

anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage (proposition d'une démarche d'analyse du risque)

Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Juin 2017

Édition scientifique

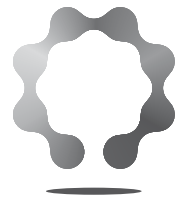
Version révisée

de l'édition d'avril 2014



anses

agence nationale de sécurité sanitaire
alimentation, environnement, travail



Connaître, évaluer, protéger

Risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine et modalités de gestion à mettre en œuvre (proposition d'une démarche d'analyse du risque)

Avis de l'Anses

Rapport d'expertise collective

Juin 2017

Édition scientifique

Version révisée

de l'édition d'avril 2014

Le directeur général

Maisons-Alfort, le 23 juin 2017

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

relatif aux risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine et modalités de gestion à mettre en œuvre
(Proposition d'une démarche d'analyse du risque)¹

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 à 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 publiés sur son site internet.

L'Anses a été saisie le 14 février 2011 par la Direction générale de la santé (DGS) pour la réalisation de l'expertise suivante : « Demande d'avis sur les risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine et sur les modalités de gestion à mettre en œuvre ».

1. CONTEXTE ET OBJET DE LA SAISINE

1.1 Contexte

Les installations de production d'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) comprennent des systèmes et des procédés de traitement qui peuvent générer des effluents liquides en quantité importante.

Ils proviennent principalement du lavage des médias filtrants dans les filières conventionnelles comportant une filtration sur matériaux granulaires et du décolmatage par rétrolavage des modules de filtration membranaire dans les filières comprenant une étape de microfiltration ou d'ultrafiltration.

La gestion de ces effluents liquides comporte des contraintes techniques et économiques, voire administratives, pour les maîtres d'ouvrages et/ou les exploitants des installations. De plus, compte-tenu de leur volume qui peut atteindre 10 % de la production, voire plus dans certains cas

¹ Annule et remplace l'avis du 9 avril 2014.

particuliers, leur rejet est regardé comme une perte d'eau, particulièrement lorsque la ressource n'est pas abondante.

Face à ces contraintes, le recyclage de ces effluents liquides est souvent présenté comme une solution qui offre le double avantage de permettre des économies significatives et de réduire l'empreinte environnementale des unités de production d'EDCH. C'est pourquoi cette pratique suscite un intérêt croissant de la part des professionnels du traitement et de la distribution d'eau.

Dans sa lettre de saisine du 14 février 2011, le ministère chargé de la santé indiquait que « *jusqu'à présent, il n'était pas favorable aux projets de réutilisation des effluents de traitement dans les process de traitement d'EDCH, considérant notamment les risques microbiologiques des supports de traitement qui pourraient être induits par ce genre de pratiques* ».

D'ailleurs, le code de la santé publique (CSP) ne prévoit aucune disposition spécifique visant le recyclage des effluents de lavage. Il en résulte que la procédure générale d'autorisation prescrite pour l'utilisation d'eau en vue de la consommation humaine s'applique : il appartient au préfet de statuer sur le dossier de demande présenté à cet effet et de solliciter l'avis de l'Anses, s'il le juge nécessaire. Ainsi, depuis 2008, l'Agence a été saisie de onze demandes d'avis.

L'analyse de ces dossiers a confirmé que les dangers liés au recyclage de ces effluents dépendaient moins de la qualité de la ressource d'eau brute utilisée que de la nature des procédés de traitement mis en œuvre et des modalités du recyclage.

Le recyclage des effluents de lavage peut aggraver les risques potentiels associés au traitement unique et ordinaire de la ressource utilisée et l'analyse des risques a pour but de répondre à cet enjeu.

1.2 Objet de la saisine

Considérant l'évolution du nombre de dossiers, le ministère chargé de la santé a estimé qu'il devenait nécessaire d'encadrer l'instruction des dossiers par des recommandations de gestion destinées aux Agences Régionales de Santé (ARS). Dans cette perspective, par lettre précitée du 14 février 2011, il a demandé à l'Anses de procéder à une expertise scientifique et technique afin de :

- 1. Caractériser la nature des effluents de lavage susceptibles d'être recyclés ainsi que les conditions de mise en œuvre de leur recyclage dans les filières de traitement des EDCH ;*
- 2. Évaluer les risques sanitaires associés au recyclage de ces effluents de lavage ;*
- 3. Proposer des recommandations de gestion pour la mise en œuvre du recyclage des effluents de lavage dans les filières de traitement d'EDCH ;*
- 4. Proposer des recommandations pour l'instruction de ce type de demande par les ARS (liste des pièces constitutives du dossier de demande de déclaration, points importants de l'analyse des risques à examiner, mesures préventives de maîtrise des risques à mettre en œuvre, etc.).*

1.3 Champ de l'expertise

En accord avec la DGS, le champ de l'expertise a été limité à l'analyse des risques sanitaires liés au recyclage des effluents provenant du lavage des dispositifs de traitement de l'eau mis en œuvre dans les filières de production d'EDCH.

Ont été exclus :

- les effluents issus du lavage chimique des membranes et de la régénération des matériaux granulaires (résines échangeuses d'ions, adsorbants sélectifs) ;
- les surnageants des ouvrages d'épaississement des boues de décantation ;
- les eaux provenant de la déshydratation des boues ;
- les concentrats des modules membranaires.

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) ».

L'expertise relève du domaine de compétences du comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux ». L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail (GT) « Risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine », rattaché au CES « Eaux ».

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

L'expertise a été réalisée sur la base :

- des documents transmis avec la saisine :
 - o le fascicule n°75 du CCTG relatif aux Travaux relatif à la conception et l'exécution d'installations de traitement des EDCH².
 - o la note de la commission scientifique et technique de la Fédération professionnelle des entreprises de l'eau (FP2E) sur la problématique du recyclage des effluents liquides dans les filières de production d'EDCH³ ;
 - o l'« Étude relative aux dispositions spécifiques à fixer pour les produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine » (Rapport Aquafluence du 4 décembre 2008) ;
- d'une recherche bibliographique qui a révélé le faible nombre d'articles permettant de caractériser la qualité des effluents de lavage des filtres et surtout des procédés membranaires ; la grande majorité des publications est issue d'expériences venant d'Amérique du Nord. La pratique et les données ne sont pas toujours transposables en France ;
- d'une recherche d'informations sur la gestion de cette pratique à l'étranger :
 - o en Amérique du Nord (USA, Canada) ;
 - o en Australie ;
 - o en Europe *via* notamment une enquête réalisée par courriel du 16 avril 2013 auprès des membres de l'ENDWARE⁴ (groupe informel de réglementation de l'EDCH de pays membres de l'Union européenne) ;
- des dossiers relatifs à des projets de recyclage :
 - o soumis à l'expertise de l'Anses ;

² Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux - Fascicule 75 relatif à la conception et à l'exécution des installations de traitement des eaux destinées à la consommation humaine. <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fascicule75CCTG06052010.pdf>

³ Note de la Commission Scientifique et Technique de la FP2E sur la problématique du recyclage d'effluents liquides sur les filières de production d'eau potable

(http://www.fp2e.org/userfiles/files/publication/pratiques/Note_FP2E_recyclage%20effluents%20liquides.pdf)

⁴ ENDWARE : European Network of Drinking Water Regulator

- transmis en réponse à une enquête diligentée par la DGS auprès des ARS en février 2011, afin de recueillir des informations sur les pratiques de terrain et d'éventuelles données relatives à la qualité des effluents de lavage recyclés ;
- de l'audition de représentants de la FP2E, qui ont donné une suite favorable à l'invitation adressée aux différents acteurs concernés. Son objet était d'obtenir des informations sur les pratiques de recyclage en France, et notamment :
 - les caractéristiques des effluents de lavage recyclés,
 - les conditions de recyclage (volume, débit, % d'eau susceptible d'être recyclé, point de réinjection),
 - leur retour d'expérience sur les pratiques de recyclage.

Les travaux d'expertise du GT, produits sous la forme d'un rapport⁵, ont été soumis au CES « Eaux » (tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques) lors de ses séances du 2 juillet et 3 décembre 2013. Le rapport du GT tient compte des observations et des éléments complémentaires apportés par les membres du CES « Eaux » et a été adopté par le CES « Eaux » lors de sa séance du 3 décembre 2013.

À la publication du rapport, la FP2E a fourni de nouveaux éléments allant dans le sens d'une amélioration des connaissances. L'Anses a nommé quatre rapporteurs qui ont proposé de réviser le rapport et l'avis de 2014. Cette révision a été présentée et validée par le CES « Eaux » lors de sa séance du 6 juin 2017. La révision consiste en l'ajout du chapitre 7.5 dans le rapport de l'Anses publié en avril 2014 (cf. Annexe 1).

3. ANALYSE ET PRÉSENTATION DE LA DÉMARCHE DU GT

Pour la conduite de son expertise, le GT s'est appuyé sur :

- une analyse du contexte réglementaire et de la pratique en France et à l'étranger (cf. chapitre 3 du rapport du GT) ;
- une description des étapes de traitement produisant des effluents de lavage susceptibles d'être recyclés (cf. chapitre 4 du rapport du GT précité) ;
- une identification des dangers liés aux effluents de lavage identifiés (cf. chapitre 5 du rapport du GT précité).

Les nombreuses données nécessaires (notamment celles portant sur la caractérisation de la qualité des effluents) sont variables, insuffisantes ou manquantes. Leur variabilité est inhérente à celle de la qualité des eaux brutes à traiter et à la multiplicité des étapes que peuvent composer les filières de traitement. Les modalités de l'exploitation des ouvrages peuvent aussi agir sur les caractéristiques des effluents de lavage.

Le GT a constaté que la problématique relative au recyclage des effluents de lavage dans une filière de traitement des EDCH était trop complexe pour qu'une étude des risques sanitaires liés à cette pratique puisse aboutir valablement.

Chaque projet de recyclage de ces effluents doit donc être regardé comme un cas particulier justifiant une analyse des risques dont l'objectif est double. Il s'agit de vérifier que les performances de la filière de traitement permettront de garantir le respect des limites et des références de qualité fixées pour les EDCH produites et de définir les mesures de maîtrise nécessaires.

Il reviendra à l'autorité sanitaire compétente d'en apprécier la pertinence dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation.

⁵ « Risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinées à la consommation humaine et modalités de gestion à mettre en œuvre – Proposition d'une démarche d'analyse du risque » - Rapport d'expertise collective du 3 décembre 2013 (www.anses.fr)

À cet effet, le GT a proposé :

- une méthodologie (*cf.* chapitre 6 du rapport du GT) qui s'appuie sur une série de tableaux figurant en annexe 3 de son rapport. Ces tableaux ont été établis à deux fins :
 - o faciliter l'identification des dangers associés au recyclage d'effluents de lavage des procédés de traitement qui en « produisent »,
 - o mettre à disposition de l'utilisateur un outil d'évaluation pour la gestion des dossiers de projets de recyclage,
- des recommandations pour la maîtrise des points critiques identifiés lors de l'analyse des risques. Elles portent sur la qualité des effluents et sur les modalités du recyclage, entre autres (*cf.* chapitre 7).

4. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'AGENCE

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail adopte et reprend à son compte le rapport, la conclusion et les recommandations issus de l'expertise collective menée au sein du groupe de travail dédié et validés par le CES « Eaux ».

L'Agence rappelle que le présent avis révisé complète l'avis précédent publié en avril 2014. La révision est fondée sur les données complémentaires fournies par la FP2E qui n'ont pas conduit à modifier la démarche d'analyse des risques présentée dans le rapport de décembre 2013.

L'Agence recommande au décideur d'envisager un retour d'expérience sur la mise en œuvre des préconisations du rapport.

Dr Roger Genet

MOTS-CLÉS

EDCH, recyclage, effluents de lavage, rétrolavage, filtration, membranes, dangers, démarche d'analyse du risque.

Drinking water, recycling, effluent, sand filter, backwash water, membranes, hazards, risk analysis method.

ANNEXE 1 : SOLUTION ALTERNATIVE À CELLE RETENUE DANS LE RAPPORT DE 2014

Postérieurement à la publication du rapport de l'Anses en avril 2014 et conformément au premier paragraphe du chapitre 7.4 Amélioration des connaissances, la FP2E a fourni des données complémentaires. Les rapporteurs proposent une solution alternative à celle retenue en 2014.

Cette solution consiste à :

- recycler sans traitement les eaux claires⁶ de lavage des filtres à condition que la valeur limite de 2 NFU en sortie de décantation sur la filière « eau propre » soit respectée en permanence. En effet, cette valeur « *traduit en général un bon fonctionnement de l'étape de décantation et assure l'intégrité de cette barrière et permet de maîtriser la charge reçue par l'étape de filtration en aval* » (US EPA, 1998).
- vérifier cette turbidité, en continu en sortie de décanteur sur la filière « eau propre », assurer un enregistrement de ces données et mettre en place un système de management de la qualité permettant de garantir la fiabilité des données.

Si la valeur limite de turbidité ne peut pas être respectée en permanence, un traitement de clarification des « eaux claires » à recycler devra être mis en place avant injection dans la filière « eau propre ».

S'agissant du point d'injection, la(les) disposition(s) figurant au paragraphe 7.2.3 s'applique(nt).

Les tableaux figurant en annexe 3 du rapport ne valent pas pour cette solution alternative.

⁶ Dans ce cas, les « eaux claires » sont définies comme des effluents issus de la seconde phase de lavage (selon le procédé) ou du rinçage après l'étape de lavage.

ANNEXE 2 : SUIVI DES ACTUALISATIONS DE L'AVIS

Date	Version	Pages	Description de la modification
09/04/2014	01		Première version validée de l'avis
Juin 2017	02	02	La phrase « Sur le plan sanitaire, le recyclage des effluents de lavage n'est donc pas une opération neutre en ce sens qu'elle peut aggraver les risques potentiels associés au traitement unique et ordinaire de la seule ressource utilisée. » est modifiée comme suit : « Le recyclage des effluents de lavage peut aggraver les risques potentiels associés au traitement unique et ordinaire de la ressource utilisée et l'analyse des risques a pour but de répondre à cet enjeu. ».
		03	La phrase « une grande majorité de publications sont issues d'expériences venant d'Amérique du Nord. La pratique et les données ne sont pas toujours transposables en France » est modifiée comme suit : « la grande majorité des publications est issue d'expériences venant d'Amérique du Nord. La pratique et les données ne sont pas toujours transposables en France ».
		04	Le paragraphe « Les travaux d'expertise du GT ont été soumis au CES « Eaux », tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, lors de ses séances du 2 juillet et 3 décembre 2013. Le rapport produit par le GT tient compte des observations et des éléments complémentaires apportés par les membres du CES « Eaux ». » est déplacé à la fin du chapitre « modalités de traitement de la saisine » et est complété par « À la publication du rapport, la FP2E a fourni de nouveaux éléments allant dans le sens d'une amélioration des connaissances. L'Anses a nommé quatre rapporteurs qui ont proposé de réviser le rapport et l'avis de 2014. Cette révision a été présentée et validée par le CES « Eaux » lors de sa séance du 6 juin 2017. La révision consiste en l'ajout du chapitre 7.5 dans le rapport de l'Anses publié en avril 2014 (cf. Annexe 1).».
		05	Le paragraphe suivant est ajouté : « L'Agence rappelle que le présent avis révisé complète l'avis précédent publié en avril 2014. La révision est fondée sur les données complémentaires fournies par la FP2E qui n'ont pas conduit à modifier la démarche d'analyse des risques présentée dans le rapport de décembre 2013. L'Agence recommande au décideur d'envisager un retour d'expérience sur la mise en œuvre des préconisations du rapport. ».
		06	Les mots clés en anglais ont été ajoutés.
		07	L'annexe 1 intitulée est ajoutée. « ANNEXE 1 : SOLUTION ALTERNATIVE À CELLE RETENUE DANS LE RAPPORT DE 2014 Postérieurement à la publication du rapport de l'Anses en avril 2014 et conformément au premier paragraphe du chapitre 7.4 Amélioration des connaissances, la FP2E a fourni des données complémentaires. Les rapporteurs proposent une solution alternative à celle retenue en 2014. Cette solution consiste à : - recycler sans traitement les eaux claires ⁷ de lavage des filtres à condition que la valeur limite de 2 NFU en sortie de décantation sur la filière « eau propre » soit respectée en permanence. En effet, cette valeur « traduit en général un bon fonctionnement de l'étape de

⁷ Dans ce cas, les « eaux claires » sont définies comme des effluents issus de la seconde phase de lavage (selon le procédé) ou du rinçage après l'étape de lavage.

			<p><i>décantation et assure l'intégrité de cette barrière et permet de maîtriser la charge reçue par l'étape de filtration en aval » (US EPA, 1998).</i></p> <p>- vérifier cette turbidité, en continu en sortie de décanteur sur la filière « eau propre », assurer un enregistrement de ces données et mettre en place un système de management de la qualité permettant de garantir la fiabilité des données.</p> <p>Si la valeur limite de turbidité ne peut pas être respectée en permanence, un traitement de clarification des « eaux claires » à recycler devra être mis en place avant injection dans la filière « eau propre ».</p> <p>S'agissant du point d'injection, la(les) disposition(s) figurant au paragraphe 7.2.3 s'applique(nt).</p> <p>Les tableaux figurant en annexe 3 du rapport ne valent pas pour cette solution alternative. »</p>



Risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine et modalités de gestion à mettre en œuvre
(Proposition d'une démarche d'analyse du risque)

Saisine « 2011-SA-0041 »

RAPPORT
d'expertise collective
« Comité d'experts spécialisé Eaux »

De décembre 2013

Révisé

en juin 2017¹

¹ Annule et remplace le rapport de décembre 2013, voir Annexe 4

Mots clés

Recyclage, effluents de lavage, eau destinée à la consommation humaine, rétrolavage, filtration, membranes, dangers, analyse du risque

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

➤ RAPPORT RÉVISÉ MAI 2017

GROUPE DE RAPPORTEURS

M. Pierre Jean CABILLIC – Ingénieur du génie sanitaire – retraité.

M. Joseph DE LAAT – Professeur – Université de Poitiers.

Mme Michèle VIALETTE – Docteur en microbiologie – Chef de l'unité de sécurité microbiologique – Institut Pasteur de Lille

Mme Bénédicte WELTÉ – Docteur ès sciences - retraitée.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux des rapporteurs, objets du présent rapport ont été présentés et adoptés par le Comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux » lors de sa séance du 2 mai 2017.

Président

M. Yves LÉVI – Professeur de santé publique et environnement – Compétences en santé publique, polluants émergents, évaluation de risques sanitaires, écologie microbienne.

Membres

Mme Claire ALBASI – Directrice de recherche, Docteur ingénieur – Compétences en produits et procédés de traitement de l'eau (membranes), assainissement, chimie de l'eau, utilisation de ressources en eau alternatives.

Mme Sophie AYRAULT – Chef d'équipe, Docteur habilité à diriger des recherches – Compétences en chimie de l'eau dont chimie minérale.

M. Jean BARON – Responsable de département, Ingénieur de recherche – Compétences en matériaux au contact de l'eau, produits et procédés de traitement de l'eau (filiales de traitement).

M. Jean-Luc BOUDENNE – Professeur – Compétences en métrologie des eaux, chimie et qualité des eaux, chimie de l'environnement.

Mme Véronique BOUVARD – Spécialiste scientifique, Docteur en sciences – Compétences en toxicologie dont cancérogénèse.

Mme Corinne CABASSUD – Professeure – Compétences en produits et procédés de traitement de l'eau dont membranes, chimie de l'eau.

M. Jean CARRÉ – Professeur honoraire – Compétences en hydrogéologie, ressources en eau, périmètres de protection des captages et expérience terrain.

Mme Catherine CHUBILLEAU – Praticien hospitalier, Docteur en pharmacie, Docteur en sciences – Compétences en épidémiologie, microbiologie de l'eau.

M. Olivier CORREC – Ingénieur de recherche, Docteur en sciences – Compétences en matériaux au contact de l'eau, réseaux intérieurs.

- M. Christophe DAGOT – Directeur adjoint, Professeur – Compétences en assainissement, utilisation de ressources en eau alternatives.
- Mme Isabelle DUBLINEAU – Chargée de mission auprès du directeur de la radioprotection de l'Homme, Docteur habilité à diriger des recherches – Compétences en toxicologie.
- Mme Sylvie DUBROU – Directeur de laboratoire, Docteur en pharmacie – Compétences en microbiologie de l'eau.
- M. Robert DURAN – Responsable d'équipe, Professeur – Compétences en écotoxicologie. M. Stéphane GARNAUD – Responsable technique eau et assainissement, Docteur en sciences – Compétences en assainissement.
- M. Jean-François HUMBERT – Directeur de recherche, Docteur habilité à diriger des recherches – Compétences en microbiologie de l'eau dont cyanobactéries, écologie microbienne.
- M. Michel JOYEUX – Directeur recherche développement et qualité de l'eau, Docteur en médecine, Docteur en sciences – Compétences en toxicologie, évaluation de risques sanitaires, santé publique.
- Mme Colette LE BACLE – Retraitée, Docteur en médecine – Compétences en santé travail, microbiologie de l'eau.
- M. Benjamin LOPEZ – Chef de projet, Docteur en sciences – Compétences en hydrogéologie, ressources en eau, modélisation.
- M. Jacques-Noël MUDRY – Professeur honoraire d'hydrogéologie – Compétences en hydrogéologie, ressources en eaux, périmètres de protection des captages, expérience terrain.
- M. Daniel PERDIZ – Maître de conférences, Pharmacien toxicologue – Compétences en toxicologie, génotoxicité, perturbateurs endocriniens dans l'eau.
- Mme Fabienne PETIT – Enseignant chercheur, Professeur – Compétences en écologie microbienne.
- M. Mohamed SARAKHA – Professeur – Compétences en produits et procédés de traitement de l'eau, photochimie, oxydation avancée, chimie réactionnelle de l'eau.
- Mme Marie-Pierre SAUVANT-ROCHAT – Professeur – Compétences en santé publique et environnement, épidémiologie, évaluation de risques sanitaires.
- Mme Michèle TREMBLAY – Docteur en médecine spécialiste en santé communautaire / Médecin conseil en santé au travail et en maladies infectieuses – Compétences en santé travail, microbiologie de l'eau.
- Mme Michèle VIALETTE – Chef de service, Docteur habilité à diriger des recherches – Compétences en microbiologie de l'eau dont virologie.
- Mme Bénédicte WELTÉ – Docteur ès sciences - retraitée – Compétences en produits et procédés de traitement de l'eau (tous procédés, filières de traitement).

PARTICIPATION ANSES

Coordination et contribution scientifique

Mme Marie TEYSSANDIER – Direction de l'évaluation des risques – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

Contribution scientifique

Mme Pascale PANETIER – Chef de l'unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

Secrétariat administratif

Mme Virginie SADE – Direction de l'évaluation des risques – Département d'appui à l'expertise et rattachée à l'unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

➤ RAPPORT DÉCEMBRE 2013

GROUPE DE TRAVAIL (GT)

Président

M. Pierre Jean CABILLIC – Ingénieur du génie sanitaire – retraité.

Membres

Mme Corinne CABASSUD – Professeure des universités – responsable d'axe de recherches - INSA Toulouse.

M. Antoine MONTIEL – Docteur es science – retraité.

Mme Michèle VIALETTE – Docteur en microbiologie – Chef de l'unité de sécurité microbiologique – Institut Pasteur de Lille

Mme Bénédicte WELTÉ – Docteur es sciences - Directrice adjointe de la recherche, du développement et de la qualité de l'eau – Eau de Paris.

COMITÉ D'EXPERTS SPÉCIALISÉ

Les travaux du GT, objets du présent rapport ont été présentés et adoptés par le Comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux » lors des séances du 2 juillet et du 3 décembre 2013.

Président

M. Yves LÉVI – Professeur de santé publique et environnement – Compétences en santé publique, polluants émergents, évaluation de risques sanitaires, écologie microbienne

Membres

M. Yves ANDRÈS – Responsable d'équipe – Compétences en génie des procédés, réutilisation des eaux grises, qualité des eaux usées et des eaux grises, traitement des eaux grises.

M. Jean-Luc BOUDENNE – Professeur – Compétences en métrologie des eaux, chimie et qualité des eaux.

Mme Corinne CABASSUD – Professeure – Compétences en produits et procédés de traitement de l'eau dont membranes, chimie de l'eau.

M. Jean CARRÉ – Professeur honoraire – Compétences en hydrogéologie, ressources en eau, périmètres de protection des captages et expérience terrain.

Mme Catherine CHUBILLEAU – Praticien hospitalier, Docteur en pharmacie, Docteur en sciences – Compétences en épidémiologie, microbiologie de l'eau.

M. Olivier CORREC – Ingénieur de recherche, Docteur en sciences – Compétences en matériaux au contact de l'eau, réseaux intérieurs.

M. Christophe DAGOT – Directeur adjoint, Professeur – Compétences en assainissement, utilisation de ressources en eau alternatives.

Mme Sylvie DUBROU – Directeur de laboratoire, Docteur en pharmacie – Compétences en microbiologie de l'eau.

M. Alain HÉDUIT – Directeur de recherche, animateur du thème de recherche EPURE – Compétences en réutilisation des eaux usées, qualité des rejets, traitement des eaux usées, boues activées.

M. Jean-François HUMBERT – Directeur de recherche, Docteur habilité à diriger des recherches – Compétences en microbiologie de l'eau dont cyanobactéries, écologie microbienne.

M. Michel JOYEUX – Directeur recherche développement et qualité de l'eau, Docteur en médecine, Docteur en sciences – Compétences en toxicologie, évaluation de risques sanitaires, santé publique.

Mme Colette LE BACLE – Docteur en médecine – Compétences en santé travail, microbiologie de l'eau.

M. Pierre LE CANN – Professeur – Compétences en microbiologie des eaux marines, techniques analytiques de virus entériques et mycologie.

Mme Laurence MATHIEU – Maître de Conférences, Docteur en sciences – Compétences en microbiologie, biofilm, aérosol, légionnelles.

M. Patrick MAZELLIER – Professeur – Compétences en traitement EDCH, constituants et contaminants des eaux, qualité des ressources, substances émergentes.

M. Jacques-Noël MUDRY – Professeur honoraire d'hydrogéologie – Compétences en hydrogéologie, ressources en eaux, périmètres de protection des captages, expérience terrain.

M. Maxime PONTIÉ – Professeur – Compétences en chimie de l'eau, traitement EDCH et aquaculture, biofilm, génie des procédés, dessalement, membranes.

Mme Anne-Marie POURCHER – Directeur de recherche – Compétences en microbiologie eau, traitement biologique des déchets et des effluents, biomathématiques, indicateurs de contamination fécale, bactériologie.

M. Robert TARDIF – Professeur – Compétences en toxicologie, ERS, piscines, santé environnement, nanoparticules, toxines, risques professionnels, PBPK.

Mme Michèle TREMBLAY – Docteur en médecine spécialiste en santé communautaire, Médecin conseil en santé au travail et en maladies infectieuses – Compétences en santé travail, microbiologie de l'eau.

Mme Bénédicte WELTÉ – Directrice adjointe de recherche du développement et de la qualité de l'eau, Docteur en sciences – Compétences en produits et procédés de traitement de l'eau (tous procédés, filières de traitement).

PARTICIPATION ANSES

Coordination et contribution scientifique

Mme Éléonore NEY – Direction de l'évaluation des risques – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

Mme Marie TEYSSANDIER – Direction de l'évaluation des risques – Unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

Contribution scientifique

Mme Pascale PANETIER – Chef de l'unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

Mme Anne THEBAULT – Direction de l'évaluation des risques – Unité méthodologie et études en microbiologie et santé animale.

Secrétariat administratif

Mme Christine LECAREUX – Direction de l'évaluation des risques – Département d'appui à l'expertise et rattachée à l'unité d'évaluation des risques liés à l'eau.

AUDITION FÉDÉRATION PROFESSIONNELLE DES ENTREPRISES DE L'EAU (FP2E) :

M. Abdelkader GAID – VEOLIA

M. Jean-François LORET – LYONNAISE DES EAUX

M. Pierre PIERONNE – LYONNAISE DES EAUX

Sommaire

Présentation des intervenants.....	3
Sommaire	8
Liste des tableaux	10
Abréviations ou acronymes	11
1- Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine.....	13
1.1 Contexte	13
1.2 Objet de la saisine.....	14
1.3 Champ de l'expertise	14
1.4 Modalités de traitement de l'expertise.....	15
1.5 Prévention des risques de conflits d'intérêts.	16
2- Définitions.....	17
3- Cadre réglementaire et état des pratiques en France et à l'étranger	18
3.1 En France	18
3.1.1 Contexte réglementaire	18
3.1.2 État de la pratique en France.	19
3.2 À l'étranger.....	20
3.2.1 Union européenne	20
3.2.2 Amérique du Nord.....	25
3.2.3 Australie	26
3.2.4 Points à retenir.....	26
4- Étapes de traitement produisant des effluents de lavage	28
4.1 Prétraitements physiques sans ajout de réactif.	28
4.1.1 Dégrossissage.	28
4.1.2 Préfiltration.....	29
4.2 Traitements de clarification.....	29
4.2.1 Clarification physico-chimique	29
4.2.2 Clarification biologique : filtration biologique lente	32
4.2.4 Clarification membranaire : microfiltration et ultrafiltration	33
4.3 Traitements permettant l'élimination d'éléments minéraux.....	35
4.3.1 Élimination du fer et du manganèse	35
4.3.2 Micropolluants minéraux : adsorption sélective.....	36
4.3.3 Élimination des ions ammonium par oxydation biologique.....	37
4.3.4 Élimination des nitrates	38

4.4 Maîtrise de l'entartrage	39
4.4.1 Décarbonatation par élévation de pH et une filtration	39
4.4.2 Décarbonatation par échange ionique.	40
4.4.3 Adoucissement par échange ionique	40
4.5 Élimination des composés organiques	40
4.6 Nanofiltration	41
4.7 Points à retenir	41
5- Identification des dangers	44
5.1 Filières « classiques »	44
5.1.1 Les dangers microbiologiques	44
5.1.2 Les dangers chimiques.....	48
5.2 Filières « spécifiques »	51
6- Proposition d'une démarche d'analyse des risques et faisabilité du recyclage	53
6.1 Proposition d'une démarche d'analyse des risques	53
6.2 Mode opératoire pour l'utilisation des tableaux.	54
6.2.1. Exemple du tableau renseigné sur les dangers « <i>Cryptosporidium/Giardia</i> ».	54
6.2.2. Exemple du tableau renseigné pour le danger «THM »	58
6.3 Exemple d'application de la méthode d'analyse du risque pour le recyclage des effluents de lavage dans une filière de traitements « classique »	61
7- Conclusions et recommandations du GT	62
7.1 Qualité des effluents recyclables	62
7.2 Modalités du recyclage	63
7.2.1. Maîtrise de la qualité.	63
7.2.2. Maîtrise du débit.	64
7.2.3. Point d'injection.....	65
7.2.4. Surveillance et contrôle sanitaire.....	65
7.3 Procédure administrative et composition du dossier.	65
7.4 Amélioration des connaissances	66
7.5 Solution alternative	67
Bibliographie	68
Annexe 1 : Lettre de saisine	74
Annexe 2 : Différences entre les filtres à sable européens et américains	76
Annexe 3 : Tableaux d'analyse des dangers	78
Annexe 4 : Suivi des actualisations du rapport	102

Liste des tableaux

Tableau I : Synthèse des recommandations émises par les États membres de l'Union européenne	22
Tableau II : Principales caractéristiques des effluents de lavage générés suivant les étapes de traitement .	42
Tableau III : Danger « <i>Cryptosporidium/Giardia</i> »	56
Tableau IV : Danger « THM »	59
Tableau V : Principales différences des filtres en Europe et aux États-Unis.	76
Tableau VI : Dangers « <i>Cryptosporidium/Giardia</i> »	78
Tableau VII : Dangers « cyanobactéries »	80
Tableau VIII : Dangers liés aux micropolluants minéraux apportés par des traitements (Fer, aluminium, manganèse, bromates)	82
Tableau IX : Danger « Fluor » (pour traitement par adsorption sur alumine activée)	86
Tableau X : Dangers « Micropolluants minéraux co-précipités avec le fer ou l'aluminium: arsenic V, sélénium IV, Antimoine V »	87
Tableau XI : Dangers « Minéraux co-précipités sous forme hydroxydes, carbonates, hydroxycarbonates »	89
Tableau XII : Dangers « Micropolluants minéraux éliminés par adsorption sélective sur oxy/hydroxydes de fer et oxydes de manganèse : arsenic, sélénium, antimoine, radium, uranium.....	91
Tableau XIII: Danger « Acrylamide ».....	92
Tableau XIV : Danger « THM »	94
Tableau XV : Dangers « Micropolluants organiques dont le $\log K_{OW} > 3$ ».....	96
Tableau XVI : Danger « Micropolluants organiques avec $1,5 < \log K_{OW} < 3$ »	98
Tableau XVII : Dangers « Métaux toxiques co-précipités sous forme hydroxydes, carbonates et hydroxycarbonates : Plomb ».	100

Abréviations ou acronymes

Afssa	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
AQR	Analyse quantitative du risque
ARS	Agence régionale de santé
AWWARF	American water works association research foundation
CAG	Charbon actif en grains
CAP	Charbon actif en poudre
CCTG	Cahier des clauses techniques générales
CES	Comité d'experts spécialisé
CIRC	Centre international de recherche sur le cancer
COD	Carbone organique dissous
CODERST	Conseil de l'Environnement et des Risques sanitaires et technologiques
COT	Carbone organique total
CSP	Code de la santé publique
CT	Produit de la concentration résiduelle en désinfectant et du temps de contact avec le désinfectant
DGS	Direction générale de la santé
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
DWQR	Drinking water quality regulator (Écosse)
EB	Eau brute
EDCH	Eaux destinées à la consommation humaine
ENDWARE	European network of drinking water regulator
EPA	Environmental protection agency
ESO	Eau souterraine
ESU	Eau de surface
FBRR	Filter backwash recycling rule
FP2E	Fédération des professionnels et des entreprises de l'eau
GT	Groupe de travail
MES	Matières en suspension
MF	Microfiltration
MO	Matière organique
NF	Nanofiltration
NFU	Nephelometric formazine unit
NIEH	National Institute of Environmental Health (Hongrie)
NTU	Nephelometric turbidity unit

OMS	Organisation mondiale de la santé
PVDF	Polyfluorure de vinylidène
SPC	Sous-produits de chloration
TAC	Titre alcalimétrique complet
TH	Titre hydrotimétrique
THM	Trihalométhanes
UF	Ultrafiltration
UKWIR	United Kingdom water industry research
US EPA	United States Environmental protection agency
UV	Ultraviolet
VHA	Virus hépatite A

1- Contexte, objet et modalités de traitement de la saisine

1.1 Contexte

Les installations de production d'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) comprennent des systèmes et des procédés de traitement qui peuvent générer des effluents liquides en quantité importante.

Ils proviennent principalement du lavage des médias filtrants dans les filières conventionnelles comportant une filtration sur matériaux granulaires et du décolmatage par rétrolavage des modules de filtration membranaire dans les filières comprenant une étape de microfiltration (MF) ou d'ultrafiltration (UF).

Le plus souvent, ces effluents sont rejetés dans le milieu hydraulique superficiel. Lorsque la capacité d'acceptation du milieu récepteur n'est pas suffisante, un traitement approprié des rejets est nécessaire et prescrit par les services de l'État compétents.

La gestion de ces effluents liquides comporte donc des contraintes techniques, économiques, voire administratives, pour les maîtres d'ouvrages et/ou les exploitants des installations. De plus, compte tenu de leur volume qui peut atteindre 10 % de la production, voire plus dans certains cas particuliers, leur rejet est regardé comme une perte d'eau, particulièrement lorsque la ressource n'est pas abondante.

Face à ces contraintes, le recyclage de ces effluents liquides est souvent présenté comme une solution qui offre le double avantage de permettre des économies significatives et de réduire l'empreinte environnementale des unités de production d'EDCH. C'est pourquoi cette pratique suscite un intérêt croissant de la part des professionnels du traitement et de la distribution d'eau. La commission scientifique et technique de la Fédération française des professionnels de l'eau (FP2E) a d'ailleurs rédigé une note sur la problématique du recyclage des effluents liquides dans les filières de production d'EDCH (FP2E, 2009). Le recyclage est également mentionné dans le fascicule n°75 du Cahier des clauses techniques générales (CCTG) consacré aux Travaux relatif à la conception et l'exécution d'installations de traitement des EDCH.

Le nombre d'installations comportant un recyclage des effluents, mises en service aujourd'hui, n'est pas connu.

Dans sa lettre de saisine du 14 février 2011, le ministère en charge de la santé indiquait que *« jusqu'à présent, il n'était pas favorable aux projets de réutilisation des effluents de traitement dans les process de traitement d'EDCH, considérant notamment les risques microbiologiques des supports de traitement qui pourraient être induits par ce genre de pratiques »*.

D'ailleurs, le code de la santé publique (CSP) et ses textes d'application ignorent cette pratique puisqu'ils ne prévoient aucune disposition spécifique visant le recyclage des effluents de lavage. Il en résulte que la procédure générale d'autorisation prescrite pour l'utilisation d'eau en vue de la consommation humaine s'applique : il appartient au préfet de statuer sur le dossier de demande présenté à cet effet et de solliciter l'avis de l'Anses, s'il le juge nécessaire. Ainsi, depuis 2008, l'Agence a été saisie à onze reprises.

L'analyse de ces dossiers a confirmé que les dangers liés au recyclage de ces effluents dépendaient moins de la qualité de la ressource d'eau brute utilisée que de la nature des procédés de traitement mis en œuvre et des modalités du recyclage.

Les protistes (*Cryptosporidium*, *Giardia*, etc.) dont la concentration dans les effluents de lavage est relativement bien documentée (cf. chapitre 4) constituent le principal danger microbiologique. Cependant, les dangers chimiques liés à des paramètres ou des éléments minéraux et organiques (carbone organique total (COT), turbidité, aluminium, acrylamide, sous-produits de chloration, etc.) doivent aussi être considérés avec attention.

Sur le plan sanitaire, le recyclage des effluents de lavage n'est donc pas une opération neutre en ce sens qu'elle peut aggraver les risques potentiels associés au traitement unique et ordinaire de la seule ressource utilisée. Pour chaque projet, l'autorité sanitaire locale doit actuellement évaluer ces risques en l'absence de lignes directrices, au cas par cas, pour pouvoir statuer sur la demande d'autorisation qui lui est présentée.

1.2 Objet de la saisine

Considérant l'évolution du nombre de dossiers, le ministère en charge de la santé a estimé qu'il devenait nécessaire d'encadrer l'instruction des dossiers par des recommandations de gestion destinées aux Agences Régionales de Santé (ARS). Dans cette perspective, par lettre précitée du 14 février 2011, il a demandé à l'Anses de procéder à une expertise scientifique et technique afin de :

- *Caractériser la nature des effluents de lavage susceptibles d'être recyclés ainsi que les conditions de mise en œuvre de leur recyclage dans les filières de traitement des EDCH ;*
- *Évaluer les risques sanitaires associés au recyclage de ces effluents de lavage ;*
- *Proposer des recommandations de gestion pour la mise en œuvre du recyclage des effluents de lavage dans les filières de traitement d'EDCH ;*
- *Proposer des recommandations pour l'instruction de ce type de demande par les ARS (liste des pièces constitutives du dossier de demande de déclaration, points importants de l'analyse des risques à examiner, mesures préventives de maîtrise des risques à mettre en œuvre, etc.).*

1.3 Champ de l'expertise

En accord avec la Direction générale de la santé (DGS), le champ de l'expertise a été limité à l'analyse des risques sanitaires liés au recyclage des effluents provenant du lavage des dispositifs de traitement de l'eau mis en œuvre dans les filières de production d'EDCH.

Ont été exclus :

- les effluents issus du lavage chimique des membranes et de la régénération des matériaux granulaires (résines échangeuses d'ions, adsorbants sélectifs) ;
- les surnageants des ouvrages d'épaississement des boues de décantation ;
- les eaux provenant de la déshydratation des boues ;
- les concentrats des modules membranaires.

Le présent rapport porte sur 5 aspects principaux :

- l'analyse du contexte réglementaire et de la pratique en France et à l'étranger ;
- la description des étapes de traitement produisant des effluents de lavage susceptibles d'être recyclés ;

- l'identification des dangers ;
- la proposition d'une démarche d'analyse des risques et faisabilité du recyclage ;
- les conclusions et recommandations.

1.4 Modalités de traitement 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) ».

L'Anses a confié l'instruction de cette saisine au groupe de travail (GT) « Risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine et modalités de gestion à mettre en œuvre », rattaché au comité d'experts spécialisé (CES) « Eaux ».

L'expertise a été réalisée en s'appuyant sur :

- les documents transmis avec la saisine :
 - o le fascicule 75 et la note de la FP2E précités,
 - o l'« Étude relative aux dispositions spécifiques à fixer pour les produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine » (Aquafluence, 2008),
- une recherche bibliographique qui a révélé le faible nombre d'articles permettant de caractériser la qualité des effluents de lavage des filtres et surtout des procédés membranaires ; une grande majorité de publications sont issues d'expériences venant d'Amérique du Nord (*cf.* chapitre 3). La pratique et les données ne sont pas toujours transposables en France ;
- une recherche d'informations sur la gestion de cette pratique à l'étranger :
 - o en Amérique du Nord (États-Unis, Canada),
 - o en Australie,
 - o en Europe *via* notamment une enquête réalisée par courriel du 16 avril 2013 auprès des membres de l'ENDWARE², groupe informel de réglementateurs pour les eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) de pays membres de l'Union européenne.
- les dossiers relatifs à des projets de recyclage :
 - o soumis à l'expertise de l'Anses,
 - o transmis en réponse à une enquête diligentée par la DGS auprès des ARS en février 2011, afin de recueillir des informations sur les pratiques de terrain et d'éventuelles données relatives à la qualité des effluents de lavage recyclés,
- l'audition de représentants de la FP2E, qui ont donné une suite favorable à l'invitation adressée aux différents acteurs concernés. Son objet était d'obtenir des informations sur les pratiques de recyclage en France, notamment :
 - o les caractéristiques des effluents de lavage recyclés,
 - o les conditions de recyclage (volume, débit, pourcentage d'eau susceptible d'être recyclé, point de réinjection),
 - o leur retour d'expérience sur les pratiques de recyclage.

Les travaux d'expertise du GT ont été soumis au CES « Eaux », tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, lors de ses séances du 2 juillet et 3 décembre 2013. Le rapport produit par le GT tenait compte des observations et des éléments complémentaires apportés par les membres du CES « Eaux ».

² ENDWARE : European Network of Drinking Water Regulator

À la publication du rapport, la FP2E a fourni de nouveaux éléments allant dans le sens d'une amélioration des connaissances. L'Anses a nommé quatre rapporteurs qui ont proposé une révision dudit rapport. Cette révision a été présentée et validée au CES « Eaux » lors de sa séance du 6 juin 2017. La révision du rapport consiste en l'ajout du chapitre 7.5.

1.5 Prévention des risques de conflits d'intérêts.

L'Anses analyse les liens d'intérêts déclarés par les experts avant leur nomination et tout au long des travaux, afin d'éviter les risques de conflits d'intérêts au regard des points traités dans le cadre de l'expertise.

Les déclarations d'intérêts des experts sont rendues publiques *via* le site internet de l'Anses (www.anses.fr).

2- Définitions

Les expressions utilisées pour désigner les différents types d'effluents de lavage dans les dossiers et dans la littérature sont variables. Pour permettre une identification claire du champ de la saisine et de ces effluents, une définition des notions et des termes utilisés dans le présent rapport était nécessaire.

Dans tous les cas, il a été défini que :

- les effluents susceptibles d'être recyclés et relevant de la présente saisine pouvaient provenir du lavage de médias filtrants (matériaux granulaires ou membranes de filtration) installés pour le traitement de l'EDCH et/ou du rinçage de matériaux adsorbants suite à leur régénération ;
- les phases de lavage étaient des phases suivies systématiquement par une phase de rinçage ;
- les paramètres visés lors de l'identification des dangers concernaient plusieurs éléments chimiques et microbiologiques indésirables, pathogènes ou toxiques.

Pour identifier ces effluents, les expressions et terminologies suivantes ont été retenues :

- l'expression « eaux de lavage » vaut pour les eaux utilisées pour le lavage du média filtrant mais pas pour les effluents issus du lavage ;
- l'expression « eaux de rinçage » désigne les eaux utilisées pour le rinçage du média filtrant ;
- l'expression « effluents de lavage » regroupe toutes les eaux produites lors des opérations de lavage et/ou de rinçage. Dans une première phase, elles peuvent comporter des « eaux sales » puis, dans une seconde phase, des « eaux claires » ;
- les « eaux claires » sont des effluents issus de la seconde phase de lavage (selon le procédé) ou du rinçage après l'étape de lavage. Il a été convenu de les définir par une turbidité inférieure ou égale à 2 NFU, mesurée sur le mélange des effluents à recycler en sortie de bêche de collecte ;
- les « eaux sales » sont des effluents dont la turbidité est supérieure à 2 NFU. Elles proviennent d'une première phase de lavage mais peuvent aussi être issues de la seconde phase selon leur turbidité.

3- Cadre réglementaire et état des pratiques en France et à l'étranger

3.1 En France

3.1.1 Contexte réglementaire

Conformément aux articles R. 1321-6 et R. 1321-11 du CSP, l'utilisation d'une eau en vue de la consommation humaine est soumise à autorisation préfectorale.

L'arrêté du 20 juin 2007 précise que le dossier de demande d'autorisation préfectorale doit comporter notamment des informations relatives :

- aux installations de production d'EDCH. Les produits et procédés de traitement utilisés dans les usines de production EDCH doivent être conformes aux dispositions de l'article R. 1321-50 du CSP et de la circulaire n°2000/166 du 28 mars 2000 ;
- aux modalités de gestion des rejets issus des étapes de traitement (effluents de lavage des filtres et des modules membranaires, *etc.*).

Les rejets liquides sont habituellement :

- soit déversés directement dans le milieu naturel³, avec ou sans traitement selon leur niveau de contamination ;
- soit évacués vers le réseau d'assainissement.

Cependant, certains de ces effluents liquides présentent des caractéristiques qui ont conduit à les réutiliser dans la filière de production d'EDCH, généralement pour pallier une faible disponibilité de la ressource en eau.

À ce jour, le recyclage d'effluents de lavage dans les filières de production d'EDCH ne fait l'objet d'aucune disposition réglementaire spécifique, ni d'aucune recommandation de gestion particulière. En revanche, le CSP et les textes pris pour son application fixent des limites de qualité pour les eaux brutes utilisées en tant que ressource pour produire des EDCH. Il est permis d'en déduire que, de manière implicite, ces valeurs paramétriques au moins valent pour le mélange « effluents recyclés + eaux brutes » quand ce mélange est utilisé en tant que ressource, à la même fin de production d'une EDCH.

Lorsque le préfet est saisi d'un dossier de demande d'autorisation comportant un projet de recyclage d'effluents de lavage au sein de la filière de traitement, il peut :

- soit statuer lui-même sur la demande, après avis de l'ARS ;
- soit adresser le dossier au ministère chargé de la santé, conformément aux dispositions de l'article R.1321-7-II du CSP, afin d'obtenir un avis de l'Anses.

En pratique, par une note d'information diffusée aux ARS en décembre 2008, la DGS a demandé aux services instructeurs de lui transmettre, pour saisine de l'Anses, un dossier comprenant les pièces suivantes :

³ Les rejets dans le milieu naturel sont soumis aux dispositions R. 214-1 et suivants du code de l'environnement

- 1- « Une note de présentation du projet (population desservie, avantages et inconvénients du projet, justification économique, etc.) ;
- 2- Un schéma (synoptique) du système de production d'eau précisant l'emplacement du recyclage ;
- 3- Un descriptif détaillé de la filière de traitement (notamment, produits et procédés de traitement utilisés) ;
- 4- Un bilan de la qualité de l'eau établi sur les 5 dernières années (ressource et eau distribuée) ;
- 5- Un descriptif technique de la partie « recyclage » et des équipements associés ;
- 6- Les preuves de conformité de tous les matériaux et produits, utilisés pour le recyclage susceptibles de rentrer au contact avec l'eau ;
- 7- Une estimation des volumes réutilisés (valeur moyenne/m³ produit) ;
- 8- Une analyse des risques sanitaires liés à l'installation, à l'exploitation et à la maintenance de l'installation incluant le recyclage ;
- 9- Les mesures correctives appliquées pour maîtriser les points critiques identifiés. ».

Cette note rappelle aussi que « la mise en place d'un recyclage d'eaux de lavage suppose que l'ensemble du système de production et distribution concerné soit en situation administrative régulière ».

3.1.2 État de la pratique en France.

L'état de la pratique, présenté ci-après, s'appuie principalement sur une synthèse des onze projets sur lesquels l'Anses a été saisie depuis 2008 et pour lesquels un avis a été rendu. L'avis de l'Agence n'étant pas obligatoire, il est possible que ces dossiers ne soient pas représentatifs de la situation en France. Cependant, le constat n'a été infirmé ni par l'enquête auprès des ARS, ni lors de l'audition de la FP2E.

Les avis émis (6 favorables, 3 défavorables et 2 sursis à statuer) peuvent être consultés sur le site de l'Agence et seuls les principaux éléments qu'ils apportent sont rappelés ci-après :

- à ce jour, en France, excepté pour une saisine en cours d'expertise, le recyclage n'a été envisagé que pour des effluents provenant du rétrolavage de filtres membranaires et du lavage des filtres à sable ;
- les effluents à recycler sont dirigés vers une bache de stockage dédiée ;
- avant réinjection des effluents dans la filière, un traitement est généralement proposé. Dans un seul cas, il a été prévu de ne recycler que les effluents de rétrolavage de membranes installées en deuxième étage de filtration et de n'appliquer aucun traitement. Ce projet a été accueilli favorablement par le CES « Eaux ». Le traitement des effluents envisagé comprend une ou plusieurs étapes allant de la seule désinfection jusqu'à la coagulation/floculation/filtration/désinfection. La désinfection est toujours prévue avec des lampes à rayonnements ultraviolets (UV) ;
- les effluents de lavage sont réintroduits en tête de la filière de traitement, avec une régulation du débit recyclé. À cet effet, un bassin tampon est parfois prévu. Dans le cas précité du recyclage d'effluents de rétrolavage de membranes installées en deuxième

- étage de filtration, une réinjection en aval de la clarification a été envisagée pour rechercher une économie sur les réactifs de coagulation ;
- pour l'analyse des dangers, lorsqu'elle a été réalisée, les auteurs ne considèrent que le danger « protistes » (*Cryptosporidium*). Ils se réfèrent parfois à la note de la FP2E précitée et à une étude française récente (Loret *et al.*, 2012) dont la méthodologie et les conclusions sont évoquées au § 5.1.1 ;
 - les remarques et réserves émises par le CES « Eaux » dans ses avis portent sur des dangers que les pétitionnaires n'ont pas identifiés, sur l'efficacité et les effets indésirables possibles des mesures correctives retenues, ainsi que sur les prescriptions du projet d'arrêté préfectoral relatives au recyclage. Il s'agit principalement :
 - o du danger « acrylamide » lié à l'utilisation de polyacrylamide pour une ou deux étapes dans la filière de traitement des EDCH. Dans ce cas, en l'absence de mesure de maîtrise, le recyclage des effluents de lavage est susceptible de provoquer une augmentation excessive de la teneur en acrylamide dans l'eau produite,
 - o de la formation de sous-produits d'oxydation lorsqu'une désinfection par rayonnements ultra violets (UV) est appliquée sur des effluents de lavage chlorés,
 - o des exigences de qualité (turbidité, teneurs en fer et manganèse, *etc.*) requises par la réglementation en vigueur pour garantir l'efficacité d'une désinfection UV, qui ne sont pas toujours respectées,
 - o du programme du suivi sanitaire lorsqu'il a été prévu, qui n'est pas toujours adapté.

Il faut aussi souligner que les dossiers ne comportent pas, le plus souvent, tous les éléments figurant dans la note d'information précitée de la DGS.

3.2 À l'étranger

Une recherche bibliographique a été effectuée. Les autorités compétentes, lorsqu'elles ont pu être identifiées, ont été consultées.

Il ressort que les réglementations et/ou recommandations relatives au recyclage des effluents de lavage dans les filières de traitement d'EDCH sont peu nombreuses, sans qu'il soit possible de se prononcer sur l'exhaustivité de l'inventaire réalisé.

Lorsqu'elles existent, les réglementations et recommandations ont pour objectif d'établir des dispositions techniques, de mise en œuvre et de gestion à destination des exploitants afin de garantir la protection de la santé humaine.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) ne propose pas de recommandation spécifique visant le recyclage des effluents de lavage, mais évoque cette pratique dans son rapport « Water treatment and pathogen control » (OMS, 2004). Il y est indiqué que, dans des régions arides où la ressource en eau est rare, la réutilisation d'effluents de lavage qui sont chargés en contaminants microbiologiques et en algues est souvent nécessaire. Le choix de la mise en place d'un traitement des effluents recyclés doit se faire au cas par cas, en tenant compte de la filière de traitement et des objectifs de qualité retenus pour l'eau brute.

3.2.1 Union européenne

Il ressort d'une enquête réalisée par courriel auprès des membres de l'ENDWARE que :

- seules l'Écosse et l'Irlande du Sud disposent de recommandations de gestion du recyclage des effluents de lavage en lien avec le danger « *Cryptosporidium* » dans les EDCH ; Ils préconisent *a minima* une décantation des effluents de lavage avant réinjection en tête de filière pour un recyclage en continu (*cf.* Tableau I) ;
- dans les autres pays, les demandes de recyclage sont traitées au cas par cas par les services locaux et le maintien de la qualité de l'EDCH reste à la charge de l'exploitant de l'usine de traitement ;
- le recyclage des effluents de lavage ne doit, en aucun cas, impacter la filière de traitement principale et être source de dégradation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau en sortie d'usine.

Tableau I : Synthèse des recommandations émises par les États membres de l'Union européenne

Pays	Existence d'une réglementation spécifique et/ou de mesures de gestion associées	Gestion des cas de recyclage			Autres	Références
		Traitement	Qualité	Point de recyclage		
Allemagne	Le recyclage est permis s'il n'en résulte pas une dégradation de la qualité de l'eau traitée. La preuve du maintien de la qualité est à la charge de l'exploitant de l'usine de traitement.				DVGW (2010)	
Danemark	Non					
Écosse	Oui	Décantation		Tête d'usine	Canalisations dédiées aux effluents à recycler Systèmes de surveillance du débit, de la turbidité des effluents à recycler Recyclage en continu pour éviter les surcharges hydrauliques Injection en amont de la coagulation sur une période aussi longue que possible	DWQR (2003)
Espagne	Non	Recommandation de ne pas pratiquer le recyclage des effluents de lavage. Néanmoins, existence de cette pratique dans des zones où la ressource en eau est rare.				
Finlande	Non					
Hongrie	Non	Demandes individuelles expertisées par le National Institute of Environmental Health (NIEH) qui vérifie les conditions de mise en œuvre et le programme de surveillance. L'expérience a montré que : - Les effluents à recycler doivent être traités avant réinjection dans la filière classique de traitement - La seule décantation n'est pas suffisante et doit être associée à une floculation, filtration et désinfection (par rayonnement UV par exemple)				
Irlande	Non,	Décantation		Tête de filière	Les traiteurs d'eau doivent	EPA (1995)

Pays	Existence d'une réglementation spécifique et/ou de mesures de gestion associées	Gestion des cas de recyclage			Autres	Références
		Traitement	Qualité	Point de recyclage		
	Mais existence de références relatives à la filtration et à la turbidité dans des guides				disposer de plans d'urgence pour arrêter le recyclage des effluents de lavage en cas de pollution accidentelle de la ressource d'eau brute	
		Le recyclage des effluents de lavage des filtres non traités en tête de filière de traitement n'est pas recommandé. En cas de nécessité de recyclage :				EPA (2009)
		oui	Réduction des teneurs en matières en suspension (MES) et oocystes de <i>Cryptosporidium</i>	Tête de filière	Les effluents de lavage des filtres ne doivent en aucun cas être recyclés directement en amont des filtres.	
Italie	Non	Dans quelques unités de traitement d'eaux de surface, les effluents de lavage des filtres et des membranes de filtration sont recyclés en amont de l'étape de coagulation/floculation. En cas de pollutions spécifiques (arsenic, fluor, etc.), les effluents de lavage sont rejetés et traités séparément.				
Malte	Non					
Pays-Bas	Non	En cas de recyclage, il revient au traiteur d'eau de garantir la qualité de l'EDCH en sortie de traitement				
Portugal	Non	En cas de recyclage, il revient au traiteur d'eau de garantir la qualité de l'EDCH en sortie de traitement				
République Tchèque	Non	Dans les rares cas de recyclage des effluents de lavage, les services locaux réalisent des évaluations des risques sanitaires liés à la présence de <i>Cryptosporidium</i> (risque majeur pour cette pratique) et proposent des mesures de gestion				
Slovénie	Non	Demandes individuelles expertisées par les services locaux lors de la construction de l'usine de traitement.				
Suède	Non					

Pays	Existence d'une réglementation spécifique et/ou de mesures de gestion associées	Gestion des cas de recyclage			Autres	Références
		Traitement	Qualité	Point de recyclage		
Grande-Bretagne	Non Existence de références dans des rapports d'experts. Les traiteurs d'eau doivent suivre les recommandations de ces rapports.					
					Canalisations dédiées aux effluents à recycler	Bouchier (1998)
	Décantation	Élimination de 90 % des floccs (si les 90% ne sont pas atteints, possible d'ajouter du polyélectrolyte)			Surveillance en continu de la qualité des effluents à recycler en utilisant par exemple des turbidimètres < 10 % du débit d'eau à traiter entrant	UK water industry research (1998)

3.2.2 Amérique du Nord

➤ États-Unis

L'US EPA dans son rapport intitulé « Filter backwash recycling rule (FBRR) » (US EPA, 2002) propose des dispositions réglementaires et techniques relatives au recyclage de certains types d'effluents au sein des filières de traitement d'EDCH. Elle y souligne aussi la nécessité de rapporter et d'enregistrer les pratiques de recyclage des différents États, afin de mieux évaluer l'impact de cette pratique sur la performance des filières de traitement d'EDCH.

Trois types d'effluents sont évoqués dans ce guide : les effluents de lavage des filtres, les surnageants issus de l'épaississement des boues et les effluents provenant de la déshydratation des boues. Compte tenu du champ de la saisine, seuls les éléments relatifs au recyclage des effluents de lavage des filtres sont présentés ci-après.

Considérant que la qualité microbiologique des effluents de lavage des filtres peut dégrader celle de l'eau brute, en particulier pour les paramètres *Cryptosporidium* et *Giardia*, le principal objectif retenu est de ne pas compromettre la qualité de l'eau traitée par le recyclage de ces effluents de lavage.

Sur ce point, il est précisé que pour atteindre un abattement suffisant en *Cryptosporidium* (≥ 2 log), les effluents recyclés doivent être réinjectés en tête de filière, en amont des procédés conventionnels de traitement de clarification (coagulation/floculation/décantation/filtration) ou en amont d'un système de filtration directe, expression désignant la coagulation sur filtre en Europe.

Toute alternative à une réinjection en tête de filière est subordonnée à la constitution d'un dossier par l'exploitant⁴ et à son approbation par l'État concerné. Cette disposition constitue la seule exigence d'ordre réglementaire visant les conditions de recyclage des effluents de lavage des filtres. En effet, il est indiqué par ailleurs qu'ils peuvent être recyclés avec ou sans traitement ou régulation du flux.

La seconde partie du FBRR propose des mesures opérationnelles afin de permettre aux États et aux exploitants de minimiser l'impact du recyclage sur la filière de traitement. Il est ajouté que les mesures proposées peuvent ne pas convenir à toutes les filières et qu'elles ont toutes été validées sur le terrain. Ces recommandations opérationnelles sont les suivantes :

- ajuster les traitements chimiques dans la filière lors des épisodes de recyclage ;
- renvoyer les eaux recyclées vers les bassins de pré-décantation en amont de la coagulation ;
- contrôler les débits d'eaux brutes et d'eaux recyclées afin d'éviter les surcharges hydrauliques (ne pas dépasser en recyclage 10 % du débit entrant) ;
- réduire les volumes d'eaux de lavage des filtres recyclés en modifiant les pratiques de lavage (durée, fréquence).

⁴ Pièces du dossier : justification de la localisation alternative, plan identifiant la solution alternative, démonstration de la conformité avec les limites de qualités préconisées dans le IESWTR/LT1ESWTR (données qualités effluents mélangés et effluents filtrés), description du traitement des effluents recyclés le cas échéant, comparaison entre la qualité de l'eau brute et celle des effluents recyclés (turbidité, kystes et oocystes, fer, manganèse, sous-produits de désinfection, matières organiques, pH, information sur les performances de décantation, informations sur le contrôle des flux pendant le recyclage, une analyses des autres impacts que pourrait avoir l'alternative sur la qualité finale de l'EDCH.

Le FBRR indique que la modification des pratiques de lavage des filtres peut avoir une incidence sur la qualité des eaux filtrées et provoquer des variations de turbidité.

Il appartient à chaque État d'établir sa propre réglementation, le cas échéant, en adaptant les recommandations précitées et en imposant des conditions supplémentaires. Ainsi, l'État de Californie préconise une valeur maximale de turbidité (2 NTU ou à défaut la valeur moyenne de la turbidité de l'eau brute), un abattement de 80 % des matières en suspension (MES) avant recyclage et un débit maximal de recyclage correspondant à 10 % du flux entrant.

Les États du Maryland et de l'Ohio recommandent :

- d'une part, un traitement des effluents avant recyclage. Seul l'État du Maryland différencie le cas des nouvelles usines de celui des usines existantes pour lequel des conditions alternatives au traitement sont proposées (taux de recyclage inférieur à 5 %, décantation en continu avec des vitesses très faibles, et un temps de réaction des polymères de deux heures pour une bonne séparation de la phase liquide et la phase solide) ;
- d'autre part, un débit recyclé respectivement limité à 5 et 10 % du flux entrant.

Remarque :

Il faut souligner que les caractéristiques techniques des filtres à sable aux États-Unis et en Europe présentent des différences (taille effective du sable, type de filtration, type de lavage) telles que les données sur la quantité et la qualité des effluents de lavage ne sont pas complètement transposables. (cf. Annexe n° 2).

➤ Canada

La pratique du recyclage n'est pas réglementée. Santé Canada, dans ses recommandations de 2004 pour la qualité de l'eau potable visant les protozoaires «*Giardia* et *Cryptosporidium* », indique que le recyclage sans traitement des effluents de lavage des filtres contenant des kystes ou des oocystes n'est pas recommandé.

En 2012, Santé Canada précise que « l'eau de lavage à contre-courant des filtres ne doit pas être redistribuée dans l'usine d'épuration sans traitement additionnel ».

3.2.3 Australie

Il n'existe pas de ligne directrice ni de réglementation relative au recyclage des effluents de lavage au sein des usines de production d'EDCH.

La gestion de cette pratique est assurée directement par les traiteurs d'eau qui promeuvent les bonnes pratiques à adopter. Ces bonnes pratiques sont inspirées du FBRR de l'US EPA.

Il est préconisé de recycler en continu les effluents de lavage en tête de filière, en amont de la coagulation, avec ou sans décantation, à un débit n'excédant pas 5 % du débit d'eau brute entrant. Dans le cas d'une eau brute de qualité médiocre, les effluents de lavage ne sont pas recyclés.

3.2.4 Points à retenir

Il ressort de cette recherche bibliographique sur l'état de la pratique à l'étranger que :

- peu de cadres réglementaires ou recommandations relatifs à cette pratique sont disponibles dans le monde ;

- dans plusieurs pays, le projet est expertisé par les services locaux et les exploitants des usines de production d'EDCH ont la charge de montrer que le recyclage ne dégrade pas la qualité de l'eau en sortie d'usine ;
- les pratiques de traitement sont très différentes en Europe et aux États-Unis (cf. § 3.2.2) et donc difficilement comparables et transposables ;
- les quelques documents existants identifient tous comme danger majeur « *Cryptosporidium* » et préconisent un recyclage des effluents de lavage :
 - en continu et à un débit n'excédant pas 10 % de capacité nominale de l'usine,
 - en tête de filière ou en amont de la coagulation, le cas échéant,
 - avec ou sans traitement, le traitement pouvant être une simple décantation suivie ou non d'une désinfection (par rayonnement UV par exemple),
- le danger « acrylamide », entre autres dangers identifiés lors de l'expertise des projets de recyclage soumis à l'avis de l'Anses (cf. § 3.1.2), n'est pas évoqué.

4- Étapes de traitement produisant des effluents de lavage

L'utilisation d'un média poreux granulaire ou membranaire conduit à une accumulation de matière à la surface et/ou dans la masse du média. Il en résulte une diminution progressive de la capacité du système (un colmatage, une saturation, une colonisation, etc.) qui nécessite un lavage. La fréquence de ce lavage dépend de la qualité de l'eau brute.

La liste des procédés et des dispositifs à considérer et l'identification des effluents issus de ces opérations de lavage et susceptibles d'être recyclés ont été établies, en s'appuyant principalement sur la circulaire du 28 mars 2000 et sur des données bibliographiques, dont le rapport Aquafluence de 2008. Le GT s'est intéressé aux procédés utilisés en France, qui peuvent être différents de ceux utilisés outre-Atlantique, notamment en ce qui concerne la filtration (cf. Annexe 2). Dans la suite du rapport, les expressions « filtre de type européen » et « filtre de type américain » ont été utilisées pour les distinguer.

L'identification des effluents est le résultat d'une appréciation du GT au terme d'une démarche en trois phases comprenant :

- une présentation de l'étape de traitement et de ses objectifs ;
- une description des opérations de lavage et rinçage ;
- une identification et caractérisation des effluents issus de ces opérations.

4.1 Prétraitements physiques sans ajout de réactif.

Les prétraitements physiques, dégrossissage et préfiltration, nécessitent des lavages périodiques qui produisent des effluents.

4.1.1 Dégrossissage.

Cette étape est essentiellement appliquée en prétraitement de la filtration biologique lente. Elle consiste à filtrer l'eau brute sur des matériaux granulaires, dont la taille effective varie de 3 à 10 mm (graviers). Les vitesses de filtration sont comprises entre 1 et 5 m³/m²/heure.

Elle est destinée principalement à retenir les matières en suspensions (MES) de taille importante d'une centaine de micromètres au millimètre environ. Aucun réactif de coagulation n'étant ajouté, cette étape n'agit pas sur les colloïdes présents dans l'eau à traiter.

La turbidité de l'eau dégrossie varie de 5 à 20 NFU.

Les particules s'accumulent dans toute l'épaisseur du massif filtrant en créant, en surface, une perte de charge importante qui nécessite, lorsque le dégrossisseur est colmaté, un lavage à contre-courant.

Dans la plupart des cas, l'opération de lavage comprend deux phases :

- un soufflage d'air pour casser la croûte de colmatage en surface ;
- un lavage à contre-courant avec de l'eau brute.

Les volumes d'eau utilisés pour le lavage sont de l'ordre de 7 à 8 m³/m² de surface filtrante. Les effluents de lavage sont troubles et très chargés en particules. Leur turbidité est supérieure à celle de l'eau brute.

4.1.2 Préfiltration.

L'étape de préfiltration décrite ci-après, est aussi appelée parfois « filtration directe sans réactif ».

L'étape de préfiltration est principalement utilisée en prétraitement de la filtration biologique lente après le dégrossissage, mais également sans dégrossissage en amont de l'étape de coagulation sur filtre. La filtration est réalisée sur des matériaux granulaires (sables, pouzzolanne, silice, biolite, etc.) dont la taille effective varie de 1,2 à 3 mm. Les vitesses de filtration varient de 0,5 à 2 m³/m²/heure.

L'objectif recherché est de retenir les particules dont la taille est comprise entre 0,5 et 2,0 mm, pour obtenir une turbidité variant de 5 à 10 NFU. Les particules retenues dans toute la masse du massif filtrant conduisent à un colmatage progressif, surtout en surface. Le lavage est nécessaire pour réduire les pertes de charge. Il comprend trois phases :

- une phase de détassage et d'élimination de la couche de surface par insufflation d'air pendant 1 à 2 minutes ;
- une phase de lavage « air + eau » à contre-courant, pendant 3 à 5 minutes. L'eau de lavage est de l'eau « dégrossie » ou de l'eau brute en l'absence de dégrossissage ;
- une phase de rinçage pour éliminer tout l'air contenu dans le massif filtrant et obtenir une vitesse de filtration homogène. L'eau de rinçage est de l'eau « dégrossie » ou de l'eau brute.

Les volumes d'eau de lavage utilisés sont de l'ordre de 6 à 7 m³/m² de surface filtrante. L'eau de lavage utilisée étant de l'eau brute ou « dégrossie », l'effluent de lavage et/ou de rinçage présente des caractéristiques au mieux identiques à celles de l'eau brute.

4.2 Traitements de clarification.

Les traitements de clarification sont destinés à l'élimination des colloïdes présents dans l'eau (turbidité). Sur ces colloïdes est souvent adsorbée une grande partie de la pollution microbiologique et chimique. La clarification constitue la première étape réelle du traitement des eaux de surface et des eaux souterraines influencées par les eaux de surface. Elle permet également d'éliminer une partie des micro-organismes présents dans l'eau brute (bactéries, virus, protistes).

4.2.1 Clarification physico-chimique

Elle est essentiellement utilisée pour des eaux de surface.

Des réactifs chimiques (coagulants et adjuvants de floculation) sont ajoutés pour neutraliser les charges des colloïdes et assurer la cohésion des particules neutralisées. La séparation des particules neutralisées se fait soit dans un filtre, soit dans deux ouvrages séparés (décanteur ou flottateur et filtre). Cette filtration permet aussi la séparation d'éléments rendus insolubles (déferrisation, démanganisation, décarbonatation).

Les filtres de type « européen » utilisés lors de l'étape de clarification physico-chimique se caractérisent par :

- la nature et les spécifications des matériaux ;
- la hauteur du massif filtrant généralement comprise entre 0,8 m et 2 m ;
- la vitesse de filtration généralement comprise entre 5 et 10 m³/m²/h ;
- la durée du cycle de filtration : elle varie en fonction de la qualité de l'eau entrante et des caractéristiques du filtre.

Le massif filtrant peut être constitué d'une ou plusieurs couches de matériaux ;

- filtres monocouches : sable de silice (densité réelle 2,65) ou anthracite et charbon actif en grains (densité réelle 1,4 à 1,75) ;
- filtres bicouches constitués de deux matériaux : un matériau dense en partie basse, en général du sable, sur 1/3 de la hauteur totale de matériau et, au-dessus, un matériau de densité plus faible et de taille effective plus importante (principalement de l'anthracite, ou du charbon actif en grains).

Les filtres s'encrassent au fur et à mesure de leur utilisation, créant une accumulation de matière à la surface et dans la masse du filtre. Une opération de lavage est donc nécessaire afin de retrouver les performances initiales du filtre. L'opération de lavage comprend plusieurs phases, selon le type du filtre :

❖ Filtre monocouche

Les phases sont habituellement les suivantes :

- un détassage à l'air durant 1 à 2 min ;
- un lavage à l'air et à l'eau filtrée (chlorée ou non) à contre-courant, durant 5 à 10 min. La vitesse d'eau est en général de 5 à 10 m/h et celle de l'air comprise entre 40 et 50 m/h ;
- un rinçage à l'eau filtrée (chlorée ou non) à une vitesse de 15 à 20 m/h pendant 5 à 10 min.

Le volume d'eau de lavage est de l'ordre de 5 m³/m² de filtre.

❖ Filtre bicouche

En général, deux phases sont appliquées :

- un détassage à l'air seul à grand débit ;
- un lavage :
 - o à l'air et à l'eau filtrée à contre-courant, durant 5 à 15 min (pour un sable dont la taille effective est supérieure à 0,8 mm),
 - o ou à l'eau filtrée seule (chlorée ou non) à contre-courant à grand débit pendant 5 à 10 min (pour un sable dont la taille effective est inférieure à 0,6 mm).

Le volume d'eau de lavage est respectivement de l'ordre de 5 et de 10 m³/m² de filtre.

Dans les filtres de type « européen », les grains de sable se frottent les uns contre les autres et le floc retenu est éliminé au lavage, même s'il présente une forte cohésion.

L'usage d'adjuvants de floculation (alginate, amidon, polymères de synthèse) lors de l'étape de floculation est courant. Les doses appliquées peuvent être importantes.

4.2.1.1 Filtration directe avec réactif.

La filtration directe avec réactif, appelée également « coagulation sur filtre », est généralement mise en œuvre pour des eaux souterraines influencées par des eaux de surface (teneurs inférieures à 10 mg/L en MES, turbidité inférieure à 5 NFU environ).

Les effluents de lavage vont être très vite chargés en MES et leur qualité dépend de la qualité de l'eau brute initiale. Les effluents de lavage peuvent aussi contenir des sous-produits de la chloration (SPC) lorsque les filtres sont lavés à l'eau chlorée.

D'après la littérature, les effluents issus de la filtration directe peuvent présenter des contaminations microbiologiques élevées, notamment pour le paramètre *Cryptosporidium*. L'étude effectuée par Cossalter *et al.* (2010) a montré que les effluents de lavage, s'ils étaient recyclés, augmentaient fortement la charge en *Cryptosporidium* et que, dans le cas d'un recyclage des effluents de lavage à un taux de 2 %, la concentration en oocystes en sortie de filtre était proche de celle de l'eau brute. L'abattement sur le filtre n'était donc plus suffisant. Les effluents de rinçage sont en revanche de meilleure qualité.

4.2.1.2 Filtration après les étapes de coagulation-floculation et décantation ou flottation

Cette étape est mise en œuvre essentiellement pour les eaux de surface pour lesquelles la clarification constitue la première étape de traitement.

Les effluents de lavage des filtres contiennent généralement les éléments accumulés dans la masse du filtre et des sous-produits générés lors du lavage. Ce sont principalement :

- **des MES** dont la concentration reste élevée et varie énormément durant la phase de lavage/rinçage. Bashaw *et al.* (2000) indiquent des valeurs très élevées dans les trois premières minutes du lavage avec un pic à 300 mg/L, alors que Tobiason *et al.* (2003) citent des pics de 600 à 7000 mg/L. Mc Cormick *et al.* (2010) rapportent des concentrations en MES allant de 129 à 414 mg/L ;
- **des micro-organismes** (bactéries, virus, protistes dont *Giardia* et *Cryptosporidium*, amibes, *etc.*), présents dans la ressource dont certains peuvent également coloniser le média filtrant ;
- **de la matière organique** ; Les concentrations en carbone organique total (COT) des effluents de lavage sont en général très supérieures à celles des eaux brutes et à la limite fixée pour celles-ci par le CSP (10 mg/L). Mc Cormick *et al.* (2010) décrivent des concentrations de 20 à 85 mg/L de COT et de 3 à 4,8 mg/L de carbone organique dissous (COD) dans les effluents de lavage de filtres à sable pour des eaux brutes présentant des COT et COD variant de 4 à 5,6 mg/L ;
- **des résidus de coagulants et flocculants** utilisés (par exemples aluminium, fer, polyacrylamides, *etc.*) lorsqu'ils sont utilisés lors de l'étape de clarification. Les résidus d'acrylamide, résultant de l'utilisation de polymères de synthèse, peuvent poser problème. Ce danger est évoqué au chapitre 5.1.2. La littérature sur ce sujet est pauvre, notamment dans les publications américaines, car l'utilisation de ces polymères n'est pas possible avec les filtres de type « américains » mis en œuvre (*cf.* Annexe 2) ;
- **des SPC**, comme les trihalométhanes (THM), les acides haloacétiques (AHA), *etc.*, dans le cas où les filtres sont lavés avec de l'eau chlorée. Le chlore agit sur la matière organique stockée à l'intérieur du filtre et génère donc la formation de SPC. Dans l'étude de Cornwell *et al.* (2001) qui porte sur 25 usines de traitement, les concentrations en THM totaux dans les effluents de lavage des filtres varient entre « non détecté » et 198 µg/L et celles des AHA entre « non détecté » et 211 µg/L. Mac Cormick *et al.* (2008) ont également constaté des concentrations en THM totaux de 6 à 31 µg/L pour les usines dont les filtres étaient lavés avec de l'eau chlorée. Ces résultats ont été confirmés par l'étude de Walsh *et al.*

(2008) qui a montré que les concentrations en THM et AHA étaient sensiblement plus faibles (respectivement inférieures de 76 % et 96 %) selon que le filtre était lavé avec de l'eau chlorée ou avec de l'eau chloraminée.

Pour les autres paramètres chimiques, les concentrations dépendent essentiellement :

- de la turbidité de l'eau brute ;
- du coagulant utilisé ;
- de l'utilisation d'autres réactifs, notamment la chaux en cas de reminéralisation en amont de l'étape de filtration ;
- du volume d'eau utilisé pour le lavage ; les effluents seront d'autant plus dilués que le volume d'eau de lavage sera important.

Quel que soit le paramètre considéré, la qualité des effluents de lavage varie au cours de l'opération et est très différente à chaque phase. Les effluents sont très concentrés dans les premières minutes et deviennent logiquement moins chargés en fin de lavage.

Un des paramètres caractérisant cette hétérogénéité est la turbidité qui varie énormément durant le cycle de lavage. Elle est très élevée au début de la phase de lavage air/eau quand les premières particules sont décrochées et peut devenir très faible en fin du cycle. Par exemple, Tobiasson *et al.* (1999) citent des pics de turbidité compris entre 150 et 400 NTU en début de lavage et des valeurs de 1 à 7 NTU en fin de lavage. Kawamura (2000), Cornwell et Lee (1993) citent des turbidités comprises entre 7 et 250 NFU.

La turbidité des effluents de lavage se révèle sensiblement plus élevée que celle des eaux admises sur le filtre. Mc Cormick *et al.* (2010) décrivent des valeurs de 26 à 73 NTU dans les effluents de lavage pour des eaux brutes présentant une turbidité variant de 0,8 et 2,5 NTU.

Remarque : lors des phases d'arrêt des filtres, une activité biologique importante peut se développer conduisant à une consommation d'oxygène dans le massif filtrant avant le redémarrage (notamment dans un filtre bicouche). Dans ces conditions, les effluents de lavage peuvent être chargés en substances réduites telles que les ions nitrite, fer ferreux et manganèse divalent.

4.2.2 Clarification biologique : filtration biologique lente

La filtration lente peut être utilisée pour clarifier, sans ajout de réactif, des eaux de surface ou des eaux influencées par des eaux de surface. La filtration est réalisée sur un massif de sable dont la taille effective est comprise entre 0,4 et 0,6 mm, avec une vitesse de filtration variant de 2 à 5-6 m³/m²/jour. Elle permet la rétention des MES, ainsi que la neutralisation et le piégeage des colloïdes par l'action de micro-organismes fixés à la surface du sable. Ces micro-organismes sécrètent des polysaccharides qui neutralisent les charges négatives des colloïdes.

Plus rarement, la filtration lente est utilisée comme moyen d'affinage de l'eau après une étape complète de clarification physico-chimique, pour réduire le carbone organique biodégradable. En aucun cas, elle ne permet de retenir par adsorption des micropolluants organiques, comme le fait le charbon actif en grains (CAG).

Pour le bon fonctionnement d'un filtre lent, la turbidité de l'eau admise ne doit pas être élevée. Si elle dépasse 10 NFU, un dégrossissage et une préfiltration préalables deviennent nécessaires.

Le lavage des filtres ne se fait qu'en surface avec de l'eau préfiltrée. Ce lavage se fait à courant. Il est accompagné d'un balayage des éléments flottants. Le lavage en profondeur est une opération manuelle et complexe qui ne s'effectue que tous les ans voire tous les 2 ans.

Au regard du mode de lavage d'un filtre lent, une opération de recyclage n'est guère envisageable.

Remarque : l'efficacité épuratrice de ces filtres dépend de la colonisation en surface et en profondeur du filtre : sa « maturation » nécessite un temps assez long qui dépend de la température de l'eau (une semaine en été à 20°C à un mois en hiver à 4-5 °C). Durant la période de maturation, le filtre n'est pas opérationnel pour produire de l'EDCH mais l'eau filtrée peut être recyclée en tête de traitement.

4.2.4 Clarification membranaire : microfiltration et ultrafiltration

La filtration membranaire permet de retenir et d'éliminer les MES et les matières colloïdales, en faisant appel comme barrière filtrante à des matériaux poreux appelés membranes de MF ou d'UF différents des médias granulaires.

Un traitement de préfiltration (filtration en profondeur sur un enroulement de fibres, tambours rotatifs, etc.) est généralement nécessaire afin d'éliminer en amont les particules susceptibles de s'accumuler dans les modules membranaires. Il est destiné à retenir des particules dont la taille est supérieure à 150-200 µm. Pour les préfiltres nécessitant un lavage, les effluents de lavage contiennent essentiellement les MES retenues et sont donc généralement très chargés.

4.2.3.1 Description et efficacité

Les membranes de MF et UF sont utilisées soit :

- en premier étage de traitement pour des eaux peu chargées, notamment en matières organiques ;
- en deuxième étage de traitement (étape d'affinage) en aval d'une étape de clarification décrite au § 4.2.1.

Dans les deux cas, une étape d'adsorption sur charbon actif en poudre (CAP) peut précéder la filtration membranaire.

En France, seules les membranes organiques sont aujourd'hui autorisées pour produire de l'EDCH. Elles peuvent être en acétate de cellulose, en polysulfone, en polyether sulfone ou composés dérivés, en polyfluorure de vinylidène (PVDF) ou en polypropylène. La plupart des membranes utilisées dans le domaine de l'eau se présentent sous forme de fibres creuses asymétriques. Elles sont dites à « peau interne » ou à « peau externe », selon que la paroi sélective (ou peau) se situe à l'intérieur ou à l'extérieur de la fibre. L'eau brute préfiltrée est admise à l'intérieur des premières ou à l'extérieur des secondes.

Les membranes d'ultrafiltration (UF) présentent des pores de diamètre compris entre 1 et 150 nm et assurent en général, par effet tamis, la rétention des composés solides ou colloïdaux (particules, bactéries, virus et protistes, etc.) sur la surface de la membrane.

Lors de la filtration, un dépôt se constitue à la surface de la membrane et limite la productivité du procédé en créant une résistance hydraulique. Des rétrolavages fréquents sont donc nécessaires pour rétablir les performances de la membrane. Dans certains cas, pour éliminer les micropolluants organiques d'eaux de surface, du CAP est injecté dans l'eau avant la filtration sur membranes. Les particules de CAP sont alors également retenues et participent au dépôt de filtration.

Les membranes de microfiltration (MF) présentent des pores plus grands que les membranes d'UF. Leur diamètre moyen est de l'ordre de 0,1 à 0,5 µm. Lors de la filtration, les particules sont retenues à la fois en surface et à l'intérieur pour les colloïdes dont la taille est voisine de celle des pores (mécanisme appelé colmatage interne des pores). Ces traitements de MF présentent une efficacité reconnue sur les protistes, relative sur les bactéries et quasi nulle sur les virus.

Les composés solubles, minéraux et organiques traversent les membranes de MF et UF.

Les traitements physiques par UF permettent une très bonne rétention des MES, d'une partie des colloïdes, des virus, des bactéries et des protistes.

4.2.3.2. Modes de lavage

Deux types de lavages sont habituellement utilisés pour les procédés membranaires :

- un rétrolavage à l'eau chlorée ou non, pour détacher, entraîner et évacuer les particules retenues vers l'extérieur des modules. Dans le cas de la MF, il a aussi pour objectif de décolmater les pores. Le critère souvent utilisé pour caractériser l'efficacité du lavage est sa capacité à restituer à la membrane sa perméabilité initiale. Dans certains cas, l'étape de rétrolavage est précédée d'une étape de circulation d'air ou d'eau à la surface des membranes (dite « flush ») à l'intérieur des fibres à « peau interne ». Elle a pour objectif de favoriser l'entraînement des particules et la déconcentration du module ;
- un lavage avec des produits chimiques (hors chlore). Les effluents produits ont été exclus du périmètre du champ du présent rapport.

Pour les membranes de MF perméables à l'air, le lavage peut comprendre un rétrolavage à l'air qui consiste en une mise sous pression d'air du compartiment « perméat » pour provoquer un bullage à travers les pores en sens inverse de la filtration.

Les modalités opératoires des rétrolavages sont variables. La fréquence peut varier de 1 fois toutes les 30 minutes à une fois toutes les 3 heures, la durée efficace de 30 secondes à 2 minutes et les pressions appliquées de 0,8 à 2,5 bars.

Les volumes d'eaux de rétrolavage, et donc ceux des effluents produits, sont proportionnels à la durée du rétrolavage, à la pression appliquée pendant le rétrolavage et à la perméabilité à l'eau de la membrane.

Sur le plan quantitatif, les effluents de rétrolavage constituent un enjeu important en matière de recyclage (de l'ordre de 15 % du volume prélevé dans la ressource).

4.2.3.3. Caractéristiques des effluents de lavage

Les effluents de rétrolavage des modules d'UF et MF contiennent tous les éléments retenus qui étaient présents dans l'eau brute (micro-organismes, particules et colloïdes, matières organiques et minérales adsorbées sur ces particules) ou qui ont été apportés par les étapes de traitement placées en amont de l'étape membranaire (coagulants, floculants, CAP). Ils peuvent aussi contenir des SPC si l'eau utilisée pour le rétrolavage est chlorée.

Peu d'études ont été consacrées à la caractérisation des eaux de rétrolavage. Leur composition varie en fonction de :

- la qualité de la ressource en eau ;
- la place de la filtration membranaire dans la filière de production de l'EDCH, c'est-à-dire des étapes de traitement placées en amont ;

- la quantité d'eau utilisée pour le rétrolavage.

Les effluents de rétrolavage des membranes installées en deuxième étage de filtration sont peu chargés, compte tenu des performances de l'étape de clarification placée en amont dans la filière de production.

L'étude de Zhang *et al.* (2009) s'intéresse à la caractérisation des matières organiques et aux sous-produits de désinfection dans les eaux de rétrolavage de deux systèmes couplant : l'un, une coagulation au FeCl_3 avec des membranes de MF immergées ; l'autre, une coagulation au FeCl_3 avec des membranes d'UF sous pression. Ces travaux montrent que la réactivité des effluents au chlore est importante et conduit à la formation de THM.

4.3 Traitements permettant l'élimination d'éléments minéraux

Plusieurs traitements utilisés pour l'élimination spécifique d'un ou plusieurs éléments minéraux nécessitent une filtration sur matériau granulaire. Les minéraux concernés sont :

- le fer (Fe) et le manganèse (Mn) ;
- des micropolluants (arsenic (As), antimoine (Sb), sélénium (Se), uranium (U), radon (Ra), etc.) justifiant un traitement par adsorption sélective ;
- les ions ammonium ;
- les ions nitrate ;
- le carbonate de calcium.

Les eaux brutes concernées sont des :

- eaux souterraines profondes à long temps de séjour, bien souvent en nappe captive. Elles contiennent généralement peu de matières organiques ;
- eaux alluviales qui peuvent contenir des matières organiques et des ions ammonium ;
- eaux de surface, de fond de réservoirs ou de barrages. Ces eaux sont très riches en matières organiques mais aussi potentiellement en ions ammonium, fer et manganèse. Dans ce cas, les traitements du fer, du manganèse et de l'ammonium peuvent être associés à l'étape de clarification. Ils ne sont pas donc pas traités dans ce chapitre mais dans le précédent (cf. § 4.2).

4.3.1 Élimination du fer et du manganèse

Le fer et le manganèse peuvent être présents dans des eaux réductrices pauvres en oxygène dissous, à des teneurs généralement inférieures à 4 mg/L pour la présence de fer ferreux et à 2 mg/L pour la présence de manganèse divalent. En présence de matières organiques, ces deux éléments peuvent former des complexes.

Plusieurs traitements spécifiques peuvent être mis en œuvre :

- traitement physico-chimique d'oxydation suivi d'une filtration sur milieu granulaire ;
- traitement d'oxydation biologique sur milieu granulaire ;
- traitement d'adsorption sélective sur milieu granulaire ;
- traitement physique par élévation du pH des eaux, suivi d'une filtration. Cette élimination se fait au moment de la décarbonatation chimique des eaux par élévation du pH (cf. § 4.4.1).

4.3.1.1 Traitement physico-chimique d'oxydation suivi d'une filtration

Suivant les concentrations respectives en fer et en manganèse, un traitement d'oxydation à l'air ou chimique (permanganate de potassium, ozone ou chlore), précédé d'une adaptation du pH, est nécessaire avant une filtration sur matériaux granulaires. Cette filtration permet d'éliminer les précipités formés (oxydes de Fe et Mn).

Le lavage de ces matériaux granulaires se fait dans les mêmes conditions que celles décrites au § 4.2.1. Il est effectué avec de l'eau traitée, chlorée ou non. Il conduit au décrochage de fines particules d'oxy-hydroxyde de fer et surtout de dioxyde de manganèse amorphe.

En cas d'utilisation d'eau chlorée, si l'eau brute est riche en matériau organique, des THM peuvent être présents dans les effluents de lavage.

Remarque : Un arrêt prolongé de ces filtres est considéré comme une phase critique. Ainsi, il est indispensable d'effectuer un lavage systématique des filtres. La qualité des effluents de lavage est alors difficilement maîtrisable car leurs concentrations en fer et manganèse dissous peuvent être élevées.

4.3.1.2 Traitements d'oxydation biologique sur milieu granulaire

L'oxydation du fer et du manganèse divalent peut être obtenue par des bactéries spécifiques (ferro et mangano-bactéries). Les conditions de pH et de potentiel d'oxydo-réduction (rH) sont assez strictes : $rH > 14$ pour le fer et > 26 pour le manganèse. Il en résulte que, pour des eaux riches en fer et en manganèse, deux filtres différents sont indispensables.

Le lavage des filtres se fait à contre-courant (cf. § 4.2.1) avec de l'eau brute ou de l'eau traitée non chlorée. Les effluents de lavage sont essentiellement constitués d'amas bactériens.

Remarque : la remarque ci-dessus (cf. § 4.3.1.1) relative à un arrêt prolongé de l'installation vaut dans le cas présent.

4.3.1.3 Traitements physiques d'adsorption sélective.

Le traitement consiste à faire passer de l'eau sur des lits fixes de matériaux. Les adsorbants sélectifs autorisés pour l'élimination du fer et/ou du manganèse sont :

- l'oxy-hydroxyde de fer granulaire ou déposé sur un média filtrant ;
- le dioxyde de manganèse granulaire ou déposé sur un média filtrant.

Ces adsorbants sélectifs adsorbent également des éléments toxiques qui peuvent être présents (As, Sb, Se, U, Ra, etc.). Ce procédé de traitement est décrit ci-après dans un cadre plus général (cf. § 4.3.2).

4.3.2 Micropolluants minéraux : adsorption sélective

Le principe consiste à faire passer l'eau riche en micropolluants sur un matériau granulaire adsorbant.

Les adsorbants sélectifs agréés à ce jour en France sont :

- l'alumine activée pour la rétention des ions fluorure ;
- l'oxy-hydroxyde de fer granulaire ou déposé sur un média filtrant pour l'élimination du fer et manganèse divalents et/ou des toxiques : As, Sb, Se, U, Ra, etc. ;

- le dioxyde de manganèse granulaire ou déposé sur un média filtrant pour l'élimination du fer et manganèse divalents ou des toxiques : As, Sb, Se, U, Ra, etc. ;
- le dioxyde de titane granulaire pour l'élimination de l'arsenic.

Les phénomènes mis en jeu sont l'adsorption sélective et l'oxydation catalytique dans des filtres qui doivent être lavés à l'eau à intervalles réguliers afin de reclasser le matériau et d'éviter des passages préférentiels. Les conditions de lavage sont analogues à celles décrites au § 4.2.1.

Les adsorbants sélectifs doivent aussi être régénérés par voie chimique, périodiquement selon une fréquence qui dépend de la concentration des éléments à adsorber (traitement acide et alcalin ou alcalin et acide). Les effluents de régénération n'entrent pas dans le champ de la saisine. Après l'opération de régénération, les filtres sont rincés à l'eau traitée pour éliminer les ions hydrogène ou hydroxydes. Les effluents de rinçage contiennent donc des ions H^+ ou OH^- et également du fer et/ou du manganèse.

Remarque : l'arrêt prolongé de l'installation ou d'un filtre peut conduire :

- en présence d'ions ammonium dans l'eau brute, à la production d'ions nitrite ;
- pour certains toxiques, à une modification de la valence de l'élément et à un relargage. Par exemple, l'arsenic et l'antimoine sont davantage retenus à la valence V qu'à la valence III.

Ces risques sont d'autant plus élevés que la température de l'eau dans les filtres est élevée. Si la température de l'eau est supérieure à $15^{\circ}C$, le temps d'arrêt critique est de 24 heures. Si la température est inférieure à $15^{\circ}C$, le temps d'arrêt critique est de 48 heures. Après un arrêt, les effluents de lavage peuvent donc contenir des éléments réduits (arsenic et antimoine à la valence III, ions nitrite).

4.3.3 Élimination des ions ammonium par oxydation biologique.

Les ions ammonium ont pour origine :

- la réduction chimique ou biologique des ions nitrate dans des eaux réductrices (eaux souterraines profondes protégées des contaminations microbiologiques, nappes captives, parfois eaux alluviales et de fond de retenue pauvres en oxygène dissous) ;
- une pollution d'origine anthropique (eaux alluviales et superficielles contenant de l'oxygène dissous). Ces eaux nécessitent un traitement de clarification où l'élimination biologique des ions ammonium peut être organisée dans les filtres.

L'élimination des ions ammonium peut être obtenue par une nitrification qui consiste à les oxyder par voie biologique jusqu'au stade nitrate. Ce traitement nécessite soit un réacteur de nitrification et une filtration d'affinage, soit une filtration qui assure ces deux rôles.

Dans le premier cas il s'agit d'une élimination spécifique. Dans le second cas, celle-ci est organisée au niveau de l'étape de clarification qui a été évoquée précédemment (cf. § 4.2).

Pour le premier cas, l'oxydation biologique des ions ammonium se fait en deux étapes successives : la nitritation qui est lente et la nitratisation qui est rapide. Elles nécessitent des consortiums de bactéries différents et les inhibiteurs sont donc aussi différents.

Les conditions de lavage se font dans les mêmes conditions que celles décrites au § 4.2.1.

Les effluents de lavage sont très concentrés en amas bactériens qui peuvent provoquer lors du stockage une formation de nitrites, inhibiteurs par ailleurs de l'étape de nitratisation et réducteurs des oxydants utilisés en désinfection.

Remarque : lors d'un arrêt prolongé des filtres, l'absence d'apport d'oxygène provoque la formation d'ions nitrite. Les ions nitrite doivent impérativement être éliminés par un rinçage lors de la remise

en service. Dans ce cas, les effluents de lavage peuvent contenir des concentrations élevées en ions nitrites.

4.3.4 Élimination des nitrates

L'élimination des ions nitrate peut être obtenue par quatre voies :

- dénitrification : ce traitement consiste en une réduction biologique au stade azote gazeux. Il nécessite l'ajout soit d'un substrat carboné (dénitrification hétérotrophe) ou minéral (dénitrification autotrophe) ;
- dénitratisation sur des résines anioniques fortes : par échange ionique, les ions nitrate sont remplacés par des ions chlorures. Ces résines ne sont pas spécifiques des ions nitrate, les ions sulfate entrent en concurrence et en début de cycle d'échange les ions bicarbonate sont aussi échangés ;
- nanofiltration (NF) : certaines membranes de NF permettent un abaissement des teneurs en ions nitrate de 30 % environ. Ce procédé est évoqué au § 4.6 ;
- électrodialyse : elle est réalisée sous gradient de champ électrique avec des membranes perméables dont certaines sont agréées en France pour les ions nitrate. Ce procédé ne génère pas d'effluents de lavage et donc n'est pas concerné par le sujet.

4.3.4.1 Dénitrification biologique

La dénitrification est réalisée en deux étapes : d'abord dans un réacteur de dénitrification (lit fluidisé ou filtre ascensionnel car il y a production d'azote), puis un filtre d'affinage permettant de retenir la biomasse et l'excès de nutriments apportés en amont du réacteur de dénitrification. Ces filtres sont lavés régulièrement afin de reclasser les matériaux. Le lavage est réalisé à contre-courant avec de l'eau traitée. Les effluents peuvent contenir de la biomasse bactérienne.

Le volume d'eau de lavage est de l'ordre de 5 m³/m² de filtre.

Remarque : lors d'un arrêt prolongé de l'usine ou d'un filtre, sans l'apport de substrat, la présence d'ions nitrite dans l'eau est possible. En effet, les eaux traitées contiennent encore des ions nitrate (en général 25 mg/L environ) et le substrat carboné ou minéral est toujours le facteur limitant de la dénitrification. La durée critique d'un arrêt est de 24 à 48 heures selon que la température de l'eau est supérieure ou inférieure à 15°C. Il est donc impératif de laver les filtres avant la remise en production de l'installation ou du filtre. Les effluents de lavage contiennent des concentrations élevées de ces ions nitrite.

4.3.4.2 Dénitratisation par échange ionique

Le cycle d'utilisation d'un échangeur d'ions comporte 4 phases :

- une fixation : l'eau traverse la couche de résines et les ions à éliminer sont échangés par les ions qui ont été fixés sur la résine lors de la régénération, cela jusqu'à la saturation de la résine ;
- un détassage de la couche de résine à contre-courant ;
- une régénération par passage de la solution régénérante ;
- un rinçage à l'eau pour éliminer par lavage le régénérant imprégnant la résine.

Les résines doivent être régénérées (toutes les 24 à 48 heures) par des solutions saturées de chlorure de sodium. Après régénération, elles sont rincées afin d'éliminer les fortes teneurs en

régénérant (chlorure de sodium). Après la régénération, un rinçage à l'eau traitée doit être effectué. Les effluents de rinçage sont chargés en chlorure de sodium.

Remarque : Lors d'un arrêt prolongé (durée critique de 12 à 24 heures selon que la température de l'eau est inférieure ou supérieure à 15°C), les résines libèrent des ions ammoniums qui conduisent à des flaveurs très fortes de tri méthyle amine (flaveur de poisson) et, dans certains cas, à la formation de nitrosamines. Il est donc impératif de régénérer, puis de rincer les résines après un arrêt prolongé.

4.4 Maîtrise de l'entartrage

La maîtrise de l'entartrage et de la corrosion peut conduire à décarbonater ou à adoucir l'eau. Elle peut être obtenue en appliquant différents procédés de traitement :

- une décarbonatation par une élévation du pH suivie d'une filtration ;
- une décarbonatation par échange ionique avec des résines cationiques faibles ;
- un adoucissement par échange ionique avec des résines cationiques fortes ;
- une nanofiltration (cf. §. 4.6).

4.4.1 Décarbonatation par élévation de pH et une filtration

La décarbonatation des eaux vise à éliminer d'une part du calcium, d'autre part des bicarbonates (réduction du TH et du TAC). Les traitements de décarbonatation sont appliqués essentiellement pour des eaux souterraines. Les eaux de surface concernées sont clarifiées au préalable.

La décarbonatation est réalisée dans un réacteur approprié par élévation du pH de l'eau à traiter pour provoquer la précipitation du carbonate de calcium. Cette élévation de pH peut être obtenue par :

- ajout d'eau de chaux ;
- ajout de soude ;
- génération électrolytique d'ions OH⁻.

Dans les deux premiers cas, le pH de l'eau est supérieur à 8,3. Une valeur plus élevée est nécessaire si l'élimination simultanée d'autres éléments est recherchée (entre 11,3 et 12 pour le magnésium et supérieur à 9 pour le baryum (Ba) et le nickel (Ni)).

Après passage dans le réacteur, l'eau décarbonatée est filtrée sur un média filtrant. Pour éviter la carbonatation du filtre, elle est rendue agressive en abaissant le pH à 7,5 environ. La filtration retient les fines particules constituées de carbonate de calcium mais aussi, selon les caractéristiques de l'eau brute, de plusieurs autres éléments (magnésium (Mg), Ba, strontium (Sr), Ni, As, Sb, Se, Pb, Fe, Mn, etc.).

Le média filtrant est lavé à contre-courant (conditions identiques à celles décrites au § 4.2.1). Les effluents de lavage peuvent contenir les métaux toxiques co-précipités (Ni, As, Se, etc.).

Remarque : Les remarques précédentes relatives aux effluents de lavage des filtres après un arrêt valent pour le cas présent, si sa durée est longue (3 à 4 jours).

4.4.2 Décarbonatation par échange ionique.

Le cycle de fonctionnement d'un échangeur ionique a été décrit précédemment (*cf.* § 4.3.4.2).

Pour la décarbonatation de l'eau, des résines carboxyliques, c'est-à-dire cationiques faibles, sont utilisées. Les échangeurs carboxyliques de formule générale $\text{HCO}_2\text{-R}$ sont caractérisés par la présence de radicaux carboxyliques HCO_2^- . Ils sont du type faiblement acide et sont capables de fixer des cations (calcium (Ca), Mg, sodium (Na), potassium (K)) correspondant à l'acide carbonique des bicarbonates. En revanche, ils ne permettent pas un échange des cations en équilibre avec des anions forts (sulfate, chlorure, nitrate).

La régénération des résines est réalisée à l'aide d'une solution acide (acide chlorhydrique ou sulfurique). Après régénération, les résines sont lavées avec de l'eau brute ou traitée et les effluents de lavage peuvent encore contenir des ions H^+ en début de lavage.

Remarque : Les remarques précédentes relatives à un arrêt des filtres valent pour le cas présent, s'il est de longue durée (3 à 4 jours).

4.4.3 Adoucissement par échange ionique

Des résines cationiques fortes sont utilisées pour la réduction seule du TH. Elles sont caractérisées par la présence de radicaux sulfoniques (HSO_3^-) ayant des acidités voisines de celles de l'acide sulfurique.

Ces résines sont régulièrement régénérées par des solutions concentrées de chlorure de sodium. Leur régénération par des solutions acides n'a pas été proposée dans les dossiers de demande d'agrément de ces résines, en France.

Après régénération, une étape de lavage à l'eau de l'échangeur est indispensable pour éliminer au mieux la solution concentrée de régénération. Les effluents de régénération contiennent du chlorure de sodium à des concentrations variables en fonction du temps de rinçage.

Remarque : Les remarques précédentes relatives à un arrêt des filtres valent pour le cas présent, s'il est de longue durée (3 à 4 jours).

4.5 Élimination des composés organiques

L'élimination des micropolluants organiques se fait essentiellement par adsorption sur du charbon actif.

Deux types de charbon peuvent être utilisés :

- Charbon actif en poudre (CAP) : ce matériau pulvérulent est ajouté à l'eau comme un réactif de traitement. Le procédé le plus classiquement mis en œuvre aujourd'hui est le réacteur à CAP dans lequel du charbon est ajouté à l'eau brute, dans un décanteur, ce qui permet un temps de contact optimum entre l'eau et le charbon. Du coagulant est également ajouté, ce qui permet de piéger le charbon dans le décanteur. Une étape de filtration sur matériau granulaire suit ce décanteur et le lavage de ce matériau se fait comme décrit dans le § 4.2.1.
- Charbon actif en grains (CAG) (taille effective 0,25 à 3 mn) : il est utilisé en lit filtrant dont la hauteur de couche varie entre 1 m et 1,80 m suivant le type de filtre utilisé (ouvert ou sous

pression). Les micropolluants organiques sont adsorbés sur et dans les grains de CAG. Une activité biologique se développe dans la masse du charbon et il est nécessaire d'effectuer des lavages du matériau afin de le reclasser et d'éviter les passages préférentiels. En fonction de la qualité de l'eau à traiter, la fréquence de mise en œuvre du lavage peut être de 24 h à 15 jours.

Le lavage des filtres de CAG se fait en général en deux phases :

- lavage à l'air afin de détasser et de casser la couche de surface du matériau ;
- lavage à l'eau traitée (chlorée ou non) à contre-courant. Les volumes utilisés pour le lavage varient de 5 à 6 m³/m² de surface filtrante.

Le CAG étant un matériau friable, les effluents de lavage contiennent essentiellement des « fines de charbon », ainsi que de la biomasse bactérienne. Ils peuvent contenir également des micropolluants adsorbés dans les pores du charbon et relargués lors du lavage. La turbidité des effluents provenant d'un filtre à CAG installé en première étape de filtration peut être élevée.

4.6 Nanofiltration

La nanofiltration (NF) est utilisée comme étape d'affinage pour retenir des espèces solubles, ions ou petites molécules organiques (200 à 2000 g/mol), notamment des micropolluants tels les pesticides. Du fait de sa capacité à retenir des ions divalents, elle est aussi utilisée pour un adoucissement partiel de l'eau ou pour diminuer les concentrations en sulfates.

Dans la pratique habituelle, la concentration en MES des eaux admises sur les membranes de NF a été préalablement bien maîtrisée. Ces membranes ne sont donc que très faiblement exposées à un colmatage par dépôt de particules à leur surface. En conséquence, il n'est pas prévu de rétrolavage.

Le seul lavage pratiqué comporte un lavage avec des solutions chimiques (acides, bases, détergents, complexants) suivi d'un rinçage à l'eau.

Les effluents contiennent les molécules comprises dans la solution de nettoyage et tous les éléments accumulés dans les modules de NF, notamment les sels et micropolluants. Ces effluents de NF sont donc des effluents issus d'un nettoyage chimique et ne rentrent pas dans le champ de la saisine (*cf.* § 1.3).

4.7 Points à retenir

Les effluents de lavage générés par les étapes de traitement identifiées dans ce chapitre et leurs caractéristiques sont résumés et présentés dans le tableau II.

Tableau II : Principales caractéristiques des effluents de lavage générés suivant les étapes de traitement

Étapes de traitements		Caractérisation de la qualité des effluents de lavage identifiés
Prétraitements physiques sans ajout de réactif	dégrossissage	MES, Turbidité (supérieure à celle de l'EB)
	Préfiltration	MES, Turbidité (équivalente à celle de l'EB)
Clarification physico-chimique	Filtration directe avec réactif	MES, turbidité, SPC si lavage à l'eau chlorée Protistes
	Après les étapes de coagulation/floculation et décantation ou flottation	MES, MO, résidus de coagulants et floculants utilisés (Al, Fe, polyacrylamide, etc.), SPC si lavage à l'eau chlorée Protistes
Clarification biologique	Filtration biologique lente	MES, turbidité, Algues Micro-organismes
Clarification membranaire		MES, turbidité, amas bactériens, Protistes, SPC si lavage à l'eau chlorée
Préfiltration amont		MES
Élimination du fer et du manganèse	Physico-chimique d'oxydation suivie d'une filtration	Particules d'oxy-hydroxyde de fer et dioxyde de manganèse, SPC si lavage à l'eau chlorée
	Oxydation biologique sur milieu granulaire	Amas bactériens
Adsorption sélective		Ions H ⁺ ou OH ⁻ , particules de d'oxy-hydroxyde de fer et dioxyde de manganèse
Élimination des ions ammonium par oxydation biologique		Amas bactériens
Élimination des nitrates	Dénitrification biologique	Amas bactériens
	Dénitratation	Chlorure de sodium

Maîtrise de l'entartrage	Décarbonatation par élévation de pH et filtration	Métaux toxiques co-précipités (Ni, As, Se, Mn, etc.)
	Décarbonatation par échange ionique	Ions H ⁺
	Adoucissement par échange ionique	Chlorure de sodium
Élimination des composés organiques		Fines de charbon, amas bactériens, turbidité, MES et Protistes si CAG en premier étage de filtration

5- Identification des dangers

Pour l'identification des dangers liés aux effluents de lavage caractérisés dans le chapitre 4, il a été considéré que les filières de traitement pouvaient être réparties en deux grands types :

- les filières dites « classiques » de traitement d'eaux de surface ou d'eaux souterraines influencées par des eaux de surface, qui comprennent généralement un traitement de clarification suivi ou non d'un traitement d'affinage. Elles peuvent donc comporter une ou plusieurs étapes de filtration nécessitant un lavage ;
- les filières dites « spécifiques » comprenant une (ou des) étape(s) destinée(s) à éliminer spécifiquement un ou plusieurs composés (nitrification, dénitrification, adsorption sélective *etc.*) et nécessitant également une opération de lavage périodique. Le composé éliminé est un élément particulièrement déterminant pour l'étude du recyclage. Ces filières peuvent être utilisées pour le traitement des eaux superficielles et des eaux souterraines.

5.1 Filières « classiques »

Les dangers identifiés par le GT peuvent être classés en 2 catégories : les dangers microbiologiques et les dangers chimiques.

5.1.1 Les dangers microbiologiques

Les dangers microbiologiques, pour la plupart, résultent de la rétention des micro-organismes présents dans l'eau brute et retenus par le traitement de filtration mis en œuvre. Les agents pathogènes, dont une élimination efficace peut être obtenue lors de l'étape de désinfection dans une filière de production d'EDCH, sont peu évoqués dans les publications traitant du recyclage des effluents de lavage. Les données portent essentiellement sur les protistes et plus rarement les amibes libres. Il semble donc que les auteurs considèrent implicitement que seuls les agents retenus sur les filtres et les modules membranaires d'UF et de MF, et présentant une certaine résistance aux désinfectants, constituent des dangers pertinents lors du recyclage des effluents de lavage de ces procédés.

5.1.1.1 Les virus

La « survie » des virus dans l'eau dépend de nombreux facteurs, entre autres des caractéristiques propres aux virus, de la présence d'autres micro-organismes et des caractéristiques de l'eau, telles que son pH, sa température, sa turbidité et les niveaux de rayonnement UV. Certains de ces facteurs ont été caractérisés (Afssa, 2007b). Le taux de « survie » varie selon le type de virus. Les virus entériques d'intérêt pour la transmission d'origine hydrique sont généralement des virus sans enveloppe, plus résistants à la dégradation environnementale que les virus enveloppés. Les comparaisons entre les virus entériques révèlent aussi un degré de variabilité, les adénovirus survivant potentiellement plus longtemps dans l'eau que d'autres virus entériques comme le virus de l'hépatite A (VHA) et les poliovirus (Enriquez *et al.*, 1995).

La petite taille des virus entériques et la facilité relative avec laquelle ils traversent les barrières de filtration peuvent compliquer leur élimination. Cependant, les virus peuvent être inactivés efficacement par l'application de différentes techniques de désinfection, de façon individuelle ou combinée, à des doses relativement faibles.

Par conséquent, les réductions peuvent être obtenues au cours des différentes étapes de traitement :

- par rétention avec les traitements de clarification et filtration. Des études indiquent une élimination des virus de l'ordre de 2 log pour la clarification (coagulation, floculation et sédimentation) (Afssa, 2007b). Pour les étapes de filtration qui suivent, les facteurs qui jouent un rôle primordial sont le type de prétraitement subi par l'eau, la vitesse de filtration et la granulométrie des milieux. Les membranes de MF ne constituent pas une barrière physique absolue pour les virus en raison du diamètre de leurs pores. Les membranes d'UF ont des pores d'un diamètre de 0,01 à 0,150 µm et peuvent donc retenir les virus. Les membranes de NF et d'osmose inverse (OI) ont également des pores plus petits que les virus ; elles constituent donc une barrière physique pour ces derniers. Cependant, il faut souligner que, pour toutes ces membranes, la rétention des virus ne peut être assurée que si leur intégrité est garantie ;
- par effets biocides avec des procédés de désinfection chimique ou physique. L'efficacité des traitements biocides dépend de la concentration du désinfectant et du temps de contact. L'ozone inactive efficacement les virus. Le chlore et le dioxyde de chlore présentent également des propriétés virucides en fonction du pH. En revanche, les chloramines n'ont pas d'effet sur les virus. Les rayonnements UV (dose de l'ordre de 1500 à 1600 J/m²) permettent un abattement minimum de 4 log pour les virus entériques. (Afssa, 2007b ; Anses, 2010).

5.1.1.2 Les bactéries

Les modules membranaires de MF et surtout d'UF, étant donné leurs seuils de coupure, se posent en barrière efficace contre les bactéries. L'UF permet d'atteindre en théorie un abattement d'au moins 7 log sur les bactéries (Microrisk, 2006).

En outre, la plupart des souches bactériennes, pathogènes ou non pathogènes sont vulnérables aux traitements biocides classiquement mis en œuvre qui permettent de maîtriser ce danger dans les filières de production d'EDCH.

Cas des cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des bactéries photosynthétiques naturellement présentes dans les écosystèmes d'eau douce et d'eau marine. Les cyanobactéries sont surtout nocives par les différentes substances qu'elles libèrent, notamment les cyanotoxines, telles que les hépatotoxines (microcystine, nodularine...), les neurotoxines (anatoxine a et b...) et les endotoxines lipopolysaccharidiques. Il faut par conséquent considérer ce risque lors de l'élimination des cyanobactéries.

Les installations de production d'EDCH à partir d'une ressource en eau superficielle exposée à un risque de prolifération de cyanobactéries doivent donc comporter des étapes de traitement approprié pour les retenir et éliminer les toxines susceptibles d'être présentes dans l'eau.

Le rapport Afssa/Afsset relatif aux risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau (2006) apporte les informations utiles sur les dangers associés et l'efficacité des étapes ou procédés qui composent habituellement les filières de traitement.

En résumé, face à un risque de prolifération dans la ressource, la stratégie de traitement pertinente consiste à les éliminer rapidement après rétention dès l'étape de clarification avec une

étape de flottation, pour éviter une lyse des cellules et la libération de toxines. De plus, une telle filière comporte habituellement un traitement par CAP ou CAG qui permet d'adsorber les toxines lipophiles susceptibles d'être présentes.

Les dangers liés à la présence possible de cyanobactéries et de leurs toxines, dans les effluents de lavage, doivent donc être pris en compte lorsque la ressource est périodiquement exposée à des proliférations.

5.1.1.3 Les protistes

Cas de *Cryptosporidium* et *Giardia*

L'inactivation des protistes d'origine intestinale, notamment celle des kystes de *Giardia* et des oocystes de *Cryptosporidium* qui peuvent être présents dans l'eau brute, est difficile du fait de leur résistance aux désinfectants couramment utilisés, tel le chlore. Une clarification efficace pour leur rétention est donc recherchée et constitue une barrière indispensable pour garantir la conformité de l'eau après une désinfection ultérieure. Il en résulte que la majeure partie des kystes et des oocystes est retenue lors de l'étape de clarification, c'est-à-dire d'abord en décantation le cas échéant, puis en filtration.

Dans une étude effectuée par l'American Water Works Research Foundation (AWWARF) (Cornwell *et al.*, 2001) sur 25 usines de traitement, 148 analyses d'effluents de lavage ont été effectuées. 8 % des échantillons étaient positifs avec présence de *Giardia* et 5 % avec présence de *Cryptosporidium*, alors que les analyses d'eau brute alimentant ces filières de traitement révélaient 30 % d'échantillons positifs pour *Giardia* et 11 % pour *Cryptosporidium* sur un total de 146 analyses.

L'étude met aussi en évidence que les concentrations moyennes en *Cryptosporidium* observées sont plus importantes dans les effluents de lavage (175/100L) que celles dans l'eau brute (108/100L). D'après la revue de Bolto et Gregory (2007), d'autres études confirment cette observation. Un suivi de 34 usines de traitement a montré que les taux de *Cryptosporidium* et *Giardia* dans les effluents de lavage étaient respectivement 61 fois et 16 fois supérieurs à ceux constatés dans les eaux brutes (Le Chevallier *et al.*, 1991).

Une étude française (Loret *et al.*, 2012) a été conduite spécifiquement sur le sujet du recyclage des effluents de lavage. Elle a été menée par le CIRSEE/Suez Environnement en 2010 sur différentes filières de production d'EDCH en France. Ses principaux objectifs étaient d'évaluer le risque sanitaire, de définir des limites de sécurité et de proposer de bonnes pratiques pour les exploitants. Sur le plan microbiologique, seuls les dangers « protistes » et « amibes » ont été retenus dans le cadre de l'étude.

Les résultats obtenus dans ce travail ont été interprétés suivant différentes approches :

- une évaluation du risque à partir de données analytiques recueillies sur 6 sites présentant des différences liées à l'origine d'eau et à la composition de la filière de traitement. Les paramètres microbiologiques suivis étaient notamment *Cryptosporidium*, *Giardia* et amibes totales ;
- un bilan de matière pour l'évaluation du risque lié à « *Cryptosporidium* » ; il s'agit d'une approche théorique dont le principe s'est inspiré de l'étude de Cornwell et Lee (1993) ;
- une appréciation quantitative des risques (AQR) réalisée à partir des résultats de contamination en *Cryptosporidium* dans l'eau brute en testant différents scénarios de recyclage.

Les conclusions des campagnes d'analyses réalisées dans le cadre de cette étude établissent que les effluents de lavage de filtres concentrent certains éléments susceptibles d'altérer la qualité de l'eau, en cas de recyclage en tête de filière. D'un point de vue microbiologique, les effluents de lavage des filtres :

- de premier étage peuvent générer un excès de *Cryptosporidium* ;
- de deuxième étage peuvent apporter un surplus d'amibes, capables de recroissance sur les médias filtrants.

L'analyse des filières de production étudiées a indiqué que le traitement des effluents recyclés par une simple décantation permettait de ramener le risque microbiologique à un niveau équivalent à celui au sein d'une filière sans recyclage.

Pour l'approche AQR liée à *Cryptosporidium*, il a été supposé qu'un certain nombre de facteurs étaient constants, par exemple le rendement de la méthode, la viabilité du protiste parasite, la concentration calculée après recyclage et l'abattement. Ce choix ne va pas dans le sens retenu dans l'approche proposée par l'Agence (Afssa, 2002) incluant une prise en compte de la variabilité et de l'incertitude sur les paramètres. Il est également d'usage de détailler toutes les distributions utilisées, leur paramétrage et les équations mises en œuvre dans l'AQR. De plus, les hypothèses utilisées dans la partie consacrée à l'évaluation des risques ne sont pas clairement exposées dans le rapport. Telles sont les raisons pour lesquelles, il n'a pas été possible d'exploiter les résultats présentés dans cette étude pour l'analyse du risque microbiologique.

Cas des amibes libres

Ces amibes constituent une niche écologique dans laquelle des bactéries potentiellement pathogènes peuvent survivre et se multiplier, telle que *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium avium*, etc. Elles peuvent résister aux traitements mis en œuvre pour la potabilisation de l'eau protégeant ainsi les micro-organismes intra-amibiens (Thomas *et al.*, 2008).

La littérature contient peu de données relatives à l'efficacité des traitements vis-à-vis des amibes. La plupart des études disponibles se sont focalisées sur l'efficacité des désinfectants vis-à-vis des espèces *Acanthamoeba* et *Naegleria*. *Naegleria* est plus sensible au chlore que *Acanthamoeba*. Le CT (concentration x temps de contact) est de l'ordre de 20-60 mg.min/L pour un abattement de 4 log de *Naegleria* et supérieur à 1000 pour *Acanthamoeba* (De Jonckheere, 1976). Les valeurs obtenues pour cette dernière dans des conditions définies de laboratoire sont élevées et proches de celles qui sont admises pour *Cryptosporidium*.

L'abattement attendu pour les amibes libres aux étapes de coagulation, décantation et filtration est de l'ordre de 2 log (Loret et Greub, 2010). La limite de la filtration, en comparaison avec d'autres protistes comme *Cryptosporidium*, tient à la colonisation du filtre par ce micro-organisme (Loret, 2008).

Le suivi du paramètre « amibes totales » par les auteurs de l'étude citée dans le chapitre précédent a été motivé par le résultat de travaux antérieurs sur la gestion des micro-organismes dans les médias filtrants. Ces travaux avaient mis en évidence une colonisation possible de ces supports par des amibes, pouvant entraîner des concentrations élevées dans les effluents de lavage (Loret *et al.*, (2010) et Thomas *et al.*, (2008)). Les auteurs ont investigué la présence d'amibes sur les médias filtrants dans différentes filières de traitement durant plusieurs mois. Les résultats tendent à montrer que les amibes colonisent les filtres et pourraient être relarguées occasionnellement. Selon la même équipe (Loret *et al.*, 2012), les effluents de lavage de filtres de second étage peuvent apporter un surplus d'amibes qui prolifèrent sur les filtres ou au contact des membranes d'UF. Cependant, les auteurs avancent que les mesures qu'ils proposent pour la maîtrise du risque lié à *Cryptosporidium* suffisent pour le cas des amibes qui ne nécessitent aucune exigence supplémentaire lors du recyclage des effluents.

Les bactéries intra-amibiennes sont protégées de l'environnement extérieur. Elles sont, par conséquent, protégées vis-à-vis de l'action de traitements biocides utilisés dans les réseaux d'EDCH (chlore) qui sont reconnus comme peu efficaces vis-à-vis des amibes, et peuvent éventuellement avoir un développement intra-amibien (Thomas *et al.*, 2004). De nombreuses espèces bactériennes pathogènes sont capables de se multiplier en grand nombre dans les

amibes, c'est notamment le cas pour *Legionella pneumophila*, *Mycobacterium avium*, mais également *Salmonella enterica*.

Force est donc de constater que la problématique de l'influence du recyclage sur la multiplication des amibes dans le filtre est très complexe. Les éléments disponibles pour la traiter ne sont pas suffisants.

5.1.1.4 Conclusion

En résumé, les dangers microbiologiques « pertinents » à retenir pour le recyclage des effluents de lavage peuvent être représentés par les paramètres « protistes », plus particulièrement « *Cryptosporidium* » et « *Giardia* », pour lesquels les étapes de désinfection classiquement utilisées dans les filières de traitement sont peu efficaces. En ce qui concerne le critère « amibes », l'affirmation d'une publication, selon laquelle les mesures de maîtrise du risque lié aux protistes seraient suffisantes, devra être confortée par des recherches complémentaires.

En l'état de la connaissance, dans cette attente, l'analyse des risques microbiologiques ne portera que sur les paramètres « *Cryptosporidium* » et « *Giardia* » (cf. § 5.3).

5.1.2 Les dangers chimiques.

Les dangers chimiques sont constitués par les micropolluants minéraux ou organiques qui peuvent être :

- soit présents dans les eaux brutes et aussi, le plus souvent, être apportés par le traitement mis en œuvre pour leur rétention ;
- soit issus d'une réaction secondaire liée au traitement.

Ils ont été classés en plusieurs catégories en vue d'apprécier la pertinence du danger que chacun pourrait constituer en cas de recyclage des effluents de lavage.

5.1.2.1. Les micropolluants minéraux

Quatre catégories ont été distinguées :

- *Les éléments présents dans les eaux brutes et retenus par les étapes de la filière classique*

Il s'agit essentiellement des micropolluants cationiques co-précipités lors de l'étape de clarification sous forme :

- d'hydroxydes, d'oxydes, d'oxy-hydroxydes : les éléments concernés, pour un pH compris entre 7 et 8, sont le fer trivalent, l'aluminium⁵, le cuivre, le zinc⁶, le chrome trivalent, le mercure, le cadmium, le thallium à la valence III, le manganèse tétravalent (MnO₂) ;
- pour certains éléments, le pH doit être supérieur à 9 : le manganèse divalent, le fer divalent, le nickel, le cobalt, le magnésium (pH à 10,5), l'étain ;

⁵ Au-dessus de pH 7,5 l'aluminium est resolubilisé sous forme aluminate

⁶ Au-dessus de pH 8,5 le zinc est resolubilisé

- pour les hydroxydes formés à $\text{pH} > 9$, leur formation est obtenue lors de la décarbonatation à la chaux, à la soude ou par production électrolytique d'ions OH^- ;
- de carbonates : l'élimination se fait lors de la décarbonatation à la chaux ou à la soude ou la production électrolytique d'ions OH^- . Cela concerne les alcalino-terreux, à l'exception du magnésium (le baryum, le zinc, le cadmium, le chrome trivalent, le cuivre). Il faut la présence de carbonate, donc un TAC $> 8^\circ\text{f}$ et un $\text{pH} > 8$;
- d'hydroxy-carbonate: cela concerne le plomb. Le pH doit être $> 7,5$ et le TAC $> 8^\circ\text{f}$;
- de sulfure: fer divalent, manganèse divalent et la plupart des éléments de transition. Les sulfures doivent être présents naturellement dans les eaux. Il est à noter qu'en traitement d'EDCH, l'ajout de sulfures n'est pas autorisé ;
- de chlorures : argent.

Il faut ajouter certains éléments anioniques co-précipités lors du traitement de coagulation : les arsénates, phosphates, antimonates, vanadates et les sélénites si le pH est > 9 .

Tous ces micropolluants seront donc présents dans les effluents de lavage des filtres.

- *les éléments présents dans les eaux brutes mais non éliminés par les filières conventionnelles.*

Ces éléments concernent

- des anions :
 - les halogénures: fluor, chlore, brome, iode,
 - les cyanures,
 - les oxy-anions ne réagissant pas avec le fer ou l'aluminium pour donner un composé co-précipitable lors de la coagulation : nitrites, nitrates, sulfates, sulfites, thiosulfates, chlorites, chlorates, perchlorates, hypochlorites, hypobromites, bromates, iodates, chromates, dichromates, silicates, sélénates, borates, molybdates,
- des cations
 - les alcalins : lithium, sodium, potassium, etc.,
 - les alcalino-terreux.

Ces éléments ne seront pas présents dans les effluents de lavage, à une teneur supérieure à celle de l'eau brute.

- *les éléments pouvant être présents dans les eaux brutes mais, le plus souvent, amenés par le traitement mis en œuvre*

Il s'agit essentiellement du fer et de l'aluminium, déjà évoqués ci-dessus. L'aluminium est amené lors du traitement de coagulation avec des sels d'aluminium. En fonction du pH de coagulation, l'étape de coagulation-floculation est plus ou moins efficace et du microfloc peut passer dans l'eau décantée. Celui-ci est alors retenu par filtration. Les effluents de lavage peuvent donc contenir de l'aluminium particulaire.

- *les micropolluants minéraux remis en solution lors du mélange d'effluents en vue du recyclage*

Cette remise en solution peut être induite par une modification du pH ou du potentiel redox, par exemple, le chrome, le fer ou l'aluminium.

5.1.2.2 Les micropolluants organiques

Ils ont également été classés en plusieurs catégories:

- *Les micropolluants organiques présents dans les eaux brutes.*

Trois types peuvent être distingués :

- les micropolluants facilement adsorbés sur le charbon actif (log du coefficient de partage octanol-eau supérieur à 3), qui pourront être présents dans les effluents de lavage ;
- les micropolluants peu adsorbables sur le charbon actif (log du coefficient de partage octanol-eau compris entre 1,5 et 3), qui seront présents à de très faibles concentrations dans les effluents de lavage ;
- les micropolluants non adsorbables sur du charbon actif (coefficient du partage octanol-eau inférieur à 1,5), qui ne seront pas présents dans les effluents de lavage à une concentration supérieure à celle de l'eau brute.

- *Les micropolluants non présents dans les eaux brutes mais amenés par le traitement.*

Il s'agit essentiellement des polymères ajoutés comme coagulant ou floculant lors du traitement de clarification et/ou d'affinage des EDCH.

Un des polymères couramment employé est à base de polyacrylamide. Les polyacrylamides peuvent être utilisés sous forme neutre, anionique ou cationique. Au vu des dossiers examinés par l'Agence, ces polymères sont appliqués :

- le plus souvent, au niveau des étapes de clarification et d'affinage des eaux, notamment au niveau des réacteurs à charbon actif, pour flocculer et séparer le CAP afin de le recycler ;
- plus rarement au niveau du traitement de clarification des effluents de lavage à recycler avant réinjection dans la filière de traitement.

La problématique résultant de l'utilisation des polyacrylamides est liée à leur pureté, c'est-à-dire à leur concentration en acrylamide susceptible d'être présent dans l'EDCH.

L'acrylamide, composé classé substance cancérigène probable pour l'homme (groupe 2A, CIRC), est très polaire et n'est ni adsorbé sur le charbon actif, ni retenu par d'autres procédés de traitements conventionnels (OMS, 2011). Compte tenu de sa masse molaire (71,078 g/mol), il n'est pas non plus retenu par les procédés d'osmose inverse. Pour ce composé, l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique impose une limite de qualité fixée à 0,1 µg/L dans l'EDCH. Comme il n'existe encore, à ce jour, aucune méthode de dosage fiable permettant de vérifier le respect de cette limite de qualité, elle se réfère à la concentration résiduelle en monomères dans l'eau, calculée conformément aux spécifications de la migration maximale du polymère correspondant en contact avec l'eau.

Plus précisément :

- la circulaire n° 2000/166 du 28 mars 2000 autorise les polyacrylamides et copolymères de l'acide acrylique, sous réserve que la dose maximale d'utilisation ne dépasse pas 0,2 mg/L pour un produit dont la teneur en acrylamide monomère est inférieure ou égale à 500 mg/kg de produit ;
- l'avis de l'Afssa (Afssa, 2007a) est favorable à l'emploi de floculants synthétiques à base de polyacrylamide cationique, sous réserve que le dosage total en polyacrylamides cationiques et, le cas échéant, en polyacrylamides anioniques, ne dépasse pas :
 - 0,4 mg/L pour un produit dont la teneur en acrylamide monomère est inférieure ou égale à 250 mg/kg de produit,

- 0,2 mg/L pour un produit dont la teneur en acrylamide monomère est inférieure ou égale à 500 mg/kg de produit.

À ce jour, aucun document garantissant une teneur en acrylamide monomère inférieure à 200 mg/kg dans le polymère n'a été porté à la connaissance des autorités compétentes par les fournisseurs du produit, ni par ses utilisateurs. C'est pourquoi, concrètement sur la base de l'hypothèse d'une pureté en acrylamide monomère inférieure ou égale à 200 mg/kg, il ne peut être utilisé théoriquement plus de 0,5 mg/L de polyacrylamide dans la filière (toutes étapes de traitement confondues), conformément aux dispositions de la circulaire n° 2000/166 du 28 mars 2000 précitée.

Telles sont les raisons pour lesquelles, le GT estime que le danger « acrylamide monomère » doit impérativement être considéré lorsqu'un polymère à base de polyacrylamide est utilisé dans la filière de traitement.

- *Les micropolluants formés lors du traitement de l'eau et/ou lors du lavage et/ ou lors d'un mélange de différents effluents (issus du lavage des différentes étapes) avant recyclage.*

Ce sont les SPC qui sont formés dans la filière de traitement ou lors de l'opération de lavage si de l'eau chlorée est utilisée pour sa réalisation.

Ces composés peuvent également être formés lors du mélange dans la bache du recyclage d'effluents provenant du lavage de différentes étapes (par exemple, le mélange des effluents de lavage de filtres à sable ou à charbon et rétro-lavages de membranes).

5.2 Filières « spécifiques »

Les phénomènes mis en jeu sont principalement l'oxydation et l'adsorption dans des filtres qui doivent être lavés à l'eau à intervalles réguliers, afin de reclasser le matériau et d'éviter des passages préférentiels.

Les dangers à prendre en compte et considérés comme facteur limitant pour la mise en œuvre du recyclage sont ceux qui sont liés à l'élément éliminé (NH_4^+ , NO_3^- , etc.) et/ou aux différents adsorbants qui peuvent être utilisés pour retenir les micropolluants minéraux. Ces adsorbants sont :

- l'alumine activée (adsorbant régénérable à la soude) : les éléments concernés sont les silicates et les fluorures. Les silicates interfèrent sur l'adsorption des fluorures ;
- le dioxyde de manganèse (adsorbant régénérable à la soude et activé à l'acide) : les éléments concernés sont l'arsenic (arséniate ou arsénites en fonction du pH), le sélénium (sélénites), l'antimoine (antimoniates), les phosphates, le vanadium (vanadates) ;
- le dioxyde de manganèse (adsorbant régénéré à l'acide et activé à la soude) : les éléments concernés sont le manganèse divalent, le radium, l'uranium ;
- l'oxy-hydroxyde de fer (adsorbant non régénérable) : les éléments concernés sont l'arsenic (arséniate ou arsénites en fonction du pH), le sélénium (sélénites), l'antimoine (antimoniates) et les phosphates ;
- le charbon actif : les éléments concernés sont les iodures, le mercure, l'argent, le cuivre ;
- les résines échangeuses d'ions : régénération la plus fréquente avec du chlorure de sodium pour les résines anioniques et cationiques.

Lorsqu'une étape de lavage ou de régénération chimique est nécessaire, un rinçage est effectué en fin de cycle (hors traitement de chloration) avec des quantités plus ou moins importantes d'eau. Il a été considéré que les effluents en résultant présentaient des caractéristiques chimiques telles que leur qualité n'était pas compatible avec un recyclage.

6- Proposition d'une démarche d'analyse des risques et faisabilité du recyclage

6.1 Proposition d'une démarche d'analyse des risques

Force est de constater, à ce stade du rapport, que la problématique relative au recyclage des effluents de lavage dans une filière de traitement des EDCH est trop complexe pour qu'une évaluation des risques sanitaires (ERS) liés à cette pratique puisse aboutir valablement. Les nombreuses données nécessaires sont variables, insuffisantes ou manquantes. Leur variabilité est inhérente à celle de la qualité des eaux brutes à traiter et à la multiplicité des étapes qui peuvent composer les filières de traitement. Les modalités de l'exploitation des ouvrages peuvent aussi agir sur les caractéristiques des effluents de lavage.

Chaque projet de recyclage de ces effluents doit donc être regardé comme un cas particulier justifiant une analyse des risques dont l'objectif est double. Il s'agit de vérifier que les performances de la filière de traitement permettront de garantir le respect des limites et des références de qualité fixées pour les EDCH produites et de définir les mesures de maîtrise nécessaires.

La classification des dangers présentée précédemment au chapitre 5 permet de repérer les éléments dont la concentration dans l'eau est susceptible d'augmenter du fait du recyclage, c'est-à-dire les éléments à considérer dans l'analyse des risques. Pour certains éléments chimiques, l'évolution des concentrations peut être évaluée par un bilan « matière ». Les hypothèses prises pour effectuer ce bilan « matière » devront être précisées et leur réalisme discuté.

Pour conduire l'analyse des risques, le GT a retenu une méthodologie qui s'appuie sur une série de tableaux qui figurent en annexe 3. Dans un souci de simplification et de clarté, ces tableaux présentent le résultat de toutes les étapes de la démarche, y compris des mesures de maîtrise rappelées ci-après, en partie 7. Ils ont été établis à deux fins :

- faciliter l'identification des dangers associés au recyclage d'effluents de lavage des procédés de traitement qui en « produisent » ;
- mettre à disposition de l'utilisateur un outil d'évaluation pour la gestion des dossiers de projets de recyclage.

Dans le cas où l'eau brute est une eau de surface ou une eau influencée par des eaux de surface, l'analyse doit porter sur les dangers microbiologiques et les dangers chimiques. En revanche, dans le cas d'une eau d'origine souterraine (non influencée) pour laquelle le risque microbiologique est généralement faible (filtration naturelle par le sol), le GT a considéré que l'analyse pouvait être limitée aux dangers chimiques.

De plus, sur le plan microbiologique, en l'état actuel des connaissances disponibles (et à l'exception du danger « cyanobactéries »), il a été estimé que les mesures nécessaires pour maîtriser le danger « *Cryptosporidium / Giardia* » étaient suffisantes pour les dangers liés aux autres agents microbiologiques et qu'il était donc possible de limiter l'analyse de risques à ces deux protistes, dans l'attente d'une amélioration des données relatives aux amibes libres.

Pour les dangers « *Cryptosporidium/Giardia* », « cyanobactéries » ainsi que pour chaque danger chimique évoqué précédemment (cf. § 5.1 et 5.2), un tableau présente en 6 colonnes (cf. Annexe 3) :

- les différentes étapes de traitement décrites dans la partie 4 ;
- le type d'eau brute pouvant être concerné ;
- le type d'eau de lavage utilisé ;
- l'identification des effluents recyclables ;
- les mesures de maîtrise éventuelles de la qualité des eaux recyclées ;
- les points de réinjection envisageables.

Le tableau est divisé en deux grandes parties : filières « classiques » et filières « spécifiques ».

Après avoir identifié les dangers liés au projet, l'utilisateur pourra sélectionner les tableaux correspondant à chaque danger pertinent. Le croisement des informations apportées pour chaque tableau lui permettra de vérifier la faisabilité du projet et de déterminer les mesures de maîtrise les plus contraignantes qu'il conviendra de retenir pour la mise en œuvre du recyclage.

Deux exemples d'utilisation des tableaux sont donnés ci-après :

- l'un pour le danger « *Cryptosporidium/Giardia* » (§ 6.2.1) ;
- l'autre pour le danger « THM » (§ 6.2.2).

Le paragraphe 6.3 donne un exemple d'application de la démarche d'analyse des risques liés au recyclage des effluents de lavage pour une filière classique de traitement comprenant une filtration sur sable et traitant une eau de surface.

6.2 Mode opératoire pour l'utilisation des tableaux.

Une légende rappelle, avant chaque tableau, la signification des signes et sigles utilisés :

- « sans objet » : Le danger n'est pas considéré comme pertinent pour le type d'eau brute utilisée ou l'étape de traitement n'est pas directement concernée par ce danger.
- « X » : Le cas est envisageable, c'est-à-dire l'étape de traitement peut être concernée par le danger qui est pertinent.

6.2.1. Exemple du tableau renseigné sur les dangers « *Cryptosporidium/Giardia* ».

Seules les étapes des « filières classiques » sont à considérer car les « filières spécifiques » ne sont pas destinées à éliminer les micro-organismes. La deuxième partie du tableau relative à ces dernières n'est donc pas utile et n'a pas été reprise dans l'exemple « *Cryptosporidium/Giardia* ». De plus, le GT a estimé que les effluents issus du lavage des dispositifs de prétraitement physique n'étaient pas recyclables, compte tenu de leur qualité (cf. § 4.1).

➤ Dans la deuxième colonne, le sigle « X » permet de repérer les étapes de traitement à considérer et le type d'eau brute concernée par ce danger. Il s'agit principalement des eaux de surface (ESU) ou des eaux souterraines influencées par les eaux de surface. *A priori*, les eaux souterraines (ESO) naturellement bien protégées sont peu contaminées sur le plan microbiologique. Pour ces dernières, il a donc été considéré que le danger n'était à prendre en compte que si la filière comprenait une étape de filtration membranaire car son pouvoir de rétention était élevé.

➤ La 3^e colonne indique les types d'eau utilisée pour le lavage. La mention « sans objet » signifie que ce type d'eau n'est pas utilisé habituellement pour le lavage. Le sigle « X » signale que la pratique est courante.

- La 4^e colonne identifie, pour chaque étape concernée, les effluents dont le recyclage est envisageable. Pour ce danger, il s'agit des effluents de lavage et de rinçage présentant une turbidité inférieure à 2 NFU et des effluents de rétrolavage de membranes.
- La 5^e colonne indique si les effluents identifiés dans la 4^e colonne peuvent être recyclés :
 - sans qu'un traitement complémentaire et spécifique (clarification, désinfection, etc.) soit nécessaire,
 - sous réserve d'appliquer un traitement complémentaire qui est précisé,
 - ou/et en mélange avec des effluents issus d'une autre étape.

Par exemple, pour le recyclage de tous les effluents issus du lavage dans le 1^{er} étage de clarification physico-chimique (filtration sur sable ou sur CAG), la mise en œuvre d'un traitement de clarification des effluents a été jugée indispensable. Le GT a estimé que la plus grande partie de la contamination en *Cryptosporidium* et *Giardia* était retenue avec du microfloc à ce stade et que celle-ci pouvait donc être reprise dans l'effluent de lavage. La même position a été retenue pour les effluents provenant d'une MF et d'une UF installées en 1^{er} étage.

En revanche, les effluents issus du lavage d'un dispositif de filtration installé en 2^e étage (membranes et CAG) peuvent être recyclés sans traitement car la majeure partie de la contamination en *Cryptosporidium* et *Giardia* aura été retenue au niveau de l'étage de clarification physico-chimique placé en amont dans la filière.

Cependant, si ces derniers sont recyclés après mélange avec les effluents issus du lavage du 1^{er} étage, un traitement de clarification est nécessaire : la règle de la contrainte la plus forte (en l'espèce une clarification) doit être appliquée dans ce cas.

- La 6^e colonne du tableau indique le(s) point(s) d'introduction envisageable(s) pour les effluents identifiés dans la 4^e colonne, dont les modalités de traitement ont été définies dans la 5^e colonne. Par exemple, une introduction en amont immédiat du 2^e étage de filtration n'est pas envisageable pour des effluents de rétrolavage issus de cet étage qui circuleraient en « boucle fermée » dans ce cas ; ce qui provoquerait une augmentation progressive de la charge en protistes d'origine intestinale. De plus, il n'est pas possible d'introduire un mélange comprenant des effluents issus d'une étape précédente en ce point.

Tableau III : Danger « *Cryptosporidium/Giardia* »

« Sans objet » : pour le danger considéré

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	Eau surface ou Eau souterraine influencée par eau surface	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage filtration
Dégrossissage	X	sans objet	X	sans objet	sans objet		non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-
Pré filtration	X	sans objet	X	sans objet	sans objet		non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-
Coagulation sur filtre	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si clarification	possible si clarification	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/ floculation/ séparation/ filtration	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible	possible si clarification du mélange	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^e étage	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	possible	possible	possible si clarification du mélange	possible	possible	non préconisé
Filtration lente	X	sans objet	X	sans objet	sans objet		non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-
Microfiltration / ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	X	X (flush)	X	X	- eaux issues des flush, le cas échéant - eaux issues de la phase de rétrolavage	non préconisé	possible si clarification		possible	possible	

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	Eau surface ou Eau souterraine influencée par eau surface	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage filtration
Traitements filière « classique »												
Microfiltration / ultrafiltration 2 ^e étage	X	X	X (flush)	X	X	- eaux issues des flush, le cas échéant - eaux issues de la phase de rétrolavage	possible	possible	possible si clarification du mélange	possible	possible	non préconisé
Nanofiltration / osmose inverse	X	X	sans objet	X	sans objet	aucune car uniquement lavages chimiques et rinçage	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé
CAG 1 ^{er} étage	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible	possible si clarification	possible	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^e étage	X	X	sans objet	X	X	toutes eaux	possible	possible	oui possible si clarification du mélange	possible	possible	non préconisé

6.2.2. Exemple du tableau renseigné pour le danger « THM »

Comme dans l'exemple précédent, le danger « THM » n'est à considérer que dans le cas d'une filière de traitements classiques.

➤ Dans la 2^e colonne, les eaux brutes concernées sont principalement des ESU ou des ESO influencées par les eaux de surface. En ce qui concerne les ESO, le danger n'est à considérer que si la filière comprend une étape de traitement par filtration sur CAG ou par réacteur à CAP suivie d'une étape d'UF.

➤ La 3^e colonne indique que seules des eaux traitées par l'étape et non chlorées peuvent être utilisées pour le lavage.

➤ La 4^e colonne précise que les effluents dont le recyclage peut être envisagé sont de deux types :

- les eaux claires de rinçage issues des massifs granulaires installés en 1^{er} étage,
- les effluents de rétrolavage de membranes.

➤ La 5^e colonne indique qu'un traitement des effluents recyclés est nécessaire, sauf pour les effluents de lavage des dispositifs installés en 2^e étage. Il a été considéré que la matière organique était éliminée en amont de celui-ci.

Dans tous les cas, la teneur en chlore de l'effluent recyclé doit être parfaitement maîtrisée (par exemple, neutralisation du chlore, le cas échéant).

De plus, une clarification des effluents de lavage issus du 1^{er} étage de filtration est indispensable pour éliminer la matière organique. Cette mesure vaut aussi pour tous les effluents recyclés en mélange.

➤ La 6^e colonne indique que l'injection en tête de filière est possible dans tous les cas.

En revanche, elle n'est préconisée en amont du 1^{er} étage de filtration que pour des effluents issus d'un 2^e étage de filtration, pour ne pas apporter une charge complémentaire en précurseurs de THM.

Les effluents de rétrolavage d'un système membranaire installé en 2^e étage peuvent être introduits en amont immédiat de celui-ci car la matière organique aura été éliminée par les étapes de traitement qui le précèdent dans la filière.

Tableau IV : Danger « THM »

« sans objet » pour le paramètre considéré et les traitements associés.

(*) : Mesure de maîtrise: maîtrise du chlore.

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	Eau surface ou Eau souterraine influencée par eau surface	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Traitements filière « classique »												
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Pré filtration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation / floculation / séparation / filtration	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^e étage	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	possible	non préconisé
Filtration lente	x		x			aucune						

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	Eau surface ou Eau souterraine influencée par eau surface	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Traitements filière « classique »												
Microfiltration / ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	X		X	non préconisé	toutes eaux	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Microfiltration / ultrafiltration 2 ^e étage	X	sans objet		X	non préconisé	toutes eaux	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	possible	possible
Nanofiltration / osmose inverse												
CAG 1 ^{er} étage	X	X		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^e étage	X	sans objet		X	X	toutes eaux	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	possible	non préconisé

6.3 Exemple d'application de la méthode d'analyse du risque pour le recyclage des effluents de lavage dans une filière de traitements « classique »

La ressource est une eau de surface et sa qualité est telle qu'une filière de production d'EDCH comportant une étape de coagulation/floculation/décantation, suivie d'une filtration rapide sur sable est prévue. Les éventuelles étapes complémentaires de traitement « classiques » ou « spécifiques » ne sont pas évoquées dans cet exemple.

Les principaux dangers à considérer sont liés à la présence de matières organiques et aux protistes. Pour l'analyse du projet de recyclage des effluents de lavage des filtres à sable, l'utilisateur pourra donc s'appuyer sur les deux tableaux relatifs aux dangers « *Cryptosporidium* » et « trihalométhanes (THM) ».

Chaque tableau permet d'identifier les contraintes liées à chaque danger puis, en comparant et/ou en additionnant ces contraintes, d'identifier la solution permettant de minimiser la probabilité de survenue d'un risque sanitaire au regard des données disponibles :

- l'eau de lavage des filtres ne doit pas être chlorée (contrainte liée aux précurseurs de SPC dont THM) ;
- seules les eaux claires de rinçage peuvent être recyclées (turbidité inférieure à 2 NFU) ;
- un traitement de clarification est nécessaire (contrainte liée aux protistes intestinaux) ;
- les effluents ne doivent pas être mélangés avec d'autres effluents de lavage chlorés ;
- le seul point d'injection est « l'eau brute ».

7- Conclusions et recommandations du GT

La décision de recycler doit être le résultat d'une démarche raisonnée et s'appuyer sur un argumentaire robuste pour qu'il n'en résulte pas des contraintes excessives, voire des conséquences négatives, tant sur le plan sanitaire que sur le plan économique (volumes d'effluents recyclables au regard du débit d'eaux brutes à traiter, traitements à mettre en œuvre, etc.).

Les aspects environnementaux ou économiques ne doivent, en aucun cas, prendre le pas sur des impératifs sanitaires.

Une démarche raisonnée et une analyse « bénéfiques/risques » doivent précéder toute décision de recycler des effluents de lavage dans une filière de traitement des EDCH. Il convient de vérifier que le bilan global de l'opération sur le plan sanitaire et environnemental est positif ou neutre.

Les produits et procédés agréés pour le traitement des EDCH et les combinaisons possibles pour composer une filière en fonction de l'origine et la qualité de l'eau brute sont multiples. Il n'est donc pas envisageable de définir une position qui vaudrait pour l'ensemble des cas possibles. Chaque projet de recyclage doit être regardé comme un cas particulier justifiant une analyse des risques. Il reviendra à l'autorité sanitaire compétente d'en apprécier la pertinence dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation.

À cet effet, le présent rapport propose une méthodologie pour repérer les points critiques en s'appuyant sur une série de tableaux (cf. Chapitre 6 et Annexe 3). Pour leur maîtrise, il propose également, ci-après, des recommandations générales qui portent principalement sur la qualité des effluents et sur les modalités du recyclage.

Concrètement, l'évaluation d'un projet de recyclage repose sur la sélection et l'utilisation des tableaux figurant en annexe 3 pour lesquels des exemples de lecture ont été donnés dans le chapitre 6.

7.1 Qualité des effluents recyclables.

Les effluents qui peuvent être recyclés sont tous les effluents liquides qui proviennent d'une opération de lavage ou de rinçage pour lesquelles aucun produit chimique, autre que le chlore, n'est ajouté.

Quel que soit le paramètre considéré, la qualité des effluents varie au cours de l'opération de lavage. Elle peut être très différente lors de chaque phase. Les effluents sont très concentrés dans les premières minutes de lavage et deviennent logiquement moins chargés en fin d'opération. Les tableaux présentés en annexe 3 permettent d'identifier les effluents recyclables en tenant compte des particularités de chaque projet.

Globalement, il s'agit :

- des « eaux claires » issues du lavage et/ou du rinçage des filtres avec matériaux granulaires ;
- des effluents issus du rétrolavage des systèmes membranaires (hors lavage « chimique »).

Leur turbidité mesurée en sortie de bêche de collecte doit être inférieure ou égale à 2 NFU y compris en cas de mélange d'effluents issus d'étape de traitement différente.

Sur ce dernier point, le GT estime que, pour mieux maîtriser la qualité des effluents recyclables, il est indispensable de les caractériser et, dans un premier temps, de fixer une limite de turbidité et de tenir compte des éléments suivants :

- la pauvreté des informations disponibles sur l'évolution de la contamination des effluents au cours d'un cycle de lavage ;
- le fait qu'une diminution significative de la turbidité de l'effluent au cours de l'opération de lavage suggère que l'évolution de la charge particulaire et microbiologique associée, notamment celle de certains protistes intestinaux, va dans le même sens (sans qu'une corrélation ait été établie) ;
- la difficulté de maîtriser la contamination microbiologique des effluents par un procédé de désinfection chimique et physique et l'intérêt de privilégier une solution simple et plus facile à fiabiliser, à savoir la clarification physico-chimique qui peut permettre d'atteindre, dans des conditions de fonctionnement optimales, un abattement de 3 log pour le paramètre « *Cryptosporidium* » (cf. § 7.2.1 ci-après).
- le fait que beaucoup d'acteurs, comme les représentants de la FP2E lors de l'audition, souhaitent le recyclage des premières EDCH produites après le lavage d'un filtre, au motif de leur contamination résiduelle possible, notamment par des protistes intestinaux. Bien que ces affirmations ne soient pas encore documentées, le GT en déduit qu'elles confirmeraient que les derniers effluents, en fin de lavage, peuvent donc présenter une contamination microbiologique résiduelle probablement significative ;
- le principe de fixer une limite pour la turbidité des effluents recyclés à l'exemple qu'apporte l'État de Californie (2 NTU).

Considérant que le recyclage des effluents ne doit en aucun cas avoir pour effet de dégrader la qualité de l'eau brute et comme l'efficacité attendue des différents procédés de clarification disponibles peut ne pas être suffisante, le GT propose de retenir une valeur limite de 2 NFU dans les effluents à recycler. A titre d'exemple, il rappelle que, pour tenir compte du danger « protistes intestinaux » et notamment *Cryptosporidium*, l'arrêté du 11 janvier 2007 fixant les exigences de qualité des EDCH prévoit une contrainte plus sévère de qualité pour les EDCH, lorsque le seuil de 2 NFU est dépassé dans les eaux souterraines provenant de milieux fissurés.

Le développement de la pratique du recyclage et les résultats des études proposées au § 7.4 ci-après devraient permettre d'apporter les éléments utiles pour arbitrer un débat éventuel sur la valeur proposée.

7.2 Modalités du recyclage.

Le recyclage des effluents de lavage exige une maîtrise de leur qualité et du débit recyclé pour garantir le bon fonctionnement des installations constituant la filière de production des EDCH et le respect des exigences de qualité que fixe le CSP.

7.2.1. Maîtrise de la qualité.

L'objectif à atteindre doit être que la qualité de l'eau dans laquelle sont introduits les effluents recyclés dans la filière de production de l'EDCH ne soit pas dégradée. À cet effet, un traitement spécifique de ces effluents peut donc être nécessaire.

Si les paramètres chimiques peuvent être facilement maîtrisés, la question de l'efficacité des moyens habituellement proposés pour maîtriser leur qualité microbiologique doit être posée.

En effet, dans les dossiers expertisés, le traitement consiste généralement à appliquer une filtration suivie d'une désinfection par rayonnements UV pour maîtriser le risque « *Cryptosporidium/Giardia* ». Pour que cette solution soit efficace, il faudrait que soient respectées les conditions fixées par la réglementation⁷, voire celles proposées par l'Anses dans son avis (Anses, 2010), pour les paramètres « turbidité » et, le cas échéant, « fer » et/ou « manganèse », entre autres. De telles conditions ne peuvent pas être respectées en permanence pour des effluents de lavage. En conséquence, le GT préconise de ne recycler que des effluents pour lesquels un traitement de clarification permet d'atteindre un abattement suffisant des « *Cryptosporidium* et *Giardia* », sans avoir recours à une désinfection par rayonnements UV.

Le GT recommande de recycler les effluents de lavage dont la qualité ne nécessite au plus qu'une clarification et/ou une mesure simple de maîtrise du risque chimique, avant leur réinjection.

Pour les filières dont le fonctionnement est intermittent, le GT recommande de porter une attention particulière à la qualité des effluents de lavage produits au redémarrage des installations.

Dans des filières comportant plusieurs étapes de traitements produisant des effluents de lavage recyclables, le mélange de ces effluents peut conduire à une émergence de dangers ou à l'accroissement de risques. Des mesures de maîtrise spécifiques peuvent être alors nécessaires.

Pour ce qui concerne, le paramètre « acrylamide », le GT considère que l'approche figurant dans la réglementation en vigueur est sécuritaire, s'il n'est pas utilisé plus de 0,5 mg/L de polyacrylamide dans la filière de production d'EDCH (toutes étapes de traitement confondues) et si sa pureté en acrylamide est inférieure ou égale à 200 mg/kg. Ce seuil pourra être reconsidéré si le fournisseur garantit un degré de pureté supérieur.

7.2.2. Maîtrise du débit.

Les opérations de lavage sont périodiques et produisent des quantités d'effluents qui pourraient provoquer de fortes variations hydrauliques et perturber le fonctionnement des installations situées en aval du point de réinjection. Un débit constant et l'absence de variations de vitesse sont des conditions optimales pour le fonctionnement d'une filtration sur massif granulaire.

Sur ce point, le GT propose trois recommandations :

- le débit nominal retenu pour les installations doit être respecté. Le cas échéant, le prélèvement dans la ressource doit être réduit pour tenir compte du débit recyclé ;
- les effluents recyclés doivent être collectés dans une bache dédiée faisant fonction de bassin tampon en vue de réguler le débit de réinjection et d'homogénéiser leur qualité ;
- l'injection doit être réalisée à débit constant, en continu.

Compte tenu des exigences de qualité retenues pour les effluents recyclables, le GT a estimé qu'il n'était pas utile de fixer un débit maximal d'effluents recyclables en pourcentage par rapport au débit d'eau à traiter.

⁷ Arrêté du 9 octobre 2012 relatif aux conditions de mise sur le marché et d'emploi des réacteurs équipés de lampes à rayonnements ultraviolets utilisés pour le traitement d'eau destinée à la consommation humaine pris en application de l'article R. 1321-50 (I et II) du code de la santé publique.

7.2.3. Point d'injection.

Une injection en tête de filière en amont de l'étage de clarification ou en amont de l'étape de floculation, permet une rétention optimale des contaminants.

Dans le cas particulier des filières comprenant plusieurs étages de filtration, une injection en cours de traitement des effluents de lavage issus des étapes d'affinage peut être envisagée (cf. Annexe 3).

7.2.4. Surveillance et contrôle sanitaire.

La mise en place d'un recyclage d'effluents de lavage justifie un suivi renforcé de la quantité et de la qualité de l'eau réintroduite. L'objectif est double :

- valider les hypothèses et les modalités retenues lors de l'instruction du dossier ;
- acquérir des données pour améliorer une connaissance qui n'est pas suffisante, à ce jour.

Ce suivi renforcé peut être réalisé dans le cadre de la surveillance et/ou du contrôle sanitaire pour les paramètres microbiologiques et physico-chimiques identifiés lors de l'analyse de risques réalisée dans le cadre du projet. Leur pertinence dépend de l'origine des effluents de lavage.

Le plan de surveillance doit prévoir *a minima* la mesure en continu de la turbidité, et le cas échéant du pH, en amont et aval de l'injection. Le danger potentiel pour la santé des personnes résultant de la présence de pathogènes tels que « *Cryptosporidium* » peut être évalué en effectuant le suivi des spores anaérobies sulfito-réductrices (OMS, 2004) en amont d'un étage de filtration.

Une durée de suivi d'une année au moins est nécessaire pour que les résultats soient représentatifs du fonctionnement de l'ensemble de la filière de production de l'EDCH dans différentes situations climatiques et hydrologiques.

Pour l'exploitation des résultats, les débits journaliers traités par la filière d'une part, et recyclés d'autre part, devront être connus.

Si un polymère de type polyacrylamide est utilisé pour le traitement de l'eau, le service chargé du contrôle sanitaire devra apporter une vigilance particulière au respect du taux maximum de traitement que fixera l'arrêté préfectoral portant autorisation de la filière.

Plus généralement, il faut que le fonctionnement des équipements de recyclage bénéficie de la même attention que celui des installations de la filière de production. Pour prévenir une dérive éventuelle, le GT propose que l'autorisation de recycler des effluents soit subordonnée à la mise en place, par la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau, d'un système de gestion de la qualité portant sur l'ensemble du système de production et comprenant notamment :

- l'analyse et la maîtrise des dangers régulièrement mises à jour ;
- la mise en œuvre de vérifications et de suivis efficaces au niveau des points à maîtriser ;
- la formation et l'information des agents intervenant dans cette démarche.

7.3 Procédure administrative et composition du dossier.

Le CSP prescrit que l'utilisation d'une ressource en eau et la composition de la filière de traitement mise en œuvre pour produire de l'EDCH doivent être autorisées par le préfet, après avis du Conseil de l'Environnement et des Risques sanitaires et technologiques (CODERST). Force est de

constater que le recyclage des effluents de lavage consiste à les réutiliser en complément d'une ressource principale, généralement par mélange avec celle-ci.

Ces effluents peuvent donc être regardés comme une ressource complémentaire dont les effets possibles, du fait de leurs caractéristiques particulières, doivent être bien maîtrisés pour garantir la conformité de l'EDCH produite.

Il est donc logique sur le plan réglementaire et indispensable sur le plan sanitaire que la procédure d'autorisation prévue pour les autres ressources porte aussi sur la réutilisation des effluents de lavage.

À cet effet, l'arrêté préfectoral portant autorisation du système de production devra aussi :

- identifier précisément les effluents concernés par le recyclage (origine, volume, *etc.*) ;
- fixer les modalités techniques et les mesures appropriées pour maîtriser les points critiques (régulation, débit, traitement éventuel, *etc.*) ;
- définir le plan de suivi sanitaire (surveillance et contrôle sanitaire).

Pour que l'autorité sanitaire puisse instruire un dossier abouti, il conviendrait que la composition du dossier figurant dans la note d'information diffusée aux ARS en décembre 2008 soit transposée en droit par un arrêté ministériel, de telle sorte que cette composition soit connue et opposable aux pétitionnaires. Le dossier de demande d'autorisation doit apporter notamment les informations suivantes :

- une présentation du projet dans sa globalité (population desservie, origine et disponibilité des ressources, régularité de la situation administrative, *etc.*) ;
- un bilan de la qualité de l'eau portant sur les 5 dernières années (ressource et eau distribuée) ;
- une note sur les justifications techniques et économiques des solutions retenues pour le traitement de l'eau et pour le recyclage des effluents ;
- une présentation synthétique de la filière de production d'EDCH ;
- une description détaillée de la filière de recyclage des effluents de lavage, illustrée par un (des) synoptique(s) du parcours de l'eau traitée et des effluents ;
- une liste des produits utilisés sur le site indiquant leur pureté requise, le (ou les) point(s) de leur application et le taux de traitement maximum ;
- une estimation argumentée des volumes recirculés ;
- une analyse des dangers et des risques sanitaires liés au recyclage des effluents ;
- les mesures correctives appliquées pour maîtriser les points critiques identifiés ;
- une évaluation de l'impact de l'opération sur la qualité de l'EDCH produite, au regard des performances des étapes de traitement situées en aval du point d'injection de ces effluents ;
- une présentation du système de gestion de la qualité ;
- le cas échéant, la référence de la décision portant agrément du (ou des) procédé(s) utilisé(s) pour traiter les effluents avant leur injection dans la filière de production des EDCH ;
- les preuves de la conformité de tous les matériaux et produits utilisés pour le recyclage et susceptibles de rentrer au contact avec l'eau.

7.4 Amélioration des connaissances

Les experts du GT ont constaté que les données qualitatives et quantitatives sur les différents types d'effluents de lavage étaient pauvres, notamment en Europe. De plus, toutes les informations disponibles dans les études « américaines » ne sont pas transposables. Il est donc indispensable que les autorités compétentes développent une stratégie pour améliorer les connaissances en vue d'une adaptation des présentes recommandations qui pourrait se révéler

nécessaire. L'organisation d'une campagne de mesures sur les installations existantes peut être une solution pour conforter les données recueillies dans le cadre de la surveillance et du contrôle sanitaire.

Des études et recherches devront aussi être diligentées pour permettre une analyse du risque lié aux amibes libres. En l'état de la connaissance, les éléments disponibles ne sont pas suffisants pour pouvoir se prononcer sur l'importance de cette problématique, voire sur sa réalité.

Le GT propose également que, dans un délai aussi court que possible, des travaux soient conduits pour développer une méthode normalisée d'analyse de l'acrylamide dans l'EDCH de telle sorte que l'analyse du risque lié à cette substance classée cancérigène ne repose plus sur une méthode d'appréciation empirique.

Enfin, le GT tient à signaler deux autres questions qui n'entraient pas dans le champ de la présente saisine :

- le recyclage des surnageants des épaisseurs de boues de décantation qui est parfois proposé aux maîtres d'ouvrage ;
- le recyclage des premiers volumes d'EDCH produits après le lavage des filtres à massifs granulaires qui pourrait s'avérer nécessaire au regard de l'évolution de la connaissance sur leur qualité.

Lors de l'audition, les représentants de la FP2E ont confirmé leur attente d'un positionnement des autorités sanitaires sur ces deux points.

7.5 Solution alternative

Postérieurement à la publication du rapport de l'Anses en avril 2014 et conformément au premier paragraphe du chapitre 7.4 Amélioration des connaissances, la FP2E a fourni des données complémentaires. Les rapporteurs proposent une solution alternative à celle retenue en 2014.

Cette solution consiste à :

- recycler sans traitement les eaux claires⁸ de lavage des filtres à condition que la valeur limite de 2 NFU en sortie de décantation sur la filière « eau propre » soit respectée en permanence. En effet, cette valeur « traduit en général un bon fonctionnement de l'étape de décantation et assure l'intégrité de cette barrière et permet de maîtriser la charge reçue par l'étape de filtration en aval » (US EPA, 1998).
- vérifier cette turbidité, en continu en sortie de décanteur sur la filière « eau propre », assurer un enregistrement de ces données et mettre en place un système de management de la qualité permettant de garantir la fiabilité des données.

Si la valeur limite de turbidité ne peut pas être respectée en permanence, un traitement de clarification des « eaux claires » à recycler devra être mis en place avant injection dans la filière « eau propre ».

S'agissant du point d'injection, la(les) disposition(s) figurant au paragraphe 7.2.3 s'applique(nt).

Les tableaux figurant en annexe 3 ne valent pas pour cette solution alternative.

⁸ Dans ce cas, les « eaux claires » sont définies comme des effluents issus de la seconde phase de lavage (selon le procédé) ou du rinçage après l'étape de lavage.

Bibliographie

1) Bibliographie

Afssa (2002). Rapport sur les infections à protozoaires liées aux aliments et à l'eau : évaluation scientifique des risques associés à *Cryptosporidium* sp. 185 p.

Afssa (2007a). Avis de l'Afssa relatif à l'emploi de floculants synthétiques (FLOPAM® FO 4107 SEP, 4115 SEP, 4140 SEP, 4190 SEP et 4240 SEP à base de polyacrylamide cationique) pour le traitement d'eau destinée à la consommation humaine. 2p.

Afssa (2007b). Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'Homme par voie orale. 448 p.

Afssa/Afsset (2006). Risques sanitaires liés à la présence de cyanobactéries dans l'eau. 227p.

Anses (2010). Évaluation de l'innocuité des réacteurs équipés de lampes à ultraviolets et de l'efficacité de ces procédés pour la désinfection des eaux destinées à la consommation humaine. 89 p.

Aquafluence. (2008). Étude relative aux dispositions spécifiques à fixer pour les produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine. Rapport non publié.

Arora H., Di Giovanni G., Lechevallier M. (2001). Spent filter backwash water contaminants and treatment strategies. *Journal of American Water Works Association* ; 93 (5) : 100-111.

Bashaw W., Ginn T., Thomson R. (2000). Design for reclaiming filter backwash water at the James E. Quarles Water treatment Plant. C.R. AWWA 2000 Annual Conference. Denver, CO.

Bolto B., Gregory J. (2007). Organic polyelectrolytes in water treatment. *Water research* ; 41 : 2301-2324.

Bouchier I. (1998). *Cryptosporidium* in water supplies : third report of the group of experts. 180 p.

Bourgeois J.C., Walsh M.E., Gagnon, G.A. (2004). Comparison of process options for treatment of water treatment residual streams. *Journal of Environmental Engineering and Science* ; 3 (6) : 408-416.

Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux – Fascicule 75 relatif à la conception et à l'exécution des installations de traitement des eaux destinées à la consommation humaine.

www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Fascicule75CCTG06052010.pdf

Cornwell D., MacPhee M., Mc Tigue N., *et al.* (2001). Treatment options for *Giardia*, *Cryptosporidium*, and Other Contaminants in Recycled Backwash Water. American Water Works Research Foundation (AWWARF). Denver, CO.

Cornwell D., Lee R. (1993). *Recycle Stream Effects on Water Treatment*. AWWARF. Denver, CO.

Cossalter L, Loret J.F. (2010). Rapport interne Suez environnement – Cirsee. Évaluation de l'impact sanitaire du recyclage des eaux de lavage de filtres de filières de production d'eau potable. 95 p.

Cossalter L., Robert S., Baudin I. *et al.* (2010). Évaluation du risque sanitaire lié au recyclage des eaux de lavage de filtres en production d'eau potable. C.R. Journée information eau, Poitiers. 28-30 septembre 2010, 56-1 – 56-11.

De Jonckheere J., Van de Voorde H. (1976). Differences in destruction of cysts of pathogenic and non pathogenic *Naegleria* and *Acanthamoeba* by chlorine. *Applied and environmental microbiology* ; 31 (2) : 294-297.

Degrémont, Suez (2005). *Mémento technique de l'eau*. Lavoisier Eds. 10^e édition.

Edzwald J.K., Tobiason J.E., Kelley M.B. *et al.* (2001). Impacts of filter backwash recycle on clarification and filtration. AWWARF, Denver, CO.

EPA (1995). *Water treatment manuals filtration*. 80 p.

EPA (2009). *Drinking water advice note – Advice note N°5 : Turbidity in drinking water*. 11 p.

FP2E (2009). Note de la commission scientifique et technique de la FP2E sur la problématique du recyclage d'effluents liquides sur les filières de production d'eau potable. 5p.

http://fp2e.org/userfiles/files/publication/pratiques/Note_FP2E_recyclage%20effluents%20liquides.pdf

Hillis P., Padley M.B., Powell N.I. *et al.* (1998). Effects of backwash conditions on out-to-in membrane microfiltration. *Desalination* ; 118 : 197-204.

Karanis P., Schoenen D., Seitz H.M. (1996). *Giardia* and *Cryptosporidium* in backwash water from rapid sand filters used for drinking water production. *Zentralblatt fur bakteriologie mikrobiologie und hygiene i abteilung* ; 284 : 107-114.

Kawamura S. (2000). *Integrated Design and Operations of Water Treatment Facilities*. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York, NY. États Unis.

Le Chevallier M. W., Norton W. D., Lee R. G. (1991). Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* species in surface water supplies. *Applied and environmental microbiology* ; 57 : 2610-2616.

Li S., Heijman S.G. J., Verberk J.Q.J.C. *et al.* (2010). Influence of Ca and Na ions in backwash water on ultrafiltration fouling control. *Desalination* ; 250 : 861-864

Li S., Heijman S.G. J., Verberk J.Q.J.C., *et al.* (2009). Impact of backwash water composition on ultrafiltration fouling control. *Journal of Membrane Science* ; 344 : 17–25.

Loret J. F., Cossalter L., Robert S. *et al.* (2012). Évaluation et gestion du risque sanitaire lié au recyclage des eaux de lavage de filtres en production d'eau potable. *Technique-sciences-méthodes* : 5 : 21-34.

Loret J.F., Greub G. (2010). Free-living *amoebae* : biological by-passes in water treatment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* ; 213 : 167-175.

Loret J.F., Jousset M., Robert S. *et al.* (2008). Elimination of free living *amoebae* by drinking water treatment processes. *European journal of water quality* ; 39 (1) : 37-50.

McCormick N.J., Porter M., Walsh M.E. (2010). Disinfection by-products in filter backwash water : Implications to water quality in recycle designs. *Water Research* ; 44 : 4581-4589.

Microrisk (2003-2006) : Microbiological risk assessment: a scientific basis for managing drinking water safety from source to tap. 5^e PCRD, EVK1-CT-2002-00123.

OMS. (2004). Water treatment and pathogen control. 136 p.

OMS. (2011). Guidelines for drinking water. 561 p.

Panglish S., Holy A., Urban F. *et al.* (2005). Transferring pilot experiments into the planning of Germany's largest two-stage ultrafiltration plant. *Desalination* ; 179 : 225-235.

Raj C., Kwon T.E., Cheng W.W. *et al.* (2008). Washwater in waterworks : contaminants and process options for reclamation. *Journal of Environmental Sciences* : 20 : 1300-1305.

Santé Canada. (2004). Les protozoaires : la *Giardia* et le *Cryptosporidium*. 85 p.

Santé Canada (2012). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Document technique : Protozoaires entériques : *Giardia* et *Cryptosporidium*. 111p.

Thomas V., Bouchez T., Nicolas V. *et al.* (2004). *Amoebae* in domestic water systems : resistance to disinfection treatments and implication in *Legionella* persistence. *Journal of applied Microbiology* ; 97 : 950-963.

Thomas V., Loret J.F., Jousset M. *et al.* (2008). Biodiversity of *amoebae* and *amoeba*-resisting bacteria in a drinking water treatment plant. *Environmental microbiology* ; 10 : 2728-2745.

Tobiason J.E., Levesque B.R., Edzwald J.K. *et al.* (1999). Water Quality Impacts of Filter Backwash Recycle. C.R. AWWA 1999 Water Quality Technology Conference. Tampa, FL.

Tobiason J.E., Edzwald J.K., Gilani V. *et al.* (2003). Effects of waste filter backwash recycle operation on clarification and filtration. IWA Publishing – Journal of Water Supply : Research and Technology – AQUA-52.4 – 259-275

UKWIR (1998). Guidance manual supporting the water treatment recommendations from the Badenoch group of experts on *Cryptosporidium*. First edition. UK water industry research limited, London.

US EPA (1998). Handbook – Optimizing water treatment plant performance using the composite correction program (CCP).

US EPA (2002). Filter backwash Recycling Rule *Technical Guidance Manual*. 178 p.

Walsh M.E., Gagnon G.A., Alam Z. *et al.* (2008). Biostability and disinfectant by-product formation in drinking water blended with UF treated filter backwash water. *Water Research* ;42 (8-9) : 2135-2145.

Zhang L., Gua P., Zhong Z. *et al.* (2009). Characterization of organic matter and disinfection by-products in membrane backwash water from drinking water treatment. *Journal of Hazardous Materials* ; 168 : 753–759.

2) Réglementation

Code de la santé publique (2013a). Section 1 : Eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles – Article R.1321-6 modifié par Décret n°2011-385 du 11 avril 2011 – art.1.

Code de la santé publique (2013b). Section 1 : Eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles – Article R.1321-11 modifié par Décret n°2007-49 du 11 janvier – art.1, JORF du 12 janvier 2007.

Code de la santé publique (2013c). Section 1 : Eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles – Article R.1321-50 modifié par Décret n°2011-385 du 11 avril 2011 – art.1.

Code de la santé publique (2013d). Section 1 : Eaux destinées à la consommation humaine à l'exclusion des eaux minérales naturelles – Article R.1321-7-II modifié par Décret n°2011-385 du 11 avril 2011 – art.1.

DGS (2000). Circulaire DGS/VS4 N°2000/166 du 28 mars 2000 relative aux produits et procédés de traitement d'eau destinée à la consommation humaine. N°DGS/VS4 N°2000/166.

DWQR (2003). The *Cryptosporidium* (Scottish water) directions. www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/26487/0013541.pdf.

Journal officiel de la République française (2007). Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique – NOR : SANP0720201A.

Journal officiel de la République Française (2007). Arrêté du 20 juin 2007 relatif à la constitution du dossier de demande d'autorisation d'utilisation d'eau destinée à la consommation humaine mentionnée aux articles R.1321-6 à R.1321-12 et R.1321-42 du code de la santé publique – NOR : SJSP0757834A.

Journal officiel de la République Française (2009). Arrêté du 9 octobre 2012 relatif aux conditions de mise sur le marché et d'emploi des réacteurs équipés de lampes à rayonnements ultraviolets utilisés pour le traitement d'eau destinée à la consommation humaine pris en application de l'article R. 1321-50 (I et II) du code de la santé publique – NOR : AFSP1236526A.

3) Normes

Norme W 221-1. Mai 2010. Residues and by-products from water treatment plants ; Part 1 : design and operating fundamentals. Allemagne. DVGW, 2010.

ANNEXES

Annexe 1 : Lettre de saisine



2011-SA-0041

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé

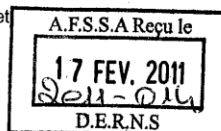
SECRETARIAT D'ETAT CHARGE DE LA SANTE

Direction générale de la santé

Sous-direction de la prévention des risques
liés à l'environnement et à l'alimentation

Bureau de la qualité des eaux

DGS/EA 4 N° 64

Personne chargée du dossier : Aurélie Thouet
☎ : 01.40.56.70.89
email : aurelie.thouet@sante.gouv.fr

Paris, le 14 FEV 2011

Le Directeur général de la santé

à

Monsieur le Directeur général de
l'Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et
du travail
Direction de l'évaluation des risques
Unité d'évaluation des risques liés à l'eau
27-31 Avenue du Général Leclerc
94701 MAISONS-ALFORT CEDEX

OBJET : Produits et procédés de traitement de l'eau destinée à la consommation humaine.
Demande d'avis sur les risques sanitaires associés au recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement d'eau destinée à la consommation humaine et sur les modalités de gestion à mettre en œuvre

N/REF. : N° 110007 (Numéro de dossier à rappeler dans toute correspondance)

PJ. : 4

Les procédés de traitement mis en œuvre dans les filières de production d'eau destinée à la consommation humaine (EDCH) peuvent générer des effluents liquides¹ en quantité importante. A ce jour, ces effluents sont généralement rejetés dans le milieu naturel, soit directement, soit après avoir subi un traitement approprié, selon leurs niveaux de contamination. Dans certains cas, le volume des effluents liquides générés peut atteindre jusqu'à 10% du volume d'eau traité.

Jusqu'à présent, le ministère chargé de la santé n'était pas favorable aux projets de réutilisation des effluents de traitement dans le process de traitement d'EDCH, considérant notamment les risques de contaminations microbiologiques des supports de traitement qui pourraient être induits par ce genre de pratiques.

Or, le recyclage des effluents liquides, provenant des eaux de lavage de filtres conventionnels ou membranaires notamment, se développe de façon importante dans les filières de production d'EDCH. Cette pratique est notamment mentionnée dans l'article n° 75 du Cahier des clauses techniques générales relatif aux publics de travaux de construction d'installations de traitement d'EDCH dans le cadre de services publics de distribution d'eau (cf. annexe 1).

A ce jour, le recyclage d'effluents de lavage dans les filières de traitement des EDCH ne fait l'objet d'aucune disposition réglementaire spécifique, ni d'aucune recommandation de gestion particulière.

Conformément aux articles R. 1321-6 et R. 1321-11 du code de la santé publique (CSP), l'utilisation d'eau en vue de la consommation humaine est soumise à autorisation préfectorale. Toute modification des installations ou des conditions d'exploitation doit être déclarée préalablement au préfet qui statue sur la demande. Lorsque le préfet est sollicité sur ce type de demande, il peut :

- soit statuer lui-même sur la demande après avis de l'agence régionale de santé (ARS) ;
- soit adresser un dossier au ministère chargé de la santé, conformément aux dispositions de l'article R. 1321-7-II du CSP, afin d'obtenir un avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses).

¹ Exemples : effluents de déconditionnement de membranes, eaux de lavage de filtres, effluents de désinfection ou de régénération de supports de traitement, supports de traitement saturés, etc.

Au cours de ces deux dernières années, trois demandes d'avis sur la réutilisation des eaux de lavage des filtres à sable et de modules de filtration membranaire ont été transmises pour avis à votre agence (cf. annexe 2).

Compte-tenu de l'intérêt croissant des personnes responsables de la production d'eau destinée à la consommation humaine (PRPDE), des industriels du secteur pour ce procédé et du contexte actuel de gestion intégrée des différents usages de l'eau, visant notamment à économiser la ressource en eau et à réduire les coûts d'exploitation, il apparaît nécessaire d'encadrer ces projets en spécifiant des recommandations de gestion en ce qui concerne l'instruction de ces demandes par les ARS.

Pour ce faire, je vous demande de procéder à une expertise scientifique et technique afin de :

1. caractériser la nature des effluents de lavage susceptibles d'être recyclés ainsi que les conditions de mise en œuvre de leur recyclage dans les filières de traitement des EDCH ;
2. évaluer les risques sanitaires associés au recyclage de ces effluents de lavage ;
3. proposer des recommandations de gestion pour la mise en œuvre du recyclage des effluents de lavage dans les filières de traitement d'EDCH ;
4. proposer des recommandations pour l'instruction de ce type de demande par les ARS (liste des pièces constitutives du dossier de demande de déclaration, points importants de l'analyse des risques à examiner, mesures préventives de maîtrise des risques à mettre en œuvre, etc.).

A ce titre, vous voudrez bien trouver, ci-joint, pour avis le dossier suivant :

DEMANDE D'AVIS SUR LES RISQUES SANITAIRES ASSOCIES AU RECYCLAGE D'EFFLUENTS DE LAVAGE DANS LES FILIERES DE TRAITEMENT D'EAU DESTINEE A LA CONSOMMATION HUMAINE ET SUR LES MODALITES DE GESTION A METTRE EN ŒUVRE

Je vous prie de bien vouloir me faire part de vos conclusions sous un délai de 12 mois sur cette saisine enregistrée à la Direction générale de la santé sous le numéro : 110007.

Pour information, vous trouverez en annexes 3 et 4 les éléments suivants :

- les premiers résultats d'une enquête conduite par le bureau de la qualité des eaux auprès des ARS afin de connaître les pratiques de recyclage d'effluent existantes dans les filières de traitement d'EDCH (annexe 3). Les réponses suivantes, attendues jusqu'au 15 avril prochain, vous seront transmises ultérieurement ;
- les conclusions d'une étude menée en 2007 par le bureau d'études AQUAFLUENCE, pour le compte du bureau de la qualité des eaux, répertoriant les différents effluents associés aux étapes de traitement rencontrés dans les stations de production d'EDCH (annexe 4).

Françoise TUCHMAN



**Sous-directrice de la prévention des risques
liés à l'environnement et à l'alimentation**

Annexe 2 : Différences entre les filtres à sable européens et américains

Les caractéristiques techniques des filtres à sable aux États Unis et en Europe présentent des différences (taille effective du sable, type de filtration, type de lavage) significatives (cf. Tableau 6).

Il en résulte que les modes de fonctionnement et de lavage des filtres ne sont pas identiques :

- Pour le filtre de type « américain », il s'agit d'une filtration en surface, la rétention ne se faisant qu'en surface (*cake filtration*). La hauteur du matériau (en général 50 à 60 cm) a donc peu d'importance. Le colmatage étant très rapide, des filtres bi ou multicouches sont souvent utilisés pour augmenter la durée des cycles de filtration.

Les particules fines de sable sont piégées et s'agglutinent pour donner des agglomérats (*mud balls*) qui peuvent atteindre la taille d'une balle. L'usage d'adjuvants de floculation n'est donc pas du tout indiqué. C'est pourquoi, il est logique que le danger « acrylamide » ne soit pas identifié dans les publications américaines relatives aux effluents de lavage des filtres à sable.

Le lavage est réalisé à l'eau seulement, en expansion totale (lit fluidisé). Ainsi, les grains de sable sont tous séparés les uns des autres et les particules de microfloc sont éliminées par l'eau. À la fin du lavage, les grains retombent et il se produit une stratification : les particules les plus grosses tombent avant les particules les plus fines qui se retrouvent en surface.

- Pour le filtre de type « européen », il s'agit d'une filtration en profondeur. L'épaisseur du massif est donc un paramètre d'efficacité très important (1 à 1,5 m généralement). L'usage d'adjuvants de floculation est possible, même à des doses importantes. Lorsque que le microfloc ou le floc est très cohérent (présence d'argile dans l'eau brute ou ajout d'un adjuvant de floculation (polyacrylamide, polysaccharides, silice activée)), il se colle sur les grains de sable.

Pour l'élimination du floc retenu, le lavage doit être réalisé à l'eau et à l'air principalement en raison du poids des grains de sable. De plus, il n'est pas possible de mettre le filtre en expansion totale. L'expansion du filtre reste faible (15 à 20 cm).

Le lavage se fait par frottement des grains de sable les uns contre les autres sous l'effet de l'agitation provoquée par l'air. En fin d'opération, aucune stratification ne se produit : la répartition granulométrique ne change pas et reste identique quelle que soit la zone prélevée dans le filtre. La capacité de rétention des particules est quasi homogène sur toute la profondeur dans le filtre

Tableau V : Principales différences des filtres en Europe et aux États-Unis.

Caractéristiques	Filtre type « européen »	Filtre type « américain »
Granulométrie :		
Taille effective TE : mm	0,9 à 1,1	0,4 à 0,6
Coefficient d'uniformité	1,4 – 1,5	1,6 – 1,7
Cycles de lavage :		
Air (détassage) :	X : 60s environ	X : 30s
Air+eau (lavage)	5 à 10 min (5 à 10 m/h)	Impossible
Eau (rinçage)	5 à 10 min (15 à 20 m/h)	5 min (40 à 60 m/h)
Quantité d'eau utilisée: m ³ /m ² /par lavage	3 à 4	4 à 6

Expansion lors du lavage	20cm	Doublement de la hauteur du matériau : lit fluidisé.
Hauteur de matériau : m	1 à 1,5	0,5 à 0,6
Type de filtration	Filtration en profondeur	Filtration de surface
Risque de « Mud balls »	Non	Oui
Stratification du filtre	Non	Oui
Possibilité d'utiliser des adjuvants de floculation	Oui	Non
Nécessité d'avoir des multicouches : bicouche	Pas nécessaire	Très recommandé

Annexe 3 : Tableaux d'analyse des dangers

Tableau VI : Danger « *Cryptosporidium / Giardia* »

« Sans objet » : pour le danger considéré

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	X	sans objet	X	sans objet	sans objet		non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-
Préfiltration	X	sans objet	X	sans objet	sans objet		non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-
Coagulation sur filtre	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (Turbidité < 2 NFU)	non préconisé	possible si clarification	possible si clarification	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/floculation/séparation/filtration	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (Turbidité < 2 NFU)	non préconisé	possible	possible si clarification du mélange	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^{ème} étage	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (Turbidité < 2 NFU)	possible	possible	possible si clarification du mélange	possible	possible	Non préconisé
Filtration lente	X	sans objet	X	sans objet	sans objet		non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	X	X (flush)	X	X	- eaux issues des flush, le cas échéant - Eaux issues de la phase de rétrolavage	non préconisé	possible si clarification		possible	possible	
Microfiltration/ Ultrafiltration 2 ^{ème} étage	X	X	X (flush)	X	X	- eaux issues des flush, le cas échéant - eaux issues de la phase de rétrolavage	possible	possible	possible si clarification du mélange	possible	possible	non préconisé
Nano filtration/osmose inverse	X	X	sans objet	X	sans objet	aucune car uniquement lavages chimiques et rinçage	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non preconisé	non preconisé	non préconisé
CAG 1 ^{er} étage	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (Turbidité < 2NFU)	non préconisé	possible	Possible si clarification	possible	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^e étage	X	X	sans objet	X	X	toutes eaux	possible	possible	oui possible si clarification du mélange	possible	possible	non préconisé
Traitements spécifiques : sans objet												

Tableau VII : Dangers « Cyanobactéries »

« Sans objet » : pour le paramètre considéré et les traitements associés

(1) mesures de maîtrise : pas d'effet algicide du traitement ou du mélange

(2) recyclage avant toute injection de réactif

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Préfiltration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise (1)	possible (2)	non préconisé	non préconisé
Coagulation/floculation/ séparation/filtration	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage		possible si mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise (1)	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^e étage	sans objet	sans objet										
Filtration lente	x		x			aucune						
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	sans objet		X	non préconisé	toutes eaux	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise (1)	possible (2)	non préconisé	non préconisé

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Microfiltration/Ultrafiltration 2 ^e étage	X	sans objet		X	non préconisé	toutes eaux	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise (1)	possible	possible	possible
Nano filtration /osmose inverse	sans objet	sans objet										
CAG 1 ^{er} étage	X	sans objet		X	x	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise (1)	possible (2)	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^e étage	X	sans objet		X	X	toutes eaux	possible	possible si mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise (1)	possible	possible	possible
Traitements spécifiques : sans objet												

Tableau VIII : Dangers liés aux micropolluants minéraux apportés par des traitements (Fer, aluminium, manganèse, bromates)

« **Sans objet** » : pour le paramètre considéré et le type d'eau brute utilisée ou si l'étape d'introduction de l'eau recyclée n'est pas concernée.

(*) : Mesures de maîtrise de la solubilité : paramètres à surveiller : pH pour l'aluminium, rh pour le fer et le manganèse.

(**) : Mesures de maîtrise de l'apport de bromates par des produits chlorés si eaux de lavage chlorées.

Traitements dans « filière classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	X	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	aucune	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé
Préfiltration	X	sans objet	X	sans objet	sans objet	aucune	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé
Coagulation sur filtre	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (turbidité < 2 NFU)	non préconisé	possible si clarification et mesure de maîtrise (*, **)	possible si clarification et maîtrise du pH du mélange (*, **)	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/ floculation/ séparation/ filtration	X	sans objet	sans objet	X	X	Eaux claires de rinçage (Turbidité < 2 NFU)	non préconisé	possible si clarification et mesure de maîtrise (*, **)	possible si clarification et mesure de maîtrise (*, **)	possible	non préconisé	non préconisé

Traitements dans « filière classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Filtration 2 ^e étage	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (Turbidité < 2NFU)	possible	possible si mesure de maîtrise (**)	possible si mesure de maîtrise (*, **)	possible	possible	possible
Filtration lente	X	sans objet	X	sans objet	sans objet	aucune : Lavage à l'eau brute	non préconisé	non préconisé	non préconisé	-	-	-
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	X	X (flush)	X	X	i) eaux issues des flush, le cas échéant ii) eaux issues de la phase de rétrolavage	i) non préconisé ii) non préconisé	i) possible si clarification et mesures de maîtrise (*, **) ii) possible si clarification (*, **)	possible si clarification et mesure de maîtrise du mélange (*, **)	possible	possible (= eau brute)	
Microfiltration/ Ultrafiltration 2 ^e étage	X	X	X (flush)	X	X	i) eaux issues des flush, le cas échéant ii) eaux issues de la phase de rétrolavage	i) possible (**) ii) possible(**)	i) possible (**) ii) possible(**)	oui possible si clarification et mesures de maîtrise du mélange (*, **)	possible	possible	possible (sauf si mélange)
Nano filtration /osmose inverse	X	X	sans objet	X	sans objet	non préconisé car uniquement lavages chimiques et rinçage	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé	non préconisé

Traitements « spécifiques »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
CAG 1 ^{er} étage	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (Turbidité < 2 NFU)	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*, **)	possible si mesure de maîtrise (*, **)	possible	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^e étage	X	X	sans objet	X	X	toutes eaux	possible et mesure de maîtrise (**)	possible et mesure de maîtrise (**)	possible si mesure de maîtrise (**) du mélange	possible	possible	possible (sauf si mélange)
Déferrisation - démanganisation chimique		X	sans objet	X	X	eaux claires (turbidité < 2 NFU)	possible et mesure de maîtrise (*, **)	possible et mesure de maîtrise (*, **)	possible si mesure de maîtrise (*, **) du mélange	possible	possible	sans objet
Déferrisation - démanganisation biologique		X	X	X	sans objet	toutes eaux	possible et mesure de maîtrise (*)	possible et mesure de maîtrise (*)	possible, sauf mélange avec eau chlorée, si mesure de maîtrise (*) du mélange	possible	sans objet	sans objet
Nitrification ascendante		X	X	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet

Traitements « spécifiques »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dénitrification ascendante		X	X	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet
Dénitrification gravitaire		X	sans objet	X	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet
Adsorption sélective régénérable et non régénérable		X	sans objet	X	X	toutes eaux	possible si mesure de maîtrise (**)	possible si mesure de maîtrise (**)	possible si mesure de maîtrise (**) du mélange	possible	possible	possible en amont de l'adsorbant sélectif

Tableau IX : Danger « Fluor » (pour traitement par adsorption sur alumine activée)

« Sans objet » : non pratiqué couramment

(*) : Mesure de maîtrise de la solubilité = pH

Traitements « spécifiques »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Nitrification ascendante												
Dénitrification ascendante												
Dénitrification gravitaire												
Adsorption sélective régénérable	X	X	X	X	sans objet	Eaux claires de rinçage (turbidité < 2 NFU)	Possible si mesure de maîtrise (*)			possible	possible	non préconisé
Adsorption sélective non régénérable												

Tableau X : Dangers « Micropolluants minéraux co-précipités avec le fer ou l'aluminium: Arsenic V, Sélénium IV, Antimoine V »

« Sans objet » : pour le paramètre considéré et les traitements associés

(*) : Mesure de maîtrise : paramètre à maîtriser = pH

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Traitements « filières classiques »												
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Préfiltration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (turbidité < 2 NFU)	X	possible si clarification et mesure de maîtrise (*)	non préconisé	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/ floculation/ séparation/ filtration	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (turbidité < 2 NFU)	X	possible si clarification et mesure de maîtrise	non préconisé	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^e étage	sans objet	sans objet										

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Filtration lente	sans objet	sans objet										
Microfiltration/Ultrafiltration 1 ^{er} étage	x	x	sans objet	x		toutes eaux	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	
Microfiltration/Ultrafiltration 2 ^e étage	X	X	sans objet	X	X	toutes eaux	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Nano filtration /osmose inverse	sans objet											
CAG 1 ^{er} étage	sans objet	sans objet										
CAG 2 ^e étage	sans objet	sans objet										
Traitement spécifiques : sans objet												

**Tableau XI : Dangers « Minéraux co-précipités sous forme: hydroxyde, carbonate, hydroxycarbonates :
Chrome trivalent, Chrome III ou Chrome VI réduit par fer ferreux »**

« **Sans objet** » : pour le paramètre considéré et les traitements associés

(*) : Mesure de maîtrise : paramètre à maîtriser = pH

Traitements filières « classiques »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterrain e	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Pré filtration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (turbidité < 2 NFU)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible si clarification et mesure de maîtrise (*)	non préconisé	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/floc ulation/séparatio n/filtration	X	X	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage (turbidité < 2 NFU)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible si clarification et mesure de maîtrise (*)	non préconisé	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^e étage	X											
Filtration lente	sans objet	sans objet										

Traitements « classiques »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	sans objet		x	x	eaux claires de rinçage	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et mesure de maîtrise du mélange (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Microfiltration/ Ultrafiltration 2 ^e étage	X	sans objet	sans objet	X	X	toutes eaux	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et avec mesure de maîtrise (*)	possible et mesure de maîtrise du mélange (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Nanofiltration /osmose inverse	sans objet	sans objet										
CAG 1 ^{er} étage	sans objet	sans objet										
CAG 2 ^e étage	sans objet	sans objet										
Traitements spécifiques = sans objet												

Tableau XII :

Dangers « Micropolluants minéraux éliminés par adsorption sélective sur oxy/hydroxydes de fer et oxydes de manganèse : arsenic, sélénium, antimoine, radium, uranium »

« **Sans objet** » : pour le paramètre considéré et les traitements associés

(*) : Mesures de maîtrise : Paramètre à maîtrise = pH

Traitements spécifiques	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Déferrisation - démanganisation chimique	sans objet	sans objet										
Déferrisation - démanganisation biologique	sans objet	sans objet										
Nitrification ascendante	sans objet	sans objet										
Dénitrification ascendante	sans objet	sans objet										
Dénitrification gravitaire	sans objet	sans objet										
Adsorption sélective régénérable	X	X	X	X	x	eaux claires de rinçage	possible et mesure de maîtrise (*)			possible	non préconisé	non préconisé
Adsorption sélective non régénérable	X	X	X	X	x	eaux claires de rinçage	possible et mesure de maîtrise (*)			possible	non préconisé	non préconisé

Tableau XIII: Danger « Acrylamide »

« **Sans objet** » : pour le paramètre considéré et les traitements associés

(1) : traitements membranaires de premier étage précédés d'un réacteur CAP pour adsorption micropolluants organiques

(2) : si cette étape comprend un réacteur à CAP, un deuxième ajout de polyacrylamide peut exister

(3) : réacteur à CAP suivi d'une filtration sur sable

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage												
Préfiltration												
Coagulation sur filtre	X	sans objet	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/ floculation/ séparation/ filtration	X (2)	X (3)	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible	non préconisé	non préconisé

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Filtration 2 ^{ème} étage	X (2)	X (3)	sans objet	X	X	eaux claires de rinçage	possible	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible	possible	non préconisé
Filtration lente	sans objet	sans objet										
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage	X (2)	X (1)	sans objet	X	X	toutes eaux	possible	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible	non préconisé	non préconisé
Microfiltration/ Ultrafiltration 2 ^e étage	X (3)	X (3)	sans objet	X	X	toutes eaux	possible	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible si clarification sans ajout supplémentaire de polyacrylamide	possible	possible	possible
Nanofiltration /osmose inverse	sans objet	sans objet										
CAG 1 ^{er} étage	sans objet	sans objet										
CAG 2 ^{ème} étage	sans objet	sans objet										
Traitements spécifiques : sans objet												

Tableau XIV : Danger « THM »

« Sans objet » pour le paramètre considéré et les traitements associés

(*) : Mesure de maîtrise : maîtrise du chlore

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Préfiltration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/floculation/séparation /filtration	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^{ème} étage	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	possible	non préconisé

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Microfiltration/Ultrafiltration 1 ^{er} étage	X	X		X	non préconisé	toutes eaux	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
Microfiltration/Ultrafiltration 2 ^{ème} étage	X	sans objet		X	non préconisé	toutes eaux	possible si mesure de maîtrise *	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	possible	possible
Nanofiltration /osmose inverse												
CAG 1 ^{er} étage	X	X		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	non préconisé	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^{ème} étage	X	sans objet		X	X	toutes eaux	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible si mesure de maîtrise (*)	possible	possible	non préconisé

Tableau XV : Dangers « Micropolluants organiques dont le log K_{OW} > 3 »

« **Sans objet** » : pour le paramètre considéré

(1) : traitements membranaires précédés d'un réacteur à CAP

(2) : mesure de maîtrise : pas d'effet oxydant du mélange

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Préfiltration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	possible	possible si clarification	possible si mesure de maîtrise (2)	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/floculation/ séparation/filtration	X	sans objet		X	non préconisé	eaux claires de rinçage	possible	possible si clarification	possible si mesure de maîtrise (2)	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^{ème} étage	X			X		eaux claires de rinçage	possible					
Filtration lente	X		X			aucune						
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage		X (1)		X	X	toutes eaux de rétrolavage	possible	possible si clarification	possible si mesure de maîtrise (2)	possible	non préconisé	non préconisé

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Microfiltration/ Ultrafiltration 2 ^{ème} étage	X	X		X	X	toutes eaux de rétrolavage	possible	possible si clarification	possible si mesure de maîtrise (2)	possible	possible	
Nano filtration /osmose inverse												
CAG 1 ^{er} étage	X	X		X	X	eaux claires de rinçage	possible	possible si clarification	possible si mesure de maîtrise (2)	possible	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^{ème} étage	X	X		X	X	toutes eaux	possible	possible si clarification	possible si mesure de maîtrise (2)	possible	possible	non préconisé
Traitements spécifiques : sans objet												

Tableau XVI : Danger « Micropolluants organiques avec $1,5 < \log K_{ow} < 3$ »

« Sans objet » pour le paramètre considéré et les traitements associés
 (1) traitements membranaires précédés d'un réacteur à CAP

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Pré filtration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	sans objet	sans objet										
Coagulation/ floculation/ séparation/ filtration	sans objet	sans objet										
Filtration 2 ^e étage	sans objet	sans objet										
Filtration lente	sans objet	sans objet										
Microfiltration/ Ultrafiltration 1 ^{er} étage		X (1)		X	X	toutes eaux de rétrolavage	possible		possible	X	non préconisé	non préconisé
Microfiltration/ Ultrafiltration 2 ^e étage	X (1)	X (1)	X	X	X	toutes eaux de rétrolavage	possible		possible	X	X	non préconisé

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Nanofiltration /osmose inverse												
CAG 1 ^{er} étage	X	X		X	X	eaux claires de rinçage	possible		possible	X	non préconisé	non préconisé
CAG 2 ^e étage	X	X		X	X	eaux claires de rinçage	possible		possible	X	X	non préconisé
Traitements spécifiques : sans objet												

Tableau XVII : Dangers « Métaux toxiques co-précipités sous forme de hydroxyde, carbonates et hydroxycarbonates : Plomb ».

« Sans objet » : pour le paramètre considéré et traitement mis en œuvre

(1) : mesure de maîtrise: paramètre à maîtrise : pH

(2) : réacteur à CAP

	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage			Point d'introduction		
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traitée par l'étape	Eau traitée par l'étape et chlorée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Dégrossissage	sans objet	sans objet										
Préfiltration	sans objet	sans objet										
Coagulation sur filtre	X	sans objet		X	X	eaux claires de rinçage	possible avec mesure de maîtrise (1)	possible si clarification et mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise du mélange (1)	possible	non préconisé	non préconisé
Coagulation/ floculation/ séparation/ filtration	X	sans objet		X	X	eaux claires de rinçage	possible avec mesure de maîtrise (1)	possible si clarification et mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise du mélange (1)	possible	non préconisé	non préconisé
Filtration 2 ^{ème} étage	sans objet											

Traitements filière « classique »	Type d'eau brute		Type d'eau utilisée pour le lavage			Identification des effluents recyclables	Conditions du recyclage				Point d'introduction	
	ESU ou ESO influencée par ESU	Eau souterraine	Eau à traiter par l'étape	Eau traîée par l'étape	Eau traîée par l'étape et chlortée		Sans traitement	Avec traitement	Mélange	Eau brute	Amont 1 ^{er} étage filtration	Amont 2 ^e étage Filtration
Filtration lente	sans objet	sans objet										
Microfiltration/Ult trafiltration 1 ^{er} étage	X(2)	sans objet		X	X	possible avec mesure de maîtrise (1)	possible avec mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise du mélange (1)	possible	non préconisé	non préconisé	
Microfiltration/Ult trafiltration 2 ^e étage	X	sans objet		X	X	possible avec mesure de maîtrise (1)	possible avec mesure de maîtrise (1)	possible si mesure de maîtrise du mélange (1)	possible	non préconisé	non préconisé	
Nano filtration /osmose inverse												
CAG 1 ^{er} étage	sans objet	sans objet										
CAG 2 ^e étage	sans objet	sans objet										

Traitements spécifiques : sans objet

Annexe 4 : Suivi des actualisations du rapport

Date	Version	Page	Description de la modification
03/12/2013	01	/	Première version validée du rapport
À l'issue des échanges avec la FP2E et suite à l'obtention de nouvelles données, le rapport a été révisé et les recommandations relatives au contrôle du seuil de la turbidité et au point d'injection des effluents à recycler ont été modifiées.			
Juin 2017	02	03-04	Le nom des rapporteurs ayant travaillé sur la révision du rapport ainsi que ceux des experts du CES l'ayant validée a été ajouté.
	02	05-06	Le nom des experts du CES ayant validé la première version du rapport en 2013 a été ajouté.
	02	15-16	Le paragraphe « Les travaux d'expertise du GT ont été soumis au CES « Eaux », tant sur les aspects méthodologiques que scientifiques, lors de ses séances du 2 juillet et 3 décembre 2013. Le rapport produit par le GT tenait compte des observations et des éléments complémentaires apportés par les membres du CES « Eaux ». » est déplacé à la fin du chapitre « modalités de traitement de la saisine » et est complété par « À la publication du rapport, la FP2E a fourni de nouveaux éléments allant dans le sens d'une amélioration des connaissances. L'Anses a nommé quatre rapporteurs en vue de réviser le rapport de 2014. Cette révision a été présentée et validée au CES « Eaux » lors de sa séance du 6 juin 2017. La révision du rapport consiste en l'ajout du chapitre 7.5. ».
	02	31	Les termes « eaux de lavage » sont remplacés par « effluents de lavage » dans les phrases suivantes : * « L'étude effectuée par Cossalter <i>et al.</i> (2010) a montré que les <i>effluents de lavage</i> , s'ils étaient recyclés, augmentaient fortement la charge en <i>Cryptosporidium</i> et que, dans le cas d'un recyclage des effluents de lavage à un taux de 2 %, la concentration en oocystes en sortie de filtre était proche de celle de l'eau brute. » * « Les concentrations en carbone organique total (COT) des <i>effluents de lavage</i> sont en général très supérieures à celles des eaux brutes et à la limite fixée pour celles-ci par le CSP (10 mg/L). » * « Mc Cormick <i>et al.</i> (2010) décrivent des concentrations de 20 à 85 mg/L de COT et de 3 à 4,8 mg/L de carbone organique dissous (COD) dans les <i>effluents de lavage</i> de filtres à sable pour des eaux brutes présentant des COT et COD variant de 4 à 5,6 mg/L. »
	02	36	Les termes « eaux de lavage » sont remplacés par « effluents de lavage » dans la phrase suivante : « En cas d'utilisation d'eau chlorée, si l'eau brute est riche en matériau organique, des THM peuvent être présents dans les effluents de lavage. »
	02	45	Les termes « par contre » sont remplacés par « en revanche » dans la phrase suivante : « En revanche, les chloramines n'ont pas d'effet sur les virus. Les rayonnements UV (dose de l'ordre de 1500 à 1600 J/m ²) permettent

			un abattement minimum de 4 log pour les virus entériques. (Afssa, 2007b ; Anses, 2010). »
02	46		Les termes « eaux de lavage » sont remplacés par « effluents de lavage » dans la phrase suivante : « Dans une étude effectuée par l'American Water Works Research Foundation (AWWARF) (Cornwell <i>et al.</i> , 2001) sur 25 usines de traitement, 148 analyses d'effluents de lavage ont été effectuées. »
02	53		La phrase « (...) il a estimé que les mesures nécessaires pour maîtriser le danger « <i>Cryptosporidium / Giardia</i> » étaient suffisantes (...) » a été modifiée par « (...) il a été estimé que les mesures nécessaires pour maîtriser le danger « <i>Cryptosporidium / Giardia</i> » étaient suffisantes (...) »
02	54		Le mot « séparé » est remplacé par « divisé » dans la phrase « Le tableau est divisé en deux grandes parties (...) ».
02	54		Le titre 6.2 Interprétation et application des tableaux est modifié par « 6.2 Mode opératoire pour l'utilisation des tableaux ».
02	54		Le titre « 6.2.1. Exemple du tableau renseigné pour les dangers « <i>Cryptosporidium/Giardia</i> » » est modifié par « 6.2.1. Exemple du tableau renseigné sur les dangers « <i>Cryptosporidium/Giardia</i> » ».
02	54		Les termes « eaux de lavage » sont remplacés par « effluents de lavage » dans la phrase suivante : « Le paragraphe 6.3 donne un exemple d'application de la démarche d'analyse des risques liés au recyclage des effluents de lavage pour une filière classique de traitement comprenant une filtration sur sable et traitant une eau de surface. »
02	61		Le titre « 6.3 Exemple d'application de la méthode d'analyse pour le recyclage des effluents de lavage dans une filière de traitements « classique » » est remplacé par « 6.3 Exemple d'application de la méthode d'analyse de risque pour le recyclage des effluents de lavage dans une filière de traitements « classique » ».
02	61		La phrase « Chaque tableau permet d'identifier les contraintes liées à chaque danger puis, en comparant et/ou en additionnant ces contraintes, de retenir la solution la plus sécuritaire (...) » est remplacée par « Chaque tableau permet d'identifier les contraintes liées à chaque danger puis, en comparant et/ou en additionnant ces contraintes, d'identifier la solution permettant de minimiser la probabilité de survenue d'un risque sanitaire au regard des données disponibles (...) ».
02	65		La recommandation suivante « Une injection en tête de filière, en amont de l'étage de clarification, permet une rétention optimale des contaminants. » a été modifiée comme suit « Une injection en tête de filière en amont de l'étage de clarification ou en amont de l'étape de floculation, permet une rétention optimale des contaminants. ».
02	67		Le paragraphe 7.5 est ajouté au rapport. « 7.5 Solution alternative Postérieurement à la publication du rapport de l'Anses en avril 2014 et conformément au premier paragraphe du chapitre 7.4 Amélioration des connaissances, la FP2E a fourni des données complémentaires. Les rapporteurs proposent une solution alternative à celle retenue en 2014.

			<p>Cette solution consiste à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - recycler sans traitement les eaux claires⁹ de lavage des filtres à condition que la valeur limite de 2 NFU en sortie de décantation sur la filière « eau propre » soit respectée en permanence. En effet, cette valeur « traduit en général un bon fonctionnement de l'étape de décantation et assure l'intégrité de cette barrière et permet de maîtriser la charge reçue par l'étape de filtration en aval » (US EPA, 1998). - vérifier cette turbidité, en continu en sortie de décanteur sur la filière « eau propre », assurer un enregistrement de ces données et mettre en place un système de management de la qualité permettant de garantir la fiabilité des données. <p>Si la valeur limite de turbidité ne peut pas être respectée en permanence, un traitement de clarification des « eaux claires » à recycler devra être mis en place avant injection dans la filière « eau propre ».</p> <p>S'agissant du point d'injection, la(les) disposition(s) figurant au paragraphe 7.2.3 s'applique(nt).</p> <p>Les tableaux figurant en annexe 3 ne valent pas pour cette solution alternative. »</p>
	02	71	<p>La référence suivante « US EPA (1998). Handbook – Optimizing water treatment plant performance using the composite correction program (CCP). » est ajoutée.</p>

⁹ Dans ce cas, les « eaux claires » sont définies comme des effluents issus de la seconde phase de lavage (selon le procédé) ou du rinçage après l'étape de lavage.



Agence nationale de sécurité sanitaire
de l'alimentation, de l'environnement et du travail
27-31 avenue du général Leclerc
94701 Maisons-Alfort Cedex
www.anses.fr