

2^{ème} note du groupe « Covid » du Conseil Scientifique du bassin Adour-Garonne

étendu à des experts extérieurs au CS, notamment membres des CS des
autres bassins

Sur la présence du Coronavirus (SARS-CoV-2) dans les eaux et autres milieux aquatiques

Préambule

A la demande de la direction de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, un groupe de membres du conseil scientifique (CS) du bassin Adour-Garonne s'est constitué avec pour principal objectif de dresser un état des lieux des connaissances actuelles sur la contamination des eaux (naturelles et usées) et des boues de station d'épuration par le Coronavirus SRAS-CoV-2. Ce groupe, coordonné par le président du CS, Bernard Legube, assisté de Françoise Goulard de l'agence, est constitué de 6 membres du CS (liste en annexe) et a été récemment étendu à des experts extérieurs dont certains sont membres des CS de deux autres bassins (liste en annexe).

Suite à une première recherche d'avis et de publications scientifiques par les membres du groupe initial et à une réunion du groupe le 8 avril, une première note a été rédigée, puis publiée au sein de l'AEAG, le 14 avril.

L'analyse de plusieurs autres publications scientifiques et informations diverses issues des membres du groupe ou adressées par les experts extérieurs, les cadres de l'AEAG et divers réseaux professionnels, a conduit à la rédaction de cette 2^{ème} note complétant ainsi la première note du 14 avril.

Synthèse des éléments recueillis

(Les références citées dans cette synthèse sont décrites par la suite)

Sur la présence du virus SARS-CoV-2 dans les eaux usées urbaines non traitées

Les empreintes biomoléculaires du virus SARS-CoV-2 (responsable du COVID-19) sont aujourd'hui clairement retrouvées dans les eaux usées urbaines brutes (non traitées) de nombreux pays, notamment aux Pays-Bas réf.2, en Australie réf.13, en Espagne réf.14, en France réf.15 et aux USA réf.16. Les concentrations trouvées en zone largement impactée par le COVID-19, comme en région parisienne par exemple, sont de l'ordre de 10^4 à 10^6 « copies » par litre d'eau usée, ou « équivalents SARS-CoV-2 » par litre, ou « unités génomes » par litre réf.15, les différents unités utilisées prêtant encore à discussion. Certaines publications ont montré que ces concentrations dans les eaux usées urbaines brutes augmentent avec la croissance de l'épidémie, c'est-à-dire avec le nombre de personnes contaminées, le nombre de personnes hospitalisées ou le nombre de cas mortels réf.15,16, mais des incertitudes demeurent encore sur la précision de cette relation. Une autre interrogation, intrinsèque à la méthode, découle de sa reproductibilité, comme l'absence de tests inter-laboratoires réf.13, et de sa sensibilité puisque la limite de détection actuelle est annoncée à environ 10^3 par litre d'eau usée réf.15, ce qui rend difficile son utilisation dans des milieux plus dilués comme les eaux naturelles.

Si ces interrogations sont rapidement levées (même partiellement), on peut s'attendre à une généralisation de ces analyses en tant que moyen beaucoup plus simple et rapide de surveillance de la circulation du virus dans la population que *via* les tests d'individus (qu'ils soient asymptomatiques, paucisymptomatiques ou symptomatiques). Cette démarche peut permettre la détection précoce des résurgences de la contamination, par exemple en période de « déconfinement » réf.13, 16. Sur les conseils de nombreux scientifiques, plusieurs projets et programmes de contrôles sont (ou vont être) menés en France et en Europe sur ce sujet. En France une coordination des différents projets de suivi des eaux usées est en cours. Le groupe COVID du CS du bassin Adour-Garonne attend des communications de résultats dans les semaines et les mois à venir.

Sur les origines de la présence du virus SARS-CoV-2 dans les eaux usées urbaines non traitées

De récentes publications scientifiques, notamment chinoises réf.4, 5, 6, 7, 8, 9, mentionnent une excrétion significative de l'ARN virale dans les selles des personnes contaminées, parfois avant l'apparition des signes cliniques pour ces personnes et souvent après l'absence de détection dans leurs échantillons naso/oro-pharyngés lorsque les symptômes ont disparu. L'excrétion virale par les selles est donc très probablement l'origine principale de la présence d'empreintes biomoléculaires du SARS-CoV-2 dans les eaux usées urbaines, ce qui a d'ailleurs déjà été montré pour d'autres coronavirus. D'après les auteurs de ces publications, un des intérêts de leurs résultats est de

conforter l'idée que le suivi des eaux usées urbaines pourrait constituer un moyen rapide et global du suivi des contaminations, voire de leur anticipation. Les eaux grises (lavabos, douches, lave-linge, lave-vaisselle, ...) véhiculant des sécrétions respiratoires et des traces de salive sont une autre contribution possible de la présence de l'ARN du SARS-CoV-2 dans les eaux usées domestiques.

Une autre origine possible est celle des eaux de lavage. C'est en particulier le cas des virus d'origine respiratoire qui vont sédimenter sur différentes surfaces, notamment sur les voiries et les équipements de sécurité (gants, masques, ...) et pourraient être entraînés par les eaux de lavage dans les stations d'épuration ou le milieu récepteur.

Sur l'infectiosité et la stabilité du virus SARS-CoV-2 dans les eaux usées urbaines

Toute la difficulté réside sur le fait que les données sur les eaux usées urbaines sont obtenues par analyse biomoléculaire (RT-qPCR) et que la détection d'ARN viral ne préjuge en rien de l'infectiosité éventuelle de ce qui est détecté. En effet, il semble n'y avoir aucune preuve, à ce jour, de la survie du virus SARS-CoV-2 dans l'eau ou les eaux usées ^{réf.18}. Les virologues dans leur ensemble mentionnent que le virus étant enveloppé, sa résistance est limitée à l'inverse de celle des virus non enveloppés (comme les virus entériques humains, par exemple adénovirus, norovirus, rotavirus). De plus, les coronavirus (en général) dans l'eau sont décrits comme étant très sensibles à la température, à l'exposition à la lumière, à la présence de matière organique et de micro-organismes antagonistes ^{réf. 18, 19}.

Toutefois, un passé récent a montré que les coronavirus (SRAS-CoV, MERS-CoV) et autres virus enveloppés (virus influenza H5N1, virus Ebola) peuvent rester infectieux pendant des jours dans les eaux usées. De plus, le SARS-CoV-2 est considéré par certains auteurs comme étant stable plusieurs jours ^{réf.20}. Une partie de la littérature récente ^{réf. 11, 18, 19, 20} considère ainsi que l'eau contaminée par des coronavirus serait un véhicule potentiel d'exposition humaine si des aérosols sont générés et que la transmission entérique du SRAS-CoV-2 serait possible par exposition aux eaux usées urbaines, avec un risque potentiel pour la santé. En outre, d'autres auteurs ^{réf.23} s'inquiètent du rôle de l'inter-connectivité du réseau domestique d'eaux usées sur l'exposition au SRAS-CoV-2, à l'intérieur des bâtiments, voire entre les bâtiments. L'OMS recommande d'ailleurs l'utilisation d'une plomberie standard et bien entretenue pour empêcher les matières fécales en aérosol de pénétrer dans le système de plomberie ou de ventilation ^{réf.18}.

En conclusion, il y a des doutes sur la stabilité du virus dans les eaux usées urbaines et sur son infectiosité résiduelle. Dans un récent avis l'Académie des technologies recommande de supporter les travaux permettant de mieux comprendre si les particules de SARS CoV2 restent infectieuses dans les eaux usées ou de surface. A noter de plus qu'une récente étude en milieu hospitalier a rapporté que la culture du virus était négative à partir d'échantillons d'eaux usées brutes et ce malgré la détection d'ARN viral par RT-PCR ^{réf. 30}.

Sur le devenir du SARS-CoV-2 pendant le traitement des eaux usées et sa présence dans les rejets (eaux et boues) et dans les milieux récepteurs

Les procédés biologiques d'épuration, comme le lagunage pour les petites stations ^{réf.18} ou les réacteurs biologiques à membrane ^{réf.19}, sont cités comme pouvant être efficaces vis-à-vis des coronavirus. Toutefois, les opérations de traitement primaire et secondaire classiques (sans désinfection chimique ou par UV) d'importantes stations d'épuration semblent ont montré une efficacité limitée, puisqu'une réduction de 100 fois seulement (ou 2 log d'abattement) des empreintes virales du SARS-CoV-2 a été constatée dans la majorité des sites étudiés en région parisienne ^{réf.15}. Devons-nous nous attendre à retrouver des traces de SARS-CoV-2 dans les eaux traitées, les boues et les eaux de surface ? Par rapport à ce qui a été indiqué dans la première note, nous n'avons aucune information supplémentaire sur ces questions, outre celle qui a été révélée récemment dans les médias du 21 avril sur les eaux de lavage de voirie à Paris. Ces eaux sont prélevées dans la Seine et le Canal de l'Ourcq, subissent un simple traitement de dégrillage et de tamisage (1 à 4 mm) (sans les « potabiliser ») et ont donc pu être légèrement contaminées soit par des rejets d'eaux usées urbaines traitées, soit par des eaux de ruissellement.

Sur les effets attendus de la crise sanitaire sur la qualité des masses d'eaux superficielles

Pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (eau potable) à partir de ressources en eau superficielle, cette 2^{ème} note n'apporte pas de complément d'informations par rapport à la précédente. Bien que le risque sanitaire, lié directement à la présence potentielle du coronavirus, soit extrêmement faible au niveau de l'eau potable, quelques précisions sont toutefois données dans les pages suivantes sur l'efficacité des traitements de désinfection vis-à-vis des virus en général ^{réf. 12, 18, 25}. Il en est de même pour les eaux de piscines ^{réf. 26}.

Concernant les milieux naturels, cette crise sanitaire peut avoir un impact indirect sur la biodiversité aquatique de par les rejets excessifs de désinfectants, de détergents et de médicaments, liés à la lutte sanitaire contre le coronavirus SARS-CoV-2. Ces produits chimiques peuvent arriver dans le milieu, soit directement par ruissellement, soit être partiellement dégradés, voire ne pas être éliminés par les stations d'épuration ^{réf.27}. De plus, certains peuvent réagir avec les composants de base des eaux usées pour conduire à des sous-produits qui peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques ^{réf.28}. On peut citer également le cas de l'eau de javel qui réagit avec la matière organique (DCO) pour former des composés organochlorés, dont certains sont inclus dans les indicateurs chimiques de la DCE et dans les paramètres de qualité des eaux destinées à la consommation. Le HCSP recommande de ne pas mettre en œuvre une politique spécifique de désinfection de la voirie, du fait de l'absence d'argument scientifique de son efficacité et parce que les risques environnementaux existent même s'ils sont difficiles à évaluer. Le rapport du HCSP indique néanmoins que le chlore ne devrait pas avoir un impact important, et avoir déjà été en grande partie consommée à son arrivée

en station de traitement des eaux usées ou lors de son rejet dans l'environnement.

|

Éléments et sources bibliographiques

A. Recommandations et avis publiés par des organisations nationales et internationales, consultés par le groupe

Avis de l'ANSES (cf. liste en 1^{ère} note)

WHO Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus, Interim guidance 19 March 2020 (cf. 1^{ère} note)

Avis du HCSP du 4 avril 2020 relatif à l'opportunité d'un nettoyage spécifique ou d'une désinfection de l'espace public

Flash Info Covid-19 « L'eau à la bouche » ... Actualités et informations – ANSES Laboratoire d'Hydrologie de Nancy : n°1 du 1^{er} avril, n°2 du 7 avril, n°3 du 14 avril, n° 4 du 21 avril 2020 et n°5 du 28 avril 2020

Lettre info « L'eau à la bouche » ... Actualités et informations – ANSES Laboratoire d'Hydrologie de Nancy : n°8 du 20 avril 2020

Avis de la CISDI du 9 avril 2020, sur l'opportunité de désinfection des espaces publics dans le contexte de la pandémie mondiale liée au SARS-CoV-2

Avis de l'académie des technologies du 24 avril 2020 relatif à la présence et à l'activité du coronavirus SARS-CoV-2 dans les eaux usées.

B. Extraits de publications scientifiques pour la synthèse (en plus des celles citées dans la 1^{ère} note)

Les publications scientifiques et autres documents sont regroupés par sous-thèmes, pas toujours par ordre croissant de numérotation.

1. Dans les excréments humains (généralement) évacués par les eaux usées urbaines

Rappel des publications citées en note 1

Réf. 1 : J. Yoder *et al.* (WHO), 3 avril 2020

Réf. 2 : G. Medema *et al.* (Netherlands), 29 mars 2020

Réf. 3 : K.R. Wigginton *et al.* (USA), 9 Mars 2020

Avril 2020

Réf. 4 : Y. Xu (China). Characteristics of pediatric SARS-CoV-2 infection and potential evidence for persistent fecal viral shedding. *Nature Medicine*, vol. 26, avril 2020, 502-505, www.nature.com/naturemedicine

Sur dix cas d'infection pédiatrique au SRAS-CoV-2 (confirmés par un test PCR en temps réel) et pour lesquels ni symptômes spécifiques ni assistance respiratoire ou soins intensifs n'ont été nécessaires, huit enfants ont été constamment testés positifs sur des écouvillons rectaux.

Avril 2020

Réf. 5 : J. Liu *et al.* (China) Detection of SARS-CoV-2 by RT-PCR in anal from patients who have recovered from coronavirus disease 2019. *Please cite this article as doi: 10.1002/jmv.25875*

Ces auteurs mentionnent que la méthode (chinoise) pour le diagnostic et les critères de sortie du test viral dans les écouvillons oraux/nasopharyngés n'est pas parfaite car le SARS-CoV-2 vivant peut exister dans les selles tandis que les échantillons oropharyngés/nasopharyngés sont négatifs.

25 mars 2020

Réf. 6 : Y.H. Xing *et al.* (China). Prolonged viral shedding in feces of pediatric patients with coronavirus disease 2019. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* (à paraître, accepté le 25/04/2020)

De mi-janvier à mi-mars, trois cas pédiatriques de COVID-19 (signalés en Chine) ont été suivis

(caractéristiques épidémiologiques, cliniques, de laboratoire et radiologiques, profils dynamiques des résultats des tests d'acides nucléiques dans les prélèvements de gorge et les échantillons fécaux). La clairance du SRAS-CoV-2 dans les voies respiratoires s'est produite dans les deux semaines suivant la réduction de la fièvre, tandis que l'ARN viral est resté détectable dans les selles des patients pédiatriques pendant plus de 4 semaines. Les auteurs concluent que le SRAS-CoV-2 peut exister dans le tractus gastro-intestinal des enfants plus longtemps que dans le système respiratoire.

26 mars 2020

Réf. 7 : Y. Xing et al. (China). Dynamics of Faecal SARS-CoV-2 in Infected Children during the Convalescent Phase. *Journal of Infection* <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.03.049>

Les résultats publiés par ces auteurs soulèvent la possibilité d'une transmission fécale-orale, renforçant la nécessité de tester les acides nucléiques des échantillons de selles de patients COVID-19 pendant la phase de convalescence. D'après ces auteurs une surveillance étroite des patients en convalescence pourrait être cruciale pour freiner la pandémie de COVID-19, et peut-être les épidémies à venir.

2020

Réf. 8 : Y. He et al. (China). Public health might be endangered by possible prolonged discharge of SARS-CoV-2 in stool. *J Infect* 2020. doi: 10.1016/j.jinf.2020.02.031.

Les auteurs concluent que l'excrétion fécale de SARS-CoV-2 ne doit pas être ignorée comme l'une des voies de transmission possibles du virus.

2020

Réf. 9 : F. Xiao et al. (China). "Evidence for gastro-intestinal infection of SARS CoV-2." *Gastroenterology*. doi: 10.1053/j.gastro.2020.02.055.

Parmi 73 échantillons de selles testés pour la présence de SARS-CoV-2, 39 échantillons ont été détectés positifs pour le génome viral sur une période s'étalant de 1 à 12 jours suivant les individus. Par ailleurs, les échantillons de fèces de 17 de ces patients étaient toujours détectés positifs pour SARS-CoV-2 alors que la présence du virus n'était plus détectée dans les échantillons naso/oro-pharyngés.

2. Dans les eaux usées urbaines brutes (non traitées)

Rappel des publications citées en note 1

Réf. 1 : J. Yoder et al. (WHO), 3 avril 2020

Réf. 2 : G. Medema et al. (Netherlands), 29 mars 2020

Réf. 3 : K.R. Wigginton et al. (USA), 9 Mars 2020

Réf. 10 : S. Mallapaty (Nature), 9 avril 2020

Réf. 11 : W. Lodder et A.M. de Roda Husman, 1 avril 2020

Réf. 12 : J. Jacangelo et al. (USA), 2020

15 avril 2020

Réf. 13 : W. Ahmed et al. (Australia). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Science of the Total Environment* (à paraître) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>

L'infection par le SRAS-CoV-2, s'accompagne de l'excrétion du virus dans les selles. Par conséquent, la quantification du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées permet de surveiller la prévalence des infections parmi la population via l'épidémiologie basée sur les eaux usées. Les nombres estimés de copies d'ARN observés dans les eaux usées ont été utilisés pour estimer le nombre d'individus infectés dans le bassin versant via la simulation de Monte Carlo. Compte tenu de l'incertitude et de la variation des paramètres d'entrée, le modèle a estimé une fourchette médiane de 171 à 1 090 personnes infectées dans le bassin versant (600 000 habitants), ce qui correspond raisonnablement aux observations cliniques.

15 Avril 2020

Réf. 14 : IATA- Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (Espagne)

Les résultats obtenus par les techniques moléculaires à ce jour, à l'aide d'échantillons de la semaine d'avant, détectent des concentrations d'environ 100 000 copies du matériel génétique du virus par litre d'eau résiduaire ($10^5/L$) précise la chercheuse Gloria Sánchez, de l'IATA-CSIC. Ces niveaux sont

comparables à ceux obtenus aux États-Unis. D'autres études récentes aux Pays-Bas et en Chine ont également détecté la présence de SARS-CoV-2 dans les eaux usées. L'étude a vérifié que le traitement de désinfection parvient à éliminer la présence du virus.

12 avril 2020

Réf. 15 : S. Wurtzer et al. (France). Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases. MedRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>.

Les auteurs ont effectué une analyse quantitative dans le temps du SARS-CoV2 par RT-qPCR dans 23 échantillons d'eaux usées brutes et 8 traitées prélevées dans 3 grandes stations d'épuration (STEP) de la région parisienne collectant 3 à 4 millions d'habitants. Cette étude a été menée du 5 mars au 7 avril 2020. Un résultat positif pour le SRAS-CoV2 (entre 5.10^4 et 5.10^6 équivalents SARS-CoV-2 par litre) a été obtenu pour tous les échantillons d'eaux usées brutes. Il a été montré que l'augmentation des unités du génome dans les eaux usées brutes suivait fidèlement l'augmentation le nombre de cas mortels observés aux niveaux régional et national et que la contamination des eaux usées et la détection du génome viral se sont produites avant le début de la croissance exponentielle de l'épidémie.

5 avril 2020

Réf. 16 : F.Q. Wu et al. (USA). SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases, MedRvix preprint doi:

Dans cette publication, il a été testé les eaux usées collectées dans une grande installation de traitement urbain du Massachusetts. Les auteurs ont trouvé la présence de SARS-CoV-2 à des titres élevés dans la période du 18 au 25 mars en utilisant la méthode RT-qPCR. Selon les amorces détectées (N1, N2 et N3), les usines ciblées et les dates de prélèvement, les titres viraux trouvés sont compris entre 10^4 et $2,5 \cdot 10^5$ équivalents SARS-CoV-2 par litre, avec une augmentation qui progresse comme la contamination (plus élevés que prévus sur la base des cas cliniquement confirmés dans le Massachusetts au 25 mars).

Sur la méthode analytique utilisée en eau usée

15 avril 2020

Réf. 13 : W. Ahmed et al. (Australia). First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. Science of the Total Environment (à paraître) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>

Dans les travaux de ces auteurs, l'ARN du SARS-CoV-2 a été concentré à partir des eaux usées dans un bassin versant en Australie et les copies d'ARN viral ont été dénombrées en utilisant la « transcription inverse quantitative polymérase chain reaction (RT-qPCR) » résultant en deux détections positives dans un délai de six jours à partir de la même station d'épuration (STEP). Étant donné que différents dosages peuvent produire des résultats contradictoires lorsque la concentration est faible dans les eaux usées, ces dosages doivent être évalués « tête à tête » dans des études intra et inter-laboratoires. La méthode de concentration du virus est un autre facteur essentiel qui nécessite une attention particulière pour améliorer la sensibilité de détection du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées.

12 avril 2020

Réf. 15 : S. Wurtzer et al. (France). Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases. MedRxiv preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>.

La limite de détection de la méthode utilisée est de 10^3 /équivalents SARS-CoV-2 par litre.

5 avril 2020

Réf. 16 : F.Q. Wu et al. (USA). SARS-CoV-2 titers in wastewater are higher than expected from clinically confirmed cases, MedRvix preprint doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20051540>

Les prélèvements d'échantillons composites (24 heures) d'eaux usées brutes sont pasteurisés à 60°C pendant 90 minutes pour inactiver le virus, puis filtrés à travers une membrane de $0,2 \mu\text{m}$ pour éliminer les cellules bactériennes et les débris. 4 g de polyéthylène glycol 8000 (8% p / v) et 0,9 g de NaCl (0,3 M) sont ensuite ajoutés à 40 ml de filtrat et centrifugés à 12 000 g pendant 2 heures ou jusqu'à ce qu'une pastille soit visible. Le culot viral est ensuite remis en suspension dans Trizol pour l'extraction d'ARN, suivi d'une transcription inverse et de qPCR avec des amorces CDC (IDT) pour le gène de la nucléocapside

N. Le contrôle positif (IDT) est un plasmide contenant le gène nucléocapside complet de SARS-CoV-2, et utilisé pour créer les courbes standard pour les amorces N1, N2 et N3.

Sur les attentes (programmes en cours et projets)

31 mars 2020

Réf. 17 : Interview de Christoph Ort de l'EAWAG (Suisse), par voie de média la journaliste radio Karoline Thürkauf. Diffusé le 31 mars 2020 / Echo der Zeit / 18.00 sur SRF 1.

Question du média : Les chercheurs veulent utiliser le fait que les coronavirus excrétés par des individus infectés peuvent être trouvés dans les eaux usées. Si les virus peuvent être détectés avec succès, cela peut fournir un moyen beaucoup plus rapide de repérer une vague d'infections que via le test d'individus symptomatiques.

Réponse de C. Ort (EAWAG) : Nous avons aujourd'hui plusieurs indications que le virus SARS-CoV-2 se trouve également dans les eaux usées. Nous sommes convaincus que cela sera non seulement détectable mais aussi quantifiable - ou dénombrable, pour ainsi dire. Dans le scénario idéal, cela pourrait être utilisé pour estimer le nombre de personnes atteintes de la maladie. Selon les connaissances actuelles, nous devrions pouvoir détecter quelques individus malades parmi 100 000 personnes en bonne santé.

Média : Où d'autre avez-vous prélevé des échantillons ?

C. Ort (EAWAG) : Nous avons maintenant des échantillons de 12 usines de traitement des eaux usées - dont Zurich, Lausanne et Kloten / Opfikon en plus des neuf plus grandes usines du Tessin. Il y a maintenant plus de 300 échantillons dans nos chambres de congélation. Nous prévoyons de mesurer d'abord les échantillons les plus récents, puis de revenir en arrière afin de montrer rétrospectivement la propagation du SRAS-CoV-2.

Avril 2020

Etudes en cours ou en projet en France : Objectifs principaux d'études dans les compagnies d'eau et unités de recherche académiques en France

Déterminer les concentrations en SARS-CoV-2 (par approche biomoléculaire) dans les eaux usées en entrée et en sortie de filière de traitement pour estimer la décroissance des concentrations pendant le traitement et la dissémination dans l'environnement

Eventuellement détecter de manière précoce les résurgences par exemple après le déconfinement.

Avril 2020

Sur les autres stations d'épuration en France, hors région parisienne ?

D'après nos réseaux il s'avère que de nombreux exploitants de stations d'épuration en France cherchent à faire effectuer des analyses de SARS-CoV-2 dans leurs eaux usées brutes et traitées ainsi que dans les boues. Pour certains, les prélèvements ont été faits et congelés en attendant que les laboratoires d'analyse d'eau agréés soient prêts

3. Stabilité et infectiosité du SARS-Cov-2 et des Corona virus dans les eaux usées

17 avril 2020

Ref. 30 : J. Wang *et al.* (China). SARS-CoV-2 RNA detection of hospital isolation wards hygiene monitoring during the Coronavirus Disease 2019 outbreak in a Chinese hospital. *Int J Infect Dis.* pii: S1201-9712(20)30237-X. doi: 10.1016/j.ijid.2020.04.024.

L'objectif de cette étude était d'estimer la présence du SARS-CoV-2 sur des surfaces, des objets, dans l'air et dans les eaux usées dans les chambres d'isolement d'un hôpital avec 33 patients COVID+ présents lors de l'étude. Dans cette étude en milieu hospitalier, la recherche de l'ARN du virus (RT-PCR) et du virus viable (méthode par culture) a été effectuée sur des échantillons d'eaux usées, avant et après prétraitement *in situ* par désinfection. Les trois échantillons d'eaux usées prélevés en entrée de la cuve de désinfection étaient positifs pour l'ARN du SRAS-CoV-2 et l'échantillon en sortie de cette cuve était faiblement positif, L'échantillon d'eaux usées en sortie de la dernière cuve de désinfection était négatif. La culture virale de SARS-Cov-2 était négative pour chacun des 5 échantillons d'eaux usées provenant de différents points.

1^{er} avril 2020

Réf. 11 : W.Lodder and A.M. de Roda Husman (Netherlands) for the WHO guidance on water, sanitation, hygiene and waste management see <https://www.who.int/publications-detail/water-sanitation-hygiene-and-waste-management-for-covid-19>

D'après ces auteurs, les résultats obtenus au Pays-Bas indiquent que les eaux usées pourraient être un système de surveillance et un outil d'alerte précoce, comme cela a été montré précédemment pour le poliovirus. La question de savoir si le SRAS-CoV-2 est viable dans des conditions environnementales susceptibles de faciliter la transmission fécale – orale n'est pas encore élucidée. Cependant, il existe des signes d'une propagation potentielle dans la communauté (par exemple un cas supposé aux Etats-Unis, dans lequel l'individu n'avait aucune autre source de contamination évidente). D'après les auteurs, la transmission entérique du SRAS-CoV-2 est possible et l'exposition au SARS-CoV-2 dans les eaux usées pourrait poser un risque pour la santé. De plus, les auteurs mentionnent que la surveillance environnementale du SRAS-CoV-2 pourrait servir de source de données, indiquant si le virus circule dans la population humaine, notamment dans les zones où les conditions d'hygiène sont médiocres et où la capacité de diagnostic pourrait être limitée.

19 mars 2020

Réf. 18 : WHO - Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus, *Interim guidance 19 March 2020*

Il n'y a aucune preuve à ce jour de la survie du virus COVID-19 dans l'eau ou les eaux usées. Ce virus est susceptible d'être inactivé beaucoup plus rapidement que les virus entériques humains non enveloppés avec une transmission d'origine hydrique connue (comme les adénovirus, les norovirus, les rotavirus et les hépatites). Par exemple, une étude a révélé qu'un coronavirus humain de substitution n'a survécu que 2 jours dans les eaux usées des hôpitaux à 20 ° C (et dans l'eau du robinet déchlorée). De plus, rien ne prouve que les travailleurs du traitement des eaux usées ou des eaux usées aient contracté le syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), qui est causé par un autre type de coronavirus qui a provoqué une importante écloison de maladie respiratoire aiguë en 2003.

Février 2020

Réf. 29 : G. Kampf et al. (Germany). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection 104 (2020) 246-251*

Les auteurs ont examiné la littérature sur toutes les informations disponibles sur la persistance des coronavirus humains et vétérinaires sur des surfaces fixes ainsi que les stratégies d'inactivation avec des agents biocides utilisés pour la désinfection chimique, par ex. dans les établissements de santé. L'analyse de 22 études révèle que les coronavirus humains tels que le coronavirus du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS), le coronavirus du syndrome respiratoire du Moyen-Orient (MERS) ou les coronavirus humains endémiques (HCoV) peuvent persister sur des surfaces inanimées comme le métal, le verre ou le plastique jusqu'à 9 jours, mais peuvent être efficacement inactivé par des procédures de désinfection de surface avec 62 à 71% d'éthanol, 0,5% de peroxyde d'hydrogène ou 0,1% d'hypochlorite de sodium en 1 minute. D'autres agents biocides tels que 0,05 à 0,2% de chlorure de benzalkonium ou 0,02% de digluconate de chlorhexidine sont moins efficaces.

2020

Réf. 19 : V. Naddeo and H.Liu (Italia and USA). Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond ? *Environmental Science Water Research & Technology*. Cite this: DOI: 10.1039/d0ew90015

Parce que les coronavirus (en général) peuvent rester infectieux pendant des jours dans les eaux usées (SRAS-CoV en Chine en 2003, H5N1 «aviaire» en Asie du Sud-Est en 2003, MERS-CoV en Arabie saoudite en 2012 et virus Ebola en Guinée, au Libéria et en Sierra Leone en 2013), l'eau contaminée par des coronavirus est un véhicule potentiel d'exposition humaine si des aérosols sont générés. De plus, les coronavirus peuvent s'infiltrer dans les réseaux de distribution d'eau, en particulier là où une concentration plus faible de désinfectant résiduel est détectée dans le réseau; sa stabilité virale pourrait être maintenue en colonisant des bactéries dans des biofilms dans les systèmes de distribution.

La survie des coronavirus dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température (les coronavirus sont très sensibles à la température), l'exposition à la lumière (inactivation solaire ou UV), la matière organique et la présence de micro-organismes antagonistes (augmentant le degré d'inactivation). Les auteurs recommandent un programme de surveillance ciblé spécifiquement pour les coronavirus pendant le traitement de l'eau et des eaux usées afin d'évaluer plus avant leur devenir dans le cycle urbain de l'eau.

15 mars 2020

Réf. 20 : A.W.H. Chin et al. (China). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *MedRxiv preprint* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.03.15.20036673>.

Par incubation à 4°C, le virus n'est abattu que de 0,7 log après 14 jours, tandis qu'à 70°C l'abattement est total à 5 minutes. Après inoculation de différents points de surfaces diverses et élution de ces points à différents temps, il a été montré que le virus est totalement disparu au-delà de 3 heures sur les papiers et soies imprimés. Ce temps est beaucoup plus long pour d'autres surfaces solides et peut atteindre 2 jours (bois et tissus traités), 4 jours (verre et billets de banque), voire 7 jours (plastiques et acier inox, masques chirurgicaux). Le virus est très stable entre pH 3 et 10, mais ne résiste pas aux détergents.

2009

Réf. 21 : L. Casanova et al. (USA). Survival of surrogate coronaviruses in water. *Water Research* 43 (2009), 1893-1898

Les auteurs ont montré que les coronavirus TGEV et MHV ont survécu et sont restés infectieux pendant de longues périodes dans différents types d'eau, y compris l'eau de qualité « réactif », l'eau de surface et les eaux usées décantées pasteurisées. Les deux virus ont survécu et sont restés infectieux à des températures basses (4°C) et ambiantes (25°C). La persistance des coronavirus dans l'eau observée dans cette étude suggère que si le SRAS-CoV devait réapparaître dans les populations humaines, l'eau contaminée par ces virus pourrait continuer à poser un risque d'exposition même après que les individus infectés ne soient plus présents.

2009

Réf. 22 : P.M. Gundy et al. (USA) Survival of Coronaviruses in Water and Wastewater. *Food Environ. Virol.*, 2009

Les résultats de cette étude indiquent que les coronavirus (en général) sont beaucoup plus sensibles à la température que le polyovirus-1 (PV-1) et qu'il existe une différence considérable de survie entre le PV-1 et les coronavirus dans les eaux usées. Cela peut être en partie du fait que les virus enveloppés sont moins stables dans l'environnement que les virus non enveloppés. Les coronavirus meurent très rapidement dans les eaux usées, avec une réduction de 99,9% en 2 à 3 jours, ce qui est comparable aux données sur la survie au SRAS-CoV. La survie des coronavirus dans les eaux usées primaires n'était que légèrement plus longue que les eaux usées secondaires, probablement en raison du niveau plus élevé de solides en suspension qui offrent une protection contre l'inactivation. Cette étude démontre que la transmission des coronavirus serait inférieure à celle des entérovirus en milieu aqueux en raison du fait que les coronavirus sont plus rapidement inactivés dans l'eau et les eaux usées à température ambiante.

4. Dans les eaux usées en cours de traitement et dans les eaux traitées

Rappel des publications citées en note 1

Réf.1 : J. Yoder et al. (WHO), 3 avril 2020

Réf. 12 : J. Jacangelo et al. (USA), 2020

Réf. 22 : P.M. Gundy et al. (USA), 2009

Réf. 23 : K. Bibby (USA), 3 mars 2020

12 avril 2020

Réf. 15 : S. Wurtzer et al. (France). Time course quantitative detection of SARS-CoV-2 in Parisian wastewaters correlates with COVID-19 confirmed cases. *MedRxiv preprint* doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.12.20062679>.

Il a été effectué une analyse quantitative du SARS-CoV2 par RT-qPCR dans 23 échantillons d'eaux usées brutes et 8 traitées prélevées dans 3 grandes stations d'épuration (STEP) de la région parisienne collectant 3 à 4 millions d'habitants. Cette étude a été menée du 5 mars au 7 avril 2020. Tous les échantillons d'eaux usées brutes ont été testés positivement pour le SRAS-CoV2. De plus, 6 échantillons sur 8 des eaux usées traitées ont montré un résultat positif par RT-qPCR avec un taux de réduction de 100 fois de la charge virale par rapport aux échantillons d'eaux usées brutes correspondants. Cet abattement est similaire à ceux obtenus lors de travaux antérieurs sur les virus entériques.

19 mars 2020

Réf. 18 : WHO - Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus, *Interim guidance 19 March 2020*

Dans le cadre d'une politique de santé publique intégrée, les eaux usées transportées dans les réseaux d'assainissement devraient être traitées dans des usines de traitement collectif des eaux usées bien conçues et bien gérées. Chaque étape du traitement (ainsi que le temps de rétention et la dilution) entraînent une nouvelle réduction du risque potentiel. Pour les petites stations, un lagunage (notamment aéré) est généralement considéré comme une technologie de traitement des eaux usées pratique et simple particulièrement bien adaptée à la destruction des agents pathogènes, car des temps de rétention relativement longs (20 jours ou plus) combinés à la lumière du soleil, une activité biologique et d'autres facteurs accélèrent la destruction des agents pathogènes. En général, une dernière étape de désinfection peut être envisagée si les usines de traitement des eaux usées existantes ne sont pas optimisées pour éliminer les virus.

2020

Réf. 19 : V. Naddeo and H.Liu (Italia and USA). Editorial Perspectives: 2019 novel coronavirus (SARS-CoV-2): what is its fate in urban water cycle and how can the water research community respond? *Environmental Science Water Research & Technology*. Cite this: DOI: 10.1039/d0ew90015

Dans les stations d'épuration, les bioréacteurs à membrane (MBR) peuvent jouer un rôle important. Les virus sont généralement concentrés dans des solides en suspension qui sont efficacement éliminés par des mécanismes de filtration. Dans les réacteurs biologiques à membrane (MBR), la rétention de solides en suspension dans le bioréacteur, combinée à la présence de micro-organismes antagonistes et à des conditions chimiques et physiques défavorables, conduit à l'inactivation efficace des virus enveloppés, tels que les coronavirus.

5. Dans les réseaux de collecte des eaux usées en immeubles collectifs

23 mars 2020

Réf. 23 : M. Gormley et al. (UK) COVID-19: mitigating transmission via wastewater plumbing systems, *Lancet Glob Health* 2020. Published Online March 23, 2020 [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30112-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30112-1)

D'après ces auteurs, l'inter-connectivité du réseau de plomberie pour les eaux usées peut faciliter l'exposition au SRAS-CoV-2 à l'intérieur, même entre les bâtiments. Cela est particulièrement préoccupant dans les milieux de transmission à haut risque tels que les hôpitaux et les bâtiments de soins de santé. Certaines recommandations sont énoncées par les auteurs pour minimiser le risque de transmission. Ils rappellent qu'ils ont publié en 2017 les résultats d'une expérience sur un banc d'essai de plomberie (à grande échelle sur deux étages) dans lequel ils ont utilisé un micro-organisme modèle (*pseudomonas*) pour représenter les agents pathogènes déversés dans le système. Ils ont montré dans cette étude de 2017 que des micro-organismes viables peuvent être transmis entre chambres à différents étages d'un bâtiment, transportées notamment dans le flux d'air du système. Les retombées de gouttelettes ont entraîné une contamination des surfaces à l'intérieur du système et des pièces.

19 mars 2020

Réf. 18 : WHO - Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus, *Interim guidance 19 March 2020*

L'OMS recommande l'utilisation d'une plomberie standard et bien entretenue pour empêcher les matières fécales en aérosol de pénétrer dans le système de plomberie ou de ventilation (une plomberie défectueuse et un système de ventilation mal conçu a été impliqué comme facteur contribuant à la propagation du coronavirus du SRAS en aérosol dans un immeuble de grande hauteur à Hong Kong en 2003). Des préoccupations similaires ont été exprimées au sujet de la propagation du virus COVID-19 à partir de toilettes défectueuses dans certains immeubles collectifs. Si les établissements de santé sont raccordés aux égouts, une évaluation des risques doit être effectuée pour confirmer que les eaux usées sont contenues dans le système (c'est-à-dire que le système ne fuit pas) avant son arrivée sur un site de traitement ou d'élimination fonctionnelle, ou les deux.

6. Dans les boues de STEP

Rappel des publications citées en note 1

Réf. 12 : J. Jacangelo *et al.* (USA), 2020

21 avril 2020

Rien de nouveau à la connaissance du groupe

7. Dans eaux potables

Rappel des publications citées en note 1

Réf. 3 : K.R. Wingginton *et al.* (USA), 9 mars 2020

Réf. 12 : J. Jacangelo *et al.* (USA), 2020

Réf. 24 : D. Deere *et al.* (Australia), 3 avril 2020

19 mars 2020

Réf. 18 : WHO - Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus, *Interim guidance 19 March 2020*

Comme les virus enveloppés sont entourés d'une membrane de cellule hôte lipidique, qui n'est pas robuste, le virus COVID-19 est susceptible d'être plus sensible au chlore et à d'autres processus de désinfection par oxydant que de nombreux autres virus, tels que les coxsackievirus, qui ont une enveloppe protéique. Pour une désinfection centralisée efficace, il devrait y avoir une concentration résiduelle de chlore libre $\geq 0,5$ mg / L après au moins 30 minutes de temps de contact à pH $< 8,0$. Un chlore résiduel doit être maintenu dans tout le système de distribution.

2015 (sur virus en général)

Réf. 25 : B. Legube, Production d'eau potable : Filières et procédés de traitement, *Dunod Paris*, Mai 2015, 414 pages + supplément numérique

Compte tenu de la petite taille des virus (quelques dizaines de nm), la clarification en traitement d'eau potable, même complète, conduit à des abattements limités à maximum de 2 log, y compris par microfiltration. Une exception toutefois est celle des entérovirus pour lesquels des études ont montré une élimination quasi totale par filtration en étape finale de clarification. L'ultrafiltration conduit à des abattements très importants (> 4 log).

La chloration telle que pratiquée en usine est peu efficace, notamment sur les virus les plus résistants. L'ozonation conduit à des abattements très importants des virus (≥ 4 log), à condition qu'elle soit bien menée, c'est à dire à des $C.t_{10}$ de 1,2 min.mg/L pour une eau à 5°C et de 0,3 min.mg/L pour une eau à 25°C. Traduits en C.t usine, ces valeurs doivent être *a minima* doublées soit de 2,4 et 0,6 min.mg/L. Un C.t de 2,4 correspond au maintien d'une concentration résiduelle d'ozone dans l'eau de 0,1 mg/L pendant 24 minutes ou de 0,2 mg/L pendant 12 minutes. La désinfection UV conduit à des abattements > 4 log à des doses de 250 J/m², alors que la réglementation française conseille des doses de 400 J/m².

8. Dans les eaux de piscines

3 avril 2020

Réf. 1 : J. Yoder (WHO - Water Research Fondation - Centers for Disease Control and Prevention) Update Water and COVID-19 FAQs : Information about Drinking Water, Recreational Water and Wastewater

Rien n'indique que le COVID-19 puisse se propager aux humains par l'utilisation de piscines, de spas ou de terrains de jeux aquatiques. Le bon fonctionnement, l'entretien et la désinfection (par exemple, au chlore et au brome) des piscines, des cuves thermales ou des spas et des aires de jeux aquatiques devraient inactiver le virus qui cause le COVID-19.

5 mars 2020

Réf. 26 : EHS Water O.U. Advice note to EHS on COVID-19 in chlorinated drinking water supplies and chlorinated swimming pools

Pour la chloration des piscines, le fonctionnement selon les «recommandations / meilleures pratiques actuelles» signifie le maintien d'un chlore résiduel libre d'au moins 1,0 mg / l (selon le type de piscine et le désinfectant utilisé) (EPA 2011)

9. Impact sur l'environnement aquatique

9 avril 2020

Réf. 27 : Avis de la CISDI : Opportunité de désinfection des espaces publics dans le contexte de la pandémie mondiale liée au SARS-CoV-2

Plusieurs grandes villes, en France (pas toutes), ont pris l'initiative de désinfecter les rues et espaces publics, plus que de coutume et parfois en utilisant des produits différents de ceux appliqués habituellement. Très peu d'articles scientifiques sont consacrés à la désinfection des coronavirus sur différents types de surfaces, les quelques données bibliographiques disponibles suggèrent que le SARS-CoV-2 pourrait survivre de quelques heures à quelques jours en fonction des types de surfaces et des conditions climatiques ambiantes, études difficilement extrapolables aux conditions réelles. Les produits épandus sur les espaces publics imperméabilisés rejoignent, soit les réseaux d'eaux pluviales, vers le milieu naturel, soit les réseaux d'eaux usées vers une station de traitement des eaux usées généralement pas conçues pour le traitement de pollutions chimiques. Des problèmes supplémentaires de toxicité, voire d'antibio-résistance pourraient se révéler à terme sur les masses d'eaux superficielles

10 avril 2020

Réf. 28 : Hong Zang et al, Disinfection threatens aquatic ecosystems. in Science Vol. 368, Issue 6487, pp. 146-147.

La Chine a largement utilisé des désinfectants à base de chlore à l'intérieur comme à l'extérieur. Ces produits chimiques vont dans les égouts directement par ruissellement où ils peuvent rejoindre les rivières, apportant un risque pour les écosystèmes aquatiques. Ils peuvent affecter les organismes vivants de deux manières : directement en détruisant des cellules ou en oxydant des protéines ; et indirectement en formant des composés nocifs en s'associant à la matière organique dissoute (trihalométhane ou acides haloacétique par exemple). En plus ces désinfectants peuvent se combiner avec les nitrates et former des chloramines reconnus pour être néfastes pour la santé. L'article conclue sur l'importance de la retenue dans l'usage de ces désinfectants particulièrement en extérieur.

Liste des scientifiques et professionnels de l'eau ayant participé et/ou aidé à la rédaction de cette note

Membres du CS du bassin Adour-Garonne (groupe de travail initial)

Gilles Bareille (CR CNRS, Univ. Pau et Pays de l'Adour)

Audrey Bruneau (CR IFREMER, La Rochelle)

Alain Dupuy (Prof., Institut Polytechnique de Bordeaux ENSEGID)

Jérôme Labanowski (CR CNRS, Univ. Poitiers)

Bernard Legube (Prof. Emérite, Univ. Poitiers, Président du CS)

Laurent Moulin (Responsable R&D Eau de Paris)

Eric Tabacchi (DR CNRS, Univ. Toulouse)

et

Françoise Goulard (Agence de l'eau Adour-Garonne, expert en recherche et prospective)

Membres des autres CS de bassin

Philippe Hartemann (Prof. Emérite, Univ. Lorraine, membre du CS bassin Rhône-Méditerranée)

Alban Robin (Directeur R&D et Qualité de l'Eau - Eau de Paris, membre du CS bassin Seine-Normandie)

Autres scientifiques et professionnels de l'eau (apport de publications et d'informations¹ et/ou relecture²)

Philippe Cailbault¹ (Directeur du service assainissement - CDA de La Rochelle)

Nicolas Cimetière¹ (MCF, Université de Rennes, ENSCR)

Justine Criquet¹ (MCF, Université de Lille)

Jean-Philippe Croué¹ (Prof., Université de Poitiers)

Maëva Gueguen¹ (Direction du Cycle de l'Eau - Nantes Métropole)

Yann Héchar¹ (Prof., Université de Poitiers)

Sabine Jeandenand¹ (Directrice Générale des Services, Syndicat Intercommunal du Bassin d'Arcachon)

Soïzick Le Guyader² (DR IFREMER)

Jean-François Loret^{1,2} (Expert sanitaire, CIRSEE-SUEZ)

Thierry Pigot^{1,2} (Prof., Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Jean-Pierre Rebillard¹ (Agence de l'eau Adour-Garonne, chef de la mission surveillance)

Michelle Selve^{1,2} (Directrice du laboratoire départemental 31)

Olivier Schlosser^{1,2} (Médecin, évaluation de risque sanitaire, CIRSEE SUEZ)

Cristina Soïca¹ (Apten-Poitiers)

Clémentine Zajac¹ (Eurométropole de Strasbourg)