, les opérations de traitement primaire et secondaire classiques (sans désinfection chimique ou par UV) des grandes stations d'épuration semblent avoir montré une efficacité limitée, puisqu'une réduction de seulement 100 fois (ou 2 log de réduction) des empreintes virales du SRAS-CoV-2 a été trouvée dans la majorité des sites étudiés en région parisienne.

Faut-il s'attendre à détecter des traces du SRAS-CoV-2 dans les eaux traitées et en surface lors de la réutilisation des eaux d'irrigation ?

Il est nécessaire d'avoir des réponses avant les controverses.

Surveillance épidémiologique de la COVID

- Il est très difficile de lutter contre la COVID
 - Période d'incubation assez longue (jusqu'à 10 jours)
 - 30-50% des cas n'ont pas de symptôme
 - Les symptômes ne sont pas spécifiques
- Temps de réaction: un des facteur clé de la lutte contre la COVID
 - Détection (symptômes/liens épi)
 - Isolation
 - Dépistage
 - Gestion des cas/contacts

} Briser la chaîne de transmission le plus rapidement possible
- Il faut endiguer la deuxième vague

WaterCov

—————> Détection en temps réel de secteurs où il y a des traces de la COVID (localisation)

—————> Rapidement cibler le dépistage

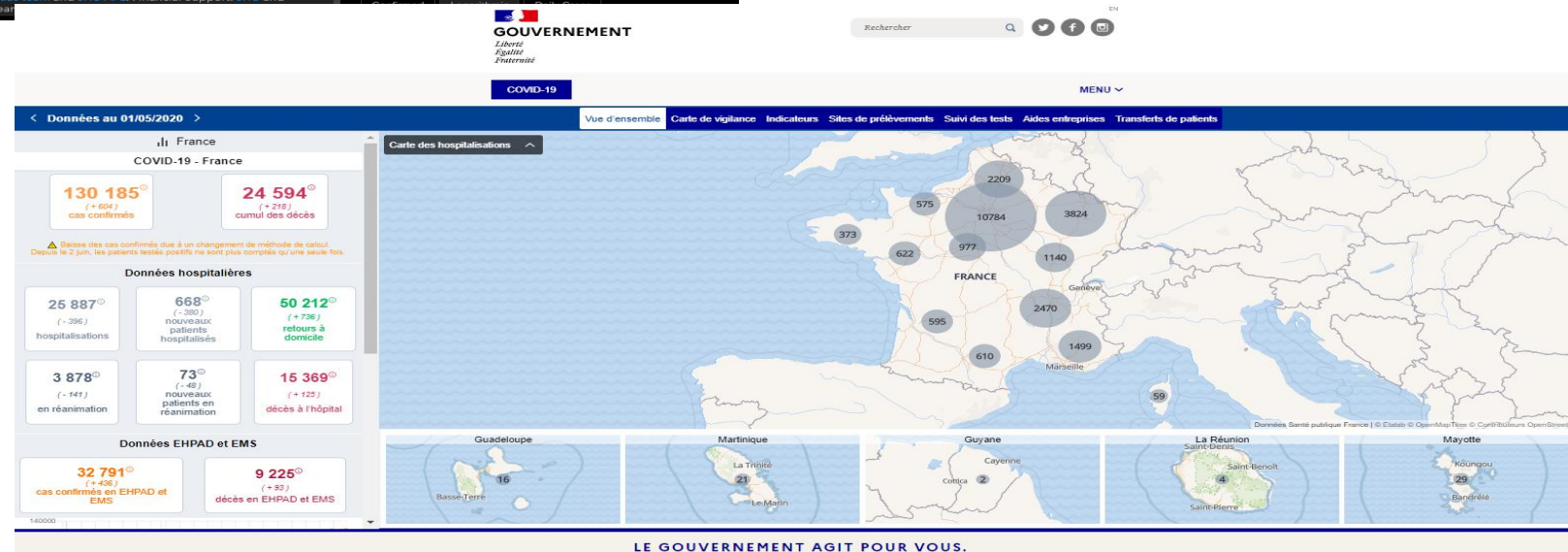
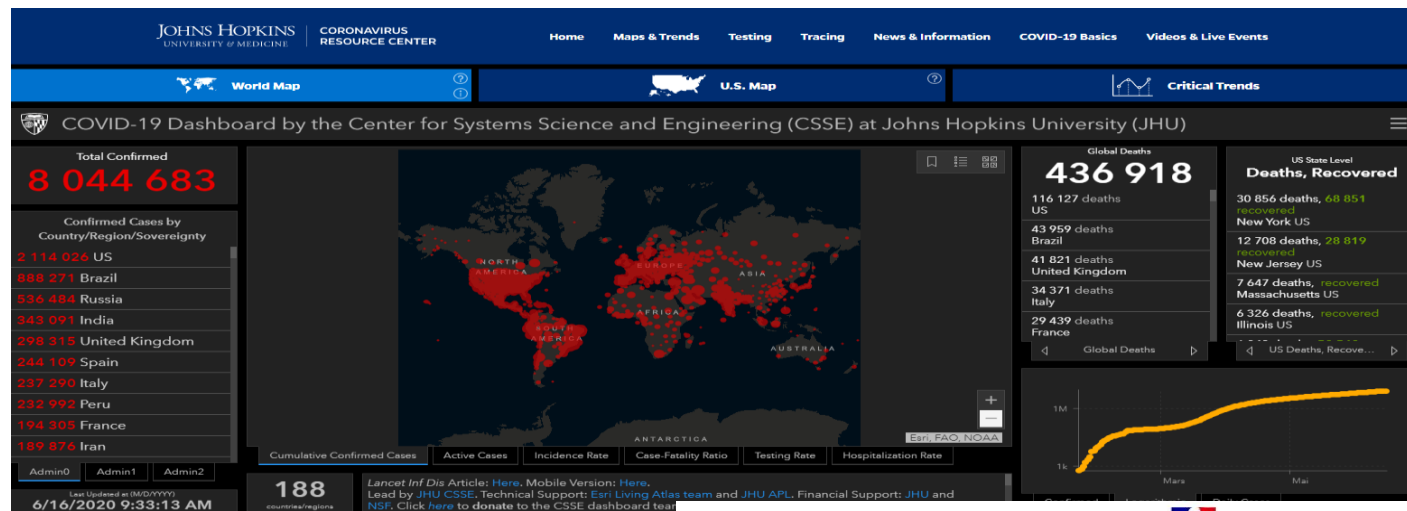
—————> Mieux cibler le dépistage

—————> Tracer la trajectoire de la COVID

Pertinence de l'approche géographique.

Epidémiologie spatiale vs. géographie épidémiologique

Métriques et cartographies: la logique du « tableau de bord »



1-Echelle de l'approche épidémiologique

2-Standardisation des données

3-Analyse dynamique (graphique, modélisation)

Effets produits: efficacité, contrôle, exactitude, couverture totale des territoires concernés, « néo-scientisme » (le pouvoir du chiffre, l'autorité de la carte)

Travers multiples (liste non-exhaustive):

A-Echelle d'analyse inappropriée (inter-nationale, inter-régionale). Max départements.

B-Adoption du maillage institutionnel

C-Non-standardisation des données (hétérogènes), méthodes de collecte différenciées

D-Erreurs sémiologiques multiples (légendes, seuillages)

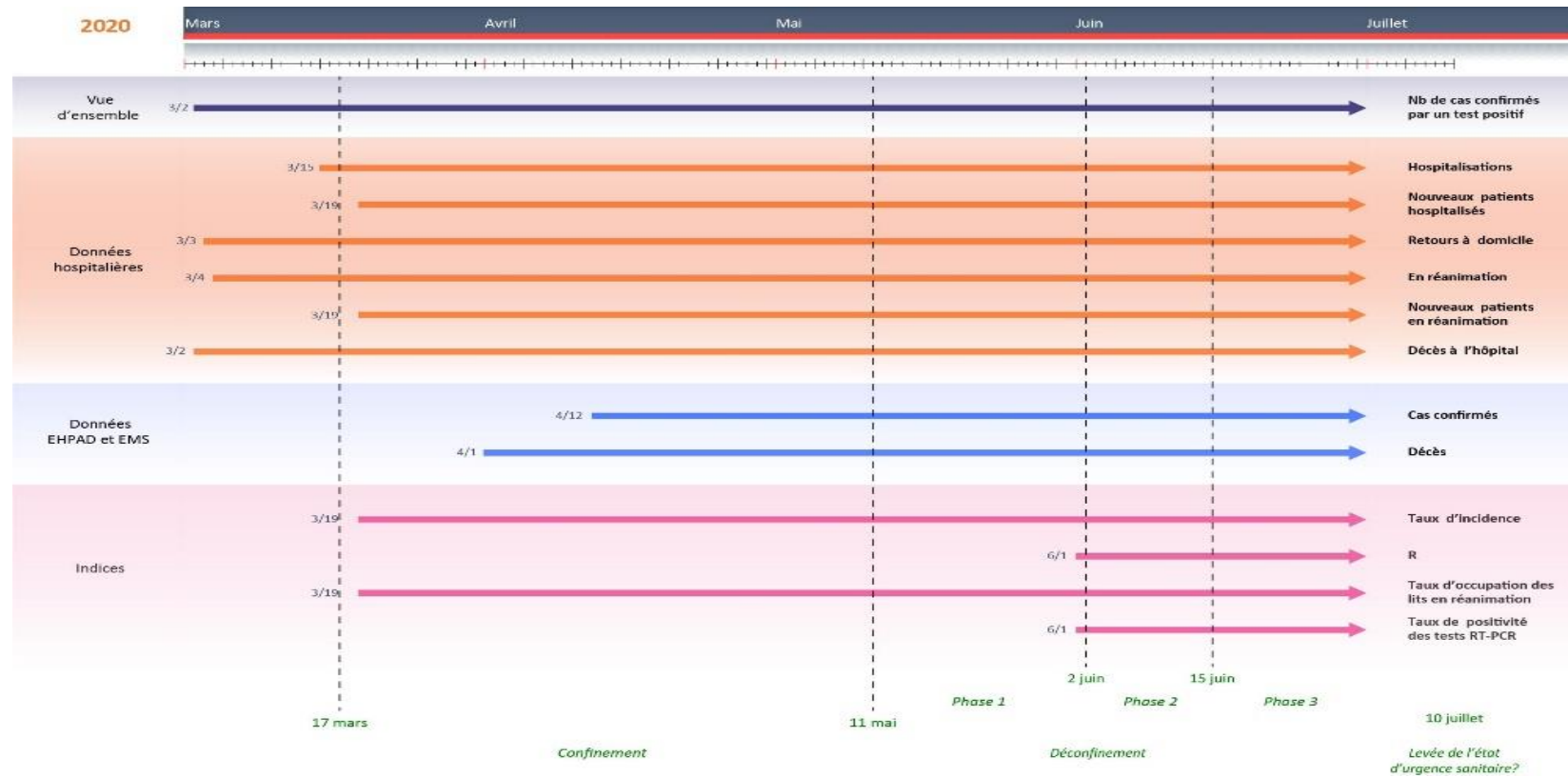
E-Non prise en compte des déplacements/mobilité (réseaux). Statique

F-Non prise en compte des voisinages (clusters)

G-Perte du référent population: incidence vs. prévalence

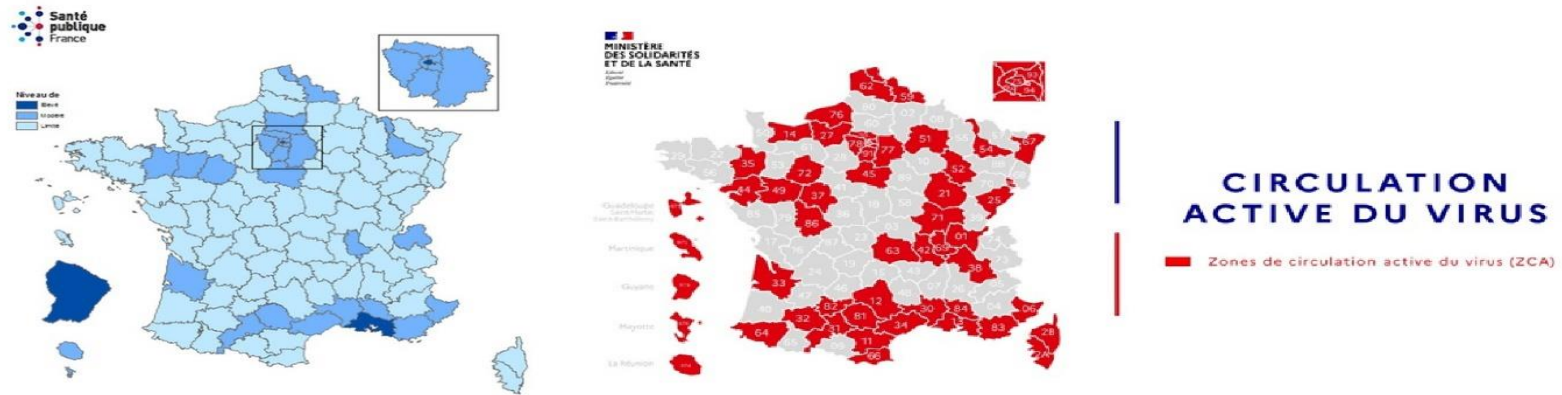
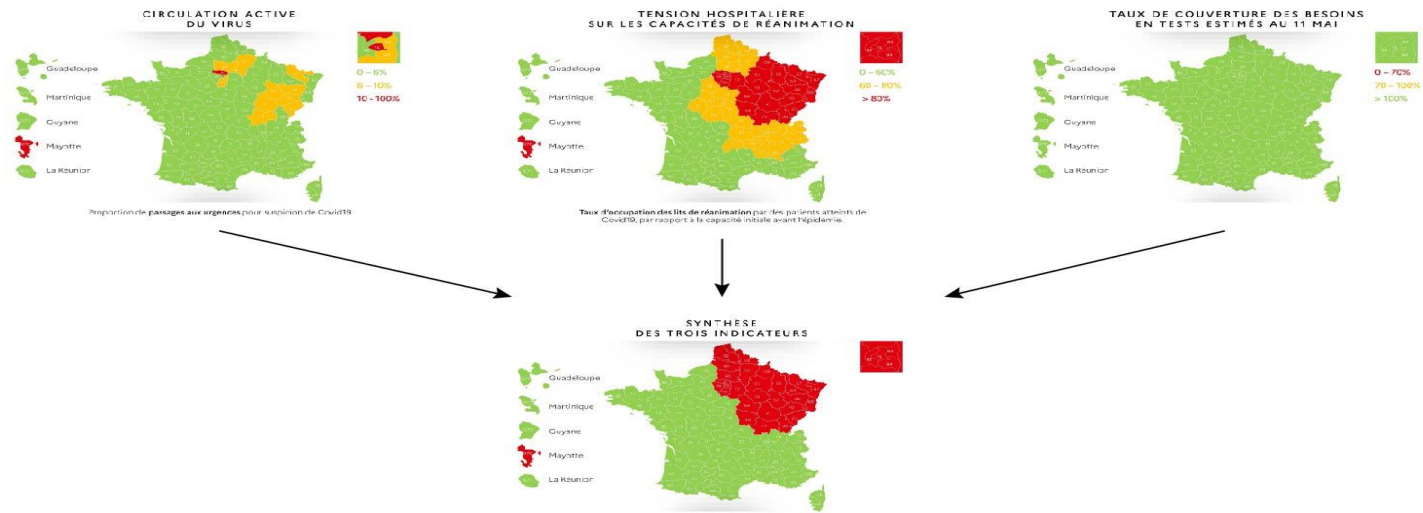
Conclusion: illusion cartographique, outil de communication

Structure des bases de données



Pas de données locales avant... octobre 2020

Effet combinatoire

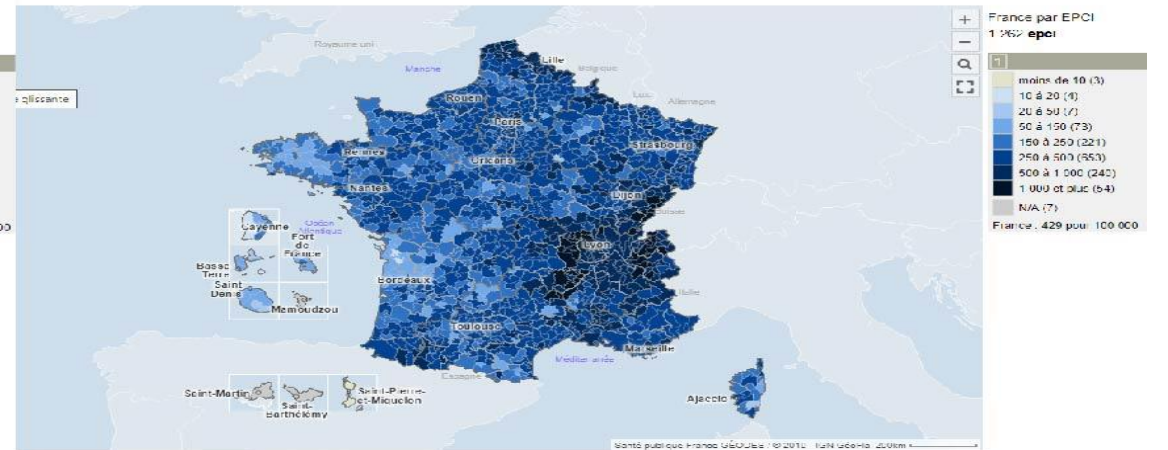


Retour tardif vers l'analytique

1 Taux d'incidence, 22 métropoles - Semaine glissante (pour 100 000) - tous âges 2020-10-31-2020-11-06



2 Taux d'incidence - Semaine glissante (pour 100 000) - tous âges 2020-10-31-2020-11-06



WaterCov: Changement de paradigme

1-Introduction du local (échelles intermédiaires)

2-Référentiel: patient vs. habitant (enjeu de la domiciliation)

3-Maillage: officiel/administratif vs. auto-construit

4-Territorialisation: urbain vs. rural + intra-urbain

5-Approche systématique du territoire vs. échantillonnage non maîtrisé

6-Intégration des variables environnementales (naturel+humain)

Défis:

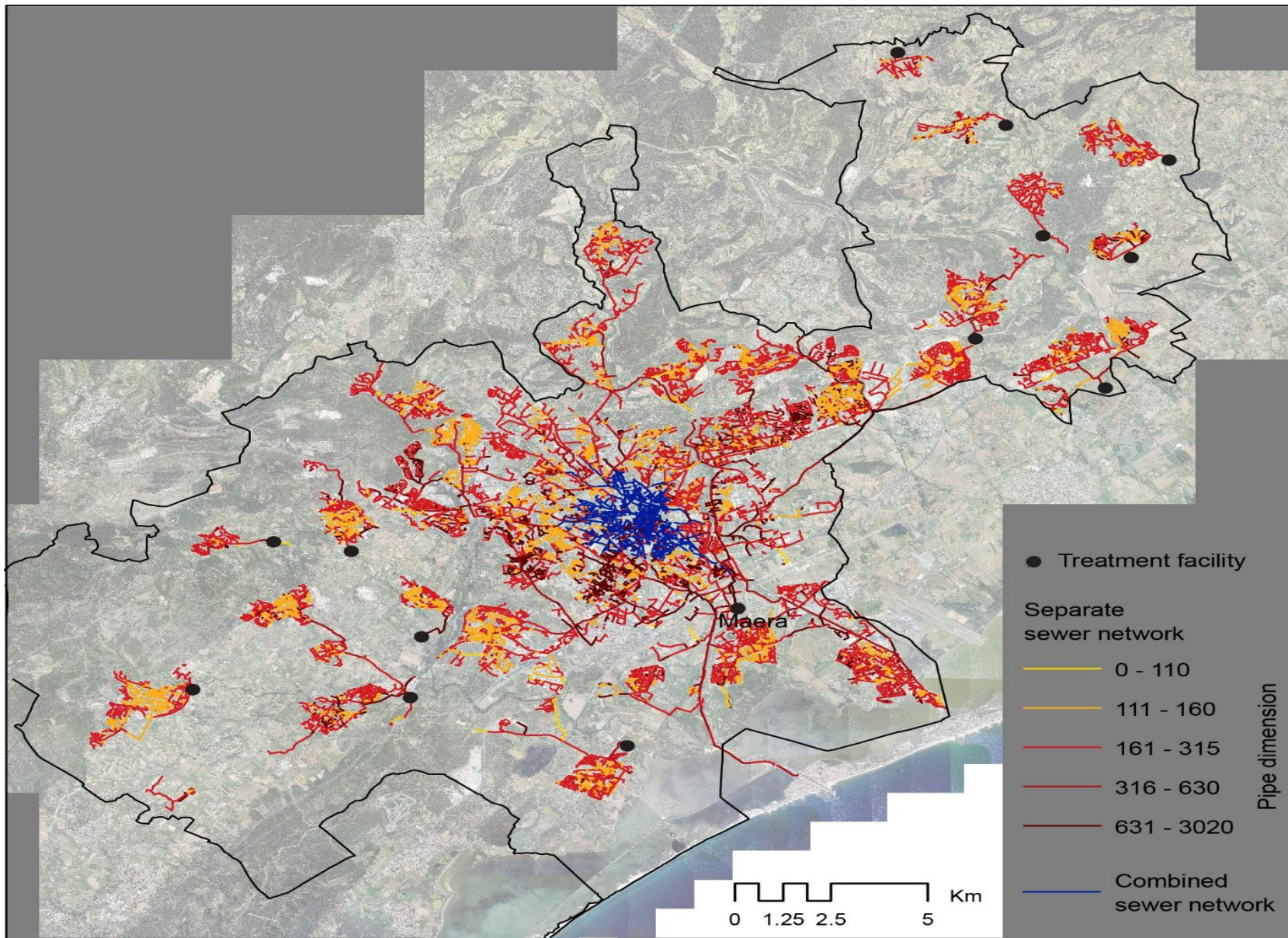
-Modélisation des réseaux

-Secret statistique

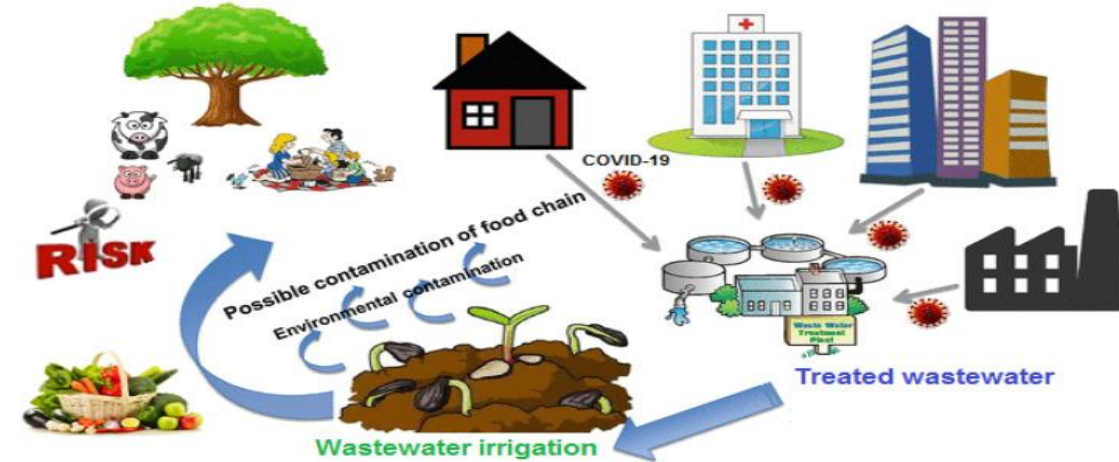
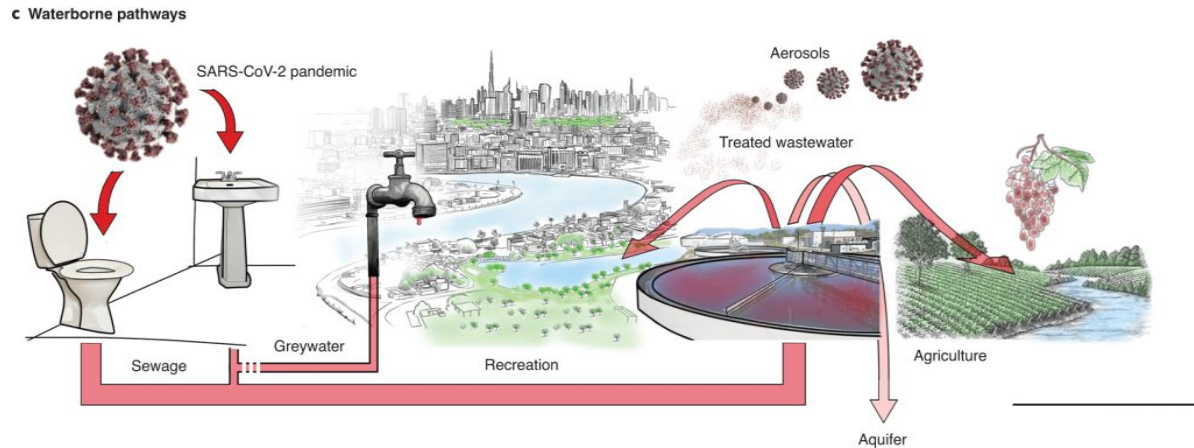
-Possible prise en compte de la mobilité

-Clustering « réel »

-Exclusion des clusters ruraux



➤ Controverse SARS-CoV-2 et REUT



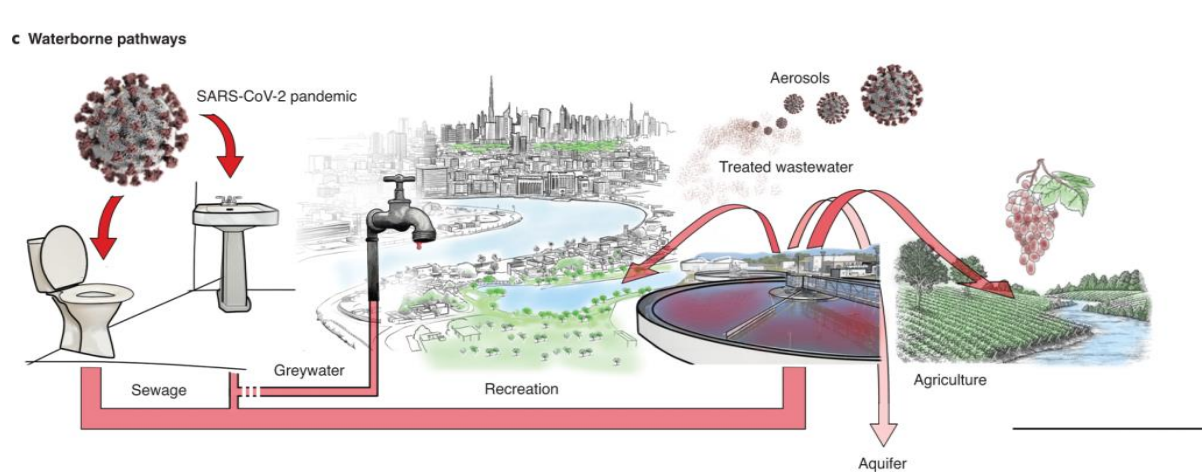
Aperçu de la diffusion potentielle du SRAS-CoV-2 par voie hydrique selon Bogler et al, 2020

Implications potentielles de la REUT sur l'environnement agricole (Lahrach et al, 2020)

Contexte:

- Avec les preuves de la présence d'ARN du SARS-CoV-2 dans les eaux usées (Medema et al 2020) **une controverse** est née sur les risques possibles liés à la Reuse pour l'agriculture.
- Des incertitudes à travers plusieurs publications « état de l'art » ou Pré-prints, au niveau des gestionnaires des projets Reuse, des institutions, des consommateurs...
- Bien que le SARS-CoV-2 infectieux n'a pas encore été identifié dans les eaux usées (à ma connaissance). Et que le SARS-CoV-2 infectieux n'a pas été isolé clairement dans des fèces (**oui pour Bivins et al 2020, non pour Wölfel et al. 2020**)

➤ Controverse SARS-CoV-2 et REUT



Irrigation par aspersion

Aperçu de la diffusion potentielle du SRAS-CoV-2 par voie hydrique selon Bogler et al, 2020

Quelques pistes d'explication:

- Une analogie avec les virus transmis par voies alimentaires lors de l'irrigation avec des eaux usées faiblement traitées.
- Exemple selon *Mullis et al., 2012* du CoV bovin (très similaire à celle du SRAS) reste infectieuse sur les feuilles de laitue pour la durée de conservation totale (au moins 14 jours) ou le CoV humain 229E qui décline sur la laitue par 0,2 log après deux jours de stockage à 4 °C (Yépiz-Gómez et al, 2013).
- En outre, l'irrigation par aspersion avec des eaux usées et la fertilisation avec des boues de STEP génère des aérosols...

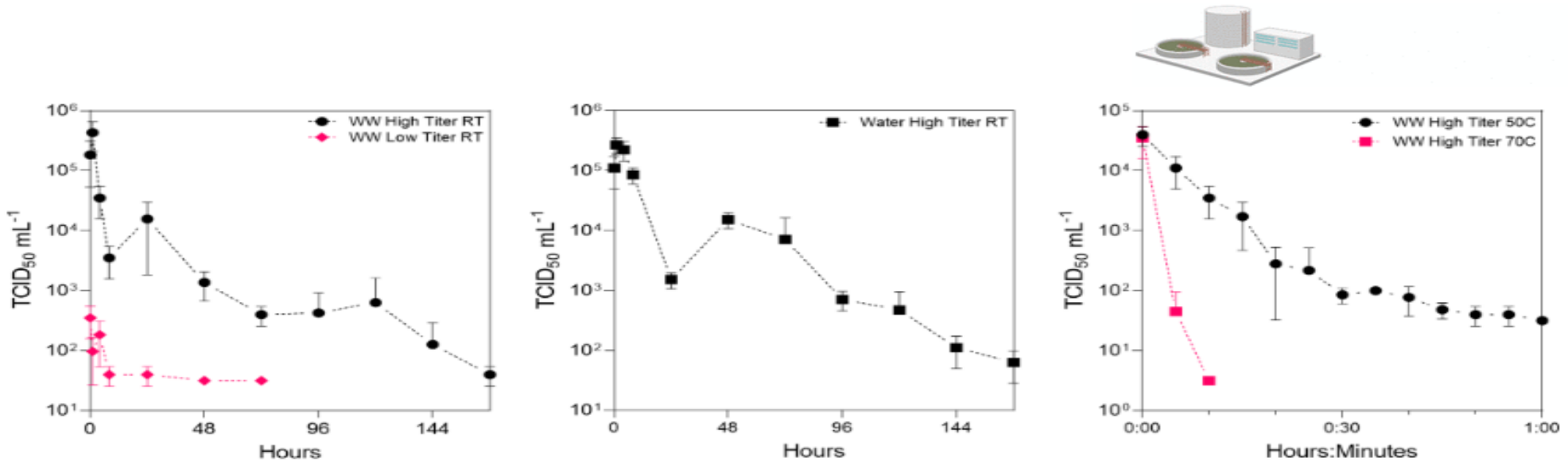


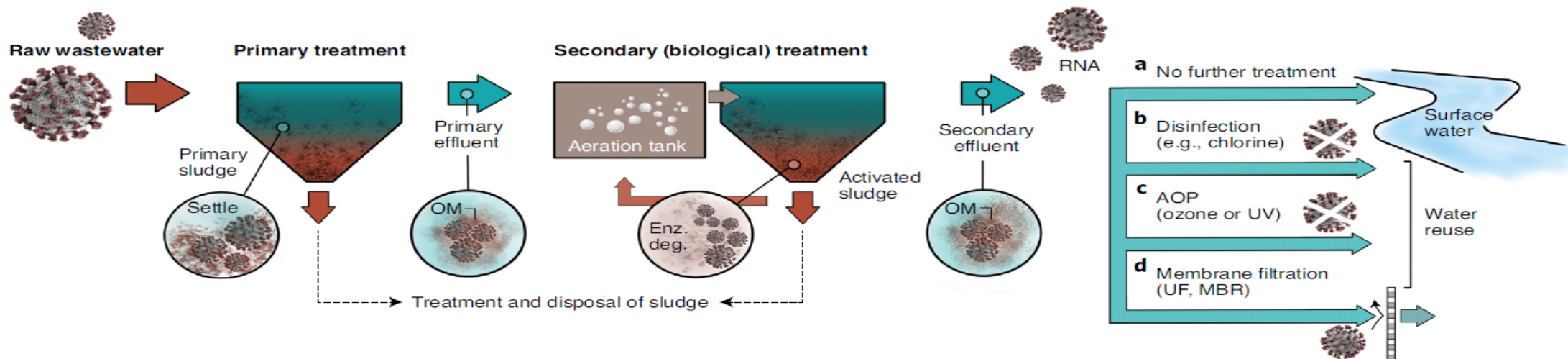
Figure 1. Observed TCID₅₀ per milliliter decay (mean and standard deviation) in wastewater (WW) inoculated with high (10⁵ TCID₅₀ per milliliter) and low (10³ TCID₅₀ per milliliter) titers of infectious SARS-CoV-2 at room temperature (20 °C, RT) (left), water inoculated with a high titer at RT (middle), and WW inoculated with a high titer at 50 and 70 °C (right). Mean and standard deviation are displayed. Where the standard deviation resulted in negative values, single-sided error bars are displayed. Where error bars are not shown the standard deviation is too small to display.

Quelques pistes d'explication selon Bivins et al 2020

- Persistance de l'infectiosité du virus et du signal ARN déterminée dans l'eau du robinet et les eaux usées.
- Les temps de réduction de 90 % (T90) du SARS-CoV-2 viable dans les eaux usées et l'eau du robinet à température ambiante de **1,5 et 1,7 jours**, respectivement.
- A titre élevé (10⁵TCID₅₀mL⁻¹), le virus infectieux persiste pendant toute la durée de l'échantillonnage (7 jours).
- L'ARN s'est avéré nettement plus persistant que le SRAS-CoV-2 infectieux, **ce qui indique que la détection environnementale de l'ARN ne justifie pas le risque d'infection.**

➤ Controverse SARS-CoV-2 et REUT

Mais est ce que cela se justifie en prenant en compte les traitements selon la réglementation Reuse?



Bogler et al, 2020

Fig. 4 | Common wastewater treatment diagram. Secondary biological treatment supports enzymatic degradation (Enz. deg.) of organic material (OM), including viruses. SARS-CoVs that were not removed by settling will likely aggregate with suspended organic material and be transported in primary and secondary effluent. **a,b**, Secondary effluent can be directly discharged to surface waters (**a**) or disinfected prior to discharge (**b**). **c,d**, Alternatively, secondary effluent can be further treated with advanced oxidation processes (AOP) (**c**) and/or filtration via different membrane systems such as ultrafiltration (for example, in a membrane bioreactor, MBR) (**d**) for reuse applications.

Quand c'est flou, il y a un loup

AUREILHAN Si elles ne sont pas opposées au procédé de REUT, France Nature Environnement et la Confédération paysanne se montrent moins enthousiastes sur ses conditions de réalisation mal connues.

Nécessité de données validées après les traitements pour lever les doutes