

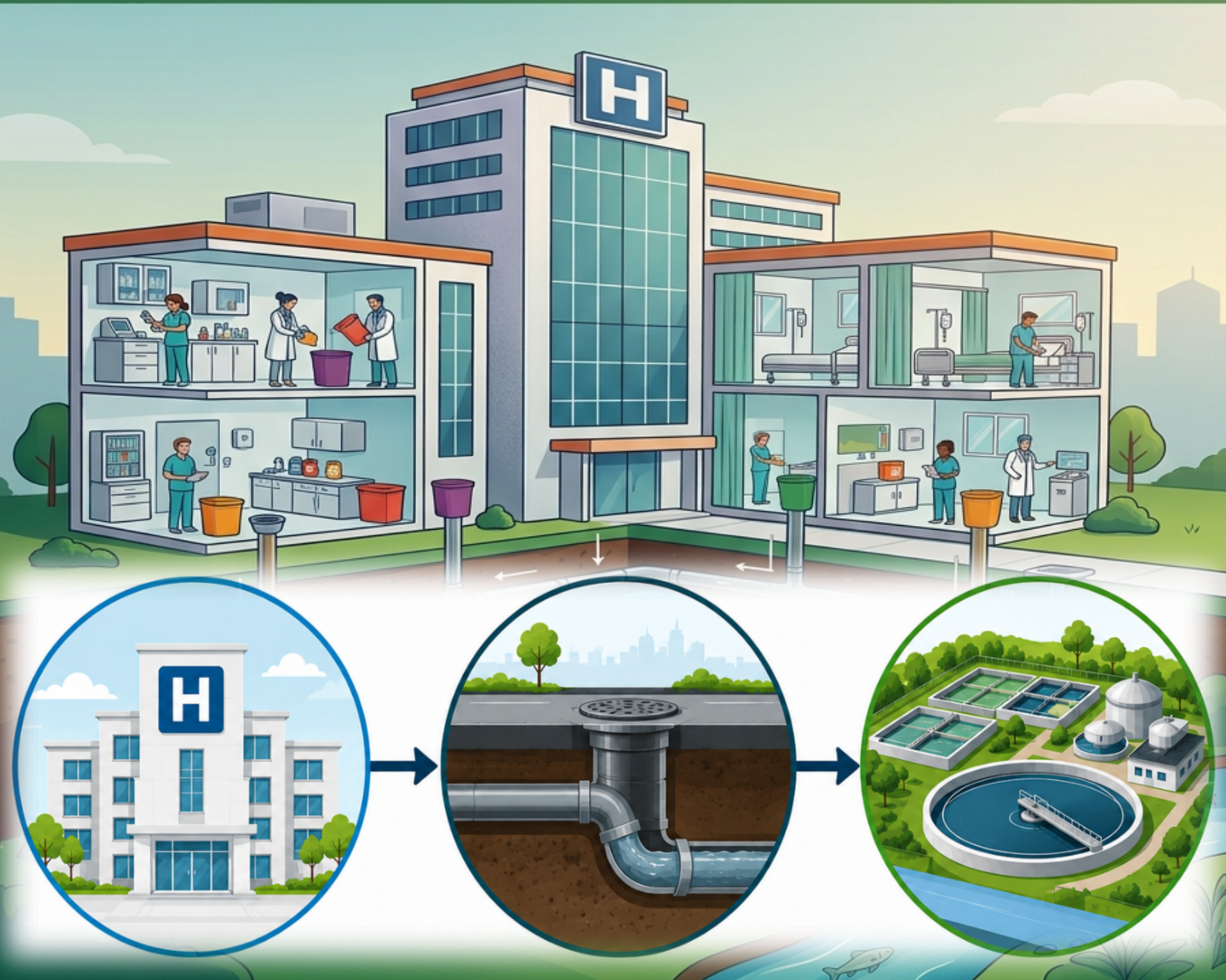
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة الصحة
Ministère de la Santé
المعهد الوطني للصحة العمومية
Institut National de Santé Publique
المرصد الجهوي للصحة وهران
Observatoire Régional de la Santé d'Oran



GUIDE PRATIQUE

Gestion des effluents liquides des établissements de santé.



OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Edition
2026

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة الصحة
Ministère de la Santé
المعهد الوطني للصحة العمومية
Institut National de Santé Publique
المركز الجهوي للصحة وهران
Observatoire Régional de la Santé d'Oran

Titre : Guide pratique de gestion des effluents liquides
des établissements de santé.

Préface

À l'ère des changements environnementaux majeurs, la préservation de nos ressources en eau et la protection des écosystèmes aquatiques s'imposent à nous comme des impératifs absolus de santé publique. Les structures de soins, par essence vouées à guérir et à protéger, exercent paradoxalement une double pression sur ces milieux : une consommation hydrique massive, oscillant entre 400 et 1 200 litres par lit et par jour et la génération d'une charge polluante critique sous forme d'effluents liquides à complexité physique, chimique et biologique avérée.

La préservation de nos milieux aquatiques exige une prise de conscience et une refonte globale de nos modes de gestion de ces effluents liquides. L'intégration des principes du WASH (Eau, Assainissement, Hygiène) et de l'approche « One Health » nous conduit à une évidence incontestable : l'hôpital ne peut plus être pensé comme un îlot de soins isolé mais bien comme un maillon pleinement interconnecté avec son écosystème.

Cette exigence soulève des défis opérationnels incontournables : identifier, cartographier et maîtriser finement la composition de ces effluents tout au long de la chaîne d'assainissement, de leur point d'émission jusqu'à leur devenir dans les STEP et dans l'environnement, tout en assurant une protection rigoureuse des populations et des travailleurs exposés (personnels soignants, agents de maintenance des réseaux et opérateurs des STEP).

En Algérie, de grands efforts sont déployés dans la mise en œuvre de la politique de gestion des déchets qui s'inscrit dans la Stratégie Nationale Environnementale (SNE), ainsi que dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD). Cette dynamique s'est concrétisée par la promulgation de plusieurs lois, des décrets exécutifs, programme et plan (PNAGDES) nationaux, dont la nouvelle Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) à l'horizon 2035. Parmi les objectifs nationaux : la maîtrise des quantités des déchets produites (gisements de déchets) et l'atténuation de leur impact sur la santé publique et sur l'environnement.

Bien que l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux associés aux effluents liquides hospitaliers continue d'alimenter les travaux scientifiques mondiaux, notamment en matière de définition des seuils normatifs, il est capital que nos établissements de santé s'approprient dès à présent des outils de gestion durable. Cela implique une gestion écologiquement rationnelle (GER) de ces rejets, guidée par les meilleures pratiques environnementales (MPE) et les meilleures techniques disponibles (MTD).

Cet ouvrage oriente l'action publique et managériale autour de trois piliers indissociables :

- La maîtrise absolue et le prétraitement à la source.
- Le renforcement des compétences et de la gestion interne.
- Le partenariat multisectoriel ancré dans l'approche holistique « One Health ».

Pr Abderrezak BOUAMRA
Directeur Général de l'Institut National de Santé Publique

Ce guide a été élaboré sous la Direction du Pr A.Bouamra, Directeur Général de l'INSP, et sous la présidence du Dr Belarbi N, Directrice de l'Observatoire Régional de la Santé d'Oran.

Comité de rédaction :

Observatoire Régional de la santé d'Oran :

- Dr Belarbi N, Directrice de l'ORS d'Oran.
- Mr Hamadouche R, Hygiéniste major de santé publique.

Laboratoire d'Hygiène de la Wilaya d'Oran/ DSPOran :

- Dr Benyettou I, Praticien spécialiste en Hydrobromatologie.

Centre Hospitalo-Universitaire d'Oran :

- Pr Gaouar Z.L, Professeur en Hydrobromatologie.
- Dr Masmi N, Maître-assistant en Hydrobromatologie.
- Pr Sidi Yakoub Mohammed Nadir, Maître de Conférence A en Hydrobromatologie.
- Pr Messid H, Maître de Conférence A en épidémiologie.

Établissement Hospitalo-Universitaire d'Oran :

- Pr Dali Ali Abdessamad, Professeur en Épidémiologie et Médecine Préventive.
- Dr Hiber H.I, Maître-assistant en Hydrobromatologie.
- Dr Belabbaci N, Maître de conférence B en toxicologie.

Établissement Hospitalier Spécialisé en pédiatrie Bokharoufa AEK (EHS Canastel) :

- Dr Bouziani N, Maître-assistant en épidémiologie.

Établissement Public de Santé de Proximité Es Senia :

- Dr Belabbaci A, Praticien spécialiste en Hydrobromatologie.

Société de l'Eau et de l'assainissement d'Oran SEOR :

- Mme Nait Bahloul N, cadre d'étude.

Comité de lecture :

- Dr Belarbi N, Directrice de l'ORS d'Oran.
- Pr Dali Ali Abdessamad, Professeur en Épidémiologie et Médecine Préventive.
- Dr Masmi N, Maître-assistant en Hydrobromatologie CHU d'Oran.
- Mr Hamadouche R, Hygiéniste major de santé publique ORS d'Oran.

Pour toute question ou suggestion concernant ce guide, veuillez envoyer un courrier électronique à l'adresse suivante : orsoran@gmail.com

Table des matières

I	Abréviations et acronymes	8
II	Liste des tableaux et figures	10
II	Liste des annexes	11
IV	Résumé exécutif.....	12
V	Objectifs de contribution de ce guide	13
VI	Public cible	13
VII	Conditions d'utilisation de ce guide	13
1	Introduction	14
2	Les principaux enjeux sanitaires, environnementaux et économiques	16
3	Cadre réglementaire des effluents liquides hospitaliers en Algérie.....	20
3.1	Introduction et contexte stratégique.....	20
3.2	Le cadre législatif général	20
3.2.1	La responsabilité sanitaire	20
3.2.2	La gestion des déchets spéciaux	20
3.2.3	La protection de l'environnement et du milieu hydrique	20
3.3	Cadre réglementaire spécifique et procédures.....	21
3.3.1	Autorisation de déversement	21
3.3.2	Effluents radioactifs	21
3.4	Directives techniques de gestion (guide national 2019)	21
3.5	Cadre réglementaire subsidiaire et référentiels par analogie.....	21
4	Typologie et caractéristiques des effluents liquides hospitaliers.....	23
4.1	Typologie des effluents liquides hospitaliers	23
4.1.1	Les rejets d'origine domestique.....	23
4.1.2	Les rejets assimilables à des effluents industriels	23
4.1.3	Les effluents spécifiques aux établissements de santé.....	23
4.2	Caractéristiques des effluents hospitaliers	25
4.2.1	Les caractéristiques organoleptiques	25
4.2.2	Les caractéristiques physico-chimiques.....	25
4.2.3	Caractéristiques microbiologiques.....	26
4.2.4	Autres caractéristiques	27
5	Risques chimiques et microbiologiques des effluents hospitaliers.....	28
5.1	Risque microbiologique des effluents hospitaliers	28
5.1.1	Nature des agents pathogènes présents	28
5.1.2	Bactéries multirésistantes (BMR).....	28
5.1.3	Voies de contamination et dissémination.....	29

5.1.4	Évaluation du risque microbiologique	29
5.2	Risque chimique des effluents hospitaliers	30
5.2.1	Médicaments et résidus pharmaceutiques (RMP)	30
5.2.2	Désinfectants et biocides.....	30
5.2.3	Métaux lourds, radioéléments, solvants.....	30
5.2.4	Perturbateurs endocriniens et effets.....	30
5.2.5	Évaluation du risque chimique	31
5.3	Interactions microbiologiques–chimiques et approche One Health	31
5.4	Synthèse transversale : substances, sources et risques associés	32
6	Les polluants émergents.....	38
7	Groupes à risque	39
7.1	Personnel hospitalier et de maintenance	39
7.2	Travailleurs des stations d’épuration (STEP).....	39
7.3	Population générale.....	40
7.4	Les agents d’assainissements	40
8	Stratégies pratiques et opérationnelles	43
8.1	Dispositifs de contrôle et renforcement des compétences	43
8.2	Intérêt de la numérisation.....	43
8.3	Freins et leviers à une gestion efficace	43
9	Gestion et prévention des risques	46
9.1	À la source à l’intérieur l’hôpital	46
9.2	Traitement des effluents.....	46
9.3	Surveillance et contrôle.....	47
10	Typologie des schémas de surveillance.....	49
10.1	Schéma classique : surveillance réglementaire et de conformité (Bout de ligne)	49
10.2	Schéma sectorisé : surveillance à la source et des procédés (En amont).....	49
10.3	Schéma émergent : surveillance épidémiologique et environnementale (WBE - Wastewater-Based Epidemiology)	50
11	Stratégie de maîtrise du réseau d’eaux usées de l’établissement de santé et au déversement des eaux usées.....	51
11.1	Maîtrise du réseau interne de l’établissement :	51
11.2	Déversement des eaux usées dans le système d’assainissement collectif ou dans le milieu récepteur	52
11.3	Contrôle des eaux usées des établissements.....	52
11.4	Prétraitement in situ	52
12	Protection du personnel et maîtrise des risques professionnels en milieu des établissements de santé.....	53

12.1	Protection des agents de maintenance.....	53
12.1.1	Équipements de Protection Individuelle (EPI) Obligatoires	53
12.1.2	Mesures d'hygiène et de prophylaxie	53
12.2	Fiche type de gestion d'un déversement ou rupture de canalisation d'effluents à risque... ..	54
13	Formation continue des personnels de santé.....	55
13.1	Les Objectifs pédagogiques clés.....	55
13.2	Architecture du programme de formation.....	55
14	Contribution des mesures WASH et de gestion des eaux usées à la lutte contre la résistance aux antimicrobiens (RAM).....	57
15	Gestion des eaux usées dans le contexte du programme développement durable	59
16	Méthodologie de surveillance des effluents liquides hospitaliers : expérience de l'EHS pédiatrique Boukhrofa Abdelkader (Wilaya d'Oran)	60
16.1	Intérêt de la surveillance des effluents liquides dans l'hôpital.....	60
16.2	Connaissance des effluents liquides d'un hôpital.....	61
16.2.1	Les Contaminants biologiques :	61
16.2.2	Les Contaminants chimiques.....	61
16.2.3	Les Contaminants physiques	62
16.2.4	Volumes des rejets	62
16.3	Surveillance pratique des effluents	64
16.3.1	Les Points de prélèvements	64
16.3.2	Le Matériel nécessaire	64
16.3.3	Protocole de prélèvement	65
16.3.4	Les Paramètres recherchés	67
16.3.5	Les Mesures de protection.....	67
16.3.6	Conduite à tenir en cas d'incident	68
17	Fonctionnement d'une station d'épuration, exemple STEP d'El Karma (Wilaya Oran)	70
17.1	Prétraitement.....	70
17.1.1	Dégrillage	70
17.1.2	Dessablage – déshuilage	71
17.1.3	Décantation primaire.....	71
17.2	Traitement biologique (boues activées)	72
17.2.1	Bassins d'aération.....	72
17.2.2	Décantation secondaire	72
17.3	Désinfection.....	72
17.4	Traitement des boues	72
17.4.1	Épaississement.....	72
17.4.2	Digestion anaérobie	73

17.4.3	Déshydratation et chaulage	73
17.5	Stations de relevage	73
17.5.1	Pourquoi les stations de relevage sont sensibles aux effluents ?.....	74
17.6	Relation entre la station de relevage et la station d'épuration EL KERMA	74
18	La qualité des effluents au niveau des stations de relevage : Petit lac et EL Kerma :	75
18.1	Stations de relevage :	75
18.2	Station El Kerma :.....	77
19	Importance des stations de prétraitements.....	80
20	Conclusion générale	81
21	Glossaire	82
22	Annexes	86

I Abréviations et acronymes

Abréviations et acronymes	
ADN	Acide désoxyribonucléique.
AINS	Anti-Inflammatoires Non Stéroïdiens.
AOPs	Procédés d'oxydation avancée (Advanced Oxidation Processes).
AOX	Halogènes organiques adsorbables (Adsorbable Organic Halogens).
ARB	Bactéries résistantes aux antibiotiques (Antibiotic-Resistant Bacteria).
ARG	Gènes de résistance aux antibiotiques (Antibiotic Resistance Genes).
BMR	Bactéries multirésistantes aux antibiotiques.
BPA	Bisphénol A.
BPCO	Bronchopneumopathie chronique obstructive.
COMENA	Commissariat à l'Énergie Atomique.
DASRI	Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux.
DBO₅	Demande Biochimique en Oxygène à 5 jours.
DCO	Demande Chimique en Oxygène.
DEHP	Di(2-éthylhexyl)phtalate.
E2	17 β -œstradiol .
EE2	17 α -éthinyloestradiol.
ESBL	Bêta-lactamases à spectre étendu (Extended-Spectrum Beta-Lactamases).
GC-MS	Chromatographie en phase gazeuse – spectrométrie de masse.
HPLC-MS/MS	Chromatographie liquide haute performance – spectrométrie de masse en tandem.
HWW	Eaux usées hospitalières (Hospital Wastewater).
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique.
MBR	Bioréacteur à membrane (Membrane Bioreactor).
MES	Matières en suspension.
MGE	Éléments génétiques mobiles (Mobile Genetic Elements).
MRSA	Staphylococcus aureus résistant à la mécilline.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
PAC	Charbon actif en poudre (Powdered Activated Carbon).
PEC	Concentration environnementale prédite (Predicted Environmental Concentration).

Abréviations et acronymes

PhAC	Composés pharmaceutiquement actifs (Pharmaceutically Active Compounds).
PHARMAS	Pharmaceuticals Residues in the Aqueous Environment.
PNAE-DD	Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable.
PNEC	Concentration prévisible sans effet (Predicted No-Effect Concentration).
RMP	Résidus de médicaments et produits pharmaceutiques.
RQ	Quotient de risque (Risk Quotient).
SIPIBEL	Site Pilote de Bellecombe, France.
SNGID	Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets.
STEP	Station d'épuration des eaux usées.
UV	Ultraviolet.
VHA	Virus de l'hépatite A.
VLR	Valeurs Limites de Rejet.
VRE	Entérocoques résistants à la vancomycine (Vancomycin-Resistant Enterococci).
WWTP	Station de traitement des eaux usées (Wastewater Treatment Plant).

II Liste des tableaux et figures

Liste des figures

Figure 1	Les principaux enjeux sanitaires, environnementaux et économiques.
Figure 2	Composants des eaux usées et leurs effets.
Figure 3	Les cinq maillons d'évaluation du risque.
Figure 4	Domaines d'intervention d'une action multisectorielle coordonnée en matière de WASH et de RMA.
Figure 5	Consommation d'eau journalière en litre par lit à l'EHS Canastel, Oran 2025.
Figure 6	Prélèvement d'effluent liquide dans un collecteur terminal d'un hôpital.
Figure 7	Station de prétraitement avec chambres de décantation.
Figure 8	Regard ou Collecteur terminal.
Figure 9	La station d'épuration d'El Karma, Wilaya d'Oran.
Figure 10	Dispositif de dégrillage.
Figure 11	Dispositif de dessablage et de déshuilage.
Figure 12	Décanteur primaire.
Figure 13	Aérateur de surface.
Figure 14	Cinq digesteurs anaérobiques.

Liste des Tableaux

Tableau 1	Impacts négatifs des eaux usées non traitées sur la santé humaine, l'environnement et les activités de production (Source : Adapté de PNUE (2015,Tableau1,p.15).
Tableau 2	Résumé des paramètres microbiologiques clés à surveiller.
Tableau 3	Principaux outils pour caractériser le risque chimique.
Tableau 4	Principaux polluants des effluents hospitaliers, sources et risques associés.
Tableau 5	Métiers de l'assainissement.
Tableau 6	Constat et fondements de gestion des effluents liquides des établissements de santé.
Tableau 7	Comparaison des technologies de traitement des effluents hospitaliers — efficacité et limites vis-à-vis des polluants chimiques, microbiologiques et des gènes de résistance.
Tableau 8	Architecture de programme de formation sur la gestion des effluents liquides des établissements de santé.
Tableau 9	Type d'intervention et EPI obligatoires.
Tableau 10	Résultats des principaux paramètres des stations de relevage, année 2025.
Tableau 11	Résultats des principaux paramètres des stations de relevage année 2025.
Tableau 12	Volumes d'eaux usées collectées, traitées et utilisées (en millions de m3 par an).

III Liste des annexes

Liste des annexes	
Annexe 1	Les Objectifs de Développement Durable (ODD).
Annexe 2	Initiative pour le suivi intégré de l'ODD 6.
Annexe 3	Indicateurs ODD6.
Annexe 4	Pilier d'action des accélérateurs du cadre mondial d'accélération de l'ODD6.
Annexe 5	Développement et mise en œuvre d'instruments de gestion pour le contrôle de la pollution, tel que définis par l'indicateur 6.5.1 (2020).
Annexe 6	Flux d'eaux usées
Annexe 7	Impacts négatifs des eaux usées non traitées sur la santé humaine, l'environnement et les activités de production (à titre indicatif).
Annexe 8	Pilier d'action des accélérateurs du cadre mondial d'accélération de l'ODD6.
Annexe 9	Tri des déchets et possibilités d'utilisation.

IV Résumé exécutif

À l'échelle mondiale, plus de 80 % des eaux usées sont rejetées dans l'environnement sans aucun traitement. Ce déficit d'assainissement et la contamination de l'eau potable sont à l'origine de plus de 800 000 décès par an, tout en dégradant gravement plus de 245 000 km² d'écosystèmes marins (UNESCO, 2017).

Les hôpitaux agissent à deux niveaux sur les écosystèmes aquatiques. Ils ont une demande en eau potable importante, entre 400 et 1200 litres/lit/jour. Parallèlement, ils produisent de grands volumes d'effluents liquides, pollués par des microorganismes pathogènes, par des radioéléments et par des substances chimiques dont certaines peuvent avoir un caractère peu biodégradable (Emmanuel, 2019).

Leur rejet dans le réseau communal n'est pas exempté de risques pour les écosystèmes malgré leur dilution dans les réseaux de canalisation d'eau usée internes des établissements de santé ou dans celui de la commune. Le phénomène de dilution du contenu des rejets des effluents liquides n'exclut pas les risques sanitaires et environnementaux, particulièrement les substances difficilement dégradables par les différents processus des stations d'épuration (STEP). Ces substances peuvent être relarguées par les STEP dans la nature, leur dégradation finale ou leur pérennité dans la nature dépendra des conditions écologiques du milieu receveur.

L'extrême diversité physique, chimique et biologique de ces effluents impose une meilleure connaissance de leur contenu, leur traitement à la source et à chaque étape de la chaîne de services d'assainissement et de leur devenir, particulièrement leur dégradation dans les STEPS et dans le milieu naturel.

Ce qui incite soulève la question du traitement de ces effluents à la source, de la persistance environnementale des produits chimiques et des agents pathogènes en sortie des stations d'épuration et du niveau d'exposition des groupes à risque : des personnels de santé, des agents d'assainissements et les travailleurs des stations d'épuration (STEP).

La gestion améliorée des eaux usées implique aussi bien la réduction de la pollution à la source que l'élimination de contaminants des flux d'eaux usées, la réutilisation des eaux récupérées et la récupération de sous-produits utiles (UNESCO, 2017). Ce changement de paradigme vers l'économie circulaire contribue à l'atteinte des Objectifs du Développement Durables.

À cet effet, ce guide pratique vise à accompagner les établissements de santé dans la structuration de leur démarche de gestion des effluents liquides. Il met à leur disposition un état des lieux des connaissances : cadre réglementaire et stratégie nationale, typologie des effluents, cartographie des risques sanitaires et environnementaux, ainsi que les solutions technologiques de prétraitement et de traitement adaptées.

V Objectifs de contribution de ce guide

Ce guide est un outil stratégique conçu pour renforcer l'expertise et les compétences des décideurs, gestionnaires et professionnels de l'hygiène et de la recherche hospitalière. Son objectif est double : optimiser la gestion des effluents liquides des établissements de santé et catalyser une dynamique intersectorielle dans une approche holistique d'amélioration de la gestion de ces effluents afin d'atteindre les objectifs du développement durable d'ici 2030.

VI Public cible

Le document s'adresse aux décideurs, aux gestionnaires, aux membres des organes d'hygiène hospitalière et tous les acteurs impliqués dans la gestion des déchets hospitaliers, notamment le traitement des effluents liquides des établissements de santé.

VII Conditions d'utilisation de ce guide

Le présent guide est le résultat des efforts conjugués et d'une réflexion commune lors de plusieurs ateliers sur l'environnement hospitalier, particulièrement la gestion de la qualité de l'eau et sur les effluents liquides des établissements de santé.

Entamés conjointement entre l'Observatoire Régional de la Santé d'Oran et ses différents partenaires hospitalo-universitaires et santé publique en hydrobromatologie et en épidémiologie des établissements tels que le CHU Oran et l'EHU d'Oran, du laboratoire d'hygiène de la Wilaya d'Oran, de l'EPSP Es Senia, de l'EHS Canastel et des ingénieurs de la Société de l'Eau et de l'assainissement Algérienne (SEOR).

Le guide rappelle le cadre réglementaire de la gestion des déchets des établissements de santé, particulièrement les effluents liquides, décrit les risques sanitaires et environnementaux potentiels des rejets des effluents liquides dans les écosystèmes sans traitement préalable et soulève l'importance de leur gestion sécurisée dans un contexte holistique et intersectoriel.

Il se base sur le cadre réglementaire national et sur les recommandations et orientations de l'OMS, UNESCO et sur les différents documents cités en références bibliographiques.

Afin d'éclairer le lecteur, les définitions techniques et spécialisées de certains concepts sont mentionnées dans le glossaire.

1 Introduction

Les activités de soins de santé permettent de protéger, rétablir la santé et sauver des vies. Ces activités génèrent des déchets et des sous-produits. Sur la quantité totale de ces déchets produits, environ 85 % sont des déchets de type général et ne sont pas dangereux, comparables aux déchets ménagers, les 15 % restants sont considérés comme des matières dangereuses qui peuvent être de type infectieux, toxique, cancérigène, inflammable, corrosif, réactif, explosif ou radioactif. Plus de la moitié de la population mondiale est exposée aux menaces que font peser les déchets médicaux mal traités sur l'environnement, le travail et la santé publique [1].

La mauvaise gestion des déchets médicaux peut avoir plusieurs causes : le manque de sensibilisation aux risques sanitaires liés aux déchets médicaux, une formation inadéquate à la gestion appropriée des déchets, le manque d'infrastructures ou d'énergie, l'absence de réglementations appropriées ou le défaut d'application de la réglementation existante [2]. Selon la même source, chaque année dans le monde sont pratiqués plus : de **3600** millions d'examens radiologiques, 37 millions d'actes de médecine nucléaire, et 7,5 millions d'actes de radiothérapie.

Au niveau mondial, la gestion des déchets médicaux est abordée par l'intermédiaire de l'initiative Eau, Assainissement et Hygiène (WASH / EAH) dans les établissements de santé : plan d'action mondial (OMS et UNICEF, 2015a), ainsi que des initiatives liées au changement climatique, les énergies renouvelables et l'écologisation du secteur de la santé, conformément aux ODD [3].

En Algérie, de grands efforts sont déployés dans la mise en œuvre de la politique de gestion des déchets qui s'inscrit dans la Stratégie Nationale Environnementale (SNE), ainsi que dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) qui s'est concrétisée par la promulgation de plusieurs lois, des décrets exécutifs, programme et plan (PNAGDES) nationaux, dont la nouvelle Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) à l'horizon 2035. Parmi les objectifs nationaux : la maîtrise des quantités des déchets produites (gisements de déchets) et l'atténuation de leur impact sur la santé publique et sur l'environnement [4].

La stratégie nationale se base initialement sur les principes de prévention et de gestion écologiquement rationnelle (GER) des déchets, particulièrement les déchets d'activités de soins (DAS), classés déchets spéciaux, dont les déchets d'activités de soins à risque infectieux (DASRI).

Les effluents liquides des établissements de santé sont des rejets complexes constitués des charges organiques similaires aux eaux urbaines et des pollutions spécifiques aux différentes activités de soins. Ils sont générés par les services de soins, les services médico-techniques, les rejets résultant de l'entretien du matériel médical et des locaux médicaux, les rejets des laboratoires de recherches et d'analyses et les effluents des services de médecine nucléaire.

Ces rejets peuvent présenter dans certaines conditions des risques sanitaires et écologiques liés à leur composition spécifique complexe, notamment en aval des stations d'épuration (STEP), ce qui nécessite une gestion spécifique ciblée en amont ou avant le rejet final.

Bien que l'évaluation des risques sanitaires et environnementaux associés aux effluents hospitaliers fasse encore l'objet de discussions scientifiques quant aux seuils normatifs, il est capital que les établissements de santé intègrent dès à présent des outils de gestion durable : une gestion écologiquement rationnelle (GER) de ces déchets ou d'autres déchets avec les meilleures pratiques environnementales (MPE) et les meilleures techniques disponibles (MTD).

Ce travail se situe au cœur de la problématique de la gestion des effluents liquides des établissements de santé, visant la sensibilisation aux risques liés à ces effluents et le renforcement des pratiques sûres et durables de leurs gestion en s'alignant à la stratégie nationale de gestion des déchets (dangereux et non dangereux). D'autre part, sur les orientations de l'Organisation Mondiale de la Santé relatives aux établissements de santé résilients face au changement climatique et écologiquement viables.

Références bibliographiques:

1. Organisation Mondiale de la Santé, 2024.
2. Orientations de l'OMS pour des établissements de santé résilients face au changement climatique et écologiquement viables, 2021.
3. La gestion sécurisée des déchets médicaux (déchets d'activités de soins), résumé, OMS 2017.
4. Guide National de gestion des déchets d'activités de soins, Édition 2019.

2 Les principaux enjeux sanitaires, environnementaux et économiques

Les effluents hospitaliers constituent une source spécifique et préoccupante de contamination environnementale en raison de leur composition complexe au sein d'une matrice aqueuse. Ils associent des micropolluants chimiques (résidus pharmaceutiques, désinfectants liquides, agents cytotoxiques, produits de contraste) et biologiques (bactéries pathogènes, gènes de résistance). Contrairement aux effluents urbains, ils se caractérisent par une concentration en substances biologiquement actives souvent 10 à 100 fois supérieure, conçues pour interagir avec des cibles cellulaires humaines, ce qui renforce leur potentiel toxique même après une dilution forte [1,2].

Des études de monitoring, notamment le projet européen PHARMAS*, ont confirmé la présence de ces contaminants à des concentrations variant du nanogramme au microgramme par litre, avec une élimination incomplète lors des traitements conventionnels en station d'épuration. Les rendements d'élimination sont très variables : si certains antibiotiques sont partiellement dégradés, d'autres molécules comme la carbamazépine (anti-épileptique) présentent des taux d'abattement inférieurs à 30% [2].

La complexité de la charge polluante spécifique aux effluents liquides des établissements de santé soulève des enjeux sanitaires et environnementaux majeurs à court, moyen et long terme, et ce, selon le seuil maximal d'efficacité du traitement de ces effluents par la STEP communale et les conditions environnementales permettant leur dégradation finale et/ou d'une possibilité de persistance des résidus relargués avec un effet cumulatif sur l'écosystème.

**Le projet PHARMAS (Pharmaceuticals Residues in the Aqueous Environment) : Projet européen dédié à l'évaluation des risques sanitaires des résidus d'antibiotiques et d'anticancéreux. Ses travaux ont démontré l'existence d'un « effet cocktail » (toxicité synergique de mélanges de molécules) et souligné la vulnérabilité particulière des premiers stades de la vie (embryons, nourrissons) face aux faibles doses de médicaments persistants dans l'eau.*

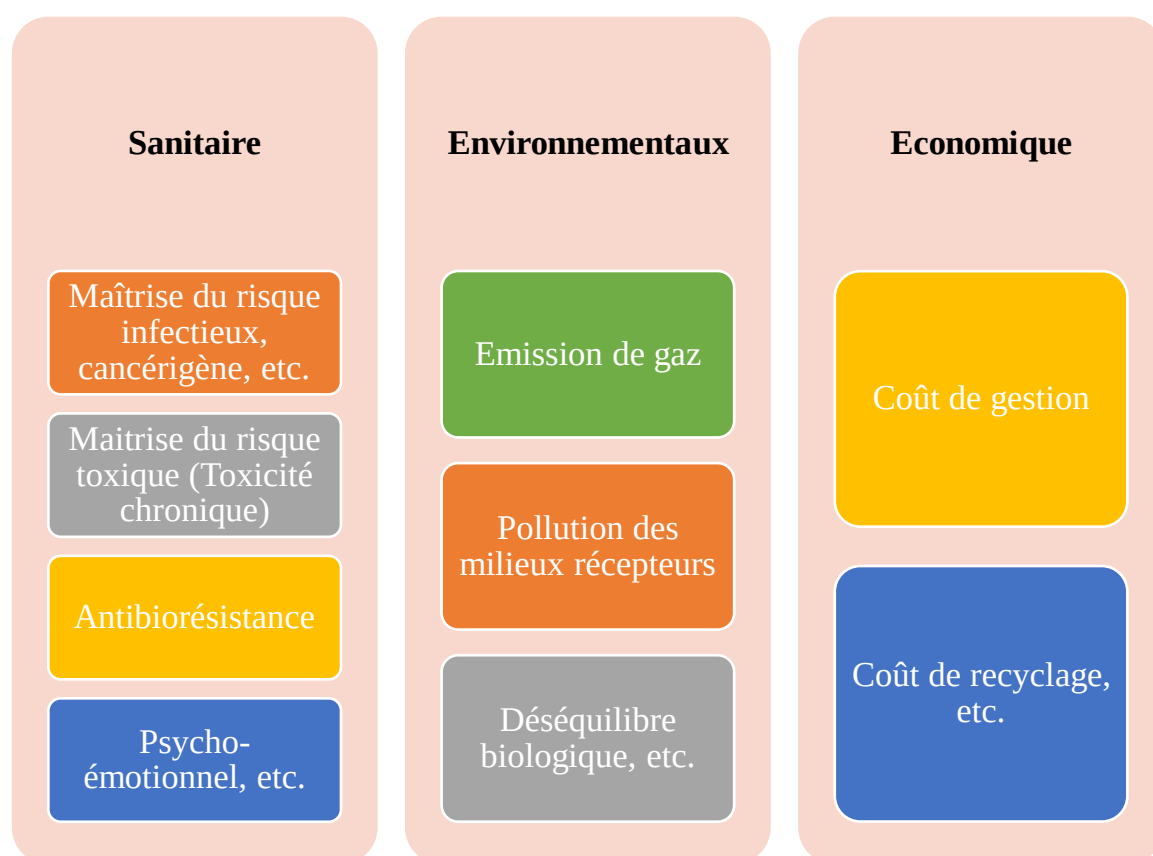


Figure 1 : Les principaux enjeux sanitaires, environnementaux et économiques.

Les obstacles récurrents sur les bonnes pratiques de gestion de ces effluents sont bien documentés : absence d'équipes d'hygiène formées, formation insuffisante, manque d'équipements de protection individuelle, mauvaise maintenance des équipements, ressources financières restreintes, etc [3-5]. En conséquence directe, de nombreux hôpitaux rejettent dans l'environnement des effluents non traités ou partiellement traités [3,4].

La littérature est formelle : les solutions techniques existent, mais leur mise en œuvre se heurte systématiquement à l'inertie organisationnelle, aux contraintes de ressources et aux vides réglementaires [3,5,6].

Tableau1 : Impacts négatifs des eaux usées non traitées sur la santé humaine, l'environnement et les activités de production (Source : Adapté de PNUE (2015,Tableau1,p.15).

Domaines des répercussions	Exemples de répercussions
Santé	• Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité de l'eau potable • Augmentation du fardeau des maladies en raison de la baisse de la qualité des eaux de baignade • Augmentation du fardeau des maladies en raison de l'insalubrité des aliments (contamination du poisson, des légumes et d'autres produits irrigués) • Augmentation du risque de maladie si on travaille ou on joue dans une zone irriguée par des eaux usées
Environnement	• Réduction de la biodiversité • Dégradation des écosystèmes aquatiques (par exemple eutrophisation et zones mortes) • Odeurs nauséabondes • Diminution des possibilités de loisir • Augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES) • Hausse de la température des eaux • Bioaccumulation de toxines
Économie	• Baisse de la productivité industrielle • Baisse de la productivité agricole • Baisse de la valeur marchande des récoltes, si des eaux usées insalubres sont utilisées pour l'irrigation • Réduction des possibilités de loisirs aquatiques (baisse du nombre de touristes, ou touristes moins disposés à payer pour des services de loisirs) • Diminution des prises de poissons et de crustacés, ou baisse de la valeur marchande du poisson et des mollusques et crustacés • Augmentation du fardeau financier sur les soins de santé • Accroissement des entraves au commerce international (exportations) • Augmentation des coûts de traitement de l'eau (pour l'approvisionnement humain et d'autres usages) • Baisse des prix des propriétés situées à proximité des masses d'eau contaminées

L'exposition humaine est probable par contact direct ou via la chaîne alimentaire. Face à ces risques, des mesures de gestion des risques plus strictes doivent être prises. Cela résonne directement avec la nécessité de sécuriser les effluents hospitaliers, riches en agents pathogènes et en chimie hospitalière [7].

A cet effet, une approche holistique doit être suivie dans le cadre de la gestion des effluents liquides des établissements de santé en tenant compte l'ensemble des rejets liquides issus de ces établissements.

Références bibliographiques:

1. Verlicchi P, Zambello E. Pharmaceuticals and personal care products in untreated and treated sewage sludge: A review. *Science of The Total Environment*. 2015;538:750-767. [DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.108]
2. Luo Y, Guo W, et al. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of The Total Environment*. 2014;473:619-641. [DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.12.065]
3. Todedji J, Sopoh G, Degbey C, Yessoufou A, Suanon F, Mama D. Assessment of the quality of effluent management from university hospitals in the Littoral department in Benin. *BMC Public Health*. 2021;21. doi:10.1186/s12889-021-11478-1
4. Jerie S, Mutekwa T, Mudyazhezha OC, Shabani T, Shabani T. Environmental and Human Health Problems Associated with Hospital Wastewater Management in Zimbabwe. *Current Environmental Health Reports*. 2024;11:380-389. doi:10.1007/s40572-024-00452-9
5. Signe MDNM, Kwetche PRF, Djamien PC, Youté OD, Fokam MAM, Ndelo J. Waste Management Determinants and a Few Environmental Bacterial Profiles in Hospital-generated Liquid Effluents: Holistic Inspection in a Healthcare Facility Policy. *Journal of Applied Life Sciences International*. 2025. doi:10.9734/jalsi/2025/v28i4695
6. Amin N, Foster T, Shimki NT, Willetts J. Hospital wastewater (HWW) treatment in low- and middle-income countries: A systematic review of microbial treatment efficacy. *The Science of the total environment*. 2024. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.170994.

3 Cadre réglementaire des effluents liquides hospitaliers en Algérie

3.1 Introduction et contexte stratégique

La réglementation des effluents liquides hospitaliers en Algérie est transversale. Elle s'appuie sur la législation sanitaire, environnementale et sur la protection des ressources en eau. Bien que certains aspects techniques spécifiques manquent encore de textes dédiés, l'arsenal juridique actuel permet de définir les responsabilités et les procédures d'élimination

En outre, la politique nationale de gestion des rejets hospitaliers s'inscrit dans le Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD) [1]. Elle est aujourd'hui portée par la nouvelle **Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) à l'horizon 2035**, qui recommande une approche qualitative et écologiquement rationnelle des gisements de déchets [2]. Cette stratégie vise à atténuer l'impact des effluents sur la santé publique par une maîtrise rigoureuse des flux polluants avant leurs rejets [3].

3.2 Le cadre législatif général

3.2.1 La responsabilité sanitaire

La **Loi n° 18-11 du 2 juillet 2018** relative à la santé constitue le fondement de l'obligation de gestion des rejets. Les articles 116 et 117 imposent aux structures de santé de veiller à l'élimination de leurs effluents et de se doter de dispositifs de prétraitement conformes aux normes [4]. L'article 118 consacre la responsabilité directe du chef d'établissement dans la protection du milieu [4].

3.2.2 La gestion des déchets spéciaux

La **Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001** relative à la gestion des déchets définit les effluents chimiques et biologiques concentrés comme des "Déchets Spéciaux" [5]. Elle consacre les principes de prévention et de réduction de la nocivité à la source (Art. 2) ainsi que le principe **Pollueur-Payeur** (Art. 15 et 16), rendant l'hôpital responsable de son rejet jusqu'à son traitement final [5,6].

3.2.3 La protection de l'environnement et du milieu hydrique

La **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003** relative à la protection de l'environnement impose les principes de précaution et d'action préventive [7]. Ses articles 53 et 54 interdisent formellement le déversement de substances nocives dans les eaux souterraines ou superficielles sans traitement préalable [7]. En complément, la **Loi n° 05-12 du 4 août 2005** relative à l'eau soumet tout rejet d'effluents non domestiques à une autorisation préalable de déversement [8].

3.3 Cadre réglementaire spécifique et procédures

3.3.1 Autorisation de déversement

Selon le **Décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009**, l'octroi du droit de rejeter des eaux usées autres que domestiques dans le réseau public est conditionné par la présentation d'un dossier technique prouvant la conformité des dispositifs de prétraitement [9].

3.3.2 Effluents radioactifs

Le rejet des effluents issus de la médecine nucléaire est strictement encadré par le **Décret présidentiel n° 05-117** relatif à la protection contre les rayonnements ionisants [10]. Ces liquides doivent obligatoirement transiter par des cuves de décroissance radioactive avant toute évacuation, sous la surveillance du Commissariat à l'Énergie Atomique (COMENA) [10].

3.4 Directives techniques de gestion (guide national 2019)

Selon le Guide National [1], la gestion des effluents doit respecter les prescriptions suivantes :

- **Interdictions de rejet** : Le mercure, les médicaments cytotoxiques et les solvants concentrés ne doivent jamais être versés dans le réseau public [1].
- **Prétraitement obligatoire** : Neutralisation des acides de laboratoire et décontamination des effluents suspectés de contenir des agents transmissibles non conventionnels (Prions) par la soude ou l'eau de javel [1].
- **Gestion du sang** : Les petites quantités sont évacuées à l'égout après dilution, tandis que les volumes importants suivent la filière des déchets à risque infectieux (DASRI) [1,6].

3.5 Cadre réglementaire subsidiaire et référentiels par analogie

En l'absence de décret d'application spécifique fixant des valeurs limites de Rejet (VLR) propres au secteur hospitalier, la stratégie nationale s'appuie sur un mécanisme de subsidiarité juridique. La stratégie de conformité repose sur deux piliers :

- **L'assimilation technique** : Application par analogie des seuils physico-chimiques du **Décret exécutif n° 06-141** fixant les conditions de déversement des effluents industriels. Cette grille de lecture impose notamment la conformité des paramètres standards : potentiel hydrogène (pH) maintenu entre 6,5 et 8,5, température inférieure à 30°C, et contrôle strict des charges en métaux lourds [11].
- **Le référentiel normatif international** : Alignement sur les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), en l'occurrence le « Blue Book ». Ce guide sert de base métrologique pour l'évaluation et la gestion des risques liés aux paramètres biologiques (charge pathogène) et aux résidus de principes actifs médicamenteux, non couverts par la législation nationale en vigueur [1,12].

Références bibliographiques :

1. Algérie. Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière, Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables. Gestion des déchets d'activités de soins : Guide National. Alger : MSPRH ; 2019.
2. Algérie. Ministère de l'Environnement. Stratégie Nationale de la Gestion Intégrée des Déchets (SNGID) à l'horizon 2035. Alger : Ministère de l'Environnement ; 2018.
3. Algérie. Plan National d'Actions Environnementales et du Développement Durable (PNAE-DD). Alger : Ministère de l'Environnement ; 2002.
4. Algérie. Loi n° 18-11 du 2 juillet 2018 relative à la santé. Journal Officiel de la République Algérienne n° 46. 2018.
5. Algérie. Loi n° 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. Journal Officiel de la République Algérienne n° 77. 2001.
6. Algérie. Décret exécutif n° 03-478 du 9 décembre 2003 définissant les modalités de gestion des déchets d'activités de soins. Journal Officiel de la République Algérienne n° 79. 2003.
7. Algérie. Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Journal Officiel de la République Algérienne n° 43. 2003.
8. Algérie. Loi n° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau. Journal Officiel de la République Algérienne n° 60. 2005.
9. Algérie. Décret exécutif n° 09-209 du 11 juin 2009 fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques. Journal Officiel de la République Algérienne n° 36. 2009.
10. Algérie. Décret présidentiel n° 05-117 du 11 avril 2005 relatif à la protection contre les rayonnements ionisants. Journal Officiel de la République Algérienne n° 27. 2005.
11. Algérie. Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites de rejet des effluents liquides industriels. Journal Officiel de la République Algérienne n° 26. 2006.
12. World Health Organization. Safe management of wastes from health-care activities. 2nd ed. Geneva: WHO; 2014.

4 Typologie et caractéristiques des effluents liquides hospitaliers

Du fait de leur activité, les établissements de santé utilisent une grande variété de produits, liés à l'activité médicale (diagnostic, radiologie, soins, laboratoires, pharmacies) ou à l'activité de fonctionnement de l'établissement (sanitaires, cuisines ou buanderie). Par conséquent, ils génèrent des volumes importants d'effluents liquides renfermant des substances de nature variée, telles que des résidus de médicaments, des métaux lourds, des radioéléments, des produits chimiques ainsi que des microorganismes.

4.1 Typologie des effluents liquides hospitaliers

D'un point de vue qualitatif, les effluents liquides hospitaliers peuvent être classés en trois grandes catégories :

4.1.1 Les rejets d'origine domestique

Ils regroupent les eaux provenant des cuisines (eaux de lavage des aliments, utilisation des produits de nettoyage et de désinfection) et de l'hygiène des patients et du personnel (eaux des sanitaires). Ces effluents sont principalement chargés en matières organiques et en produits détergents.

4.1.2 Les rejets assimilables à des effluents industriels

Ils sont générés par certains équipements et installations spécifiques tels que les blanchisseries, les chaufferies, systèmes de climatisation, ateliers et garages. Ces eaux se caractérisent par la présence de quantités importantes de produits lessiviels, agents de blanchiment, des détergents, ainsi que des graisses et des huiles.

4.1.3 Les effluents spécifiques aux établissements de santé

Ils sont générés par les activités de soins, d'analyse et de recherche et comprennent principalement les effluents communs aux différents services de soins :

Ces effluents proviennent des différentes activités de soins pratiquées au sein des établissements de santé. Ils présentent une composition complexe et peuvent contenir :

- Des produits désinfectants (ammoniums quaternaires, produits chlorés, aldéhydes, l'acide peracétique, peroxyde d'hydrogène et alcools...).
- Des antiseptiques (Dakin, Bétadine...).
- Des détergents (surfactants cationiques, non-ioniques et anioniques).
- Des résidus de médicaments (antibiotiques, hormones, anticancéreux, etc.).
- Des métaux lourds (argent, mercure, arsenic...).
- Des microorganismes : Bactéries, virus et parasites.

4.1.3.1 Les effluents spécifiques à certains services de soins

4.1.3.1.1 Les effluents des blocs opératoires

- **Les rejets provenant des salles d'opération :**

Ces rejets peuvent contenir des agents microbiens et des liquides biologiques très chargés en matières organiques : sang, urines, selles, liquide gastrique, aspiration trachéobronchite, liquides d'épanchement péritonéal ou pleural, drains ou liquides d'irrigation, etc.

- **Les rejets provenant de l'entretien du matériel médical et des locaux :**

Ils contiennent des détergents, des détergents-désinfectants et des désinfectants employés dans l'entretien des sols et des surfaces des blocs opératoires mais aussi dans la pré-désinfection des dispositifs médicaux autoclavables et dans le lavage et la désinfection des dispositifs thermosensibles (ex : endoscopes).

4.1.3.1.2 Les effluents de laboratoires de recherche, de biologie médicale et d'anatomie et cytologie pathologiques

Les rejets liquides des laboratoires d'analyses médicales peuvent être classés en quatre principales catégories :

- Les rejets assimilables à des eaux usées domestiques (lavage des mains, nettoyage de la verrerie, etc.).
- Les liquides biologiques (sang, urine...).
- Les produits chimiques (solvants et solutions organiques, les bases, les acides, les désinfectants).
- Les éléments radioactifs.

4.1.3.1.3 Les effluents des services d'hémodialyse

L'activité d'hémodialyse produit des déchets liquides d'un volume important, au sein desquels sont associés le dialysat, solution ionique reconstituée nécessaire aux échanges et les substances retirées lors de l'épuration du plasma chargés en médicaments, en toxines, en microorganismes et en produits chimiques issus de la désinfection des générateurs.

4.1.3.1.4 Les effluents des services de médecine nucléaire

L'utilisation de radionucléides recouvre des applications de diagnostic in vivo (scintigraphie), de diagnostic in vitro (dosages par radio-immunologie, etc.) mais aussi thérapeutiques (radiothérapie).

L'unité de médecine nucléaire peut rejeter des effluents radioactifs provenant des laboratoires de préparation et de manipulation, des sanitaires de l'unité, des chambres réservées à l'hospitalisation des patients sous radiothérapie.

Les radionucléides susceptibles d'être présents dans ces déchets sont des radionucléides de période courte, inférieure à 100 jours (par ex. : le technétium-99, l'iode-123, etc.) ou de période longue, supérieure à cent jours (par ex. : le tritium et le carbone-14).

4.1.3.1.5 Les effluents des services de Radiologie-Imagerie médicale

Ce sont des effluents générés lors du développement des films radiologiques (produits chimiques de contraste : les révélateurs, les fixateurs, les sels d'argent).

4.1.3.1.6 Les effluents de la morgue

Sont les déchets liquides issus des activités liées à la gestion des cadavres (salles d'autopsie, instituts médico-légaux, chambres mortuaires), y compris les eaux de lavage des tables et des locaux. Ces effluents sont susceptibles de contenir des agents microbiens, des liquides biologiques, des produits de désinfection et des détergents.

4.1.3.1.7 Autres services

- **Unité de stérilisation** : Effluents provenant du traitement des matériels (détergents, désinfectants, détartrants...).
- **Pharmacie** : les déchets liquides peuvent contenir des médicaments, des produits chimiques (solvants, acides, bases, désinfectants, antiseptiques).

4.2 Caractéristiques des effluents hospitaliers

Les effluents sortant de différents hôpitaux sont riches en produits chimiques et en micro-organismes.

4.2.1 Les caractéristiques organoleptiques

Les eaux usées hospitalières présentent généralement une odeur désagréable et une couleur sombre, qui peut varier selon les services au sein de l'hôpital :

- Une coloration grise est observée pour les eaux issues des lavages, des salles de bain, de lessive et d'autres processus tels que le rinçage des films radiographiques ou les opérations de désinfection. Ces effluents se caractérisent par la présence de tensioactifs, de détergents, ainsi que de substances potentiellement cytotoxiques, génotoxiques, et parfois d'éléments radioactifs.
- Une coloration noire est principalement liée à la présence de matières fécales et d'urines provenant des sanitaires. Ces effluents sont fortement chargés en matière organique et en micro-organismes.

4.2.2 Les caractéristiques physico-chimiques

De manière générale, les eaux usées hospitalières présentent des paramètres physico-chimiques qui dépassent largement les normes réglementaires, traduisant ainsi une charge polluante importante. Les principaux paramètres sont les suivants :

- **Les matières en suspension (MES)** : Elles correspondent à l'ensemble des particules minérales, organiques et colloïdales présentes en suspension dans l'eau. Leurs concentrations dans les effluents hospitaliers varient généralement entre 102 et 1060 mg/L.
- **Le pH** : Il varie entre 6 et 9, mais il est généralement neutre aux environs de 7,5.

- **La conductivité électrique** : Elle est très élevée ; cela s'explique par la charge importante de matières inorganiques et organiques produites à la sortie de l'hôpital.
- **L'oxygène dissous** : Sa concentration moyenne est souvent inférieure au seuil critique de 4 mg/L. Cette faible teneur en oxygène peut être attribuée à une consommation importante par les bactéries aérobies présentes dans ces effluents, qui l'utilisent pour la dégradation de la matière organique.
- **La DCO, la DBO₅ et le COT** : Les valeurs de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO₅) et du Carbone Organique Total (COT) sont le plus souvent très élevées traduisant une forte teneur en matière organique. Le rapport DCO/DBO₅ est généralement supérieur à 2, ce qui indique une biodégradabilité de l'effluent.
- **Autres paramètres** : Ces effluents se caractérisent également par des teneurs élevées en chlorures et en composés azotés, phosphorés et soufrés.

4.2.3 Caractéristiques microbiologiques

Les effluents hospitaliers sont l'hôte de nombreuses bactéries et micro-organismes pathogènes. On peut trouver :

- **Des bactéries** : Les effluents renferment une grande diversité de bactéries, notamment des bactéries de la flore commensale et des bactéries pathogènes telles que les coliformes, les streptocoques, les salmonelles, les shigelles, les vibrions, les entérobactéries, les staphylocoques, les pseudomonas, les acinetobacter et les clostridium. Sont également présentes dans ces effluents des bactéries multi-résistantes aux antibiotiques (*Proteus vulgaris*, Mycobactéries) et certaines souches typiquement hospitalières (bactéries hautement résistantes émergentes, dont les entérobactéries productrices de carbapénémase et les *Staphylococcus aureus* de sensibilité diminuée aux glycopeptides).
- **Des virus** : Plus de 120 virus entériques humains ont été identifiés dans les eaux usées hospitalières tels que les entérovirus (poliovirus, échovirus et coxsackie), les adénovirus, les virus de l'hépatite, les rotavirus, le virus de l'immunodéficience humaine (VIH) et le virus du syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS COV-2).
- **Des parasites** : Divers parasites peuvent être présents dans les effluents hospitaliers (*Amibes*, *Taenia*, *Ascaris*, *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium ovale*, *Toxoplasma gondii* et des espèces d'*Acanthamoeba*...etc).

4.2.4 Autres caractéristiques

Les effluents hospitaliers sont caractérisés par la présence de teneurs élevées en certaines substances, telles que :

- **Les éléments radioactifs** : Iode 131, Technétium 99m.
- **Les composés organiques volatils** (benzène, chloroforme, toluène...), des composés organiques halogénés, des hydrocarbures.
- **Les métaux lourds** : argent, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc et arsenic...
- **Les surfactants/désinfectants/détergents** : sont utilisés pour la désinfection des sols et des surfaces, des instruments et des matériels. Ce sont principalement des produits chlorés (eau de javel), des dérivés iodés, des aldéhydes et dérivés (formaldéhyde, glutaraldéhyde), des produits à base d'alcool.
- **Les composés pharmaceutiques** : présence de différentes classes thérapeutiques telles que les antibiotiques, les antiviraux/anthelminthiques, les analgésiques, les anti-inflammatoires, les hormones, les psychotropes, les antidiabétiques, les statines, les médicaments utilisés en cardiologies...
- **Les composants biologiques** tels que le sang, les tissus et autres fluides corporels contenant une grande variété de protéines, d'enzymes et de composants biologiques.

Références bibliographiques :

1. Guide sur l'élimination des effluents liquides des établissements hospitaliers, recommandations du centre de coordination de la lutte contre les infections nosocomiales, France. Décembre 1999.
2. Guide méthodologique pour les rejets liquides hospitaliers. Janvier 2001.
3. Directives nationales relatives à l'hygiène de l'environnement dans les établissements de santé publics et privés. Edition 2015.
4. Guide pratique pour une bonne gestion des déchets produits par les établissements de santé et médico-sociaux. Déchets issus de médicaments et déchets liquides. Mars 2016.

5 Risques chimiques et microbiologiques des effluents hospitaliers

Les effluents hospitaliers représentent une menace sanitaire et environnementale sérieuse, concentrés en résidus médicamenteux, bactéries multirésistantes et agents pathogènes, ils exposent les écosystèmes aquatiques, les réseaux d'assainissement et la santé humaine à des risques chimiques et microbiologiques que les filières de traitement conventionnelles ne peuvent maîtriser seules.

Les effluents hospitaliers sont bien plus concentrés et spécifiques que les eaux usées urbaines classiques. Ils combinent des polluants chimiques et une forte charge microbiologique, avec des risques pour les stations d'épuration, les milieux aquatiques et la santé humaine.

5.1 Risque microbiologique des effluents hospitaliers

5.1.1 Nature des agents pathogènes présents

- **Bactéries pathogènes** : fortes charges en coliformes, *E. coli*, entérocoques, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Aeromonas*, *Vibrio*, etc. [1,2,3,4,5,6].
- **Virus** : norovirus, adénovirus, rotavirus, virus de l'hépatite A, SARS-CoV-2 avec des concentrations 2–3 fois supérieures aux eaux urbaines pour les entérovirus dans certains hôpitaux [1,2,7,8].
- **Champignons / parasites** : signalés mais beaucoup moins étudiés [1,3,7].
- **Prions** : Bien que le risque soit théoriquement envisageable, les données empiriques actuelles restent insuffisantes.

Parmi ces agents pathogènes, les bactéries multirésistantes constituent aujourd'hui la menace la plus documentée et la plus préoccupante en raison de leur capacité à se propager et à persister dans l'environnement.

5.1.2 Bactéries multirésistantes (BMR)

- **Définition / mécanismes** : bactéries résistantes à plus de trois familles d'antibiotiques, impliquant ESBL, carbapénémases, pompes d'efflux, mutations cibles et gènes portés par plasmides et autres éléments mobiles [2,3,4,9,10,11].
- **Principales BMR hospitalières** : ESBL-*E. coli*, *Klebsiella*, *P. aeruginosa*, *Acinetobacter*, entérocoques résistants à la vancomycine, staphylocoques multirésistants [2,3,4,6,10,11,12,13].
- **Transfert de gènes** : WWTP et boues sont des « hotspots » de transfert horizontal via plasmides/MGE, avec maintien d'un large spectre d'ARG malgré le traitement [4,14,15,16].
- **Impact santé publique** : contribution importante à l'augmentation de l'antibiorésistance dans les milieux aquatiques et la chaîne alimentaire [3,9,10,11,17].

La présence de ces BMR dans les effluents ne constitue pas seulement un risque confiné à l'hôpital ; leurs voies de dissémination vers l'environnement extérieur sont multiples et souvent sous-estimées.

5.1.3 Voies de contamination et dissémination

- Transfert vers réseaux d'assainissement : effluents hospitaliers enrichissent les stations en ARB/ARG, notamment Gram négatifs multirésistants [2,4,9,11,12,14].
- Survie dans les boues : accumulation d'ARG et de bactéries pathogènes dans les boues et les eaux de retour de boues, potentielle voie majeure de dissémination [14,15].
- Contamination du milieu récepteurs : détection d'ESBL et carbapénémases dans les rivières en aval de STEP, avec lignées cliniques identiques à celles des hôpitaux [10,12,13,14,18].
- Risques pour les agents d'assainissement : exposition à fortes charges en pathogènes et BMR, surtout en contexte de traitement insuffisant [5,6,17,18].

Face à la diversité et à la gravité de ces voies de contamination, il devient indispensable de disposer d'outils d'évaluation standardisés permettant d'hierarchiser les priorités de surveillance.

5.1.4 Évaluation du risque microbiologique

Le tableau suivant synthétise les principaux paramètres à surveiller dans les effluents hospitaliers, en distinguant les indicateurs classiques des marqueurs émergents.

Tableau 2 : Résumé des paramètres microbiologiques clés à surveiller.

Élément	Contenu clé	Sources
Indicateurs fécaux	Coliformes totaux/fécaux, <i>E. coli</i> , entérocoques à des niveaux largement > normes	[2,5,6,7,17,18]
Paramètres à surveiller	BMR (ESBL, carbapénémases, VRE), ARG, virus entériques, SARS-CoV-2	[1,2,3,4,7,8,14,16]

Si le risque microbiologique est ainsi largement documenté, les effluents hospitaliers véhiculent simultanément une charge chimique tout aussi complexe, qui interagit avec et amplifie ce risque biologique.

5.2 Risque chimique des effluents hospitaliers

Les effluents hospitaliers contiennent un « cocktail » de médicaments, désinfectants, métaux, solvants et perturbateurs endocriniens, souvent à des niveaux supérieurs aux eaux urbaines, avec des risques écotoxiques et sanitaires significatifs [3,7,21,22,23,24].

5.2.1 Médicaments et résidus pharmaceutiques (RMP)

- **Antibiotiques** : concentrations jusqu'à plusieurs µg/L pour ciprofloxacine, ofloxacine, sulfaméthoxazole, clarithromycine, azithromycine, avec risque élevé pour les algues et rôle majeur dans l'antibiorésistance [3,7,21,22,25].
- **Cytotoxiques/anticancéreux** : inclus parmi les substances les plus dangereuses, génotoxiques et persistance possible dans l'environnement [3,23,24].
- **Hormones / perturbateurs endocriniens** : 17β-œstradiol, 17α-éthynylestradiol, nonylphénol... à des niveaux pouvant dépasser leurs PNEC, avec effets endocriniens sur faune aquatique [3,7,25,26].
- **Analgésiques, AINS, psychotropes** : fortes concentrations pour paracétamol, ibuprofène, diclofénac, carbamazépine, bêtabloquants, certains présentant un risque élevé pour poissons, daphnies et algues [21,22,24,27,28].
- **Produits de contraste iodés** : iomeprol, iopromide parfois au mg/L, très persistants et mal éliminés [22,28,29].

5.2.2 Désinfectants et biocides

Glutaraldéhyde, formaldéhyde, dérivés chlorés, ammoniums quaternaires, détergents et AOX sont fréquents dans les effluents hospitaliers.(3,7,23,30) Ils peuvent inhiber la biomasse des stations d'épuration et contribuer à la sélection bactérienne [3,23,31].

5.2.3 Métaux lourds, radioéléments, solvants

Mercure (amalgames), Cr, Ni, Pb, Cu, Zn, cyanures et autres métaux sont signalés, avec risques pour nappes et sélection de bactéries résistantes [7,23,30,31]. Les radio-isotopes et réactifs de laboratoire (formol, xylène, solvants organiques, hydrocarbures) s'ajoutent au mélange toxique [3,7,23,30,32].

5.2.4 Perturbateurs endocriniens et effets

Œstrogènes, phtalates, bisphénols, alkylphénols et certains pesticides médicamenteux présentent bioaccumulation, perturbation de la reproduction, malformations et risques possibles pour l'humain via la chaîne alimentaire [3,21,24,25,26].

L'évaluation quantitative de l'ensemble de ces risques chimiques nécessite des approches méthodologiques spécifiques, distinctes des seuls paramètres globaux habituellement mesurés dans les réseaux d'assainissement.

5.2.5 Évaluation du risque chimique

Le tableau ci-dessous présente les principaux outils analytiques et indicateurs de risque mobilisés pour caractériser la charge chimique des effluents hospitaliers, depuis les méthodes d'analyse jusqu'aux approches d'évaluation intégrée des mélanges.

Tableau 3 : Principaux outils pour caractériser le risque chimique.

Aspect	Contenu clé	Sources
Méthodes d'analyse	HPLC-MS/MS, GC-MS, chromatographie ionique, spectrophotométrie	[3,21,22,27,28]
Indicateur de risque	Rapport PEC/PNEC ou quotient de risque (RQ) pour chaque substance	[7,22,24,25,27]
Effet cocktail	Mélanges de dizaines de RMP + biocides → effets additifs/synergiques possibles	[7,21,22,23,24]
Surveillance physico-chimique	DCO, DBO5, MES, AOX, métaux, pH, conductivité, plus suivi ciblé des RMP	[7,23,30]

5.3 Interactions microbiologiques–chimiques et approche One Health

Synergie chimique–microbiologique :

Les effluents mêlent antibiotiques, biocides, métaux et fortes charges bactériennes, créant un milieu idéal pour la sélection de bactéries multirésistantes et l'échange de gènes de résistance [2,3,4,7]. Des mélanges d'antibiotiques, désinfectants et autres médicaments peuvent favoriser le transfert horizontal de gènes (plasmides IncN, etc.), même si chaque substance est en-dessous de son seuil isolé [3,33].

Rôle des rejets chimiques dans la résistance :

30–90% des antibiotiques sont excrétés inchangés, s'accumulent dans les réseaux et stations et maintiennent une pression de sélection permanente sur les microbiotes aquatiques [2,3,7]. Les biocides (ammoniums quaternaires, chlorés, métaux) co-sélectionnent des gènes de résistance aux antibiotiques et de tolérance aux métaux [2,3,34].

Approche One Health :

Les ARB/ARG issus des hôpitaux se retrouvent dans les rivières, sols agricoles et chaîne alimentaire, exposant faune, animaux d'élevage et humains.(3,34,35) Plusieurs revues recommandent explicitement une gestion HWW intégrée dans les stratégies One Health sur l'antibiorésistance [2,7,35].

La compréhension de ces interactions conduit naturellement à repenser la gestion des effluents hospitaliers non plus comme une contrainte réglementaire isolée, mais comme un maillon central d'une stratégie de prévention des risques sanitaires et environnementaux.

5.4 Synthèse transversale : substances, sources et risques associés

Le tableau suivant propose une vue d'ensemble des principaux polluants des effluents hospitaliers, en associant pour chaque famille sa source hospitalière, son risque microbiologique et son risque chimique/écotoxique.

Tableau 4 : Principaux polluants des effluents hospitaliers, sources et risques associés.

Famille de substances	Exemples de composés	Source hospitalière principale	Risque microbiologique	Risque chimique / écotoxique	Références
Antibiotiques	Ciprofloxacine, ofloxacine, sulfaméthoxazole, clarithromycine, azithromycine	Services de soins, réanimation, chirurgie	Sélection de BMR et ARG, transfert horizontal de gènes de résistance	Toxicité pour algues aquatiques, perturbation des microbiotes, effets sub-létaux sur invertébrés	[3,7,9,10,11,21,22,25,33]
Cytotoxiques / anticancéreux	Cyclophosphamide, ifosfamide, méthotrexate, 5-fluorouracile	Oncologie, chimiothérapie	—	Génotoxicité, mutagenicité, persistance environnementale, bioaccumulation	[3,23,24,32]
Hormones et perturbateurs endocriniens	17 β -œstradiol (E2), 17 α -éthinyloestradiol (EE2), nonylphénol	Gynécologie, endocrinologie, laboratoires	—	Perturbation endocrinienne faune aquatique, féminisation des poissons, effets sur la reproduction, dépassement des PNEC	[3,7,21,24,25,26]
Analgésiques et AINS	Paracétamol, ibuprofène, diclofénac, naproxène	Médecine générale, urgences	—	Toxicité pour poissons, daphnies et algues ; risque élevé pour milieux aquatiques	[21,22,24,27,28]
Psychotropes et bêtabloquants	Carbamazépine, diazépam, propranolol, aténolol	Psychiatrie, cardiologie	—	Persistance élevée, faible biodégradabilité, toxicité neurologique sur faune aquatique	[21,22,27,28]
Produits de contraste iodés	Iomeprol, iopromide, iohexol	Radiologie, imagerie médicale	—	Très persistants (récalcitrants aux traitements biologiques), concentrations pouvant atteindre le mg/L	[22,28,29]
Désinfectants et biocides	Glutaraldéhyde, formaldéhyde, ammoniums quaternaires, dérivés chlorés, AOX	Blocs opératoires, services de soins, stérilisation	Co-sélection de BMR et gènes de résistance aux biocides	Inhibition de la biomasse des STEP, formation de sous-produits toxiques (trihalométhanes)	[3,7,23,30,31,33]

Tableau 4 (suite) : Principaux polluants des effluents hospitaliers, sources et risques associés

<i>Famille de substances</i>	<i>Exemples de composés</i>	<i>Source hospitalière principale</i>	<i>Risque microbiologique</i>	<i>Risque chimique / écotoxique</i>	<i>Références</i>
Bactéries multirésistantes (BMR)	ESBL-E. coli, Klebsiella, P. aeruginosa, Acinetobacter, VRE, MRSA	Toutes unités de soins, blocs, réanimation	Dissémination dans réseaux, rivières et sols agricoles ; lignées cliniques retrouvées en aval des STEP	Co-sélection par antibiotiques et biocides	[2,3,4,9,10,11,12,13,14,15,16]
Virus pathogènes	Norovirus, adénovirus, rotavirus, VHA, SARS-CoV-2	Urgences, médecine interne, laboratoires	Concentrations 2–3× supérieures aux eaux urbaines, survie prolongée dans les eaux	—	[1,2,7,8]
Gènes de résistance (ARG)	blaCTX-M, blaKPC, mcr-1, tet, sul	Effluents de toutes unités, boues de STEP	Transfert horizontal via plasmides/MGE, persistance dans boues et milieux récepteurs	—	[4,14,15,16,33]
Métaux lourds	Hg (amalgames), Pb, Cr, Ni, Cu, Zn, cyanures	Dentisterie, laboratoires, imagerie	Co-sélection de résistances bactériennes aux métaux	Toxicité aquatique, contamination nappes phréatiques, bioaccumulation	[7,23,30,31,32]
Radioéléments	¹³¹ I, ^{99m} Tc, ¹⁸ F	Médecine nucléaire, scintigraphie	—	Contamination radioactive des eaux de surface et souterraines	[7,23,32]
Solvants et réactifs de laboratoire	Formol, xylène, acétonitrile, hydrocarbures	Laboratoires d'anatomopathologie et de biologie	—	Toxicité aiguë, cancérogénicité (formol), pollution chronique des eaux	[3,7,23,30,32]
Phtalates, bisphénols, alkylphénols	BPA, DEHP, octylphénol	Équipements médicaux (tubulures, poches), laboratoires	—	Perturbation endocrinienne, bioaccumulation, effets sur la reproduction et le développement	[3,21,24,25,26]
Indicateurs bactériologiques fécaux	Coliformes totaux/fécaux, E. coli, entérocoques	Toutes unités de soins	Indicateurs de contamination fécale, niveaux largement > normes de rejet	—	[2,5,6,7,17,18]

Conclusion :

Les effluents hospitaliers constituent un vecteur de risques chimiques et microbiologiques complexes et interdépendants, dont la gravité dépasse largement celle des eaux usées urbaines ordinaires. Agents pathogènes, bactéries multirésistantes, résidus médicamenteux et polluants chimiques se combinent pour générer des effets écotoxiques et sanitaires qui échappent aux filières de traitement conventionnelles. Leur gestion efficace exige une approche intégrée : réduction à la source, traitement adapté et surveillance continue, inscrite dans une stratégie One Health associant l'hôpital, le réseau d'assainissement et l'environnement récepteur

Références bibliographiques :

1. Yuan T, Pian Y. Hospital wastewater as hotspots for pathogenic microorganisms spread into aquatic environment: A review. *Front Environ Sci.* 2023;10. doi:10.3389/fenvs.2022.1091734
2. Majumder A, Gupta A, Ghosal P, Varma M. A review on hospital wastewater treatment: A special emphasis on occurrence and removal of pharmaceutically active compounds, resistant microorganisms, and SARS-CoV-2. *J Environ Chem Eng.* 2020;9:104812. doi:10.1016/j.jece.2020.104812
3. Fatimazahra S, Latifa M, Laila S, Monsif K. Review of hospital effluents: special emphasis on characterization, impact, and treatment of pollutants and antibiotic resistance. *Environ Monit Assess.* 2023;195. doi:10.1007/s10661-023-11002-5
4. Mackuľak T, Cverenkárová K, Staňová VA, et al. Hospital wastewater—source of specific micropollutants, antibiotic-resistant microorganisms, viruses, and their elimination. *Antibiotics.* 2021;10. doi:10.3390/antibiotics10091070
5. Signe MDNM, Kwetche PRF, Djamen PC, Youté OD, Fokam MAM, Ndelo J. Waste management determinants and a few environmental bacterial profiles in hospital-generated liquid effluents. *J Appl Life Sci Int.* 2025. doi:10.9734/jalsi/2025/v28i4695
6. Todedji J, Degbey C, Soclo E, et al. Microbiological quality of the effluents produced by the university and hospital centres in the department of Littoral, Republic of Benin. *Open J Epidemiol.* 2020;10:66-80. doi:10.4236/ojepi.2020.101006
7. Carraro E, Bonetta S, Bertino C, Lorenzi E, Bonetta S, Gilli G. Hospital effluents management: chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries. *J Environ Manage.* 2016;168:185-99. doi:10.1016/j.jenvman.2015.11.021
8. Achak M, Bakri SA, Chhiti Y, Alaoui FEM, Barka N, Boumya W. SARS-CoV-2 in hospital wastewater during outbreak of COVID-19: a review on detection, survival and disinfection technologies. *Sci Total Environ.* 2020;761:143192. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.143192
9. Hocquet D, Muller A, Bertrand X. What happens in hospitals does not stay in hospitals: antibiotic-resistant bacteria in hospital wastewater systems. *J Hosp Infect.* 2016;93(4):395-402. doi:10.1016/j.jhin.2016.01.010
10. Chandja WBE, Onanga R, Nguema PPM, et al. Emergence of antibiotic residues and antibiotic-resistant bacteria in hospital wastewater: a potential route of spread to African streams and rivers, a review. *Water.* 2024. doi:10.3390/w16223179

11. Hassoun-Kheir N, Stabholz Y, Kreft J, et al. Comparison of antibiotic-resistant bacteria and antibiotic resistance genes abundance in hospital and community wastewater: a systematic review. *Sci Total Environ.* 2020;743:140804. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140804
12. Dávidová-Geržová L, Lausova J, Sukkar I, et al. Hospital and community wastewater as a source of multidrug-resistant ESBL-producing *Escherichia coli*. *Front Cell Infect Microbiol.* 2023;13. doi:10.3389/fcimb.2023.1184081
13. Aguilar-Rangel EJ, Paredes-Cárcamo F, Andrade MD, et al. Hospital wastewater as a reservoir of contaminants of emerging concern: a study report from South America, Chile. *Antibiotics.* 2025;14. doi:10.3390/antibiotics14111111
14. Silvester R, Perry WB, Webster G, et al. Metagenomics unveils the role of hospitals and wastewater treatment plants on the environmental burden of antibiotic resistance genes and opportunistic pathogens. *Sci Total Environ.* 2025;961:178403. doi:10.1016/j.scitotenv.2025.178403
15. Zhao B, Zhang R, Jin B, et al. Sludge water: a potential pathway for the spread of antibiotic resistance and pathogenic bacteria from hospitals to the environment. *Front Microbiol.* 2025;16. doi:10.3389/fmicb.2025.1492128
16. Petrovich ML, Zilberman A, Kaplan A, et al. Microbial and viral communities and their antibiotic resistance genes throughout a hospital wastewater treatment system. *Front Microbiol.* 2020;11. doi:10.3389/fmicb.2020.00153
17. Ramírez-Coronel A, Mohammadi M, Majdi H, et al. Hospital wastewater treatment methods and its impact on human health and environments. *Rev Environ Health.* 2023;39:423-434. doi:10.1515/reveh-2022-0216
18. Emmanuel E, Pierre MG, Perrodin Y. Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: health risk assessment for drinking water consumers. *Environ Int.* 2009;35(4):718-26. doi:10.1016/j.envint.2009.01.011
19. Khan N, Vambol V, Vambol S, et al. Hospital effluent guidelines and legislation scenario around the globe: a critical review. *J Environ Chem Eng.* 2021;9:105874. doi:10.1016/j.jece.2021.105874
20. Khan MT, Shah I, Ihsanullah I, et al. Hospital wastewater as a source of environmental contamination: an overview of management practices, environmental risks, and treatment processes. *J Water Process Eng.* 2021;41:101990. doi:10.1016/j.jwpe.2021.101990
21. Ajala O, Tijani J, Salau R, Abdulkareem A, Aremu OS. A review of emerging micro-pollutants in hospital wastewater: environmental fate and remediation options. *Results Eng.* 2022. doi:10.1016/j.rineng.2022.100671
22. Santos L, Gros M, Rodríguez-Mozaz S, et al. Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: identification of ecologically relevant pharmaceuticals. *Sci Total Environ.* 2013;461-462:302-16. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.04.077
23. Emmanuel E, Perrodin Y, Keck G, Blanchard J, Vermande P. Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network. *J Hazard Mater.* 2005;117(1):1-11. doi:10.1016/j.jhazmat.2004.08.032
24. Escher B, Baumgartner R, Koller M, Treyer K, Lienert J, McArdell CS. Environmental toxicology and risk assessment of pharmaceuticals from hospital wastewater. *Water Res.* 2010;45(1):75-92. doi:10.1016/j.watres.2010.08.019

25. Aukidy AM, Verlicchi P, Voulvoulis N. A framework for the assessment of the environmental risk posed by pharmaceuticals originating from hospital effluents. *Sci Total Environ.* 2014;493:54-64. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.05.128
26. Jean J, Perrodin Y, Pivot C, et al. Identification and prioritization of bioaccumulable pharmaceutical substances discharged in hospital effluents. *J Environ Manage.* 2012;103:113-21. doi:10.1016/j.jenvman.2012.03.005
27. Ulvi A, Aydın S, Aydın M. Fate of selected pharmaceuticals in hospital and municipal wastewater effluent: occurrence, removal, and environmental risk assessment. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022;29:75609-75625. doi:10.1007/s11356-022-21131-y
28. Mendoza A, Aceña J, Pérez S, et al. Pharmaceuticals and iodinated contrast media in a hospital wastewater: a case study to analyse their presence and characterise their environmental risk and hazard. *Environ Res.* 2015;140:225-41. doi:10.1016/j.envres.2015.04.003
29. Hoang AT, Cuong M, Kim K. Environmental risk assessment of selected pharmaceuticals in hospital wastewater in Northern Vietnam. *Chemosphere.* 2024. doi:10.1016/j.chemosphere.2024.141973
30. Ahmad N, Ahmed S, Vambol V, Vambol S. Treatment of drug residues (emerging contaminants) in hospital effluent by the combination of biological and physiochemical treatment process: a review. 2021. doi:10.1108/febe-02-2021-0002
31. Ouédraogo GA, Koné S, Ouedraogo A, et al. Ecotoxicity of hospital wastewaters and their impact on bacterial multi-drug resistance: a review. *J Life Sci Biomed.* 2021. doi:10.51145/jlsb.2021.8
32. Sharma C, Gupta S, Kumar V, Kumar V. Hospital-associated effluents: the masked environmental threat that needs urgent attention and action. *Discov Appl Sci.* 2024;7. doi:10.1007/s42452-024-06456-2
33. Hutinel M, Fick J, Larsson D, Flach C. Investigating the effects of municipal and hospital wastewaters on horizontal gene transfer. *Environ Pollut.* 2021;276:116733. doi:10.1016/j.envpol.2021.116733
34. Mehanni MM, Gadow S, Alshammari F, et al. Antibiotic-resistant bacteria in hospital wastewater treatment plant effluent and the possible consequences of its reuse in agricultural irrigation. *Front Microbiol.* 2023;14. doi:10.3389/fmicb.2023.1141383
35. Werkneh A, Islam MA. Post-treatment disinfection technologies for sustainable removal of antibiotic residues and antimicrobial resistance bacteria from hospital wastewater. *Heliyon.* 2023;9. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e15360
36. Verlicchi P, Aukidy MA, Zambello E. What have we learned from worldwide experiences on the management and treatment of hospital effluent? *Sci Total Environ.* 2015;514:467-491. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.02.020
37. Khan A, Khan N, Ahmed S, et al. Application of advanced oxidation processes followed by different treatment technologies for hospital wastewater treatment. *J Clean Prod.* 2020. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122411
38. Pariente MI, Segura Y, Álvarez-Torrellas S, et al. Critical review of technologies for the on-site treatment of hospital wastewater: from conventional to combined advanced processes. *J Environ Manage.* 2022;320:115769. doi:10.1016/j.jenvman.2022.115769
39. Sarizadeh G, Geravandi S, Takdastan A, Javanmaerdi P, Mohammadi M. Efficiency of hospital wastewater treatment system in removal of level of toxic, microbial, and organic pollutant. *Toxin Rev.* 2021;41:721-730. doi:10.1080/15569543.2021.1922923

40. Bhandari G, Chaudhary P, Gangola S, et al. A review on hospital wastewater treatment technologies: current management practices and future prospects. *J Water Process Eng.* 2023. doi:10.1016/j.jwpe.2023.104516
41. Paulus GK, Hornstra L, Alygizakis NA, Slobodnik J, Thomaidis N, Medema G. The impact of on-site hospital wastewater treatment on the downstream communal wastewater system in terms of antibiotics and antibiotic resistance genes. *Int J Hyg Environ Health.* 2019;222(4):635-644. doi:10.1016/j.ijheh.2019.01.004
42. Kovalova L, Siegrist H, Von Gunten U, et al. Elimination of micropollutants during post-treatment of hospital wastewater with powdered activated carbon, ozone, and UV. *Environ Sci Technol.* 2013;47(14):7899-908. doi:10.1021/es400708w
43. Ghazal H, Koumaki E, Hoslett J, et al. Insights into current physical, chemical and hybrid technologies used for the treatment of wastewater contaminated with pharmaceuticals. *J Clean Prod.* 2022. doi:10.1016/j.jclepro.2022.132079
44. Kelly P, Gleeson E. Arresting a self-perpetuating crisis of AMR: onsite purification and decontamination of hospital waste and wastewater using the Pharmafilter system. *JAC Antimicrob Resist.* 2025;7. doi:10.1093/jacamr/dlaf118.063.

6 Les polluants émergents

La composition des eaux usées varie entre les différentes sources, la proportion principale de l'eau change selon la concentration variable des autres composants. Parmi ces composants, des potentiels polluants émergents (chimiques, microorganismes, etc.) peuvent être rejetés dans les écosystèmes, étant donné que les procédés classiques de traitement des eaux usées et de purification de l'eau ne sont pas efficaces pour les éliminer. Ce qui représente une préoccupation de santé publique et environnementale [1].

Parmi ces polluants émergents contenant dans les eaux usées, les produits pharmaceutiques, à savoir les antibiotiques, les antalgiques, les anti-inflammatoires, les stéroïdes, les contraceptifs, etc.

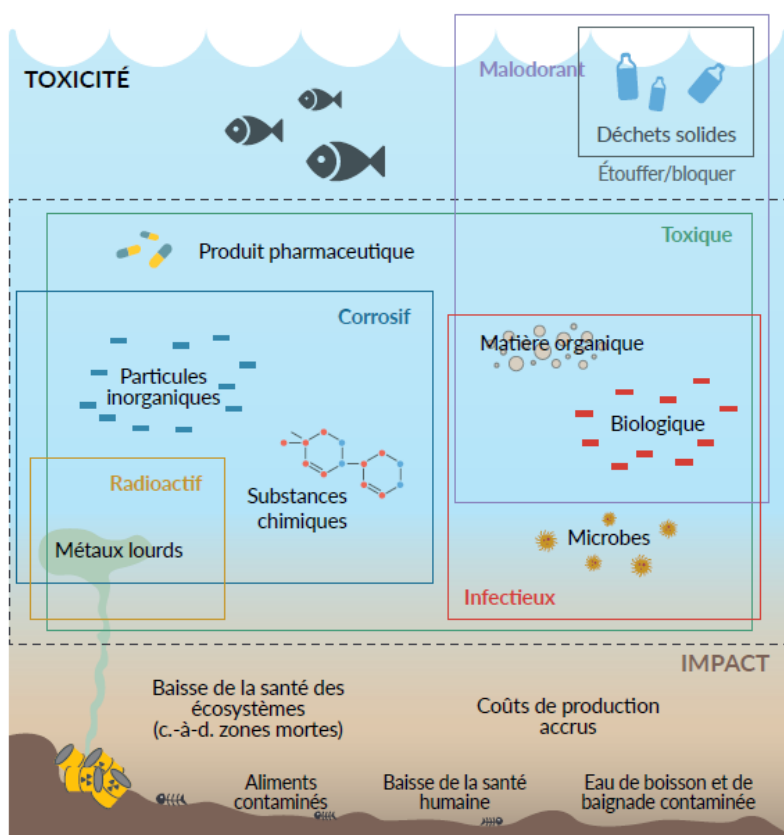


Figure 2 : Composants des eaux usées et leurs effets.

Source : adapté de Corcoran et al, (2010,fig5,p.21)

Selon l'UNESCO (2017), les polluants émergents sont rarement contrôlés ou surveillés dans la gamme de produits rejetés dans les eaux usées par les différentes sources (domestiques, institutionnelles, industrielles, etc.), et des recherches plus poussées sont nécessaires pour évaluer leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

1.UNESCO, les eaux usées une ressource inexploitée, 2017.

7 Groupes à risque

7.1 Personnel hospitalier et de maintenance

Le personnel soignant et technique constitue le groupe le plus directement exposé aux contaminants liquides, notamment lors de la manipulation de substances pharmacologiquement actives, de la gestion des vidoirs ou de l'entretien des réseaux d'évacuation. Outre le contact cutané accidentel, l'inhalation de bio-aérosols (fines gouttelettes en suspension) produits lors de la purge des tubulures ou du nettoyage des sanitaires est une voie d'exposition majeure.

Des travaux ont démontré la présence de médicaments anticancéreux (cyclophosphamide, ifosfamide) dans les urines du personnel exposé, témoignant d'une absorption systémique. Sur le plan cytogénétique, une étude a mis en évidence une augmentation significative des cassures de brins d'ADN (test des comètes) chez les infirmiers manipulant ces solutions liquides [1,2].

L'exposition chronique aux désinfectants liquides (aldéhydes, ammoniums quaternaires) est associée à une augmentation de 25% du risque de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et au développement d'asthme professionnel [3].

7.2 Travailleurs des stations d'épuration (STEP)

Les travailleurs des STEP manipulant des boues activées ou intervenant près des bassins d'aération sont exposés à un mélange concentré d'effluents hospitaliers et urbains.

Les effluents hospitaliers agissent comme des réacteurs favorisant les échanges de gènes de résistance. Le projet SIPIBEL[†] a montré que les gènes de résistance (exemple : *blaTEM*) sont plus fréquents dans les boues traitant des eaux hospitalières. L'exposition se fait principalement par inhalation de bio-aérosols chargés de bactéries multi-résistantes (BMR) [4,5].

L'exposition répétée à ces aérosols liquides et aux endotoxines bactériennes peut provoquer une inflammation chronique des voies respiratoires et altérer la réponse immunitaire à long terme.

***Le projet SIPIBEL** (Site Pilote de Bellecombe, France) : Observatoire scientifique de référence étudiant spécifiquement l'impact des effluents du Centre Hospitalier Alpes Léman. Ce projet a prouvé que les eaux usées hospitalières constituent des « points critiques » (hotspots) de dissémination de l'antibiorésistance et que les traitements urbains conventionnels sont insuffisants pour éliminer la signature chimique et biologique propre aux activités de soins.

7.3 Population générale

La population générale est exposée via le cycle anthropique de l'eau : les résidus hospitaliers non éliminés en STEP rejoignent les cours d'eau, puis les ressources utilisées pour la production d'eau potable. Des résidus d'antibiotiques, d'anti-inflammatoires et de produits de contraste (exemple du Gadolinium utilisé en IRM) sont détectés à des concentrations de l'ordre du ng/L dans l'eau potable de grandes métropoles [6,7]. Par ailleurs, bien que les doses soient infinitésimales, l'exposition chronique à des mélanges de molécules suscite des inquiétudes, particulièrement pour les femmes enceintes et les enfants, dont les systèmes enzymatiques de détoxification sont encore immatures.

7.4 Les agents d'assainissements

Les agents d'assainissements exerçant dans un cadre formel ou informel, jouent un rôle très important dans l'entretien des réseaux d'évacuation des eaux usées reliant : les habitations, les établissements de santé et autres sources d'effluents liquides à la STEP, ou dans certaines situations le drainage des fosses septiques.

Ces agents comptent parmi les travailleurs les plus vulnérables, sont soumis à des conditions de travail qui les exposent aux différents risques liés aux substances chimiques et biologiques nocives avec d'éventuelles conséquences en cas de non-respect des normes, dont ceux en rapport avec le rejet des effluents liquides des établissements de santé.

Ce qui suggère des efforts ciblés sur la base d'une approche opérationnelle standard de gestion des risques de ces effluents à la source et à chaque étape de la chaîne de services d'assainissement afin d'atténuer les risques sanitaires liés au travail et de contribuer à assurer un environnement professionnel sûr, ce qui permet de contribuer à la réalisation des Objectifs du Développement Durable : ODD 3, 6, 8 [8].

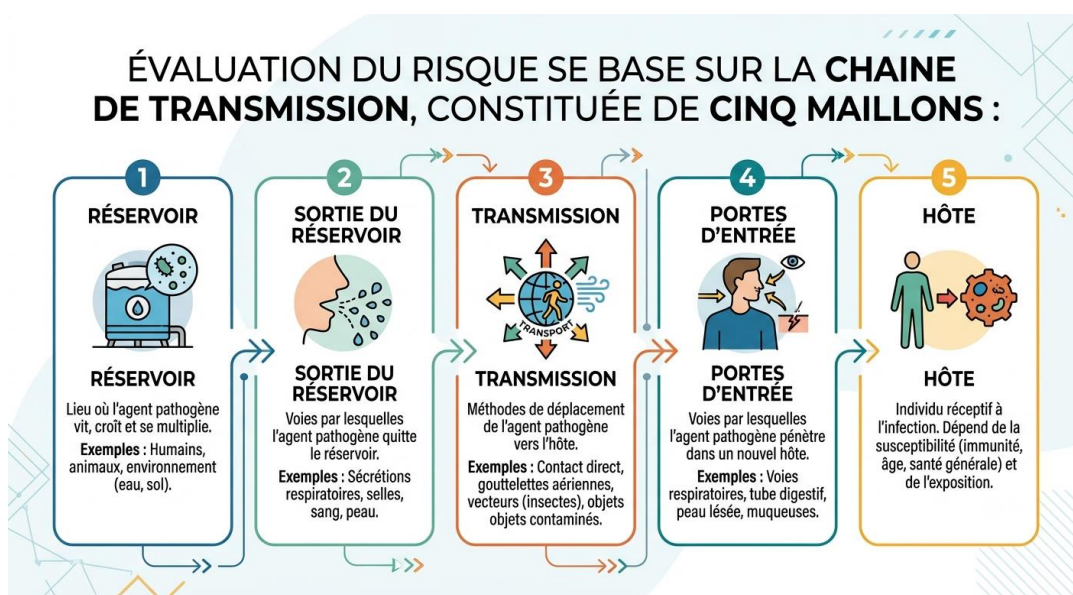


Figure 3 : Les cinq maillons d'évaluation du risque.

Source : Adapté du Guide pratique de gestion des déchets produits par les établissements de santé et médicaux sociaux, p.105, 2015.

Tableau 5 : Métiers de l'assainissement.

Toilettes /confinement	Vidange	Transport	Traitement	Utilisation finale / élimination
Balayage	Vidange manuelle	Transport manuel	Travail en station de traitement	Elimination manuelle
Nettoyage des latrines	Manipulation des boues de vidange	Transport mécanique	Nettoyage de la station de traitement	Elimination mécanique
Travaux domestiques	Vidange mécanique (notamment de la fosse septique)	Nettoyage des égouts	Manipulation des eaux usées et des boues de vidange dans les stations de traitement	
Entretien des toilettes communautaires /publiques		Entretien des égouts et des stations de pompage		
Nettoyage des toilettes des établissements scolaires		Nettoyage des bouches d'égout		
Nettoyage au service des municipalités, des gouvernements et des entreprises privés				

Source : D'après Dalberg Advisors, 2017.

Références bibliographiques :

1. Bouraoui S, Brahem A, et al. Assessment of chromosomal aberrations, micronuclei and proliferation rate index in peripheral lymphocytes from Tunisian nurses handling cytotoxic drugs. *Environ Toxicol Pharmacol*. 2011 Jan;31(1):250-7. doi: 10.1016/j.etap.2010.11.004.
2. Connor TH, McDiarmid MA. Preventing occupational exposures to antineoplastic drugs in health care settings. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2006;56(6):354-365. [DOI: 10.3322/canjclin.56.6.354].
3. Dumas O, et al. Occupational exposure to disinfectants and asthma control in US nurses. *European Respiratory Journal*. 2017;50(4):1700237. [DOI: 10.1183/13993003.00237-2017]
4. Chonova T, Lecomte V et al. The SIPIBEL project: treatment of hospital and urban wastewater in a conventional urban wastewater treatment plant. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017;25(10):9197-9206. doi: 10.1007/s11356-017-9302-0
5. Rizzo L, et al. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: A review. *Science of The Total Environment*. 2013;447:345-360. [DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.01.032].
6. World Health Organization (WHO). Pharmaceuticals in drinking-water. *Public Health and Environment*. 2012. (Document officiel disponible sur le site de l'OMS)
7. Aus der Beek T, et al. Pharmaceuticals in the environment—Global occurrences and perspectives. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2016;35(4):823-835. [DOI: 10.1002/etc.3339]
8. Banque mondiale, OIT, WaterAid et OMS, 2019, « Santé, sécurité et dignité des agents de l'assainissement : évaluation préliminaire. » Banque mondiale, Washington, DC, États-Unis d'Amérique.

8 Stratégies pratiques et opérationnelles

8.1 Dispositifs de contrôle et renforcement des compétences

Une surveillance régulière des paramètres clés comme par exemple la demande biochimique en oxygène, la demande chimique en oxygène, les matières en suspension, ammoniacale, agents pathogènes, résidus pharmaceutiques, est nécessaire pour évaluer la conformité aux normes en vigueur [1,2]. Des mécanismes formels de collecte de données, de reporting et d'audit, de préférence appuyés sur des outils numériques de surveillance en temps réel, renforcent la responsabilité des établissements [3,4]. La conformité ne peut être maintenue qu'en continuant à former le personnel sur les procédures de manipulation des déchets [5].

8.2 Intérêt de la numérisation

Les plateformes de surveillance numérique présentent des possibilités intéressantes, en particulier lors de crises sanitaires ou de pandémies [3,4]. Mais les données font aussi ressortir des lacunes persistantes : trop d'hôpitaux rejettent encore des eaux mal traitées, surtout dans les PRFI où il manque cruellement les guides adaptés au contexte local [6,7]. Et là même où il existe des usines de traitement, les taux d'élimination des antibiotiques et des agents pathogènes restent souvent trop faibles sans traitement tertiaire [8,9].

8.3 Freins et leviers à une gestion efficace

La littérature, au-delà des solutions techniques, souligne des constats récurrents sur ce qui fonctionne, ou ce qui bloque. Voici ses principaux enseignements.

Tableau 6 : Constat et fondements de gestion des effluents liquides des établissements de santé.

Constat	Fondements	Articles
Le traitement multi-étapes avancé sur site réduit significativement les polluants.	Plusieurs études montrent des taux d'élimination >90 % avec Bioréacteur à Membrane/ozonation/Procédés d'Oxydation Avancée correctement mis en œuvre.	[8,9,10]
L'absence de cadres juridiques/réglementaires entrave une gestion efficace.	Les revues pointent systématiquement l'absence ou la faiblesse de la législation nationale comme obstacle au rejet sécurisé.	[11,12]
La formation du personnel et les protocoles internes améliorent la conformité.	Des études de cas associent les mauvais résultats au manque de formation ou de procédures documentées.	[5, 13]
La plupart des hôpitaux des PRFI ne respectent pas les normes de rejet.	Les revues systématiques montrent que la majorité des hôpitaux ne traitent pas adéquatement leurs eaux usées hospitalières avant rejet.	[6]

Constat	Fondements	Articles
Les stations d'épuration des eaux usées conventionnelles seules sont insuffisantes pour les contaminants émergents.	Les revues montrent que les stations standards n'éliminent pas efficacement les déchets pharmaceutiques et les antibiotiques.	[8]
La priorisation par la direction fait souvent défaut.	Des études qualitatives soulignent la faible priorité accordée par les administrateurs.	[14]

Conclusion :

Techniquement, gérer correctement les effluents hospitaliers n'a rien de particulier. Ce qui fait défaut, c'est la capacité à mettre les solutions en pratique courante. Cela suppose des cadres de régulation solides, des technologies de traitement adéquates et adaptées au contexte, du personnel formé et des directions convaincues.

L'engagement des dirigeants, la transparence envers le public et l'adaptation aux menaces émergentes, la résistance aux antimicrobiens en premier lieu, ne sont pas des choix mais plutôt des prérequis.

Des angles restent encore mal couverts : solutions adaptées aux environnements en ressources limitées, intégration réelle des politiques nationales dans les pratiques d'établissements, durabilité dans le temps, efficacité sur contaminants émergents (résidus pharmaceutiques, gènes de résistance), et analyses coût-efficacité dans les contextes variés. Autant de champs de recherche prioritaires.

Références bibliographiques :

1. Kusuma J, Fasya AHZ. Analysis of hospital liquid waste management system (case study of Rumah Sakit Mata Masyarakat Jawa Timur). *Environmental and Toxicology Management*.2025. doi:10.33086/etm.v5i1.6723.
2. S. MM, Syahlan S. Management of Hospital Waste in Maintaining the Environment. *JURNAL KESEHATAN LINGKUNGAN: Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*.2023. doi:10.31964/jkl.v20i1.587.
3. He J, Zhao S, Zhang H, et al. Emergency Management of Medical Wastewater in Hospitals Specializing in Infectious Diseases-a Case Study on Huoshenshan Hospital.2021. doi:10.21203/rs.3.rs-824051/v1.
4. He J, Zhao S, Zhang H, Liu X, Li Q, Fu W. Emergency Management of Medical Wastewater in Hospitals Specializing in Infectious Diseases: A Case Study of Huoshenshan Hospital, Wuhan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.2021;19. doi:10.3390/ijerph19010381.
5. Signe MDNM, Kwetche PRF, Djamen PC, Youté OD, Fokam MAM, Ndelo J. Waste Management Determinants and a Few Environmental Bacterial Profiles in Hospital-generated Liquid Effluents: Holistic Inspection in a Healthcare Facility Policy. *Journal of Applied Life Sciences International*.2025. doi:10.9734/jalsi/2025/v28i4695.
6. Amin N, Foster T, Shimki NT, Willetts J. Hospital wastewater (HWW) treatment in low- and middle-income countries: A systematic review of microbial treatment efficacy. *The Science of the total environment*.2024. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.170994.
7. Jerie S, Mutekwa T, Mudyazhezha OC, Shabani T, Shabani T. Environmental and Human Health Problems Associated with Hospital Wastewater Management in Zimbabwe. *Current Environmental Health Reports*.2024;11:380-389. doi:10.1007/s40572-024-00452-9.
8. Ajala O, Tijani J, Salau R, Abdulkareem A, Aremu OS. A review of emerging micro-pollutants in hospital wastewater: Environmental fate and remediation options. *Results in Engineering*.2022. doi:10.1016/j.rineng.2022.100671.
9. Bhandari G, Chaudhary P, Gangola S, et al. A review on hospital wastewater treatment technologies: Current management practices and future prospects. *Journal of Water Process Engineering*.2023. doi:10.1016/j.jwpe.2023.104516.
10. Bouabadi I, Miyah Y, Benjelloun M, El-Habacha M, Addouli JE. Advanced strategies for the innovative treatment of hospital liquid effluents: A comprehensive review. *Bioresource Technology Reports*.2024. doi:10.1016/j.biteb.2024.101990.
11. Khan N, Vambol V, Vambol S, et al. Hospital effluent guidelines and legislation scenario around the globe: A critical review. *Journal of environmental chemical engineering*.2021;9:105874. doi:10.1016/j.jece.2021.105874.
12. Carraro E, Bonetta S, Bertino C, Lorenzi E, Bonetta S, Gilli G. Hospital effluents management: Chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries. *Journal of environmental management*.2016;168:185-99. doi:10.1016/j.jenvman.2015.11.021.
13. Todedji J, Sopoh G, Degbey C, Yessoufou A, Suanon F, Mama D. Assessment of the quality of effluent management from university hospitals in the Littoral department in Benin. *BMC Public Health*.2021;21. doi:10.1186/s12889-021-11478-1.
14. Amin N, Foster T, Shimki NT, et al. Inadequate wastewater management in Dhaka's major hospitals: A socio-technical systems analysis of leadership, policy, and technological challenges. *PLOS Water*.2025. doi:10.1371/journal.pwat.0000270.

9 Gestion et prévention des risques

Une gestion efficace des risques liés aux effluents hospitaliers s'organise selon trois niveaux complémentaires et indissociables : l'action à la source, le traitement des effluents et la surveillance continue.

9.1 À la source à l'intérieur l'hôpital

- **Filières spécifiques** : interdiction de rejet direct, séparation des flux cytotoxiques, radiologiques et de laboratoire [1,2].
- **Pré-traitements ciblés** : neutralisation acide-base, décanteurs/amalgamateurs, désinfection/ozonation dédiée pour effluents hautement infectieux ou de laboratoire [1,2].
- **Formation du personnel** : condition préalable clé pour réduire les apports de biocides, métaux et résidus pharmaceutiques [3,1].

9.2 Traitement des effluents

Le tableau suivant compare les trois grandes catégories de solutions techniques disponibles, en précisant leurs niveaux d'efficacité respectifs vis-à-vis des polluants chimiques, microbiologiques et des gènes de résistance.

Tableau 7 : Comparaison des technologies de traitement des effluents hospitaliers, efficacité et limites vis-à-vis des polluants chimiques, microbiologiques et des gènes de résistance.

Technologie	Efficacité / limites	Sources
STEP conventionnelles	DBO/DCO/MES >80% mais faible abattement PhAC, ARB/ARG, virus	[4,5,6,7,8]
Technologies avancées (MBR, ozonation, PAC, UV/AOPs)	>90–98% de nombreux PhAC, forte réduction ARB/ARG, désinfection virale	[2,5,6,8,9,10,11]
Pré-traitement sur site (MBR+ozone+charbon actif, Pharmafilte)	Réduction nette des antibiotiques, ARG avant STEP urbaine	[5,6,9,10,12]

Quel que soit le niveau de traitement choisi, son efficacité réelle ne peut être garantie sans un système de surveillance rigoureux permettant de mesurer ses performances et d'anticiper les défaillances.

9.3 Surveillance et contrôle

- Plan interne : suivi régulier DCO, DBO5, MES, métaux, antibiotiques, biocides, indicateurs ARB/ARG et virus [3,4,7,13].
- Coordination réseau d'assainissement : partage de données hôpital–STEP, ajustement des prétraitements selon la sensibilité de la station et du milieu récepteur [1,2,4].
- Indicateurs de performance :
 - Abattement % des PhAC prioritaires, antibiotiques, ARB/ARG, pathogènes [2,6,9].
 - Tests de toxicité et d'écotoxicité sur l'effluent traité [2,37,14].

Références bibliographiques :

1. Carraro E, Bonetta S, Bertino C, Lorenzi E, Bonetta S, Gilli G. Hospital effluents management: chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries. *J Environ Manage.* 2016;168:185-99. doi:10.1016/j.jenvman.2015.11.021.
2. Verlicchi P, Aukidy MA, Zambello E. What have we learned from worldwide experiences on the management and treatment of hospital effluent? *Sci Total Environ.* 2015;514:467-491. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.02.020.
3. Fatimazahra S, Latifa M, Laila S, Monsif K. Review of hospital effluents: special emphasis on characterization, impact, and treatment of pollutants and antibiotic resistance. *Environ Monit Assess.* 2023;195. doi:10.1007/s10661-023-11002-5.
4. Majumder A, Gupta A, Ghosal P, Varma M. A review on hospital wastewater treatment: A special emphasis on occurrence and removal of pharmaceutically active compounds, resistant microorganisms, and SARS-CoV-2. *J Environ Chem Eng.* 2020;9:104812. doi:10.1016/j.jece.2020.104812
5. Khan A, Khan N, Ahmed S, et al. Application of advanced oxidation processes followed by different treatment technologies for hospital wastewater treatment. *J Clean Prod.* 2020. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122411.
6. Pariente MI, Segura Y, Álvarez-Torrellas S, et al. Critical review of technologies for the on-site treatment of hospital wastewater: from conventional to combined advanced processes. *J Environ Manage.* 2022;320:115769. doi:10.1016/j.jenvman.2022.115769.
7. Sarizadeh G, Geravandi S, Takdastan A, Javanmaerdi P, Mohammadi M. Efficiency of hospital wastewater treatment system in removal of level of toxic, microbial, and organic pollutant. *Toxin Rev.* 2021;41:721-730. doi:10.1080/15569543.2021.1922923.
8. Bhandari G, Chaudhary P, Gangola S, et al. A review on hospital wastewater treatment technologies: current management practices and future prospects. *J Water Process Eng.* 2023. doi:10.1016/j.jwpe.2023.104516.
9. Paulus GK, Hornstra L, Alygizakis NA, Slobodnik J, Thomaidis N, Medema G. The impact of on-site hospital wastewater treatment on the downstream communal wastewater system in terms of antibiotics and antibiotic resistance genes. *Int J Hyg Environ Health.* 2019;222(4):635-644. doi:10.1016/j.ijheh.2019.01.004.
10. Kovalova L, Siegrist H, Von Gunten U, et al. Elimination of micropollutants during post-treatment of hospital wastewater with powdered activated carbon, ozone, and UV. *Environ Sci Technol.* 2013;47(14):7899-908. doi:10.1021/es400708w.

11. Ghazal H, Koumaki E, Hoslett J, et al. Insights into current physical, chemical and hybrid technologies used for the treatment of wastewater contaminated with pharmaceuticals. *J Clean Prod.* 2022. doi:10.1016/j.jclepro.2022.132079.
12. Kelly P, Gleeson E. Arresting a self-perpetuating crisis of AMR: onsite purification and decontamination of hospital waste and wastewater using the Pharmafilter system. *JAC Antimicrob Resist.* 2025;7. doi:10.1093/jacamr/dlaf118.063.
13. Mackuľak T, Cverenkárová K, Staňová VA, et al. Hospital wastewater—source of specific micropollutants, antibiotic-resistant microorganisms, viruses, and their elimination. *Antibiotics.* 2021;10. doi:10.3390/antibiotics10091070.
14. Ajala O, Tijani J, Salau R, Abdulkareem A, Aremu OS. A review of emerging micro-pollutants in hospital wastewater: environmental fate and remediation options. *Results Eng.* 2022. doi:10.1016/j.rineng.2022.100671

10 Typologie des schémas de surveillance

10.1 Schéma classique : surveillance réglementaire et de conformité (Bout de ligne)

Ce modèle se concentre sur le point de rejet unique de l'établissement juste avant son introduction dans le réseau d'assainissement municipal ou la station d'épuration (STEP) interne [1,2].

- **Objectif** : Vérifier la conformité avec les conventions de déversement et les normes environnementales locales.
- **Indicateurs clés (Paramètres physico-chimiques)** :
 - Globaux : pH, Température, Débit, DCO (Demande Chimique en Oxygène), DBO₅ (Demande Biochimique en Oxygène), MES (Matières en Suspension).
 - Spécifiques : AOX (Halogènes organiques adsorbables), métaux lourds (Mercure, Argent, Cuivre liés aux activités de laboratoire et d'imagerie), détergents et désinfectants.
- **Méthodologie d'échantillonnage** : Prélèvement asservi au débit sur 24 heures (échantillon composite) pour lisser les pics d'activité diurnes.

10.2 Schéma sectorisé : surveillance à la source et des procédés (En amont)

Face à la dilution des polluants au point de rejet final, la recherche textuelle et les guides techniques (comme ceux de l'OMS ou des agences de l'eau) préconisent une approche segmentée [3,4].

- **Objectif** : Identifier l'origine des flux de pollution critiques pour agir à la source (prétraitement localisé).
- **Cartographie des points de prélèvement** :
 - Secteur Oncologie / Médecine Nucléaire : Surveillance des radio-isotopes (Iode-131, Technétium-99m) au niveau des cuves de décroissance radiologique.
 - Laboratoires d'analyses et de recherche : Suivi des solvants, acides/bases et réactifs chimiques.
 - Blanchisserie et Cuisines : Suivi des tensioactifs, graisses et variations thermiques.
 - Unités de soins intensifs / Maladies infectieuses : Point névralgique pour la charge microbiologique.

10.3 Schéma émergent : surveillance épidémiologique et environnementale (WBE - Wastewater-Based Epidemiology)

C'est le domaine qui a connu la plus forte croissance bibliographique ces dix dernières années, accéléré par la pandémie de COVID-19 et la crise de l'antibiorésistance [5,6,7].

- **Objectif** : Utiliser l'eau usée comme un miroir de la santé de l'hôpital (suivi des pathologies circulantes et de l'excrétion des médicaments).
- **Indicateurs clés** :
 - Microbiologiques et Génétiques : Quantification des gènes de résistance aux antibiotiques (ARG), suivi des bactéries multi-résistantes (BMR) comme les entérobactéries productrices de carbapénémases (EPC), et détection de charges virales (SARS-CoV-2, Grippe, Norovirus).
 - Chimiques (Micropolluants) : Résidus de médicaments hautement prescrits (antibiotiques comme les fluoroquinolones, anticancéreux, anti-inflammatoires, produits de contraste iodés).
- **Méthodologie** : Utilisation de préleveurs automatiques réfrigérés, couplés à des analyses avancées en laboratoire : qPCR, séquençage haut débit (NGS), et chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS/MS).

La méthodologie de prélèvement au niveau des établissements de santé doit être adaptée à la configuration de ces structures. Une étude préalable des variations quotidiennes du débit des rejets liquides de l'établissement est conseillée afin de déterminer l'heure optimale de prélèvement (heures de forte utilisation) et d'augmenter les chances de détecter la cible biologique [8].

Références bibliographiques :

1. Organisation Mondiale de la Santé (OMS) (2014). Safe management of wastes from health-care activities (2ème édition).
2. Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M., & Barceló, D. (2010). Hospital effluents as a source of emerging pollutants: an overview of micropollutants and sustainable treatment options. *Journal of Hydrology*, 389(3-4), 416-428.
3. Kümmerer, K. (2001). Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources a review. *Chemosphere*, 45(6-7), 957-969.
4. Orias, F., & Perrodin, Y. (2013). Characterisation of the ecotoxicity of hospital effluents: A review. *Science of the Total Environment*, 454, 250-276.
5. Buelow, E., et al. (2018). Hospital discharges in urban sanitation systems: Long-term monitoring of wastewater resistome and microbiota in relationship to their environment. *Water Research*, 134, 156-166.
6. Polo, D., et al. (2020). Making waves: Wastewater-based epidemiology for COVID-19 approaches and challenges for surveillance and prediction. *Water Research*, 186, 116404.
7. Rodriguez-Mozaz, S., et al. (2015). Antibiotics and antibiotic resistance genes in hospital and urban wastewaters and their mitigation by advanced wastewater treatment. *Water Research*, 86, 34-42.
8. Public Health Laboratory Guide to Microbial Wastewater Surveillance, juin 2026.

11 Stratégie de maîtrise du réseau d'eaux usées de l'établissement de santé et au déversement des eaux usées

Au sein des établissements de santé, la connaissance précise et la caractérisation des flux de pollution sont des prérequis indispensables. L'objectif est de réduire au maximum la charge polluante à la source avant tout rejet des effluents liquides vers les réseaux d'assainissement collectifs ou le milieu naturel. Cette démarche est rendue complexe par trois facteurs critiques de terrain :

- Des pollutions et des effluents qui ne peuvent pas être collectés à la source et qui rejoignent inévitablement le réseau d'eaux usées de l'établissement,
- La qualité des réseaux des eaux usées des anciens établissements de santé qui peuvent aussi présenter des fuites (dus à des mouvements de sols, des développements racinaires, etc.), qui peuvent entraîner des cross-connexion et/ou la diffusion de polluants dans le milieu naturel, de corrosion des fondations des bâtiments hospitaliers par des effluents parfois très corrosifs,
- Dans le cas où les réseaux de collecte d'eaux usées peuvent présenter des dépôts conséquents de matières solides.

Pour répondre à ces enjeux, l'établissement de santé doit déployer une stratégie globale de gestion de ses effluents liquides, articulée autour de quatre grands axes de maîtrise opérationnelle et réglementaire :

11.1 Maîtrise du réseau interne de l'établissement :

- Il est indispensable d'avoir un plan précis et à jour des caractéristiques du réseau d'eaux usées de l'établissement,
- Contrôler le réseau de collecte propre à l'établissement afin d'assurer le bon acheminement des eaux usées avant leur rejet dans le réseau communal.
- Surveiller la qualité des rejets,
- Conformité du réseau des eaux usées aux normes réglementaires,
- Mettre en place un système d'information géographique basé sur l'intelligence artificielle.

La nouvelle stratégie de l'OMS (WASH et Waste Strategy 2026-2035) publiée en février 2026 insiste lourdement sur l'adaptation des systèmes hospitaliers au changement climatique, oblige la conception des réseaux d'effluents résilients dotés de systèmes anti-retour (backflow prevention) pour empêcher que les eaux pluviales ou les crues ne fassent refouler les égouts contaminés à l'intérieur de l'enceinte hospitalière, même à l'intérieur des services de soins lors des intempéries.

11.2 Déversement des eaux usées dans le système d'assainissement collectif ou dans le milieu récepteur

Les modalités et exigences réglementaires diffèrent selon la configuration de raccordement de l'établissement :

- Lorsque l'établissement est raccordé au réseau public (assainissement collectif) : Le déversement doit être effectué selon les dispositions réglementaires en vigueur.
- Lorsque l'établissement n'est pas raccordé : Des exigences strictes s'appliquent pour rejeter les effluents directement dans le milieu récepteur sans nuire à l'environnement.

11.3 Contrôle des eaux usées des établissements

La vérification de la conformité des effluents hospitaliers impose la mise en œuvre d'un programme d'analyse et de surveillance régulier :

- **Paramètres macro-polluants** : Suivi analytique classique de la Demande Chimique en Oxygène (DCO), de la Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO₅), et des Matières en Suspension (MES).
- **Paramètres spécifiques hospitaliers** : Suivi des substances toxiques, des métaux lourds, des composés organiques halogénés (AOX), ainsi que le contrôle en continu du pH et de la température aux points de rejet principaux.

11.4 Prétraitement in situ

Lorsque la charge polluante ou les risques sanitaires et chimiques ne peuvent être gérés par une collecte sélective à la source, l'établissement exploite des installations de prétraitement dédiées en amont du point de rejet final :

- Prétraitements physiques : Dégrilleurs pour piéger les déchets solides grossiers ; bacs à graisse pour retenir les charges lipidiques en sortie des cuisines et des services de restauration.
- Prétraitements chimiques et thermiques : Cuves de neutralisation du pH (indispensables en sortie de blanchisserie et de laboratoires) ; cuves de refroidissement pour abaisser la température des effluents thermiques avant rejet.
- Prétraitements des risques spécifiques :
 - Cuves de décroissance radioactive : Pour la gestion des effluents issus des services de médecine nucléaire (isolement des radionucléides jusqu'à baisse de leur activité).
 - Dispositifs d'inactivation des micro-organismes : Systèmes de désinfection thermique ou chimique dédiés aux effluents des zones à haut risque infectieux (laboratoires de sécurité biologique L3/L4, services d'infectiologie).

Source : Titre 10, adapté du Guide pratique de gestion des déchets produits par les établissements de santé et médicaux sociaux, p82,2015.

12 Protection du personnel et maîtrise des risques professionnels en milieu des établissements de santé

Les agents appelés dans le cadre de la maintenance des réseaux d'assainissement des établissements de santé sont exposés à une triple typologie de risques majeurs : biologiques (bactéries multi-résistantes, virus manuportés), chimiques (substances génotoxiques, cytotoxiques, désinfectants) et radiologiques (iode 131, technétium).

12.1 Protection des agents de maintenance

12.1.1 Équipements de Protection Individuelle (EPI) Obligatoires

Toute intervention sur le réseau d'effluents (curage, débouchage, réparation) exige le port d'un équipement de normes supérieures à l'assainissement classique [1,2] :

- **Risque biologique/chimique standard** : Combinaison jetable de type 4/5/6 (étanche aux éclaboussures), gants en nitrile renforcés (double gantage), bottes de sécurité S5, et masque FFP3 ou écran facial intégral (pour éviter les aérosols infectieux).
- **Risque cytotoxique/chimique lourd** : Gants spécifiques en néoprène ou nitrile lourd conformes à la norme EN 374-3 (résistance aux agents chimiques).

12.1.2 Mesures d'hygiène et de prophylaxie

- **Décontamination** : Interdiction stricte de manger, boire ou fumer durant les phases d'intervention. Accès obligatoire à un sas de décontamination ou à une douche de sécurité après intervention.
- **Vaccination** : Couverture vaccinale obligatoire selon la réglementation en vigueur.

12.2 Fiche type de gestion d'un déversement ou rupture de canalisation d'effluents à risque

Cette fiche est réalisée à titre indicatif devant toute fuite, rupture de canalisation ou débordement d'effluents liquides suspectés de contenir des agents hautement pathogènes (Infectiologie, Réanimation, Laboratoires) ou des substances hautement toxiques/chimiques (Chimiothérapie, Oncologie, Pharmacies).

Alerte et sécurisation immédiate :

- Assurer la sécurité du personnel, des patients et des visiteurs,
- Informer les responsables du : service, organes d'hygiène, service technique, etc.
- Ordonner l'arrêt immédiat de l'utilisation des sanitaires, éviers et équipements reliés au réseau en amont de la fuite,
- Installer un balisage physique (ruban de chantier, chevalet, etc) et apposer l'affichage de sécurité approprié (Risque biologique, Risque chimique).

Maîtrise du déversement et confinement :

- Intervention avec port obligatoire des EPI,
- Entourer la flaque d'effluent avec les boudins absorbants ou de la terre/sable pour stopper la progression du liquide vers en dehors de la zone impactée,
- Ne jamais laver à grande eau,
- Pour le risque Biologique : Verser la poudre absorbante ou appliquer un désinfectant chloré (ex: Eau de Javel à 0,5% de chlore actif)[3]. Laisser agir 15 minutes,
- Pour le risque Chimique : Épandre le neutralisant chimique ou les buvards absorbants spécifiques pour acides/solvants [4].
- Réparer le réseau une fois le liquide confiné et neutralisé,
- Evacuer les déchets en respectant les modalités de gestion des déchets d'activités de soins (classification et obligation d'élimination sécurisée des DASRI).
- Retirer les EPI dans l'ordre inverse du bout des doigts (Gants → Combinaison → Masque) sans toucher les faces externes. Passer obligatoirement par la douche de sécurité.
- Transcrire l'incident dans un registre dédié.

Références bibliographiques :

1. Référence Normative : Norme EN 14605 / EN ISO 13982-1 (Combinaisons de protection chimique et biologique types 4, 5 et 6).
2. Référence Gants : Norme EN ISO 374-1 & 5 : 2016 (Protection contre les produits chimiques dangereux et les micro-organismes / virus).
3. Organisation Mondiale de la Santé (OMS) – « Nettoyage et désinfection des surfaces environnementales dans le contexte des établissements de soins ».
4. Gestion des Cytotoxiques (Risque Chimique) : ASHP (American Society of Health-System Pharmacists) – « Guidelines on Handling Hazardous Drugs » (Protocoles internationaux de confinement des fuites chimiques de chimiothérapie, dits "Spill Kits").

13 Formation continue des personnels de santé

La sensibilisation et la formation continue des personnels de santé constituent le levier stratégique majeur pour optimiser la gestion des effluents liquides hospitaliers.

Ces formations ne sont pas de simples transferts de connaissances théoriques, mais de puissants leviers de gestion des risques qui sécurisent la santé du personnel tout en réduisant drastiquement l'empreinte environnementale de l'hôpital.

13.1 Les Objectifs pédagogiques clés

La formation doit permettre au personnel de santé d'acquérir quatre compétences fondamentales :

- **Comprendre les risques associés** : Prendre conscience de l'impact des rejets hospitaliers sur l'environnement, le réseau de l'établissement (corrosion, obstructions) et la santé publique (Biologiques, antibiorésistance, toxicité, etc.).
- **Maîtriser les gestes à la source** : Savoir exactement ce qui peut aller au réseau et ce qui doit obligatoirement être collecté dans des filières de déchets spécifiques.
- **Fonctionnement des équipements de prétraitement** : Stations d'inactivation, cuves de décroissance radioactive pour la médecine nucléaire, etc.
- **Réagir face à l'urgence** : Connaître les procédures de dépotage, de manipulation et de confinement en cas de déversement accidentel.

13.2 Architecture du programme de formation

La formation doit être adaptée selon le profil de poste :

- Personnels de santé relevant des services spécialisés à haut risque (Médecine nucléaire, secteurs d'Infectiologie, etc.),
- Personnels médicaux et paramédicaux,
- Personnel technique et logistique (Blanchisseurs, Équipe Cuisine, Bionettoyage, etc.),
- Gestionnaires.

L'architecture du programme de formation proposée, pensée comme une base factuelle et évolutive, s'articule autour de quatre piliers stratégiques : la qualification et le tri à la source, l'évaluation des risques et de l'écotoxicité, la maîtrise des installations techniques, ainsi que la protection des professionnels et la gestion des incidents.

Tableau 8 : Architecture de programme de formation sur la gestion des effluents liquides des établissements de santé.

Modules	Public cible	Compétences visées	Contenu pédagogique
Module 1	Adaptée selon le profil de poste (Pt : 13.1)	Identifier la nature d'un liquide pour choisir sa filière d'évacuation.	• Cartographie des rejets du service, • Protocoles de conditionnement des effluents liquides chimiques ou infectieux non rejetables.
Module 2		Comprendre l'impact invisible des pratiques de soins sur l'environnement de l'établissement et la santé publique (concept One Health).	• Le risque biologique, • Le risque chimique et cinétique, • Le risque radioactif
Module 3		Savoir utiliser et surveiller les équipements de prétraitement et de collecte des liquides sans rompre la chaîne de sécurité.	• Protocoles d'accès et de maintenance sur les dispositifs de prétraitement, • Gestion des cuves de décroissance,
Module 4		Manipuler les effluents liquides en sécurité et savoir réagir immédiatement en cas de rupture de confinement,	• Les Équipements de Protection Individuelle (EPI), • Procédure d'alerte et conduite à tenir en cas d'accident d'exposition aux effluents liquides, • Atelier de simulation,

Le programme doit être enrichi par un contenu pragmatique permettant de traduire des directives réglementaires et écologiques complexes en compétences opérationnelles concrètes, adaptée aux spécificités de chaque profil professionnel.

14 Contribution des mesures WASH et de gestion des eaux usées à la lutte contre la résistance aux antimicrobiens (RAM)

Le renforcement durable de la Prévention et du Contrôle des Infections (PCI) au sein des structures de santé repose impérativement sur la garantie d'un accès universel à un approvisionnement en eau salubre, l'optimisation des infrastructures d'assainissement, l'adoption de pratiques d'hygiène normalisées et une gestion rigoureuse des déchets hospitaliers.

Les défaillances des systèmes WASH et de traitement des effluents constituent des catalyseurs majeurs de la dissémination et de la persistance de la résistance aux antimicrobiens (RAM) dans l'écosystème. La propagation s'articule autour de trois vecteurs critiques : les ressources hydriques, les boues d'épuration et les déjections animales (fumier). La contamination de ces matrices entraîne un transfert continu d'agents pathogènes et de gènes de résistance vers les populations humaines, animales et végétales. Cette pression infectieuse accrue engendre, par effet de rétroaction, une augmentation de la dépendance et du recours aux agents antimicrobiens.

Dans ce contexte, des mesures de réduction des risques liés à l'environnement pour la RAM doivent être impérativement alignées aux huit étapes pratiques des directives OMS/UNICEF pour la réalisation du WASH, particulièrement l'étape 5 et 6 (Domaine d'action 3 : Établissement de santé).

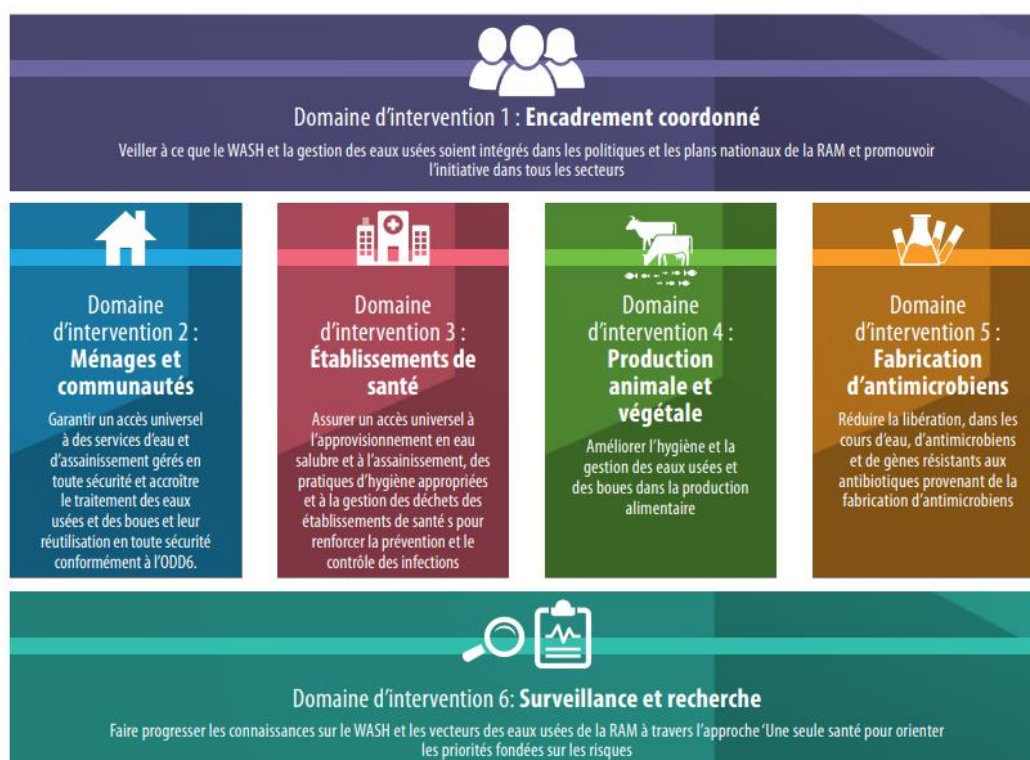


Figure 4 : Domaines d'intervention d'une action multisectorielle coordonnée en matière de WASH et de RMA.

Source : OMS, FAO, OIE, Note d'orientation technique relative à l'Eau, l'Assainissement et l'Hygiène et la gestion des eaux usées pour prévenir les infections et réduire la propagation de la résistance aux antimicrobiens, 2020.

Domaine 3 : Établissement de santé.

Assurer un accès universel à l'approvisionnement en eau salubre et à l'assainissement, des pratiques d'hygiène appropriées et à la gestion des déchets des établissements de soins pour renforcer la prévention et le contrôle des infections.

Mesures à prendre en matière de WASH et de gestion des eaux usées :

- Suivre les huit étapes pratiques des directives OMS / UNICEF pour la réalisation du WASH dans les établissements de santé, y compris l'organisation des évaluations et des analyses à l'échelle nationale, la définition des objectifs et des normes, et la formation du personnel de santé pour la réalisation du WASH dans les établissements de santé .
- Les établissements de santé n'ayant pas accès au WASH devraient accorder la priorité aux interventions immédiates à faible coût telles que les stations d'hygiène des mains, le nettoyage régulier, l'amélioration de l'eau potable, ainsi que des toilettes améliorées et accessibles.
- Accentuer l'isolement des patients entre les unités ou les points d'exposition pour réduire la transmission locale.
- Porter principalement l'attention sur les réservoirs possibles de bactéries infectieuses et de RAM dans les installations, tels que la plomberie (y compris les douches), les puits d'eau, les surfaces et les poubelles d'élimination des déchets infectieux.
- Le traitement des eaux usées dans les établissements de santé peut ne pas être une activité essentielle lorsque les eaux usées sont acheminées vers une station de traitement secondaire des eaux usées au sein de la communauté ou lorsqu'il existe des barrières supplémentaires à l'exposition à la RAM et à sa propagation.
- Si les eaux usées des établissements de santé ne sont pas acheminées vers une station de traitement secondaire des eaux usées au sein de la communauté, un prétraitement est nécessaire pour réduire les concentrations de pathogènes et de RAM avant leur rejet dans l'environnement. Les technologies de traitement doivent être choisies pour minimiser les rejets de RAM, sans nécessairement se fier aux options traditionnelles de traitement des déchets domestiques. Dans certains cas, un prétraitement peut être requis ou souhaitable indépendamment des niveaux de traitement en aval.
- Minimiser les déchets antimicrobiens grâce à un contrôle efficace des stocks d'antimicrobiens et élaborer des politiques, des plans et des mécanismes de responsabilisation favorables. Les déchets antimicrobiens doivent être séparés des autres déchets, encapsulés et enfouis, incinérés ou retournés au fabricant.
- Incorporer les informations sur les risques environnementaux de la RAM dans les directives et la formation destinées aux professionnels de la santé.

Source : OMS, FAO, OIE, Note d'orientation technique relative à l'Eau, l'Assainissement et l'Hygiène et la gestion des eaux usées pour prévenir les infections et réduire la propagation de la résistance aux antimicrobiens, 2020, P 12).

15 Gestion des eaux usées dans le contexte du programme développement durable

L'importance transversale des eaux usées est mise en exergue dans le programme de développement durable à l'horizon 2030, à travers l'Objectif de Développement Durable (ODD) 6 portant sur l'eau et l'assainissement, et plus particulièrement sur :

La Cible 6.3 : Qualité de l'eau

D'ici à 2030, améliorer la qualité de l'eau en réduisant la pollution, en éliminant l'immersion de déchets et en réduisant au minimum les émissions de produits chimiques et de matières dangereuses, en diminuant de moitié la proportion d'eaux usées non traitées et en augmentant considérablement à l'échelle mondiale le recyclage et la réutilisation sans danger de l'eau.

Indicateur 6.3.1 : Proportion des eaux usées traitées sans danger : Les eaux usées traitées de manière sûre générées par les ménages (égout et boues fécales) et les activités économiques (par exemple les industries) proportionnellement à l'ensemble des eaux usées générées par les ménages et les activités économiques.

Indicateur 6.3.2 : Proportion des plans d'eau dont la qualité de l'eau ambiante est bonne : Proportion dans un pays des plans d'eau (surface) dont la qualité de l'eau ambiante est bonne comparativement à tous les plans d'eau dans le pays. « Bonne » indique une qualité de l'eau ambiante qui n'endommage pas les fonctions de l'écosystème et la santé humaine en fonction des indicateurs fondamentaux de la qualité de l'eau ambiante.

La réalisation de l'Objectif de Développement Durable 6 doit être en synergie entre les différentes cibles, d'autre part, un levier important dans la réalisation des autres Objectifs du Développement Durable.

Source : UNESCO, les eaux usées une ressource inexploitée, chapitre2, 2017.

16 Méthodologie de surveillance des effluents liquides hospitaliers : expérience de l'EHS pédiatrique Boukhrofa Abdelkader (Wilaya d'Oran)

16.1 Intérêt de la surveillance des effluents liquides dans l'hôpital

Les établissements de santé et en particulier les hôpitaux, génèrent quotidiennement de grandes quantités d'effluents liquides dont la composition est bien différente des effluents domestiques ordinaires [1]. Ces eaux usées ou effluents hospitaliers, constituent une préoccupation majeure en matière d'hygiène, de santé publique et de protection de l'environnement [2].

Pour le personnel de santé concerné par le dispositif de gestion des effluents liquides des établissements de santé, la connaissance de ces effluents et la gestion de leurs risques connexes est une question centrale. Elle conditionne directement la sécurité du personnel soignant, la protection des patients, la préservation des milieux naturels récepteurs et le respect des obligations réglementaires [3,4].

Les rejets hospitaliers liquides menacent l'environnement beaucoup plus que les effluents urbains [5]. Ces rejets sont placés aujourd'hui au cœur des préoccupations de l'ensemble des acteurs du Système de Santé et de ceux de la protection de l'Environnement, car ils constituent une source potentielle de transmission des infections et des maladies épidémiques.

Ces effluents contiennent divers polluants, substances toxiques et contaminants, tels que les produits pharmaceutiques, les radionucléides, les solvants, les produits de nettoyage et désinfectants et sont généralement évacués dans les réseaux communaux urbains sans traitement préalable [6]. D'un point de vue écologique, de tels effluents, s'ils ne sont pas traités correctement, pour que leur qualité soit ramenée aux normes réglementaires, avant de les rejeter, peuvent dégrader l'environnement naturel et créer un déséquilibre biologique [7].

Sur un autre plan, l'assurance qualité, l'accréditation ou le projet d'établissement au sein des hôpitaux publics et privés en Algérie s'avère aujourd'hui être une priorité et s'appuie sur l'application de plusieurs normes et standards. Une assurance qui doit être appliquée à tous les domaines de l'hôpital, y compris le processus de gestion de ses effluents.

16.2 Connaissance des effluents liquides d'un hôpital

Les eaux usées ou effluents liquides du secteur de la santé désignent toute eau dont la qualité a été altérée lors de la prestation des services de santé. Il s'agit principalement de déchets liquides contenant des matières solides d'origine humaine (Personnel et patients) ou issues des processus liés aux soins de santé (Actes chirurgicaux et soins Médicaux), les opérations de nettoyage, la blanchisserie et la cuisine.

Ces eaux sont classées en trois catégories :

- **Les eaux noires (eaux d'égout)** : sont des eaux usées fortement polluées contiennent des concentrations élevées de matières fécales et d'urine.
- **Les eaux grises (eaux de vidange)** : contiennent des résidus plus dilués provenant des lavabos, douches, éviers, laboratoires et buanderies. Moins chargées en agents pathogènes, elles contiennent des détergents, désinfectants et potentiellement des traces de médicaments.
- **Les eaux blanches** : généralement peu chargées en polluants biologiques, elles sont constituées d'eau de refroidissement, de chaudières ou de circuits techniques, eaux pluviales de ruissellement des toitures et parkings hospitaliers.

Cette classification permet d'orienter les filières de traitement adaptées à chaque type d'eau. La connaissance de la composition des effluents hospitaliers est indispensable pour choisir les méthodes de surveillance et de traitement appropriées [8]. Ces effluents sont caractérisés par leur hétérogénéité selon les différents services producteurs.

16.2.1 Les Contaminants biologiques :

Les effluents hospitaliers peuvent contenir une grande variété d'agents pathogènes d'origine humaine, ce qui les distingue fondamentalement des eaux usées domestiques [9] :

- **Bactéries pathogènes** : Coliformes fécaux, Coliformes totaux, Escherichia coli, Staph aureus résistant à la méticilline (SARM), Entérocoques résistants aux glycopeptides (ERG), Entérobactéries productrices de bêta-lactamases à spectre étendu (EBLSE), Salmonelle, Pseudomonas aeruginosa, Vibron Cholérique, Acinetobacter baumannii.
- **Virus entériques** : Norovirus, Rotavirus, Adénovirus, Hépatites A et E, Poliovirus, SARS-CoV-2 et autres virus respiratoires (détectés dans les eaux usées hospitalières).
- **Parasites** : Cryptosporidium parvum, Giardia lamblia, Oeufs d'helminthes.
- **Champignons pathogènes** : Candida spp, Aspergillus spp.

16.2.2 Les Contaminants chimiques

Désinfectants et détergents (Glutaraldéhyde, Chlore, Ammoniums quaternaires), médicaments (Antibiotiques, cytostatiques, hormones, anesthésiques), solvants et réactifs (Formaldéhyde, xylène, acétone), métaux lourds (Mercure, Plomb, Argent, Platine) et produits de contraste (Iode, Gadolinium) [10].

16.2.3 Les Contaminants physiques

- Effluents radioactifs des services de médecine nucléaire (Iode 131, Technétium ...),
- Matières en suspension (MES) : Sang, tissus biologiques, boues,
- Thermique : eaux de refroidissement à températures élevées,
- pH variable : alcalin ou acide selon les produits utilisés en laboratoire.

16.2.4 Volumes des rejets

En plus des aspects qualitatifs des effluents hospitaliers, la connaissance de leur volume total est une donnée importante. Elle permet de connaître leur ampleur d'une part et de soupçonner d'éventuelles fuites du réseau d'assainissement d'autre part.

En pratique, ce volume total d'effluents liquides hospitaliers est estimé à partir de la consommation hospitalière en eau qui est connue grâce aux factures d'eau des sociétés de distribution d'eau locales. Cet indicateur indirect nous renseigne sur la quantité d'effluents liquides rejetés.

Si l'établissement hospitalier dispose d'autres sources supplémentaires d'eau tels que des forages ou des puits, dont l'eau est puisée, utilisée et rejetée dans le réseau d'assainissement, cela doit être pris en considération et ajoutant les volumes d'eau moyens extraits par jour par les pompes immergées.

Un hôpital de taille moyenne génère entre : 400 et 1 200 litres d'effluents par lit et par jour, en fonction de son niveau d'activité, de sa spécialisation et de ses équipements. Ces volumes, combinés à la diversité des polluants qu'ils contiennent, en font un défi technique de premier ordre pour les équipes chargées de l'assainissement hospitalier.

Cependant la disponibilité de l'eau impacte directement ces volumes, car s'ils dépassent les 700 litres par lit / jour dans les pays ayant une pluviométrie suffisante, ces chiffres sont moindres dans les pays qui souffrent de stress hydrique ou de pénurie d'eau.

On peut aussi calculer les volumes d'effluents hospitaliers par d'autres méthodes :

Selon les normes OMS, le calcul de la quantité des liquides hospitaliers est relié à la spécificité de l'hôpital en question (Hôpital général ou spécialisé), à sa capacité litière et à son niveau d'intervention (Hôpital local, régional ou un grand centre universitaire) [1,5].

Ainsi la production d'effluents liquides dans les hôpitaux de niveaux secondaire et tertiaire est principalement mesurée en tenant compte du taux d'hospitalisation (Litre d'eaux usées générées par jour d'hospitalisation des patients).

Les taux de génération des effluents liquides hospitaliers sont estimés ainsi pour les :

- Hôpitaux de taille moyenne : 300 à 500 l par patient et par jour.
- Grands hôpitaux : 400 à 700 l par patient et par jour.
- Hôpitaux universitaires : 500 à 900 l par patient et par jour.

A titre d'exemple, le CHU d'Oran consomme 628 m³/j et l'EHU d'Oran consomme 1027 m³/j La Figure 1 illustre la consommation journalière d'eau en litre par lit et par mois à l'EHS pédiatrique Boukhrofa Abdelkader d'Oran [12].

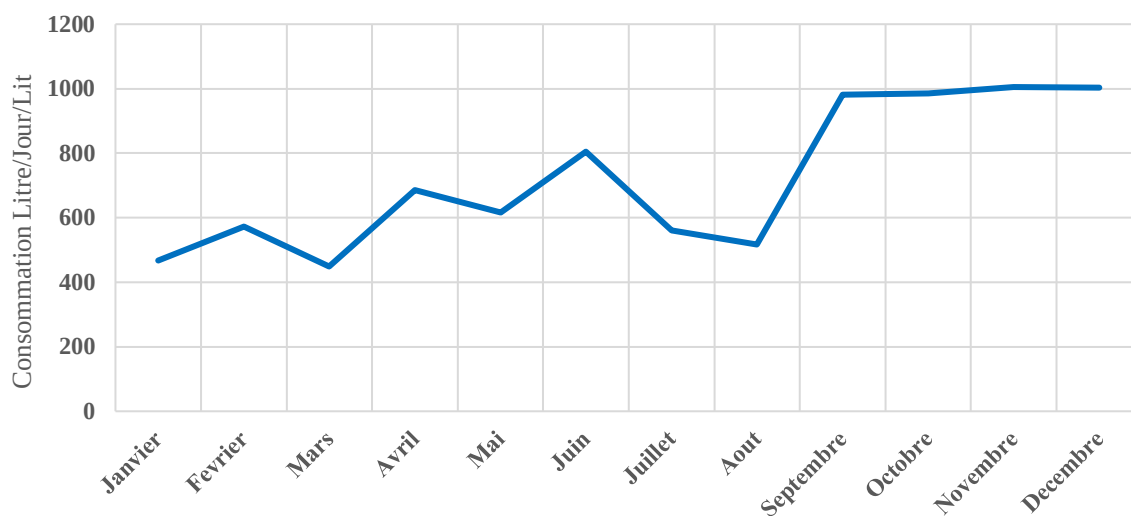


Figure 5 : Consommation d'eau journalière en litre par lit à l'EHS pédiatrique Boukhrofa Abdelkader, Oran 2025.

¹L'OMS classe l'accès à l'Eau en fonction du volume d'eau douce renouvelable disponible par an et par habitant en m³ : Stress hydrique : 1 000 - 1 700 m³ par hb / an, Pénurie d'eau : < 1 000 m³ par hb / an. Algérie < 500 m³ par hb / an [11].

16.3 Surveillance pratique des effluents

Selon la réglementation nationale, l'élimination des eaux usées générées dans un établissement de santé dans le réseau d'égouts communal est la règle lorsqu'un réseau d'assainissement existe [13].

La surveillance des effluents hospitaliers est une activité centrale pour le personnel chargé de l'assainissement et l'hygiène [2,8]. Elle permet de détecter toute anomalie de qualité, de vérifier la conformité des rejets et d'anticiper les risques [1,4].

16.3.1 Les Points de prélèvements

Au début, lors de la phase de préparation et la mise en place d'un système de surveillance, l'identification des points de prélèvements est capitale. Elle permet d'identifier les points clés potentiels pour la mise en place du système de surveillance.

Mais c'est au cours de la phase pratique que certains points de prélèvements définis peuvent être éliminés (Regards secs ou contenant peu de liquide ou carrément scellés).

La Collaboration avec les services techniques spécialisés intra hospitaliers (Services de maintenance) ou extra hospitaliers (ADE, SEOR, etc.) s'avère parfois nécessaire pour lever quelques difficultés, notamment l'accès aux points de prélèvements importants et pertinents.

Les points de surveillance définis doivent être documentés, ils comprennent généralement :

- Le regard de sortie général de l'établissement (avant le rejet au réseau public),
- Les regards de sortie de chaque Bloc, Pôle ou Service à risque : Laboratoire, pharmacie, oncologie, bloc opératoire ...
- Les regards de sortie en aval des services à risque ou des blocs de services,
- Le regard de sortie de la station de pré-traitement interne, si existante,
- D'autres points de contrôle en réseau interne (Cuves de rétention, de neutralisation).

16.3.2 Le Matériel nécessaire

Les opérations d'inspections et de prélèvements nécessitent le respect des mesures de sécurité et du matériel particulier qui comprend :

- Un seau plastique avec bec verseur, attaché à une corde ou à une perche et un entonnoir
- Flacons à usage unique en plastique pour analyses microbiologiques. L'usage de flacons en verre et stériles n'est pas justifiée et nécessite toute une logistique de nettoyage et de désinfection pour éviter la contamination des flacons en verre réutilisables.
- Flacons en verre pour analyses physico-chimiques et résidus médicamenteux.
- Contenants blindés pour prélèvements radioactifs.
- Registre de terrain étanche (Carnet de bord pour inscrire des notes utiles).
- Torche, pH-mètre portatif étalonné, Thermomètre de terrain, Turbidimètre portable.
- Étiquettes d'identification résistantes à l'humidité pour les flacons.



Figure 6 : Prélèvement d'effluent liquide dans un collecteur terminal d'un hôpital.

16.3.3 Protocole de prélèvement

- Identifiez le point de prélèvement sur le registre (*lieu, conditions*).
- Revêtir les EPI adaptés avant toute manipulation (*Gants, Masque, Lunettes, Bottes*).
- Remplir le seau puis le verser dans les flacons destinés aux analyses.
- Mesurer sur site : la température, aspect (*Couleur, Odeur, Turbidité*) et le pH.
- Conserver les échantillons à $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$ et acheminer au laboratoire dans les 6 heures.
- Rinçage de l'extérieur des flacons et du matériel avec une eau propre.
- Inscription des données relatives au prélèvement effectué (*Site, Date, Température ...*)
- Retrait des gants et autres EPI et les jeter dans la filière DASRI.

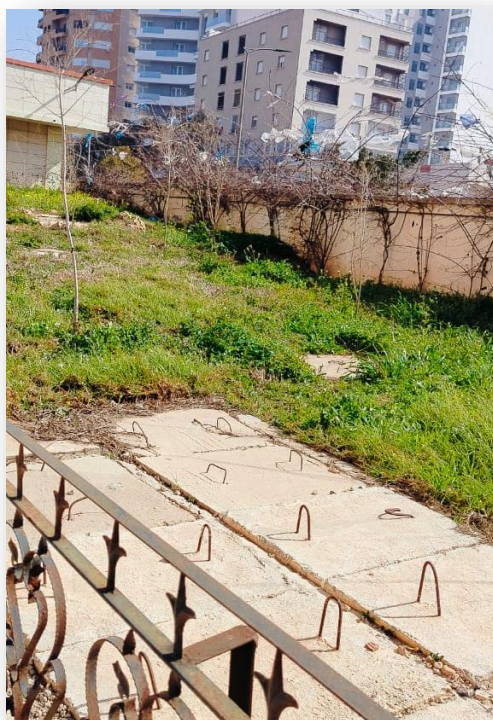


Figure 7 : Station de prétraitement avec chambres de décantation.



Figure 8 : Regard ou Collecteur terminal.

16.3.4 Les Paramètres recherchés

Plusieurs paramètres peuvent être recherchés, mais il faut prendre en compte les différentes analyses disponibles localement :

- **Paramètres physico-chimiques** : pH, Turbidité, DCO , DBO 5, Matières en suspension, Métaux lourds, Phosphore total, Conductivité, Résidus détergents (Glutaraldéhyde, Chlore, Ammoniums quaternaires) et Médicamenteux (ATB, Cytostatiques, Hormones).
- **Paramètres microbiologiques** : Bactériologiques (Coliformes, Entérobactéries, Pseudomonas aeruginosa, SARM, Acinetobacter baumannii, Vibron Cholera...) et Virologiques (Virus entériques, Norovirus, Rotavirus, Poliovirus, Adénovirus, Hépatites)

Ces analyses peuvent être effectuées au niveau des laboratoires publics (Laboratoire d'Hygiène, laboratoires d'Hôpitaux, EPSP ou Universités, Instituts Pasteur) ou Privés.

Des précautions de Sécurité biologique, de manipulation ou des limitations doivent être mis en œuvre dans ces laboratoires d'analyses afin de protéger le Personnel ainsi que l'ensemble de leur système d'analyse d'une éventuelle contamination.

16.3.5 Les Mesures de protection

Le port d'Equipements de Protection Individuelle (EPI) et de sécurité (Chaussures adaptées) est obligatoire pour toute intervention sur les effluents hospitaliers [1].

Tableau 9 : Type d'intervention et EPI obligatoires.

Type d'intervention	EPI obligatoires	Recommandations
Prélèvements d'effluents courants	Gants nitrile, Masque chirurgical, Lunettes de protection, Tablier imperméable	Combinaison imperméable, bottes
Inspection de réseau / Curage	Combinaison imperméable, bottes hautes, gants longs, masque FFP2, lunettes étanches	Harnais de sécurité, détecteur de gaz.
Intervention sur effluents chimiques	Combinaison de protection chimique (type B ou C), Gants résistants aux chimiques, masque à cartouche filtrante adaptée	Appareil respiratoire isolant si solvants volatils. Douche de décontamination
Effluents radioactifs	Combinaison de protection, dosimètre personnel, gants plombés si nécessaire	Contrôle dosimétrique avant et après.

² Le Rapport DCO / DBO5 indique le niveau de biodégradabilité de l'Eau. Un rapport < 2,5 indique une biodégradabilité faible ou partielle, en raison de la présence de Désinfectants ou de Détergents dans cette eau [14,15].

Règles essentielles :

- Ne jamais intervenir seul lors d'un prélèvement ou d'une inspection d'une installation.
- Vérifier l'intégrité des EPI avant chaque utilisation.
- Retirer les EPI dans l'ordre correct pour éviter l'auto-contamination.
- Éliminer les EPI usagés comme déchets à risques infectieux (DASRI).
- Se laver les mains après chaque retrait des gants et à la fin.

16.3.6 Conduite à tenir en cas d'incident

En cas d'exposition accidentelle du personnel lors des prélèvements, en cas de contact cutané, oculaire ou d'ingestion accidentelle d'effluents hospitaliers, il convient de :

- Stopper immédiatement le travail et s'éloigner de la source de contamination,
- Contact cutané : rincer abondamment à l'eau courante pendant 10 minutes minimum,
- Contact oculaire : rincer sous eau courante pendant 10 minutes, paupières ouvertes,
- Informer le médecin du travail et Remplir la déclaration d'accident du travail dans les 24 h,
- Conserver un prélèvement de l'effluent incriminé pour analyse complémentaire.

Références bibliographiques:

1. Safe Management of Wastes from Health-care Activities: A Practical Guide. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2014. 330 p. (Nonserial Publications).
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. OJ L [Internet]. 2000 Oct 23. Available from: <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
3. Robert Redfield, MD, Director, Sade Ogunsola, PhD, Chair. Best Practices for Environmental Cleaning in Healthcare Facilities [Document] [Internet]. : US Department of Health and Human Services, CDC; Cape Town, South Africa: Infection Control Africa Network; 2019. p. 104. Available from: Available at: <https://www.cdc.gov/hai/prevent/resource-limited/index.html> and <http://www.icanetwork.co.za/ican guideline2019/>
4. Stratégie nationale 2022-2025 Prévention des infections et de l'antibiorésistance [Internet]. France: Ministère de la Santé. p. 90. Available from: https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/strategie_nationale_2022-2025_prevention_des_infections_et_de_l_antibiorésistance.pdf
5. Sanaa D, Bouchaib B, Nadia B, Said EA. Diagnostic de la Gestion des Effluents Liquides Hospitaliers de la Region de Casablanca-Settat. Eur Sci J ESJ. 2019 Feb 28;15(6). doi:10.19044/esj.2019.v15n6p171
6. Boillot C, Perrodin Y. Joint-action ecotoxicity of binary mixtures of glutaraldehyde and surfactants used in hospitals: Use of the Toxicity Index model and isoblogram representation. Ecotoxicol Environ Saf. 2008 Sep;71(1):252–9. doi:10.1016/j.ecoenv.2007.08.010
7. Gautam AK, Kumar S, Sabumon PC. Preliminary study of physico-chemical treatment options for hospital wastewater. J Environ Manage. 2007 May;83(3):298–306. doi:10.1016/j.jenvman.2006.03.009
8. Fatta-Kassinos D, Meric S, Nikolaou A. Pharmaceutical residues in environmental waters and wastewater: current state of knowledge and future research. Anal Bioanal Chem. 2011 Jan;399(1):251–75. doi:10.1007/s00216-010-4300-9
9. Hartmann A, Alder AC, Koller T, Widmer RM. Identification of fluoroquinolone antibiotics as the main source of umuC genotoxicity in native hospital wastewater. Environ Toxicol Chem. 1998 Mar 1;17(3):377–82. doi:10.1002/etc.5620170305
10. Collectif de centres hospitaliers, DRASS du Nord-Pas-de-Calais ; DDASS du Nord,. Guide méthodologique : Les rejets liquides hospitaliers [Guide Méthodologique]. 2001. 98 p. Available from: https://www.graie.org/graie/graiedoc/doc_telech/biblio_hors_graie/racc-biblio/guide_rejets_liquides_hospitaliers.pdf
11. Bouziani M. L'Eau, de la pénurie aux Maladies. Tlemcen: Ed. Ibn-Khaldoun; 2000. 247 p.
12. Mecifi W, Benmiloud W, Bouziani N, Moulay H. Etude épidémiologique des effluents liquides à l'EHS Canastel, Oran [Mémoire professionnel de fin d'étude en vue de L'obtention du diplôme d'Hygiéniste de Santé publique]. Institut National de Formation Supérieure Paramédicale Oran Hai Es Salam; 2026.
13. Ministère de la Santé, Ministère de l'Environnement. Guide National de Gestion des Déchets d'Activités de Soins. 2019. 62 p.
14. Hannachi S, Bouras D, Flower R. Microbiological and chemical characterization of coastal hospital wastewater in Oran, Algeria: Implications for public and livestock health under a One Health framework. Vet World. 2025 Jul;1819–30. doi:10.14202/vetworld.2025.1819-1830
15. Fatima zahra S, Latifa M, Laila S, Monsif K. Review of hospital effluents: special emphasis on characterization, impact, and treatment of pollutants and antibiotic resistance. Environ Monit Assess. 2023;195(3):393. doi:10.1007/s10661-023-11002-5 PubMed PMID: 36780024; PubMed Central PMCID: PMC9923651.

17 Fonctionnement d'une station d'épuration, exemple STEP d'El Karma (Wilaya Oran)

La station d'épuration d'El Karma traite les eaux usées de la wilaya d'Oran. Elle a été construite entre 2006 et 2009 et est exploitée par la SEOR depuis 2011. Elle utilise un procédé biologique à boues activées et les eaux traitées sont destinées principalement à l'irrigation agricole.



Figure 9 : La station d'épuration d'El Karma, Wilaya d'Oran.

17.1 Prétraitement

Avant le traitement biologique, les eaux passent par plusieurs étapes pour éliminer les plus gros déchets :

17.1.1 Dégrillage

Le dégrillage est le premier rempart du traitement des eaux usées. Il consiste à éliminer les déchets plus ou moins volumineux afin de protéger les ouvrages en aval de la station.

- Quatre (4) canaux équipés de grilles fines (10 mm) retirent plastiques, chiffons et déchets grossiers.
- Les refus sont compactés et envoyés en benne.



Figure 10 : Dispositif de dégrillage.

17.1.2 Dessablage – déshuilage

Il consiste à débarrasser les eaux des solides de taille supérieure à 200 μm (sables, graviers, matières minérales lourdes, etc.) par décantation sous l'effet de la gravité.

- Quatre (4) grands bassins (50 m de long) éliminent le sable et les graisses :
- Le sable est raclé, lavé et stocké
- Les graisses flottantes sont récupérées et envoyées vers les digesteurs.



Figure 11 : Dispositif de dessablage et de déshuilage.

17.1.3 Décantation primaire

Quatre décanteurs circulaires séparent une grande partie des matières en suspension. Cette étape réduit déjà :

- La DBO5 d'environ 33 %,
- La DCO d'environ 29 %,
- Les MES d'environ 63 %.



Figure 12 : Décanteur primaire.

17.2 Traitement biologique (boues activées)

C'est le centre du procédé d'épuration.

17.2.1 Bassins d'aération

4 bassins de plus de 10 000 m³ chacun. Les eaux mélangées aux boues sont fortement oxygénées grâce à des aérateurs à vitesse variable. Les bactéries consomment la pollution organique et nettoient l'eau.



Figure 13 : Aérateur de surface.

17.2.2 Décantation secondaire

Huit grands décanteurs clarifient l'eau :

- Les boues lourdes retombent au fond,
- L'eau claire part vers la désinfection,
- une partie des boues est renvoyée vers les bassins (boues de retour),
- Le surplus est envoyé au traitement des boues.

17.3 Désinfection

L'eau traitée passe dans un bassin de contact avec du chlore (temps de séjour : 30 min). Elle est ensuite rejetée dans la Grande Sabkha ou utilisée pour l'irrigation.

17.4 Traitement des boues

Les boues produites tout au long du procédé sont stabilisées avant leur valorisation.

17.4.1 Épaississement

- Boues primaires épaissies par gravité,
- Boues en excès épaissies mécaniquement avec ajout de polymères.

17.4.2 Digestion anaérobie

Les boues mélangées sont chauffées à 37°C dans deux grands digesteurs (temps de séjour 21 jours).

Objectifs :

- Stabiliser les boues,
- Réduire les odeurs,
- Produire du biogaz utilisé pour chauffer les digesteurs.



Figure 14 : Cinq digesteurs anaérobiques.

17.4.3 Déshydratation et chaulage

- Huit filtres presse obtiennent une boue à 25 % de matière sèche,
- La boue est ensuite chaulée et réutilisée comme fertilisant agricole,
- La station d'El Karma assure un traitement complet composé de :
 1. Prétraitement (déchets, sables, graisses),
 2. Traitement biologique (boues activées),
 3. Clarification et désinfection,
 4. Traitement et valorisation des boues.

Ce procédé permet de :

- Réduire efficacement la pollution,
- Réutiliser l'eau en agriculture,
- Transformer les boues en matière fertilisante et produire du biogaz.

17.5 Stations de relevage

Une station de relevage sert à remonter les eaux usées là où il n'y a pas assez de pente pour l'écoulement gravitaire.

- La cuve se remplit,
- Les pompes s'activent automatiquement à un niveau donné,
- L'eau est envoyée vers un point plus haut ou vers la station d'épuration,
- Le cycle se répète.

17.5.1 Pourquoi les stations de relevage sont sensibles aux effluents ?

- Colmatages par déchets solides,
- Surcharge en graisses,
- Corrosion due aux produits acides/basiques,
- Mousse,
- Dérèglement des sondes,
- Arrêts fréquents des pompes.
- Un seul rejet anormal peut provoquer un débordement ou une panne.

17.6 Relation entre la station de relevage et la station d'épuration EL KERMA

Les stations de relevage constituent l'amont du système d'assainissement alimentant la station d'épuration d'EL KERMA.

L'analyse de la qualité et quantité des effluents qu'elles reçoivent est indispensable car elle renseigne sur la charge polluante de chaque secteur et permet d'estimer la qualité des eaux qui parviendront à EL KERMA.

18 La qualité des effluents au niveau des stations de relevage, complexe petit lac et EL Kerma :

18.1 Stations de relevage :

Tableau 10 : Résultats des principaux paramètres des stations de relevage, année 2025.

Normes (Décret exécutif N°09-209)	1000 mg/l	500 mg/l	600 mg/l	50 mg/l		5,5/8,5
Janvier 2025	DCO	DBO	MES	phosphore total	Conductivité	pH
Station la Pêcherie (partie basse)	90,4	43,7	150	0,79	2410	7,24
Station Centre Ville (partie basse)	136,2	59	50	1.970	2620	7.16
Station Ras El Ain (partie basse)	378	165	250	1,6	2350	7,2
Station Gambetta (partie basse)	40,8	19,4	200	1,2	2530	7,37
Station El Sanawbar (partie basse)	79,3	36,6	30	2,45	1823	7,18
Février 2025	DCO	DBO	MES	phosphore total	Conductivité	pH
Station la Pêcherie (partie basse)	349,1	170	250	5,59	2280	7,94
Station Centre Ville (partie basse)	36	18	150	5,63	2420	7,93
Station Ras El Ain (partie basse)	332,2	160	100	5,51	2290	7,84
Station Gambetta (partie basse)	412,1	210	100	5,54	2500	7,68
Station El Sanawbar (partie basse)	32,9	13	100	4,35	2640	7,95
Mars 2025	DCO	DBO	MES	phosphore total	Conductivité	pH
Station la Pêcherie (partie basse)	157	85	200	2,52	2840	8,22
Station Centre Ville (partie basse)	81,5	41	50	2,84	2430	7,96
Station Ras El Ain (partie basse)	669,4	289	150	2,19	2490	7,83
Station Gambetta (partie basse)	250,4	120	100	3,42	2510	8,33
Station El Sanawbar (partie basse)	835,9	412	350	2,96	2540	7,92

Tableau 10 : Résultats des principaux paramètres des stations de relevage, année 2025 (suite) :

Normes(Décret exécutif N°09-209)	1000 mg/l	500 mg/l	600 mg/l	50 mg/l		5,5/8,5
Avril 2025	DCO	DBO	MES	phosphore total	Conductivité	pH
Station la Pêcherie (partie basse)	360,7	178	30	6,39	2500	7,6
Station Centre Ville (partie basse)	113,2	51	20	7,42	2410	7,52
Station Ras El Ain (partie basse)	668,4	314	50	12,68	1841	7,08
Station Gambetta (partie basse)	121,5	58	40	3,81	2510	7,23
Station El Sanawbar (partie basse)	568	260	150	8,27	1850	7,7
Aout 2025	DCO	DBO	MES	phosphore total	Conductivité	pH
Station la Pêcherie (partie basse)	94	42	100	2,47	1895	8,01
Station Centre Ville (partie basse)	175	86	150	1,43	2110	7,89
Station Ras El Ain (partie basse)	179	90	100	4,05	1948	7,84
Station Gambetta (partie basse)	61,1	29	100	3,33	2011	7,89
Station El Sanawbar (partie basse)	12	< 10	100	0,19	1857	8,1

Les valeurs de **DCO** montrent que la station **El Sanawbar** a les concentrations les plus faibles dans l'ensemble des mesures, indiquant une pollution organique moindre, tandis que **Ras El Ain** et **Gambetta** présentent des valeurs très élevées, reflétant une charge organique plus importante.

Pour la **DBO5**, la tendance est similaire : les stations **Ras El Ain** et **El Sanawbar** montrent respectivement des niveaux élevés et faibles. Ceci suggère que les processus biologiques de dégradation de la matière organique sont plus sollicités dans certaines zones, confirmant la qualité variable de l'eau selon la station.

18.2 Station El Kerma :

Tableau 11 : Résultats des principaux paramètres des stations de relevage, année 2025.

Février	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2710	400	798	535	7,82	7,48
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2630	22	97,7	10	7,05	2,92
Mars	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2740	340	610	245	6,96	5,768
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2480	12	94,3	29	6,94	3,1
Avril	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2580	260	507	200	7,11	5,635
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2550	16	92,1	25	7,07	2,28
Mai	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2870	400	548,6	335	6,9	4,75
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2600	16	69	18	6,55	1,95

Tableau 11 : Résultats des principaux paramètres des stations de relevage, année 2025
(suite) :

Juin	Normes (Décret exécutif N°09- 209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5- 8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2190	180	295,6	175	7,23	5,08
	Normes (Décret exécutif N°93- 160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5- 8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2190	32	92,4	11	6,91	4,86
Juillet	Normes (Décret exécutif N°09- 209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5- 8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2460	340	549,7	110	8,52	0,633
	Normes (Décret exécutif N°93- 160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5- 8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2320	16	56,9	25	8,11	inf 0,1
Aout	Normes (Décret exécutif N°09- 209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5- 8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2450	220	293,4	85	7,5	2,85
	Normes (Décret exécutif N°93- 160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5- 8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2250	22	44,2	9	7,53	1,86
Septembre	Normes (Décret exécutif N°09- 209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5- 8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2150	150	301,1	100	6,91	4,368
	Normes (Décret exécutif N°93- 160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5- 8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2050	30	88,7	33	6,38	2,893

Tableau 11 : Résultats des principaux paramètres des stations de relevage, année 2025 (suite) :

Octobre	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2470	190	214,1	145	7,5	16,35
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2460	24	95,7	17	7,18	3,62
Novembre	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	2040	280	330,5	155	7,28	11,75
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	2020	16	74,1	19	6,96	2,79
Décembre	Normes (Décret exécutif N°09-209)	Conductivité	500 mg/l	1000 mg/l	600 mg/l	5,5-8,5	50 mg/l
			DBO	DCO	MES	pH	Phosphore total
	EL KERMA ENTREE	1994	380	553,5	225	7,14	14,03
	Normes (Décret exécutif N°93-160)		35 mg/l	120 mg/l	35 mg/l	6,5-8,5	10 mg/l
	EL KERMA SORTIE	1762	10	55,1	10	7,09	9,72

19 Importance des stations de prétraitements

Même si la station de traitement d'EL KERMA accomplit correctement son travail et que les résultats sont conformes aux normes en vigueur, elle reçoit tout de même des charges variables selon les effluents. Certaines zones sont plus chargées que d'autres pour diverses raisons, et cette variabilité des charges peut, à long terme, affecter le fonctionnement des stations de relevage.

Ainsi, les stations de prétraitement constituent un élément stratégique pour garantir la durabilité et l'efficacité globale du système de traitement des eaux usées.

C'est pourquoi il est essentiel de disposer de stations de prétraitement. Ces stations permettent :

- De réduire la charge polluante avant l'arrivée à la station principale, protégeant ainsi les équipements et prolongeant leur durée de vie.
- D'éviter les obstructions et les pannes dans les réseaux et les stations de relevage en éliminant les solides grossiers et matières flottantes.
- D'améliorer l'efficacité du traitement principal en assurant que les effluents entrants sont plus homogènes et moins agressifs pour les procédés biologiques ou chimiques.
- De limiter l'impact environnemental en prétraitant les effluents plus fortement chargés avant leur rejet ou leur traitement final.

Conclusion :

L'analyse des différentes sources de pollution montre que chaque type d'effluent, qu'il soit domestique, commercial, ou issu des activités urbaines, possède ses propres caractéristiques et impacts potentiels sur le réseau d'assainissement. Ainsi, aucune finalité, qu'il s'agisse de protéger les infrastructures, d'assurer la performance des stations de traitement, ou de préserver la qualité du milieu naturel, ne peut être atteinte par une seule action isolée.

Il est donc essentiel d'adopter une approche globale, consciente et préventive, fondée sur plusieurs points complémentaires :

- une meilleure compréhension des charges provenant de toutes les zones, pas uniquement des industries
- la mise en place de prétraitements adaptés pour les effluents sensibles (hospitaliers, commerciaux, zones à fortes variations) ;
- une sensibilisation accrue des usagers, professionnels et institutions sur leur rôle dans la protection du réseau et de l'environnement.

En combinant prévention, contrôle, gestion technique et responsabilité collective, il devient possible de réduire les risques, de garantir la durabilité des installations et de préserver l'environnement pour le bien-être de tous.

20 Conclusion générale

Aujourd'hui, la gestion des effluents liquides hospitaliers ne peut plus être reléguée au rang de simple contrainte technique ou logistique. Elle représente un point de bascule critique où convergent la prévention des risques et du développement durable.

À l'ère des crises environnementales majeures, la maîtrise de ces rejets est devenue un indicateur indiscutable de la performance globale, de l'éthique et de la responsabilité sociétale des structures de santé.

L'intégration des principes du WASH (Eau, Assainissement, Hygiène) et de l'approche One Health conduit à une évidence : l'hôpital ne peut plus être pensé comme un îlot de soins isolé, mais comme un acteur massivement interconnecté avec son écosystème.

Ce guide est le résultat d'une collaboration rigoureuse entre le secteur de la santé publique et universitaire et la Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran (SEOR).

Cet ouvrage oriente l'action publique et managériale autour de trois piliers indissociables :

- La maîtrise absolue et le prétraitement à la source.
- Le renforcement des compétences et de la gestion interne.
- Le partenariat multisectoriel ancré dans l'approche holistique « One Health ».

21 Glossaire

Biosolides : Boues d'épuration convenablement traitées et utilisées comme engrais pour améliorer et maintenir la productivité des sols et stimuler la croissance des plantes.

Contaminant : Substance biologique, physique, chimique, ou radiologique qui a un effet néfaste sur l'eau, le sol ou l'air. La présence de contaminants ne signifie pas nécessairement que l'eau présente des risques pour la santé.

Contaminants émergents : Tout produit chimique synthétique ou naturel ou tout microorganisme qui n'est pas couramment surveillé dans l'environnement, mais qui a le potentiel de pénétrer dans l'environnement et de provoquer des effets néfastes connus ou soupçonnés sur l'écosystème ou la santé humaine.

Déchets anatomiques : Tissus, organes humains ou liquides biologiques, parties du corps, fœtus, produits sanguins non utilisés et carcasses d'animaux contaminées [1].

Déchets chimiques : Par exemple, les solvants et les réactifs utilisés pour les préparations en laboratoire, les désinfectants, les stérilisants et les métaux lourds que l'on retrouve dans les dispositifs médicaux (par exemple, le mercure dans les thermomètres brisés) et les piles [1].

Déchets infectieux : déchets avérés ou suspectés de contenir des agents pathogènes et présentant un risque de transmission de maladies, par exemple les déchets et les eaux usées contaminés par du sang et d'autres liquides biologiques, y compris les déchets hautement infectieux tels que les cultures de laboratoire et les stocks microbiologiques ; les excréta et autres matériaux qui ont été en contact avec des patients infectés par des maladies hautement infectieuses dans des pavillons d'isolement [1].

Déchets non dangereux ou généraux : déchets ne présentant aucun risque biologique, chimique, radioactif ou physique particulier [1].

Déchets pharmaceutiques et cytotoxiques : produits pharmaceutiques périmés ou dont on n'a plus besoin ; articles contaminés par des produits pharmaceutiques ou contenant de tels produits. Déchets cytotoxiques contenant des substances ayant des propriétés génotoxiques, par exemple des déchets contenant des médicaments cytostatiques (souvent utilisés dans le traitement contre le cancer) ; produits chimiques génotoxiques [1].

Déchets piquants/coupants/tranchants : objets piquants, tranchants, coupants usagés ou non utilisés, par exemple les aiguilles hypodermiques, intraveineuses ou autres ; les seringues autobloquantes ; les aiguilles montées sur seringues ; les ensembles de perfusion ; les scalpels ; les pipettes ; les couteaux ; les lames ; les débris de verre [1].

Déchets radioactifs : produits contaminés par des radionucléides, notamment le matériel de diagnostic radioactif ou les matériaux radiothérapeutiques [1].

Demande biochimique en oxygène (DBO) : Est la quantité d'oxygène dissout nécessaire (c'est-à-dire exigée) par les organismes biologiques aérobies pour dégrader les matières organiques présentes dans un échantillon d'eau donné à une certaine température au cours d'une période de temps spécifique (UNESCO, 2017).

Demande chimique en oxygène (DCO) : Est la méthode standard de mesure indirecte de la quantité de pollution (qui ne peut être oxydée biologiquement) dans un échantillon d'eau. Plus la demande chimique en oxygène est élevée, plus la quantité de pollution (principalement inorganique) est élevée dans l'échantillon d'essai (UNESCO, 2017).

Développement durable : Le développement durable se définit selon la WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT DEVELOPMENT (1987) comme « un développement qui réponde aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ».

Eau de récupération : Eau usée traitée (adaptée à l'usage prévu) pouvant être utilisée dans des conditions contrôlées à des fins bénéfiques telles que l'irrigation.

Eau grise : Eau usée générée par une machine à laver, une baignoire, une douche ou un évier de salle de bains, collectée séparément des eaux d'égout. Elle ne comprend pas les eaux usées provenant d'une toilette.

Eau potable : Est une eau dont les caractéristiques microbiennes, chimiques et physiques répondent à des normes de qualité strictes, permettant une consommation (boisson, cuisine, hygiène) sans risque pour la santé tout au long de la vie. Elle doit être exempte de germes pathogènes et de substances toxiques (OMS).

Eau recyclée : Eau usée traitée (adaptée à l'usage prévu) pouvant être utilisée dans des conditions contrôlées à des fins bénéfiques au sein d'un même établissement ou d'une même industrie.

Eau usée : C'est une eau qui a perdu son usage, elle peut être rejetée dans le milieu naturel directement ou après traitement par l'intermédiaire des systèmes de collecte. Elle peut être regroupée en trois grandes catégories : les eaux usées domestiques les eaux usées industrielles et les eaux pluviales (Ali, 2013).

Eaux usées ou effluents : Une combinaison d'un ou de plusieurs des effluents domestiques suivants : eaux-vannes et eaux grises ; l'eau des commerces et des institutions, y compris les hôpitaux ; les effluents industriels, les eaux pluviales et d'autres eaux de ruissellement urbain ; et les eaux de ruissellement agricoles, horticoles et aquacoles.

Gestion des eaux usées : Elle comprend la prévention ou la réduction de la pollution à la source (en termes de charge de pollution et de volume des eaux usées produit), la collecte et l'élimination des contaminants des flux d'eaux usées (c.-à-d. le traitement), et l'utilisation bénéfique ou l'élimination des eaux usées traitées et de leurs sous-produits.

Gestion écologiquement rationnelle (GER) : Prendre toutes les mesures pratiques pour s'assurer que les déchets dangereux ou d'autres déchets sont gérés de manière à protéger la santé humaine et l'environnement contre les effets néfastes qui peuvent résulter desdits déchets (Convention de Bâle) [2].

Polluants émergents : Peuvent être définis comme « tout produit chimique naturel ou synthétique ou tout microorganisme qui n'est pas couramment surveillé dans l'environnement, mais a le potentiel de pénétrer dans l'environnement et d'entraîner des effets écologiques et (ou) des effets sur la santé humaine » (USGS, s.d.).

Meilleures pratiques environnementales (MPE) : Application de la combinaison la plus appropriée de mesures et de stratégies de contrôle de l'environnement (Convention de Stockholm) [2].

Meilleures techniques disponibles (MTD) : Les étapes les plus efficaces et les plus avancées pour empêcher et, dans les cas où cela n'est pas possible, de réduire manière générale les rejets de produits chimiques énumérés dans la partie I de l'annexe C et leur impact sur l'environnement dans son ensemble (Convention de Stockholm) [2].

Micropolluants : Polluants qui sont présents dans de très basses concentrations dans l'eau (c.-à-d. le microgramme/ microlitre ou même moins) tels que les produits pharmaceutiques, les ingrédients des produits chimiques domestiques, les produits chimiques utilisés dans les petites entreprises ou industries, les polluants pharmaceutiques environnementaux persistants (PPEP), les pesticides ou les hormones.

Perturbateurs endocriniens : Composés naturels ou synthétiques qui interfèrent avec la synthèse, la sécrétion, le transport, la liaison, l'action ou l'élimination des hormones naturelles des organismes vivants qui sont responsables du maintien de l'homéostasie, de la reproduction, du développement et du comportement.

Polluants organiques persistants (POP) : Substances chimiques toxiques qui ont des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement, y compris les biphényles polychlorés (BPC), le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), et les dioxines. Les POP restent intacts dans l'environnement pendant des durées exceptionnellement longues et font éventuellement l'objet d'une bioaccumulation dans les tissus adipeux des organismes vivants.

Pollution par les métaux lourds : Pollution par des métaux ayant une masse atomique élevée provenant de plusieurs sources, telles que les effluents industriels.

Pollution thermique : L'eau plus chaude que l'eau ambiante qui est libérée par les systèmes industriels (par exemple le refroidissement dans des centrales thermiques), la modification de la température du corps d'eau récepteur de telle sorte qu'elle a un impact sur l'environnement local.

Rapport DBO/DCO des eaux usées non traitées est supérieur ou égal à 0,5, les déchets sont considérés comme facilement traitables par des moyens biologiques. Par contre, si le **rapport** est inférieur à 0,3, alors, soit le déchet contient des composants toxiques, soit des microorganismes acclimatés peuvent être nécessaires pour sa stabilisation.

Réseau d'assainissement : Tuyaux, pompes et autres accessoires ou infrastructures destinés à la collecte et au transport des eaux d'égout depuis leurs points de production jusqu'aux points de chute souhaités (par exemple, station de traitement).

Réseau d'égout unitaire : Système d'égout conçu pour collecter les eaux usées urbaines (provenant de sources domestiques, industrielles et autres) et les eaux de ruissellement urbain et les transporter vers la station de traitement des eaux usées (ou d'autres moyens d'évacuation).

Sous-produits des eaux usées : Matières (par exemples nutriments, métaux) et énergie pouvant être récupérées des eaux usées et utilisées.

Traitement des eaux usées : Un processus ou un enchaînement de processus qui élimine les contaminants des eaux usées afin qu'elles puissent être utilisées de nouveau en toute sécurité (traitement adapté) ou réintégrées dans le cycle de l'eau avec un minimum d'impacts environnementaux. Il existe plusieurs niveaux de traitement des eaux, dont le choix est fonction du type de contaminants, de la charge de pollution, et de l'utilisation finale anticipée de l'effluent.

Traitement préliminaire ou prétraitement : Elimination des constituants des eaux usées tels que les chiffons, les bâtonnets, les objets flottants, le sable et la graisse, susceptibles de causer des problèmes de maintenance ou d'exploitation pendant les opérations et les processus de traitement.

Traitement primaire : Elimination d'une partie des matières solides et organiques en suspension dans les eaux usées, qui peut ou non inclure une étape chimique ou une filtration.

Traitement secondaire : Elimination des matières organiques biodégradables (en solution ou en suspension), des matières solides en suspension et des éléments nutritifs (azote ou phosphore ou les deux).

Traitement tertiaire : Elimination des matières en suspension résiduelles (après le traitement secondaire), élimination d'autres nutriments et désinfection.

Traitement quaternaire : Techniques d'élimination des micropolluants qui n'ont peut-être pas été éliminés par des processus de traitement conventionnels (traitement primaire, secondaire et tertiaire).

1.Organisation Mondiale de la Santé, 2024.

2.La gestion sécurisée des déchets médicaux (déchets d'activités de soins), résumé, OMS 2017.

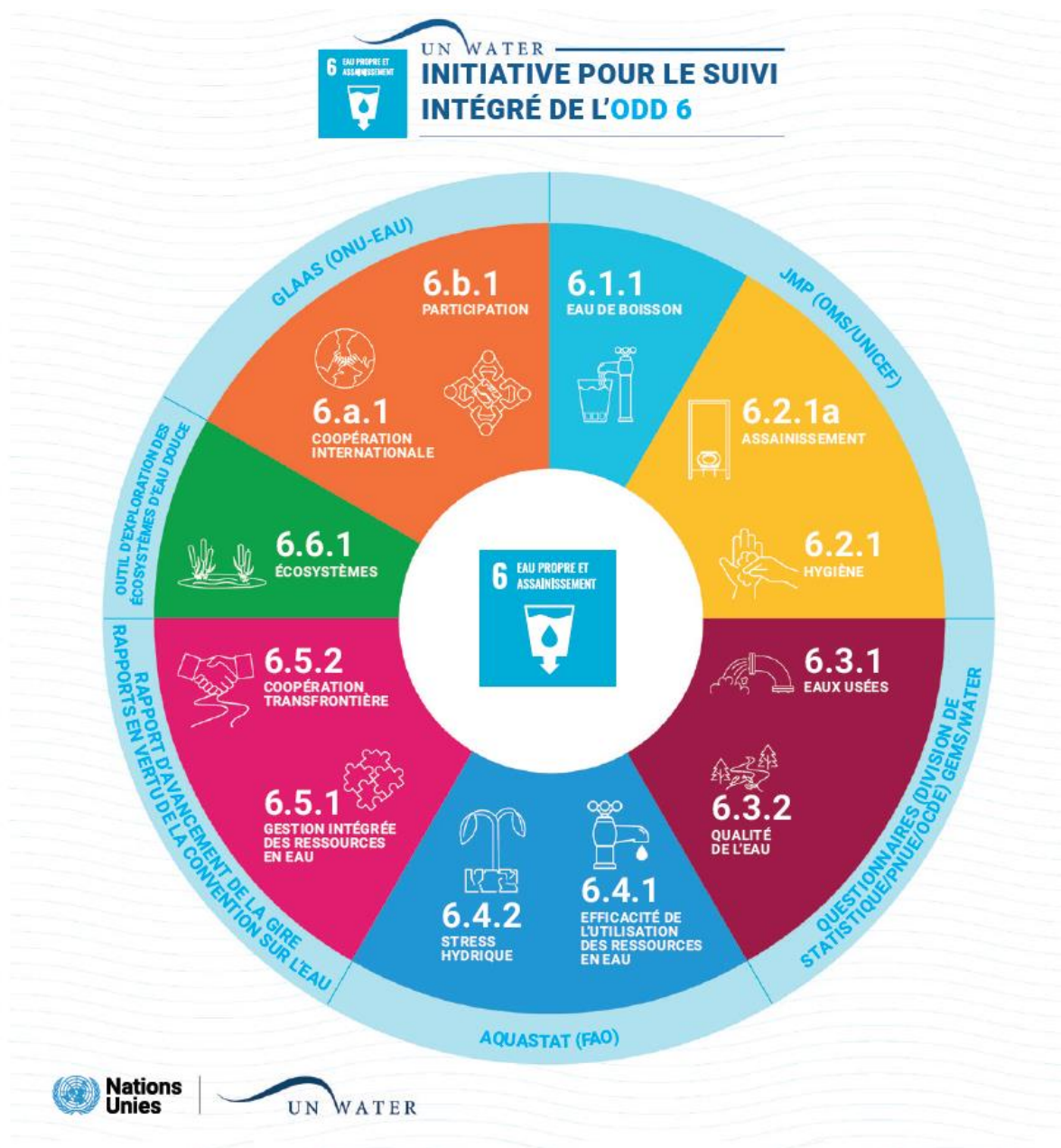
22 Annexes

Annexe 1 : Les Objectifs de Développement Durable (ODD).

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



Annexe 2 : Initiative pour le suivi intégré de l'ODD 6.



Source : Progrès relatifs à la qualité de l'eau ambiante, N.U, 2021.

Annexe 3 : Indicateurs ODD6.

INDICATEURS	ORGANISMES RESPONSABLES
6.1.1 Pourcentage de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité	OMS, UNICEF
6.2.1 Pourcentage de la population utilisant a) des services d'assainissement gérés en toute sécurité et b) des installations de lavage des mains à l'eau et au savon	OMS, UNICEF
6.3.1 Proportion des eaux usées ménagères et industrielles traitée sans danger	OMS, ONU-Habitat, Division de statistique
6.3.2 Proportion des masses d'eau dont la qualité de l'eau ambiante est bonne	PNUE
6.4.1 Variation de l'efficacité de l'utilisation des ressources en eau dans le temps	FAO
6.4.2 Niveau de stress hydrique : prélèvements d'eau douce en proportion des ressources en eau douce disponibles	FAO
6.5.1 Degré de gestion intégrée des ressources en eau	PNUE
6.5.2 Proportion de bassins hydriques transfrontières où la coopération en matière d'eau est régie par un arrangement opérationnel	CEE-ONU, UNESCO
6.6.1 Variation de l'étendue des écosystèmes liés à l'eau dans le temps	PNUE, Ramsar
6.a.1 Montant des dépenses d'aide publique au développement consacrées à l'eau et à l'assainissement incluses dans un plan de dépenses coordonné par le gouvernement	OMS, OCDE
6.b.1 Pourcentage d'administrations locales disposant de politiques et de procédures opérationnelles en matière de participation de la population locale à la gestion de l'eau et de l'assainissement	OMS, OCDE

Source : Progrès relatifs à la qualité de l'eau ambiante, N.U, 2021.

Annexe 4 : Pilier d'action des accélérateurs du cadre mondial d'accélération de l'ODD6.

Données et informations : Construire un climat de confiance grâce à la génération de données, la validation, la standardisation et l'échange d'informations pour les prises de décisions et la responsabilité.

Financements : Optimiser les financements pour l'eau et l'assainissement. Les déficits de financement empêchent la mise en application de programmes de surveillance et d'évaluation de la qualité de l'eau. Un meilleur ciblage, une meilleure utilisation des ressources existantes et une mobilisation de fonds nationaux et internationaux supplémentaires sont nécessaires.

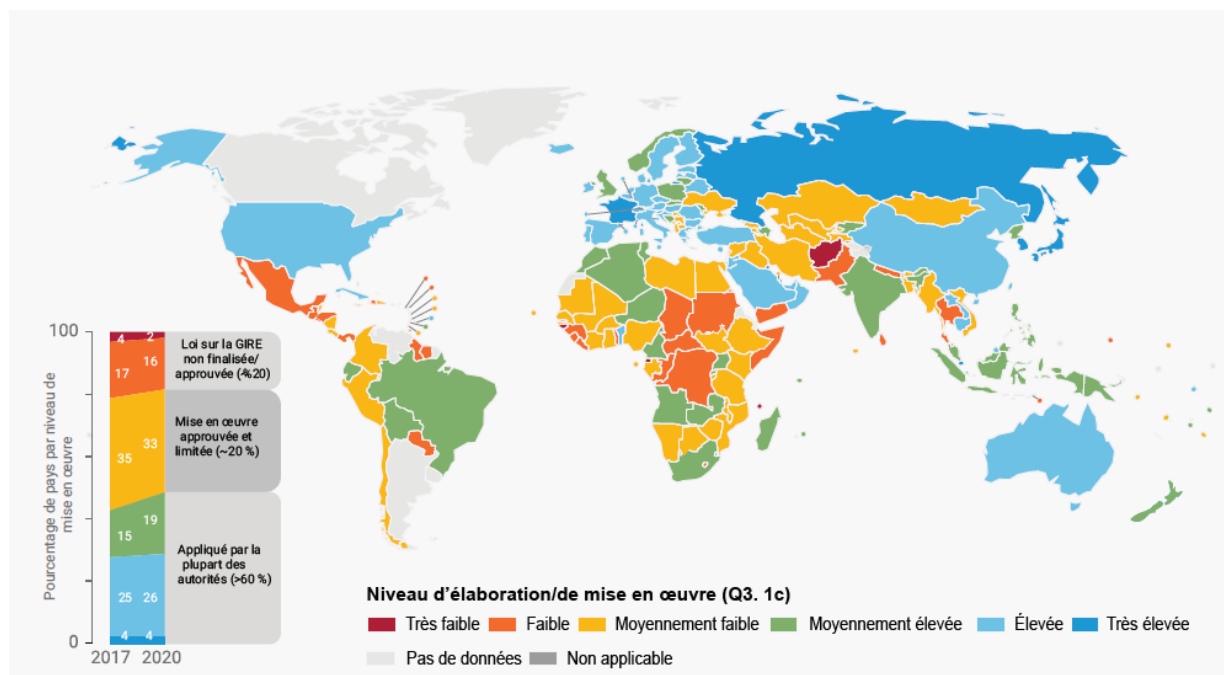
Développement des capacités : Une main-d'œuvre mieux qualifiée améliore les niveaux de service et accroît la création et le maintien d'emplois dans le secteur de l'eau.

Innovation : Tirer parti des pratiques et technologies innovantes et les développer.

Gouvernance : La collaboration nationale et internationale par-delà les frontières et les secteurs permettra de faire en sorte que l'ODD 6 devienne l'affaire de tous.

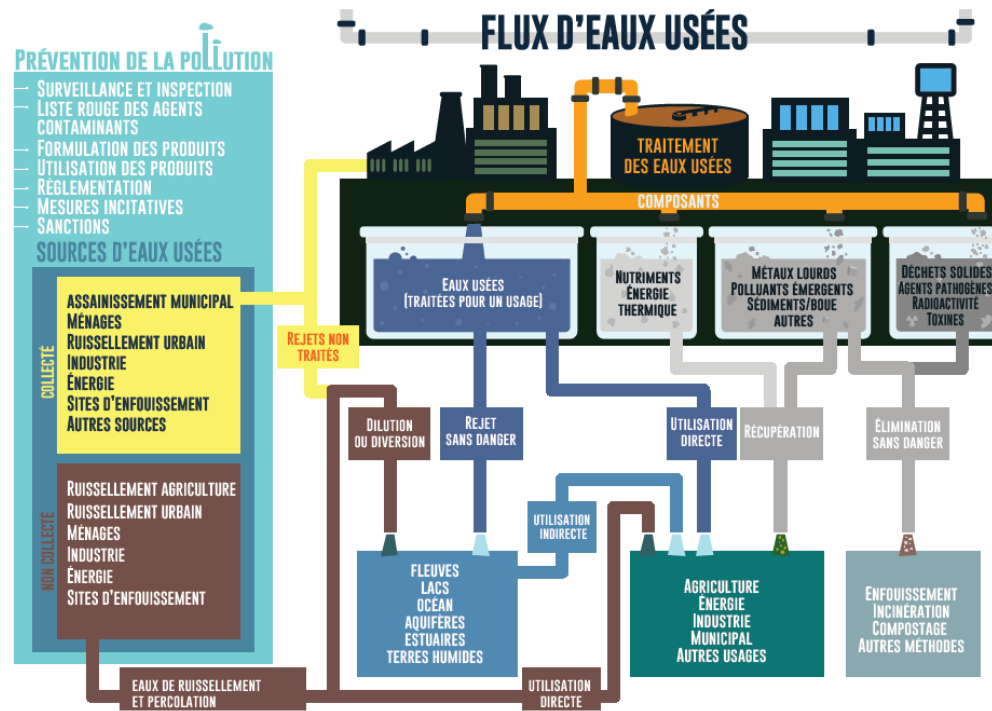
Source : Progrès relatifs à la qualité de l'eau ambiante, N.U, 2021.

Annexe 5 : Développement et mise en œuvre d’instruments de gestion pour le contrôle de la pollution, tel que définis par l’indicateur 6.5.1 (2020).



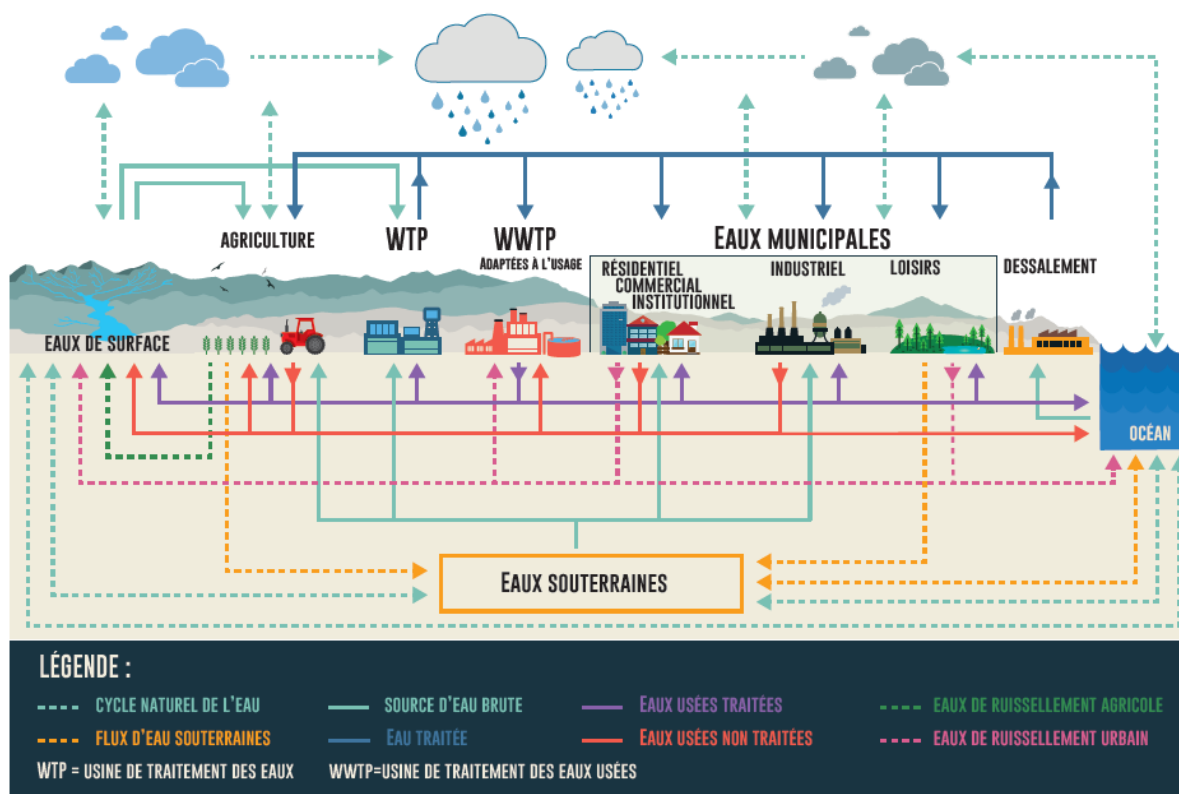
Source : Progrès relatifs à la qualité de l’eau ambiante, N.U, 2021.

Annexe 6 : flux d'eaux usées.



Annexe 7 : Cycle de gestion de l'eau :

- Prévention ou réduction de la pollution à la source,
- La collecte et le traitement des eaux usées,
- L'utilisation des eaux usées en tant que source d'eau alternative,
- La récupération de sous-produits utiles.



(Source : WWAP.)

Encadrement de la gestion des eaux usées du point de vue des ressources.

Ressources dans les excréments et les eaux usées	Options de gestion des ressources	Options techniques du système	Bénéfices potentiels multiples
• Eau • Nutriments • Contenu énergétique • Matières organiques • Autres	Réutilisation et recyclage de l'eau <i>Eau potable et non potable / usage industriel / recharge des plans d'eau</i> Réutilisation combinée de l'eau et des nutriments <i>Irrigation agricole / irrigation forestière / aquaculture</i> Réutilisation des nutriments ou réutilisation combinée des matières organiques / nutriments <i>Engrais solides et liquides et conditionneur de sol pour l'agriculture et la foresterie</i> Production d'énergie <i>Production de biogaz / incinération / production de biomasse</i> Services écosystémiques <i>c.-à-d. lagunage</i> Autres extrants <i>Par exemple aliments protéiques pour le bétail / matériaux de construction</i>	• Centralisé ou décentralisé • Gestion des excréments hydriques ou non hydriques • Gestion séparée des eaux grises • Gestion des boues • Traitement hors site ou traitement sur place • Traitement des eaux usées • Traitement des excréments et des boues	• Protection de la santé • Protection de l'environnement • Moyens de subsistance • Égalité des sexes • Sécurité hydrique • Sécurité alimentaire • Sécurité énergétique • Atténuation et adaptation aux effets des changements climatiques

Source : Anderson et al. (2016, fig 3.1 p27)

Tableau 12 : Volumes d’eaux usées collectées, traitées et utilisées (en millions de m3/an).

Pays	Volume d'eaux usées collectées	Traitement primaire	Traitement secondaire	Traitement tertiaire	Volume d'eaux usées traitées en toute sécurité	Volume d'eaux usées utilisées	Utilisation des eaux usées traitées (pourcentage des eaux usées traitées en toute sécurité)
Conseil de coopération du Golfe (CCG)							
Arabie saoudite	1 317,2	0	580,2	736,9	1 317,1	237,1	18
Bahreïn	122,8	0	0	122,8	122,8	38,1	31
Émirats arabes unis	615,7	0,3	11,7	593,6	605,3	397,2	65,6
Koweït	n. d.	0	58,0	250,3	308,3	308,3	100
Oman	26,2	0	0	26,2	26,2	20,4	78
Qatar	176,8	0	0	158,7	158,7	115,9	73
Machreq							
Égypte	3 030,4	724,3	2 054,8	57,1	2 111,9	n. d.	n. d.
Iraq*	620,4	0	415,7	0	415,7	0	0
Jordanie	130,8	0	130,8	0	130,8	113,3	87
Liban	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.
Palestine *	61,0	0,3	45,3	0	45,3	0	0
Maghreb							
Algérie	1 570,4	0	275,2	0	275,2	19,3	7
Libye*	291,1	0	45,8	0	45,8	14,7	32
Maroc	144,2	38,2	0,1	6,1	6,2	n. d.	n. d.
Tunisie	235,0	0	222,0	6,6	228,6	60,0	26
Pays les moins avancés (PMA)							
Mauritanie	0,65	0	0,65	0	0,65	0,12	18
Soudan	18,0	18,0	0	0	0	0	0
Yémen*	159,4	58,1	42,2	22,0	64,3	n. d.	n. d.
TOTAL	8 520,0	839,2	3882,5	1 980,3	5 562,8		23

Nd : non disponible.

*Données années 2012.

Source : Compilé à partir de la LEA, de la CESAO et de l’ACWUA, 2016.

Annexe 8 : Pilier d'action des accélérateurs du cadre mondial d'accélération de l'ODD6



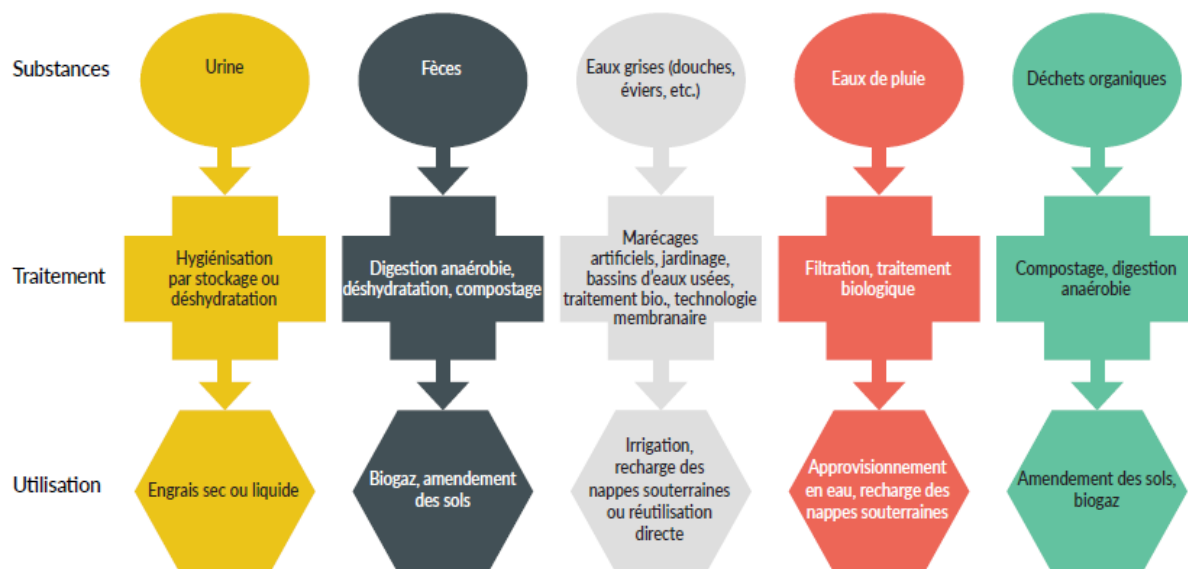
Source : Progrès relatifs à la qualité de l'eau ambiante, N.U, 2021.

Exemple de sources de données de niveau 1 et de niveau 2 pouvant être utilisées pour l'établissement de rapports relatifs à l'indicateur 6.3.2 :



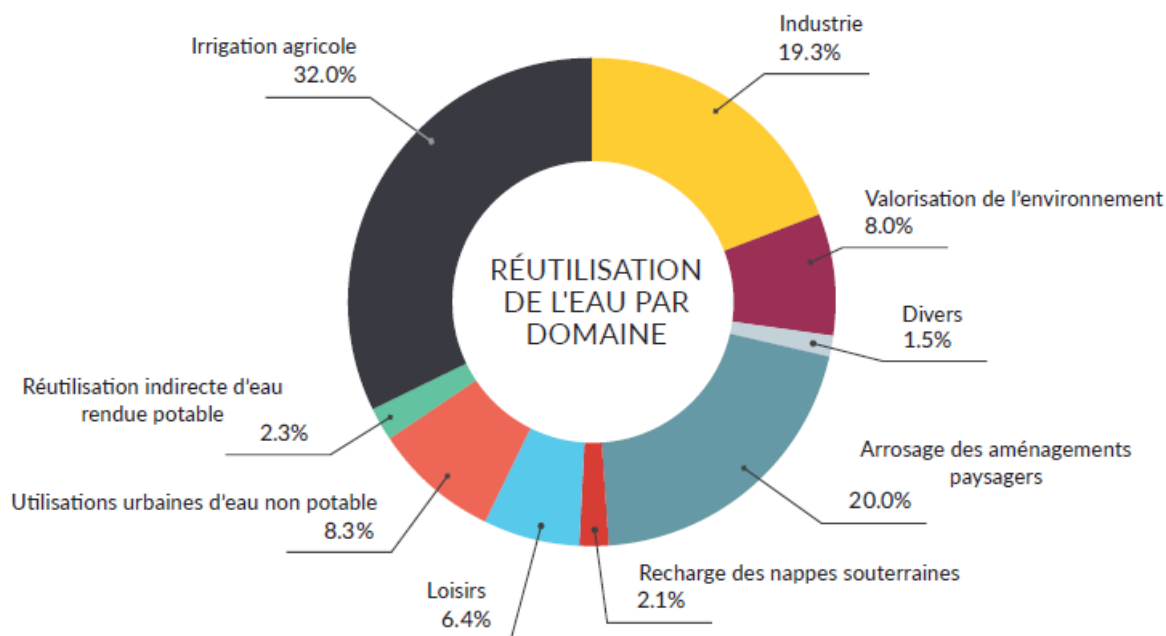
Source : Progrès relatifs à la qualité de l'eau ambiante, N.U, 2021.

Annexe 9 : Tri des déchets et possibilités d'utilisation.



Source : UNESCO-PHI/GTZ (2006, fig. 4, p. 15).

Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire) : Part de marché par domaine d'utilisation :



Source : Lautze et al. (2014, fig. 2, p. 5, d'après les données de Global Water Intelligence).