

NOTE
de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation,
de l'environnement et du travail

relatif à la détermination de valeurs guides pour les paramètres microbiologiques dans les rejets des systèmes d'assainissement collectifs et non collectifs à l'amont d'usages sensibles

L'Anses met en œuvre une expertise scientifique indépendante et pluraliste.

L'Anses contribue principalement à assurer la sécurité sanitaire dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation et à évaluer les risques sanitaires qu'ils peuvent comporter.

Elle contribue également à assurer d'une part la protection de la santé et du bien-être des animaux et de la santé des végétaux et d'autre part l'évaluation des propriétés nutritionnelles des aliments.

Elle fournit aux autorités compétentes toutes les informations sur ces risques ainsi que l'expertise et l'appui scientifique technique nécessaires à l'élaboration des dispositions législatives et réglementaires et à la mise en œuvre des mesures de gestion du risque (article L.1313-1 du code de la santé publique).

Ses avis sont rendus publics.

L'Agence nationale de la sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a été saisie le 22 juillet 2010 par la Direction générale de l'alimentation et la Direction générale de la santé, d'une demande d'avis relatif à la détermination de valeurs guides pour les paramètres microbiologiques dans les rejets des systèmes d'assainissement collectifs et non collectifs à l'amont d'usages sensibles.

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

Les eaux usées traitées rejetées par les systèmes d'assainissement collectif et non collectif contiennent des micro-organismes qui peuvent constituer un risque pour la santé des populations exposées via des usages sensibles situés à l'aval de ces rejets (baignade, conchyliculture, pêche à pieds, pisciculture, prise d'eau pour la production d'eau potable, etc.). Ces rejets peuvent influencer aussi bien la qualité de l'eau douce que celle de l'eau de mer.

Cette saisine porte sur la détermination de listes de paramètres microbiologiques pertinents suivant les usages, voire de valeurs guides, destinées à assurer la protection de la population humaine exposée à l'aval de ces rejets, vis-à-vis des risques sanitaires liés aux usages sensibles précités.

L'Anses a précisé dans son courrier du 15 décembre 2010 que le champ de l'expertise porterait sur les points suivants :

- les eaux usées issues des installations de :
 - l'assainissement collectif et non collectif, au sens de l'arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées des agglomérations d'assainissement ainsi qu'à la surveillance de leur fonctionnement et de leur efficacité et aux dispositifs d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique supérieure à 1,2 kg/j de DBO5 (Demande biologique en oxygène sur 5 jours),

- l'assainissement non collectif au sens de l'arrêté du 7 septembre 2009 fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 ;
- les installations d'assainissement seront considérées en mode normal de fonctionnement ;
- les usages sensibles susceptibles de présenter des risques pour la santé humaine identifiés seront notamment les suivants :
 - baignade ;
 - conchyliculture ;
 - pêche à pied ;
 - pisciculture ;
 - prise d'eau pour la production d'eau potable.

Ne seront pas considérés dans le cadre de l'expertise :

- le réseau d'assainissement et ses éventuels dysfonctionnements ;
- les installations d'assainissement qui fonctionnent en mode dégradé ou qui font l'objet de dysfonctionnements ;
- le risque pour la santé animale ;
- les usages agricoles, déjà traités par ailleurs ;
- le risque pour la santé des travailleurs, par ailleurs abordé dans d'autres saisines traitées par l'Anses ;
- les activités récréatives autres que la baignade en eau douce ou eau de mer ;
- les dangers relatifs à l'antibiorésistance et aux toxines

2. ORGANISATION DE L'EXPERTISE

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – Prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

Pour répondre à la demande, l'Anses a engagé une expertise en deux étapes. La présente note présente les travaux de la première étape :

Étape 1 : une note d'étape faisant le point de la littérature scientifique sur :

- les usages sensibles en aval des rejets d'assainissement ;
- les dangers sanitaires en fonction des usages situés en aval ;
- l'expérience acquise dans d'autres pays en matière d'évaluation des risques, de définition de paramètres et valeurs guides retenues, contraintes de distance des rejets par rapport aux usages sensibles situés en aval, etc. ;
- les niveaux de contamination microbiologique des eaux usées rejetées par les installations d'assainissement collectif et non collectif et les conditions de persistance des agents pathogènes dans le milieu récepteur.

Étape 2 : en fonction des résultats de l'étape 1, l'établissement d'une liste de paramètres pertinents de suivi de la qualité des eaux usées traitées (micro-organismes indicateurs et/ou pathogènes) assortie de valeurs guides pouvant être appliquées au point de rejet. Ces paramètres pourront être assortis de règles de distance entre le point de rejet et l'usage aval, afin de garantir la sécurité sanitaire des personnes exposées selon les différents usages situés en aval du point de rejet et des caractéristiques du milieu récepteur (eaux douces/marines, qualité, débit, etc.).

La présente note a été réalisée par la Direction de l'évaluation des risques avec la contribution de cinq experts et soumise pour validation aux CES « Eaux » les 6 janvier et 7 février 2012 et au CES « Microbiologie » les 8 décembre 2011, 25 janvier (par voie télématique) et 9 février 2012.

La présente note a été réalisée sur la base de données réglementaires et bibliographiques et a donné lieu à un avenant à une convention de recherche et développement sur le risque sanitaire en assainissement non collectif (RISANCO).

3. ARGUMENTAIRE

3.1. Typologie des usages sensibles

Les micro-organismes pathogènes présents dans les rejets des eaux usées épurées issus des systèmes d'assainissements collectif et non collectif, sont susceptibles de présenter des risques sanitaires pour des populations exposées. Cette exposition de la population peut être directe via l'ingestion, le contact ou l'inhalation d'une eau de rejet contaminée ou indirecte suite à la consommation d'un aliment ayant été en contact avec une eau de rejet contaminée. Les populations sont exposées via un « usage sensible » en aval de ces rejets.

Les usages sensibles situés en aval des rejets des systèmes d'assainissement collectif et non collectif sont ceux qui, à la fois, exposent directement ou indirectement une population humaine à un danger sanitaire présent dans ces eaux de rejets et sont situés dans les zones sensibles ou protégées définies par la DCE (2000/60/CE modifiée, annexe IV) et le code de l'environnement (articles R211-94, R212-4). Les usages sensibles identifiés sont les suivants :

- la baignade,
- la production d'eau destinée à la consommation humaine,
- la conchyliculture et la pêche à pied,
- la pisciculture et la pêche de loisir,
- les manipulations des produits de la pêche par de l' « eau de mer propre ».

3.2. Contexte réglementaire

L'Union européenne (UE) a pris conscience de la fragilité de la qualité des eaux douces ou littorales soumises à des contaminations passagères ou récurrentes. La recherche de l'origine de ces contaminations a mis en exergue le rôle de différents facteurs :

- le rejet lui-même (d'origine urbaine ou agricole),
- les facteurs physiques (proximité des rejets, dilution insuffisante, saturation des sols...),
- les facteurs climatiques (débordements de réseaux par temps de pluie) voire saisonniers (insuffisance de la station d'épuration en période estivale en zone touristique).

Prenant en compte ces aspects multi-factoriels, l'UE a mis en place des mesures réglementaires visant à protéger les usages sensibles et a établi la directive cadre sur l'eau en 2000 (DCE 2000/60/CE modifiée) pour la protection et la gestion des eaux de surface continentales et littorales et des eaux souterraines.

Cette directive impose aux États-membres l'atteinte du bon état et la non dégradation des masses d'eau d'ici 2015. Le bon état inclut la qualité écologique, l'état chimique d'une masse d'eau et des normes de qualité environnementale destinées à protéger la santé humaine et l'environnement pour des substances dangereuses prioritaires. La DCE n'intègre pas de volet microbiologique relatif à la qualité des masses d'eau.

La directive 2008/56/CE du Parlement européen relative au milieu marin vise à assurer la restauration ou le maintien du bon état écologique des eaux marines d'ici 2020, et à assurer la viabilité écologique des activités économiques liées au milieu marin. Son application en France fait l'objet de diverses mesures réglementaires récentes.

La synthèse présentée en annexe 1 a pour objectif de réaliser un tour d'horizon des réglementations nationales ou européennes relatives aux traitements des eaux usées, aux productions et aux activités sensibles situées en aval du traitement de ces rejets. On peut relever

que, si aucune exigence de résultats n'apparaît, des obligations de moyens sont applicables, entre autre la réalisation d'études d'impact ou d'incidence pour les stations d'épuration et la réalisation de profils de vulnérabilité¹ pour les usages sensibles.

La responsabilité *in fine* du classement de la zone de production conchylicole et du classement sanitaire pour la baignade relève de la décision du Préfet.

Par ailleurs, si des limites microbiologiques étaient fixées pour des germes indicateurs et ou micro-organismes pathogènes pertinents, il faudrait autoriser des traitements de décontamination permettant de les atteindre. Sur ce point, seule une recommandation du Conseil supérieur d'hygiène publique de France a été publiée en 1995 (annexe 1) sur le rejet d'eaux désinfectées en amont des zones sensibles. Cet avis concluait que toute zone de baignade ou de production de coquillages vivants exposée à l'influence d'un effluent désinfecté reste soumise à une contamination microbiologique résiduelle potentielle.

Pour résumer, actuellement la protection dans l'union européenne (UE) des usages sensibles passe par des études définissant l'origine des sources et les conditions de contamination (facteurs physiques, climatiques). Il n'existe pas de normes microbiologiques au niveau des rejets sachant que les traitements de désinfection sont souvent inadaptés pour réduire les pathogènes (virus, parasites) et que les conditions de dilution -des eaux rejetées jusqu'aux usages- qui gouvernent la contamination finale sont hautement fluctuantes (de façon temporelle et d'un site à l'autre).

3.3. Identification des dangers sanitaires microbiologiques pertinents relatifs aux usages sensibles situés en aval de rejets d'eaux usées traitées

L'identification des dangers microbiens conventionnels (bactéries, virus et parasites) pertinents au regard des risques en santé publique liés à l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés d'une part et au contact lors de baignades ou d'activités nautiques d'autre part, a été réalisée à partir des avis et rapports de l'Agence et d'une analyse collective de la bibliographie récente.

De nombreux micro-organismes potentiellement pathogènes pour l'Homme sont susceptibles d'être retrouvés, à différentes concentrations, dans les eaux usées domestiques brutes. Ces micro-organismes sont rejetés dans le milieu récepteur après collecte et traitement.

L'analyse bibliographique détaillée fait apparaître, dans le monde, un nombre très important de dangers biologiques potentiellement présents dans les rejets d'eaux usées (Afsset 2009, OMS 2003, OMS 2009). Cependant, au vu des évaluations précédemment réalisées au sein de l'Agence, une liste plus restreinte peut être proposée.

Des détails sur les différents pathogènes évoqués ci-après sont disponibles dans les fiches de dangers microbiologiques sur le site de l'Agence (<http://www.anses.fr/PN9501.htm>).

3.3.1. Bactéries pouvant être présentes dans les eaux usées

Parmi les bactéries pathogènes susceptibles d'être présentes dans les eaux usées, les salmonelles, les campylobacters thermotolérants, *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, et les *E. coli* entérohémorragiques ont été particulièrement étudiés. Ces bactéries sont, pour la plupart, responsables de gastro-entérites mais provoquent parfois des maladies graves chez l'Homme à l'exemple des encéphalites et des septicémies dues à *L. monocytogenes*, ou des syndromes hémolytiques et urémiques (SHU) causés par *E. coli* O157:H7.

Salmonella

Salmonella est une des principales causes de toxi-infections alimentaires en Europe. Sa présence dans les eaux usées a été rapportée par de nombreux auteurs. Elle a été isolée dans des eaux recevant des rejets de stations d'épuration urbaine. Plusieurs enquêtes épidémiologiques ont mis en évidence le rôle de l'ingestion d'eau contaminée par des déjections humaines lors d'épidémies de salmonelloses (Berge *et al.*, 2006).

Campylobacters thermotolérants

¹ Le profil de vulnérabilité correspondant aux exigences de l'article D1332-20 du CSP.

Campylobacter est considéré comme une cause importante de gastro-entérites d'origine bactérienne. La principale voie d'infection par *Campylobacter jejuni/coli* demeure la consommation d'aliments contaminés, principalement des viandes de volailles. Cependant d'autres facteurs de risques ont été identifiés tels que le contact avec des animaux infectés mais également la baignade dans des eaux de surface. En effet, les deux espèces les plus impliquées dans les toxi-infections alimentaires, *C. jejuni* et *C. coli* ont aussi été retrouvées dans des eaux de surface contaminées par des rejets d'eaux usées. Les campylobacters sont alors issus des fèces humaines et des rejets d'abattoirs. Ces germes qui survivent mieux à basse température qu'à température élevée ont toutefois été détectés dans les eaux de surface en période estivale. De même, les études rapportées par Jones (2001) montrent des pics de concentrations en *Campylobacter* dans les eaux usées en mai et juin qui correspondent d'ailleurs aux pics d'incidence des campylobactérioses dans la population humaine.

Shigella sonnei

Cette entérobactérie, présente dans les eaux usées, se transmet facilement sur le mode féco-oral. Elle a été impliquée dans des épidémies liées à des bains dans des eaux de surface (Dubois et Tracol, 1996 ; Iwamoto *et al.*, 2005) sans toutefois avoir été identifiée dans les eaux de baignade incriminées. Elle a également été impliquée dans des épidémies liées à l'ingestion d'eau potable probablement contaminée par des eaux usées (Koutsotoli *et al.*, 2006).

Listeria monocytogenes

Bien que la listériose humaine soit rare avec une incidence annuelle de 3 à 5 cas par million d'habitants répertoriés depuis 10 ans en France (Goulet *et al.*, 2008), la listériose invasive représente généralement une maladie grave avec un taux de mortalité de 20 à 30% (Farber et Peterkin, 1991; Mead *et al.*, 1999). *L. monocytogenes* dont la capacité de survie dans l'environnement est supérieure à celle des autres bactéries pathogènes d'origine entérique, a été mise en évidence dans les eaux usées (Watkins et Sleath, 1981, Macgowan *et al.*, 1994 Moreno *et al.*, 2011) et dans les eaux de surface (Watkins et Sleath, 1981 ; Dijkstra, 1982 ; Lyautey *et al.*, 2007).

E. coli entérohémorragique (EHEC)

Parmi les EHEC, l'un des sérotypes les plus importants pour la santé publique est *E. coli* O157 : H7. Celle-ci est à l'origine de colites hémorragiques pouvant évoluer vers une insuffisance rénale. Bien que les ruminants soient reconnus comme étant leur principal réservoir, l'eau de surface, contaminée par des rejets de stations d'épuration peut être également impliquée dans la transmission des infections à EHEC. Les études menées par Holler *et al.* (1999) et Vernozzy-Rozand *et al.* (2002) indiquent une fréquence de détection des EHEC élevée dans les eaux usées et les boues de stations d'épuration. Holler *et al.* (1999) ont ainsi détecté les gènes *stx1* et *stx2*, codant pour les shigatoxines, dans 93% des échantillons d'eaux usées. Les *E. coli* O157:H7 sont capables de survivre dans les eaux de surface (William *et al.*, 2007) et ont déjà été impliquées dans une épidémie de gastro-entérites observée chez de jeunes enfants qui s'étaient baignés en eau douce (Bruce *et al.*, 2003).

3.3.2. Virus

Le mode de transmission des virus à l'Homme peut être varié, mais le risque de transmission de virus entériques à l'Homme par ingestion d'un aliment ou d'eau contaminé a été démontré et pose des problèmes dans les secteurs de l'agroalimentaire et de la distribution de l'eau. Ainsi, le rapport de l'Afssa concernant le bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale (Afssa, 2007) indique une série de virus transmis par les denrées alimentaires et/ou les eaux de consommation dont on retiendra pour les eaux usées principalement :

- Le virus de l'hépatite A,
- Le virus de l'hépatite E,
- Les calicivirus (norovirus et sapovirus),
- Les rotavirus,
- Les astrovirus,
- Les adénovirus des sous-types 40 et 41,

- Les entérovirus.

Des renseignements plus détaillés sur ces virus sont disponibles en annexe 2.

Cette liste est constituée des agents infectieux viraux qui sont de transmission inter-humaine, pour lesquels la contamination se fait par l'ingestion d'eau ou d'aliments contaminés, et qui, dans ce contexte, sont responsables d'épidémies de gastroentérites ou d'hépatites parfois très étendues.

Les virus entériques sont excrétés dans les selles et contaminent l'environnement. Incapables de se multiplier en l'absence de cellules-hôtes, ils peuvent persister et rester infectieux plusieurs jours voire semaines, notamment à basses température(s) et en présence de particules. Les aliments et l'eau sont les plus importantes sources de contamination par ces virus.

Peu de données renseignent sur le niveau de contamination des eaux usées par les virus. La quantité et la diversité des virus présents dans les eaux arrivant en tête de station d'épuration des eaux usées dépendent en grande partie de l'état sanitaire de la population raccordée au réseau d'assainissement. L'abattement en virus dans la station d'épuration, rarement total, sera fonction des processus de traitements. Toutefois, en cas de surcharge hydraulique liée notamment à des conditions météorologiques défavorables, des déversements d'eaux usées non traitées dans le milieu naturel peuvent survenir. Le risque d'une contamination durable de l'environnement et des aliments dépendant de ce milieu est alors accru.

Le risque n'est pas identique pour tous ces virus. À l'heure actuelle, les risques sanitaires les plus importants sont liés à la consommation d'aliments ou d'eaux contaminés par les norovirus ou le virus de l'hépatite A responsables respectivement de gastroentérites et d'hépatites aiguës (Anses 2007, 2008, 2010, 2011 ; Efsa 2011). Ces virus, très résistants, sont largement excrétés dans les selles et contaminent l'environnement.

3.3.3. Parasites

Au regard de la bibliographie sur les risques liés aux parasites dans les eaux de rejet en France, il nous semble pertinent de retenir les pathogènes rejetés dans les excréments humains à l'origine de maladies humaines mais également ceux rejetés dans les excréments des animaux familiers qui peuvent potentiellement contaminer le circuit des eaux usées et qui véhiculent des micro-organismes potentiellement pathogènes pour l'Homme et en particulier :

- Les kystes ou oocystes des protozoaires (forme de résistance avec capacité de survie dans les eaux et les sols): les principaux dangers retenus sont *Cryptosporidium sp.* et *Giardia duodenalis*. Les dangers *Entamoeba histolytica/dispar* et *Toxoplasma gondii* peuvent également être retrouvés dans les eaux usées.
- Les œufs d'helminthes (forme de résistance avec capacité de survie dans les eaux et les sols): les principaux dangers retenus sont *Ascaris sp.* et *Taenia saginata*.

Cette liste concerne les parasites retrouvés régulièrement en France métropolitaine dans les eaux de rejets d'assainissement. En revanche d'autres parasites peuvent être retrouvés dans les DOM-TOM. L'annexe 3 présente plus en détail les protozoaires et les helminthes susceptibles de se trouver dans les eaux usées.

3.4. Ordre de grandeur des niveaux de contamination des eaux usées rejetées par les installations d'assainissement

Une revue de la littérature a été effectuée afin de disposer d'exemples de niveaux de contamination en micro-organismes pathogènes et indicateurs de contamination des eaux usées brutes et traitées à travers le monde.

Les ordres de grandeurs de contamination présentés ci-dessous doivent être interprétés avec précaution. En effet, l'enjeu est la contamination au niveau local. Il est donc préférable de raisonner en termes de flux de micro-organismes pathogènes en se rapportant au débit du rejet. Par exemple, une concentration de 10^3 *E. coli*/100 mL et un débit de 1 m³/s est équivalent au flux apporté par un débit de 10 m³/s et 10^2 *E. coli*/100 mL. D'une façon générale les systèmes d'assainissement non collectifs qui utilisent le sol comme milieu de filtration et de dispersion et qui sont correctement mis en œuvre présentent une meilleure efficacité microbiologique que les traitements d'assainissement collectifs.

3.4.1. Dans les eaux usées brutes

Des exemples de niveaux de contamination microbiologique des eaux usées brutes sont présentés en annexe 4.

D'un point de vue général, les micro-organismes pathogènes sont retrouvés de façon quasi-systématique avec des concentrations pouvant aller jusqu'à 10^{12} par litre pour les adénovirus lorsque la détection est faite par PCR, ou 10^9 lorsqu'elle est faite en culture. Il faut préciser que ces concentrations sont, bien entendu, liées au nombre de cas infectieux dans la population. Les bactéries et les parasites sont retrouvés en quantité moindre.

Les indicateurs de contamination d'origine fécale sont également retrouvés de façon quasi-systématique, avec des concentrations pouvant atteindre 10^8 UFC pour 100 mL. Les *E. coli* sont retrouvés généralement à un niveau moyen de l'ordre de 10^7 UFC pour 100mL et les entérocoques intestinaux de l'ordre de 10^6 UFC pour 100 mL.

3.4.2. Dans les eaux usées traitées

Des exemples de niveaux de contamination microbiologique des eaux usées traitées sont présentés en annexe 4. La concentration des bactéries pathogènes dans les eaux traitées peut atteindre 10^6 UFC pour 100 mL à la sortie de systèmes d'assainissement collectifs. Les traitements tertiaires sont les plus efficaces pour éliminer la charge bactérienne, les traitements secondaires étant insuffisants. Ainsi, les traitements secondaires éliminent de deux unités logarithmiques environ le niveau de contamination des bactéries indicatrices alors que les traitements tertiaires permettent des abattements plus importants.

D'une façon générale, les virus et les parasites sont peu éliminés par les traitements à boues activées (les plus couramment utilisés dans les stations d'épuration de type urbain) et résistent en partie aux traitements tertiaires.

3.5. Conclusion

La revue bibliographique et réglementaire confirme que les usages sensibles situés en aval des installations de traitement des eaux usées nécessitent des niveaux de qualité d'eau spécifiques. Certains micro-organismes constituent des dangers pour ces usages et peuvent provenir de rejets d'eaux usées. Les teneurs en micro-organismes dans les eaux usées et dans les rejets de stations sont très variables et les agents pathogènes identifiés peuvent y être présents en nombre très élevé. De plus, la présence dans l'environnement de la plupart des micro-organismes pathogènes pour l'Homme et particulièrement des virus, est liée au nombre de cas infectieux et de porteurs sains dans la population locale et peut varier en fonction du temps.

Si le choix était fait de maîtriser la présence de pathogènes dans ces eaux, il serait nécessaire de passer par de nouveaux traitements secondaires et/ou des traitements tertiaires adaptés aux usages en aval et à la situation locale. Cependant la résistance des micro-organismes pathogènes à ces traitements est très variable et souvent nettement plus importante que celle des indicateurs classiques de contamination d'origine fécale². Aussi d'autres indicateurs plus représentatifs des micro-organismes résistants devraient être proposés pour s'assurer de l'efficacité du traitement et de la qualité des rejets. A ce sujet, les données référencées dans l'annexe 4 apportent de nombreuses informations notamment vis-à-vis de l'efficacité des traitements classiques d'épuration mais ne présentent pas un niveau de précision suffisant pour une approche quantitative.

Un tel choix ne devrait pas se faire sans ignorer que d'autres sources de contamination contribuent à la présence de ces pathogènes dans l'environnement, entre autres les apports liés aux dysfonctionnements des stations d'épuration, aux fuites au niveau des réseaux de collecte des eaux usées ou des mauvais branchements sur les réseaux séparatifs ainsi que des apports liés aux animaux, aux élevages, etc. Les rejets de STEP et l'assainissement non collectif (ANC) ne doivent

² *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux.

pas être considérés systématiquement comme les contributeurs majoritaires concernant la présence de pathogènes dans l'environnement.

Ainsi, réduire la contamination des eaux rejetées est une solution qui ne pourrait prétendre à elle seule maîtriser le risque sanitaire lié aux usages sensibles en aval.

Par ailleurs, la revue réglementaire de l'annexe 1 montre que l'établissement de valeurs guides est contraire à la démarche adoptée dans les textes réglementaires qui demandent l'établissement de profils de risques et d'études de vulnérabilité au cas par cas. Ce type d'approche est appliqué dans le cadre des études d'impact réalisées également au cas par cas pour les stations d'épuration. Ces études locales fournissent les données les plus adaptées à prendre en compte dans l'établissement des profils de vulnérabilité pour les usages sensibles en aval des rejets.

L'absence de modélisation générique de la diffusion des dangers microbiologiques dans l'environnement ne permet, ni de relier de façon théorique et générale les données de l'étude d'impact et de l'étude de vulnérabilité, ni d'émettre des recommandations en terme de distances entre les rejets et l'activité concernée.

Il convient donc avant tout que les exigences réglementaires soient respectées sur la collecte, le traitement et la qualité des rejets de stations d'épuration, ainsi que les exigences techniques sur les systèmes d'assainissement autonome et, au niveau des usages, les exigences portant sur les études et la qualité d'eau requises.

En l'état actuel des connaissances, les CES « Eaux » et « Microbiologie » estiment qu'il n'est pas possible de poursuivre l'expertise sur la détermination de valeurs guides pour les paramètres microbiologiques dans les rejets des systèmes d'assainissement collectifs et non collectifs à l'amont d'usages sensibles.

Sur la base d'une hiérarchisation des dangers potentiels à prendre en compte en aval des rejets d'assainissement au regard des usages identifiés, le travail nécessiterait des études et des travaux de recherche voire des travaux normatifs sur les points suivants:

- les méthodes analytiques des dangers identifiés,
- la survie des micro-organismes identifiés dans l'environnement,
- l'efficacité des filières de traitement des eaux usées en assainissement collectif et non collectif,
- la définition de la notion de transfert dans l'environnement (dilution, modélisation des flux, transferts vers les sédiments, la vase...).

L'analyse diagnostique des zones d'exposition doit porter sur l'ensemble du système d'assainissement (ouvrages, réseau, déversoirs, rejets...) afin de maîtriser le risque sanitaire.

La problématique de l'accumulation des virus entériques dans les coquillages (et notamment des norovirus) est, à ce titre, un des domaines jugé prioritaire à ce jour par les CES.

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Anses adopte les conclusions et recommandations des CES « Eaux » et « Microbiologie ».

Concernant les rejets des systèmes d'assainissement, les données disponibles pour les différents pathogènes identifiés dans la présente note ne permettent pas d'établir un niveau seuil en dessous duquel il n'y a pas de risque pour les usages sensibles situés en aval.

En effet la qualité microbiologique des rejets des systèmes d'assainissement est influencée par un très grand nombre de facteurs qui varient dans le temps et dans l'espace et nécessitent une évaluation au cas par cas en fonction des usages en aval. Les outils de maîtrise du risque prévus par les différentes réglementations et qui visent à réduire le risque microbiologique doivent être mis en œuvre en toute rigueur. Il est donc nécessaire, pour réduire le risque microbiologique, de s'assurer de la mise en conformité des systèmes d'assainissements collectifs et non collectifs.

La mise en évidence d'un pathogène d'origine anthropique au niveau d'un usage en aval d'un rejet d'assainissement doit inciter à développer des programmes de recherche notamment dans le cas où le système d'assainissement est conforme à la réglementation et qu'il apporte l'assurance d'un bon fonctionnement des installations de collecte et de traitement des eaux usées sans épisodes de rejets directs et ce en particulier en cas de fortes précipitations.

Les usages sensibles identifiés dans la présente note sont la production d'eau destinée à la consommation humaine, la baignade au sens de la directive 2006/7/CE précitée, la conchyliculture, la pisciculture, ainsi que la pêche à pied et la pêche de loisir.

Afin de limiter les dangers microbiologiques au niveau des usages, divers outils de maîtrise des risques peuvent être mis en œuvre :

- protection au niveau de la ressource en eau utilisée ;
- traitements de rétention ou de désinfection de l'eau utilisée ;
- cuisson des produits de la pêche (mollusques, poissons, crustacés) ;
- mise en place de systèmes qualité type HACCP ;
- surveillance et contrôle de l'eau et des produits consommés.

Les usages exposant le plus les populations sont ceux pour lesquels il n'y a pas de traitement de l'eau possible pour l'usage correspondant : consommation de produits crus (conchyliculture et pêche à pied récréative) et baignade.

Par ailleurs, l'Anses rappelle qu'une harmonisation nationale est nécessaire pour rapprocher la réglementation du zonage de la pêche à pied de loisir avec les standards réglementaires européens qui concernent la production de coquillages. De plus, il serait nécessaire de disposer de données sur la qualité microbiologique de l'eau utilisée en pisciculture et dans les zones de pêche de loisir (hors coquillages) pour mieux renseigner les niveaux d'exposition des consommateurs des produits correspondants.

Le directeur général

Marc Mortureux

MOTS-CLES

Mots clés : .Eaux usées, Microbiologie, Bactérie, Virus, Parasite, Coquillages, Eau de mer, Baignade, Eau destinée à la consommation humaine, Assainissement collectif, Assainissement non collectif.

BIBLIOGRAPHIE

Afssa (2007) Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Afssa (2008) Évaluation du dispositif de surveillance microbiologique des zones de production conchylicole et du risque lié à la consommation des coquillages, notamment dans la situation du bassin d'Arcachon. Afssa, Maisons-Alfort, France.

Afsset (2009) Risques sanitaires liés aux baignades artificielles. Évaluation des risques sanitaires. Avis de l'Afsset. Rapports d'expertise collective. Afsset, Maisons-Alfort.

Anses (2010) Contamination de coquillages marins par le virus de l'hépatite A. Anses, Maisons-Alfort, France.

Anses (2010) Consommation des poissons, mollusques et crustacés : aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme. Anses, Maisons-Alfort, France.

Anses (2011) Avis du 10 février 2011 relatif à une évaluation du risque lié à la réouverture d'une zone conchylicole fermée pour cause de présence avérée de calicivirus (norovirus et sapovirus) dans les coquillages vivants. Anses, Maisons-Alfort, France.

Berge A.C., Dueger E.L., Sisco W.M. (2006) Comparison of *Salmonella enterica* serovar distribution and antibiotic resistance patterns in wastewater at municipal water treatment plants in two California cities. *Journal of Applied Microbiology*. 101(6):1309-16.

Bruce M.G., Curtis M.B., Payne M.M., Gautam R.K., Thompson E.C., Bennett A.L., Kobayashi J.I. (2003) Lake-associated outbreak of *Escherichia coli* O157 : H7 in Clark County, Washington, August 1999. *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 157 (10) : 1016-1021.

Dijkstra R.G. (1982) The occurrence of *Listeria monocytogenes* in surface water of canals and lakes, in ditches of one big polder and in the effluents and canals of a sewage treatment plant. *Zentralblatt für Bakteriologie B* 176 (2-3) : 202-205.

Dubois M.C., Tracol R. (1996) D.D.A.S.S. de l'Ain Une épidémie de shigellose liée à la baignade dans un lac. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 85-86.

Efsa (2011) Scientific opinion on an update on the present knowledge on the occurrence and control of foodborne viruses. Efsa panel on biological hazards, Parme, Italie.

Farber J.M., Peterkin P.I. (1991) *Listeria monocytogenes* a food-borne pathogen. *Microbiological Review* 55 : 476-511.

Goulet V., Leclercq A., Vaillant V., Le Monnier A., Laurent E., Thierry-Bled F., Pihier N., De Valk H. (2008) Recrudescence récente des cas de listériose en France. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 30-31.

Holler C., Koschinsky S., Witthuhn D. (1999) Isolation of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* from municipal sewage. *The Lancet* 353 (9169) : 2039-2039.

Iwamoto M., Hlady G., Jeter M., Burnett C., Drenzek C., Lance S., Benson J., Page, D., Blake, P. (2005) Shigellosis among swimmers in a freshwater lake. *Southern medical journal* 98 (8) : 774-778.

Jones K. (2001) Campylobacters in water, sewage and the environment. *Journal of Applied Microbiology* 90, 68S-79S.

Koutsotoli A.D., Papassava M.E., Maipa V.E., Alamanos Y.P. (2006) Comparing *Shigella* waterborne outbreaks in four different areas in Greece : common features and differences. *Epidemiology and Infection* 134 (1) : 157-162.

Lyautey E., Lapen D., Wilkes G., McCleary K., Pagotto F., Tyler K., Hartmann A., Piveteau P., Rieu A., Robertson W. J., Medeiros D. T., Edge T. A., Gannon V., Topp E. (2007) Distribution and Characteristics of *Listeria monocytogenes* Isolates from Surface Waters of the South Nation River Watershed, Ontario, Canada. *Applied and Environmental Microbiology*. 73 (17) : 5401-5410.

Macgowan A.P., Bowker K., McLaughlin J., Bennett P.M., Reeves D.S. (1994) The Occurrence and Seasonal Changes in the Isolation of *Listeria* spp in Shop Bought Food Stuffs, Human Feces, Sewage and Soil From Urban Sources. *International Journal of Food Microbiology* 21 (4) : 325-334.

Mead P.S., Slutsker L., Dietz V., McCaig L.F., Bresee J.S., Shapiro C., Griffin P.M., Tauxe R.V. (1999) Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases* 5 : 607–625.

Moreno Y., Ballesteros L., Garcia-Hernandez J., Santiago P. Gonzalez A. Ferrus M.A. (2011) Specific detection of viable *Listeria monocytogenes* in Spanish wastewater treatment plants by Fluorescent In Situ Hybridization and PCR. *Water research* 45 (15) : 4634- 4640.

OMS (2003) Guidelines for safe recreational waters. Volume 1 - Coastal and fresh waters. OMS Genève.

OMS (2003) Guidelines for safe recreational waters. Volume 2 - Wastewater use in Agriculture. OMS Genève.

OMS (2009) Risk assessment of *Cryptosporidium* in drinking water. OMS Genève.

Vernozy-Rozand C., Montet M.P., Lequerrec F., Serillon E., Tilly B., Bavai C., Ray-Gueniot S., Bouvet J., Mazuy-Cruchaudet C., Richard Y. (2002) Prevalence of verotoxin-producing *Escherichia coli* (VTEC) in slurry, farmyard manure and sewage sludge in France. *Journal of Applied Microbiology* 93 (3) : 473-478.

Watkins J., Sleath K.P. (1981) Isolation and enumeration of *Listeria monocytogenes* from Sewage, Sewage Sludge and River Water. *Journal of Applied Bacteriology* 50 (1) : 1-9.

Williams A.P., Avery L.M., Killham K., Jones D.L. (2007) Persistence, dissipation, and activity of *Escherichia coli* O157 : H7 within sand and seawater environments. *Fems Microbiology Ecology* 60 (1) : 24-32.

ANNEXES

Annexe 1 : Synthèse réglementaire

1. L'assainissement :

Les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont principalement d'origine domestique mais peuvent aussi contenir des rejets d'eaux industriels et assimilés (industries, hôpitaux, aéroports...). Ces ERU relèvent de l'assainissement collectif ou de l'ANC en fonction de l'existence ou non d'un raccordement à un réseau public. La directive 91/271/CEE concerne la collecte, le traitement et le rejet des eaux résiduaires urbaines mais n'impose que des obligations de moyens sans préciser de limites microbiologiques dans les eaux traitées. En France, la directive ERU a été transposée dans la législation sur l'eau et ses textes d'application (code de l'environnement, code général des collectivités territoriales, textes réglementaires³).

L'assainissement collectif peut être unitaire ou séparatif selon que les eaux pluviales et les eaux usées transitent ou non par les mêmes canalisations. Aucune exigence microbiologique n'est prévue dans les rejets d'assainissement des eaux usées en assainissement collectif. Toutefois, le préfet peut fixer localement des contraintes pour respecter les objectifs de qualité d'eau notamment pour la protection d'usages sensibles (arrêté du 22 juin 2007 relatif à la collecte, au transport et au traitement des eaux usées). Il n'existe pas non plus de limites microbiologiques pour les rejets d'assainissement des eaux usées des ANC. Les communes délimitent les zones d'assainissement collectif où elles doivent assurer le traitement des eaux usées et les zones relevant de l'ANC où elles sont tenues d'assurer le contrôle de ces installations (Articles R.2224-7 à 11 à du Code général des collectivités territoriales).

Les dispositifs de traitement d'ANC sont soumis à des tests par le fabricant qui a la possibilité de :

- mesurer en sortie les entérocoques intestinaux, *Escherichia coli*, les spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs et les bactériophages ARN-F spécifiques (arrêté du 7 septembre 2009 fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif),
- calculer des abattements,
- qualifier la qualité microbiologique des effluents.

Il faut noter que l'Anses peut être saisie de tout projet d'assainissement à la demande du préfet (article R.1331-1 du CSP). Ces projets concernent notamment les créations, les travaux, les rejets de stations d'épuration et les autorisations de réutilisation d'eaux usées épurées pour l'arrosage d'espaces verts. L'Agence s'est déjà prononcée sur l'intérêt de prendre en compte les flux by-passés.

Les stations d'épuration de charge nominale supérieure ou égale à 10 000 EH sont soumises à autorisation et doivent faire l'objet d'une étude d'impact sur l'environnement⁴ comprenant notamment une analyse de l'état initial de la zone susceptible d'être affectée et de son environnement, l'étude du projet sur l'environnement ou la santé humaine, les mesures proportionnées envisagées pour éviter, réduire et compenser les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine ainsi qu'une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et du suivi de leurs effets sur l'environnement ou la santé humaine. Pour les stations d'épuration de moindre capacité, un document d'incidence doit également être réalisé.

2. Baignade

La réglementation européenne sur les eaux de baignade demande l'élaboration d'un profil de baignade. Ainsi, le profil de chaque eau de baignade a dû être établi avant le 1er décembre 2010 selon les dispositions de la directive 2006/7/CE (Parlement européen et du Conseil du 15 février 2006) et de ses textes de transposition. Le profil consiste notamment à identifier les sources de

³ Lien vers les textes de transposition de la directive ERU en droit français :

[http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=CDBB8E75407BFBA343A35C91DEDE9D9.tpdjo02v_3?cidTexte=J](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=CDBB8E75407BFBA343A35C91DEDE9D9.tpdjo02v_3?cidTexte=JORFTEXT00000521140&categorieLien=id)

⁴ <http://ufcna.com/Etude-impact-objectif.pdf>

pollution susceptibles d'avoir un impact sur la qualité des eaux de baignade et d'affecter la santé des baigneurs. La circulaire NDGS/EA4/2009/389 du 30 décembre 2009 relative à l'élaboration des profils des eaux de baignade stipule que les profils doivent être établis par les personnes responsables des eaux de baignade au plus tard le 1er décembre 2010 et rappelle les objectifs sanitaires et les modalités d'élaboration de ces profils. Elle définit par ailleurs, le rôle des Agences régionales de santé (ARS). A ce titre, le Ministère en charge de la santé a édité en décembre 2009 un « guide national pour l'élaboration d'un profil de baignade » définissant 3 profils types :

- type 1 : risque de pollution non avéré,
- type 2 : risque avéré et de causes connues,
- type 3 : risque avéré et de causes insuffisamment connues.

Les Agences de l'eau, pour leur part, ont inscrit dans leurs programmes, l'amélioration de la qualité des eaux de baignade (objectifs des SDAGE au titre de la préservation du Littoral, et la reconquête de la qualité sanitaire des eaux de baignades au titre de leur programme d'intervention (exemple Loire Bretagne programme 2007-2012). Pour ce faire, les Agences de l'eau ont mis en place des études de profils de vulnérabilité⁵ ayant pour vocation de comprendre et concevoir des mesures permettant de réduire le risque et de limiter l'exposition des usagers à cette pollution. Des cahiers des charges ont été établis par l'Agence de l'eau Seine-Normandie (<http://www.eau-seine-normandie.fr/index.php?id=6613>) et l'Agence de l'eau Loire-Bretagne (http://www.eau-loire-bretagne.fr/collectivites/guides_et_etudes/littoral).

Jusqu'à la saison 2013, l'ancienne législation relative aux eaux de baignade s'applique, puis s'appliqueront alors le décret n° 2008-990 du 18 septembre 2008 relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade et des piscines et l'arrêté du 22 septembre 2008 relatif à la fréquence d'échantillonnage et aux modalités d'évaluation de la qualité et de classement des eaux de baignade issus de la transposition de la directive européenne 2006/7/CE. Seuls les Entérocoques intestinaux et *Escherichia coli* sont recherchés pour définir le classement des zones A, B, C ou D. Les seuils pour la qualité des eaux de baignade proposés dans le rapport Afsset de 2007 relatif aux baignades atypiques n'ont pas été repris réglementairement. Toutefois, ils servent de référence pour la mise en place des procédures de gestion préventive des pollutions à court terme comme l'indique la circulaire NDGS/EA4/2009/389 du 30 décembre 2009 relative à l'élaboration des profils des eaux de baignade au sens de la directive 2006/7/CE).

Tableau I : Limites de qualité des eaux de baignade proposées dans le rapport Afsset, 2007

<i>E. coli</i> (par 100mL)		Entérocoques intestinaux (par 100mL)	
Eaux de mer	Eaux douces	Eaux de mer	Eaux douces
1000	1800	370	660

3. Conchyliculture et pêche à pied de loisir

Concernant les eaux conchylicoles, un guide méthodologique « Étude sanitaire microbiologique », élaboré par Ifremer en 2011⁶, décrit la méthode de réalisation d'une étude sanitaire permettant de répondre aux exigences du règlement (CE) n° 854/2004 et de l'arrêté du 21 mai 1999 en vue du classement d'une zone par l'administration. Ce guide reprend principalement les recommandations issues du guide européen des bonnes pratiques de surveillance microbiologique qui, bien que non encore validé par la DG Sanco (direction générale santé consommateur), a pour objet de fournir une base commune pour l'application des exigences du règlement (CE) n° 854/2004. Ce guide décrit par ailleurs, le processus d'études de zones permettant d'estimer la qualité microbiologique et chimique de la zone conchylicole en vue de son classement sanitaire. En pratique, les études sanitaires sont conduites par les laboratoires « Environnement et Ressources » de l'Ifremer, elles sont définies conjointement par la DGAL et l'Ifremer selon une convention annuelle entre ces deux parties.

Les Directions Départementales des Territoires et de la Mer (DDTM) sont chargées d'appliquer la réglementation des activités de culture marine et de pêches professionnelle et de loisir sur le littoral,

⁵ Le profil de vulnérabilité correspondant aux exigences de l'article D1332-20 du CSP.

⁶ (http://www.envlit.ifremer.fr/surveillance/microbiologie_sanitaire/mise_en_oeuvre)

tandis que la surveillance est confiée à l'Ifremer : le REMI (Réseau de Surveillance Microbiologique) permet de suivre la contamination bactériologique du milieu marin.

Le classement des zones de production conchylicole est basé sur le paramètre *Escherichia coli* et le classement de la qualité microbiologique d'une zone est estimé à partir des résultats analytiques mensuels des 3 dernières années calendaires afin de tenir compte d'éventuelles variations saisonnières.

Le contrôle sanitaire de la conchyliculture est fixé par le règlement (CE) n° 854/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 fixant les règles spécifiques d'organisation des contrôles officiels concernant les produits d'origine animale destinés à la consommation humaine, modifié par les règlements (CE) n° 1666/2006 et 1021/2008.

Tableau II : Critères du règlement (CE) n° 2073/2005

Nombre d' <i>Escherichia coli</i> dans 100 g (CLI)			
Classe	230	4600	46 000 max.
A	100%		
B	≥ 90%		≤ 10
C	100%		

Lors de leur mise sur le marché, les coquillages doivent répondre aux critères microbiologiques fixés par le règlement (CE) n° 2073/2005 (tableau II). Pour les mollusques bivalves vivants, les critères de sécurité concernent *E. coli* dont le dénombrement doit être inférieur à 230 UFC/100g de Chair et liquide intervalvaire (CLI) et *Salmonella* avec une absence dans 25g de CLI. La conformité des produits à ces critères est une obligation réglementaire pour les exploitants conchylicoles. Cette disposition basée sur la détection de bactéries ne permet pas de garantir l'absence de virus ni de parasites dans les coquillages.

Tableau III : Critères de l'arrêté du 21 mai 1999

Nombre d' <i>Escherichia coli</i> dans 100 g (CLI)				
Classe	230	1 000	4 600	46 000
A	≥ 90 %	≤ 10 %	0 %	
B	≥ 90 %		≤ 10 %	0 %
C	≥ 90 %			≤ 10 %
D	> 10 %			

Il prévoit un classement et un suivi régulier des zones de production en trois catégories : A, B et C. Les zones classées D étant insalubre, elles ne font pas l'objet de suivi.

Actuellement, en France, subsiste l'arrêté du 21 mai 1999 (tableau III) car il permet de fonder les décisions relatives aux contrôles des zones de pêche à pied de loisirs non couvertes par les règlements européens. Une harmonisation nationale est nécessaire pour mettre en conformité le zonage de la pêche à pied de loisir avec les standards européens.

Les zones de pêche récréative ne disposent pas encore d'une réglementation sanitaire spécifique. Les Délégations territoriales des agences régionales de santé (DT-ARS) classent les zones de pêche par analogie à la réglementation des zones de production ; la pêche à pied de loisir est autorisée uniquement sur les sites classés A et tolérée en B mais sous certaines conditions (article R.231-41 du code rural).

4. Production d'eau destinée à la consommation humaine

Pour être utilisée pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, une ressource en eau doit être autorisée. Un dossier de demande est déposé conformément à l'article R.1321-6 du Code de la santé publique (CSP). Ce dossier comprend les informations permettant d'évaluer la qualité de l'eau de la ressource utilisée et ses variations possibles ainsi que l'évaluation des risques de dégradation de la qualité de l'eau. En fonction du débit de prélèvement, il comporte également une étude portant sur les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du secteur aquifère ou

du bassin versant concerné, sur la vulnérabilité de la ressource et sur les mesures de protection à mettre en place. Le dossier comporte aussi une étude portant sur les disponibilités en eau, sur les mesures de protection à mettre en œuvre et sur la définition des périmètres de protection.

En application de l'article R. 1321-7 du CSP, la qualité de l'eau de la ressource utilisée pour la production d'eau destinée à la consommation humaine est définie par arrêté du 11 janvier 2007 et doit répondre aux limites suivantes :

Tableau IV : Limites de qualité des eaux brutes de toute origine utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine :

Paramètres microbiologiques	Limites de qualité
Entérocoques.	10 000 /100 mL
<i>Escherichia coli</i> .	20 000 /100 mL

Tableau V : Les valeurs guides applicables aux eaux douces superficielles utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine :

Paramètres microbiologiques.	Groupe A1	Groupe A2	Groupe A3	unités
Bactéries coliformes.	50	5 000	50 000	/100 mL
Entérocoques.	20	1 000	10 000	/100 mL
<i>Escherichia coli</i> .	20	2 000	20 000	/100 mL
Salmonelles.	Absence dans 5 L	Absence dans 5 L		
Les eaux du groupe A1 doivent être soumises à un traitement physique simple et à une désinfection, celles du groupe A2 à un traitement normal physique, chimique et à une désinfection et celles du groupe A3 à un traitement physique et chimique poussé, à des opérations d'affinage et de désinfection.				

Dans le cas où les eaux superficielles ont des caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques supérieures aux limites de qualité des eaux brutes fixées, elles ne peuvent pas être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Toutefois, l'article R. 1321-42 prévoit que l'emploi d'une eau d'une telle qualité peut être exceptionnellement autorisé par le préfet si l'eau peut être traitée et si un plan de gestion des ressources en eau a été défini à l'intérieur de la zone intéressée.

5. Pisciculture et pêche de loisir (hors coquillages)

La qualité microbiologique de l'eau d'approvisionnement des bassins d'élevage en pisciculture n'est pas réglementée, quant à la pêche de loisir, elle ne fait l'objet d'aucune réglementation sur la qualité microbiologique des eaux.

6. Utilisation d'eau de mer « propre » pour les produits de la pêche

Dans le cadre de la manipulation des produits de pêche, l'eau de mer propre est définie comme étant une « eau de mer ou saumâtre naturelle, artificielle ou purifiée ne contenant pas de micro-organismes, de substances nocives ou de plancton marin toxique en quantités susceptibles d'avoir une incidence directe ou indirecte sur la qualité sanitaire des denrées alimentaires » (Règlement (CE) n°852/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 relatif à l'hygiène des denrées alimentaires). Aucune exigence de qualité d'eau n'est précisée dans ce règlement.

Cependant, une note de service de la DGAL/SDSSA/N2003-8058 (27 mars 2003) sur les « Conditions pour la délivrance des agréments sanitaires aux centres conchylicoles concernant l'approvisionnement et utilisation de l'eau de mer pompée en zone B » introduit des indicateurs de la conformité de l'eau de mer pompée avec l'objectif de disposer d'eau de mer propre : une telle eau doit présenter une quantité inférieure à 15 *E. coli* dans 100 mL et une absence de salmonelles dans 5 litres.

La circulaire interministérielle DGS/SD7A/2005/334/DGAL/SDSSA/C2005-8008 du 6 juillet 2005 relative aux conditions d'utilisation des eaux et au suivi de leur qualité dans les entreprises du secteur alimentaire traitant des denrées animales et d'origine animale, en application du code de la santé publique, article R.1321-1 et suivant, contrôle de la conformité des eaux par les services officiels, préconise que l'eau de mer propre ne doit pas contenir de micro-organismes pathogènes en quantité susceptible de provoquer un danger pour la santé humaine.

7. Avis du CSHPF sur la désinfection des eaux usées urbaines

Déjà en 1995, le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) pointait ces difficultés en publiant les travaux d'un groupe de travail concernant les « **Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines** ». Le CSHPF soulignait dans cette étude que puisque les indicateurs ne permettent pas d'apprécier l'exacte réalité et toute la diversité des risques sanitaires liés à un déversement d'effluents désinfectés à proximité d'une zone sensible, toute décision de prescrire une désinfection devrait être subordonnée à des conditions drastiques (démonstration d'une absence de solution alternative, renforcement des procédures administratives au niveau local, pour les travaux d'assainissement et les rejets etc.)

Le CSHPF considérait dans ses conclusions, que « la désinfection des effluents urbains déversés en amont des prises d'eau ne constituait pas une solution adaptée pour atteindre les limites de qualité microbiologique fixées par les textes pour les eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation. De plus, il n'était pas pertinent de recommander une désinfection des effluents urbains déversés à l'amont d'une pisciculture ».

En ce qui concerne les zones de baignade et de conchyliculture, le CSHPF proposait « de réaliser une étude d'impact et de ne prescrire une désinfection que lorsque les résultats de cette étude aurait démontré que la proximité d'une zone de production de coquillages vivants et/ou de baignade justifiait l'application d'un traitement de désinfection. Les exigences minimales suivantes de qualité microbiologique avaient alors été proposées pour les effluents rejetés (tableau VI) ;

La valeur « objectif » devant être respectée dans 90 % des cas au moins, sans que la valeur impérative ne soit jamais dépassée.

En conséquence, le CSHPF stipulait que toute zone de baignade ou de production de coquillages vivants exposée à l'influence d'un effluent désinfecté, c'est-à-dire restant soumise à une contamination microbiologique résiduelle potentielle, ne pouvait être classée A. En d'autres termes, les coquillages par exemple, qui en sont issus devaient transiter par une zone de reparcage ou par un centre de purification.

Tableau VI : Exigences minimales de qualité microbiologique pour les effluents rejetés

	Valeur « objectif »	Valeur impérative
<i>E. coli</i> / 1 L	1000	20 000
Streptocoques Fécaux / 1 L	1000	4000
Salmonelles / 1 L (1)	/	0
Entérovirus PFU / 10 L	/	0

(1) Cette exigence ne vaut pas dans le cas d'une zone de baignade

Annexe 2 : Synthèse sur les virus susceptibles d'être retrouvés dans les eaux usées

Virus de l'hépatite A (VHA)

L'hépatite A est une infection aiguë généralement bénigne qui évolue vers la guérison sans séquelles dans 95 % des cas. Les formes graves subfulminantes ou fulminantes s'observent plus volontiers chez les adultes porteurs d'une hépatopathie chronique sous-jacente.

La transmission par voie féco-orale est de loin la plus habituelle ; la contamination indirecte par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés est plus rare.

Si les coquillages bivalves, les fruits et les crudités ont la réputation d'être la principale source alimentaire, d'autres aliments ont été incriminés : desserts, glaces, sandwiches. D'une manière générale, toute denrée manipulée sans précautions d'hygiène par une personne infectée ou lavée par une eau contaminée par des matières fécales et qui, ensuite, est consommée crue ou insuffisamment cuite peut être responsable d'hépatite A.

Virus de l'hépatite E (VHE)

L'hépatite E est une maladie infectieuse sévissant principalement dans les pays à faible niveau d'hygiène cependant des cas autochtones ont été décrits dans les pays industrialisés.

Le tableau clinique de la maladie est semblable à celui décrit pour l'Hépatite A bien que la gravité de l'hépatite E semble supérieure à celle de l'hépatite A.

Il existe quatre génotypes majeurs de VHE chez les mammifères : les génotypes 1 et 2 qui sont exclusivement d'origine humaine et les génotypes 3 et 4 qui peuvent également avoir une origine animale. Dans les pays endémiques à faible niveau d'hygiène la source d'infection est le plus souvent l'eau de boisson contaminée par des selles infectées et en Europe la consommation de préparation à base de foie de porc cru ou peu cuit représente un risque élevé de contamination par le VHE.

Norovirus

Les norovirus appartiennent à la famille des *Caliciviridae*, genre *Norovirus*. L'Homme est le réservoir des norovirus humains. Ces virus persistent dans le milieu extérieur et ils sont résistants à la plupart des traitements d'épuration qu'ils soient physiques ou chimiques. L'environnement sera contaminé par des rejets humains.

Les norovirus sont les principaux agents des gastroentérites aiguës épidémiques hivernales, avec, parfois, des formes cliniques plus sévères, notamment chez les personnes immunodéprimées.

La transmission par voie féco-orale est la plus importante. Elle est souvent directe, de personne à personne ou indirecte par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés, souvent poursuivie par une diffusion de personne à personne.

Les norovirus présents dans les rejets peuvent contaminer les eaux ainsi que divers aliments. Toutes les formes d'aliments peuvent être impliquées : eau de boisson ou de distribution, coquillages ou autres denrées animales, végétaux, aliments crus ou non transformés, produits consommés en l'état ou utilisés comme ingrédients dans un produit élaboré (huîtres, salades, fruits ou produits dérivés comme les glaces ou coulis, sandwiches, etc.).

Une fois dans l'eau de mer, les mollusques filtreurs peuvent concentrer ces virus et constituer un risque de contamination pour l'homme.

Sapovirus

Les sapovirus appartiennent également à la famille des *Caliciviridae*, genre *Sapovirus*. L'Homme est le réservoir des sapovirus humains. Ces virus sont résistants et persistent dans le milieu extérieur et contamineront l'environnement.

Les sapovirus sont responsables de gastroentérites surtout chez les jeunes enfants et les personnes âgées.

Ils sont également responsables d'épidémies dans les populations à risque (crèches, maisons de retraite...).

La transmission par voie féco-orale est la plus importante. Elle est le plus souvent directe, de personne à personne, mais aussi indirecte par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés.

La transmission par les aliments est peu connue, mais *a priori* au vu des communautés de structure avec les norovirus, toutes les formes d'aliments ainsi que l'eau, peuvent être souillés par des rejets humains et impliqués dans la transmission du virus à l'Homme.

Rotavirus

Les rotavirus appartiennent à la famille des *Reoviridae*.

Les coquillages bivalves concentrent les particules virales présentes dans l'eau qu'ils filtrent, mais ils ne permettent pas la multiplication du virus.

L'homme est le réservoir des rotavirus humains. Ces virus résistants sont présents dans l'environnement.

Chez les nourrissons et les jeunes enfants, les rotavirus provoquent une gastroentérite aiguë fébrile dont l'importance peut entraîner une déshydratation nécessitant une hospitalisation. Les infections de l'adulte sont le plus souvent asymptomatiques.

La transmission de personne à personne est le mode de dissémination le plus fréquemment rapporté. La présence et la persistance du virus dans l'environnement, sur les surfaces poreuses ou non et sur les mains, permettent sa transmission directe par contact.

L'eau de boisson, de distribution et les eaux récréatives peuvent être contaminées et impliquées dans la transmission des rotavirus à l'Homme. Toutes les formes d'aliments peuvent être impliquées : denrées animales ou végétales, aliments préparés, crus ou non transformés, produits consommés en l'état ou utilisés comme ingrédients dans un produit élaboré.

Les rotavirus posent un problème de santé publique, mais celui-ci est surtout lié à l'importance des épidémies hivernales récurrentes.

Astrovirus

Les astrovirus appartiennent à la famille des *Astroviridae*. La circulation des astrovirus dans l'environnement, notamment dans les eaux usées ou épurées, a été fréquemment rapportée. Le réservoir ainsi que la source de contamination de l'environnement est l'Homme.

Les astrovirus sont une des principales étiologies des gastroentérites des jeunes enfants de moins de deux ans, des personnes âgées et des immunodéprimés. Ils semblent peu pathogènes pour l'adulte sain.

L'épandage de boues de stations d'épuration, qui peuvent contenir des astrovirus lorsqu'elles ont été hygiénisées de façon insuffisante représente un mode théorique de contamination de populations à risque.

Les coquillages filtreurs sont des sources infectieuses ; ils peuvent concentrer les astrovirus à partir d'eau douce ou d'eau de mer contaminée et contaminer l'homme lorsqu'ils sont consommés crus ou peu cuits.

Adénovirus

Les adénovirus appartiennent à la famille des *Adenoviridae*, genre *Mastadenovirus*.

L'homme est le réservoir de certains adénovirus qui sont présents dans l'environnement et ont été mis en évidence dans les eaux de surface.

Les signes cliniques de la maladie sont en général modérés avec nausées, vomissements et diarrhées pour les adénovirus de type 40 et 41.

La contamination est interhumaine directe ou indirecte. Il n'a pas été démontré la présence d'adénovirus dans les aliments, cependant une transmission hydrique est possible.

Entérovirus

Les entérovirus humains appartiennent à la famille des *Picornaviridae*, genre *Enterovirus*.

La transmission des entérovirus est d'autant facilitée que ces virus sont extrêmement résistants aux conditions extérieures telles que les pH acides, les températures extrêmes. Ces propriétés assurent aux entérovirus une très bonne dissémination dans les sols, les eaux de surface ou encore les eaux usées de stations d'épuration. Notons que les entérovirus humains ne sont pas inactivés dans l'eau de mer et se retrouveront donc souvent captés par les mollusques filtreurs tels que les huîtres.

Les infections à entérovirus comptent parmi les plus fréquentes viroses humaines, pouvant conduire tant à des infections asymptomatiques qu'à des troubles cliniques sévères. Après multiplication dans le tissu digestif le virus gagne l'encéphale où il peut entraîner une méningite.

La transmission est oro-fécale, mais il est également possible de se contaminer en ingérant de l'eau ou des aliments contaminés.

Les aliments qui ont été identifiés comme contaminés lors d'épidémies ont été les fruits (framboises), des légumes et salades lavés avec de l'eau contaminée. La plus importante source de contamination est constituée par les coquillages bivalves filtreurs. Pour ces coquillages, la concentration en virus est parfois très élevée ; les virus persistent essentiellement dans le tractus

digestif du coquillage. Le degré de contamination dépend de nombreux facteurs (saison, pluies, etc.).



Annexe 3 : Synthèse sur les parasites susceptibles de se trouver dans les eaux usées

1- Protozoaires

Giardia spp.

Giardia spp. sont des protozoaires flagellés appartenant à l'ordre des *Diplomonadida*. Ce genre est divisé en plusieurs groupes morphologiques dont *Giardia duodenalis* (synonyme *G. intestinalis*) au sein duquel on retrouve différents génotypes dont certains peuvent parasiter l'Homme. Il faut ingérer de 10 à 100 kystes pour que la parasitose soit symptomatique. Au cours de son cycle, *Giardia* se présente sous deux formes : une forme végétative qui meurt rapidement en dehors de l'hôte qu'elle parasite et une forme kystique immobile de forme ovoïde (8 à 16 µm) très résistante dans le milieu extérieur et responsable de la transmission du parasite. La survie des kystes de *Giardia* est importante. Dans les matières fécales humaines, elle est de 15 à 30 jours (maximum 74 jours). La chronicité de l'infestation chez les animaux porteurs de *Giardia* peut entraîner des durées d'excrétion prolongées augmentant le risque de contamination environnementale. Les kystes de *Giardia* peuvent contaminer l'environnement et persister plusieurs semaines dans les eaux usées et sur les produits de l'agriculture arrosés par ces dernières. Dans les eaux de surface, la survie des kystes varie de 28 à 56 jours suivant les conditions de température. Les kystes peuvent rester viables à 4°C pendant 90 jours et 66 jours entre 12 et 22°C. Le pourcentage de kystes viables retrouvés dans les eaux de surface varie de 3,5% à 18% selon les publications sans que cette disparité dans les résultats ne soit associée à des facteurs particuliers. La dissémination des kystes se fait aussi de façon passive par l'eau souillée par des fèces d'origine humaine ou animale, à l'origine de transmission interhumaine indirecte. Il existe également de possibles contaminations à partir de réservoirs d'animaux sauvages et potentiellement d'animaux domestiques et d'animaux d'élevage.

Cryptosporidium spp.

Cryptosporidium spp. est l'agent de la cryptosporidiose. C'est un parasite unicellulaire appartenant à l'ordre des Coccidies, phylum *Apicomplexa*. Cinq espèces de *Cryptosporidium* sont considérées comme pathogènes, *C. parvum*, *C. hominis*, *C. felis*, *C. meleagridis* et *Cryptosporidium* « génotype lapin ». La grande majorité des cas de cryptosporidiose humaine (>90%) sont dus à *C. parvum* (principal réservoir animal : les ruminants) ou à *C. hominis*. Les autres espèces sont principalement retrouvées chez les sujets immunodéprimés. Les oocystes de *Cryptosporidium* restent viables et infectieux dans l'eau et dans les fèces jusqu'à six mois à des températures comprises entre 0 et 30°C et jusqu'à un an dans de l'eau de mer. Ils ne peuvent pas se multiplier dans l'environnement mais y survivent plusieurs mois en conditions fraîches et humides. Les selles humaines sont une source importante de *C. hominis*, notamment à la phase diarrhéique de la maladie. Ils peuvent donc être retrouvés en très grand nombre dans les eaux usées (en amont et en sortie des STEP). Les conséquences pour l'homme du portage de cryptosporidies par des vertébrés sauvages et domestiques ne sont pas évaluées. Cependant le risque de transmission à l'homme de *C. canis* ou *C. felis* à partir de chiens ou de chats de compagnie peut être considéré comme faible au sein de la population générale. L'origine de la contamination est fécale à partir d'un hôte infecté. La transmission peut se faire par l'ingestion d'oocystes (directement infectants après leur émission) ou par contact avec des hôtes infectés. L'eau est le principal véhicule de la contamination, mais les oocystes peuvent aussi être disséminés par les oiseaux, les coquillages filtrants... La part respective des différentes sources ou modalités de contamination (interhumaine, alimentaire, environnementale) n'est pas connue. De nombreuses épidémies ont été signalées (majoritairement aux États-Unis et au Royaume-Uni) et rapportées principalement à la consommation d'eau destinée à la consommation humaine, ou à l'ingestion d'eau de baignades en piscine ou dans des bases de loisirs (principale cause d'épidémie aux États-Unis et au Royaume-Uni). La dose infectante 50% de *C. parvum* pour des volontaires sains varie de < 10 à > 2000 oocystes en fonction de la souche. Pour *C. hominis*, elle a été estimée entre 10 et 83 oocystes dans une étude.

Entamoeba histolytica / dispar

La présence d'*Entamoeba histolytica/dispar* n'est généralement pas évoquée du fait de sa faible prévalence dans les pays industrialisés et les zones tempérées comme en France (maladie retrouvée essentiellement dans les pays de la zone tropicale directement liée au péril fécal). Les humains infectés par *E. histolytica* (patients et porteurs sains) constituent le seul réservoir de

l'espèce et la seule source de contamination de l'environnement via l'élimination fécale de kystes. La durée de vie des kystes dans l'environnement varie en fonction des conditions d'environnement et peut atteindre plusieurs mois. Ainsi, les kystes d'*E. histolytica* et d'*E. dispar* peuvent contaminer l'environnement et persister plusieurs semaines dans les eaux usées et sur les produits de l'agriculture arrosés par ces dernières. L'eau et les végétaux en contact du sol ou irrigués par aspersion sont donc les principales sources environnementales du danger. Des kystes d'autres amibes considérées non pathogènes pour l'homme peuvent être également présents dans les eaux usées (*E. Coli*, etc.).

Toxoplasma gondii

La pertinence de retenir *Toxoplasma gondii* comme danger dans les eaux usées n'est pas démontrée car ce ne sont pas les humains qui rejettent les oocystes de *T. gondii* mais les félidés (chats). Cependant les fèces des chats pourraient se retrouver dans les eaux si des particuliers jetaient les contenus des litières dans le circuit des eaux usées ou si des chats venaient contaminer l'environnement des STEP. Les oocystes de *T. gondii* sont très résistants dans l'environnement et peuvent contaminer l'homme (par ingestion d'aliments souillés par les oocystes véhiculés par les eaux d'irrigation par exemple) entraînant une maladie humaine souvent inapparente ou bénigne mais potentiellement grave chez les immunodéprimés ou les femmes enceintes du fait de la transmission potentielle au fœtus (toxoplasmose congénitale).

2- Helminthes

Ascaris sp. et en particulier *A. lumbricoides* peuvent contaminer les eaux usées. Le parasite est un ver rond, cosmopolite mais dont la prévalence est plus élevée dans les pays à faible niveau d'hygiène. Ce parasite humain peut être rejeté dans les eaux usées et la parasitose est favorisée par l'utilisation d'engrais humains en milieu tropical. La parasitose est rare dans les pays de la zone tempérée. Les œufs d'*Ascaris* sont pondus en très grand nombre dans l'intestin de l'hôte infecté et sont évacués dans les fèces. Étant entourés d'une double coque, ils sont très résistants dans le milieu extérieur (un an), après leur émission ils subissent une maturation dans l'environnement pour devenir infectants (quelques semaines mais maturation accélérée en milieu chaud et humide). La dose infectieuse est faible. En France, ils sont rarement à l'origine de troubles cliniques patents (du fait de la pauci-infestation). En cas d'infestation massive les troubles sont allergiques avec signes pulmonaires (phase de migration larvaire) puis digestifs (ver dans l'intestin grêle) généralement sans gravité (mais des complications chirurgicales sont possibles).

Des ascaris d'animaux peuvent être présents dans les eaux usées.

La pertinence de retenir *Toxocara canis* (ascaris du chien) et *Toxocara cati* (ascaris du chat) ne paraît pas démontrée, l'ingestion accidentelle d'œufs embryonnés peut conduire à un syndrome de *larva migrans* chez l'Homme (souvent asymptomatiques mais avec formes oculaires pour certaines). Le risque lié à la contamination par ingestion d'eaux usées chez l'homme est mal évalué.

Les embryophores (œufs) de taenidés peuvent être présents dans les eaux usées. Les *Taenia* pathogènes pour l'homme sont *Taenia saginata* et *Taenia solium* (vers plats de grande taille), l'homme héberge le ver adulte qui libère dans l'environnement des embryophores contenant la forme larvaire du parasite. La dissémination dans l'environnement est importante puisque chaque segment (anneau) du ver adulte rejeté dans le milieu extérieur contient 50 000 à 80 000 œufs. Les anneaux lysés libèrent ainsi potentiellement 150 millions d'œufs par an. Ces embryophores sont très résistants dans l'environnement où ils peuvent survivre pendant plusieurs mois (9 mois), ils sont répandus sur le sol et dans les égouts et contaminent les eaux usées et les boues résiduelles. Lorsqu'ils sont répandus dans les pâturages ou épandus, ils peuvent contaminer (par ingestion) des hôtes intermédiaires : les bovins (*Taenia saginata*) et les porcs (*Taenia solium*) qui hébergent, après digestion des embryophores et migration des embryons, la forme larvaire des parasites (larves cysticerques) dans leurs muscles (en 3 à 4 mois). L'ingestion d'un embryophore suffit à contaminer l'animal. La viande bovine ou porcine est alors contaminante pour l'homme, la dose infectante étant d'une seule larve. La maladie humaine est bénigne dans le cas de *Taenia saginata* (taeniasis à symptomatologie digestive) mais peut être grave dans le cas de *Taenia solium* pouvant conduire à la redoutable neurocysticercose. *Taenia saginata* est le plus fréquent en France alors que *Taenia solium* a disparu du fait du contrôle vétérinaire, ce risque persiste toutefois dans des zones plus tropicales (Réunion, Madagascar, Amérique du Sud, etc.). D'autres taeniasis existent dus à

Hymenolepis nana (cycle direct humain sans hôte intermédiaire) ou *Diphyllobothrium latum* (taenia des poissons d'eau douce) mais sont plus rares, pour ce dernier les principaux foyers s'observent dans les pays européens nordiques ou baltiques et dans les régions lacustre (lacs alpins d'Italie, Suisse et France) ; le risque lié aux eaux usées semble plus anecdotique.

Trichuris trichiura ne paraît pas un danger pertinent à retenir du fait de sa faible prévalence en France et sa faible pathogénicité. Ce parasite humain peut être rejeté dans les eaux usées et la parasitose est favorisée par l'utilisation d'engrais humains en milieu tropical.

Les oxyures (*Enterobius vermicularis*) sont des vers ronds de petite taille qui se développent chez l'homme avec ponte des femelles d'œufs embryonnés directement infestants. Les œufs sont généralement libérés au niveau de la marge anale et souillent l'environnement direct des patients (lingerie, literie, sols), ils peuvent être émis en grand nombre et restent viables plusieurs jours. La maladie est très contagieuse et à l'origine d'épidémies familiales ou en collectivité. Ils se retrouvent plus rarement dans les eaux usées, ce sont plutôt les vers que l'on peut retrouver sur les selles.

La présence d'anisakis dans les eaux usées de rejet des STEP n'est pas à retenir en principe car pour cette parasitose, l'Homme constitue une impasse parasitaire sans développement du ver adulte et donc pas d'excrétion dans le milieu extérieur. Il n'y a ni risque de dissémination, ni de transmission interhumaine.

Annexe 4 : Exemples de données bibliographiques quantitatives sur la contamination des eaux usées

1 Dans les eaux usées brutes

Pour disposer d'éléments relatifs à la contamination des eaux brutes, 29 articles scientifiques et rapports ont été consultés. Ces données proviennent de 13 pays (Australie, Belgique, Canada, Espagne, Etats-Unis, France, Grande Bretagne, Grèce, Italie, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas et Suisse). Ont uniquement été retenus les articles indiquant une quantification de la contamination, la méthode d'analyse et le pays où étaient situées les STEP. La recherche bibliographique s'est achevée en juillet 2011.

Les niveaux de contaminations microbiologiques des eaux usées brutes et des eaux usées rejetées sans traitement sont présentés dans les tableaux ci-après.

Tableau I : Niveaux de contamination des eaux usées brutes par les micro-organismes pathogènes

Genre/famille/Embranchement	Pathogène	unité	Min	Max	Nombre de publications
Campylobacter	<i>Campylobacter sp.</i>	UFC/100mL	déteçté	2.10 ⁵	1
<i>Clostridium</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	spores/100mL	3.10 ²	1.10 ⁶	10
Nemathelminthe	Ascaris	œufs/L	3	1.10 ⁴	1
Sporozoaire	<i>Cryptosporidium</i>	oocystes/ L	1	2.10 ⁴	15
Flagellés	Giardia	kystes/ L	1	7.10 ⁴	10
Adenoviridae	Adénovirus	copies génomes/L	5.10 ⁴	1.10 ¹²	2
		UFP/L	2.10 ⁴	7.10 ⁸	2
Astroviridae	Astrovirus	copies génomes/L	1.10 ⁶	1.10 ⁸	1
		UFP/L	5.10 ⁻¹	1.10 ⁶	19
Caliciviridae	Norovirus	copies génomes/L	9.10 ⁴	9.10 ⁴	1
		PDU/L	<1000	1.10 ⁷	4
Reoviridae	Réovirus	FF/L	2.10 ²	2.10 ²	1
		UFP/1L	1.10 ²	1.10 ⁴	2
	Rotavirus	copies génomes/L	8.10 ²	8.10 ²	1
		FF/L	7.10 ²	1.10 ⁵	1
Picornaviridae	Entérovirus	copies génomes/L	1.10 ⁸	7.10 ⁹	1
		UFP/L	5.10 ⁻¹	1.10 ⁶	19

Tableau II : Niveaux des indicateurs de contamination microbiologique retrouvés dans les eaux usées brutes

Indicateurs de contamination	unité	Min	Max	Nombre de publications
Coliformes thermotolérants	UFC/100mL	3.10^4	1.10^8	9
Coliphages males spécifiques	UFP/100 mL	5.10^4	2.10^7	7
Coliphages somatiques	UFP/100mL	<100	1.10^8	3
Coliphages totaux	UFP/100mL	1.10^5	2.10^6	6
<i>E. coli</i>	UFC/100mL	6.10^4	6.10^7	3
Entérocoques	UFC/100mL	1.10^4	2.10^7	9

2 Dans les eaux usées traitées

Pour disposer d'éléments relatifs à la contamination des eaux usées épurées, 31 articles scientifiques et rapports ont été consultés pour 13 pays (Allemagne, Australie, Belgique, Canada, Espagne, Etats-Unis, France, Grande Bretagne, Irlande, Italie, Nouvelle-Zélande et Pays bas). Les traitements retrouvés sont l'ANC, les boues activées, le lagunage et différents types de traitement tertiaire. Ont uniquement été retenus les articles indiquant une quantification de la contamination, la méthode d'analyse et le pays où étaient situées les STEP. La recherche bibliographique s'est achevée en juillet 2011.

Tableau III : Niveaux de contamination des eaux usées traitées par des bactéries pathogènes suivant le type de traitement

Genre/famille/Embranchement	Bactérie	Type de traitement	unité	Min	Max	Nombre de publications
<i>Campylobacter</i>	<i>Campylobacter sp.</i>	ANC	UFC/100mL	4.10^2	4.10^6	4
		lagunage	UFC/100mL	1.10^3	4.10^5	2
<i>Clostridium</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	ANC	spores/100 mL	10	1.10^4	4
		Boues activées	spores/100 mL	30	1.10^4	15
		lagunage	spores/100 mL	2.10^2	1.10^4	2
		Traitement tertiaire (Chloration)	spores/100 mL	non détecté	9.10^2	9
		Traitement tertiaire (UV)	spores/100 mL	4.10^{-1}		1

Tableau IV : Niveaux de contamination des eaux usées traitées par des protozoaires et helminthes pathogènes suivant le type de traitement

Genre/famille/ embranchement	Pathogène	Type de traitement	unité	Min	Max	Nombre de publications
Sporozoaire	<i>Cryptosporidium</i>	ANC	oocystes/ 100mL	1	50	2
		Boues activées	oocystes/ 100L	3	10 ⁴	23
		Lagunage	oocystes/ 100mL	5	80	2
		Traitement primaire	oocystes/ 100L	<1,3	1.10 ³	2
		Traitement tertiaire (Chloration)	oocystes/L	non détecté	2	13
		Traitement tertiaire (UV + Chloration)	oocystes/ 100mL	5		1
		Traitement tertiaire (UV)	oocystes/L	7.10 ⁻²		1
Flagellés	<i>Giardia</i>	ANC	kystes/ 100 mL	5.10 ⁻¹	4.10 ³	2
		Boues activées	kystes/L	4.10 ⁻¹	80	14
		Lagunage	kystes/ 100 mL	5	3.10 ³	2
		Traitement primaire	kystes/L	<0,01	20	2
		Traitement tertiaire (Chloration)	kystes/L	non détecté	1.10 ³	9
		Traitement tertiaire (UV)	kystes/L	2.10 ⁻¹		1
Nemathelminthe	<i>Ascaris</i>	Boues activées	œufs/L	20	60	1

Tableau V : Niveaux de contamination des eaux usées traitées en virus pathogènes suivant le type de traitement

Genre/famille/ embranchement	Virus	Type de traitement	unité	Min	Max	Nombre de publications
Adenoviridae	Adénovirus	Boues activées	copies génomés/L	6.10^2	$5.10+^{11}$	2
		Traitement primaire	UFP/L	50	7.10^2	1
		Traitement tertiaire (Chloration)	copies génomés/ mL	2.10^3		1
		Traitement tertiaire (membranes)	UFP/L	1.10^3		1
		Traitement tertiaire (UV, Chloration et/ou membrane)	UFP/L	10	3.10^4	1
Picornaviridae	Entérovirus	Boues activées	copies génomés/L	2.10^8	7.10^9	1
			UFP/L	non détecté	6.10^3	12
		Traitement primaire	UFP/L	non détecté	6.10^2	5
		Traitement tertiaire (Chloration)	UFP/L	non détecté	1.10^2	9
		Traitement tertiaire (UV + Chloration)	UFP/ 100 mL	2		1
Caliciviridae	Norovirus	Boues activées	PDU/L	<10	1.10^5	2
		Boues activées	copies génomés/L	1.10^4		1
Reoviridae	Réovirus	Boues activées	UFP/L	non détecté	1.10^2	1
		Traitement primaire	UFP/L	non détecté	1.10^3	1
	Rotavirus	Traitement primaire	FF/L	10		1

Tableau VI : Niveaux des indicateurs de contamination microbiologique retrouvés dans les eaux usées traitées suivant le type de traitement

Indicateurs	Type de traitement	unité	Min	Max	Nombre de publications
Bacteriophage ARN-F spécifiques	Boues activées	UFC/100mL	6.10^2	3.10^3	3
	Traitement tertiaire (UV + Chloration)	UFC/100mL	2.10^2		1
Coliformes thermotolérants	Boues activées	UFC/100mL	80	3.10^6	14
		UFP/100mL	7.10^4	1.10^5	2
	lagunage	UFC/100mL	1.10^4		1
	Traitement primaire	UFC/100mL	1.10^2	6.10^5	2
	Traitement tertiaire (Chloration)	UFC/100mL	non détecté	7.10^4	6
	Traitement tertiaire (UV)	UFC/100mL	2.10^2		1
Coliphage (<i>E. coli</i> C-3000)	Boues activées	UFP/100mL	30	2.107	9
	Traitement tertiaire (Chloration)	UFP/100mL	20	2.10^2	3
Coliphages male spécifiques	ANC	UFP/100mL	1.10^2	1.10^5	2
	Boues activées	UFP/100mL	30	2.10^5	10
	lagunage	UFP/100mL	1.10^3	3.10^4	2
	Traitement tertiaire (Chloration)	UFP/100mL	non détecté	1.10^4	8
	Traitement tertiaire (UV + Chloration)	UFP/100mL	1.10^3		1
Coliphages somatiques	Boues activées	UFP/100mL	1.10^2	1.10^7	8
	Traitement primaire	UFP/100mL	<1	5.10^6	2
	Traitement tertiaire (Chloration)	UFP/100mL	non détecté	1.10^2	4
	Traitement tertiaire (UV + Chloration)	UFP/100mL	5.10^2		1
Coliphages totaux	Traitement tertiaire (Chloration)	UFP/100mL	10	4.10^2	2
<i>E. coli</i>	ANC	UFC/100mL	9.10^2	2.10^7	4
	Boues activées	UFC/100mL	70	5.10^5	6
	Lagunage	UFC/100mL	1.10^3	1.10^6	2
	Traitement tertiaire (Chloration)	UFC/100mL	non détecté	1.10^3	2

Indicateurs	Type de traitement	unité	Min	Max	Nombre de publications
	Traitement tertiaire (UV + Chloration)	UFC/100mL	10		1
Entérocoques	ANC	UFC/100mL	5.10^2	1.10^5	2
	Boues activées	UFC/100mL	80	2.10^7	15
		UFP/100mL	6.10^3	1.10^4	2
	lagunage	UFC/100mL	1.10^3	9.10^4	2
	Nitrification	UFC/100mL	6.10^2	7.10^3	2
	Traitement tertiaire (Chloration)	UFC/100mL	non détecté	2.10^3	4
	Traitement tertiaire (UV + Chloration)	UFC/100mL	6		1
Traitement tertiaire (UV)	UFC/100mL	4		1	