



## Résumé des résultats de l'examen rapide

**Où se trouvent les centres d'expertise en matière de surveillance et d'analyse des eaux usées au Canada? Quelles méthodes et approches éprouvées sont mises en œuvre? Qui est-ce qui applique ces résultats en vue de guider les mesures à prendre en matière de santé publique?**

### Résumé:

Voici un résumé des meilleures données disponibles provenant de sources fiables qui fournissent des informations de haute qualité sur la nature de la surveillance des eaux usées pour dépister le SRAS-CoV-2. Pour de plus amples informations sur chacune des sources, voir le tableau ci-dessous. Les résumés succincts de chaque ressource énumérée ci-dessous donnent un aperçu des principaux résultats, généralement trouvés dans la section des résumés et des messages clés. Cette analyse n'inclut pas d'autres analyses ni d'intégration des résultats.

Selon l'analyse documentaire [Wastewater surveillance for population-wide Covid-19: The present and future](#) (La surveillance des eaux usées en vue de détecter la COVID-19 dans l'ensemble de la population: Au présent et à l'avenir), la détection du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées permet de déduire la prévalence de la COVID-19, et de détecter les premiers signes d'une transmission accrue au niveau des communautés [10]. D'après [le guide sur la surveillance des eaux usées](#) des Centers for Disease Control and Prevention (CDC), les données provenant des analyses d'eaux usées peuvent compléter et améliorer les systèmes de surveillance existants en vue de dépister la COVID-19, en fournissant des données provenant de communautés où les analyses cliniques de la COVID-19 sont limitées [3]. [La surveillance des eaux usées](#) dans le cadre de la synthèse des données de la COVID-19 a permis de constater que des pays tels que l'Australie, l'Espagne, l'Italie, les Pays-Bas, la Chine, les États-Unis d'Amérique, l'Allemagne, le Japon, l'Inde, la République tchèque, le Brésil et l'Équateur ont détecté le SRAS-CoV-2 dans des échantillons d'eaux usées [1]. Le gouvernement australien a mis en place un système selon lequel, dès qu'une épidémie de la COVID-19 est détectée dans les eaux usées d'une région, la population doit en informer les responsables de la santé publique afin que ces derniers effectuent des tests par écouvillonnage nasal [1]. D'après le résumé des résultats de l'examen rapide [What is known about using wastewater surveillance to monitor the COVID-19 pandemic in the community ?](#) (Que sait-on de l'utilisation de la surveillance des eaux usées pour surveiller la pandémie COVID-19 dans la communauté

?), bien qu'une surveillance basée sur les eaux usées soit possible, aucune directive ne fait état de l'efficacité de cette méthode pour la surveillance continue ni pour guider les décisions concernant la levée ou l'imposition de restrictions de confinement [2]. Actuellement, aucun ensemble de meilleures pratiques n'a été identifié pour la surveillance des eaux usées [2].

[Santé publique Ottawa](#) est l'un des premiers services de santé publique en Amérique du Nord à effectuer des relevés quotidiens des eaux usées de 91,6 % de la population d'Ottawa afin de détecter et de mesurer la présence du matériel génétique du SRAS-CoV-2 (acide ribonucléique ou ARN) [7]. Cependant, la municipalité a noté que les eaux usées constituent un milieu difficile : l'ARN peut s'y décomposer, entraînant par la suite des lectures plus basses du virus [7]. Dans la première phase de l'étude interlaboratoire : [Comparison of Approaches to Quantify SARS-CoV-2 RNA in Wastewater](#), le Réseau canadien de l'eau a lancé la première phase du projet pilote de validation de principe de la Coalition eaux usées COVID-19 afin de comprendre la variabilité des laboratoires résultant des différentes techniques de laboratoire, de faciliter les comparaisons de données nationales et internationales et d'informer la santé publique canadienne [8]. Bien qu'un examen rapide effectué en mai 2020 ait indiqué que les variations de méthodologie peuvent contribuer à l'incohérence des résultats et à la qualité des données, et bien que le SRAS-CoV-2 ait été détecté dans des eaux usées non traitées dans le monde entier [2], l'examen des résultats obtenus par différents laboratoires a révélé que les différentes approches donnaient généralement des résultats comparables, avec la réserve suivante : des protocoles d'assurance de la qualité suffisants doivent être mis en place et faire l'objet de rapports suffisamment détaillés [8]. Le Réseau canadien de l'eau présente les recommandations suivantes afin de caractériser la variabilité des résultats attendus en utilisant différentes méthodes déployées partout au Canada : 1) se concentrer sur la manière dont les courbes standard de quantification sont générées ; 2) traiter l'inhibition ; 3) les contrôles de procédés ; et 4) utiliser des biomarqueurs fécaux pour aider à normaliser les résultats [8].

Selon [Sewage analysis as a tool for the COVID-19 pandemic resource and management : the urgent need for optimised protocols for SARS-CoV-2 detection and quantification](#) (L'analyse des eaux usées comme outil de réponse et de gestion de la pandémie de COVID-19 : le besoin urgent de protocoles optimisés pour la détection et la quantification du SRAS CoV-2) il faut développer un protocole méthodologique afin de détecter et de quantifier l'ARN de COVID-19 dans les eaux usées [9]. Deux études montrent que des traces génétiques du SRAS CoV-2 peuvent être détectées dans différentes eaux usées brutes [11, 12]. [L'analyse quantitative de l'ARN du SRAS CoV-2 à partir de solides d'eaux usées dans des communautés avec une faible incidence et prévalence de la COVID-19](#) à Ottawa et Gatineau, Canada, a montré que les boues clarifiées primaires, comparées aux solides collectés à partir de boues post-granulation, montraient une fréquence plus élevée de SRRAS CoV-2, surtout lorsque l'incidence de la COVID-19 est faible dans la communauté [12]. Les auteurs recommandent d'utiliser le traitement primaire des boues clarifiées comme outil efficace, en vue surveiller les tendances pendant la diminution et la faible incidence de l'infection par le SRAS CoV-2 dans les collectivités [12].

L'Agence de la santé publique du Canada (ASPC) fournit des analyses de laboratoire, des rapports de résultats et un soutien logistique pour la détection et la surveillance du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées de cinq centres à forte population (Vancouver, Edmonton, Toronto, Montréal, Halifax ; représentant 22 % de la population canadienne) [13]. Les résultats des tests seront communiqués aux autorités responsables des eaux usées, qui en feront part à leur service local de santé publique [13]. Ces données sont utilisées non seulement pour informer la santé publique locale, mais aussi pour aider à développer des structures de données et des modèles pouvant être utilisés dans tout le pays [13]. Les principaux collaborateurs sont notamment Statistique Canada, Environnement et changement climatique Canada et les homologues FPT en matière de santé publique [13].

Pour compléter les recommandations relatives à la surveillance des eaux usées, les CDC publient des lignes directrices sur les stratégies d'échantillonnage, les méthodes d'essai, l'interprétation en matière de santé publique et l'utilisation de la détection de l'ARN viral de la COVID-19 dans les eaux usées [4,5,6].

**Dernière mise à jour: 15 janvier 2021**



**APPENDIX**

**▼ Review of Evidence**

Type de preuve	Auteur	Ressource	Dernière mise à jour	Résumé
(1) Synthèse des données probantes	Gouvernement de la Nouvelle-Galles du Sud et Agence pour l'innovation clinique	<a href="#">Surveillance des eaux usées en vue de détecter la COVID-19</a>	11 novembre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selon cette synthèse des données probantes, la surveillance des eaux usées peut être un moyen efficace et rentable en vue de surveiller la dynamique de la transmission, en tant qu'approche complémentaire aux programmes de surveillance actuels. Dans les régions où le SRAS-CoV-2 a été détecté dans des échantillons d'eaux usées, la surveillance des eaux usées a souvent signalé des cas positifs de la COVID-19 avant que ne le fassent d'autres programmes de surveillance.</li> <li>En Australie, une méthode a été mise en place pour contrôler la présence de la COVID-19 dans les eaux usées: lorsqu'une épidémie est détectée dans une région donnée, les gens doivent en informer les responsables de la santé publique pour être testés par écouvillonnage nasal. Des pays tels que l'Australie, l'Espagne, l'Italie, les Pays-Bas, la Chine, les États-Unis d'Amérique, l'Allemagne, le Japon, l'Inde, la République tchèque, le Brésil et l'Équateur ont détecté le SRAS-CoV-2 dans des échantillons d'eaux usées.</li> </ul>
(2) Examen rapide	Le Centre de collaboration nationale des méthodes et outils	<a href="#">Que sait-on de l'utilisation de la surveillance des eaux usées pour surveiller la pandémie de COVID-19 dans la communauté ?</a>	25 mai 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selon cet examen rapide, le SRAS-CoV-2 a été détecté dans des eaux usées non traitées dans un certain nombre de municipalités du monde entier, notamment aux États-Unis, aux Pays-Bas, en Espagne, en Italie, en Turquie, en Australie et en Israël. Des variations dans la méthodologie peuvent contribuer à l'incohérence des résultats, la qualité des preuves devant être confirmée en consultation avec un expert. Des analyses rétrospectives ont montré la présence du SRAS-CoV-2 avant que la transmission communautaire n'ait été identifiée</li> <li>Les études publiées ont démontré qu'une surveillance basée sur les eaux usées est possible, mais aucun</li> </ul>

				<p>rapport n'a été fait sur l'efficacité de cette méthode pour la surveillance continue qui suit le statut de la COVID-19 au niveau communautaire, que ce soit pour informer les décisions concernant la levée ou l'imposition de restrictions de confinement.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuellement, aucune meilleure pratique de surveillance des eaux usées n'a été élaborée.</li> </ul>
(3) Orientations nationales	CDC : Les Centres de contrôle et de prévention des maladies	<a href="#">Surveillance des eaux usées</a>	23 octobre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selon les Centers for Disease Control and Prevention (CDC), un système national de surveillance des eaux usées (NWSS) a été mis en place en réponse à la pandémie COVID-19.</li> <li>• Les données générées par le NWSS aideront les responsables de la santé publique à mieux comprendre l'étendue des infections COVID-19 (tant symptomatiques qu'asymptomatiques) dans les communautés.</li> <li>• Les données issues des essais sur les eaux usées ne sont pas censées remplacer les systèmes de surveillance COVID-19 existants, mais sont censées compléter ces derniers, en fournissant des données aux collectivités où les essais cliniques COVID-19 sont limités dans le temps.</li> <li>• La surveillance des eaux usées au niveau communautaire dans une station d'épuration donnée n'englobera ni les maisons équipées d'un système septique, ni les systèmes décentralisés (c'est-à-dire les prisons, les universités ou les hôpitaux) qui traitent leurs déchets, ni les sites qui prétraitent les eaux usées avant qu'elles n'atteignent la station d'épuration.</li> <li>• De faibles niveaux d'infection dans une communauté donnée peuvent ne pas être saisis par la surveillance des eaux usées. Il convient donc d'entreprendre davantage de recherches pour mieux comprendre les limites de la détection.</li> </ul>
(4)			23 octobre 2020	

Orientations nationales	CDC : Les Centres de contrôle et de prévention des maladies	<a href="#">Élaboration d'une stratégie d'échantillonnage pour la surveillance des eaux usées</a>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les CDC identifient 3 étapes pour développer une stratégie d'échantillonnage de surveillance des eaux usées en vue de détecter la COVID-19 :</li> <li>• 1) déterminer les besoins en matière de données relatives à la santé publique ; 2) évaluer la capacité d'échantillonnage et d'analyse des eaux usées ; 3) élaborer un plan d'échantillonnage comprenant les points suivants : A) où effectuer des échantillons (soit la surveillance des eaux usées au niveau de la collectivité soit la surveillance ciblée des eaux usées) ; B) à quelle fréquence échantillonner (il faut un minimum de trois échantillons afin de repérer les tendances des eaux usées dans le temps) ; C) quoi échantillonner (soit l'eau non traitée soit les boues primaires) ; D) comment échantillonner : échantillonnage instantané ou échantillonnage composite (soit mettre en commun plusieurs échantillons instantanés à une fréquence déterminée pendant une période déterminée) ; et E) comment collecter, stocker et expédier les échantillons en toute sécurité.</li> </ul>
(5) Orientations nationales	CDC : Les Centres de contrôle et de prévention des maladies	<a href="#">Méthodes d'essai</a>	30 octobre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les CDC ont émis les conseils suivants en vue de mettre en œuvre la surveillance des maladies basée sur les eaux usées : 1) conserver les échantillons à 4 degrés Celsius, traiter dans les 24 heures et bien mélanger les échantillons avant le traitement ; 2) les méthodes de concentration des échantillons varient en fonction du type d'échantillon, du volume, du temps de traitement et de la disponibilité des équipements ; 3) l'extraction/la purification de l'ARN est une étape essentielle devant permettre de sélectionner les trousseaux d'extraction qui purifient l'ARN ; et 4) suivre les pratiques de contrôle de laboratoire appropriées pour assurer la normalisation.</li> </ul>
(6) Orientation nationale	CDC : Les Centres de contrôle et de	<a href="#">Interprétation et utilisation de la santé publique</a>	30 octobre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selon les CDC, l'interprétation des données de surveillance des eaux usées peut aider à surveiller, à suivre les tendances et à dépister les infections à la COVID-19 au sein d'une communauté.</li> </ul>

	prévention des maladies			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces interprétations peuvent être utilisées pour informer les décisions, afin d'augmenter les essais cliniques dans les communautés touchées, d'augmenter la communication en matière de santé publique afin de promouvoir des stratégies communautaires d'atténuation, et d'évaluer l'impact des stratégies communautaires d'atténuation.</li> <li>• L'absence de détection du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées ne doit pas être invoquée pour justifier un assouplissement des mesures communautaires d'atténuation.</li> </ul>
(7) Orientation municipale	Santé publique Ottawa	<a href="#">Surveillance de la COVID-19 dans les eaux usées</a>	19 novembre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D'après Santé publique Ottawa, le traçage du nombre de personnes ayant obtenu un résultat positif au test COVID-19 permet d'avoir un aperçu partiel de l'activité de la COVID-19 au sein d'une communauté donnée, car les tests de dépistages ne sont pas tous effectués en même temps, et cela prend du temps avant d'obtenir des résultats.</li> <li>• Des études ont montré qu'une proportion importante de personnes atteintes d'une infection active par la COVID-19 excrétaient le SRAS-CoV-2 dans leurs selles, parfois même avant l'apparition des symptômes.</li> <li>• L'analyse des eaux usées permet d'effectuer une mesure centralisée du niveau d'ARN viral et peut mettre en lumière les tendances du taux d'infection par la COVID-19, tout en agissant comme un indicateur précoce avant que les mesures d'analyse traditionnelles ne soient employées (par exemple, l'écouvillonnage).</li> <li>• Des recherches en cours ont permis d'observer une forte corrélation avec d'autres mesures établies visant à détecter la COVID-19. Cependant, l'on attribue actuellement des limites à la variabilité des lectures en raison de l'environnement hostile des eaux usées, dans lequel l'ARN viral peut se décomposer, entraînant ainsi des lectures inférieures.</li> </ul>

<p>(8) Étude épidémiologique</p>	<p>Réseau canadien de l'eau</p>	<p><a href="#">Phase 1 de l'étude interlaboratoire : Comparaison des approches pour quantifier l'ARN du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées</a></p>	<p>Novembre 2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La détection de l'acide ribonucléique (ARN) du SRAS-CoV-2 peut être un outil utile en vue de pour déduire la prévalence de COVID-19 au sein des communautés.</li> <li>• L'épidémiologie basée sur les eaux usées a le potentiel de détecter une augmentation des infections par la COVID-19 dans une communauté, en utilisant les tendances spatiales et temporelles pour informer les décisions et les réponses de santé publique (soit des tests cliniques ciblés soit un indicateur de l'efficacité des mesures de santé publique à mettre en œuvre). Toutefois, les méthodes d'extraction de l'ARN viral et de quantification ultérieure ne sont pas encore normalisées, ce qui rend les résultats des différentes méthodes employées peu clairs.</li> <li>• Le Réseau canadien de l'eau (RCE) a lancé une étude interlaboratoire en vue de caractériser la variabilité inter et intra-laboratoires des résultats obtenus dans tout le Canada afin de permettre de tirer des conclusions plus larges concernant les différences dans les méthodes de production et de traitement des données. Les résultats montrent que différentes méthodes donnaient des résultats similaires dans l'ensemble.</li> <li>• Cependant, les mesures virales de substitution qui ont séparé les échantillons d'eaux usées avant l'analyse et se basaient sur une seule phase (soit solide soit liquide) pour quantifier l'ARN viral peuvent ne pas être représentatives des échantillons d'eaux usées réels – il est donc recommandé d'évaluer les deux phases de l'ARN viral dans les échantillons d'eaux usées.</li> </ul>
<p>(9) Analyse documentaire</p>	<p>Kordatou et al.</p>	<p><a href="#">L'analyse des eaux usées comme outil de réponse et de gestion de la pandémie COVID-19</a></p>	<p>27 juillet 2020</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selon cette analyse documentaire, l'analyse des eaux usées dans les systèmes d'égouts semble être une méthode prometteuse pour fournir des informations complémentaires et utiles aux essais cliniques. Les réseaux d'égouts fournissent des données en temps réel</li> </ul>

		<p><a href="#">: le besoin urgent de protocoles optimisés pour la détection et la quantification du SRAS-CoV-2</a></p>		<p>sur les épidémies car ils reçoivent continuellement des excréments humains.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La collecte d'échantillons dans les égouts et les installations de traitement des eaux usées devrait permettre de localiser plus précisément les foyers d'infection virale et d'identifier les zones préoccupantes.</li> <li>• Plusieurs études ont révélé la circulation d'ARN viral de faible niveau dans les eaux usées avant l'apparition des cas.</li> <li>• Une caractéristique importante de l'épidémiologie basée sur les eaux usées réside dans le fait qu'elle peut détecter les variations des souches virales, offrant ainsi un avantage considérable dans l'identification des arbres viraux qui ont évolué au fil du temps dans les différentes régions.</li> <li>• Il convient de considérer plusieurs éléments liés au développement d'un protocole méthodologique pour la détection et la quantification de l'ARN de la COVID-19 dans les eaux usées. Tout d'abord, il est nécessaire d'obtenir davantage d'informations sur la transmission du virus vivant par les matières fécales via la voie oro-fécale et sur son infectiosité dans les eaux usées.</li> <li>• En outre, le personnel travaillant avec ces spécimens doit être formé au confinement de laboratoire de niveau de sécurité biologique 3. Jusqu'à ce jour, peu d'études ont étudié les effets des différentes méthodes d'échantillonnage, des conditions de stockage, de la température et du prétraitement des échantillons sur la vitalité de l'ARN du SRAS-CoV-2.</li> </ul>
(10) Analyse documentaire	Christian G. Daughton	<p><a href="#">La Surveillance des eaux usées pour la COVID-19 dans l'ensemble de la population : Au présent et à l'avenir</a></p>	23 mai 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cette analyse documentaire indique que le développement d'une méthodologie standardisée d'épidémiologie basée sur l'eau (ÉBE) pouvant être déployée au sein de réseaux de surveillance nationalisés, peut fournir des données comparables entre les pays.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compte tenu des signes avant-coureurs d'une augmentation des infections, la suppression totale peut être efficace pour limiter la propagation de la communauté.</li> <li>• Actuellement, l'alerte précoce pour les infections par la COVID-19 au sein d'une communauté donnée est difficile en raison de l'incapacité à surveiller rapidement et à peu de frais les infections par la COVID-19 en utilisant des tests de diagnostic clinique pour chaque individu. L'ÉBE pourrait permettre de détecter la COVID-19 avant que ne puisse le faire la surveillance actuelle, donnant ainsi une longueur d'avance pour la recherche des contacts et minimiser les poussées.</li> <li>• Les données publiées sur les marqueurs ciblés du SRAS-CoV-2 dans les matières fécales (principalement l'ARN) sont insuffisantes pour la modélisation requise pour l'ÉBE, car il faut également connaître la demi-vie de ces marqueurs dans les eaux usées. Les prochaines étapes pour mettre en œuvre l'ÉBE fiable sont la normalisation, l'optimisation et l'assurance de la qualité.</li> </ul>
(11) Étude unique	Westhaus et al.	<a href="#">Détection du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées brutes et traitées en Allemagne – Adaptation à la surveillance COVID-19 et risques potentiels de transmission</a>	18 août 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cette étude comprend une vaste campagne d'échantillonnage de plusieurs stations d'épuration municipales à proximité du premier pic de la pandémie. Les échantillons ont été analysés en vue de détecter un ensemble de gènes spécifiques du SRAS-CoV-2. Les résultats ont montré la présence de traces génétiques du CoV-2 du SRAS dans différentes eaux usées brutes.</li> </ul>
(12) Étude unique	D'Aoust et al.		23 octobre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cette étude quantifie deux régions du gène du SRAS-CoV-2 dans les solides recueillis à partir de solides de post-gravillons (SPG) et de boues clarifiées primaires</li> </ul>

		<a href="#">Analyse quantitative de l'ARN du SRAS-CoV-2 à partir de résidus solides dans les eaux usées dans les communautés à faible incidence et prévalence de la COVID-19</a>		(BCP) dans deux régions de la capitale nationale canadienne (Ottawa et Gatineau). Une fréquence de détection plus élevée a été établie dans les BCP par rapport aux échantillons de BCP en particulier et une faible incidence de la COVID-19 dans la communauté.
(13) Contribution de l'ASPC	ASPC : Agence de la santé publique du Canada	COVID-19 : Surveillance urbaine	15 décembre 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ASPC fournit des analyses de laboratoire, des rapports de résultats et un soutien logistique pour la détection et la surveillance du SRAS-CoV-2 dans les eaux usées de cinq centres à forte population (Vancouver, Edmonton, Toronto, Montréal, Halifax ; représentant 22 % de la population canadienne).</li> <li>• Les résultats des tests sont communiqués aux autorités responsables des eaux usées, qui à leur tour les communiquent à leur service de santé publique local.</li> <li>• Ces données sont utilisées non seulement pour informer la santé publique locale, mais aussi pour aider à développer des structures et des modèles de données pouvant être utilisés dans tout le pays.</li> <li>• Les principaux collaborateurs sont notamment Statistique Canada, Environnement et changement climatique Canada et les homologues FPT en matière de santé publique.</li> </ul>
(14) Analyse organisationnelle	Gouvernement de l'État de Victoria Analyse des eaux usées	<a href="#">eaux usées</a>	29 octobre 2020	

(15) Analyse organisationnelle	Dr. Dominic Frigon & CanCOVID	<a href="#">Détection des eaux usées : la prochaine frontière COVID</a>	9 juin 2020	
-----------------------------------	-------------------------------	---	-------------	--

Avertissement : Les résumés succincts de chaque ressource énumérée ci-dessous donnent un aperçu des principaux résultats, généralement trouvés dans la section des résumés et des messages clés. Cette analyse n'inclut pas d'autres analyses ni d'intégration des résultats.

### **Analyse organisationnelle**

Le ministère de la santé et des services sociaux de l'État de Victoria, en Australie, a publié des informations sur les analyses des eaux usées afin de donner une alerte précoce pour la COVID-19 en déterminant si le SRAS-CoV-2 est présent dans la communauté locale [14]. L'excrétion virale peut provenir de différentes sources telles que les tissus usagés, les mains et la peau, ou les selles. Pour de plus amples informations sur les tests de dépistage des eaux usées, cliquez [ici](#). Le Réseau canadien de l'eau réunit des experts canadiens pour informer et guider la surveillance des eaux usées dans le cadre du SRAS-CoV-2. Pour de plus amples informations sur ce réseau, cliquez [ici](#). CanCOVID diffuse une série de conférences données par le professeur Frigon, de l'Université McGill, qui évoque la recherche sur les systèmes d'assainissement [15]. Il a développé des outils de métagénomique pour la surveillance de la résistance aux antimicrobiens dans les eaux usées municipales. Regardez la série [ici](#).