

Prise en compte de la pollution microbiologique des effluents et épandages dans les dossiers soumis à évaluation environnementale

Dernière révision : 09/05/2025

Mots clés : évaluation des risques sanitaires, bactéries, virus, parasites, pathogènes

Une pollution microbiologique parfois mal ou non appréhendée par les évaluations environnementales, en particulier dans les rejets d'eaux usées ou des épandages

La pollution microbiologique

La pollution microbiologique recouvre la contamination par les virus, les bactéries, les parasites comme certains protozoaires (souvent sous formes de kystes¹) ou des vers appelés également helminthes (souvent sous forme d'œufs) et d'autres microorganismes, dont certains présentent un caractère pathogène plus ou moins marqué pour l'homme mais également pour les animaux.

Chez l'homme, les organismes pathogènes transmis par l'eau peuvent provoquer des diarrhées ou des gastro-entérites, mais aussi parfois des maladies plus dangereuses comme le choléra ou la fièvre typhoïde. La transmission à l'homme se fait par ingestion d'une eau souillée lors de l'alimentation ou d'une baignade, par simple contact ou à travers des blessures de la peau en contact avec l'eau. Elle peut aussi intervenir en cas de consommation de denrées alimentaires qui concentrent les microorganismes dans leur chair, en particulier les coquillages.

Ils sont rencontrés principalement dans les rejets d'eaux usées domestiques, traitées² ou non, les rejets d'eaux pluviales³, les eaux usées de certaines industries agroalimentaires ou des élevages, certaines eaux de refroidissement (amibes et légionnelles), les épandages d'effluents agricoles ou de boues urbaines non hygiénisées et les dispositifs de réutilisation des eaux usées⁴. Ils sont à l'origine de la fermeture de plages⁵ ou d'interdiction de consommation d'eau du robinet pour les usages alimentaires et d'hygiène⁶ et peuvent rendre certaines productions impropres à la consommation. La pollution microbiologique de l'air (aspersion), des eaux, des sols et la contamination microbiologique des aliments constituent les principaux risques liés à la réutilisation d'eaux usées insuffisamment traitées.

Les rejets d'eaux usées non traitées, en premier lieu au droit des déversoirs d'orage des systèmes d'assainissement, constituent les principaux « flux » de pollution microbiologique vers le milieu naturel. Les concentrations

¹ Les kystes de protozoaires ou les œufs de parasites se retrouvent tout autant dans les eaux usées urbaines de pays développés que dans celles des pays en développement, au-delà de facteur de dilution des effluents. Les eaux usées des agglomérations françaises contiennent de l'ordre de quelques centaines de kystes de Giardia, par litre, un protozoaire parasite.

² Les stations de traitement des eaux usées (STEU) n'éliminent pas la pollution bactériologique : elle ne font que la réduire : ainsi, des eaux usées brutes contiennent de l'ordre de 10⁷ coliformes fécaux (CF) par 100 ml. Le rejet traité par une STEU à aération prolongée présente encore des concentrations de 10⁵ à 10⁶ CF pour 100 ml.

³ Dans le cas fréquent où le réseau d'assainissement pluvial reçoit également des eaux usées domestiques.

⁴ En France, il est possible de réutiliser les eaux usées traitées pour l'irrigation et l'arrosage des espaces verts <https://www.ecologie.gouv.fr/reutilisation-des-eaux-usees-traitees-publication-deux-nouveaux-arretes>.

⁵ La contamination peut être due aux déversements d'eaux usées brutes aux déversoirs d'orage sur les réseaux d'assainissement unitaire.

⁶ En particulier, du fait du ruissellement sur des parcelles épandues ou du déversement de déversoirs d'orage en zones karstiques.

observées dans les eaux usées ou les eaux n'ayant subi qu'un traitement primaire ou secondaire classique⁷ sont trop élevées pour que, dans une majorité de milieux récepteurs, une simple dilution du rejet puisse supprimer le risque sanitaire⁸.

Du fait de ces pollutions d'origine anthropique mais également d'origine naturelle, des organismes pathogènes peuvent être présents dans les eaux superficielles (cours d'eau, lacs, eaux marines) et dans les eaux souterraines notamment les milieux karstiques ou fissurés. Les bactéries et les parasites sont plus rarement détectés dans les autres types de nappes d'eaux souterraines : kystes de protozoaire et œufs d'helminthes sont très vite arrêtés en milieu poreux du fait de leur taille ; les bactéries sont éliminées en partie par l'infiltration dans le sol⁹ ; le comportement des virus est beaucoup moins bien connu et des dispositifs réalisés à l'échelle de grandes agglomérations montrent que certains virus issus d'effluents « désinfectés » peuvent encore être présents après infiltration dans le sol et circulation et filtration à travers plusieurs centaines de mètres d'aquifère poreux.

Les aires d'alimentation de captage d'eau potable, les nappes libres karstiques (et, dans une moindre mesure, les autres nappes), les bassins versants concernés par des activités de baignade, conchylicoles ou autres (cressonnères) sont particulièrement vulnérables. La contamination des ressources alimentaires (via l'irrigation) ou de l'eau potable d'une population par les eaux d'assainissement (ou les boues) peut conduire à des « flambées épidémiques », rencontrées dans les pays en développement (choléra, fièvre typhoïde, hépatite A, poliomyélite...) mais aussi, plus exceptionnellement, dans des pays développés où les eaux usées sont traitées¹⁰¹¹.

Élimination de la pollution bactériologique

Les pourcentages annoncés quant à l'élimination de la pollution bactériologique sont souvent trompeurs (99 %, 99,9 %), car ils portent sur des valeurs considérables (de l'ordre de 10^7 coliformes par 100 ml dans les eaux usées) et les eaux ainsi traitées représentent encore un potentiel de danger important. L'« abattement » sur les concentrations en microorganismes est dès lors souvent indiqué en logarithme du rapport entre les concentrations à l'aval et l'amont du traitement.

Les traitements classiques aboutissent à des abattements très variables sur les germes témoins de contamination fécale, faibles pour les stations d'épuration boues activées, plus élevés pour certains dispositifs plus rustiques (lagunage, infiltration sur sable, filtres à phragmites...).

Les abattements sur les stations à boues activées sont souvent suffisants pour un rejet dans un milieu récepteur sans enjeu sanitaire particulier. Les dispositifs plus « extensifs »¹² généralement mis en place pour l'assainissement de petites agglomérations et les stations à boues activées équipées de systèmes de filtration peuvent suffire pour des milieux plus sensibles (par exemple, rivière avec baignade mais offrant une certaine dilution...).

Les milieux ou usages très sensibles (comme la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation ou pour l'entretien de la station d'épuration) nécessitent une désinfection.

⁷ Y compris lorsqu'il s'agit de STEU dites « conformes ».

⁸ Certaines conditions météorologiques, comme des températures élevées, peuvent favoriser la survie voire le développement de certains pathogènes.

⁹ Voir chapitre sur l'élimination de la pollution bactériologique.

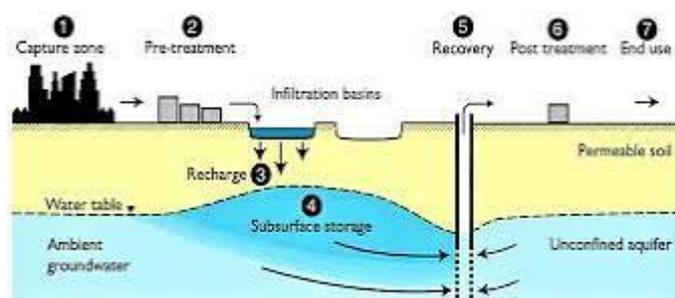
¹⁰ Le risque est plus important dans certains départements et régions d'outre-mer, du fait d'un milieu récepteur sensible (« ravines » au débit parfois très faible, lagon aux eaux peu renouvelées, nappes de fissures), mais aussi de conditions climatiques défavorables. Le changement climatique devrait renforcer ce risque en France métropolitaine.

¹¹ Un phénomène similaire peut se rencontrer pour les élevages lorsque les eaux d'abreuvement sont contaminées par les déjections ou effluents de ces mêmes élevages.

¹² Dispositifs de traitement des eaux usées rustiques et nécessitant des surfaces par équivalent habitant supérieures aux stations boues activées ou physico-chimiques classiques : lagunage, infiltration percolation, filtres à phragmites, etc.

Type de traitement des eaux usées	Station boues activées en traitement secondaire	Stations boues activées avec filtration rapide	Lagunage ¹³ , filtres à phragmites ¹⁴	Infiltration sur sable	Infiltration sur sable et transfert en aquifère poreux (« SAT ¹⁵ »)
Abattement sur les germes témoins de contamination fécale en unités log et en %	1 à 2 (90 à 99 %)	2 à 3 (99 à 99,9 %)	3 (environ 99,9 %)	2 à 4 (entre 99 et 99,99 %)	Plus de 4 (> 99,99 %)
Élimination des parasites	Non	Oui	Variable	Oui	Oui

Exemples d'abattements de différents systèmes de traitement des eaux usées



SAT : Soil Aquifer Treatment - traitement de finition des eaux usées par recharge d'une nappe de porosité après infiltration dans une couche de sable ou graviers non saturés en eau

La désinfection des eaux usées vise l'inactivation ou la destruction des microorganismes pathogènes présents dans les eaux usées. Pour qu'elle soit efficace, les eaux usées doivent préalablement avoir déjà subi un traitement approprié des autres polluants. Le choix d'un moyen de désinfection doit se faire en considérant non seulement les contraintes techniques et économiques, mais également environnementales. Il doit donc :

- être efficace sur la plupart des microorganismes pathogènes (bactéries, virus et parasites), sous différentes conditions de pH, turbidité...
- ne pas générer de sous-produits indésirables, pour la santé humaine et la vie aquatique (organochlorés, nitrosamines...).

Les moyens de désinfection les plus couramment utilisés dans le monde demeurent la chloration, la chloration-déchloration et le rayonnement ultraviolet. L'ozonation connaît un certain essor en raison de son efficacité antimicrobienne et de certains autres bénéfices environnementaux (dont la destruction de certains micropolluants organiques). Les dispositifs de nanofiltration et d'osmose inverse sont également utilisés pour la désinfection en vue d'une réutilisation des eaux usées en irrigation. Les autres technologies membranaires, le lagunage, la filtration ou l'infiltration sont utilisés en prétraitement avant désinfection.

Bien qu'il soit possible de neutraliser le chlore résiduel par une déchloration, certains pays comme le Canada proscrivent les systèmes de chloration compte tenu, notamment, de la présence de sous-produits organochlorés dans les eaux chlorées et déchlorées.

¹³ En période de forte insolation.

¹⁴ Roseaux

¹⁵ SAT : Soil Aquifer Treatment - traitement de finition des eaux usées par recharge d'une nappe de porosité après infiltration dans une couche de sable ou graviers non saturés en eau

Les constats et attentes de l'autorité environnementale

Prise en compte du risque sanitaire lié à la pollution microbiologique dans les évaluations environnementales

Le nombre de dossiers vus par l'autorité environnementale où est évoqué ce type d'enjeux est limité. Les évaluations environnementales des projets d'assainissement d'eaux usées ou d'élevages, ou celles des plans traitant de ces sujets (zonages d'assainissements...) sont généralement muettes sur la pollution microbiologique, à l'exception de certaines traitant d'assainissement des eaux usées à proximité d'enjeux forts (plages, élevages conchylicoles, réutilisation des eaux usées). Les conclusions à en tirer sont donc limitées.

Pour autant, la pollution microbiologique est un enjeu majeur des études d'impact concernant l'assainissement des eaux usées urbaines, des effluents d'élevages et de certaines autres installations (abattoirs, eaux de refroidissement...). Les doses minimales infectantes sont souvent très faibles¹⁶ alors que les eaux usées peuvent présenter des concentrations fortes en agents pathogènes, en particulier en période d'épidémie concernant les maladies d'origine hydrique. Les eaux usées, même traitées, ont donc souvent un énorme potentiel de contamination microbiologique. Leur rejet et plus encore leur réutilisation nécessitent des précautions majeures et une approche rigoureuse et quantifiée des risques, ce qui n'est que rarement le cas. Cela inclut l'inventaire de l'ensemble des sources d'émission possibles, des cibles potentielles¹⁷ et des voies de transfert dans le périmètre où les concentrations peuvent être infectantes. Les mesures de maîtrise de ce risque doivent faire l'objet d'une analyse de leur robustesse, avec les risques en particulier de « courts-circuits¹⁸ » dans les systèmes de traitement ou les voies de transfert.

Une évaluation environnementale devrait donc prendre en compte le risque sanitaire lié à la pollution microbiologique, au même titre que les autres impacts environnementaux, dès lors que le projet, plan ou programme traite de rejets d'effluents ou d'épandages pouvant présenter une contamination par des microorganismes pathogènes.

Périmètre du projet et de l'étude

L'étude d'impact devrait porter sur le périmètre du projet dans son ensemble au sens de l'évaluation environnementale (voir les fiches « Élevages intensifs (bovins, porcs et volailles) et eaux », « Systèmes d'assainissement et stations de traitement des eaux usées urbaines » et « réutilisation des eaux usées traitées »).

État initial

Il est rare qu'un système d'assainissement des eaux usées soit créé *ex nihilo*. L'évaluation du risque sanitaire lié aux pollutions microbiologiques devrait alors s'appuyer sur un diagnostic de l'existant, avec la caractérisation des rejets d'eaux usées traitées ou non dans le milieu naturel (STEU¹⁹, déversoirs, fuites sur le réseau...), de l'épandage et de l'état du milieu récepteur au regard de la pollution microbiologique. Ce diagnostic devrait prendre en compte les rejets tant en fonctionnement normal (y compris en période de pluie) qu'en situation dysfonctionnelle.

La durée de survie des pathogènes, en particulier des kystes de protozoaires dans l'eau et les sols ou sur les végétaux, n'est pas prise en considération, alors qu'elle peut être élevée²⁰ et conduire à des pollutions à longue distance. Le périmètre de l'étude des incidences de la pollution par les microorganismes devrait donc s'étendre à l'ensemble de la zone où cette pollution est encore susceptible d'affecter les populations, voire les élevages.

¹⁶ La présence d'un seul kyste ou œuf de parasite est suffisant pour infecter un être humain.

¹⁷ Les doses minimales infectantes sont différentes selon les populations concernées, leur âge en particulier.

¹⁸ Par court-circuit, il faut comprendre toutes les possibilités pour les agents pathogènes d'aller plus directement des eaux usées ou des effluents d'élevage vers les populations cibles : contournement (by-pass) de certaines unités de traitement ; contamination interne au sein des usines par les manipulations ou défaut d'étanchéité de certains circuits... ; fuites sur les réseaux ; ruissellement à l'occasion d'orage sur des sols ayant reçu des épandages agricoles ou de boues urbaines, avec pollution des eaux de surface ou infiltration dans des « gouffres » karstiques...

¹⁹ Station de traitement des eaux usées

²⁰ Les kystes de protozoaire peuvent survivre dans l'environnement pendant des semaines, voire des années dans les eaux et les sols (18 mois pour les oocystes de *Cryptosporidium* dans une eau à 4°C).

L'inventaire des enjeux sanitaires devrait être établi à cette échelle : aires d'alimentation de captages d'eau potable, baignades, zones conchylicoles, zones maraîchères, aquifères stratégiques, zones d'alimentation d'élevages...

Réduire le risque à la source

Compte tenu du manque d'informations suffisantes sur le comportement, la survie et la mobilité des pathogènes dans l'environnement, il semble préférable de réduire à la source les flux de microorganismes rejetés dans l'environnement. Or, force est de constater que cette réduction à la source n'est que rarement présentée si elle n'est pas imposée par la réglementation ou la présence d'enjeux sanitaires forts.

Le principal risque est la dispersion des effluents bruts (eaux usées et effluents d'élevage). Le premier travail de maîtrise du risque sanitaire devrait donc consister en :

- la réduction du nombre de déversoirs d'orages et des volumes d'eaux usées brutes qui y sont déversés, voire leur suppression sur les réseaux d'assainissement ; au-delà de la création de réservoirs d'orage, le passage progressif à un réseau séparatif sur les extensions et lors des renouvellements peut contribuer à réduire ces déversements ;
- la suppression des fuites sur les réseaux d'assainissement et les stockages de lisiers, et un engagement du maître d'ouvrage sur la mise en place d'un système d'entretien préventif permettant de limiter leur réapparition par des diagnostics réguliers et le renouvellement des équipements et canalisations ;
- la mise en place de systèmes de traitement complémentaire des effluents (filtration, infiltration, lagunage...), voire de désinfection chaque fois que c'est nécessaire, et après analyse de l'intérêt et des impacts éventuels des différentes solutions ; pour ce qui est des épandages, l'hygiénisation des boues, la méthanisation ou le compostage préalables des déchets épandus peuvent également apporter des solutions ;
- la réduction de la pollution des surfaces de ruissellement par des déchets et déjections divers, le nettoyage des rues...
- la gestion et l'entretien des aéroréfrigérants et dispositifs de chauffage de l'eau, comme le respect des températures minimales pour éviter le développement des légionnelles.

Protéger les enjeux

Si les enjeux du milieu récepteur imposent généralement le niveau de traitement des eaux usées, ils pourraient aussi amener à prendre d'autres mesures visant à se protéger au mieux des risques résiduels. Ces mesures peuvent être :

- la prolongation de la canalisation de rejet hors d'une aire d'alimentation de captage en nappe²¹ ou jusqu'à un cours d'eau plus important ;
- la modélisation des circulations d'eau une fois les eaux usées rejetées²² ;
- les modalités de réutilisation des eaux usées : type d'irrigation (irrigation au goutte à goutte vs aspersion), choix de la production agricole (production non alimentaire ou d'aliments consommés cuits...) ;
- l'évitement des zones karstiques dans les plans d'épandage, en particulier les zones d'infiltration rapide (« gouffres »...).

L'autorité environnementale n'a jamais eu à connaître d'étude d'impact évaluant le risque sanitaire que présentent pour les populations les eaux usées qui pourraient venir contaminer leur ressource en eau ou alimentaire, ou leur site de baignade, situation propice à une flambée épidémique. L'analyse de risque devrait vérifier qu'il n'existe pas de « circuit court », quelles que soient les conditions de fonctionnement du système d'assainissement, la météorologie ou l'hydrologie, voire le contexte commercial (réutilisation des eaux usées pour des productions alimentaires).

²¹ Le risque de pollution des captages est trop souvent écarté en considérant que le rejet ou l'épandage a lieu hors de leurs périmètres de protection rapprochés, parfois éloignés et non, hors de leurs aires d'alimentation.

²² Des modélisations hydrauliques sont souvent prévues pour les rejets en mer avec vérification que les courants ne dirigent pas les rejets vers des enjeux forts (baignade, conchyliculture).

Prise en compte des aléas naturels et de fonctionnement

L'évaluation des risques sanitaires liés aux pollutions microbiologiques, lorsqu'elle existe, n'envisage le fonctionnement du projet le plus souvent que dans des conditions optimales, en période sèche sans déversement d'eaux usées brutes aux déversoirs d'orage ou en l'absence d'épidémie d'origine hydrique pour les systèmes d'assainissement ou de zoonose pour les élevages, en l'absence de pannes, sur la STEU ou sur le réseau (refoulements).

Au regard des évènements constatés les dernières années et en lien avec le changement climatique, il apparaît nécessaire que ces situations soient anticipées (prise en compte du fonctionnement en mode dégradé et impacts de ce fonctionnement sur l'environnement et la santé humaine).

Germes témoins de contamination fécale et risque lié aux pathogènes

Lorsqu'elles existent, les analyses, études et modélisations sur les incidences des microorganismes pathogènes sur la santé des populations ne prennent en compte le plus souvent que les « germes témoins de contamination fécale », paramètre caractéristique de la pollution fécale, mais qui ne regroupe que les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux, qui sont des germes banals, non directement pathogènes. Ils ne constituent que des indicateurs du risque de présence de germes bactériens pathogènes, mais ne couvrent pas le risque lié à la présence d'autres pathogènes. En particulier le comportement et la mobilité des virus et des parasites dans l'environnement peuvent être différents de celui des bactéries et en particulier, des germes suivis.

Prise en compte des documents de référence (planification...)

Ces sujets de pollution microbiologique sont rarement abordés dans les documents de planification sur l'eau (schéma d'aménagement et de gestion des eaux - SAGE, schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux - SDAGE) ou les documents d'urbanisme, moins exceptionnellement dans ceux traitant d'eaux usées (schémas directeurs d'assainissement ou zonages d'assainissement).

Dans la mise en œuvre de la directive « eaux de baignade » sont établis des « profils de baignade » auxquels il convient de se référer.

Liens vers d'autres fiches :

- Réduction à la source de la consommation d'eau et des émissions de polluants dans les eaux
- Élevages intensifs (bovins, porcs et volailles) et eaux
- Systèmes d'assainissement et stations de traitement des eaux usées urbaines
- Réutilisation des eaux usées traitées
- Raccordement des rejets d'activités non domestiques (industries, établissements hospitaliers...) aux réseaux publics d'assainissement

Pour aller plus loin :

[Quelle protection pour les captages d'eau destinée à la consommation humaine implantés en zone karstique ?](#)

Jean Carré, Georges Oller, Jacques Mudry. Environnement, Risques & Santé, 2010

[La pollution microbiologique et les eaux de baignade](#), Ministère de la Santé

[Impact des rejets d'assainissement permanents ou transitoires sur la qualité des eaux de baignade](#), Blanchet, Soyeux, Deutsch, De Roeck, TSM n°3, 2007

[Guide national pour l'élaboration d'un profil de baignade](#), Ministère de la Santé

[Désinfection des eaux usées : position du ministère québécois de l'environnement](#)

[Dynamique et identification des sources de contamination fécale dans un espace littoral connaissant des pratiques de tourisme et de loisirs : l'exemple de la baie d'Aytré](#). Sciences agricoles. Université de La Rochelle, 2022.