

Surveillance des eaux usées et de l'environnement relative à un ou plusieurs agents pathogènes

**Orientations sur la définition des priorités, la mise en
œuvre et l'intégration**

Version provisoire

6 décembre 2024

Clause de non-responsabilité

Le présent document est actuellement un document de travail ouvert aux commentaires du public et aux essais pilotes dans les régions et les pays au cours de l'année 2025. Le contenu, les résultats et les conclusions de ce document sont continuellement mis à jour. Le document sera soumis à l'approbation finale de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et des Centers for Disease Control and Prevention (centres de contrôle et de prévention des maladies, CDC) une fois que les commentaires du public et les retours tirés des essais pilotes auront été intégrés et que le groupe d'experts de la surveillance des eaux usées et de l'environnement (de l'anglais *wastewater and environmental surveillance*, ou WES) et les coordonnateurs pour les maladies concernées auront donné leur accord.

Les résultats et les conclusions de ce rapport sont ceux des auteurs et ne représentent pas la position officielle de l'OMS, des CDC des États-Unis ou d'autres institutions.

Table des matières

Clause de non-responsabilité	2
Table des matières.....	i
Liste des encadrés, tableaux et figures.....	iii
Remerciements.....	v
Acronymes.....	viii
Glossaire	ix
Résumé	xii
Introduction	xii
Valeur ajoutée potentielle de la surveillance des eaux usées et de l'environnement	xii
Positionner la surveillance des eaux usées et de l'environnement dans les initiatives transversales et spécifiques à certaines maladies	xiii
Éléments du programme de surveillance des eaux usées et de l'environnement	xiii
Sélection et hiérarchisation des cibles pathogènes.....	xiii
Aspects transversaux	xiv
Besoins en matière de recherche et mises à jour futures	xv
Méthodes.....	xv
1 Introduction	1
1.1 Contexte.....	1
1.2 Objectif	3
1.3 Public cible	3
1.4 Portée	3
1.5 Résumés de la surveillance des eaux usées et de l'environnement pour des agents pathogènes spécifiques	4
2 Positionner la surveillance des eaux usées et de l'environnement dans les initiatives transversales et spécifiques à certaines maladies.....	6
2.1 Établir des liens entre les niveaux national, régional et mondial	6
2.1.1 Niveau mondial	6
2.1.2 Niveau national	7
2.1.3 Niveau international/transfrontalier.....	7
2.2 Intégration à la surveillance et à la riposte visant des maladies spécifiques.....	7
2.3 Acteurs et rôles clés pour la conception et la mise en œuvre.....	10
3 Éléments du programme de surveillance des eaux usées et de l'environnement	12
4 Sélection et hiérarchisation d'une ou de plusieurs cibles pathogènes.....	15
4.1 Vue d'ensemble	15

4.2	Agents pathogènes potentiels pertinents au niveau local.....	17
4.3	Définition des priorités quant aux agents pathogènes et aux cibles pour la surveillance des eaux usées et de l'environnement.....	21
	Étape 1 : Critères de santé publique.....	21
	Étape 2 : Critères de faisabilité	23
	Étape 3 : Critères d'acceptabilité (éthique, acceptation sociale, adhésion des décideurs et questions juridiques)	25
	Étape 4 : Critères d'optimisation	27
4.4	Combiner plusieurs agents pathogènes.....	29
4.5	Coûts et avantages : concrétiser les avantages de la surveillance des eaux usées et de l'environnement par sa mise en œuvre	31
4.6	Assurance qualité et amélioration continue.....	32
5	Aspects transversaux	33
5.1	Considérations relatives à la planification du programme	33
5.2	Sélection des sites et stratégies d'échantillonnage	37
5.3	Exigences en matière de capacités d'échantillonnage	41
5.4	Exigences en matière de capacités de laboratoire et gestion de la qualité.....	46
	5.4.1 Personnel	46
	5.4.2 Installations et sécurité.....	47
	5.4.3 Approches méthodologiques	49
	5.4.3.1 Aperçu des approches	49
	Approches dépendantes de la culture	49
	Approches indépendantes de la culture	49
	5.4.3.2 Considérations relatives à la sélection des méthodes.....	50
	5.4.4 Gestion de la qualité	52
5.5	Stratégies de normalisation	52
5.6	Transposition en interventions.....	53
6	Besoins en matière de recherche et mises à jour futures	55
6.1	Besoins prioritaires en matière de recherche.....	55
	1. Identifier les agents pathogènes prioritaires pour la surveillance des eaux usées et de l'environnement	55
	2. Élaborer des outils et des techniques améliorés, solides et efficaces pour l'échantillonnage, la détection et l'analyse des cibles prioritaires	56
	2a. Échantillonnage.....	56
	2b. Validation de la méthode.....	56
	2c. Analyse (laboratoire)	56

2d. Domaines transversaux : gestion de la qualité, chaîne d’approvisionnement et banque de données biologiques	57
3. Élaborer des outils et des techniques améliorés et solides pour l’interprétation des données tirées de la surveillance des eaux usées et de l’environnement	57
4. Promouvoir l’intégration des résultats de la surveillance des eaux usées et de l’environnement, dans le cadre de la surveillance collaborative, au suivi et à l’évaluation généraux en matière de santé publique, ainsi qu’au sein du processus décisionnel global en matière de santé publique et des communications publiques	58
5. Promouvoir des pratiques éthiques de la surveillance des eaux usées et de l’environnement à des fins de santé publique	58
6. Définir la valeur des composantes de la surveillance collaborative, y compris la surveillance des eaux usées et de l’environnement	58
7. Renforcer les capacités en matière de surveillance des eaux usées et de l’environnement, y compris en matière de ressources humaines	58
8. Identifier d’autres cas d’utilisation potentiels de la surveillance des eaux usées et de l’environnement à des fins de santé publique et aux fins de l’initiative « Une seule santé », afin d’éclairer les priorités futures de développement du programme	59
6.2 Mises à jour futures	59
7 Méthodes.....	60
7.1 Examen des preuves et évaluation de la qualité	60
7.2 Preuves au service du processus décisionnel	60
7.1 Sélection des experts et déclarations d’intérêts.....	61
Annexes	62
Annexe 1. Liste longue des agents pathogènes potentiels pour la surveillance des eaux usées et de l’environnement	62
Annexe 2. Tableau des agents pathogènes faisant l’objet de résumés détaillés dans le cadre de la surveillance des eaux usées et de l’environnement	62
Annexe 3. Importance pour la santé publique : outil d’aide à la prise de décision	62
Annexe 4. Étude de faisabilité : outil d’aide à la décision.....	62
Annexe 5. Acceptabilité, éthique et acceptation sociale, adhésion des décideurs et questions juridiques : outil d’aide à la prise de décision.....	62
Annexe 6. Optimisation : outil d’aide à la prise de décision	62
Annexe 7. Évaluation des critères en bref : six agents pathogènes prioritaires	62
Références bibliographiques	63

Liste des encadrés, tableaux et figures

- Figure 1.1 Relation entre l'ensemble des personnes infectées, la couverture potentielle de la surveillance des eaux usées et de l'environnement et les différents niveaux de surveillance basée sur des événements individuels
- Encadré 1.2. Exemples d'utilisations établies de la surveillance des eaux usées et de l'environnement
- Figure 2.1. Illustration d'une surveillance intégrée efficace des maladies, dont la surveillance des eaux usées et de l'environnement
- Figure 2.2. Les secteurs clés et leurs rôles probables dans la conception et la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement
- Figure 3.1. Interaction entre le choix de l'agent pathogène, le contexte, le système de surveillance actuel et le cas d'utilisation
- Tableau 3.2. Éléments du programme de surveillance des eaux usées et de l'environnement, cas d'utilisation associés et activités clés
- Figure 4.1. Vue d'ensemble du processus de définition des priorités pour la sélection des cibles en vue de la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement.
- Figure 4.2. Processus de définition des priorités pour la sélection des cibles en vue de la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement
- Figure 4.3. Représentation schématique du processus d'identification des agents pathogènes prioritaires pour la sélection d'une liste de candidats pertinents au niveau local
- Tableau 4.4. Agents pathogènes humains présentant un intérêt pour une évaluation potentielle de la surveillance des eaux usées et de l'environnement (liste non exhaustive)
- Figure 5.1. Aperçu représentatif d'un flux de travail de la surveillance des eaux usées et de l'environnement applicable à tout type de cibles
- Tableau 5.2. Comparaison représentative de scénarios types pour démontrer les potentiels alignements et incompatibilités pour trois cibles de la surveillance des eaux usées et de l'environnement
- Tableau 5.3. Résumé de haut niveau des approches d'échantillonnage et des exigences en la matière
- Tableau 5.4. Exemple représentatif de cas d'utilisation, de fréquences d'échantillonnage et de méthodes d'analyse

Remerciements

Groupe directeur de l'OMS et coordonnateurs pour les maladies

Groupe directeur

Kate Medlicott, Unité de l'eau, l'assainissement, l'hygiène et la santé ; Acya Acme, Unité des maladies émergentes et zoonoses ; Jane Cunningham, Unité des maladies émergentes et zoonoses ; Emilie Peron, Unité des systèmes de surveillance ; Josefina Campos, Unité de l'intelligence collaborative

Coordonnateurs pour les maladies

Orthopoxvirose simienne (mpox) : Ana Hoxha, Unité de l'épidémiologie des événements aigus ; Rosamund Lewis, Unité des maladies émergentes et zoonoses ; Lorenzo Subissi, Unité des maladies émergentes et zoonoses ; Olivier Le Polain, Unité de l'analyse des événements aigus
Poliomyélite : Ousmane Diop, Surveillance de la poliomyélite et laboratoires ; Mufti Zubair Wadood, Surveillance, laboratoires et données
Choléra : Laurant Sax, Unité des épidémies à fort impact
Grippe : Melissa Rolfes, Programme mondial de lutte contre la grippe
COVID-19 : Jane Cunningham et Acya Acme, Unité des maladies émergentes et zoonoses
Fièvre typhoïde : Anna Minta et Musa Hindiyyeh, Unité de l'analyse et des informations en matière de vaccination

Conseillers régionaux

(à ajouter après la phase pilote régionale)

Groupe directeur des CDC des États-Unis et coordonnateurs pour les maladies

Groupe directeur

David Berendes, Équipe mondiale de l'eau, l'assainissement et l'hygiène (Global WASH), Division des maladies d'origine alimentaire, hydrique et environnementale (DFWED) ; Jennifer Murphy, Global WASH, DFWED ; Heather Reese, Système national de surveillance des eaux usées (NWSS), Division de la préparation et de l'innovation en matière de maladies infectieuses (DIDRI) ;

Coordonnateurs pour la WES

Megan Gerdes, NWSS, DIDRI ; Alexandra Kossik, Global WASH, DFWED ; Maya Ramaswamy, Global WASH, DFWED ; Megan Bias, NWSS, DIDRI

Coordonnateurs pour les maladies

Orthopoxvirose simienne (mpox) : Christina Hutson, Division des agents pathogènes dangereux et de la pathologie
Poliomyélite : Amanda Wilkinson, Division mondiale de la vaccination ; Nancy Gerloff, Division des maladies virales
Choléra : David Shih, Joan Brunkard, Javier Gallard, Maryann Turnsek, Ash Wadhwa, Xin Wang, DFWED

Grippe : Alicia Budd, Division de la grippe

COVID-19 : Cria Gregory, Clinton Paden, Division des coronavirus et autres virus respiratoires

Fièvre typhoïde : David Shih, DFWED

Consultants principaux

Monica Nolan, épidémiologiste médicale consultante de l'OMS, Australie

Daniel Deere, microbiologiste de l'environnement consultant de l'OMS, Australie

Experts contributeurs

Jean-Martin Brault, Groupe de la Banque mondiale, États-Unis ; Juliana Calabria de Araujo, Universidade Federal de Minas Gerais, Brésil ; Angus Dawson, Long Yoo Yin School of Medicine, Singapour ; Ana Maria de Roda Husman, Institut national de la santé publique et de l'environnement (RIVM), Pays-Bas ; Nishita d'Souza, Michigan State University, États-Unis ; Steen Ethelberg, Statens Serum Institut, Danemark ; Bernd Gawlik, Commission européenne, Centre commun de recherche, Italie ; Nicholas Grassly, Imperial College London, Royaume-Uni ; Fatma Guerfali, Institut Pasteur, Tunisie ; Rashidul Haque, International Centre for Diarrhoeal Disease Research, Bangladesh ; Joanne Hewitt, Institute of Environmental Science and Research, Nouvelle-Zélande ; Nalia Ismail, Instituto Nacional De Saude, Mozambique ; Tim Julian, Institut fédéral suisse des sciences et technologies aquatiques (Eawag), Suisse ; Amy Kirby, US Centers for Disease Control and Prevention, USA ; Bilge Alpaslan Kocamemi, Institut turc de l'eau (SUEN), Türkiye ; Supriya Kumar (observateur), Bill and Melinda Gates Foundation, États-Unis ; Sophie Magnet, consultante indépendante, Suisse ; Douglas Manuel, Ottawa Hospital, Canada ; Christine Moe, Emory University, États-Unis ; Placide Mbala, Institut national d'hygiène publique, République démocratique du Congo ; Kerrigan McCarthy, National Institute for Communicable Diseases, Afrique du Sud ; Gertjan Medema, KWR Water Research Institute, Pays-Bas ; Scott Meschke, University of Washington, États-Unis ; Imran Nisar, Aga Khan University, Pakistan ; Titik Nuryastuti, Universitas Gadjah Mada, Indonésie ; Lusungo Nyirenda, programme d'assainissement de Lusaka, Zambie ; Michael Owusu, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana ; Samuel O. Oyola, International Livestock Research Institute, Kenya ; Tarja Pitkänen, Helsinki One Health, Finlande ; Maximilian Riess, ECDC, Suède ; Renee Street, South African Medical Research Council, Afrique du Sud ; Mami Taniuchi, University of Virginia, États-Unis ; Eunice Ubomba Jaswa, Water Research Commission, Afrique du Sud ; Márta Vargha, National Center for Public Health and Pharmacy, Hongrie ; Henry Willis, RAND, États-Unis ; Judith Wong, National Environment Agency (NEA), Singapour ; Mukhlid Yousef, National Institute for Communicable Diseases, Afrique du Sud.

L'OMS remercie la Bill and Melinda Gates Foundation, l'Autorité européenne de préparation et de réaction en cas d'urgence sanitaire de la Commission européenne (CE-HERA) et l'Institute of Philanthropy pour leur soutien financier. L'OMS tient également à remercier les Centres for Disease Control and prevention (CDC) des États-Unis pour leur soutien en nature et leur partenariat, ainsi que l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) pour son soutien partiel aux CDC dans le cadre d'un accord interinstitutionnel.

Acronymes

Acronyme	Signification
ADN	Acide désoxyribonucléique
APHL	Association des laboratoires de santé publique
ARN	Acide ribonucléique
ARNr	Acide ribonucléique ribosomique
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
EAH	Eau, assainissement et hygiène
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
GI	Gastro-intestinal
Global WASH	Équipe mondiale de l'eau, l'assainissement et l'hygiène
GLOWACON	Consortium mondial pour la surveillance des eaux usées et de l'environnement au service de la santé publique
IMEP	Initiative mondiale pour l'éradication de la poliomyélite
MPXV	Orthopoxvirus simien
NWSS	Système national de surveillance des eaux usées [des CDC]
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PCR	Amplification en chaîne par polymérase
PMMoV	Virus de la marbrure légère du poivron
qPCR	Amplification en chaîne par polymérase quantitative
SARS-CoV-2	Coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère
VRS	Virus respiratoire syncytial
WES	surveillance des eaux usées et de l'environnement (de l'anglais <i>wastewater and environmental surveillance</i>)

Glossaire

Termes	Signification ou utilisation dans le présent document
Résistance aux antimicrobiens	On parle de résistance aux antimicrobiens lorsque des bactéries, des virus, des champignons et des parasites possèdent des gènes de résistance aux antimicrobiens et ne sont plus sensibles aux produits antimicrobiens. La résistance aux antimicrobiens augmente en raison de l'utilisation, notamment abusive, d'antimicrobiens et d'une écologie complexe impliquant les humains, les animaux et l'environnement. La résistance aux antimicrobiens constitue une menace sérieuse pour la santé humaine, animale et végétale à l'échelle mondiale.
Surveillance collaborative	La surveillance collaborative ¹ vise à consolider les cadres et les stratégies de renforcement de la surveillance, de l'évaluation des risques et de la riposte aux situations d'urgence. On entend par surveillance collaborative le renforcement systématique des capacités et de la collaboration entre diverses parties prenantes, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du secteur de la santé, l'objectif final étant d'améliorer l'information en santé publique et les données probantes au service de la prise de décisions. Le concept de surveillance collaborative s'appuie sur une surveillance de routine de la santé publique, un suivi des systèmes de santé et une surveillance en laboratoire solides, tout en tirant des informations d'autres sources de données et en appliquant des données et des approches analytiques avancées pour permettre la production d'informations contextualisées sur les dangers, les menaces et les risques, les populations touchées et leurs milieux. La WES soutient la mise en œuvre de la surveillance collaborative, car elle concerne toutes les maladies et tous les secteurs (environnemental, humain et animal), elle appuie les objectifs de suivi de routine et de surveillance d'urgence tout au long du cycle de prévention, de préparation, de riposte et de relèvement, et elle peut être utilisée à différents niveaux géographiques. La WES doit être considérée comme une composante des capacités de surveillance nationales plus larges, dont les résultats sont triangulés avec d'autres approches de surveillance afin de produire des informations solides et d'éclairer les décisions et les mesures en matière de santé publique.
Surveillance de l'environnement	Matrice environnementale (par exemple, l'eau) échantillonnée et testée en vue d'identifier des lieux comme facteurs de risque d'exposition à la substance étudiée (par exemple, échantillonnage d'une source d'eau de boisson ou d'une source d'eau d'irrigation de cultures vivrières pour la détection d'un agent pathogène d'origine hydrique d'intérêt).
Caractérisation génomique	Méthode de laboratoire qui utilise un échantillon d'eaux usées ou d'eaux environnementales pour rechercher des informations sur les données génétiques pertinentes présentes et pour utiliser ces informations afin de guider la prise de mesures.
Surveillance multimodale	Application simultanée de plusieurs modes de surveillance coordonnés. Elle inclut généralement une surveillance clinique confirmée en laboratoire et souvent une surveillance fondée sur les syndromes à la recherche de maladies infectieuses. Elle peut être intégrée à une ou plusieurs autres formes de surveillance, telles que la sérosurveillance et le sujet de ce texte, à savoir la WES.
Surveillance des eaux usées et de	Tests simultanés à la recherche de cibles multiples dans des échantillons d'eaux usées ou des échantillons environnementaux affectés par les activités humaines.

l'environnement à cibles multiples	Il peut s'agir de cibles multiples pour un ou plusieurs agents pathogènes, ainsi que d'autres informations génétiques ou chimiques.
Séquençage de nouvelle génération	Séquençage massif en parallèle visant à déterminer l'ordre des nucléotides dans des génomes entiers ou des régions ciblées d'ADN ou d'ARN.
Non raccordé à un réseau d'égouts	Absence de raccordement fonctionnel au réseau d'égouts sanitaires.
« Une seule santé »	Approche intégrée et unificatrice qui vise à équilibrer et à optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes.
Amplification en chaîne par polymérase	L'amplification en chaîne par polymérase (PCR) est utilisée pour amplifier un segment spécifique ciblé de l'ADN. Le résultat peut être quantitatif en utilisant la PCR quantitative (qPCR) ou la PCR numérique. L'ajout d'une étape de transcription inverse permet la détection et la quantification des cibles d'ARN.
Surveillance des eaux usées	Les termes « surveillance des eaux usées », « épidémiologie basée sur les eaux usées » et « surveillance des eaux usées et de l'environnement » ou WES sont souvent utilisés indifféremment. (Voir la définition de la surveillance des eaux usées et de l'environnement ci-dessous.)
Raccordé à un réseau d'égouts	Fait de bénéficier d'un raccordement fonctionnel au réseau d'égouts sanitaires.
Échantillons d'eaux usées, de boues fécales et échantillons environnementaux	Aux fins de la WES, il s'agit de l'échantillon d'eaux usées, de boues fécales ou d'autres eaux environnementales affectées par les activités humaines. Les eaux environnementales revêtent une importance particulière dans les endroits où les réseaux d'égouts sont peu nombreux ou dysfonctionnels, ou dans les endroits non raccordés à un réseau d'égouts. L'échantillon est sélectionné pour déterminer si un agent pathogène ou une autre cible d'intérêt est présent(e) chez les individus qui affectent l'amont de la zone dans laquelle sont prélevés les échantillons d'eaux usées, de boues fécales ou d'eaux environnementales correspondant à la période d'échantillonnage. Il convient de noter que la WES est distincte de la surveillance de l'environnement (voir la définition séparée), mais que la WES pour la détection d'agents pathogènes d'origine hydrique, tels que le choléra et la fièvre typhoïde, peut se chevaucher dans une certaine mesure avec la surveillance de l'environnement.
Épidémiologie basée sur les eaux usées	Épidémiologie basée sur les eaux usées. L'épidémiologie basée sur les eaux usées, la surveillance des eaux usées, la surveillance des eaux d'égout et la WES sont des termes souvent utilisés indifféremment. (Voir la définition de la WES ci-dessous.)
Surveillance des eaux usées et de l'environnement	Surveillance des eaux usées et de l'environnement (de l'anglais <i>wastewater and environmental surveillance</i>, ou WES). Surveillance à partir d'échantillons prélevés dans les eaux usées ou dans d'autres eaux environnementales affectées par les activités humaines. Les eaux environnementales revêtent une importance particulière dans les endroits où les réseaux d'égouts sont peu nombreux. Dans le présent document, ce terme a une portée réduite par rapport à la surveillance environnementale au sens large (par exemple, il ne couvre pas les échantillons d'air, de sol ou d'autres échantillons environnementaux) et une portée plus large que la surveillance des eaux usées, qui implique le prélèvement d'échantillons dans les réseaux d'égouts uniquement. Dans ce document, la WES combine :

	• une collecte ciblée d'échantillons d'eaux d'égout, d'eaux usées ou d'eaux environnementales à partir de points d'échantillonnage représentant des zones définies ; • et les apports connus des activités humaines d'assainissement et d'hygiène, principalement les excréments, mais aussi les vomissures, l'urine, les expectorations, les sécrétions respiratoires et autres, le sang, la peau et les fomites, • qui peuvent être alimentés par des sources zoonotiques non humaines, • qui sont analysés pour détecter des agents pathogènes cibles ou des acides nucléiques dans le but explicite et exclusif de surveiller la santé publique, • lorsque cette pratique est compatible avec les principes éthiques de la surveillance de la santé publique.
Séquençage du génome entier	Méthode d'analyse de génomes entiers, c'est-à-dire de toute l'information génétique détectable qui peut être séquencée dans un échantillon d'eaux usées.

Résumé

Introduction

La WES désigne une activité de surveillance qui utilise des échantillons au niveau de la population provenant des eaux usées là où des réseaux d'égouts sont en place, ou d'autres eaux environnementales affectées par les activités humaines dans les endroits dépourvus de réseaux d'égouts (voir la définition complète dans le glossaire).

Le présent document fournit un cadre général pour la définition des priorités, la mise en œuvre et l'intégration dans le cadre de la surveillance multimodale de la santé publique. Il s'adresse aux ministères de la santé et aux programmes de prévention et de lutte contre des maladies spécifiques, ainsi qu'aux autres parties prenantes de la WES, telles que les exploitants de réseaux d'égouts et d'assainissement, les secteurs de l'eau et de l'environnement, et les chercheurs, qui interviennent tous aux niveaux national et infranational. Son objectif est de guider l'élaboration, la définition des priorités et l'intégration dynamiques des programmes de WES pour une ou plusieurs cibles parmi la multitude de cibles potentielles, en tenant compte des menaces actuelles et futures. Bien que la WES puisse être appliquée à une grande variété de substances, le présent document se limite aux applications de la WES pour les maladies infectieuses humaines.

Ce cadre d'orientation, qui concerne tout type d'agents pathogènes, fait partie d'un ensemble de documents et d'autres ressources pertinentes, telles que la surveillance collaborative, la préparation aux pandémies ainsi que la surveillance et la riposte dans le cadre de l'approche « Une seule santé ». Ce dossier comprend les documents suivants :

- WES pour la détection et le suivi d'un ou plusieurs agents pathogènes : orientations sur la définition des priorités, la mise en œuvre et l'intégration
 - Une longue liste d'agents pathogènes potentiels pour l'application de la WES (annexe 1)
 - Des outils d'aide à la prise de décisions (annexes 2 à 5)
 - Des résumés détaillés de la WES pour la détection d'agents pathogènes spécifiques (documents séparés)
- Ces résumés concernent actuellement les agents pathogènes suivants : poliovirus, SARS-CoV-2, virus de la grippe A et B, orthopoxvirus simien, *Vibrio cholerae*, et *Typhi* et *Paratyphi*, et d'autres encore sont en cours d'élaboration.

Valeur ajoutée potentielle de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

Il a été démontré que la WES fournit des informations d'importance pour la santé publique en ce qui concerne la présence (au-delà des limites de détection), les tendances spatiales et temporelles, ou la caractérisation génomique de différents biomarqueurs pathogènes au niveau de la population définie par la géographie. La WES peut apporter une valeur ajoutée aux modalités de surveillance existantes, en comblant des lacunes critiques en matière de surveillance et en renforçant la surveillance globale des maladies et la riposte à ces dernières. La WES peut parfois constituer le principal outil de surveillance communautaire, mais il existe peu d'exemples à ce jour. En principe, puisque de nombreux agents pathogènes humains ont été détectés dans les eaux usées, ces applications de la WES concernent de nombreux autres agents pathogènes et d'autres cibles.

La WES ne s'appuie pas sur les symptômes cliniques, les comportements de recours aux soins, ou l'accès aux services de santé, leur coût et leur qualité. La WES peut présenter des avantages en matière de rapidité, de couverture, de coût et d'acceptabilité par rapport à la surveillance basée sur

les événements. Elle peut être utilisée pour répondre de manière adaptative à l'évolution des besoins de surveillance en raison de sa flexibilité en matière d'échantillonnage, de couverture de la population, de représentativité et de rapidité. Cependant, la WES ne peut pas rapprocher directement les personnes concernées des soins.

Positionner la surveillance des eaux usées et de l'environnement dans les initiatives transversales et spécifiques à certaines maladies

La WES doit être liée et coordonnée avec les activités de surveillance et de riposte visant des maladies spécifiques, ainsi qu'avec les systèmes globaux de surveillance et les initiatives transversales pertinentes aux niveaux local, régional et mondial, comme décrit à la section 2. Il s'agit notamment de l'intégrer, par exemple, dans les stratégies mondiales de lutte contre les maladies, les plans nationaux de surveillance et de riposte à l'égard des maladies transmissibles, et les plans de sécurité sanitaire, ainsi que dans la WES internationale et transfrontalière. Pour garantir une mise en œuvre adaptée de la WES, une structure de coordination nationale englobant tous les acteurs concernés doit être mise en place et dirigée par des acteurs de la santé publique tels que le ministère de la santé ou l'agence nationale de la santé publique ou de l'environnement. La Figure 2.2 illustre les rôles sectoriels.

Éléments du programme de surveillance des eaux usées et de l'environnement

Les programmes de WES consistent en trois activités interdépendantes décrites à la section 3 :

- **La WES de routine dans des sites sentinelles stratégiques**, qui s'accompagne de collectes, d'analyses, d'interprétations et de diffusions systématiques et continues pour surveiller les tendances spatiales et temporelles ainsi que les modèles de circulation des agents pathogènes, et qui peut fournir une alerte rapide.
- **La WES agile limitée dans le temps** constitue une nouvelle activité de WES ou une modification de l'échantillonnage, des cibles, des stratégies, des méthodes d'analyse ou de la remontée des résultats. Les éléments déclencheurs comprennent les données probantes venant étayer l'évolution ou l'émergence de menaces et de situations d'urgence, y compris celles tirées de la WES de routine. D'autres activités de WES limitées dans le temps peuvent consister à déterminer la charge de morbidité et l'épidémiologie locales afin de combler les lacunes dans les connaissances ou d'aider à évaluer l'impact des mesures de santé publique (par exemple, l'introduction d'un vaccin).
- **Les activités d'appui à la planification, à la préparation et à l'amélioration de la WES**, qui n'impliquent pas directement la mise en œuvre de la WES, mais soutiennent la préparation de son ajout, de son expansion et de son amélioration futures (par exemple, l'identification des sites, des cibles, des approches et des méthodes).

Sélection et hiérarchisation des cibles pathogènes

Les critères clés suivants sont proposés pour classer les agents pathogènes par ordre de priorité en vue de leur inclusion dans les programmes de WES, en tenant compte du contexte local tel qu'il est décrit à la section 4.

- **Importance pour la santé publique :**
menace actuelle ou future posée par l'agent pathogène ou la cible de santé publique, et valeur potentielle que la WES pourrait apporter en matière de détection précoce et

d'atténuation par rapport aux options de surveillance et de riposte existantes.

- **Faisabilité technique** : sensibilité, spécificité et valeur prédictive de la WES par rapport aux besoins en matière de mesures de santé publique, en tenant compte de l'excrétion des agents pathogènes, de la gamme d'hôtes, de la dégradation des cibles dans les eaux, des méthodes d'échantillonnage et d'analyse, et de l'interprétation des résultats.
- **Faisabilité opérationnelle** : adéquation des points d'échantillonnage et accès à ces derniers, capacité à financer, à organiser, à entreprendre, à utiliser et à maintenir un programme de WES présentant un rapport coûts-avantages favorable et une gouvernance appropriée.
- **Acceptabilité** : consultation des principales parties prenantes sur l'approbation sur les plans juridique, éthique et social de la WES pour l'agent pathogène, l'objectif de surveillance et les populations concernées, en proposant des stratégies d'atténuation acceptables.
- **Potentiel d'intégration** de la WES dans le cadre de la surveillance et de la riposte visant des maladies spécifiques, ainsi que dans tout programme existant de WES avec la WES à cibles multiples.

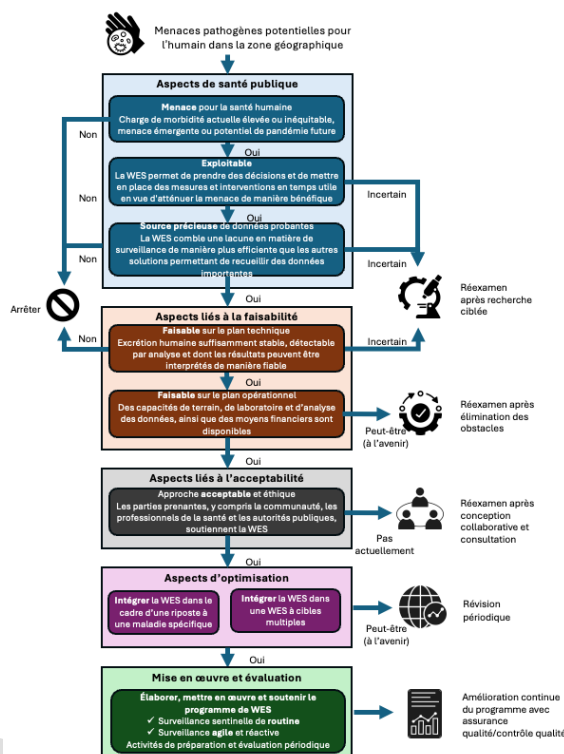


Figure 4.2. Processus de définition des priorités pour la sélection des cibles en vue de la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

La définition des priorités dans le cadre de la WES sur la base de ces critères peut contribuer à une mise en œuvre qui apporte une valeur ajoutée, en permettant aux interventions de santé publique de produire de meilleurs résultats, en toute efficacité, pour des scénarios d'épidémies très divers.

Aspects transversaux

Les aspects transversaux concernent tout type d'agents pathogènes et englobent les considérations relatives à la planification des programmes, la sélection des sites et les stratégies d'échantillonnage, les besoins en matière de capacités d'échantillonnage, les besoins en matière de capacités de laboratoire et la gestion de la qualité, les considérations relatives à la sélection des méthodes et les façons de traduire les données en mesures concrètes. Les aspects concernant des agents pathogènes spécifiques sont inclus dans les six résumés qui doivent être lus conjointement avec les aspects transversaux présentés à la section 5.

Un modèle de flux de travail de la WES applicable à tout type d'agent pathogène est présenté (voir la figure 5.1) pour aider à évaluer si un ou plusieurs agents pathogènes peuvent être combinés efficacement. La sélection des sites d'échantillonnage, les stratégies d'échantillonnage et l'interprétation sont des éléments clés de la WES, car la relation entre la zone de prélèvement des échantillons et les contributions humaines et autres est dynamique et complexe, que ce soit dans des environnements équipés d'égouts que dans des milieux en étant dépourvus. Les considérations

spécifiques au contexte concernant les approches d'échantillonnage, les fréquences, les besoins en matière de capacités et le potentiel d'alignement sur des cibles multiples sont présentées dans les tableaux 5.2 à 5.4. Des données de laboratoire fiables et de qualité sont essentielles à la réussite d'un programme de WES. La création ou le renforcement des capacités des laboratoires de microbiologie environnementale constitue l'une des premières étapes de l'élaboration d'un programme de WES.

Besoins en matière de recherche et mises à jour futures

La section 6 présente les besoins prioritaires en matière de recherche définis par le groupe de travail technique du Consortium mondial pour la WES au service de la santé publique (GLOWACON). Les besoins en matière de recherche couvrent huit domaines principaux :

1. Identifier les agents pathogènes prioritaires pour la WES
2. Élaborer des outils et des techniques améliorés, solides et présentant un bon rapport coût-efficacité pour l'échantillonnage, la détection et l'analyse des cibles prioritaires
3. Élaborer des outils et des techniques solides et présentant un bon rapport coût-efficacité pour l'interprétation des données tirées de la WES
4. Promouvoir l'intégration des résultats tirés de la WES, dans le cadre de la surveillance collaborative, au sein du processus décisionnel global en matière de santé publique et des communications publiques
5. Promouvoir des pratiques éthiques de la WES à des fins de santé publique
6. Améliorer l'utilisation de la WES dans les environnements non raccordés à des réseaux d'égouts
7. Renforcer les capacités en matière de WES, y compris en matière de ressources humaines
8. Identifier d'autres cas d'utilisation potentiels de la WES à des fins de santé publique et aux fins de l'approche « Une seule santé », afin d'éclairer les priorités futures de développement du programme

L'OMS, en collaboration avec les CDC, mettra régulièrement à jour les présentes orientations après la mise en œuvre pilote en 2025 et au fur et à mesure de l'évolution rapide des nouvelles recherches scientifiques et appliquées.

Méthodes

L'OMS, en collaboration avec les CDC, a élaboré ces orientations en suivant la méthode exemplaire définie dans la procédure de l'OMS pour l'élaboration des normes et des standards et comme indiqué à la section 7. Les experts contributeurs ont été sélectionnés dans un souci d'équilibre entre l'expérience universitaire, l'expérience en matière de mise en œuvre et l'expérience en matière de surveillance de maladies spécifiques, et de représentation des genres et des régions. Tous les membres du groupe d'experts ont fait l'objet d'un examen pour vérifier s'ils n'avaient pas de conflits d'intérêts. Les responsables de la lutte contre les maladies ont contribué à l'élaboration de six résumés portant sur des agents pathogènes spécifiques.

1 Introduction

1.1 Contexte

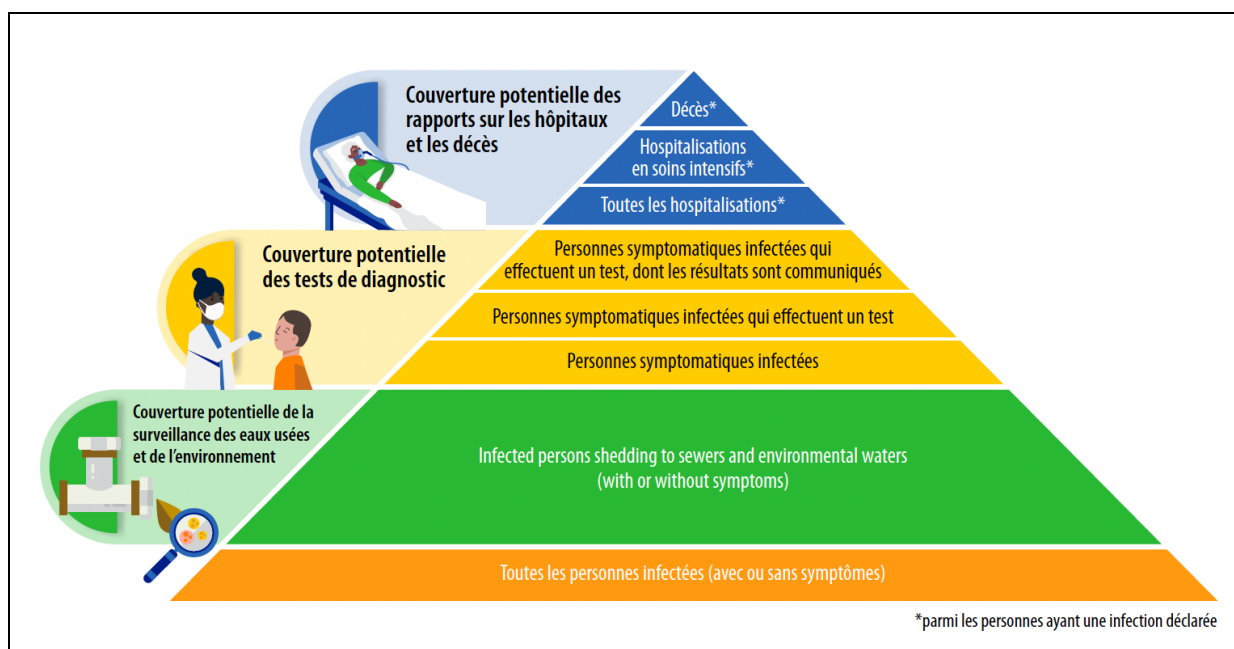
La WES désigne une activité de surveillance qui utilise des échantillons au niveau de la population provenant des eaux usées là où des réseaux d'égouts sont en place, ou d'autres eaux environnementales affectées par les activités humaines dans les endroits dépourvus de réseaux d'égouts (voir la définition complète dans le glossaire).

La WES s'est avérée fournir des informations pertinentes pour la santé publique sur la présence au-delà des limites de détection, les tendances spatiales et temporelles ou la caractérisation génomique de divers agents pathogènes au niveau de la population. L'inclusion de la WES peut renforcer la surveillance multimodale globale en complétant d'autres formes de surveillance et en comblant les lacunes en la matière, et ce, de façon efficiente, afin de permettre la prise de décisions opportunes en matière de santé publique. Parmi les utilisations bien établies de la WES figurent notamment la détection du poliovirus dans le cadre des efforts d'éradication de la poliomyélite et le suivi du SARS-CoV-2 dans le cadre de la riposte à la pandémie de COVID-19 (encadré 1.2).

La WES et la surveillance basée sur les cas présentent des avantages relatifs différents tout en fournissant des informations complémentaires. Contrairement à la surveillance basée sur les cas, la WES fournit souvent une alerte rapide avant que des cas soient signalés, car elle peut détecter des cas asymptomatiques et elle ne s'appuie pas sur le comportement de recours aux soins ou sur l'accès aux services de santé et aux tests de diagnostic. La WES permet d'obtenir des informations au niveau de la population avec un seul test. Elle peut favoriser une plus grande équité en matière de santé en fournissant des informations sur les populations qui sont sous-représentées dans la surveillance basée sur les cas.

Les progrès technologiques et opérationnels rapides combinés aux données probantes empiriques issues des activités de WES élargissent considérablement l'utilité potentielle de la WES en tant qu'outil de surveillance efficient et flexible au niveau de la population. Ces progrès et données sont utiles pour un large éventail d'autres maladies infectieuses et de cibles connexes qui revêtent une importance particulière en matière de santé publique (tableau 4.4). La figure 1.1 illustre la couverture potentielle de la WES par rapport à toutes les personnes infectées et à celles identifiées au moyen de différentes approches de surveillance basée sur les événements.

Figure 1.1. La relation entre l'ensemble des personnes infectées, la couverture potentielle de la surveillance des eaux usées et de l'environnement et les différents niveaux de surveillance basée sur des événements individuels (source : adapté de Havelaar *et al.*, 2007).



Ces documents présentent les données probantes et les cas d'utilisation de la WES pour le SARS-CoV-2, ainsi que les principaux éléments à prendre en compte pour la mise en œuvre. La note d'information scientifique a fourni des informations précoces de haut niveau, tandis que les orientations provisoires et les orientations ont fourni des conseils plus détaillés sur la question de savoir si, comment et dans quelles circonstances l'application de la WES de routine et agile pouvait être déployée en complément de la surveillance clinique et d'autres formes de surveillance. Diverses applications à grande échelle sont également documentées, notamment l'alerte rapide concernant des cas ou des flambées dans les tendances d'infection de la communauté, ainsi que l'émergence et la propagation de nouveaux variants, par le biais de publications à comité de lecture s'accompagnant de recherches originales et d'analyses.

L'OMS reconnaît qu'il est nécessaire de soutenir la conception, la mise en œuvre et le maintien de systèmes de surveillance intégrés, multisources et multisectoriels, qui incluent la WES. Ensemble, ces systèmes fournissent des données probantes qui viennent étayer la prise de décisions locales, pratiques et contextuelles en matière de santé publique. Il s'agit d'une tâche complexe et dynamique. Les menaces d'épidémie et de pandémie connues, actuelles et émergentes continuent d'évoluer, parfois très rapidement, comme l'illustrent les récentes urgences de santé publique de portée internationale concernant notamment la COVID-19 et l'orthopoxvirose simienne. Le changement climatique, les phénomènes météorologiques extrêmes, les conflits armés et d'autres facteurs ont un impact sur la distribution des vecteurs et des agents pathogènes, les infrastructures d'approvisionnement en eau et d'assainissement, les pratiques agricoles et d'élevage, les mouvements de population, le recours à la vaccination et bien d'autres choses encore. Tous ces éléments ont des conséquences sur l'évolution de l'épidémiologie des maladies endémiques et épidémiques. Des contextes mondiaux divers présentent des différences au niveau de l'épidémiologie locale, des capacités des systèmes de santé publique et des ressources.

La WES peut être considérée dans le contexte de l'approche « Une seule santé », étant donné que de nombreux agents pathogènes zoonotiques co-circulent parmi les humains ou représentent une

menace potentielle d'épidémie ou de pandémie et que la WES a également des applications directes et exclusives en matière de santé animale^{2,3}. La WES peut en outre contribuer à lutter contre le problème mondial urgent de la résistance aux antimicrobiens que l'on doit considérer dans le cadre de l'approche plus large et plus complexe de la surveillance intégrée de la résistance aux antimicrobiens au sein de l'initiative « Une seule santé » (référence à venir). Enfin, la WES peut être appliquée à une grande variété de substances biologiques et chimiques dont beaucoup peuvent constituer une urgence de santé publique (par exemple, produits pharmaceutiques, drogues illicites, biomarqueurs divers).

1.2 Objectif

Cet ensemble d'orientations s'appuie sur les orientations précédentes relatives à la WES concernant des agents pathogènes spécifiques^{4,5}. Il vise à fournir aux décideurs locaux un cadre pratique leur permettant d'examiner l'utilité potentielle des programmes de WES pour une ou plusieurs cibles dans le cadre de systèmes de surveillance multimodaux efficaces.

Ce cadre comprend des considérations contextuelles à la fois techniques et pratiques, centrées sur les besoins locaux en matière de santé publique, les objectifs spécifiques de la surveillance et les mesures rendues possibles par les informations tirées des activités de surveillance. Il décrit la valeur potentielle, les points forts et les limites de la WES, y compris les cas où la WES a été conceptuellement et méthodologiquement prouvée. Les principales lacunes en matière de connaissances et les priorités de recherche sont identifiées afin d'améliorer l'application et l'utilité de la WES.

Ce document de synthèse est accompagné de résumés détaillés de la WES pour six groupes d'agents pathogènes spécifiques, qui seront complétés au fur et à mesure que d'autres agents pathogènes prioritaires seront identifiés (section 1.5). Ensemble, ils fournissent un cadre pratique fondé sur des données probantes pour évaluer l'inclusion de la WES pour un ou plusieurs agents pathogènes dans le contexte des utilisateurs.

1.3 Public cible

Cet ensemble d'orientations s'adresse aux entités qui envisagent d'établir, de modifier et de pérenniser la WES dans le cadre de leurs systèmes de surveillance collaborative. Il s'agit notamment de prendre en compte la WES dans la préparation aux menaces émergentes et futures pour la santé humaine. Ces entités comprennent :

- Ministères de la santé (nationaux, régionaux) et programmes de prévention et de lutte visant des maladies spécifiques
- Parties prenantes de la WES et en rapport avec la surveillance, y compris la santé publique, l'environnement et d'autres organismes liés à l'initiative « Une seule santé »
- Décideurs politiques, chercheurs et professionnels aux compétences diverses, y compris ceux qui interviennent aux niveaux national et infranational
- Autres parties prenantes clés du secteur de l'eau et de l'assainissement, y compris les opérateurs des réseaux d'égouts et d'assainissement

1.4 Portée

Cet ensemble d'orientations met l'accent sur les applications de la WES dans le domaine des maladies infectieuses humaines. Les questions clés abordées dans ce document sont les suivantes :

- Dans quelles circonstances la WES peut-elle combler des lacunes et renforcer les systèmes de surveillance multimodale en fournissant des informations exploitables pour la prise de décisions en matière de santé publique ?
- Quels sont les principaux cas d'utilisation pour une utilisation de routine et continue ainsi que pour une WES agile limitée dans le temps ?
- Quelles sont les preuves à l'appui de cas d'utilisation donnés pour la WES, ainsi que de leurs points forts et de leurs limites ?
- Comment les facteurs locaux et contextuels peuvent-ils déterminer les agents pathogènes à privilégier dans le cadre d'un programme de WES nouveau, modifié ou continu ?
- Comment des aspects tels que l'importance d'un agent pathogène pour la santé publique, la faisabilité technique et opérationnelle, l'acceptabilité et l'intégration dans la surveillance et la riposte sont-ils pris en compte ?
- Quelles sont les principales considérations éthiques et juridiques propres à la WES pour les maladies infectieuses ?
- Quelles sont les activités de gouvernance, de planification et autres nécessaires pour préparer la mise en œuvre de la WES de routine ou agile ?
- Quelles sont les capacités minimales requises pour mettre en œuvre la WES en tenant compte d'aspects tels que l'échantillonnage, le transport, les laboratoires, la collecte de données et l'analyse bio-informatique, l'interprétation, l'intégration et l'intervention en matière de santé publique ?
- Comment les programmes de WES individuels ou à cibles multiples peuvent-ils gagner en rentabilité et en efficacité ? Des compromis sont-ils nécessaires (par exemple, entre la sensibilité et l'utilisation optimale des ressources) ?

Les questions et l'ensemble d'orientations devront être révisés et mis à jour régulièrement, compte tenu de l'évolution rapide des applications de la WES, des publications et de l'innovation technologique.

Cet ensemble d'orientations ne couvre pas la WES pour les agents pathogènes exclusifs aux animaux et d'autres substances biologiques et chimiques telles que les produits pharmaceutiques et les drogues illicites, qui peuvent présenter un intérêt pour la surveillance de la santé publique et des synergies potentielles.

1.5 Résumés de la surveillance des eaux usées et de l'environnement pour des agents pathogènes spécifiques

Cet ensemble d'orientations comprend des résumés détaillés de la WES pour des agents pathogènes spécifiques qui concernent des maladies d'importance mondiale et les agents pathogènes qui en sont la cause. Jusqu'à présent, les six résumés mentionnés ci-après ont été menés à bien et d'autres suivront. Ils concernent les agents pathogènes suivants :

- Choléra (*Vibrio cholerae*)
- Grippe (*virus de la grippe A et B*)
- *Orthopoxvirus simien*
- Poliomyélite (*poliovirus*)
- COVID-19 (*SARS-CoV-2*)
- Fièvre entérique typhoïde et paratyphoïde (*Salmonella enteritidis*, sérotypes *Typhi* et *Paratyphi*)

Un nombre limité de nouveaux résumés spécifiques de la WES sera ajouté au fur et à mesure que les agents pathogènes et les cibles connexes seront jugés prioritaires.

Ces résumés portant sur des agents pathogènes synthétisent les données probantes publiées, notamment : les cas d'utilisation démontrés et potentiels de la WES pour soutenir la prise de

décisions en matière de santé publique ; le contexte pertinent ; la faisabilité technique et opérationnelle ; les considérations méthodologiques supplémentaires de la WES concernant l'échantillonnage, les méthodes de laboratoire, l'analyse, l'interprétation et l'acceptabilité ; l'intégration dans la surveillance et la riposte générales et pour des maladies spécifiques, ainsi que la WES à cibles multiples. Les limites, les principales lacunes en matière de connaissances et les priorités de la recherche appliquée y sont également décrites.

D'autres résumés spécifiques de la WES seront réalisés et incluront probablement un ou plusieurs arbovirus (par exemple, le virus Zika), la résistance aux antimicrobiens, les maladies évitables par la vaccination (par exemple, la rougeole) ainsi que d'autres agents pathogènes ou cibles dont la priorité aura été établie lors de consultations régionales.

Encadré 1.2. Exemples d'utilisations établies de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

Poliovirus

La WES est considérée comme une source importante de données pour éclairer l'éradication de la poliomyélite, en complément de la surveillance basée sur les cas de la paralysie flasque aiguë, y compris l'identification de la circulation silencieuse, du type de poliovirus et de sa source probable. L'[Initiative mondiale pour l'éradication de la poliomyélite](#) (IMEP)⁶, qui comprend l'OMS, a publié son dernier [Guide de terrain pour la mise en œuvre de la surveillance environnementale du poliovirus](#) en 2023⁵. Ce guide s'appuie sur les précédentes [lignes directrices pour la surveillance environnementale de la circulation du poliovirus](#) (2003) (disponibles en anglais)⁷, du projet de [lignes directrices pour la surveillance environnementale en vue de la détection du poliovirus](#) (disponible en anglais) et du plan d'expansion (2015)⁸ qu'il complète.

La qualité et le nombre de sites de WES continuent de s'améliorer et de s'étendre. En décembre 2023, on dénombrait ainsi 900 sites de WES de routine répartis dans 86 pays, y compris des pays où le poliovirus sauvage est endémique, des pays sujets à des flambées de poliovirus circulant dérivé d'un vaccin et d'autres (IMEP, 2024). La WES visant le poliovirus comprend également une riposte agile face aux épidémies qui est déclenchée par un cas clinique de paralysie flasque aiguë, une détection découlant de la WES ou tout autre risque accru. De plus amples détails et des exemples de WES sentinelle, de routine et agile figurent dans la synthèse relative à la WES pour la détection et le suivi du poliovirus (disponible [ici](#)).

SARS-CoV-2

En août 2020, l'OMS a publié une note d'information scientifique sur l'[état de la surveillance environnementale du virus SARS-CoV-2](#) (en anglais)⁹ qui portait sur l'utilisation potentielle de la WES pour fournir des données probantes afin d'éclairer la gestion de la COVID-19. Les [orientations provisoires](#) de l'OMS sur la [surveillance environnementale du SRAS-CoV-2 en complément de la surveillance de la santé publique](#) (en anglais) ont suivi en avril 2022¹⁰ et ont été à nouveau mises à jour dans les [orientations sur la surveillance environnementale pour le SARS-CoV-2 en vue de compléter d'autres activités de surveillance de la santé publique](#) (en anglais) en septembre 2023¹¹.

Ces documents présentent les données probantes et les cas d'utilisation de la WES pour le SARS-CoV-2, ainsi que les principales considérations relatives à la mise en œuvre. La note d'information scientifique a fourni des informations précoces de haut niveau, tandis que les orientations provisoires et les orientations ont fourni des orientations plus approfondies sur la question de savoir si, comment et dans quelles circonstances l'application de la WES de routine et agile pouvait être déployée en complément de la surveillance clinique et d'autres formes de surveillance. Diverses applications à grande échelle sont également documentées, notamment l'alerte rapide concernant des cas ou des flambées dans les tendances d'infection de la communauté, ainsi que l'émergence et la propagation de nouveaux variants, par le biais de publications à comité de lecture s'accompagnant de recherches originales et d'analyses.

De plus amples détails et des exemples de WES sentinelle, de routine et agile figurent dans la synthèse relative à la WES pour la détection et le suivi du SARS-CoV-2 (disponible [ici](#)).

2 Positionner la surveillance des eaux usées et de l'environnement dans les initiatives transversales et spécifiques à certaines maladies

2.1 Établir des liens entre les niveaux national, régional et mondial

La WES doit être liée et coordonnée avec les activités de surveillance et de riposte visant des maladies spécifiques, ainsi qu'avec les systèmes de surveillance généraux et les initiatives transversales pertinentes aux niveaux local, régional et mondial. Il existe donc un large éventail de personnes et d'institutions (notamment dans les secteurs de la santé, de l'environnement, de l'eau et de l'assainissement) qu'il peut être nécessaire de consulter et qui peuvent jouer un rôle dans la conception et la mise en œuvre des programmes de WES ou en tant qu'utilisateurs finaux des informations en la matière. Les différents programmes et initiatives transversaux peuvent être pertinents à des niveaux mondial, régional, national et infranational, et dépendront de l'agent pathogène visé par la WES et de l'application du cas d'utilisation. Si la collaboration, la coordination et l'institutionnalisation sont essentielles à la réussite, elles représentent également un défi.

2.1.1 Niveau mondial

Il existe de nombreux programmes et initiatives de portée mondiale (mais aussi des programmes et initiatives connexes aux échelles régionale et nationale) dans lesquels la WES joue un rôle réel ou probable, notamment :

- Surveillance collaborative pour une surveillance adaptée, multimodale et multisectorielle^{1,12}
- Prévention, préparation, riposte et résilience en cas d'urgence sanitaire, y compris le renforcement de la surveillance des maladies infectieuses dans les situations d'urgence et de conflit¹⁴
- Préparation aux épidémies et aux pandémies, y compris pour les agents pathogènes (et les familles de virus) qui représentent une menace élevée, y compris les agents pathogènes inconnus X¹³
- Surveillance génomique mondiale, y compris pour les menaces d'épidémie et de pandémie^{15,16}
- Initiatives mondiales en matière de sécurité biologique^{17,18}
- Résistance aux antimicrobiens, y compris la surveillance intégrée^{13,19}
- Approches « One Health » des maladies humaines et zoonotiques qui reconnaissent les liens entre la santé humaine, animale et environnementale.^{2,3}

Il existe également de nombreux programmes spécifiques à des maladies et à des syndromes dans le cadre desquels la WES joue un rôle réel ou potentiel, qui sont multidisciplinaires et généralement multisectoriels. Ci-après figurent quelques exemples clés (non exhaustifs) :

- Initiative mondiale pour l'éradication de la poliomyélite⁶
- Système mondial élargi de surveillance de la grippe et de riposte,²⁰ qui couvre également la grippe et le SRAS-CoV-2
- Divers réseaux de laboratoires collaboratifs tels que CoViNet²¹, le réseau de laboratoires sur les coronavirus qui intègre la surveillance environnementale
- Initiative mondiale de lutte contre les arbovirus²²
- Riposte mondiale à la fièvre typhoïde, y compris la coalition « Take on Typhoid » (Lutte contre la typhoïde)²³
- Groupe spécial mondial de lutte contre le choléra²⁴
- Riposte à l'orthopoxvirus simien dans le cadre de la riposte à l'urgence de santé publique de portée internationale

Il existe de nombreux autres programmes en fonction de l'agent pathogène ou de la maladie visé(e), comme la méningite, les maladies évitables par la vaccination, notamment la rougeole et l'hépatite, diverses infections sexuellement transmissibles, les fièvres hémorragiques aiguës, les maladies tropicales négligées.

2.1.2 Niveau national

Au niveau national, la stratégie de WES doit s'inscrire plus largement dans les politiques et les cadres stratégiques nationaux pertinents qui sont propres à chaque pays. Citons par exemple le plan d'action national pour la surveillance des maladies transmissibles et la riposte et le plan d'action national pour la sécurité sanitaire, ainsi que d'autres plans nationaux transversaux ou spécifiques à une maladie. Ces politiques et cadres seront probablement intégrés dans une ou plusieurs des initiatives régionales et mondiales plus larges décrites ci-dessus.

Ce niveau d'intégration de la WES est possible une fois que la WES passe des projets pilotes et de recherche à une mise en œuvre à plus grande échelle.

2.1.3 Niveau international/transfrontalier

Outre les applications nationales de la WES, il existe également des applications internationales qui peuvent concerner des zones géographiques transfrontalières, multinationales, régionales et mondiales. Les agents pathogènes humains sont rapidement transportés par-delà les frontières directement par les humains ou par les animaux, et dans le cadre des activités commerciales par le transport aérien, maritime et terrestre, ainsi que par la transmission environnementale zoonotique sauvage. Les agents pathogènes émergents qui circulent dans un endroit donné peuvent être transportés rapidement vers d'autres endroits, y compris au-delà des frontières internationales. Compte tenu de ces considérations, les applications internationales de la WES peuvent être classées comme suit :

- **Applications indirectes.** Les résultats tirés de la WES spécifiques à un pays peuvent fournir une alerte rapide pour d'autres pays (c'est-à-dire qu'ils indiquent un risque accru d'incursion).
- **Applications multinationales, transfrontalières ou régionales.** Les activités du programme de WES sont spécifiquement planifiées pour répondre à un événement régional transfrontalier (par exemple, épidémie dans plusieurs pays ou autre)
- **Applications mondiales.** Le programme de WES est conçu principalement pour obtenir des avantages à l'échelle mondiale, comme la surveillance sentinelle mondiale des centres aériens (et des centres maritimes) avec des partenaires nationaux bénéficiant des activités de surveillance mondiale pour la détection précoce de l'émergence et de la propagation²⁵.

2.2 Intégration à la surveillance et à la riposte visant des maladies spécifiques

L'objectif des systèmes de surveillance multimodale intégrée, y compris la WES, est de fournir des systèmes efficaces qui contribuent à réduire la charge de morbidité et les préjudices socioéconomiques. Le recours à la WES doit fournir des informations locales pertinentes permettant d'identifier, de surveiller et d'atténuer les menaces sérieuses pour la santé humaine d'une manière qui n'est pas disponible ou qui est plus coûteuse avec d'autres types de surveillance.

La figure 2.1 représente de façon schématique la surveillance intégrée des maladies, y compris la WES, qui illustre :

- **L'implication collaborative de plusieurs secteurs**, tels que les parties prenantes des secteurs de la santé humaine, de la santé animale et de l'environnement, y compris l'eau et l'assainissement.

- **L'intégration avec d'autres types de surveillance** à des moments clés, y compris lors de la phase de conception et de la phase finale pour une analyse et une prise de décisions intégrées, c'est-à-dire,
 - la conception et le perfectionnement des systèmes de surveillance et de leur gouvernance afin de répondre aux besoins spécifiques du contexte en matière de surveillance des maladies et de riposte ; et
 - l'intégration d'informations de surveillance provenant de sources multiples afin de fournir en temps utile des renseignements combinés permettant d'éclairer les décisions et les mesures en matière de santé publique.
- **La mise en œuvre de la WES et d'autres formes de surveillance en parallèle.**
 - Elle comprend la sélection du site, l'échantillonnage et le transport, l'analyse en laboratoire, l'interprétation et la remontée des résultats spécifiques à la WES.
 - Elle est effectuée parallèlement à d'autres activités de surveillance basées sur les événements (humains +/- zoonotiques ou vectoriels) et à d'autres activités de surveillance et de collecte d'informations.
 - L'importance relative des différents flux de surveillance et d'information peut varier.

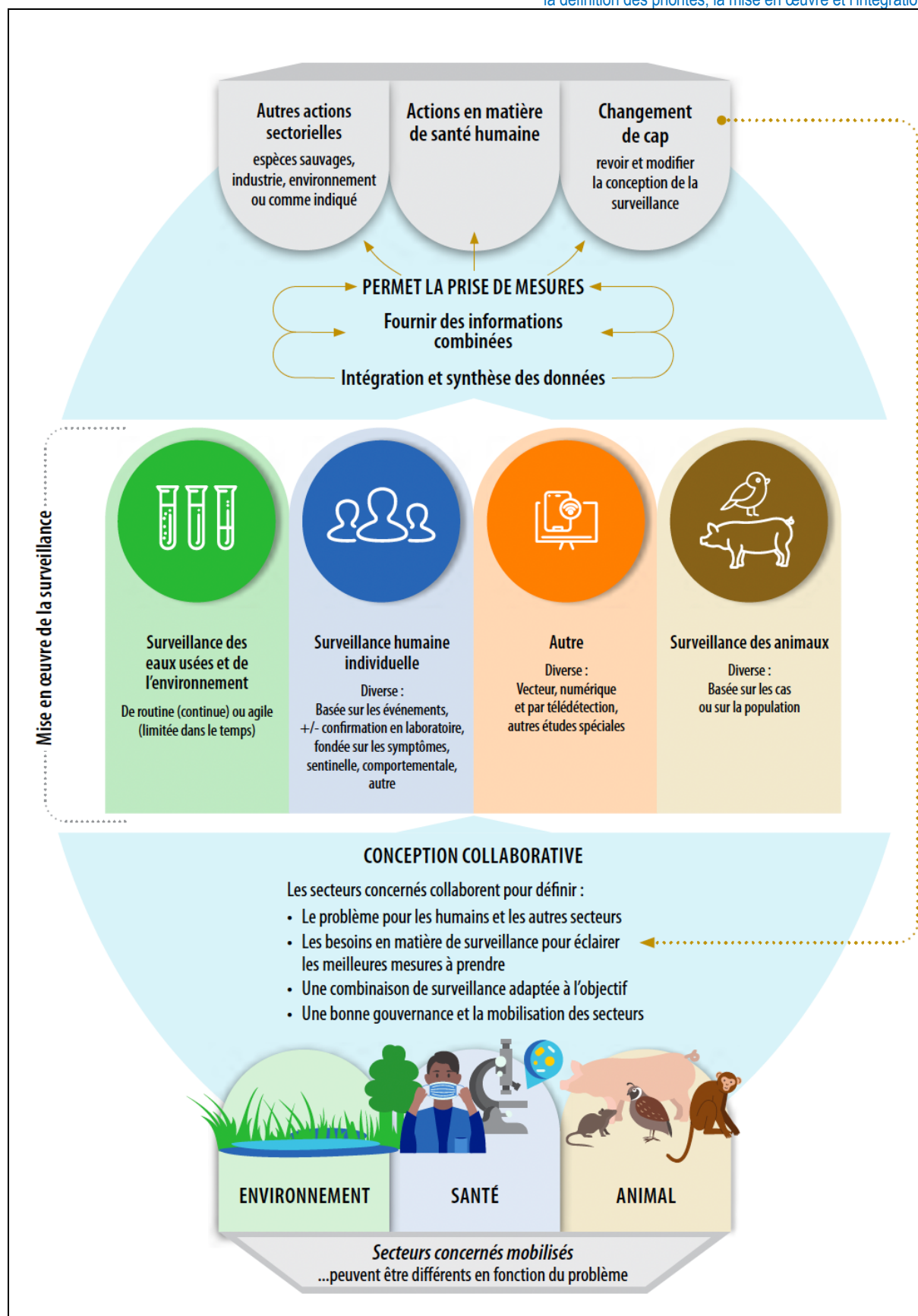


Figure 2.1. Illustration d'une surveillance intégrée efficace des maladies, dont la surveillance des eaux usées et de l'environnement.

2.3 Acteurs et rôles clés pour la conception et la mise en œuvre

La surveillance de la santé humaine requiert toujours une équipe pluridisciplinaire possédant l'expertise nécessaire pour les phases de conception, de mise en œuvre, de suivi et d'évaluation du programme. Pour une mise en œuvre de routine, une expertise en santé publique (épidémiologie des maladies infectieuses, surveillance, gestion des données, bio-informatique, communication et autres) ainsi qu'une expertise spécialisée en laboratoire (si la surveillance comprend une composante de laboratoire) sont nécessaires. La contribution des représentants communautaires est également importante pour connaître le point de vue de la communauté, en particulier si la surveillance ou la maladie concernent des personnes marginalisées ou vulnérables. Plus précisément, la WES requiert une expertise dans les domaines suivants :

- les systèmes d'assainissement, l'échantillonnage et l'analyse environnementale en laboratoire ;
- la conception, l'utilisation et l'interprétation de données démographiques et spatiales par des experts en santé publique ;
- la connaissance des pratiques et des systèmes d'assainissement, y compris dans les zones non raccordées à des réseaux d'égouts, par les représentants de la communauté ;
- l'élaboration de systèmes de communication équitables qui privilégient une communication compréhensible, concrète et non stigmatisante, y compris pour les représentants de la communauté ;
- d'autres compétences en fonction du cas d'utilisation particulier de la WES, du contexte et de l'épidémiologie.

Pour garantir une mise en œuvre adaptée, une structure de coordination nationale englobant tous les acteurs concernés doit être mise en place et dirigée par des acteurs de la santé publique tels que le ministère de la santé ou l'agence nationale de la santé publique ou de l'environnement. La Figure 2.2 illustre les rôles sectoriels.

Le responsable opérationnel de la WES peut être un épidémiologiste de l'environnement ou occuper une fonction similaire et, avec son équipe, il définit les priorités de la surveillance ainsi que la coordination et l'utilisation des données. L'équipe chargée de la WES collabore également avec les entités publiques ou privées responsables de l'assainissement et des laboratoires désignés. L'équipe chargée de la WES assure la coordination interne au sein des agences sanitaires ou entre elles, en impliquant celles responsables des maladies transmissibles, des interventions de santé publique, des communications publiques, de la participation communautaire, des unités locales décentralisées de santé publique et d'autres intervenants de première ligne. Les chercheurs jouent un rôle clé en comblant les principales lacunes en matière de connaissances et en stimulant les innovations et l'amélioration des programmes dans tous les domaines. Ils peuvent également jouer un rôle hybride de mise en œuvre et de recherche.



Figure 2.2. Les secteurs clés et leurs rôles probables dans la conception et la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement.

3 Éléments du programme de surveillance des eaux usées et de l'environnement

Un programme de WES peut inclure trois éléments interdépendants et synergiques pour répondre aux menaces actuelles et futures, à savoir :

- **Surveillance de routine sentinelle et continue** des cibles prioritaires actuelles ;
- **Interventions de surveillance agiles et limitées dans le temps** face aux menaces émergentes (si et quand cela s'avère nécessaire) ;
- **Planification, préparation et amélioration continue** de toute WES actuelle ou future (surveillance de routine ou agile).

La figure 3.1 présente un schéma simple de l'interaction entre le choix de la cible de la WES, le contexte et le cas d'utilisation de la surveillance avec des objectifs de surveillance spécifiques qui éclairent les mesures locales en matière de santé publique. Ces considérations locales conduisent ensuite à des décisions relatives à la conception du programme de WES pour une surveillance de routine ou agile. Ces considérations varient considérablement d'un endroit à l'autre et peuvent changer au fil du temps dans un même endroit en fonction de l'adaptation du programme et de son examen périodique.

La hiérarchisation des cibles de la WES par ordre de priorité doit tenir compte des menaces actuelles et des menaces futures potentielles. Les menaces actuelles et les éléments déclencheurs d'interventions agiles peuvent être quantifiés en s'appuyant sur des données antérieures. Les futures menaces d'épidémies et de pandémies s'accompagnent d'une grande incertitude quant à leur probabilité d'apparition et à leur impact potentiel, y compris l'agent pathogène inconnu X¹³.

Le tableau 3.2 résume les trois éléments ainsi que les objectifs de surveillance, les cas d'utilisation et les activités clés.

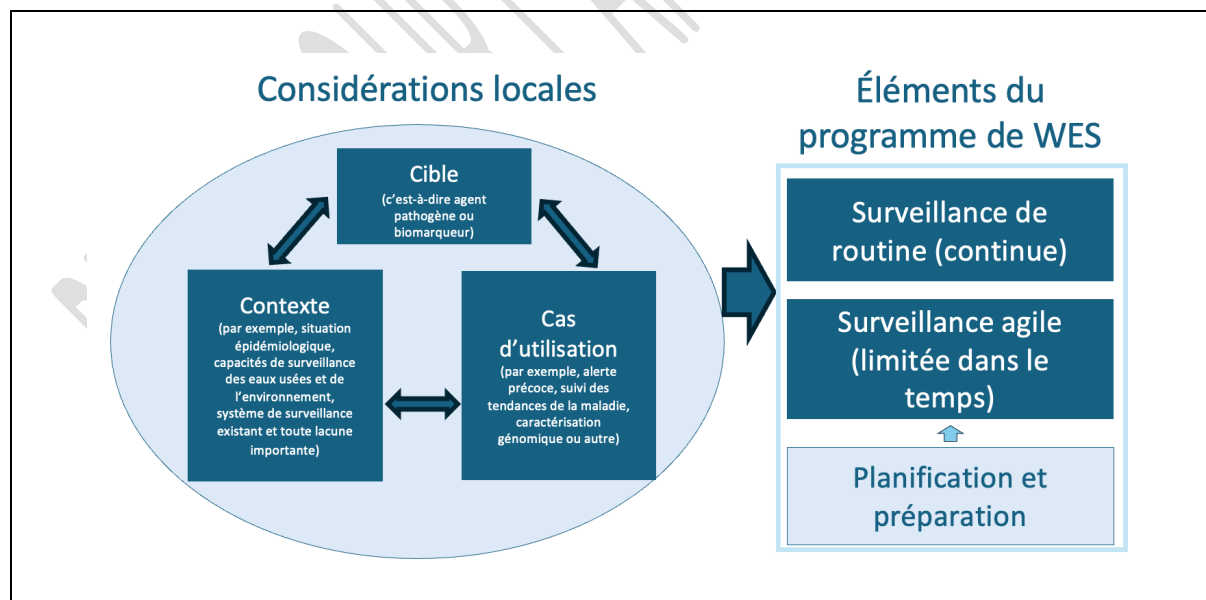


Figure 3.1. Interaction entre le choix de l'agent pathogène, le contexte, le système de surveillance actuel et le cas d'utilisation.

Tableau 3.2. Éléments du programme de surveillance des eaux usées et de l'environnement, cas d'utilisation associés et activités clés.

Éléments du programme	Cibles	Cas d'utilisation	Activités principales
Surveillance sentinelle de routine (continue)	Menaces actuelles	- Alerte rapide qui conduit à une intervention – qui peut inclure des investigations supplémentaires telles qu'une intervention de WES agile - Suivi des tendances spatiales et temporelles afin d'éclairer les interventions de santé publique et de mieux caractériser l'épidémiologie +/- la génomique de l'agent pathogène	- Échantillonnage, analyse et remontée des résultats continus concernant des cibles prioritaires sélectionnées à une fréquence régulière - Les sites sentinelles peuvent comprendre de grands centres de population géographiquement représentatifs, des centres de transport ou d'autres lieux stratégiques, et tenir compte des populations à risque et mal desservies, si possible. - Analyse de laboratoire adaptée à l'objectif (par exemple, présence/non-détection, analyse quantitative, caractérisation génomique) - Seuils définis (par exemple, augmentation/baisse absolue ou relative de la circulation des agents pathogènes observés) en vue de mesures de santé publique concertées - Remarque : des modèles temporels clairs dans les maladies peuvent justifier des fréquences d'échantillonnage dynamiques, telles qu'une fréquence réduite pendant les périodes prévues de faible prévalence.
Surveillance agile (intervention limitée dans le temps)	Menaces émergentes spécifiques	- Comme pour le point 2 ci-dessus pour une période limitée dans le temps – se concentre sur la mise en œuvre et le déploiement à plus grande échelle de la WES pour répondre à une situation d'urgence - Réponse à un élément déclencheur spécifique (de la WES de routine, détection d'un cas ou autre) OU - Réponse à une nouvelle menace émergente avec un agent pathogène non inclus dans le programme de WES de routine	- Intégration de la WES agile dans la riposte aux épidémies et aux menaces émergentes en optimisant les synergies avec les activités existantes de WES - Activation d'une intervention de WES agile en tenant compte des questions de gouvernance, de mobilisation des ressources et de coordination connexes - Validation rapide de la méthode de laboratoire pour la cible (si nécessaire) - Mise en œuvre : adaptation de la fréquence d'échantillonnage, des lieux, des analyses de laboratoire, de la remontée des résultats et des protocoles d'intervention, selon les besoins, en tirant parti des programmes existants de WES et de l'expérience en la matière (le cas échéant).
Planification, préparation et amélioration continue	Comme ci-dessus, plus Menaces futures probables	- Planification et autres activités visant à préparer la mise en œuvre d'une WES nouvelle ou modifiée, afin de permettre des interventions rapides et agiles en présence d'un programme de WES existant - Les activités d'amélioration et d'innovation des programmes visent à optimiser le rapport coût-efficacité des programmes	- Définition des éléments déclencheurs d'une surveillance agile, y compris ceux découlant de la WES de routine (comme pour la poliomyélite, par exemple) - Identification et planification des menaces futures dans différents scénarios (par exemple, la grippe pandémique, la distribution élargie des maladies arbovirales) - Examen des besoins en matière de mécanismes de gouvernance, de ressources, de recherche et de développement, de capacités et de partenariats, notamment en tirant parti de la WES existante.

ainsi que leur utilité actuelle et potentielle.	• Maintien de l'état de préparation opérationnelle pour une intervention de surveillance agile.
• En l'absence d'un programme de WES existant, une planification et d'autres activités de préparation sont nécessaires, en accordant un délai suffisant à la mise en place de toute activité de WES (de routine ou agile)	• Préparation et maintien des capacités et des chaînes d'approvisionnement pour l'échantillonnage et l'analyse en laboratoire pour les menaces futures prioritaires, y compris les relations et la gouvernance. • Détermination des activités de préparation technique prioritaires, telles que la validation et l'optimisation des méthodes, l'évaluation des lieux d'échantillonnage et la capacité d'accéder aux lieux d'échantillonnage • Amélioration continue du programme et innovation (pour toutes les activités de WES)

4 Sélection et hiérarchisation d'une ou de plusieurs cibles pathogènes

4.1 Vue d'ensemble

La présente section décrit un processus décisionnel séquentiel, fondé sur des données probantes, pour définir les priorités locales et contextuelles quant à une ou plusieurs cibles pathogènes dans le cadre de la WES et leurs cas d'utilisation connexes. Le processus de définition des priorités vise à permettre la mise en œuvre de systèmes de WES pour soutenir la prise de décisions en matière de santé publique afin d'améliorer l'issue des épidémies. Le processus de définition des priorités présenté dans les figures 4.1 et 4.2 est destiné à être utilisé au niveau national. Cependant, il peut également être appliqué à d'autres échelles géographiques (y compris aux échelles mondiale, régionale et infranationale) afin d'envisager la WES pour les menaces actuelles, émergentes et futures potentielles. L'approche nécessite :

- Une identification des agents pathogènes/cibles potentiels localement pertinents pour la WES (section 5.2) ;
- Une évaluation séquentielle tenant compte d'un certain nombre de critères, à savoir l'importance en matière de santé publique, la faisabilité, l'acceptabilité et l'optimisation, ce qui aboutit à la définition des agents pathogènes/cibles et des cas d'utilisation prioritaires (section 5.3)

L'approche favorise un examen structuré et contextualisé de la valeur ajoutée potentielle et de l'exploitabilité des résultats de la WES dans le cadre d'une WES à cibles multiples efficiente. La figure 4.2 illustre les étapes à suivre, qui commencent par le recensement des agents pathogènes potentiels pertinents au niveau local et se terminent par la mise en œuvre de la WES, et comprennent la surveillance de routine et agile et les activités de planification et de préparation initiales, ainsi que les activités d'amélioration continue et d'évaluation périodique.

Ce processus nécessitera probablement une combinaison de recherche documentaire et de délibérations dans le cadre d'une approche interdisciplinaire avec des experts et des décideurs locaux. Il convient de procéder régulièrement à un examen et à des mises à jour, compte tenu de la situation changeante des maladies transmissibles et de l'évolution rapide des données, des technologies et des capacités dans le domaine de la WES.

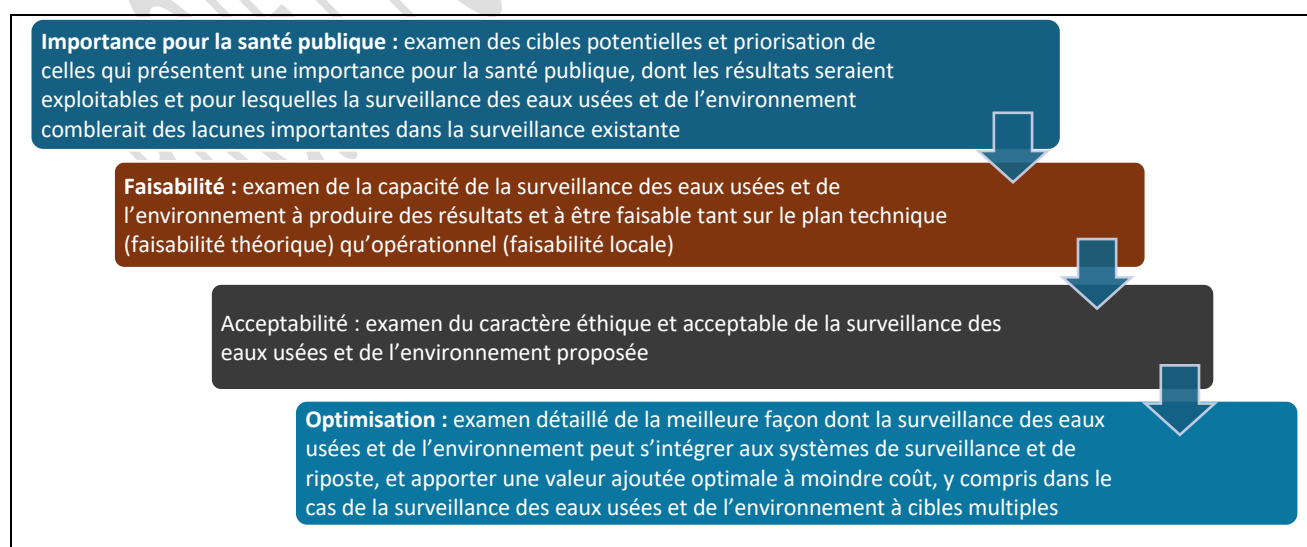


Figure 4.1. Vue d'ensemble du processus de définition des priorités pour la sélection des cibles en vue de la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

Le processus et les critères proposés (présentés dans les figures 4.1 et 4.2), qui s'inspirent de cadres conceptuels publiés précédemment^{5,26-28}, ont été élaborés en consultation avec des experts mondiaux. Ces critères exigent explicitement de prendre en compte le système global de surveillance des maladies et de riposte, ainsi que toute autre activité de surveillance actuelle ou prévue (le cas échéant) et la valeur ajoutée relative (ou l'absence de valeur ajoutée) de la WES.

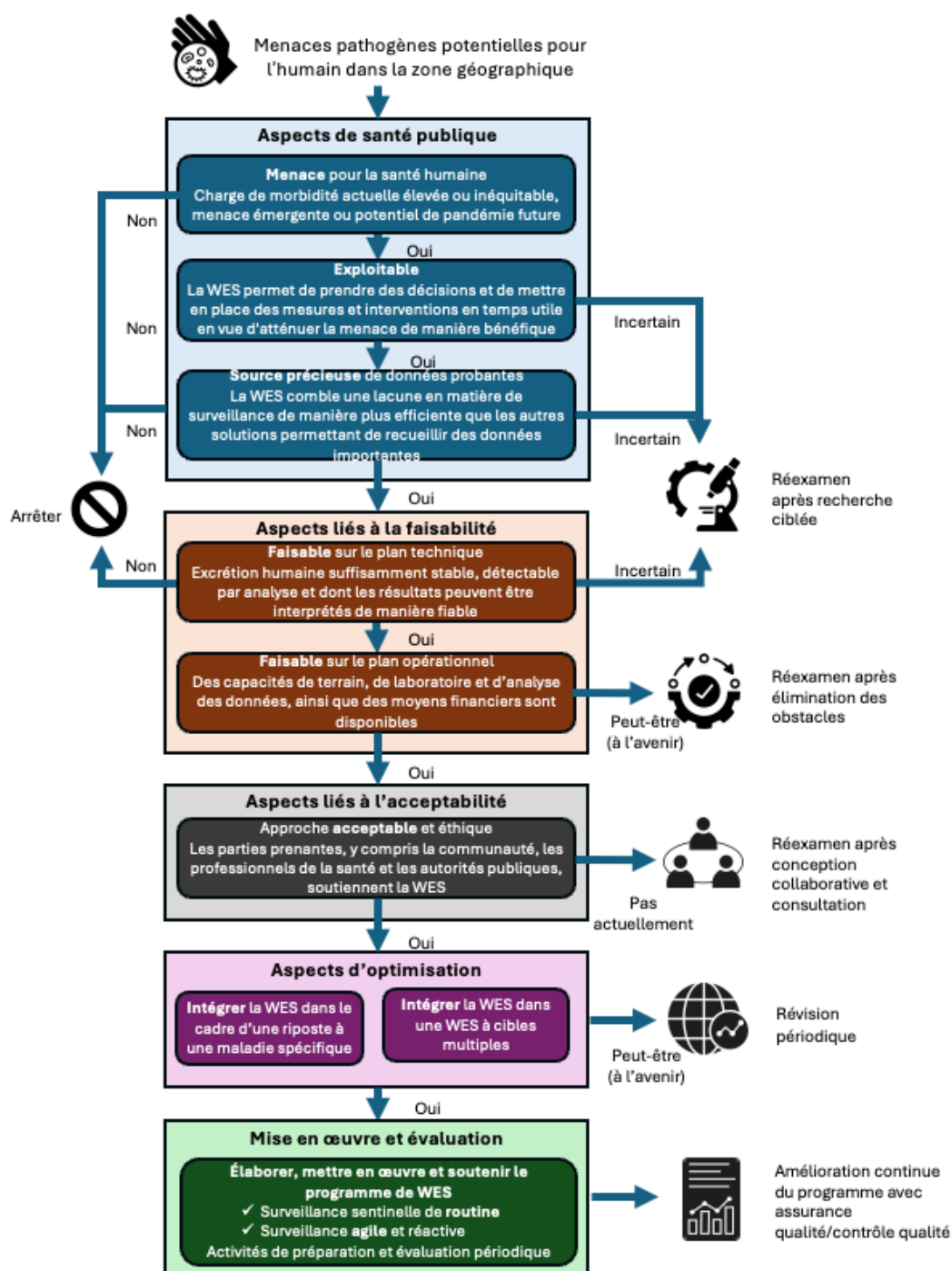


Figure 4.2. Processus de définition des priorités pour la sélection des cibles en vue de la mise en œuvre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

4.2 Agents pathogènes potentiels pertinents au niveau local

Il est nécessaire, dans un premier temps, d'identifier les maladies prioritaires et les agents pathogènes associés pertinents au niveau local qui doivent faire l'objet d'une surveillance de la santé publique. Ceux-ci ne sont pas spécifiques à la WES et ces informations peuvent déjà être disponibles. Si ce n'est pas le cas, ils peuvent être identifiés en utilisant l'avis d'experts en santé publique et en maladies transmissibles, y compris des experts en santé animale, et en s'appuyant sur des données mondiales et locales afin d'identifier les agents pathogènes présentant un intérêt. La liste spécifique au contexte s'appuiera sur les données probantes énumérées ci-dessous et présentées dans la figure 4.3 et le tableau 4.4.

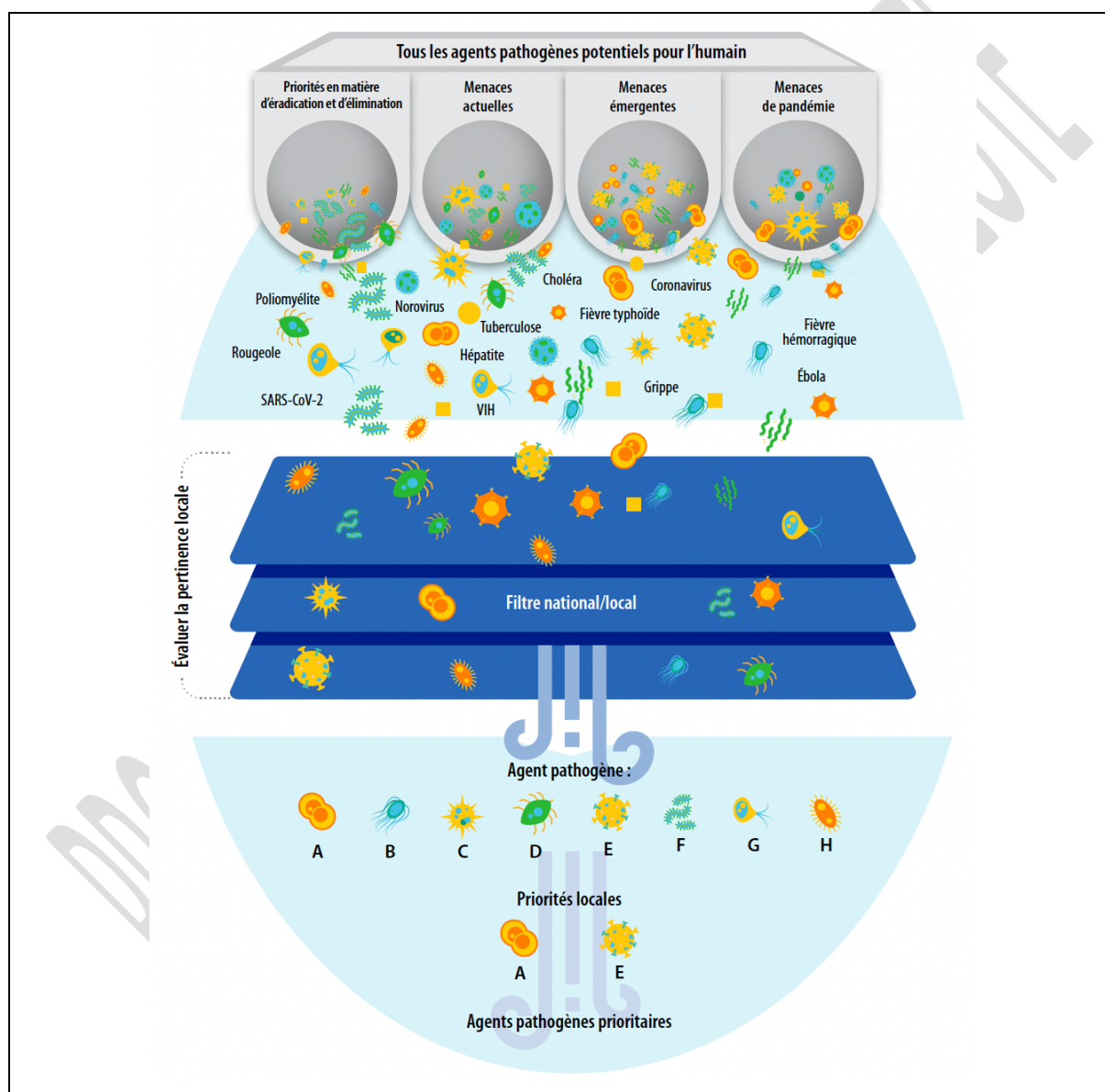


Figure 4.3. Représentation schématique du processus d'identification des agents pathogènes prioritaires pour la sélection d'une liste de candidats pertinents au niveau local

D'autres efforts généraux d'identification des maladies prioritaires (par exemple, les ateliers de hiérarchisation génomique ou de l'approche « Une seule santé ») et les résultats de ces activités doivent être intégrés dans cette partie de l'exercice de production de données probantes.

Données probantes nationales (ou relatives à la zone géographique considérée), telles que : maladies à éliminer en priorité, maladies à déclaration obligatoire, autres données de surveillance et de vaccination (par exemple, syndromes, hospitalisations, mortalité des enfants de moins de 5 ans et mortalité globale, surveillance des zoonoses, couverture vaccinale et populations sensibles), données probantes transfrontalières provenant de pays adjacents/ayant des liens épidémiologiques.

Données probantes mondiales actuelles y compris :

- Agents pathogènes ou maladies prioritaires pour l'OMS
 - A. Agents pathogènes à éradiquer ou à éliminer²⁹
 - B. Agents pathogènes spécifiques considérés comme hautement prioritaires aux niveaux régional ou mondial
 - potentiel d'épidémie/de pandémie¹³
 - priorité endémique³⁰
 - agents pathogènes bactériens prioritaires³¹
 - champignons pathogènes prioritaires³²
 - charge de résistance aux antimicrobiens³³
 - C. Agents pathogènes zoonotiques présentant un intérêt pour la santé humaine
 - D. Maladies évitables par la vaccination
- Autres agents pathogènes selon les conseils d'experts mondiaux et régionaux travaillant à la hiérarchisation des cibles de la WES
 - en s'appuyant sur les maladies à déclaration obligatoire, la charge de morbidité élevée et l'évolution des menaces ;
 - en tenant compte des données probantes actuelles de la WES (par exemple, dans les résumés relatifs à WES pour des agents pathogènes spécifiques qui accompagnent le présent document [disponibles [ici](#)] et dans l'[Encyclopaedia cloacae de la Commission européenne](#)).

Base de connaissances en matière de recherche – publications et rapports fiables

Le tableau 4.4 présente une liste d'agents pathogènes humains dûment sélectionnés et classés en fonction d'attributs présentant un intérêt pour la surveillance de la santé publique. La liste comprend les agents pathogènes humains qui ont été ou sont actuellement inclus dans la WES, et qui font l'objet d'une remontée publique à grande échelle dans un ou plusieurs pays, ainsi que les catégories A à D énumérées ci-dessus et conseillées par le groupe d'experts de la WES. Le tableau suivant n'est pas exhaustif ! Les menaces de bioterrorisme au moyen d'agents pathogènes ne sont pas incluses mais peuvent également être prises en compte. L'annexe 1 résume la même liste d'agents pathogènes, mais elle est organisée à la fois par maladie et par présentation des syndromes.

Tableau 4.4. Agents pathogènes humains présentant un intérêt pour une évaluation potentielle de la surveillance des eaux usées et de l'environnement (liste non exhaustive) ¹

Virus	
Agent pathogène viral – « maladie X » ²	Virus de la grippe B ^{1,6}
Agent pathogène viral – *résistance aux antiviraux préoccupante ⁸	Virus de la fièvre de Lassa ^{2,3,4}
Virus du Chikungunya ^{3,4,5}	Virus de Marburg ^{2,3}
Groupe des coronavirus (y compris le SARS-CoV-2 ^{1,2,6,7} , le MERS-CoV ^{2,3} et d'autres coronavirus alpha et bêta)	Virus de la rougeole ⁶
Orthonaivirus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo ^{2,3,4}	Orthopoxvirus simien ^{1,6}
Virus de la dengue ^{3,5,6}	Virus des oreillons ⁶
Entérovirus (D681 et autres entérovirus non poliomyélitiques)	Virus Nipah ^{2,3,4}
Virus Ebola ^{2,3,4,6}	Norovirus ¹
Virus de Hendra ⁴	Virus paragrappal (1-4) ¹
Virus de l'hépatite A ^{1,6}	Poliomyélite ^{1,2,6}
Virus de l'hépatite B ⁶	Virus respiratoire syncytial ^{1,6}
Virus de l'hépatite E ⁶	Virus de la fièvre de la vallée du Rift ^{2,3,5}
Adénovirus humain F ^{1,6} (et autres espèces d'adénovirus)	Rotavirus ^{1,6}
Virus de l'immunodéficience humaine ^{7,8}	Rubéole ⁶
Métopneumovirus humains ¹	Virus du Nil occidental ^{5,6}
Virus du papillome humain ^{1,6}	Virus de la fièvre jaune ^{5,6}
Virus de l'encéphalite japonaise ^{3,4,5,6}	Virus varicelle-zona ⁶
Virus de la grippe A (y compris la grippe humaine saisonnière) ^{1,2,4,6} et la grippe aviaire ^{2,4}	Virus Zika ^{1,2,5}
Bactéries	Champignons
Agent pathogène bactérien – « maladie X » ²	Agent pathogène fongique - *résistance aux antifongiques préoccupante ⁸
Agent pathogène bactérien - *résistance aux antimicrobiens préoccupante ⁸	
<i>Bordetella pertussis</i> et <i>Bordetella parapertussis</i> ⁶	<i>Candida albicans</i> et <i>Candida auris</i> ^{1,7,8}
<i>Campylobacter</i> spp. 4 (y compris <i>C. jejuni</i>)	<i>Cryptococcus neoformans</i> ^{4,7,8}
<i>Chlamydia trachomatis</i> ^{7,8}	
<i>Corynebacterium diphtheriae</i> ^{6,7}	
*Entérobactéries résistantes aux carbapénèmes ⁸	
<i>Escherichia coli</i> (y compris les bactéries productrices de la toxine de Shiga [STEC]) ⁴	
<i>Legionella</i> spp. (y compris la <i>Legionella pneumophila</i>)	
<i>Leptospira</i> spp. ^{4,7}	
Complexe <i>Mycobacterium tuberculosis</i> ^{6,7,8}	
<i>Neisseria</i> spp. (y compris <i>Neisseria meningitidis</i> et <i>Neisseria gonorrhoeae</i>) ^{7,8}	
<i>Salmonella enterica</i> spp. (y compris les sérotypes <i>Typhi</i> ^{3,6,8} et <i>Paratyphi</i> ^{3,8})	
<i>Shigella</i> spp. ^{7,8} (y compris les sérotypes <i>Shigella sonnei</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Shigella boydii</i> et <i>Shigella dysenteriae</i>)	
<i>Treponema pallidum</i> ⁷	
<i>Vibrio cholerae</i> ^{3,6}	
<i>Yersinia</i> spp. (y compris <i>Yersinia enterocolitica</i>) ⁴	
Parasites : protozoaires, helminthes et ectoparasites	
	<i>Cryptosporidium</i> spp. (y compris le <i>Cryptosporidium parvum</i>) ⁴
	<i>Cyclospora cayatenensis</i> ³
	<i>Echinococcus</i> spp. (y compris l' <i>Echinococcus granulosus</i>) ⁴
	<i>Entamoeba histolytica</i>
	<i>Giardia duodenalis</i> ^{7,8}
	<i>Plasmodium</i> spp. (y compris le <i>Plasmodium falciparum</i>) ^{3,7,8}
	<i>Sarcoptes scabiei</i> var <i>hominis</i> (gale) ^{3,7,8}

Légende

- 1 – Utilisation de la WES à grande échelle dans un ou plusieurs pays (**en gras**)
2 – Inclusion en tant qu'agent pathogène à potentiel pandémique modéré ou élevé 3 – L'importance pour la santé publique n'est pas mondiale, mais plutôt localisée dans des zones climatiques ou géographiques spécifiques
4 – Hôte(s) zoonotique(s) connu(s)
5 – Indique une transmission vectorielle

- 6 – Un vaccin préventif humain est disponible
7 – Des traitements spécifiques sont disponibles
8 – La résistance aux antimicrobiens est préoccupante et affecte les options thérapeutiques
Texte en bleu – indique un agent pathogène X non identifié ou un agent pathogène émergent dont la résistance aux antimicrobiens est préoccupante
*La résistance aux antimicrobiens et les gènes de résistance aux antimicrobiens peuvent concerner plusieurs agents pathogènes.

¹ * Cette liste est tirée des publications de recherche disponibles, des tableaux de bord accessibles au public, de l'Encyclopaedia *Glossae* du GLOWACON et des informations partagées lors d'ateliers régionaux et mondiaux sur la surveillance des eaux usées et de l'environnement, et de réunions de la communauté de pratique. Toutefois, ce domaine étant en constante évolution, notamment avec l'utilisation de gammes multipathogènes et de la métagénomique, cette liste n'est pas exhaustive et n'englobe pas tous les agents pathogènes évalués en vue des activités de surveillance des eaux usées et de l'environnement dans les études de recherche.

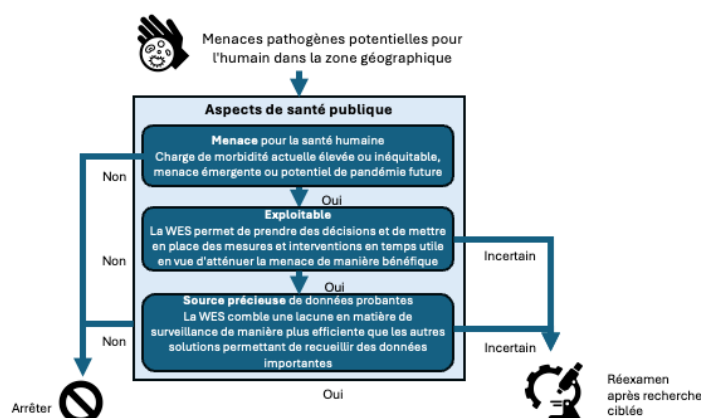
PROJET POUR APPLICATION PROJET

4.3 Définition des priorités quant aux agents pathogènes et aux cibles pour la surveillance des eaux usées et de l'environnement

Les sections suivantes décrivent les principales caractéristiques de chacune des étapes résumées dans la figure 4.2.

Étape 1 : Critères de santé publique

L'étape relative à la détermination de l'importance pour la santé publique consiste à examiner les agents pathogènes ou les cibles potentiels, et à donner la priorité à ceux qui ont une importance pour la santé publique, dont les résultats seraient exploitables et pour lesquels la WES permettrait de renforcer la surveillance existante et de combler les principales lacunes (qui peuvent être dues à un manque de surveillance).



- **Importance de la menace pour la santé publique** : La cible représente une menace actuelle ou potentielle sérieuse pour la santé publique, compte tenu de la taille de la population sensible, de la gravité potentielle de la maladie et de la charge de morbidité, du risque d'épidémie et d'autres préjudices ou perturbations socioéconomiques, ainsi que de considérations liées à l'équité (charge disproportionnée). Les critères peuvent inclure la prise en compte de l'impact potentiel des changements climatiques, de l'augmentation des voyages internationaux, des migrations de population, de la résistance aux antimicrobiens et du vieillissement des populations, ainsi que des maladies émergentes et réémergentes.
- **Exploitabilité** : Les résultats de la WES devraient contribuer à fournir des informations utiles et opportunes à l'appui de la prise de décisions en matière de santé publique, en tenant compte du ou des objectifs spécifiques, des interventions pouvant être mises en œuvre en fonction d'éléments déclencheurs spécifiques, et de la probabilité d'avantages et de préjudices.
- **Utilité** : Les résultats de la WES répondent à un besoin de surveillance de la manière la plus efficace possible, en apportant une valeur ajoutée à la surveillance globale d'un agent pathogène ou d'une maladie spécifique. La WES peut être la seule source d'informations en matière de surveillance ou, plus généralement, elle peut compléter la surveillance basée sur les cas et d'autres formes de surveillance.

Ces critères relatifs à la menace pour la santé publique et aux mesures de santé publique potentiellement utiles découlant de la WES sont les principaux éléments à prendre en compte. Si une cible ne répond pas à ces critères, elle n'est pas pertinente pour la WES aux fins de la surveillance des maladies infectieuses à l'heure actuelle.

Cela permet de garantir qu'une mesure de santé publique significative est planifiée dès le départ, avant toute activité de WES.

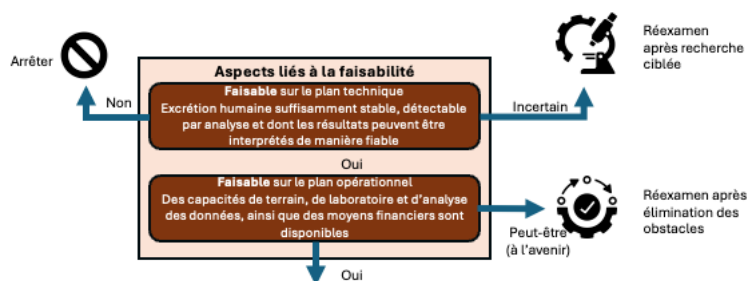
L'évaluation de ces critères nécessite la contribution et le leadership d'autorités sanitaires disposant d'une expertise multidisciplinaire pertinente. Le processus de mise en œuvre de la WES est itératif et

l'expérience acquise par son exploitation (ainsi que par la recherche) permet de définir d'autres mesures pertinentes ou d'ajuster les seuils d'intervention.

Étape 2 : Critères de faisabilité

L'étape relative à la faisabilité consiste à déterminer si la WES peut produire des résultats et être faisable tant sur le plan technique (faisabilité théorique) qu'opérationnel (faisabilité locale) dans le contexte donné.

- **Faisabilité technique** : La possibilité que la cible soit détectée dans des échantillons provenant d'eaux usées ou d'eaux environnementales (y compris les boues fécales) et mesurée efficacement aux fins requises (c'est-à-dire que



la cible est excrétée dans les eaux usées ou les eaux environnementales, qu'elle est suffisamment stable pour être détectée et qu'elle peut être signalée et interprétée de manière fiable en ce qui concerne sa présence, sa concentration ou sa caractérisation génomique, en fonction de l'objectif ou des objectifs de la surveillance). Ce critère exige de prouver que la cible d'intérêt est excrétée par les humains (ou d'autres hôtes/vecteurs cibles), qu'elle persiste dans les eaux usées ou dans les eaux environnementales affectées par les activités humaines et que les méthodes d'analyse en laboratoire sont suffisamment sensibles et spécifiques pour que les résultats puissent être interprétés en toute confiance par rapport à un indicateur utile aligné sur l'objectif de la surveillance ; par exemple, un indicateur quantitatif absolu, un indicateur relatif ou des indicateurs qualitatifs tels que les tendances de l'infection par le SARS-CoV-2 dans la communauté, l'abondance relative des variants du SARS-CoV-2 ou la détection de l'ARN du SARS-CoV-2, qui permettent une alerte rapide en présence d'un faible nombre de cas. Les données probantes peuvent être classées objectivement comme « adéquates et favorables » (illustrées par « Oui », passer à l'étape suivante), « adéquates mais non favorables » (illustrées par « Non », arrêter), ou « données probantes actuellement disponibles insuffisantes » (illustrées par « Incertain », déclencher l'examen approfondi des données probantes ou une recherche ciblée). Des lacunes dans les données probantes concernant une cible dont la charge est élevée et qui fait l'objet de notations exploitables doivent en priorité faire l'objet d'une recherche rapide afin de combler ce manque de connaissances. Ces informations peuvent en grande partie être tirées de données mondiales, mais il convient également d'examiner si ces données sont pertinentes dans le contexte local (par exemple, pour la répartition de la population et les mouvements de population, les eaux usées locales, le climat, l'épidémiologie des maladies, etc.) Veuillez noter que des données probantes peuvent être empiriques sans qu'il soit nécessaire d'évaluer chaque aspect. Par exemple, la détection du clade IIb de l'orthopoxvirus simien dans les eaux usées a démontré qu'il était excrété, qu'il était suffisamment stable pour être détecté et qu'il correspondait à l'objectif de surveillance visant à identifier la circulation locale.

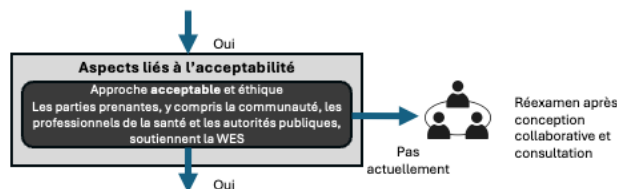
- **Faisabilité opérationnelle** : La surveillance requise est possible en ce qui concerne la sélection des sites (cartographie du réseau d'assainissement, évaluation du site, compréhension du lien avec la population humaine contributrice, etc.), l'échantillonnage et le transport (type d'échantillonnage, accès au site, fréquence, sécurité, etc.), la capacité du laboratoire à effectuer les analyses et à faire remonter les résultats nécessaires, l'utilisation en matière de santé publique (examen, action, intégration, communication et riposte, etc.) et la disponibilité des ressources à l'appui de la WES. Ce critère nécessite la prise en compte des flux de travail de bout en bout dans le contexte local, y compris l'intégration au sein de toute WES existante pour d'autres agents pathogènes, et devrait varier en fonction du lieu et au fil du temps. Si la WES n'est pas actuellement possible (par exemple,

manque de personnel qualifié ou de ressources de laboratoire pour garantir une qualité suffisante des essais et la sécurité biologique, manque de compétences ou de capacités pour prendre des mesures de santé publique en temps utile en fonction des résultats obtenus, ou autres contraintes), des activités de préparation et des investissements pourraient s'avérer nécessaires afin de renforcer les capacités et les compétences en vue de la mise en œuvre future de la WES.

Étape 3 : Critères d'acceptabilité (éthique, acceptation sociale, adhésion des décideurs et questions juridiques)

L'étape relative à l'acceptabilité consiste à examiner si la WES proposée est acceptable en tenant compte des questions éthiques, de l'acceptation sociale, de l'adhésion des décideurs et des questions juridiques, afin de que la WES soit acceptable pour les principales parties prenantes.

- **Acceptation sociale** : Ce critère exige une consultation significative et une conception en collaboration avec les principales parties prenantes, y compris les représentants des communautés, afin de garantir que



les aspects liés à l'éthique, aux droits humains et à l'acceptation sociale sont pris en compte de manière efficace et transparente, et optimisés, lors de la planification et de la mise en œuvre. Pour ce faire, il est nécessaire d'identifier et de faire participer les principales parties prenantes concernées par les cas d'utilisation de la WES proposés et les activités connexes.

- **Éthique** : les principaux éléments à prendre en compte sont la protection de la vie privée, le partage des données, l'efficacité du programme, le risque de préjudice et les approches visant à atténuer les préjudices. Les approches doivent tenir compte de la protection des groupes qui sont exposés à un risque de stigmatisation et qui peuvent se trouver dans des contextes sociaux ou juridiques difficiles.

La WES au niveau communautaire couvre généralement une large population regroupée et présente donc des avantages d'un point de vue éthique par rapport aux données individuelles. Les données individuelles identifiables peuvent être pertinentes dans le contexte de la surveillance hyperlocalisée des eaux usées et de l'environnement (par exemple, les navires, d'autres petites populations géographiquement définies) où les individus peuvent être identifiables aujourd'hui ou à l'avenir grâce aux progrès technologiques.

D'autres problèmes peuvent toutefois survenir : l'absence d'options de participation ou de non-participation, la surveillance des frontières et des voyageurs par les centres de transport et les navires, la complexité de l'interprétation des résultats tirés de la WES, s'accompagnant d'un risque d'erreurs d'interprétation, la propriété des échantillons et l'utilisation potentielle des échantillons, l'infrastructure ou l'utilisation des données à des fins autres que celle du cas d'utilisation en matière de santé publique (par exemple, pour l'application de la loi ou des intérêts privés).

Les lignes directrices de l'OMS sur les questions éthiques en matière de surveillance de la santé publique³⁴ aident les utilisateurs à évaluer de façon minutieuse et transparente 17 lignes directrices spécifiques et interdépendantes consacrées aux questions d'éthique. Celles-ci mettent l'accent sur le bien commun, l'équité et le respect des personnes, et soulignent le rôle essentiel de la bonne gouvernance. L'OMS élabore actuellement un cadre éthique spécifique à la WES, qui s'appuie sur le guide de déontologie pour la surveillance. Cette section sera mise à jour lorsque le nouveau cadre éthique en matière de WES sera publié.

- **L'adhésion des décideurs** : L'acceptabilité par les décideurs gouvernementaux est également essentielle pour obtenir les ressources et les approbations initiales et continues nécessaires de la part des ministères de la santé et des finances et de tout autre acteur impliqué. Des considérations politiques, économiques, sociales ainsi que des considérations liées à la santé peuvent être prises en compte. En cas de faible acceptabilité, la proposition doit être réexaminée si des mesures d'atténuation efficaces et des alternatives acceptables ne peuvent pas être

identifiées.

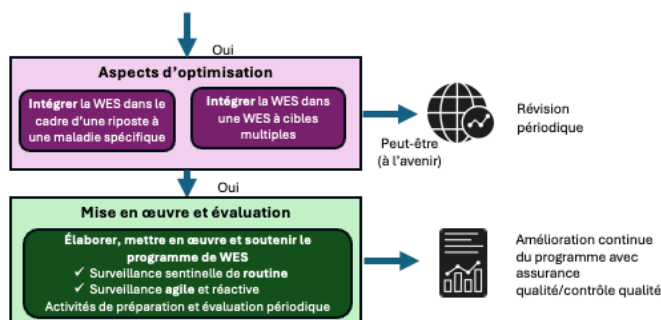
- **Questions juridiques :** les considérations juridiques recoupent les considérations éthiques. La propriété des échantillons d'eaux usées et environnementaux est une question d'ordre juridique ; les échantillons dérivés des égouts appartiennent souvent à l'entité propriétaire des services d'assainissement (ou de la masse d'eau dans laquelle les échantillons sont prélevés). Il convient de noter le cas particulier des compagnies aériennes ou maritimes qui possèdent les navires et les ports dans lesquels les échantillons peuvent être prélevés. L'utilisation de ces échantillons, y compris les tests, le stockage et l'élimination, ainsi que les données et les informations qui en découlent, sont également des questions juridiques qui peuvent manquer de clarté, ne pas avoir de précédent juridique et différer d'une juridiction à l'autre. Les protections de la vie privée et la séparation entre les autorités d'application de la loi et les entités de santé publique pour l'utilisation des données varient également d'une juridiction à l'autre.

Étape 4 : Critères d'optimisation

L'étape relative à l'optimisation porte sur l'intégration dans les systèmes de surveillance des maladies et de riposte, et l'apport d'une valeur ajoutée maximale au moindre coût, notamment grâce à la WES à cibles multiples.

- **Intégration dans la surveillance de maladies spécifiques et la riposte :**

en s'appuyant sur les délibérations de la première étape, dans le cadre de laquelle il a été jugé que la WES apportait une valeur ajoutée à la surveillance existante, il s'agit maintenant de procéder à un examen détaillé des différents



aspects contribuant à une WES optimale (quoi, quand, comment et par qui) ainsi que des principales limitations ou questions qui doivent être abordées. Comme l'illustre la figure 2.1, il convient d'examiner comment l'intégration peut être effectuée aux stades initial et final, en incluant des étapes pertinentes de conception, d'analyse intégrée et de prise de décisions, notamment :

- Des objectifs de surveillance généraux et spécifiques à la WES, des protocoles d'intervention détaillés, notamment la manière dont les résultats tirés de la WES ou d'une autre source donnent lieu à des actions (y compris dans le cadre de la WES agile avec des changements apportés à l'échantillonnage, à l'analyse ou au délai d'exécution) ; et
 - L'intégration des informations provenant de la WES à d'autres sources afin de fournir en temps utile des renseignements combinés pour éclairer les décisions en matière de santé publique et d'autres actions pertinentes.
- **Intégration dans un programme de WES à cibles multiples :** s'il existe un programme de WES ou des activités en cours (par exemple pour la poliomyélite, le SARS-CoV-2 ou d'autres cibles), il convient d'étudier la façon dont l'ajout des nouvelles activités de WES peut être intégré de manière optimale et efficiente et, dans la mesure du possible, de renforcer le programme de WES par rapport à tous les objectifs de surveillance.
 - L'ajout d'une cible peut simplement nécessiter une analyse de laboratoire supplémentaire et peu de changements, voire aucun, dans les activités d'échantillonnage ou de transport et les coûts associés, et tirer parti de l'infrastructure et des capacités de laboratoire existantes.
 - Toutefois, chaque étape du processus peut être soumise à des exigences spécifiques aux agents pathogènes, ce qui exige une évaluation minutieuse des synergies et des besoins spécifiques aux agents pathogènes, ainsi qu'un compromis entre les coûts et les performances. Des détails supplémentaires sur les considérations relatives à la WES à cibles multiples sont présentés dans la section suivante.
 - **Capacités, durabilité et intérêt général :** il existe également des considérations transversales et à plus long terme, telles que la question de savoir si l'inclusion de la cible supplémentaire dans la WES favorise les capacités et la durabilité du système, y compris les performances continues du programme, et permet une meilleure préparation à la mise en œuvre d'une WES agile, le cas échéant. Il convient de déterminer si les résultats tirés de la WES locale sont pertinents pour

d'autres populations au niveau mondial ou régional (par exemple, dans le cas de centres de transport sentinelles pour les niveaux régional ou mondial), ou s'ils présentent des liens utiles avec d'autres programmes « Une seule santé », tels que la sécurité biologique, les maladies du bétail ou de la faune sauvage, et les zoonoses, dont les avantages vont au-delà de la santé humaine.

À l'issue de l'étape 4, l'équipe chargée de la WES devrait disposer d'une liste restreinte d'agents pathogènes prioritaires pour la mise en œuvre d'une WES de routine ou agile. Elle devrait également avoir identifié les besoins en matière de recherche, de capacités et de consultation pour les agents pathogènes qui n'ont pas franchi les étapes précédentes.

4.4 Combiner plusieurs agents pathogènes

Les critères précédents (qui portent sur l'importance pour la santé publique, la faisabilité, l'acceptabilité et l'optimisation) concernent principalement la priorisation d'une cible unique et d'un cas d'utilisation associé, en les intégrant dans un programme de WES en cours (le cas échéant).

Il convient également d'étudier la valeur d'un programme de WES à cibles multiples et synergique. Plutôt que de ne choisir qu'une seule cible, il peut être utile et efficace de sélectionner un ensemble combiné de cibles compatibles, par exemple un groupe d'agents pathogènes respiratoires hautement prioritaires, tels que le SRAS-CoV-2, les virus de la grippe A et B et le virus respiratoire syncytial (VRS), afin de suivre les infections respiratoires individuelles et combinées pour prévoir la charge combinée sur le système de santé et guider la planification et l'atténuation par des campagnes de vaccination, des communications à des fins de sensibilisation du public et de modification des comportements, et d'autres mesures de santé publique.

Les considérations techniques et opérationnelles à prendre en compte pour une combinaison optimale des cibles dans le cadre d'un programme de WES à cibles multiples comprennent le degré d'alignement des lieux d'échantillonnage, la saisonnalité ou d'autres facteurs temporels ou liés à des événements, les méthodes d'échantillonnage et de transport, les techniques d'analyse, la gestion des données, les méthodes de communication, l'interprétation et le partage des ressources humaines, de l'infrastructure et d'autres ressources. Plus ces variables se rejoignent, plus il est possible de réaliser des économies de coûts grâce à la surveillance de plusieurs agents pathogènes à la fois et d'envisager des compromis. Toutefois, la WES peut être envisagée pour un seul agent pathogène et des processus parallèles peuvent être nécessaires pour certaines étapes d'un programme à cibles multiples. Néanmoins, la possibilité d'ajouter de nouvelles cibles et d'apporter d'autres changements doit également être prise en compte dans la préparation de la phase de conception, en particulier en ce qui concerne la gestion et la communication des données, car cela peut contribuer à réduire considérablement les obstacles et les coûts liés à l'ajout de cibles supplémentaires à l'avenir.

Les autres aspects suivants peuvent faire l'objet d'une évaluation qualitative ou quantitative afin d'éclairer les décisions d'optimisation, qui peuvent à leur tour influencer sur la décision d'inclure ou non un ensemble de cibles dans un programme de WES.

Lorsqu'il s'agit de déterminer l'utilité de combiner des cibles, cinq grands facteurs de décision sont à prendre en compte :

- **Épidémiologie** – les cibles ont été regroupées en fonction de la principale présentation syndromique de la maladie (respiratoire, gastro-intestinale, fièvre hémorragique, cutanéomuqueuse, etc.) Les voies de transmission, la présentation clinique, les facteurs de risque de maladie grave et les interventions en matière de santé publique pour les maladies présentant des symptômes similaires sont souvent alignés, de même que les besoins en matière de surveillance.
- **Échantillonnage** – alignement sur les populations étudiées, et sur le type et la fréquence d'échantillonnage entre les cibles. Les programmes de WES peuvent être optimisés en tenant compte de la manière la plus efficace et la plus efficiente de collecter des échantillons pertinents pour la population à risque (étudiée), du système de traitement des eaux usées en vigueur, de la cible concernée et de la rapidité d'obtention des résultats (par la fréquence de l'échantillonnage et le délai d'exécution).
- **Analyse** – les cibles sont regroupées en fonction du groupe d'agents pathogènes (par exemple, virus, bactéries, autres). Les méthodes d'échantillonnage, dont la matrice d'échantillonnage,

d'extraction et d'analyse des cibles et de leur matériel génétique sont généralement adaptées au groupe d'agents pathogènes à ce niveau de règne. Toutefois, d'autres considérations liées à la taille de l'agent pathogène, à la présence d'une enveloppe, à la charge et à d'autres facteurs peuvent influencer sur les méthodes spécifiques et la compatibilité entre les agents pathogènes.

- **Contexte** – les cibles ont été regroupées en fonction du contexte d'intervention. Par exemple, pour certains paramètres, tels que le *Vibrio cholerae* et les *salmonelles* typhoïdes et paratyphoïdes, le prélèvement d'échantillons à partir de centres de transport, dans des endroits bénéficiant d'une bonne couverture en matière d'eau, d'assainissement et d'hygiène (EAH), présente un intérêt limité, car les conditions qui permettraient à des maladies comme le choléra et la fièvre typhoïde de devenir endémiques n'y sont pas réunies. D'autre part, il est utile de tester les échantillons prélevés dans les centres de transport pour détecter les agents pathogènes respiratoires, tels que les virus de la grippe et les coronavirus, car ceux-ci se transmettent facilement dans tous les contextes, quelle que soit la couverture en services d'EAH. Dans d'autres cas, la couverture vaccinale peut être le principal facteur contextuel de la pertinence.
- **Administration** – la manière dont les cibles/maladies/interventions sont regroupées au sein de l'agence de santé sur le plan organisationnel peut être importante. Il peut s'agir de la manière dont les données sont examinées, contrôlées et font l'objet de mesures. Bien qu'en théorie, la WES soit plus efficace en tant que système « horizontal » qui prend en compte toutes les cibles et qui est axé sur les eaux usées et les eaux environnementales, les programmes de surveillance et d'atténuation des maladies sont souvent des programmes plus « verticaux » qui sont axés sur les maladies. La poliomyélite, en tant que cible d'éradication, fait l'objet d'un robuste programme vertical de lutte contre la maladie, qui constitue un modèle d'intégration de la WES et de surveillance clinique relatives à la poliomyélite, mais qui n'a pas encore intégré d'autres agents pathogènes dans le cadre de la WES à cibles multiples. Le SARS-CoV-2 présente, sans aucun doute, une tendance inverse, à savoir qu'il ne constitue pas une cible d'éradication, et des programmes de WES ont souvent été intégrés à d'autres agents pathogènes respiratoires, tels que le VRS et les virus de l'hépatite A et B. Par conséquent, la compréhension de cette matrice horizontale et verticale de la gestion des maladies et du suivi des cibles à des fins de surveillance influence la manière dont la WES est comprise, financée, mise en œuvre et utilisée. Le caractère horizontal de la WES tient au fait qu'elle repose sur une collaboration entre les secteurs de la santé publique, des eaux usées et de l'environnement (plutôt que sur le caractère vertical des programmes de santé publique axés sur les maladies), ce qui offre davantage de possibilités de cibler simultanément plusieurs agents pathogènes.

4.5 Coûts et avantages : concrétiser les avantages de la surveillance des eaux usées et de l'environnement par sa mise en œuvre

La définition des priorités pour la WES présentée à la figure 4.2 s'appuie sur la sensibilisation des acteurs afin de renforcer l'efficacité des ripostes aux épidémies qui représentent une menace sérieuse pour la santé publique. La concrétisation de ces avantages nécessite de mettre en œuvre des systèmes qui fournissent des informations dont la valeur dépasse les coûts encourus pour les obtenir^{35,36}. L'analyse de la valeur des informations provenant de la WES implique de prendre en considération la manière dont les avantages de la WES sont concrétisés et optimisés, l'ensemble des coûts encourus pour la WES et les profondes incertitudes quant au moment et à la manière dont les épidémies de maladies et les ripostes à ces dernières se dérouleront.

La WES n'est bénéfique qu'à condition que les actions entreprises grâce aux informations supplémentaires qu'elle fournit, et qui ne sont pas disponibles ailleurs, se traduisent par une amélioration des résultats. Les informations n'ont de valeur que lorsqu'elles suscitent des changements d'action ou de comportement qui aboutissent à des résultats bénéfiques. Par exemple, des études de modélisation partent du principe que la WES pourrait permettre de prendre conscience de flambées épidémiques qui peuvent³⁷ :

- Éclairer les décisions pour mettre en œuvre des interventions de santé publique plus tôt que si l'on s'appuyait uniquement sur des données cliniques ;
- Fournir des informations permettant de cibler les contre-mesures médicales et les interventions non pharmaceutiques sur des sous-communautés ou des variants de maladies ; ou
- Fournir des informations permettant au public d'adopter lui-même des mesures de prévention ou de protection, telles que l'adoption de mesures de réduction de la transmission ou la recherche de contre-mesures médicales prophylactiques.

L'examen des avantages doit porter sur un large éventail de résultats, notamment :

- Une réduction de la morbidité et de la mortalité, d'une part en raison des conséquences directes de l'amélioration de la riposte à l'épidémie et, d'autre part, en raison de la réduction des comorbidités due aux perturbations des soins de santé et des services de santé publique provoquées par l'épidémie ; et
- Une réduction des charges économiques et des perturbations sociétales induites par les interventions de santé publique résultant de la possibilité d'adopter des interventions moins strictes, moins étendues ou de plus courte durée.

L'analyse des coûts de la WES doit prendre en compte le large éventail de dépenses encourues. Les coûts comprennent dans un premier temps les coûts fixes pour l'acquisition d'équipements et la mise en place de systèmes de collecte, d'analyse et de remontée des résultats pour la WES. Ils incluent également les frais d'exploitation permanents qui peuvent s'accroître en fonction de l'intensité des opérations pour couvrir le personnel et les fournitures nécessaires à l'échantillonnage, à l'analyse et au partage d'informations. L'analyse des coûts doit en outre inclure les dépenses nécessaires au maintien des capacités, notamment l'entretien et le remplacement des équipements, le recrutement, la formation et la rétention du personnel. Enfin, l'analyse des coûts doit tenir compte des performances de la WES lorsqu'elle est intégrée au processus décisionnel, et de la manière dont elle peut contribuer à réduire les coûts liés à la confiance et au soutien du public dus à une réaction excessive aux épidémies et à l'absence d'intervention adéquate.

Le contexte dans lequel les décisions de définition des priorités pour la WES sont prises est profondément incertain. Le moment, le type, la localisation géographique, l'étendue, la gravité et les possibilités d'atténuation des épidémies peuvent donner lieu à un nombre pratiquement incalculable de scénarios. Une analyse de la valeur de la WES qui tient compte de l'ampleur et de la nature de ces

Surveillance des eaux usées et de l'environnement pour la détection et le suivi d'un ou de plusieurs agents pathogènes : orientations sur la définition des priorités, la mise en œuvre et l'intégration

incertitudes soutient la mise en œuvre de la WES dans le cadre d'une fonction d'information en matière de santé publique qui soit résiliente et robuste³⁷.

4.6 Assurance qualité et amélioration continue

[section à compléter consacrée au suivi et à l'évaluation]

5 Aspects transversaux

5.1 Considérations relatives à la planification du programme

Une vue d'ensemble d'un flux de travail de la WES applicable à tout type de cibles est présentée dans la Figure 5.1. Cette figure illustre certaines des considérations à prendre en compte au moment de déterminer s'il est possible de combiner efficacement un ou plusieurs agents pathogènes ou d'autres cibles liées à la santé.

Le cas d'utilisation, le contexte et le programme de WES existant influent sur la manière dont une cible est incorporée dans un programme de WES intégré.

Au moment d'évaluer la compatibilité ou l'incompatibilité de différentes cibles, il est important de clarifier pour chacune d'entre elles le contexte, le cas d'utilisation, les approches d'échantillonnage et d'analyse existantes et proposées, ainsi que la riposte.

Des incompatibilités peuvent survenir à une ou plusieurs des étapes du flux de travail. Par exemple, si un flux de travail suffisamment rapide et sensible pour une cible n'est pas cohérent avec une autre cible, il peut être préférable de ne pas combiner ces deux cibles au sein d'un même programme. Certaines cibles justifient une fréquence d'échantillonnage plus élevée que d'autres, ou peuvent présenter des sites, des fréquences et des méthodes d'échantillonnage optimaux distincts, ou encore demander des méthodes de traitement et d'analyse très différentes.

Cette section présente un résumé de certaines des étapes de ce flux de travail, applicable à tout type de cibles, et illustre la diversité des approches adoptées dans le cadre de la WES. Les synthèses relatives à des agents pathogènes spécifiques (préparées séparément) mettent en évidence les approches recommandées actuelles ou prévues pour les aspects du flux de travail visant des agents pathogènes spécifiques.

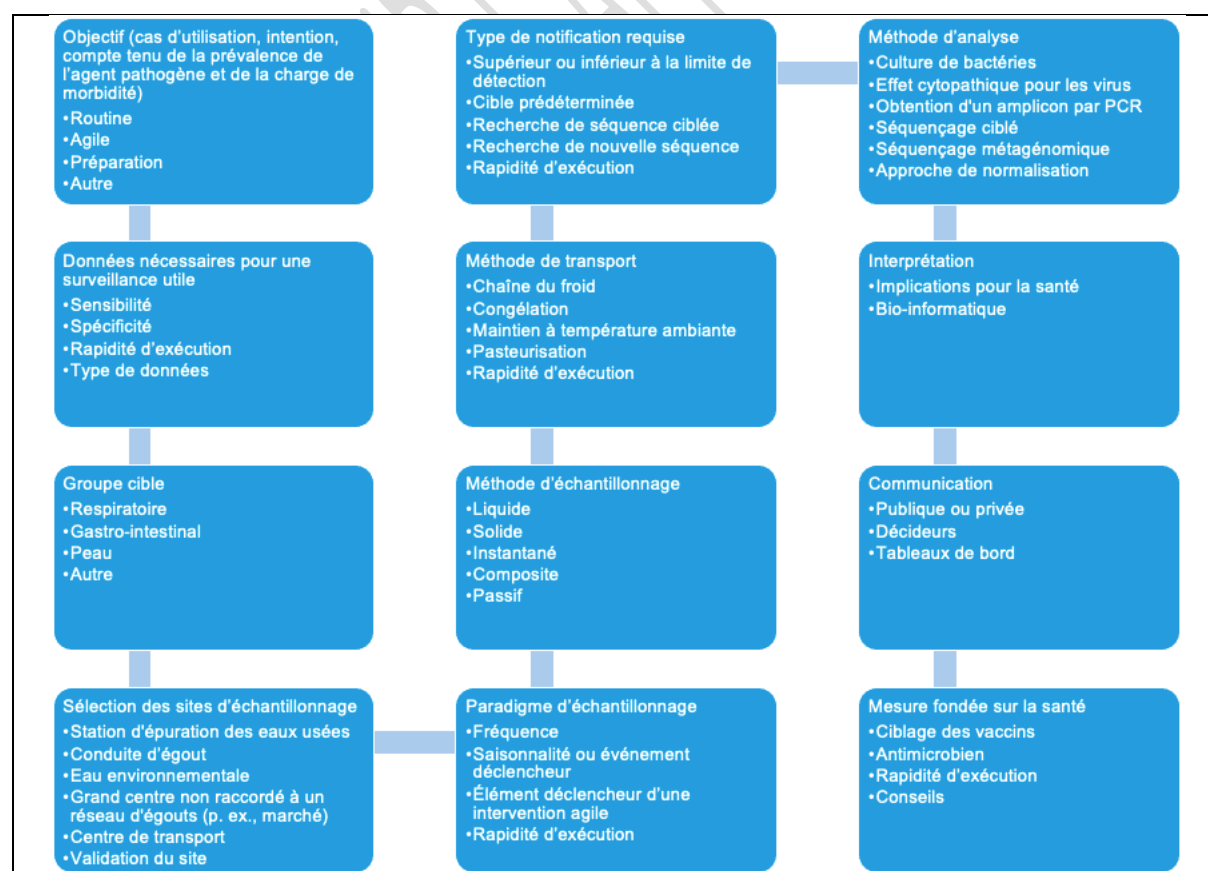


Figure 5.1. Aperçu représentatif d'un flux de travail de la surveillance des eaux usées et de l'environnement applicable à tout type de cibles

PROJET POUR APPLICATION PROJET

Tableau 5.2. Comparaison représentative de scénarios types pour démontrer les alignements et incompatibilités potentiels pour trois cibles de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

Cible	Poliovirus	SARS-CoV-2	Salmonella Typhi et Paratyphi
Cas d'utilisation			
Exemple d'objectif	Démonstration de l'absence de poliomyélite dans des contextes d'élimination locale	Suivi des tendances de l'incidence de la COVID-19 et des variants en circulation	Identification de la circulation de la fièvre typhoïde (et évaluation de la résistance aux antimicrobiens dans un contexte marqué par des capacités limitées en matière d'hémoculture)
Exemple de mesure de santé publique fondée sur les résultats	Campagnes de vaccination et dépistage des cas	Campagnes de vaccination et préparation des établissements de santé	Campagne de sensibilisation à la vaccination et préparation des établissements de santé
Exemple de niveau de remontée des résultats	Mondial	National	Local
Échantillonnage			
Exemple de lieu d'échantillonnage sur le terrain	Un petit nombre de sites sentinelles d'importance nationale, raccordés ou non à un réseau d'égouts, représentant des populations majeures, d'après les lignes directrices de l'IMEP	Sites sentinelles raccordés ou non à un réseau d'égouts désignés comme centres représentant les populations ciblées en fonction des priorités locales, y compris les regards de visite ou les stations d'épuration des eaux usées	Sites sentinelles raccordés ou non à un réseau d'égouts désignés comme centres représentant les populations ciblées en fonction des priorités locales, y compris les regards de visite ou les stations d'épuration des eaux usées
Exemple de fréquence d'échantillonnage	Une fois par mois	Une fois par semaine	Une fois par mois
Exemple de méthode d'échantillonnage sur le terrain	Instantané ou composite	Composite ou passif	Passif
Exemple de stockage et de transport des échantillons	Chaîne du froid, pas congelé	Chaîne du froid, pas congelé	Chaîne du froid, pas congelé
Exemple de saisonnalité de l'échantillonnage	Toute l'année	Toute l'année	Toute l'année
Exemple d'interventions agiles	Améliorer la résolution spatiale et temporelle en réponse à la détection afin d'identifier les points chauds et les sources	Non applicable puisque ce programme est utilisé pour la définition de tendances et l'information du public	Améliorer la résolution spatiale en réponse à la détection afin d'identifier les points chauds et les sources
Analyse			
Exemple de méthode d'analyse en laboratoire	Culture puis PCR	PCR	Enrichissement de la culture puis PCR
Compatibilité à cibles multiples			
Échantillonnage	Des échantillons de routine pourraient être prélevés toutes les semaines sur tous les sites concernés pour les tests de dépistage du SARS-CoV-2 Des échantillons pourraient être prélevés une fois par mois dans certains sites pour le dépistage du poliovirus et de la <i>Salmonella</i> de sérotypes <i>Typhi</i> ou <i>Paratyphi</i>		
Transport	Tous les échantillons seront expédiés et stockés en respectant la chaîne du froid		
Analyse	Certains échantillons peuvent être testés à l'aide de méthodes basées sur la culture dans certaines circonstances, d'autres par PCR directe. Si l'on utilise des méthodes basées sur la culture, les PCR pour les trois cibles doivent être effectuées séparément.		

Cible	Poliovirus	SARS-CoV-2	<i>Salmonella Typhi</i> et <i>Paratyphi</i>
Cas d'utilisation	Le laboratoire d'analyse devrait être doté des équipements nécessaires pour la virologie et la bactériologie basées sur la culture, ainsi que pour les méthodes PCR, afin de tester les trois agents pathogènes séparément. Des capacités de séquençage peuvent également être nécessaires pour estimer la proportion de variants en circulation et pour caractériser les isolats en fonction de leurs propriétés de résistance aux antimicrobiens.		

5.2 Sélection des sites et stratégies d'échantillonnage

Les lieux d'échantillonnage, le type (par exemple, eaux usées provenant des égouts, système de drainage environnemental), la fréquence, le délai de remontée des résultats après l'échantillonnage et d'autres aspects doivent être adaptés au contexte local. Il s'agit notamment de prendre en compte les réseaux d'assainissement (c'est-à-dire des systèmes raccordés ou non à des réseaux d'égouts) ainsi que les ressources humaines et financières, et les réglementations locales. L'objectif est de mettre en place le programme d'échantillonnage de manière à ce que les sites sentinelles fournissent suffisamment d'informations pour que les résultats puissent compléter d'autres systèmes de surveillance et éclairer les mesures de santé publique pour le cas d'utilisation et le contexte. Pour ce faire, il est nécessaire de bien connaître la population concernée ainsi que les caractéristiques et la couverture du réseau d'assainissement. Les populations peuvent être dynamiques et, dans le cadre de la WES, il faut tenir compte des contributions des personnes qui vivent, travaillent, se divertissent ou visitent la zone couverte par le réseau d'assainissement. La dynamique des populations (démographie, mobilité et migration) et les statistiques sanitaires peuvent être prises en compte pour mieux comprendre la dynamique de la population desservie par la zone du point d'échantillonnage dans le cadre de la WES. Les lieux qui abritent des hôpitaux, des écoles, des centres de transport, des points de rassemblement pour la prière, des centres commerciaux, des festivals, des lieux de travail saisonnier ou d'autres endroits spéciaux peuvent présenter une dynamique de population et des relations complexes avec les communautés locales. Pour certaines cibles zoonotiques, il est important de comprendre la dynamique de l'hôte animal au sein de la zone d'échantillonnage.

Il est également important de tenir compte à la fois de ce que l'on sait de la population directement échantillonnée dans les sites sentinelles et de la possibilité ou non de généraliser raisonnablement les résultats obtenus dans les sites sentinelles à l'ensemble de la population étudiée. La cartographie des réseaux d'égouts et d'eaux environnementales et des populations desservies peut être de mauvaise qualité et les cartes peuvent ne pas exister ou être incomplètes. Il est nécessaire de bien comprendre le réseau et la population représentée avant de sélectionner le site d'échantillonnage pour pouvoir interpréter les résultats.

La stratégie d'échantillonnage d'un programme de WES est liée à l'incidence de la cible dans la communauté étudiée et à l'objectif ou aux objectifs de la surveillance :

- **Dans les contextes où les tests cliniques sont pratiqués et où les cas dus à des transmissions locales sont diagnostiqués de manière fiable.** En principe, la surveillance directe de la cible dans des échantillons cliniques, tels que les selles, le sang ou les sécrétions respiratoires, qui proviennent de personnes présentant des symptômes, par le biais de la surveillance de la santé publique, reste importante dans les régions où l'incidence de la maladie est élevée, dans les situations où les tests de diagnostic sont suffisamment fiables. Cependant, en raison des coûts et d'autres facteurs limitant la portée des tests de diagnostic clinique ou empêchant les individus d'accéder aux systèmes de santé, combinés à la présence d'infections asymptomatiques, dans la pratique, on constate souvent un manque de données de surveillance représentatives, en particulier dans de nombreux pays à faible revenu où la cible étudiée peut être plus répandue. Dans de tels contextes, la WES peut fournir des données complémentaires représentatives à l'échelle de la communauté pour combler les lacunes dans les données cliniques. Pour qu'un tel programme de WES soit efficace, il doit bénéficier d'une couverture spatiale suffisante, être réalisé à une fréquence adéquate, être mené de façon continue ou en fonction des besoins, et pouvoir être adapté aux besoins, même si sa valeur prédictive positive est potentiellement très faible.
- **Dans les contextes où les tests cliniques sont pratiqués et où aucun cas dû à des transmissions locales n'est diagnostiqué.** Même lorsqu'aucun cas n'est régulièrement signalé et que l'on

estime que la cible ne circule plus au sein de la population locale, un programme de WES peut fournir une alerte rapide en cas d'introduction et de réapparition de la maladie. Cela peut toutefois poser des problèmes, car l'intérêt pour la surveillance d'une maladie et son financement peuvent diminuer au fur et à mesure que son incidence baisse. En outre, plus l'incidence d'une maladie est faible, plus le programme de WES doit être étendu (en matière d'étendue spatiale et de fréquence d'échantillonnage) afin de détecter les échantillons positifs plus tôt pour fournir une alerte rapide. Toutefois, pour être atteints, les objectifs de la WES ne requièrent pas nécessairement une détection fréquente d'échantillons positifs. Des objectifs tels que la fourniture d'une alerte rapide en cas de nouvelle pandémie, la détection précoce de nouveaux variants, la surveillance de la propagation mondiale des maladies infectieuses et la démonstration de l'éradication locale constituent des applications importantes de la WES, même si la plupart ou la totalité des échantillons ne révèlent aucune détection de la cible. Des tests ciblés dans le cadre de la WES ciblés, notamment en mer, dans les aéroports et dans d'autres centres de transport et points d'entrée, visant des communautés à haut risque, ou dans des lieux recevant un afflux important de personnes en provenance de zones endémiques, peuvent aider à définir les priorités du programme de WES.

- **Les stratégies d'échantillonnage peuvent varier au sein d'une même juridiction.** Les zones géographiques, géopolitiques ou administratives peuvent ne pas correspondre aux captations des eaux usées et environnementales dans lesquelles les maladies circulent. Les limites administratives des systèmes de santé publique ne sont pas alignées sur les infrastructures des réseaux d'eaux usées souterraines ou sur les limites des zones de captage d'eaux environnementales. Toutefois, les zones administratives sont définies et, par conséquent, les zones de captage d'eaux usées et d'eaux environnementales peuvent être attribuées aux populations, qui peuvent être affectées à une ou plusieurs circonscriptions administratives de santé publique, à l'aide de diagrammes, de descriptions de systèmes, d'outils de modélisation et de systèmes d'information géographique. Dans de telles circonstances, différentes stratégies d'échantillonnage de la WES peuvent être mises en œuvre au sein d'une même juridiction. De même, des groupes sous-représentés ou vulnérables peuvent faire l'objet de programmes spéciaux de WES qui diffèrent de ceux des zones environnantes.
- **Les stratégies d'échantillonnage peuvent varier dans le temps.** Un programme d'échantillonnage et d'analyse de base dont les sites, les fréquences et les cibles sont limités peut être en place. Des options de surveillance agile peuvent alors être mises en place pour permettre une surveillance renforcée afin d'étendre la couverture des sites, des fréquences ou des cibles, en fonction de l'évolution de la situation.

L'augmentation du nombre de sites et de la fréquence d'échantillonnage ainsi que la réduction des délais d'exécution contribuent à l'obtention en temps utile de données de meilleure qualité, mais entraînent aussi une hausse des coûts du programme. L'intégration aux processus existants d'échantillonnage et de transport des échantillons permet de réduire les coûts et les besoins en ressources.

La fréquence d'échantillonnage et la remontée des données sont étroitement liées aux objectifs de la surveillance et doivent être étudiées en parallèle de la fréquence des réunions de coordination de la santé publique et de la surveillance, de l'examen des données de surveillance, de la capacité à prendre des mesures en fonction des données recueillies et de la surveillance à partir de centres sentinelles ou de supersites, etc., afin d'optimiser l'alignement et la prise de décisions. La fréquence d'échantillonnage doit être utile aux décideurs.

Le prélèvement d'échantillons sur des sites uniformes (sites sentinelles stratégiques avec une couverture raisonnable de la population ou correspondant à la population étudiée) et à une fréquence régulière constitue une stratégie d'échantillonnage de base, qui repose sur la prise en

compte de la variabilité de la durée de la maladie, du niveau et du modèle d'excrétion, et de la capacité des agences de santé publique de prendre des mesures en fonction des données recueillies. Au minimum, la fréquence d'échantillonnage ne sera probablement pas inférieure à une fois par mois. Pour la plupart des cibles, dès que la fréquence d'échantillonnage est inférieure à une fois par mois, les résultats présentent une valeur limitée, car les cibles sont susceptibles de suivre des modèles saisonniers ou évolutifs qui varient au moins sur une base mensuelle. Les exceptions peuvent concerner des cibles qui varient plus lentement dans le temps, comme les gènes de résistance aux antimicrobiens, ou des données transversales périodiques, par exemple, pour suivre les changements génomiques sur de longues périodes qui ne nécessitent pas d'échantillonnage fréquent. Un échantillonnage inférieur à une fois par mois serait difficile à exploiter pour la surveillance de routine.

À l'extrémité supérieure des fréquences d'échantillonnage, pour fournir une alerte rapide ou détecter des changements rapides, un échantillonnage au moins deux fois par semaine s'accompagnant d'une communication hebdomadaire des résultats constitue une stratégie acceptable. Cette fréquence dépend des capacités d'analyse des laboratoires, du coût et de la capacité des organismes de santé publique à interpréter les données. Cette stratégie est recommandée lorsqu'il est très utile de détecter des changements rapides dans la circulation des cibles, et compte tenu du fait que la composition d'une zone de captation peut varier entre les week-ends et les jours de travail normaux, en raison des habitudes de déplacement des habitants de la zone. Si la cible unique du programme de WES est soumise à des changements progressifs au sein d'une population, une autre fréquence d'échantillonnage moins fréquente peut suffire. Les périodes et fréquences d'échantillonnage optimales sont par ailleurs fortement affectées par les saisons touristiques, les jours fériés nationaux prolongés et les rassemblements culturels. Par conséquent, il peut être particulièrement utile de collecter des échantillons à des fréquences différentes pendant ces périodes pour faciliter l'alerte rapide.

Il est important de noter que, pour la plupart des programmes de WES, l'objectif est de cibler des sites sentinelles qui fournissent des informations pouvant être généralisées à l'ensemble de la population, et non d'échantillonner de façon exhaustive les eaux usées et les eaux environnementales affectées par les activités humaines pour tenter de couvrir l'ensemble de la communauté. Une bonne compréhension des réseaux d'assainissement locaux aide à cibler l'échantillonnage sur des réseaux plus centralisés qui permettent de couvrir plus efficacement des populations plus importantes. Lorsque d'importantes populations ne sont pas raccordées à des réseaux centralisés, des échantillons représentatifs de réseaux décentralisés et des échantillons d'eaux environnementales contaminées par des agents pathogènes excrétés par des humains peuvent être ciblés afin d'assurer une certaine couverture. Il peut s'agir d'eaux usées composites provenant de fosses septiques et de sites de collecte des boues, si la collecte de ces échantillons peut être effectuée régulièrement et en temps utile pour évaluer l'impact sur la santé publique. Toutefois, il est probable que les eaux environnementales affectées par la défécation en plein air, les rejets des fosses septiques ou les systèmes d'assainissement individuels mal gérés constituent un site de collecte plus réaliste et plus opportun, étant donné que la vidange des systèmes individuels est souvent effectuée moins d'une fois par mois. Cependant, pour des raisons éthiques, il est nécessaire d'éviter d'identifier des personnes par inadvertance. Contrairement aux échantillons cliniques individuels, ces échantillons environnementaux représentent des contributions de populations, et l'objectif est de fournir de manière efficiente un échantillon composite et non un échantillon individuel, afin d'obtenir des informations sur la circulation des agents pathogènes au sein de populations ou de sous-populations plus importantes au fil du temps.

Les recommandations concernant les sites d'échantillonnage, les types d'échantillons et la fréquence d'échantillonnage peuvent être adaptées pour répondre aux objectifs de surveillance au niveau de la juridiction. Une approche souple est encouragée pour définir une stratégie d'échantillonnage de

base réalisable et des éléments déclencheurs spécifiques pour une surveillance renforcée ou réduite, selon ce qui est le plus adéquat pour éclairer les mesures à prendre. Par exemple, il peut s'agir d'une augmentation de la fréquence pour identifier le pic d'une vague (et ainsi guider la planification du système de santé) ; d'une hausse de la fréquence et du dépistage des variants en cas de signal d'une augmentation du nombre de cas (pour guider la modélisation de la taille et de la durée de la vague) ; ou d'une diminution de la fréquence si l'objectif est simplement de suivre les grandes tendances dans le temps.

Les sites d'échantillonnage sont généralement limités à des points qui représentent des captations d'eaux usées (par exemple, à partir des entrées des stations d'épuration des eaux usées) ou des captations d'eaux environnementales affectées par les activités humaines (par exemple, en aval de zones non raccordées à des réseaux d'égouts qui capturent d'importantes quantités de déchets humains). Le prélèvement d'échantillons à partir de fosses septiques individuelles qui couvrent des individus ou de très petites populations, et à partir de sites similaires, peut poser des problèmes éthiques, notamment en ce qui concerne l'identifiabilité des individus, ainsi que le manque de sensibilité. Le prélèvement d'échantillons dans les fosses septiques des communautés ou dans certains contextes (par exemple, les populations de passage comme les centres de voyage, ou les populations particulièrement vulnérables comme les camps de réfugiés) présente plus d'intérêt et soulève moins de problèmes éthiques.

5.3 Exigences en matière de capacités d'échantillonnage

En général, l'analyse des échantillons se divise en quatre catégories, résumées dans le tableau 5.3.

- **Échantillon instantané.** En fonction de l'emplacement et de l'accès, ce type d'échantillonnage peut ne pas nécessiter d'équipement d'échantillonnage spécialisé et peut simplement consister à collecter un échantillon liquide dans un récipient d'échantillonnage d'eau classique. Les échantillons instantanés répétés prélevés à des moments différents peuvent être regroupés pour former un échantillon composite manuel.
- **Échantillonnage composite actif pondéré en fonction du temps ou du débit.** Cette méthode consiste à collecter et à composer une séquence d'échantillons liquides à différents intervalles, soit en fonction du débit (intervalles de débit), soit en fonction du temps (intervalles de temps) sur une période d'échantillonnage définie, généralement de 24 heures, dans le cadre d'un programme d'échantillonnage périodique. Les dispositifs sont spécialisés et nécessitent une pompe et une ligne d'échantillonnage, un réceptacle et des appareils d'échantillonnage alimentés par batterie/pile ou par secteur, et sont idéalement réfrigérés pendant la période d'échantillonnage.
- **Échantillonnage composite passif (ou de pièges à particules).** Il s'agit de placer une matrice dans un milieu liquide afin d'attirer et de retenir la cible dans le temps, avec un délai flexible allant généralement d'un jour à une semaine, puis de récupérer cette cible. Le prélèvement de chaque échantillon nécessite donc deux visites sur le site d'échantillonnage. Les dispositifs d'échantillonnage doivent être installés dans des endroits qui ne risquent pas d'être affectés par des manipulations ou des vols. La capacité d'adsorption du milieu de capture peut être limitée, ce qui est important si l'on utilise des périodes de conservation supérieures à un jour. Si cette méthode présente des avantages similaires à ceux de l'échantillonnage composite actif, elle demeure moins coûteuse et moins complexe sur le plan technique et logistique, puisqu'elle ne nécessite pas d'alimentation électrique ni d'équipement réfrigéré coûteux. Cette méthode d'échantillonnage est généralement appliquée dans les situations où un échantillonnage continu avec une couverture temporelle supérieure est souhaité, ainsi que dans un plus grand nombre de lieux où l'utilisation d'échantillonneurs composites actifs n'est pas possible (en raison des conditions d'alimentation électrique ou de sécurité, ou du manque d'échantillonneurs composites disponibles). Des preuves comparatives concernant la concentration de substances inhibitrices sur la matrice d'échantillonnage, la fixation différentielle et la persistance des cibles primaires et d'autres cibles utilisées pour la normalisation sont nécessaires. Contrairement aux échantillons instantanés, il n'est pas possible de calculer la quantification avec le débit, et l'utilisation de biomarqueurs pour fournir une certaine base de normalisation introduit des incertitudes. Le coût, la faisabilité ainsi que les preuves spécifiques aux agents pathogènes concernant le matériel d'échantillonnage approprié sont des éléments à prendre en considération pour décider de la méthode d'échantillonnage à utiliser.
- **Échantillonnage de solides.** Il s'agit de prélever un échantillon dans un récipient classique pour l'échantillonnage des boues, y compris les boues fécales qui proviennent, par exemple, de fosses septiques, les boues primaires des stations d'épuration des eaux usées ou les sédiments provenant d'échantillons environnementaux. L'accès à certains types de boues dans les stations d'épuration peut poser des problèmes. En général, les agents pathogènes sont plus concentrés dans les solides que dans les liquides, et les données relatives au ratio de répartition liquide/boues d'agents pathogènes spécifiques, lorsqu'elles sont disponibles, sont indiquées dans les synthèses relatives aux agents pathogènes prioritaires. La concentration de substances inhibitrices dans les solides ainsi que la séparation différentielle et la persistance des cibles

primaires et des autres cibles utilisées pour la normalisation, le cas échéant, sont des éléments à prendre en considération pour se décider entre les échantillons liquides et solides. Le lien avec la population sous-jacente et la circulation de l'agent pathogène doivent également être pris en compte. En effet, si l'agent pathogène persiste pendant une longue période dans les solides, cela compromet l'interprétation du résultat, car il n'est pas possible de faire la différence entre un ou plusieurs cas récents et ceux qui ne le sont pas.

Toutes les formes d'échantillonnage nécessitent un accès régulier et fiable à un point d'échantillonnage, ce qui n'est pas toujours simple. L'échantillonnage dans des lieux qui ne disposent pas de points d'échantillonnage facilement accessibles peut s'avérer difficile sur les plans technique et logistique. Des dispositifs d'échantillonnage sur mesure peuvent être nécessaires, même pour la collecte d'échantillons instantanés, tels que ceux créés pour accéder aux réservoirs d'eaux usées des avions pendant la pandémie de COVID-19.

Pour les échantillons environnementaux, les sites d'échantillonnage qui puisent dans des cours d'eau éphémères ou qui sont situés dans des zones sujettes aux inondations peuvent présenter des difficultés. Idéalement, les sites d'échantillonnage seront accessibles lorsque cela est pertinent, en tenant compte des saisons humides et sèches, et des inondations, afin de permettre une surveillance tout au long de l'année.

Généralement, les meilleurs sites d'échantillonnage sont ceux qui fournissent des preuves optimales lorsqu'elles sont interprétées par l'agence de santé publique. Toutefois, comme cela semble évident au vu des contraintes susmentionnées, la sélection des sites d'échantillonnage constitue souvent un compromis entre divers facteurs logistiques et pratiques et les sites qui fourniraient les meilleures données pour éclairer le programme de WES. L'utilité des sites d'échantillonnage doit être évaluée au fil du temps, comme indiqué dans les orientations en matière de WES pour la poliomyélite. Néanmoins, il est important d'évaluer et de documenter les caractéristiques du site d'échantillonnage afin de pouvoir relier les échantillons prélevés, dans la mesure du possible, à une captation d'eau, à une population contributrice résidente, active ou en visite, et à un calendrier, d'une manière significative et informative, même si cela n'est pas toujours simple ou fiable.

L'échantillonnage doit être effectué en toute sécurité, ce qui inclut la sécurité des personnes, la sécurité routière, la sécurité contre l'exposition aux solides, liquides et gaz potentiellement dangereux présents dans les eaux usées et les infrastructures associées, la sécurité contre la noyade, la prévention du risque de se retrouver piégé, la manipulation des infrastructures pour collecter les échantillons, etc. Ces exigences de sécurité sont conformes aux exigences classiques en matière d'accès aux eaux usées et de manipulation et d'échantillonnage des eaux usées, et des orientations spécifiques ont été préparées au cours de la pandémie de COVID-19³⁸. Les considérations relatives à la sécurité routière et à la sécurité du personnel peuvent limiter les endroits où les échantillons peuvent être prélevés ou les endroits où les échantillonneurs peuvent être placés.

Des données et des informations supplémentaires sont essentielles pour aider à l'interprétation, notamment l'interprétation des données. Il peut s'agir d'informations sur la date et l'heure, les débits liquides, les précipitations récentes (pour les systèmes combinés avec les eaux de drainage), la température au point de collecte et au moment de la réception par le laboratoire, l'origine des matières présentes dans la captation d'eau qui contribuent à l'échantillon, et les événements ou activités récents susceptibles d'avoir influencé les personnes présentes dans la zone couverte (tels que les rassemblements), ainsi que d'autres informations (reflets huileux, écumes, couleur, ou autres observations inhabituelles). Des données physiques, chimiques et microbiologiques supplémentaires, ou des données sur les flux dans la zone couverte d'apports non liés aux déchets humains, tels que les flux d'eau industriels ou autres, peuvent également contribuer à la normalisation. Une discussion plus approfondie sur les marqueurs de normalisation endogènes plus avancés est présentée dans la section suivante.

L'agent pathogène ou la cible recherché(e), le cas d'utilisation, les méthodes disponibles, les considérations de sécurité biologique, etc. ont une incidence sur le choix de la méthode appliquée. Le tableau 5.4 résume des exemples de cas ainsi que les fréquences d'échantillonnage associées et les méthodes généralement appliquées.

Tableau 5.3. Résumé de haut niveau des approches d'échantillonnage et des exigences en la matière

Méthode d'échantillonnage Exigences	Échantillon instantané liquide	Échantillon composite actif liquide	Échantillon composite passif à partir d'un liquide	Échantillon instantané solide provenant de boues fécales, d'eaux usées ou de solides environnementaux
Dispositif de prélèvement d'échantillon	Porte-récipient de prélèvement simple ou accès à un robinet de prélèvement	Dispositif spécialisé d'échantillonnage proportionnel au temps ou au débit, avec pompe et ligne d'échantillonnage nécessitant une alimentation électrique et une réfrigération (à moins de créer un échantillon composite à partir d'échantillons instantanés collectés au fil du temps)	Moyen pour suspendre une matière dans les eaux usées ou les eaux environnementales, permettant le passage du flux et le contact avec la matière (souvent logé dans une enveloppe protectrice et matière optimisée pour l'agent pathogène étudié)	Dispositif simple de prélèvement d'échantillons solides
Récipient pour échantillon	Récipient standard pour échantillon microbiologique			
Couverture temporelle	• Ponctuel • Échantillonnage périodique	• Habituellement 24 heures • Échantillonnage périodique	• Durée variable (durée courte jusqu'à 7 jours) • Peut fournir une couverture continue	• Ponctuel • Échantillonnage périodique
Représentativité de la population desservie	• Faible • Petit volume • L'échantillon peut être rendu plus représentatif par un choix bien ciblé du moment et de l'endroit où il est prélevé	• Élevée • Peut être configuré pour capter les eaux usées proportionnellement au temps ou au débit. Ce dernier est plus difficile à mettre en œuvre sur le plan technologique, mais il est techniquement réalisable et est couramment pratiqué.	• Modérée à élevée • Capture la cible proportionnellement à ses propriétés d'absorption spécifiques à l'agent pathogène au fil du temps • Nécessite une validation spécifique à l'agent pathogène • Des marqueurs de normalisation peuvent être utilisés (voir le texte principal)	• Faible à élevée • Capture la matière proportionnellement à sa séparation en phase solide au fil du temps • Limitée par le potentiel de sélectivité dans la répartition en phase solide et la dégradation dans le temps une fois en phase solide • Certaines cibles seront plus associées aux solides que d'autres
Besoin d'alimentation électrique fiable	Pas nécessaire	Nécessaire, alimentation secteur ou batterie/pile	Pas nécessaire	Pas nécessaire
Considérations en matière de sécurité	Pas nécessaires	Nécessaires, car l'équipement est coûteux et peut être facilement vandalisé	Peuvent être nécessaires Bien que peu coûteux, le dispositif peut être volé s'il est visible	Pas nécessaires
Écoulement dans les cours d'eau à l'intérieur ou au niveau du point de rejet des effluents des bâtiments	Oui, sous réserve d'accessibilité	Oui, sous réserve de sécurité et d'accessibilité	Oui, sous réserve d'accessibilité	Non
Écoulement dans les cours d'eau à partir des réseaux de canalisations	Oui, sous réserve d'accessibilité	Oui, sous réserve de sécurité et d'accessibilité	Oui, sous réserve d'accessibilité	Non
Écoulement dans les cours d'eau à partir des canaux de drainage	Oui	Oui, sous réserve de sécurité et d'accessibilité	Oui, sous réserve d'accessibilité	Oui, s'il y a un point de sédimentation
Flux entrant de la station d'épuration	Oui	Oui	Oui	Oui, s'il y a un point de sédimentation, par exemple les boues primaires
Boues et solides	Non	Non	Non	Oui, s'il y a un point de sédimentation, par exemple les boues fécales dans une fosse septique

Méthode d'échantillonnage Exigences	Échantillon instantané liquide	Échantillon composite actif liquide	Échantillon composite passif à partir d'un liquide	Échantillon instantané solide provenant de boues fécales, d'eaux usées ou de solides environnementaux
Navires et centres de transport	Oui	Non	Oui (au port/à l'aéroport)	Oui, si les déchets comprennent des solides décantés
Systèmes décentralisés sur site tels que les fosses septiques	Oui	Non	Parfois	Oui
Équipement coûteux	Non	Oui (peut s'élever à des milliers de dollars des États-Unis par échantillonneur automatique, plus les coûts d'exploitation permanents)	Non	Non

* Il s'agit de la réfrigération pendant l'échantillonnage. Le stockage des échantillons pendant le transport nécessite toujours le respect de la chaîne du froid, dans la mesure du possible, pour la plupart des cibles, à l'exception de celles pour lesquelles le refroidissement peut induire une dormance susceptible d'inhiber la détection par culture.

Tableau 5.4. Exemple représentatif de cas d'utilisation, de fréquences d'échantillonnage et de méthodes d'analyse

Cas d'utilisation	Exemple de fréquence d'échantillonnage	Exemple de méthode d'analyse	Exemple de résultat
Tendances de base	Une fois par semaine	Cela dépend de la cible, généralement génétique, et parfois basée sur la culture, ou une combinaison des deux	La quantification et la normalisation peuvent fournir des informations supplémentaires si elles sont effectuées de manière appropriée, mais elles peuvent introduire une complexité inutile et des facteurs de confusion
Alerte rapide	Deux fois par semaine	Dépend de la cible, généralement génétique pour les résultats les plus rapides	La détection est la priorité (la quantification apporte une valeur ajoutée mais n'est pas nécessairement effectuée)
État de préparation aux pandémies	Suffisant pour maintenir les capacités et les relations entre les parties prenantes	Les méthodes fondées sur la culture et les méthodes génétiques doivent être prêtes à être appliquées	Preuve de la performance et de la fiabilité suffisantes du processus
Suivi ou détection des variants connus	Une fois par semaine	PCR pour des variants cibles spécifiques	Identification, détection et, si nécessaire, quantification des variants
Nouveaux variants	Une fois par semaine	Séquençage de nouvelle génération du génome entier ou des gènes cibles	Bibliothèque de séquences des variants présents, avec détection et évaluation des nouveaux variants

5.4 Exigences en matière de capacités de laboratoire et gestion de la qualité

Des données de laboratoire fiables et de qualité sont essentielles à la réussite d'un programme de WES. La création ou le renforcement des capacités des laboratoires de microbiologie environnementale constitue l'une des premières étapes de l'élaboration d'un programme de WES. Une évaluation des capacités des laboratoires de microbiologie environnementale peut donner aux parties prenantes une idée claire de l'ampleur des investissements nécessaires. Des laboratoires de microbiologie environnementale ou des laboratoires de surveillance environnementale de la poliomyélite peuvent déjà exister et être utilisés pour inclure des tests nouveaux ou élargis de la WES. Si ces types de laboratoires ne sont pas présents, les espaces cliniques sous-utilisés ou d'autres types de laboratoires devront peut-être être modifiés avant d'être utilisés. Le renforcement et le maintien des capacités des laboratoires de WES peuvent nécessiter un important investissement financier ; il peut être nécessaire de commencer par déployer des efforts à petite échelle puis de les intensifier au fil du temps.

Il est essentiel de renforcer les capacités des laboratoires de microbiologie environnementale là où elles ne sont pas encore suffisantes. Les laboratoires de santé publique peuvent ne pas avoir d'expérience préalable en matière d'échantillons environnementaux (eau). Les laboratoires d'analyse de l'eau, quant à eux, peuvent ne pas avoir d'expérience en matière de détection d'agents pathogènes dans le contexte de la WES.

5.4.1 Personnel

Pour l'échantillonnage, il n'est pas nécessaire de faire appel à des microbiologistes de l'environnement. Dans les stations d'épuration des eaux usées, de nombreux membres du personnel sont formés à l'échantillonnage des eaux usées et des boues. Cet échantillonnage fait partie de leurs tâches quotidiennes qui visent à contrôler les processus de la station d'épuration.

Des microbiologistes de l'environnement dûment formés et familiarisés à l'analyse des eaux usées, des boues et des eaux environnementales, le cas échéant, en vue de détecter des agents pathogènes jouent un rôle essentiel dans les étapes d'analyse pour garantir la collecte de données de WES précises et fiables. Ces scientifiques ont une connaissance spécialisée des interactions physiques, chimiques et biologiques entre les micro-organismes et leur environnement, ainsi que de la nature dynamique et de la complexité des matrices environnementales. Ils possèdent une expertise dans la collecte, le traitement et l'analyse d'échantillons environnementaux à l'aide de diverses techniques microbiologiques et moléculaires, et sont en mesure d'interpréter les données environnementales et de reconnaître les limites méthodologiques. Les méthodes de détection clinique servent souvent de point de départ à l'élaboration de méthodes pour les échantillons environnementaux ; les microbiologistes de l'environnement savent adapter et optimiser les méthodes cliniques afin d'améliorer leur sensibilité et leur spécificité en vue de leur application aux échantillons environnementaux. La microbiologie environnementale est une discipline spécialisée qui n'est proposée que dans une poignée d'universités ; pourtant la formation et le développement professionnel en la matière sont nécessaires pour accroître cette capacité au niveau mondial afin de soutenir la croissance de la WES. La microbiologie environnementale se distingue clairement de la microbiologie clinique en ce qu'elle tente généralement de quantifier l'agent pathogène cible (ou l'organisme indicateur) dans l'échantillon environnemental, tandis que, dans la plupart des cas, la microbiologie clinique se concentre sur la détection (présence/absence) d'un agent pathogène dans un échantillon clinique. Dans le cadre de la WES, les informations sur la présence d'un agent pathogène sont parfois suffisantes, mais pas toujours.

Le nombre de membres du personnel de laboratoire nécessaires aux programmes de WES dépend de l'efficacité de la collecte et du transport des échantillons, des approches méthodologiques utilisées et de la disponibilité des ressources. Chaque contexte dispose de sa propre structure organisationnelle. Il n'est donc pas évident de fournir des conseils efficaces sur le personnel de laboratoire nécessaire. En principe, un nombre suffisant de microbiologistes de base expérimentés travaillant à temps plein est nécessaire pour mener à bien les activités préanalytiques (réception des échantillons, entretien des équipements, préparation des matériaux), analytiques (traitement des échantillons, analyse des échantillons) et post-analytiques (saisie des données, nettoyage/décontamination). De même, un nombre suffisant de membres du personnel de rang supérieur est nécessaire pour l'administration du laboratoire, la gestion de la qualité et de la sécurité, et les activités de remontée des résultats. Des microbiologistes de base supplémentaires permettent d'améliorer l'efficacité et la spécialisation des responsabilités, ce qui peut conduire à une augmentation du nombre d'échantillons, à des données de meilleure qualité et à des charges de travail durables pour le personnel. Le Guide d'analyse des eaux usées en vue de la détection du SARS-CoV-2 de l'Association des laboratoires de santé publique (APHL)³⁹ et le Manuel à destination des laboratoires dans le cadre de la poliomyélite⁴⁰ fournissent des indications supplémentaires sur les besoins en personnel de laboratoire pour les programmes d'analyse des eaux usées.

Outre la formation initiale, une formation continue de remise à niveau, une évaluation et un suivi des compétences sont nécessaires.

5.4.2 Installations et sécurité

Les laboratoires chargés d'analyser les échantillons prélevés dans le cadre de la WES font face à des risques de sécurité biologique en raison des concentrations potentiellement élevées et de la diversité des agents pathogènes présents dans les échantillons. Avant d'effectuer des activités de WES en laboratoire, il convient de procéder à une estimation des risques biologiques afin d'identifier les dangers potentiels spécifiques au site et de sélectionner les exigences en matière de bâtiments et d'équipements, les barrières, les pratiques de laboratoire et les mesures d'atténuation appropriées pour protéger à la fois le personnel de laboratoire et l'environnement.

Il convient d'accorder une attention particulière au transport des échantillons, notamment lorsque les échantillons doivent être transportés sur de longues distances, par exemple dans des zones rurales ou éloignées. L'échantillonnage peut poser des problèmes de coût, de logistique et de technique. Le transport et le stockage des échantillons doivent garantir le maintien des températures des échantillons à un niveau bas dans la plupart des cas, des températures de réfrigération (mais pas de congélation) étant recommandées, et le délai entre l'échantillonnage et le début de l'analyse doit être aussi court que possible. Pour certaines cibles, telles que des agents pathogènes spécifiques (par exemple, le *Vibrio cholerae*), la température ambiante est préférable pour empêcher les agents pathogènes de passer à un état physiologique non cultivable en réponse au refroidissement.

Les échantillons tirés de la WES peuvent être analysés directement ou doivent d'abord subir des étapes de traitement afin de concentrer la cible, d'augmenter la cible étudiée ou d'éliminer les substances interférentes des matrices complexes. Le traitement initial des échantillons tirés de la WES ne doit pas avoir lieu dans les pièces utilisées pour les activités suivantes :

- Préparation des milieux et du matériel
- Culture de tissus pour les essais d'infectivité virale
- Préparation des réactifs moléculaires
- Analyse moléculaire (par exemple, PCR, séquençage)
- Fonctions administratives (bureaux, salles de pause)

Il est également fortement conseillé de ne pas traiter les échantillons tirés de la WES dans les salles utilisées pour les tests de diagnostic clinique, car il existe un risque de contamination croisée. S'il n'est pas possible d'utiliser des pièces séparées, il faut veiller à réduire la contamination croisée entre les échantillons environnementaux et les échantillons cliniques. Il peut s'agir d'utiliser des paillasses et des équipements distincts, d'installer des barrières physiques, de varier le moment du traitement des échantillons afin de réduire au minimum les chevauchements (par exemple, des jours différents), d'employer du personnel différent pour les activités de WES, et d'appliquer des procédures rigoureuses de nettoyage et de désinfection entre les tâches.

Un contrôle adéquat de la sécurité biologique est nécessaire pour la collecte et l'analyse des eaux usées provenant de la WES. Le niveau d'équipement de protection individuelle et de vaccination requis pour l'échantillonnage et l'analyse, ainsi que les contrôles de sécurité biologique recommandés en laboratoire pour les eaux usées collectées, dépendent des agents pathogènes étudiés. Le programme de lutte contre la poliomyélite comporte des orientations sur ces aspects. Les laboratoires doivent au minimum respecter les normes de sécurité biologique de niveau 2 pour le traitement des échantillons tirés de la WES. Il s'agit notamment d'assurer un accès contrôlé aux espaces de laboratoire, de prévoir des installations suffisantes destinées au lavage des mains avec de l'eau courante et du savon, d'utiliser des surfaces imperméables faciles à nettoyer et à désinfecter, de maintenir des conditions d'éclairage adéquates, et d'avoir en place du matériel et des procédures de décontamination essentiels. En outre, en raison du risque de concentrations élevées dans les échantillons tirés de la WES, les laboratoires doivent utiliser des enceintes de sécurité biologique lors des étapes de traitement susceptibles de créer des aérosols infectieux ou des éclaboussures (par exemple, pipetage, mélange, sonication, manipulation de cultures). Dans les situations où une enceinte de sécurité biologique n'est pas disponible, un équipement de protection individuelle doit être utilisé parallèlement à d'autres contrôles administratifs déterminés par l'estimation des risques biologiques. Les pratiques microbiologiques standard et spéciales, les équipements de sécurité (y compris l'équipement de protection individuelle) et les recommandations relatives aux installations pour les laboratoires de sécurité biologique de niveau 2 figurent dans le document « Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories » (Sécurité biologique dans les laboratoires microbiologiques et biomédicaux)⁴¹. Le niveau de sécurité biologique du laboratoire d'analyse et

l'analyse des agents pathogènes cibles doivent être guidés par les réglementations locales en matière de sécurité biologique⁴¹.

5.4.3 Approches méthodologiques

5.4.3.1 Aperçu des approches

Les approches méthodologiques de la WES se répartissent en deux grandes catégories : les approches dépendantes de la culture et les approches indépendantes de la culture. Chacune d'entre elles est détaillée ci-après.

Approches dépendantes de la culture

Les approches dépendantes de la culture impliquent l'utilisation de conditions de laboratoire artificielles pour cultiver un agent pathogène d'intérêt à partir d'un échantillon. Actuellement, l'approche dépendante de la culture la plus largement éprouvée pour la WES est celle utilisée pour le poliovirus. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de disposer d'informations sur la viabilité de l'agent pathogène pour la WES, une approche dépendante de la culture permet d'augmenter la concentration de l'agent pathogène tout en supprimant la croissance des micro-organismes non ciblés, ce qui rend l'agent pathogène plus susceptible d'être détecté. L'utilisation d'une approche dépendante de la culture présente également l'avantage de permettre d'aboutir à la production d'isolats, qui sont généralement nécessaires pour la confirmation définitive de l'agent pathogène par des tests morphologiques, biochimiques, sérologiques, de sensibilité aux antimicrobiens ou des tests moléculaires (par exemple, PCR, séquençage).

Cependant, le recours à des approches dépendantes de la culture présente des limites. Certains micro-organismes entrent dans un état viable, mais non cultivable dans l'environnement et ne peuvent donc pas être cultivés. Pour ceux qui peuvent être cultivés, les milieux sélectifs ne sont souvent pas assez sélectifs, en particulier lorsqu'ils sont utilisés pour des échantillons complexes tirés de la WES qui peuvent contenir une diversité d'espèces étroitement apparentées ; le nombre d'isolats qui doivent être soumis à des tests de confirmation peut être prohibitif en matière de coûts et de temps. En outre, les conditions artificielles de laboratoire peuvent contribuer à la sélection de certaines souches de micro-organismes par rapport à d'autres, faussant ainsi les résultats. Par ailleurs, les approches dépendantes de la culture qui comprennent une étape d'enrichissement en bouillon éliminent la possibilité de quantifier l'agent pathogène en question dans l'échantillon original, ce qui est nécessaire pour évaluer les tendances de la WES. Il est possible de contourner ce problème en utilisant un format d'enrichissement par la méthode du nombre le plus probable, mais cette approche peut également s'avérer prohibitive en matière de coûts et de temps. Enfin, les tests de confirmation effectués uniquement sur les bouillons d'enrichissement (et non sur les isolats) peuvent être trompeurs ou peu concluants si plusieurs cibles génétiques sont nécessaires pour une confirmation définitive et que ces cibles existent indépendamment chez d'autres espèces ou souches.

Approches indépendantes de la culture

Les approches indépendantes de la culture impliquent l'analyse directe d'un échantillon tiré de la WES, généralement par PCR ou par séquençage, sans procéder à une étape de culture. Actuellement, l'approche indépendante de la culture la plus largement éprouvée pour la WES est celle utilisée pour le SARS-CoV-2. Les méthodes indépendantes de la culture sont plus rapides et plus efficaces que les méthodes de culture et de confirmation en plusieurs étapes, et elles peuvent faciliter la mise en œuvre d'une WES à cibles multiples. En outre, les approches indépendantes de la culture peuvent permettre de contourner les difficultés liées aux micro-organismes viables, mais non cultivables et aux micro-organismes pour lesquels il n'existe pas d'approches basées sur la culture.

L'utilisation d'approches indépendantes de la culture présente également des limites. Ces approches sont plus particulièrement efficaces lorsqu'il n'existe qu'un seul gène cible spécifique à l'agent

pathogène d'intérêt. Étant donné qu'un isolat n'est pas généré pour d'autres analyses (comme c'est le cas lorsque l'on teste uniquement les bouillons d'enrichissement, comme indiqué ci-dessus), les résultats peuvent être trompeurs ou non concluants si plusieurs cibles génétiques sont nécessaires pour une confirmation définitive et que ces cibles existent indépendamment chez d'autres espèces ou souches. À titre d'exemple, on peut citer le défi posé par la tentative de relier les gènes de résistance aux antimicrobiens à leur agent pathogène hôte, car les gènes de résistance aux antimicrobiens se trouvent souvent sur des éléments génétiques mobiles qui peuvent exister à l'extérieur des cellules ou être transférés entre des bactéries. Les approches indépendantes de la culture peuvent également ne pas être suffisamment sensibles pour détecter les cibles lorsqu'elles sont présentes en faibles quantités dans l'environnement, même lorsque des méthodes de concentration sont utilisées.

5.4.3.2 *Considérations relatives à la sélection des méthodes*

En l'absence de méthodes de WES standard, comme c'est actuellement le cas pour de nombreuses cibles d'intérêt, le choix des méthodes retenues pour chaque application dépend du contexte et des informations recherchées. Plusieurs éléments doivent être pris en compte lors de la sélection des méthodes de WES individuelle visant une seule cible ou des cibles multiples :

- **Des processus préanalytiques** peuvent être effectués sur les échantillons tirés de la WES avant d'appliquer les méthodes analytiques afin d'homogénéiser l'échantillon, de concentrer ou d'enrichir la cible d'intérêt, d'éliminer les substances interférentes ou de faciliter les flux de travail analytiques. Les processus préanalytiques peuvent inclure les tâches suivantes :
 - Sonication
 - Centrifugation
 - Filtration
 - Capture d'affinité
 - Préenrichissement et enrichissement sélectif des milieux
 - Précipitation chimique
 - Traitement enzymatique
 - Extraction de l'acide nucléique
 - Purification de l'acide nucléique
- **Les processus analytiques** pour les échantillons prélevés dans le cadre de la WES sont effectués pour détecter ou caractériser des agents pathogènes ou des gènes spécifiques. Le choix du processus dépend de la ou des cible(s) d'intérêt spécifique(s), de la concentration de la ou des cible(s) prévue(s), et de la question de savoir si les informations recherchées sont la détection de sérotypes spécifiques, de types de séquences ou de profils de résistance aux antimicrobiens, ou la concentration de la ou des cible(s) en vue d'évaluer les tendances. Certaines caractéristiques étant communes à certaines cibles, la compréhension de ces points communs et des différences permet de concevoir des programmes de WES polyvalents et durables. Les processus analytiques peuvent comprendre les tâches suivantes :
 - Microscopie
 - Ensemencement direct ou ensemencement par filtration sur membrane sur des milieux sélectifs
 - Tests biochimiques, sérologiques et de sensibilité aux antimicrobiens des isolats bactériens
 - Tests d'infectivité sur culture cellulaire
 - Tests immunologiques
 - PCR, y compris classique, en temps réel, à transcriptase inverse, numérique ou numérique en gouttelettes, et PCR multiplex
 - Séquençage, y compris le séquençage du génome entier, de l'ARNr 16S, d'amplicons ciblés et métagénomique
- **L'utilisation de méthodes cliniques.** Il convient d'être prudent lors de l'application de méthodes cliniques de référence aux échantillons de WES. Les méthodes cliniques sont généralement

suffisantes pour l'identification des agents pathogènes dans les échantillons humains, en particulier lorsqu'elles sont associées à la symptomatologie. Toutefois, les échantillons prélevés dans le cadre de la WES contiennent généralement une variété de micro-organismes beaucoup plus grande que les échantillons cliniques, y compris des espèces et des souches atypiques ou environnementales susceptibles de réagir de manière croisée avec les tests cliniques. En outre, les matrices d'échantillons de la WES peuvent être très différentes des matrices d'échantillons cliniques (par exemple, le sang, les expectorations, les selles), de sorte que les méthodes cliniques devront généralement être optimisées pour améliorer leur sensibilité et leur spécificité pour les échantillons recueillis dans le cadre de la WES.

- **Le séquençage** peut être utilisé pour découvrir des informations supplémentaires sur les cibles, telles que les types de séquences et les variants. Les méthodes de séquençage direct pourraient à l'avenir jouer un rôle prépondérant, bien qu'elles n'en soient encore qu'à leurs balbutiements pour cette application dans la WES.
 - L'interprétation des informations sur les séquences nécessite l'utilisation d'outils logiciels bioinformatiques. Ces outils combinent et alignent les données brutes de séquençage, et les comparent à des séquences de référence afin d'identifier les séquences connues pour des gènes ou des agents pathogènes spécifiques, et d'aider à l'identification des lignées et des variants. La valeur de ces outils s'améliore au fil du temps, au fur et à mesure que de nouvelles informations sur la séquence sont téléchargées. Il existe un certain nombre d'outils permettant de télécharger, de partager et d'interroger les informations génétiques dérivées de la WES (par exemple, [PHA4GE](#)).
- **Des kits et des plateformes de test exclusifs** ont été mis au point pour la surveillance des eaux usées afin de détecter des cibles génétiques spécifiques sans qu'il soit nécessaire de disposer de laboratoires entièrement équipés ou d'un personnel hautement qualifié. Ces kits peuvent être utiles dans les environnements aux ressources limitées et dans les endroits isolés. Ils présentent toutefois des inconvénients, notamment des coûts initiaux élevés, des problèmes d'approvisionnement de routine et une durabilité limitée en raison du coût élevé par échantillon. En outre, ces plateformes limitent la flexibilité pour l'ajout de cibles et peuvent limiter la compréhension des résultats. Leur sensibilité et leur spécificité peuvent également être limitées, et elles ne sont pas toujours optimisées ou validées pour les échantillons environnementaux.
- **Des considérations pratiques** doivent également être prises en compte lors de la sélection des approches méthodologiques, notamment les capacités de l'infrastructure analytique et des ressources humaines.
- **Recherche et innovation.** Un certain nombre d'approches méthodologiques prometteuses sont en cours d'évaluation pour la WES. Dans l'ensemble, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour élaborer et valider des approches au service de la WES visant une seule cible ou des cibles multiples avant que des méthodes normalisées ne soient disponibles.

5.4.4 Gestion de la qualité

Un système de gestion de la qualité est un ensemble de politiques, de processus et de procédures permettant de concevoir et d'exploiter un laboratoire, et de produire en temps utile des données répondant à des normes de qualité élevées. Les 12 points essentiels du système de qualité (encadré) sont les éléments de base d'un système de gestion de la qualité d'un laboratoire^[1]. Bien que tous ces éléments soient importants, plusieurs d'entre eux méritent de s'y attarder plus amplement, car ils sont vitaux pour la réussite d'un programme de WES.

- **Approvisionnement et gestion des stocks** : l'équipement et les fournitures pour certaines procédures de WES sont spécialisés, et leur disponibilité dans des régions spécifiques du monde est souvent limitée ou difficile. La disponibilité de l'équipement et des fournitures doit être prise en compte dès le début de l'élaboration du programme de WES, lors de la sélection des cibles et des protocoles. Les laboratoires doivent mettre en place des chaînes d'approvisionnement robustes avec des fournisseurs fiables, anticiper les besoins en approvisionnement grâce à des prévisions minutieuses et maintenir des stocks de consommables à jour. En outre, il est essentiel d'élaborer des plans d'urgence en cas d'interruption de la chaîne d'approvisionnement ou de panne d'équipement afin de réduire au minimum les temps d'arrêt et de maintenir la continuité des opérations de laboratoire.
- **Formation** : une formation complète en laboratoire visant à garantir des pratiques d'analyse cohérentes et précises est essentielle pour le personnel des laboratoires qui mènent des activités de WES, compte tenu de la nature spécialisée et évolutive du domaine. Il peut être difficile de trouver des microbiologistes de l'environnement qualifiés et formés aux procédures de WES. Les microbiologistes cliniques peuvent recevoir une formation polyvalente pour effectuer le traitement et l'analyse de la WES ; dans les environnements à faibles ressources où l'expertise en microbiologie clinique est souvent limitée, il convient de veiller à ce que la bande passante pour les analyses cliniques ne soit pas affectée négativement. Pour interpréter et utiliser les données, les spécialistes en données auront besoin d'une formation spécialisée en matière de données et d'informatique pour la WES. Pour communiquer les résultats, une formation à la visualisation et à la communication des données sera nécessaire afin que le personnel puisse traduire et communiquer les résultats dans des formats adaptés aux professionnels de la santé publique.
- **Contrôle de la qualité des analyses** : comme pour tout test de laboratoire, des contrôles de la qualité doivent être intégrés au traitement des échantillons tirés de la WES. Le guide de l'APHL portant sur les tests de surveillance des eaux usées à la recherche du SARS-CoV2 à destination des laboratoires de santé publique explique les contrôles qui doivent être inclus pour les échantillons d'eaux usées en général, tels que les contrôles endogènes pour déterminer les apports en matières fécales humaines et faciliter la normalisation, ainsi que les contrôles des pics de la matrice pour aider à déterminer l'efficacité de la récupération. Le guide explique également les contrôles qui doivent être effectués au cours des étapes de l'analyse moléculaire pour faciliter la compréhension de la contamination et l'interprétation, tels que les blancs de méthode, les blancs d'extraction, les contrôles sans modèle et les contrôles positifs quantitatifs. Tous les contrôles doivent être sélectionnés en tenant compte des considérations méthodologiques, des ressources et des spécificités de la cible. Il est important d'indiquer les données brutes non transformées, car la normalisation peut introduire des facteurs de confusion et une variabilité supplémentaire^{39, 40}.

5.5 Stratégies de normalisation

Les données brutes non transformées doivent être communiquées, car la normalisation est compliquée et peut introduire une complexité et une variabilité évitables qui peuvent être source de confusion pour le cas d'utilisation. En outre, pour améliorer l'interprétation des données dans

certaines situations, il est possible de procéder à une normalisation et une standardisation en ajustant les concentrations cibles mesurées pour les marqueurs de l'étendue de l'influence humaine sur l'échantillon ou la taille de la population couverte, etc. Les options de normalisation physique, chimique et microbiologique sont indiquées ci-dessous, y compris les marqueurs de normalisation avancés qui ont été utilisés, bien qu'avec des rapports variables sur la valeur de cette normalisation.

La plupart des marqueurs de normalisation utilisés jusqu'à présent sont liés aux apports fécaux ou urinaires dans la matière échantillonnée. Ils peuvent être d'une grande utilité pour la normalisation des agents pathogènes fécaux-oraux, mais moins utiles pour les cibles excrétées par voie respiratoire, cutanée ou autre.

Les marqueurs de normalisation récemment examinés dans le contexte de la surveillance du SRAS-CoV-2 (Parkins *et al.*, 2024) comprennent des substances chimiques (créatinine, ammoniacque, acide 5-hydroxyindolacétique, caféine, paraxanthine), des virus non pathogènes (virus de la marbrure légère du piment [PMMoV], crAssphage), des bactéries non pathogènes (bactéroïdes HF 183, *Lachnospiraceae*) et des marqueurs humains (ADNr 18 S spécifique à l'homme, NADH déshydrogénase mitochondriale spécifique à l'homme). L'étude n'a pas identifié de marqueur spécifique qui serait le plus approprié, bien que le PMMoV soit l'un des plus utilisés. Nombre de ces marqueurs nécessitent des méthodes analytiques, chimiques ou microbiologiques avancées, et le comportement des marqueurs et leurs flux de traitement analytique sont probablement différents de ceux des cibles d'intérêt. Si plusieurs cibles, cas d'utilisation et contextes sont envisagés, il peut être nécessaire de prendre en compte plusieurs marqueurs. Par conséquent, la sélection et l'utilisation de ces marqueurs doivent faire l'objet d'un examen approfondi et spécialisé.

5.6 Transposition en interventions

Le programme de WES est mené pour guider les mesures de santé publique. Il est donc important que les données soient partagées avec les autorités de santé publique en temps utile. Les données peuvent provenir de laboratoires environnementaux, commerciaux, privés, de services publics de traitement des eaux usées, d'organisations non gouvernementales, d'universités ou d'autres laboratoires ne relevant pas d'agences de santé, et il convient de gérer la gouvernance et le transfert des données vers les agences de santé publique. Il est essentiel de faire attention au format dans lequel ces données sont partagées. En raison de la nature de la méthodologie de la WES, qui comprend des limites de détection, la variabilité statistique de l'échantillonnage environnemental et le risque de faux négatifs, il convient d'utiliser la terminologie « détecté/non détecté » pour représenter les données de la WES, par opposition à la terminologie « présence/absence » souvent employée pour faire référence aux résultats des tests cliniques. En outre, comme expliqué précédemment, les données recueillies au cours de la WES sont souvent moins intuitives que les résultats obtenus dans le cadre de la surveillance clinique et nécessitent souvent un calcul rétroactif à partir du résultat de l'essai direct pour être partagées en tant que concentration par volume d'échantillon original afin d'être plus facilement interprétées. En général, ce sont les résultats inattendus ou surprenants qui sont à l'origine des mesures de santé publique, c'est-à-dire les informations fournies par le programme de WES qui ne ressortaient pas des programmes de surveillance existants ou qui n'avaient pas été comprises à partir d'hypothèses a priori. Bien souvent, quoique pas systématiquement, il est nécessaire d'évaluer les données de la WES parallèlement à d'autres formes de surveillance existantes afin d'avoir une vue d'ensemble de la transmission des maladies et d'éclairer les mesures de santé publique. C'est pourquoi il est conseillé d'harmoniser, de gérer ou de partager les données recueillies dans le cadre de la WES pour une cible donnée avec le groupe spécialisé en santé publique responsable de cette cible.

Voici quelques exemples de situation contribuant au déclenchement d'interventions :

- Détection d'une cible dont on ignorait la circulation dans la communauté, qui sert d'alerte rapide de son émergence dans la population représentée par la zone d'échantillonnage. Cela peut permettre de donner une alerte rapide concernant une cible émergente ou ré-émergente.
- Cible élevée détectée, à des niveaux nettement supérieurs à ceux observés à des moments comparables dans le temps ou l'espace, et indiquant la présence d'un point chaud, d'un foyer épidémique ou d'une flambée épidémique.
- Mise en place d'une surveillance clinique renforcée dans les régions ou contextes à haut risque.
- Nécessité d'un suivi et d'une évaluation du programme, par exemple lors d'une campagne de vaccination.

Voici ci-après quelques exemples de mesures de santé publique prises en réponse aux résultats tirés de la WES.

- Promotion d'interventions non pharmaceutiques, notamment :
 - Application des [cadres d'orientation en matière de mesures sociales et de santé publique](#)
 - Promotion de l'eau potable, de l'assainissement et de l'hygiène
 - Port de masques
 - Maintien d'une distance physique
 - Réduction des déplacements dans la communauté
 - Incitation à l'isolement des groupes à risque
 - Promotion des essais cliniques
 - Lutte antivectorielle
- Renforcement des programmes de vaccination :
 - Ciblage spatial
 - Promotion du recours aux vaccins
 - Accélération ou développement des activités de vaccination
 - Sélection des agents pathogènes spécifiques à inclure dans les vaccins
 - Orientation de l'élaboration de vaccins, par exemple l'identification et le suivi des variants préoccupants peuvent éclairer les priorités d'élaboration de vaccins
 - Compréhension de l'impact des vaccins et ciblage des campagnes de rattrapage
- Renforcement de l'état de préparation des établissements de soins de santé

6 Besoins en matière de recherche et mises à jour futures

6.1 Besoins prioritaires en matière de recherche

Un programme de recherche mondial complet est nécessaire pour accélérer la mise en œuvre à grande échelle de la WES. Il s'agit notamment de transférer la recherche et les projets pilotes dans la stratégie, les plans, la mobilisation des ressources, le suivi et l'évaluation, afin d'améliorer l'efficacité, l'échelle et l'équité des activités mondiales de WES à des fins de protection de la santé publique.

Les priorités concernent les lacunes en matière de connaissances scientifiques clés, qui nécessitent des recherches appliquées (parfois fondamentales), la levée des obstacles technologiques et de mise en œuvre, qui requièrent des innovations et la mise en pratique de la recherche, ainsi que les outils, le renforcement des capacités, l'intégration et l'établissement de liens avec les mesures de santé publique.

Le GLOWACON a été créé pour faire avancer ce programme. Les objectifs et priorités de recherche et développement décrits ci-dessous s'inspirent du projet de document de travail technique du groupe de travail technique du GLOWACON et des délibérations menées lors de conférences mondiales et régionales sur la WES, ainsi que des publications de recherche disponibles, des avis d'experts en WES, y compris ceux du groupe consultatif d'experts de la WES.

Il convient de noter que les lacunes en matière de connaissances qui constituent des priorités de recherche appliquée spécifiques à un agent pathogène sont documentées dans les résumés relatifs aux cibles de la WES portant sur un agent pathogène ou une maladie spécifiques (choléra, grippe, orthopoxvirose simienne, poliomyélite, COVID-19 et fièvre typhoïde).

Huit domaines prioritaires ont été identifiés à l'aide d'une analyse thématique ; ils sont formulés sous forme d'objectifs ci-dessous :

1. Identifier les agents pathogènes prioritaires pour la WES
2. Élaborer des outils et des techniques améliorés, solides et présentant un bon rapport coût-efficacité pour l'échantillonnage, la détection et l'analyse des cibles prioritaires
3. Élaborer des outils et des techniques solides et présentant un bon rapport coût-efficacité pour l'interprétation des données tirées de la WES
4. Promouvoir l'intégration des résultats tirés de la WES, dans le cadre de la surveillance collaborative, au sein du processus décisionnel global en matière de santé publique et des communications publiques
5. Promouvoir des pratiques éthiques de la WES à des fins de santé publique
6. Améliorer l'utilisation de la WES dans les environnements non raccordés à des réseaux d'égouts
7. Renforcer les capacités en matière de WES, y compris en matière de ressources humaines
8. Identifier d'autres cas d'utilisation potentiels de la WES à des fins de santé publique et aux fins de l'approche « Une seule santé », afin d'éclairer les priorités futures de développement du programme

Les domaines prioritaires de chaque objectif sont les suivants :

1. Identifier les agents pathogènes prioritaires pour la surveillance des eaux usées et de l'environnement

- Évaluation et affinement du cadre d'identification, en fonction du contexte, des cibles potentielles prioritaires de la WES compte tenu des besoins de santé publique

- Preuves pertinentes pour éclairer la définition des priorités : par exemple, synthèse des preuves tirées de la WES spécifique à un agent pathogène pour les agents pathogènes prioritaires (et potentiellement hautement prioritaires)
- Établissement efficace de liens avec des initiatives et des preuves transversales et spécifiques à des agents pathogènes ; par exemple, les lacunes de la surveillance collaborative et les domaines prioritaires auxquels la WES peut contribuer

2. Élaborer des outils et des techniques améliorés, solides et efficaces pour l'échantillonnage, la détection et l'analyse des cibles prioritaires

2a. Échantillonnage

- Élaboration, évaluation et optimisation de stratégies d'échantillonnage harmonisées et efficaces pour les sites sentinelles liés à la population étudiée pour les objectifs et le contexte de surveillance spécifiques (y compris les réseaux d'assainissement, la répartition de la population et les mouvements de population). Cela concerne à la fois une surveillance locale/nationale ou infranationale et une surveillance mondiale ou supranationale par le biais des réseaux de transport.
- Élaboration, évaluation et optimisation de méthodes d'échantillonnage harmonisées et efficaces (y compris le type, la fréquence/durée, la concentration sur le terrain, etc.) en tenant compte des agents pathogènes prioritaires individuels et combinés ainsi que des besoins spécifiques au contexte (réseau d'égouts, température, capacités, etc.) : il s'agit notamment d'examiner leur faisabilité et accessibilité financière, et de procéder à des évaluations comparatives directes concernant leurs caractéristiques principales (y compris la sensibilité et la quantification, le cas échéant).
- En particulier, les innovations et les applications en matière d'échantillonnage pour les milieux non raccordés à des réseaux d'égouts, y compris ceux situés dans des climats plus chauds, constituent une priorité pour aborder la question de l'équité mondiale compte tenu des populations sous-étudiées ou mal desservies
- Synthèse des preuves tirées de l'échantillonnage qui comprend une description et une comparaison des méthodes d'échantillonnage dans leur ensemble et par agent pathogène, et précise leurs points forts et leurs limites

2b. Validation de la méthode

- Élaboration, évaluation, validation et perfectionnement de méthodes harmonisées (ou normalisées) et efficaces afin d'optimiser la sensibilité et la quantification : approches transversales et spécifiques à des agents pathogènes. Il convient de noter que cela concerne en partie les méthodes d'échantillonnage (2a) ainsi que la préparation en laboratoire, l'extraction, la concentration, l'enrichissement, la récupération et les méthodes connexes préalables à l'analyse. Il s'agit notamment d'examiner la faisabilité et l'accessibilité financière des méthodes, et de procéder à une évaluation comparative des méthodes les unes par rapport aux autres ou des normes de référence afin d'évaluer leurs caractéristiques principales.

2c. Analyse (laboratoire)

- Élaboration, évaluation et perfectionnement de protocoles analytiques de WES harmonisés (ou normalisés) et efficaces pour les agents pathogènes prioritaires pour atteindre des objectifs de surveillance spécifiques, en tenant compte des agents pathogènes prioritaires individuels et combinés ainsi que des besoins spécifiques au contexte (capacités des laboratoires et prévalence locale des substances inhibitrices et des contributions zoonotiques). Pour ce faire, il est nécessaire d'examiner la faisabilité et l'accessibilité financière. Il convient de noter que cela représente un très large éventail de méthodes de laboratoire couvrant la détection moléculaire, la culture et le séquençage, utilisées en fonction des agents pathogènes prioritaires de la WES et la résistance aux antimicrobiens. Il s'agit notamment d'examiner leur faisabilité et accessibilité

financière, et de procéder à des évaluations comparatives directes des méthodes alternatives en ce qui concerne leurs caractéristiques principales.

- En particulier, les innovations et les applications permettant une analyse décentralisée et abordable, à proximité du point de prélèvement de l'échantillon, qui ne nécessitent pas d'opérateurs hautement qualifiés, ou d'autres innovations efficaces qui contribuent à réduire le délai entre la détection de l'échantillon et le résultat, permettraient d'élargir les applications potentielles de la WES et la rapidité d'obtention des résultats.

2d. Domaines transversaux : gestion de la qualité, chaîne d'approvisionnement et banque de données biologiques

- Améliorer la gestion des données tirées de la WES : mise en place de systèmes et de réseaux d'assurance qualité de la WES efficaces pour soutenir les laboratoires individuels en s'appuyant sur les systèmes locaux, régionaux ou mondiaux existants. Il s'agit notamment de l'identification et de la distribution de contrôles de la WES vérifiés et de groupes d'assurance qualité externes pour les laboratoires, ainsi que d'un appui structuré aux systèmes et processus de gestion de la qualité de la WES au sein des laboratoires.
- Améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement et réduire les coûts récurrents des programmes, notamment aux niveaux national, régional et mondial. Plus précisément, à la suite de l'harmonisation des méthodes d'échantillonnage, des méthodes préanalytiques et analytiques, et des achats en vrac négociés, il pourrait être possible de constituer des stocks d'urgence ou de renforcer la fabrication locale afin de bénéficier d'économies d'échelle et d'accroître la certitude quant aux besoins futurs en matière d'approvisionnement.
- Élaboration de lignes directrices pour la mise en place, au niveau national ou supranational, de banques de données biologiques de la WES efficaces pour les échantillons stockés, qui protègent l'intégrité des échantillons et des métadonnées associées. Il s'agit de compléter la gestion et l'administration des données ci-dessous.

3. Élaborer des outils et des techniques améliorés et solides pour l'interprétation des données tirées de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

- Fournir des preuves pertinentes pour éclairer l'interprétation des résultats de laboratoire liés à des agents pathogènes spécifiques, aux objectifs de surveillance, aux mesures prévues et au contexte.

Cela couvre un large éventail de domaines prioritaires qui nécessitent des données solides, une analyse statistique +/- une modélisation dans le but de fournir des preuves, et, si possible, des approches harmonisées sinon standardisées, notamment :

- La définition du seuil d'intervention ;
- La source et direction des biais (échantillonnage, laboratoire, autres) ;
- Les estimations et sources d'incertitude ;
- La normalisation et l'ajustement pour les facteurs de confusion connus et inconnus (pour les comparaisons entre échantillons ou l'agrégation) ;
- Le délai d'exécution de la WES par rapport aux cas cliniques (théoriques et réels) ;
- L'analyse génomique (séquençage de nouvelle génération et métagénomique) dans toute sa complexité, y compris la comparaison avec les bases de données de référence et la fourniture de preuves compréhensibles et significatives pour la santé publique
- + Les gènes de résistance aux antimicrobiens et la relation potentielle ou connue avec l'agent pathogène source d'intérêt
- + Une source potentielle de zoonose
- + Les relations phylogénétiques
- Des ensembles de données de WES optimaux et minimaux (normalisés)

- L'extrapolation à d'autres populations à partir des données des sites sentinelles (modélisation analytique)
- Preuves requises pour ce qui précède, telles que les profils d'excrétion spécifiques aux agents pathogènes. Un grand nombre de ces éléments sont également liés à la fréquence et à la méthode d'échantillonnage, et peuvent les influencer.

4. Promouvoir l'intégration des résultats de la surveillance des eaux usées et de l'environnement, dans le cadre de la surveillance collaborative, au suivi et à l'évaluation généraux en matière de santé publique, ainsi qu'au sein du processus décisionnel global en matière de santé publique et des communications publiques

- Mises en relation et co-conception efficaces avec les responsables prenant des décisions transversales ou spécifiques à certains agents pathogènes/maladies : mettre au point des données adaptées (à des fins d'information) aux processus décisionnels avec des tableaux de bord ou d'autres outils de soutien et évolutifs, et en fournissant une formation et des documents correspondants
- Élaborer des lignes directrices et des bonnes pratiques pour les communications destinées au public à l'appui des cas d'utilisation prioritaires, en tenant compte des parties prenantes prioritaires, telles que les professionnels de la médecine et de la santé, les personnes et les communautés les plus exposées et celles qui sont ciblées en vue d'une modification de leurs comportements.

5. Promouvoir des pratiques éthiques de la surveillance des eaux usées et de l'environnement à des fins de santé publique

- Élaborer des lignes directrices en matière d'éthique spécifiques à la WES concernant les agents pathogènes, la résistance aux antimicrobiens et les cibles connexes, et les diffuser auprès des professionnels et des chercheurs de la WES. Encourager l'utilisation, le retour d'informations et la documentation des études de cas au sein des communautés de pratique.

6. Définir la valeur des composantes de la surveillance collaborative, y compris la surveillance des eaux usées et de l'environnement

- Réaliser des analyses coûts-avantages (actualisées) des systèmes de surveillance collaborative pour différentes zones géographiques et différents cas d'utilisation, en tenant compte de la WES comme composante
- Identifier les maladies/agents pathogènes prioritaires ciblés pour lesquels le système de surveillance actuel présente des faiblesses, et estimer la valeur potentielle de la WES et des innovations en la matière

7. Renforcer les capacités en matière de surveillance des eaux usées et de l'environnement, y compris en matière de ressources humaines

- Promouvoir les capacités spécifiques à la WES au sein du personnel interdisciplinaire en améliorant les lignes directrices et les ressources, ainsi que la formation initiale et continue. Il s'agit d'un domaine multidimensionnel qui englobe tous les différents ensembles de compétences requis.
- Des infrastructures (transport, laboratoire, gestion des données, etc.) sont également nécessaires, et doivent bénéficier d'investissements initiaux et réguliers. Il est nécessaire de définir des lignes directrices et des protocoles normalisés ainsi que les caractéristiques des produits et des processus privilégiés pour guider et éclairer les investissements importants apportés par les administrations publiques hôtes, les laboratoires privés et les partenaires de développement.

8. Identifier d'autres cas d'utilisation potentiels de la surveillance des eaux usées et de l'environnement à des fins de santé publique et aux fins de l'initiative « Une seule santé », afin d'éclairer les priorités futures de développement du programme

- Identifier les cas d'utilisation possibles de la WES à des fins de santé publique au-delà des maladies infectieuses humaines, ainsi que leur valeur potentielle, leurs limites et les synergies avec la WES. Bien que cela ne relève pas du champ d'application du présent document, il pourrait être utile d'identifier d'autres utilisations de la WES au-delà de la santé publique humaine, ainsi que les synergies potentielles et les limites ou les inconvénients (par exemple, la surveillance des drogues illicites).

6.2 Mises à jour futures

La présente version est un projet destiné à une application pilote aux niveaux régional et national. Le projet sera finalisé en intégrant les commentaires et l'expérience tirés de l'application pilote. La WES évolue rapidement au niveau mondial, parallèlement à l'émergence de discussions sur une application élargie de la WES à d'autres programmes existants ou futurs et à des urgences de santé publique. La durée de conservation prévue de ce document est de trois ans, conformément aux règles du Comité d'examen des projets en matière de notes d'information scientifiques. Passée cette période, des mises à jour seront effectuées en fonction du niveau ou de l'importance des nouvelles preuves et expériences tirées de la WES ainsi que de l'évolution concrète des discussions plus vastes en la matière.

7 Méthodes

Le processus et les critères proposés ont été élaborés en consultation avec des experts mondiaux et s'appuient sur des cadres conceptuels d'identification des agents pathogènes prioritaires pour la WES dans les publications de recherche disponibles^{5,26-28}. Le choix des six agents pathogènes viraux et bactériens initialement prioritaires pour les résumés individuels relatifs à la WES peut ne pas être prioritaire dans tous les contextes. D'autres fiches individuelles relatives aux cibles de la WES seront élaborées au fur et à mesure que des besoins supplémentaires seront identifiés et que les ressources le permettront. Un sous-groupe composé d'experts en WES et en maladies a réalisé l'évaluation structurée des preuves dans le cadre de l'évaluation en bref pour chacun des agents pathogènes prioritaires.

7.1 Examen des preuves et évaluation de la qualité

Les preuves utilisées proviennent des sources suivantes :

- Examen narratif rapide et systématique, étayé par des travaux non publiés à ce jour et des informations sur des forums spécialisés dans le partage d'informations techniques.
- Avis du groupe consultatif d'experts
- Conclusions tirées du partage de projets du document avec un groupe d'évaluation externe
- Données issues d'une série d'entretiens qualitatifs ciblés avec des experts de l'OMS et des Centers for Disease Control and Prevention (CDC), afin de recueillir des expériences pratiques, des enseignements et des besoins.
- Méthodes d'analyse documentaire. Une méthode hybride a été employée, laquelle impliquait :
 - Des requêtes de recherche structurées adaptées au sujet d'intérêt (à noter qu'elles étaient nombreuses pour chaque fiche relative à un agent pathogène cible) ;
 - Un examen des résumés des articles trouvés pour identifier ceux qui étaient pertinents ;
 - Un examen plus approfondi des références dans les articles sélectionnés afin d'identifier toute autre référence pertinente

7.2 Preuves au service du processus décisionnel

Les preuves ont été synthétisées dans le document en s'appuyant sur l'évaluation de la qualité et des critères de décision, et ont été présentées au groupe d'experts en vue d'aboutir à une décision par consensus par le biais de réunions en ligne et d'échanges des projets de texte par courrier électronique. Un processus de consultation a été mené au moyen d'ateliers pilotes dans quatre régions, qui a donné lieu à des retours d'informations écrits et oraux de la part des partenaires de mise en œuvre de la WES au niveau national qui ont été pris en compte dans la version finale.

Les décisions définitives ont été prises par consensus entre les membres du groupe consultatif d'experts sur la base des critères de décision suivants : faisabilité d'une mise en œuvre immédiate ou échelonnée, intervention/option(s) acceptable(s) pour toutes les parties prenantes, équilibre entre les avantages et les inconvénients, impact sur l'équité. L'examen final a été effectué par les groupes directeurs de l'OMS et des CDC.

7.1 Sélection des experts et déclarations d'intérêts

Les membres du groupe d'experts ont été sélectionnés par le biais de réseaux de chercheurs et de professionnels travaillant sur la WES et la surveillance des maladies à l'échelle mondiale. La sélection visait un équilibre entre l'expérience universitaire, l'expérience en matière de mise en œuvre et l'expérience en matière de surveillance spécifique aux maladies, ainsi qu'une représentation des différents genres et régions. Tous les membres du groupe d'experts ont signé des déclarations d'intérêts, qui ont été examinées conformément aux principes et politiques de l'OMS, et évaluées pour détecter d'éventuels conflits d'intérêts. Aucun conflit d'intérêts qui aurait exigé que des individus s'abstiennent de participer à la prise de décision par consensus n'a été identifié.

Annexes

(Remarque : les annexes sont tenues à jour séparément et se trouvent à différents stades de préparation. L'annexe sera partagée pour les événements pilotes régionaux en 2025.)

Les outils d'aide à la décision sont destinés à être utilisés par chaque juridiction (pays, région, localité) susceptible de participer à un atelier multidisciplinaire afin d'orienter l'examen des agents pathogènes potentiels (liste longue des agents pathogènes sélectionnés) et leur sélection comme cible prioritaire de la WES pour la santé publique (liste courte des agents pathogènes prioritaires).

Annexe 1. Liste longue des agents pathogènes potentiels pour la surveillance des eaux usées et de l'environnement

[à compléter]

Annexe 2. Tableau des agents pathogènes faisant l'objet de résumés détaillés dans le cadre de la surveillance des eaux usées et de l'environnement

[à compléter]

Annexe 3. Importance pour la santé publique : outil d'aide à la prise de décision

[à compléter]

Annexe 4. Étude de faisabilité : outil d'aide à la décision

[à compléter]

Annexe 5. Acceptabilité, éthique et acceptation sociale, adhésion des décideurs et questions juridiques : outil d'aide à la prise de décision

[à compléter]

Annexe 6. Optimisation : outil d'aide à la prise de décision

[à compléter]

Annexe 7. Évaluation des critères en bref : six agents pathogènes prioritaires

[à compléter]

Références bibliographiques

1. OMS, Définir la surveillance collaborative. Un concept essentiel pour renforcer l'architecture mondiale à l'appui de la préparation, de la riposte et de la résilience face aux urgences sanitaires (PRRUS). 2023 [en ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/374838/9789240084315-fre.pdf?sequence=1>
2. Programme des Nations Unies pour l'environnement, OMS, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Organisation mondiale de la santé animale, Plan d'action conjoint « Une seule santé » (2022-2026). Travailler ensemble pour des êtres humains, des animaux, des végétaux et un environnement en bonne santé. 17 octobre 2022. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.unep.org/fr/resources/publications/une-seule-sante-plan-daction-conjoint-2022-2026> (Document anglais consulté le 4 août 2024).
3. OMS, FAO, Organisation mondiale de la santé animale, *Taking a Multisectoral, One Health Approach: A Tripartite Guide to Addressing Zoonotic Diseases in Countries*. OMS, 2019. Disponible à l'adresse suivante : <https://iris.who.int/handle/10665/325620> (Consulté le 4 août 2024).
4. OMS, *Environmental surveillance for SARS-CoV-2 to complement other public health surveillance*. 2023. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240080638> (Consulté le 26 août 2024).
5. OMS, Guide de terrain pour la mise en œuvre de la surveillance environnementale du poliovirus. 2023 [en ligne].
6. IMEP, Initiative mondiale pour l'éradication de la poliomyélite (IMEP). Disponible à l'adresse suivante : <https://polioeradication.org/>.
7. OMS, Guidelines for environmental surveillance of poliovirus circulation. 2003 [en ligne]. Disponible à l'adresse suivante : https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/07/WHO_V-B_03.03_eng.pdf.
8. OMS, IMEP, Guidelines on environmental surveillance for detection of poliovirus. 2015 [en ligne]. Disponible à l'adresse suivante : http://polioeradication.org/wp-content/uploads/2016/07/GPLN_GuidelinesES_April2015.pdf.
9. OMS, *Status of Environmental Surveillance for SARS-CoV-2 Virus. Note d'information scientifique*. OMS, 5 août 2020.
10. OMS, *Environmental surveillance for SARS-CoV-2 to complement public health surveillance. Interim guidance*. 2022 [en ligne]. Disponible à l'adresse suivante : <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/353158/WHO-HEP-ECH-WSH-2022.1-eng.pdf>. (Consulté le 14 avril 2022).
11. OMS, *Environmental Surveillance for SARS-CoV-2 to Complement Other Public Health Surveillance*. OMS, 2023.
12. Archer, B. N., Abdelmalik, P., Cognat, S. *et al.*, « Defining collaborative surveillance to improve decision making for public health emergencies and beyond ». *The Lancet*, n° 401, n° 10391, 2023, p. 1831-1834. doi : 10.1016/S0140-6736(23)01009-7.
13. OMS, *Pathogens prioritization: a scientific framework for epidemic and pandemic research preparedness*. 2024. Disponible à l'adresse suivante :

<https://www.who.int/publications/m/item/pathogens-prioritization-a-scientific-framework-for-epidemic-and-pandemic-research-preparedness> (Consulté le 5 août 2024).

14. OMS, *Strengthening the global architecture for health emergency prevention, preparedness, response and resilience*. 2023. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/publications/m/item/strengthening-the-global-architecture-for-health-emergency-prevention--preparedness--response-and-resilience> (Consulté le 7 novembre 2024).
15. OMS, *Global genomic surveillance strategy for pathogens with pandemic and epidemic potential 2022-2032*. 2022. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/initiatives/genomic-surveillance-strategy> (Consulté le 7 novembre 2024).
16. Carter, N. L., Yu, M. A., Sacks, J. A. *et al.*, « Global genomic surveillance strategy for pathogens with pandemic and epidemic potential 2022–2032 ». *Bull World Health Organ*, vol. 100, n° 4, 2022, p. 239-239A. doi : 10.2471/BLT.22.288220.
17. Programme d'action pour la sécurité sanitaire mondiale. Global Health Security Agenda. Global Health Security Agenda. 2023. Disponible à l'adresse suivante : <https://globalhealthsecurityagenda.org/> (Consulté le 7 novembre 2024).
18. Programme de sécurité sanitaire mondiale. Global Health Security Agenda. Global Health Security Agenda. 2023. Disponible à l'adresse suivante : <https://globalhealthsecurityagenda.org/> (Consulté le 8 novembre 2024).
19. OMS, *Plan d'action mondial pour combattre la résistance aux antimicrobiens*. 2016. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763> (Document anglais consulté le 7 novembre 2024).
20. OMS, « Global Influenza Surveillance and Response System (GISRS) ». 2022. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/initiatives/global-influenza-surveillance-and-response-system>.
21. OMS, « WHO Coronavirus Network (CoViNet) ». 2020. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/groups/who-coronavirus-network> (Consulté le 3 décembre 2024).
22. OMS, « Global Arbovirus Initiative ». Initiative mondiale contre les arbovirus de l'OMS. 2022. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/initiatives/global-arbovirus-initiative> (Consulté le 3 décembre 2024).
23. Coalition contre la typhoïde, « Take on Typhoid ». Coalition contre la typhoïde – Lutte contre la fièvre typhoïde. 2018. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.coalitionagainststtyphoid.org/>.
24. Groupe spécial mondial de lutte contre le choléra, Groupe spécial mondial de lutte contre le choléra. Groupe spécial mondial de lutte contre le choléra. 1992. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.gtfcc.org/fr/> (Site Internet anglais consulté le 3 décembre 2024).
25. Li, J., Hosegood, I., Powell, D., *et al.*, « A global aircraft-based wastewater genomic surveillance network for early warning of future pandemics ». *The Lancet Global Health*, vol. 11, n° 5, 2023, p. e791-e795. doi : 10.1016/S2214-109X(23)00129-8.
26. Gentry, Z., Zhao, L., Faust, R. A., David, R. E., Norton, J., Xagorarakis, I., « Wastewater surveillance beyond COVID-19 : a ranking system for communicable disease testing in the tri-county Detroit area, Michigan, USA ». *Frontiers in Public Health*, vol. 11, article n° 1178515, 2023. doi : 10.3389/fpubh.2023.1178515.

27. Diamond, M. B., Keshaviah, A., Bento, A. I. *et al.*, « Wastewater surveillance of pathogens can inform public health responses ». *Nature Medicine*, vol. 28, n° 10, 2022, p. 1992-1995. doi : 10.1038/s41591-022-01940-x.
28. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, Committee on Community Wastewater-based Infectious Disease Surveillance, Water Science and Technology Board, Board on Population Health and Public Health Practice, Division on Earth and Life Studies, Health and Medicine Division, *Wastewater-Based Disease Surveillance for Public Health Action*. National Academies Press, 2023, n° 26767. doi : 10.17226/26767.
29. Khawar, L., Donovan, B., Peeling, R. W., Guy, R. J., McGregor, S., « Elimination and eradication goals for communicable diseases : a systematic review ». *Bull World Health Organ*, vol. 101, n° 10, 2023, p. 649-665. doi : 10.2471/BLT.23.289676.
30. Hasso-Agopsowicz, M., Hwang, A., Hollm-Delgado, M. G. *et al.*, « Identifying WHO global priority endemic pathogens for vaccine research and development (R&D) using multi-criteria decision analysis (MCDA): an objective of the Immunization Agenda 2030 ». *eBioMedicine*. vol. 110, article n° 105424, 2024. doi : 10.1016/j.ebiom.2024.105424.
31. OMS, *WHO bacterial priority pathogens list, 2024. Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance*. 2024. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461> (Consulté le 20 novembre 2024).
32. OMS, *WHO fungal priority pathogens list to guide research, development and public health action*. 2022. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240060241> (Consulté le 20 novembre 2024).
33. Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F. *et al.*, « Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis ». *The Lancet*, vol. 399, n° 10325, 2022, p. 629-655. doi : 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.
34. OMS, *Lignes directrices de l'OMS sur les questions éthiques en matière de surveillance de la santé publique*. OMS, 2017. Disponible à l'adresse suivante : <https://iris.who.int/handle/10665/255721> (Document anglais consulté le 11 juin 2024).
35. Willis, H. H., Moore, M., « Improving the value of analysis for biosurveillance », *Decision Analysis*, vol. 11, n° 1, 2014, p. 63-81.
36. Awan, J., Faherty, L. J., Willis, H. H., « Navigating Uncertainty in Public Health Decisionmaking: The Role of a Value of Information Framework in Threat Agnostic Biosurveillance ». *Health security*, vol. 22, n° 1, 2024, p. 39-44.
37. Nascimento de Lima, P., Karr, S., Lim, J. Z. *et al.*, *The Value of Environmental Surveillance for Pandemic Response*. RAND Corporation, 2024. Disponible à l'adresse suivante : https://www.rand.org/pubs/working_papers/WRA3263-1.html (Consulté le 6 août 2024).
38. Water Environment Federation (dir.), *Protecting Wastewater Professionals from COVID-19 and Other Biological Hazards*. Water Environment Federation, 2020.
39. Association des laboratoires de santé publique (APHL), *SARS-CoV-2 Wastewater Surveillance Testing Guide for Public Health Laboratories*. APHL, 2022. Disponible à l'adresse suivante : <https://www.aphl.org/aboutAPHL/publications/Documents/EH-2022-SARSCoV2-Wastewater-Surveillance-Testing-Guide.pdf> (Consulté le 3 décembre 2024).

40. OMS, *Polio laboratory manual*. 4^e édition. 2004 [en ligne]. Disponible à l'adresse suivante : https://polioeradication.org/wp-content/uploads/2017/05/Polio_Lab_Manual04.pdf.
41. Meechan, P. J., Potts, J., *Biosafety in microbiological and biomedical laboratories*. 2020 [en ligne].