

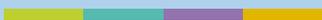
EXPLOITATION DES PETITES UNITÉS DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'EAU POTABLE



PARTIE 1

Recommandations pour l'exploitation
de services et de petites unités
de production et distribution d'eau potable

*Formation et organisation
du personnel, exploitation
de réseaux, d'installations
de prélèvement, production,
stockages et de traitements*



Ce guide a été élaboré à l'initiative du Ministère chargé de la santé, il s'adresse aux autorités organisatrices, exploitants, maîtres d'ouvrage, et maîtres d'œuvre de petites unités de production et distribution d'eau destinée à la consommation humaine.

Il se compose de deux documents (parties 1 et 2) disjoints mais complémentaires, déclinant des recommandations pour la conception, la construction, l'entretien et l'exploitation de petites unités de production et distribution d'eau. La maîtrise de la qualité de l'eau, notamment microbiologique, depuis le point de prélèvement jusqu'au point de consommation, en constitue le fil conducteur.

La partie 1 propose une succession de fiches-outils indépendantes classées par thème (formation et organisation du personnel, exploitation de réseaux, installations de prélèvement/production/stockage et de traitement). La partie 2, plus complète, détaille les conditions de conception et d'exploitation des unités de production, traitement, stockage et distribution au regard des risques de dégradation de la qualité de l'eau, inhérents à son origine ou aux installations et leur exploitation.

Ce travail résulte des contributions et d'auditions d'Agences Régionales de Santé et de services d'eau potable confrontés à des installations de taille réduite, parfois difficiles d'accès et desservant quelques abonnés. Ainsi, outre le Ministère en charge de la santé pour la confiance qu'il nous a accordée, nous remercions pour leur participation :

- Anne Marie GARDET, Directrice du Syndicat Intercommunal des Eaux de la Belle-Etoile;
- Benoît PALDRUP et Thierry BERGEON, Responsables Process & Qualité des Eaux, Régie Eau d'Azur, Métropole de Nice;
- Michel JAULIN, Maire de la commune de Sainte-Fortunade;
- Olivier NEIGE et ses collaborateurs, Régie des eaux de la commune de Sainte-Fortunade;
- Valérie KOCH, Chef de service "Production Eau Potable", Syndicat des Eaux et de l'Assainissement Alsace-Moselle;
- Laurent FERY, Directeur Technique du Syndicat Mixte d'Amenée d'Eau Potable du Ségala;
- François MANSOTTE, Responsable de l'Unité Territoriale Santé Environnement, ARS de Normandie;
- Fabrice DASSONVILLE, Responsable régional "eaux", ARS de Provence Alpes Côte d'Azur;
- Olivier COULON, Département santé environnement, ARS de Provence Alpes Côte d'Azur;
- Christophe BOUCHOT, Directeur de la Régie Dignoise des eaux;
- Jacky POUGET, Président du Syndicat intercommunal des Eaux des deux vallées et ses équipes
- Maxime FERRE, chargé de mission à la FNCCR;
- Ainsi que l'équipe du département "Cycle de l'eau" de la FNCCR pour la relecture des documents, notamment Marie LAUSTRIAT et Mélissa BELLIER.

LAURE SEMBLAT, Département Cycle de l'Eau
à la FNCCR

ANTOINE MONTIEL, Ingénieur Retraité de Ville de Paris,
Docteur es science



TABLE DES MATIÈRES

Fiche 1 : Avant-propos sur les fiches de surveillance	6
Fiche 2 : Exploitation et personnel exploitant	10
Formation du personnel exploitant	10
Formation du personnel "nouvellement recruté"	10
L'organisation des équipes	11
L'exploitation des ouvrages et réseaux	14
Le service achats	18
La gestion de crise	19
Des témoignages	20
Fiche 3 : La surveillance de la ressource	24
Fiche 4 : La surveillance des réservoirs	30
Fiche 5 : La surveillance de la qualité de l'eau	36
Des témoignages	40
Fiche 6 : La surveillance des capteurs	42
Fiche 7 : La surveillance lors des interventions en réseau	46
Fiche 8 : La clarification	60
Fiche 8-1 : Le prétraitement	60
Fiche 8-2 : La clarification	66
Fiche 8-3 : La filtration	76
Fiche 9 : Réduction de la dureté de l'eau	84
Fiche 10 : Le traitement de minéralisation- neutralisation	88
Fiche 11 : La désinfection	92
Fiche 12 : Ajustement du pH	102
Fiche 13 : La déferrisation	104
Fiche 14 : La démanganisation	110
Fiche 15 : Élimination des ions ammonium (ammoniaque)	116
Fiche 16 : Élimination des nitrates	120
Fiche 17 : Les résines échangeuses d'ions	124
Fiche 18 : Le traitement des micropolluants	128
Fiche 19 : L'arsenic	136
Fiche 20 : Le sélénium	144
Fiche 21 : Le baryum	146
Fiche 22 : Le fluor	148
Fiche 23 : Les réactifs chimiques	150



AVANT-PROPOS SUR LES FICHES DE SURVEILLANCE

La surveillance - Le personnel

Qu'entend-on par surveillance ?

La surveillance des installations de production et de distribution d'eau entre dans le champ de l'exploitation. Toutefois pour garantir une maîtrise permanente de la qualité de l'eau, des questions simples permettent de détecter des points d'amélioration des méthodes d'exploitation couramment pratiquées. Ces fiches visent ainsi à susciter un autre regard sur les pratiques plus qu'à apporter des solutions ou procédures qui existent par ailleurs dans la littérature et qui sont, pour certaines, évoquées dans ces documents.

Ainsi, sur vos installations :

- Qui effectue la surveillance ? L'exploitant ? Un prestataire ?
- Quelle est la fonction ou la mission de cet intervenant ? est-ce un électromécanicien, un agent qui intervient pour une réparation ou l'approvisionnement de consommables, un représentant de l'ARS, un agent d'un laboratoire, un préleveur ?
- Lorsque cette personne intervient sur les installations, est-ce réellement de la surveillance ? quelles sont les missions réelles et effectives comprises dans la visite ?
- En cas d'anomalie affectant la qualité de l'eau, les missions de l'intervenant et son niveau de connaissances vous assurent-elles une détection de l'anomalie et l'information de la collectivité (notamment la personne responsable de la distribution de l'eau) dans les plus brefs délais ?
- Êtes vous informés de toutes les visites sur les lieux de prélèvement et stockage ? dans quelle mesure les consignes de sécurité et procédures internes sont-elles respectées par ce personnel intervenant ?
- À quelle fréquence les visites des installations sont-elles programmées ? Cela permet-il une maîtrise permanente de la qualité de l'eau ?
- Est-ce que les agents d'exploitation savent quoi surveiller et/ou contrôler et pourquoi ils doivent le faire ? disposent-ils d'un manuel et de consignes – écrites - d'exploitation ?
- Ont-ils connaissance de valeurs guides (variabilité de la qualité de l'eau brute à l'échelle journalière, saisonnière, ou annuelle), et des réflexes pour détecter une dérive manifeste d'un capteur ? Sont-ils capables de contrôler le fonctionnement mais également la cohérence de la valeur indiquée par un capteur (via un étalonnage, une contremesure ...) ?
- Les points observés à chaque visite sont-ils consignés (date, observation, comparaison à une valeur guide, action curative le cas échéant) ?
- Existe-t-il un carnet sanitaire ? Est-il renseigné ? Quels sont les éléments qui y figurent ?
- En cas d'anomalie constatée lors d'une visite, l'agent a-t-il les connaissances d'une part, la mission d'autre part de dater la dérive ou l'anomalie puis de définir les actions correctives et les mettre en œuvre ?
- Dans la négative, qui analyse le problème ? Qui décide et ordonne les actions correctives et avec quelle réactivité ? Combien de temps nécessite la mise en œuvre de l'action corrective ? Est-ce compatible avec une desserte en permanence d'une eau conforme ?



- 1 Que mesure-t-on ? Avec quelles consignes de régulation ? Pourquoi ?
- 2 Quel réactif est injecté, à quelle fin ? Dans quelle proportion et avec quel(s) risque(s) ? Pour le personnel exploitant ? Pour l'eau en cas de sous ou sur dosage ?



- Qui contrôle le carnet sanitaire ? Quel est le devenir des informations ainsi consignées ?
 - Le carnet sanitaire est-il consulté en cas d'anomalie (non-conformité par exemple...), notamment lorsque l'ARS rapporte une analyse non conforme dont le prélèvement date de quelques semaines ?
 - La surveillance assurée est-elle majoritairement curative ou préventive ?
 - Considérez-vous la réactivité de l'équipe comme une réponse suffisante à un risque de dégradation de la qualité de l'eau ?
 - Sur quelles installations n'est effectuée aucune action préventive pour garantir la qualité de l'eau, pour quelle raison ? et quels sont les freins à la pose d'équipements de mesure et l'instauration de consignes et procédures de contrôles préventifs sur l'ensemble de la chaîne ?
 - Le personnel intervenant, connaît-il les "faiblesses" des installations ? Les contrôles sont-ils uniquement effectués en ces points ?
- En cas de changement de personnel, comment est assurée la formation de la nouvelle recrue ?
 - Estimez-vous le personnel alloué aux contrôles et la surveillance suffisant (en ETP) ?
 - Le personnel dispose-t-il de suffisamment de temps pour contrôler les installations au regard du nombre de points de prélèvements à surveiller en une journée et des durées et conditions nécessaires pour y accéder (certaines sources nécessitent parfois plus d'1 heure de trajet, certaines ne sont accessibles qu'à pied, voire en raquettes en fonction de la saison) ?
 - Lorsque le service exploite de nouvelles installations à l'occasion d'un transfert de compétence à la collectivité, dans quelle mesure dispose-t-il des données descriptives des équipements ?
 - Par exemple, lorsque les installations comprennent une désinfection aux lampes UV, quelles informations ont-ils quant à la puissance des lampes, le taux de renouvellement et la durée de fonctionnement ?

Une surveillance, mais à quel prix ?

- Une surveillance globale, qui en **une visite** (avec le temps nécessaire, en incluant notamment la durée de transport jusqu'aux différents ouvrages) permet de répondre aux besoins d'exploitation courants d'une part et de contrôler le bon fonctionnement et l'état de l'installation d'autre part, représente un coût (notamment l'ETP affecté).
- Confier cette surveillance à un tiers nécessite d'être en mesure de lister les éléments entrant dans le champ de sa mission (décrire ce qu'il y a à contrôler), s'assurer que la surveillance est effectuée avec sérieux, identifier les procédures (communication puis action) en cas d'anomalie... et bien entendu rémunérer le tiers à hauteur du service fait.
- La surveillance, lorsqu'elle se base sur les seules visites des préleveurs, ne peut être assimilée à une mission d'exploitation et une surveillance globale de l'installation.
- L'intervention sur les installations est-elle curative ou préventive ? Dans quelle mesure la collectivité compare-t-elle les charges générées par une organisation bâtie sur des pratiques curatives et celle bâtie sur des consignes programmées préventives ou conditionnelles ?
- Dans quelle mesure le prix du service facturé aux abonnés reflète-t-il le coût réel du service ou le coût qu'il faudrait allouer au service ?
- Dans quelle mesure est-il possible de conserver de multiples points de prélèvement tout en respectant des objectifs d'optimisation économique d'une part et des impératifs sanitaires d'autre part (sans tolérer, par moment, une dégradation de la qualité de l'eau distribuée ou accepter une maîtrise parfois aléatoire) ? Par exemple, dans certaines collectivités, sont constatés jusque 147 prélèvements pour 50000 habitants..., 80 points de prélèvements pour 20 communes...
- Certaines collectivités soulignent l'intérêt d'optimiser les actions assurées en régie, d'acquérir des logiciels "métier" tout en améliorant la qualité du service rendu : le gain de productivité est le premier avantage souligné.



→ UNE PRIORITÉ

Comprendre la logique des normes et l'adapter au contexte, en suivant les objectifs prioritaires.

Cette analyse "coût-bénéfice" est aussi réalisée avant toute décision de sous-traitance des tâches relevant de l'exploitation comme par exemple la relève des compteurs, l'entretien des espaces verts des ouvrages de production,...

À noter toutefois que pour contractualiser une prestation de services spécialisés en local, d'une part il faut que cette compétence soit proposée sur le marché local, d'autre part les conditions de contractualisation doivent respecter les règles de la commande publique. En outre, pour garantir l'efficacité de cette sous-traitance, il s'agira de rapprocher la compétence (personnel et moyens matériels) du lieu d'intervention.

EXPLOITATION ET PERSONNEL EXPLOITANT

Formation du personnel exploitant

Par formation, n'est évoquée dans ce guide que la sensibilisation du personnel aux risques sanitaires en eau potable notamment microbiologiques.

- Des services assurent régulièrement une formation de leur personnel à la désinfection : il s'agit d'une sensibilisation (à la différence d'une procédure ou d'un mode de travail) visant à expliquer pourquoi il est important de procéder ainsi. Sont notamment traités les principes de base de la désinfection, son utilité, la notion de chlore résiduel.
- La formation peut ensuite porter sur les instructions relatives à la désinfection des pièces, les cannes d'enrouleur, le pulvérisateur, le rinçage des nouvelles conduites avant leur mise en service.
- Outre la formation, il s'agira de s'assurer de la compréhension de la consigne par le personnel.

D'une manière générale, l'exploitation d'un service d'eau nécessite de veiller en permanence au renforcement des compétences des équipes de terrain (nombre d'organismes proposent des formations aux métiers de l'eau mais également des fournisseurs, voire certaines collectivités assurent ces formations en interne).

Généralement la formation ne se limite pas au risque d'une contamination de l'eau, elle porte avant tout sur la sécurité au travail, dans un but d'amélioration continue.

À noter cependant que si les petites installations de production et distribution d'eau pourraient parfois être qualifiées de plus "dangereuses" du fait de leur rusticité, elles sont généralement à l'origine d'un nombre d'accident du travail limité en comparaison des unités de production et distribution plus urbaines. Le personnel a parfois tendance à oublier le risque, à force "d'habitude" aux équipements de protection (collective ou individuelle).

Formation du personnel "nouvellement recruté"

Il est capital d'assurer une formation des nouvelles recrues aux installations mais aussi aux bonnes pratiques d'exploitation du service d'eau potable.

Divers exemples d'organisation sont rapportés par les collectivités : un stage d'entrée, le passage de consignes et informations minimales par un technicien, ou le tutorat.

L'astreinte n'est généralement assurée par les nouvelles recrues qu'après un certain temps (6 mois à un an par exemple).

À noter que la formation doit porter tant sur la sécurité que sur les problématiques spécifiques à l'eau potable.

Cette recommandation concerne particulièrement le remplacement de personnel dont le départ à la retraite est imminent (notamment pour des postes spécialisés et essentiels comme les électromécaniciens).

L'organisation des équipes

Depuis l'adoption de la Loi NOTRe [n° 2015-991 du 7 août 2015](#), dans nombre de services d'eau potable, notamment ceux portant sur de petites unités de production et distribution d'eau, s'opère une transition entre une exploitation organisée localement (à l'échelle de la commune) et une organisation à l'échelle intercommunale.

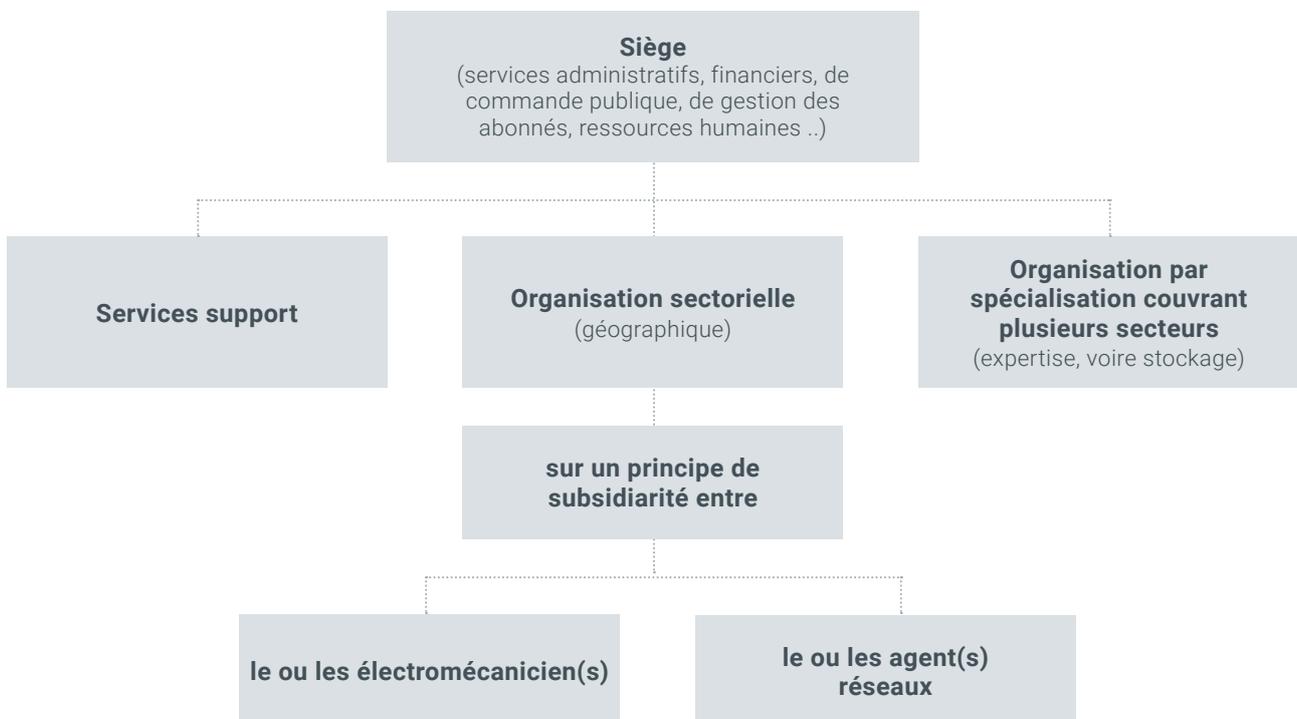
L'objectif de ces nouveaux services d'eau est généralement d'offrir un meilleur niveau de service avec le même personnel exploitant.

Divers scénarios sont possibles (en fonction de l'organisation antérieure et de la configuration du territoire), mais force est de constater qu'ils ont des points communs, notamment un objectif affiché d'efficacité :

- Exploiter le service avec **efficacité**
- Inventorier et moderniser les installations
- Renforcer les **compétences** de l'ensemble des personnels
- Développer non pas une sur-technicité mais une **polyvalence** des agents exploitants
- Équiper les installations avec une **technologie adaptée et proportionnée**
- Organiser des **services support** (ateliers techniques, supervision, bureau d'études, personnel spécialiste en process...)

Deux exemples d'organisation sont proposés, **ils doivent toutefois être adaptés et proportionnés au territoire** et n'ont, dans ce guide, qu'une valeur indicative. Ils permettent cependant de souligner l'importance d'**adapter sans les sous-estimer** les moyens, les compétences et l'organisation des personnels aux exigences de qualité de l'eau mais également aux enjeux financiers qui s'y rattachent.

Exemple 1



Dans ce schéma, l'organisation du personnel permet de réaliser en local, par du personnel rapidement mobilisable, un maximum d'actions préventives voire curatives dans les limites des compétences des personnels dédiés (et sous-réserve de professionnaliser ce personnel, cf. Formation du personnel). Le temps de travail est comptabilisé,

les tournées sont ajustées au regard des fréquences nécessaires, des missions de surveillance et des actions à accomplir, des localisations des points à surveiller. Pour de petites unités de production et distribution, il est impératif d'éviter que plusieurs personnes interviennent sur des mêmes lieux, comme cela se produit fréquemment en milieu urbain.

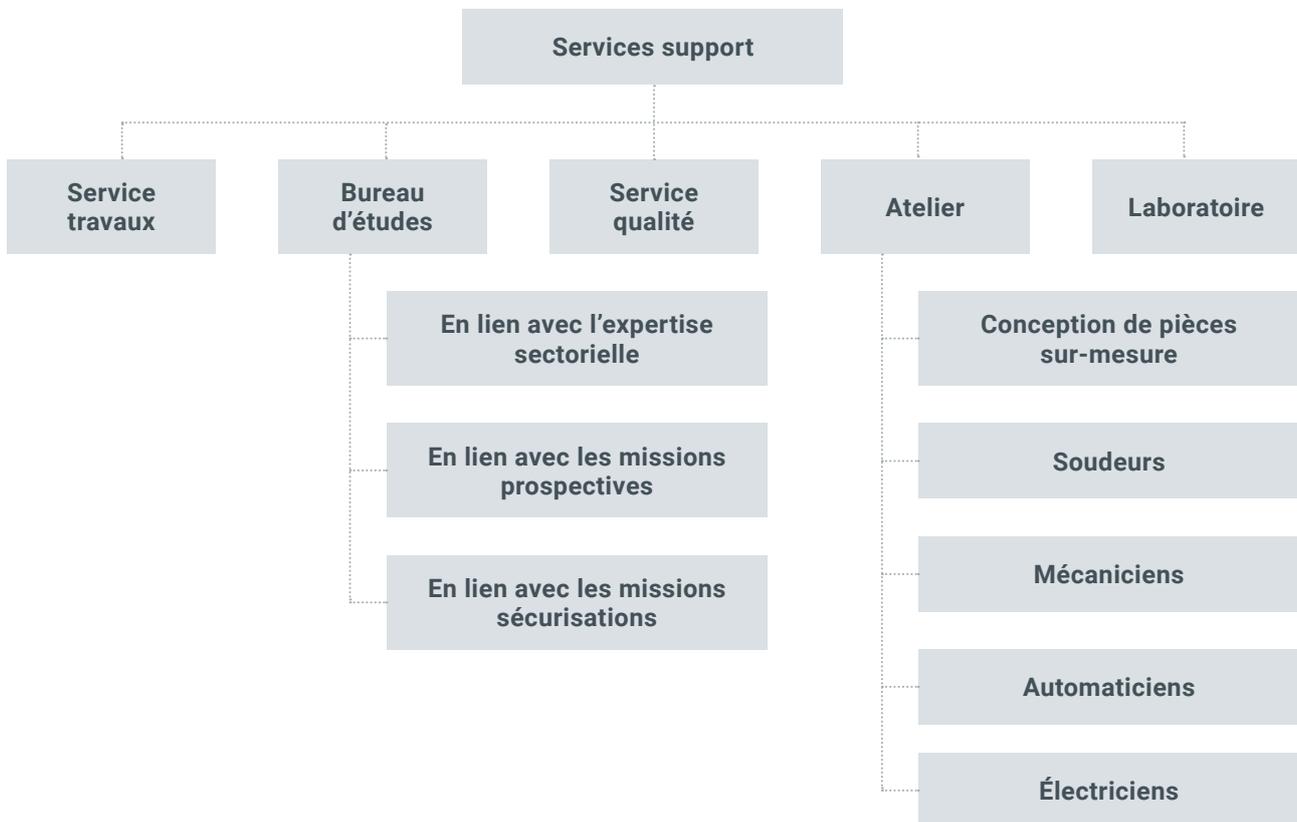
En conséquence, le personnel et les compétences à affecter "en sectoriel" sont proportionnés à la technicité des installations, tout en permettant aux agents généralement très attachés à leurs réseaux de conserver leur travail de proximité.

En revanche, en astreinte, l'organisation du travail est effectuée à une maille territoriale plus conséquente (pour disposer d'un nombre d'agents permettant d'assurer des rotations suffisantes) ; cela justifie le besoin de polyvalence du personnel au regard de la variété des installations sur lesquelles il est amené à intervenir et des situations d'urgence à traiter.

Les services support peuvent proposer diverses missions (qui vont varier en fonction du mode de gestion adopté par la collectivité) :

→ LES AVANTAGES

En premier lieu une optimisation économique, les marges dégagées sont entièrement investies dans du renouvellement avec en outre, un objectif d'augmenter la fonctionnalité des nouvelles installations.



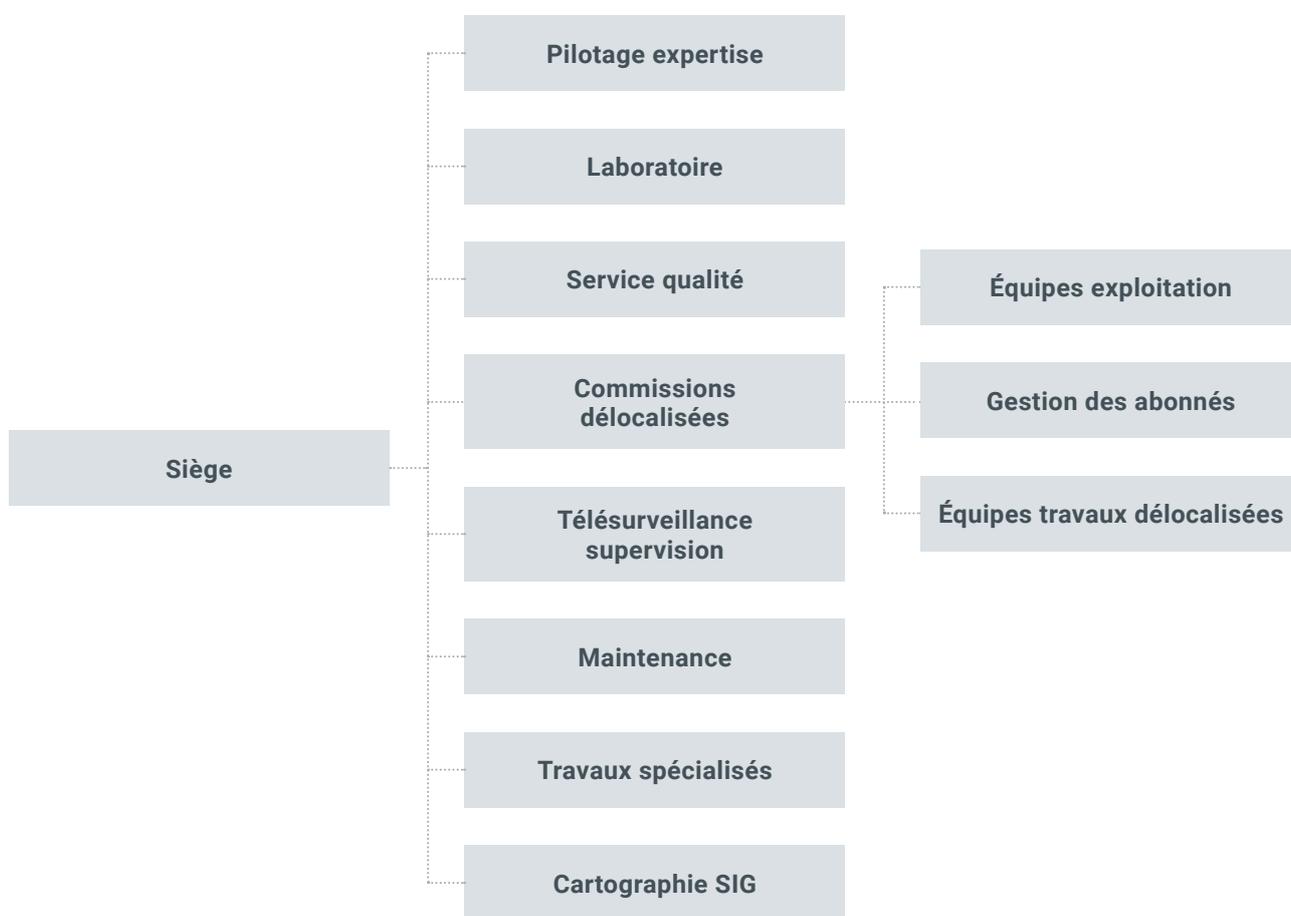
→ LES AVANTAGES

- Remettre les conditions et objectifs de l'exploitation au cœur de la conception et de l'élaboration des marchés publics, en rapprochant le personnel "de terrain" généralement plus spécialiste dans tous corps de métier, avec des experts spécialisés, dans un objectif de transversalité.
- Partager une même vision de ce que doit être la maîtrise d'ouvrage, susciter une adhésion et un investissement de toutes les catégories de personnel, afin que chacun se sente acteur à part entière du service.

→ LES INCONVÉNIENTS OU POINTS DE VIGILANCE

- Disposer d'un service achat, d'une gouvernance et d'une organisation administrative qui permettent une réactivité à hauteur des besoins du personnel exploitant (notamment en termes de délais de commande puis d'approvisionnement)
- Une telle organisation ne peut trouver son équilibre économique qu'au-delà d'une taille critique, laquelle peut toutefois être obtenue en mutualisant des services techniques de différentes collectivités ou en s'appuyant sur l'assistance départementale par exemple (à l'exception des missions relevant de la Loi MOP pour ce dernier cas).

Exemple 2



L'organisation du service s'articule autour des missions prioritaires que sont la continuité de service, le respect des exigences réglementaires, la maîtrise des coûts, la gestion patrimoniale, la sécurité du personnel, la gestion du risque et le contrôle (quantifié notamment au regard du nombre d'analyses réalisées au sein du service). Mais contrairement au modèle précédent, dans cet exemple, une partie des décisions relevant de la gouvernance est territorialisée ce qui permet à cette échelle, d'identifier les actions prioritaires, les investissements à programmer et finalement de fixer les conditions d'exécution et le niveau de service rendu.

L'existence de services mutualisés au siège, complétée de procédures notamment en gestion de la qualité, l'environnement et le management, permet d'assurer un tronc commun dans les missions d'exploitation et le niveau de qualité que le service souhaite voir respecter sur l'ensemble de son territoire. Ce mode d'organisation du travail peut, par exemple, découler d'un processus de management de la qualité, dans lequel l'exploitation s'appuie sur d'autres services proposés au siège (notamment la maintenance, les travaux et un laboratoire).

En local, les agents disposent de manuels comprenant les instructions à respecter dans le cadre de leurs interventions, ils sont supervisés par des chefs de secteurs (selon les périmètres des différentes commissions par exemple) lesquels sont également, pour la problématique production d'eau, sous la responsabilité de deux personnes (au siège) chargées respectivement de la qualité et de la protection de la ressource.

En fonction de la maille des territoires, l'astreinte (qui nécessite de disposer d'un nombre d'agents suffisant afin de permettre des rotations des équipes) peut être envisagée à l'échelle de cette maille voire par une mutualisation sur plusieurs territoires.

La répartition des effectifs, l'optimisation des missions et leur contrôle sont assurés au siège, par la tenue de listes des activités entrant dans le champ de l'exploitation, l'analyse des données entrées, les attentes, le contrôle du travail exécuté, l'établissement d'une cartographie des risques (externes, internes,...) et leur probabilité d'occurrence, des matrices force/faiblesse, l'identification des points à améliorer.

L'objectif étant d'agir là où les installations le nécessitent tout en réduisant l'occurrence d'apparition du risque.

→ Le fonctionnement est bâti sur **un triptyque {maintenance + laboratoire + exploitation}**, si l'un d'entre eux est défaillant, le risque est présent.

L'exploitation des ouvrages et réseaux

La connaissance

Sans reprendre les documents existants, notamment le guide relatif à la gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable (volume 1 "[Descriptif détaillé des réseaux](#)" et le volume 2 "[Optimiser ses pratiques pour un service durable et performant](#)"), il semble pertinent de rappeler que certains éléments sont essentiels pour assurer une exploitation dans les meilleures conditions possibles :

- La connaissance de l'eau brute par ouvrage de production et sa variabilité
- La connaissance des ouvrages (prélèvement¹ - traitement - mise en distribution), leurs fonctionnalités, dimensionnements, limites, conditions d'entretien et d'exploitation- le cas échéant reconstituer le Dossier d'Ouvrage Exécuté (DOE) de chaque ouvrage ainsi que le DIUO (dossier d'intervention ultérieur sur l'ouvrage)
- L'inventaire des pièces constituant ces ouvrages (avec âges, fonctionnalités, dimensions, réglages, asservissements, alimentation, particularités- matériaux,...)
- L'élaboration de procédures
- Une programmation de la maintenance des ouvrages et de leurs composants
- Un renouvellement anticipé, des secours ou des modes de fonctionnement dégradés (le cas échéant après une analyse de défaillance des installations) envisagés
- L'existence de schémas et plans des réseaux, cartographiés et à terme géoréférencés
- L'existence de schémas électriques et des analyses fonctionnelles
- La connaissance des abonnés sensibles²

→ Par exemple en l'absence de récolement ou de données techniques sur des installations comportant des lampes UV, il réside une incertitude sur leurs puissances réelles, leur durée d'utilisation, leur entretien,... et finalement la désinfection assurée ?

¹ Voir le guide de la DREAL de Bretagne "[Forages et prélèvements d'eau souterraine](#)".

² Certains services adoptent des procédures dans lesquelles la mairie se charge d'entrer en relation avec les établissements sensibles (hôpitaux, maisons de retraite,...), ou des associations (pour les personnes sous dialyse).

Le personnel - en situation courante ou en astreinte - doit donc disposer des outils/informations qui lui sont nécessaires pour connaître les installations qui lui sont confiées (tablette, réseau cartographié et renseigné,...).

La maintenance programmée

Les équipements (installations de prélèvement, production, traitement, stockage, distribution,...) nécessitent une maintenance régulière. Pour établir puis programmer cette dernière, il est donc nécessaire de répertorier l'ensemble des équipements qui nécessitent une maintenance en s'assurant de disposer des informations suffisantes puis en groupant, le cas échéant, des opérations du même type :

- Matériel, localisation, dimensionnement
- Opérations de maintenance à réaliser
- Dates et fréquences
- Compétence nécessaire, sous-traitance (existence d'un marché ?) ou réalisation en interne (quel personnel ? est-il habilité ? Dispose-t-il d'une procédure et connaît-il les opérations de maintenance à réaliser ?)

La maîtrise globale de ces données permet de travailler ensuite :

- Sur des opérations groupées pour des lots de matériel similaire (anti-béliers, pompes, compresseurs, contrôles des coffrets et installations électriques, équipements de manutention, potences, appareils de lutte incendie, moteurs, servomoteurs, variateurs de vitesse...)
- Ou par installation, au regard de leur composition et lorsque l'intervenant dispose de toutes les compétences nécessaires (cela portera sur tout le "petit équipement" et notamment les capteurs, les pompes doseuses).

La traçabilité

Introduire progressivement mais efficacement une traçabilité complète des conditions de surveillance et d'exploitation est une priorité de l'exploitant : Il s'agit d'être en mesure de capitaliser, suivant une programmation adaptée, les bonnes informations pour pouvoir :

- Prévenir toute dégradation de la qualité de l'eau avant qu'elle n'atteigne la mise en distribution
- Le cas échéant, corrélérer une épidémie avec une dégradation de la qualité de l'eau qui n'aurait pas pu être anticipée

La traçabilité des conditions de surveillance se concrétise notamment par :

- La tenue à jour d'un carnet sanitaire (des exemples de l'ARS Auvergne peuvent être téléchargés sur le [lien suivant](#))
- L'archivage de l'historique des installations (composants, réglages effectués, dosages, évolutions, dérives,...)
- L'archivage des opérations effectuées (datées, localisées, quantifiées, expliquées)

→ L'attention de l'exploitant est cependant appelée sur la propriété, l'interopérabilité et l'accès aux données lorsque des prestations extérieures de collecte et d'archivage leur sont proposées.

Cet archivage peut être assuré sur des tableurs (EXCEL), des outils de cartographie (SIG), des outils d'assistance à la maintenance (GMAO) et incrémenté par de la saisie systématique ou automatique (PAD à disposition du personnel sous réserve d'avoir des liaisons efficaces).

La télégestion

La télégestion permet de surveiller à distance les sites (accès, alimentation, tous les équipements sous tension et les paramètres qu'ils mesurent) dans la mesure où ces derniers sont alimentés électriquement (même par batterie) et sont accessibles par un système téléphonique ou radio (fiable).

Un tel principe permet des reports d'alarme au siège (où est généralement centralisée cette télégestion), et assure (tant qu'elle est fonctionnelle et fiable) lorsqu'une alarme survient, le traitement du défaut directement depuis le siège voire la mobilisation rapide d'équipes d'astreinte pour, le cas échéant, corriger le défaut et alerter en cas de dégradation ou de danger de dégradation de la qualité de l'eau. Le principe de fonctionnement doit cependant permettre à l'exploitant de reprendre le contrôle, à tout instant, en manuel.

L'anticipation des travaux

Lors de la programmation de **travaux** sur les installations ou à proximité des installations d'eau potable, des mesures ou des questions simples peuvent parfois éviter des situations compliquées ou d'urgence en cours de travaux :

- Si les travaux peuvent générer un risque sur la ressource ou une installation, existe-t-il un secours (maillage existant, vannes étanches, ressources complémentaires,...) ?
- Dans la négative, quelles sont les prescriptions à respecter durant les travaux pour prévenir toute dégradation de l'eau, voire quelle surveillance faut-il assurer pour anticiper ou alerter en cas de dégradation de la qualité ?
- L'astreinte et la surveillance sont-elles assurées en interne ou confiées à un tiers ? Est-ce adapté aux conditions d'exécution du chantier ?
- Les conséquences d'une dégradation de la qualité de l'eau ont-elles été anticipées pour qu'en cas de survenance les actions correctives à initier soient connues ?

Lors des **opérations d'entretien programmé**, dans quelle mesure le service a-t-il anticipé les situations "tendues", c'est-à-dire identifié comment procéder à des opérations parfois obligatoires (comme le nettoyage annuel des réservoirs) alors que l'installation ne peut être maintenue isolée dans les délais nécessaires à la réalisation d'analyses de la qualité de l'eau avant sa remise en service ?

Les documents guides n'apportent pas toutes les réponses à ces situations ([guide "Réservoirs et canalisations d'eau destinée à la consommation humaine : inspection, nettoyage et désinfection"](#)), mais il existe des systèmes d'auto-surveillance permettant de garantir la qualité de l'eau, même en cas de remise en eau des réservoirs avant l'obtention des résultats (par exemple en assurant une désinfection au chlore, par solution d'hypochlorite ou galets (HTH) et des mesures de contrôle du chlore/turbidité/pH/ conductivité avant mise en distribution de l'eau).

Les indicateurs permettant de qualifier le niveau du service

Les [indicateurs réglementaires](#) (taux de protection des ressources, taux de réclamations,...) permettent de qualifier l'atteinte des objectifs de performance du service. Pour sa part, le taux de conformité des analyses d'eau réglementaires devrait être en permanence de 100% ; lorsque ce n'est pas le cas, il existe des marges de progrès dans l'exécution du service.

En outre, cet indicateur ne devrait pas être évalué sur les seules informations issues des analyses réglementaires (contrôle imposé par les ARS en application des textes en vigueur) mais devrait être bâti sur l'ensemble des analyses d'auto-surveillance réalisées par le service en complément des analyses réglementaires.

Il peut se décliner par installation : taux de non-conformités (NC) sur les données de production (sortie usine et eau mise en distribution) et distribution (en divers points du réseau, indépendants des points de contrôle de l'ARS) et porte tant sur les paramètres microbiologiques que physico-chimiques.

À cet indicateur de NC, exprimé en % et qui ne porte que sur quelques analyses dans l'année, il est intéressant d'associer :

- Le nombre de jours de NC effectivement décelées dans l'année ou le mois (à corrélérer à des facteurs explicatifs lorsque cela est récurrent pour identifier les marges d'amélioration possibles - la température par exemple)
- Le nombre de jours durant lesquels la qualité de l'eau n'est finalement pas maîtrisée (et comment la situation pourrait être améliorée)

L'objectif de qualité de l'eau étant permanent, tant qu'il réside des incertitudes sur sa qualité hors jours d'analyses programmées, c'est qu'il existe une marge d'amélioration dans la maîtrise du service.

Le plan d'actions

Dans une perspective d'amélioration continue des conditions d'exécution du service, l'élaboration d'un plan d'actions, selon un processus itératif, permet de fixer des objectifs, constater leur atteinte, évaluer les gains et proposer des actions complémentaires... .

Par exemple à partir d'un constat de non-conformité microbiologique de la qualité de l'eau (comme c'est majoritairement le cas dans les petites unités de production et distribution), le service peut prioriser le plan d'actions sur la maîtrise de la qualité microbiologique et identifier les ressources ou installations à haut risque : notamment toutes les installations où la désinfection est plus ou moins maîtrisée, sans télésurveillance, sans capteurs de contrôle.

Quelles actions mettre en œuvre ?

- Procéder à de l'auto-surveillance sur toutes les ressources (en complément des contrôles réglementaires) pour améliorer la connaissance de l'eau et sa variabilité
- Établir des logigrammes de décision sur les sources à risque en étudiant les différentes possibilités de contamination
- Élaborer une stratégie de traitement à partir de l'identification des risques et de leurs probabilités d'occurrence (cf les fiches n°3, n°4, n°5 du présent guide)
- Procéder à des mesures très régulières (si ce n'est en continu) de la turbidité et lorsque la turbidité présente des valeurs supérieures à 1 NFU (0,5 NFU pour les eaux souterraines influencées par des eaux de surface ou les eaux de surface après un traitement obligatoire de clarification), les compléter d'analyses microbiologiques pour cibler le traitement si les analyses sont non conformes
- Renforcer l'auto-surveillance et les chlорations saisonnières
- Identifier des critères de choix des paramètres (pH, conductivité, température t°, turbidité, chlore libre et chlore total,...), les points de contrôle et les fréquences des auto-contrôles prioritairement adaptés à la problématique microbiologique et proportionnés au niveau de connaissance de la variabilité ou vulnérabilité de l'eau : paramètres microbiologiques essentiellement. Ne pas hésiter à augmenter les contrôles là où ils sont insuffisants au regard du risque et à les diminuer sur des ressources à qualité stable (dans l'hypothèse de privilégier la connaissance de la qualité de l'eau)
- À noter : diminuer le nombre d'analyses effectuées sur le simple prétexte qu'elles sont réalisées sous accréditation COFRAC est une erreur (la maîtrise de la qualité peut nécessiter un suivi permanent, indépendamment des dispositifs réglementaires applicables aux contrôles obligatoires).

→ Il est important de toujours prioriser les actions (notamment les opérations entrant dans le champ de la maintenance) en fonction de leur degré d'urgence (notamment au regard des conséquences d'une défaillance).

La gestion des réclamations portant sur la qualité de l'eau

Le service est souvent exposé à des plaintes d'abonnés pour des impuretés ou une odeur, diverses situations pouvant se présenter :

- Du sable dans l'eau (remise en suspension après des travaux, des essais pompier,...)
- Du calcaire (précipitation en réseau)
- Des odeurs (chlore,...)
- Des particules (du fer notamment)
- Une odeur de sulfure sur des secteurs où les eaux contiennent des sulfates (les sulfures sont souvent présents en eaux chaudes sanitaires, notamment en présence de magnésium dans l'eau qui va accélérer le phénomène en réseau vieillissant)
- Des eaux blanches qui moussent (qui nécessite une mise en dépression de l'eau)
- Une présence de sable dans les eaux par retour d'eau (parfois)

Il est important que le service assure une gestion des plaintes (sur Excel par exemple) :

- D'une part pour assurer un suivi des réclamations (identité de l'appelant, objet de la plainte, suite donnée, quelles actions ont été entreprises en correction, par niveaux d'actions 1, 2, 3,...)
- D'autre part pour respecter un délai de traitement de la plainte (système qualité)
- Et enfin pour être en mesure de corréliser la plainte avec des interventions ou anomalies constatées en réseaux qui peuvent avoir généré une dégradation de la qualité de l'eau distribuée. Les conséquences de la dégradation de la qualité de l'eau peuvent en outre s'amplifier (par un nombre de plaintes croissant puis par l'apparition d'effets sanitaires comme une épidémie,...)

Le service achats

Plusieurs éléments sont à prendre en compte dans **l'organisation d'un service achats**, on soulignera l'importance de :

- Disposer au budget de provisions pour renouvellement, indépendamment de subventions éventuellement mobilisables (indépendamment des dépenses programmées, le service doit être en mesure de réagir aux imprévus)
- Adopter une organisation et des procédures de commande publique adaptées aux contraintes des agents de terrain :
 - Limiter le nombre de marchés en utilisant des centrales d'achat (par exemple pour les EPI³, voire des pièces techniques, des outils, les compteurs,...),
 - Constituer un stock pour le matériel dont le délai d'approvisionnement est long
 - Travailler sur des marchés à bons de commande, en favorisant un bon relationnel avec les titulaires pour "maîtriser" les délais et les conditions d'approvisionnement
- Rédiger en interne la rédaction des cahiers des charges pour que les produits répondent effectivement aux besoins et s'affranchir de cahiers des charges extérieurs souvent adaptés aux produits déjà connus
- Adapter avec les services achat et la comptabilité, des procédures de traitement des commandes ou marchés correspond effectivement aux besoins de terrain, par exemple initier des marchés globaux d'achat de réactifs ou autres gros consommables au niveau du siège du service mais permettre à l'échelle territoriale la passation de marchés ponctuels (travaux courant ou à technicité particulière)
- Anticiper les achats et les travaux

Enjeu de l'uniformisation des pièces

Le service est pénalisé s'il est obligé de travailler avec plusieurs produits qui répondent au même besoin mais ne sont pas interchangeables. Pour éviter cette situation, quelques recommandations s'imposent :

- Analyser les fiches techniques du matériel proposé sur le marché, affiner l'expression du besoin du service et ne pas hésiter à refuser certains fournisseurs dont les produits ne répondent pas complètement aux conditions d'achat formalisées dans les pièces du marché⁴
- Passer des marchés globaux (accords cadre), avec plusieurs fournisseurs (robinetterie, métrologie,...)
- Contrôler les pièces effectivement validées (en maîtrise d'œuvre extérieure), livrées et posées (pour éviter que le titulaire du marché n'impose son matériel)
- Rester vigilants à ce que les capteurs (choix, sensibilité, dimensionnement,...) posés sur une usine de traitement restent de la responsabilité de l'entreprise en charge de la construction de l'usine

L'uniformisation n'est jamais parfaite, nombre de services essaient de limiter à 2 marques par technologies (analyseur de chlore, lampe UV, pompes, capteurs,...).

À noter que l'ACS des fournitures acquises par le service d'eau ne constitue pas une garantie de qualité du produit mais la validation qu'elles peuvent être utilisées sur une installation de production ou distribution d'eau potable.

³ Équipement de protection individuelle

⁴ Des services adoptent des clauses techniques adaptées à leur besoin portant sur la longueur du matériel, son épaisseur, son revêtement...

La gestion de crise

Établir une procédure en gestion de crise

Cette procédure décrit l'arbre de décision, en listant des situations au cas par cas avec les actions/contacts à initier dans chaque cas. Des services envisagent aussi de centraliser les données auprès d'un Poste de Commande de sécurité qui disposerait alors de toutes les informations nécessaires à la gestion de la situation.

En cas de non-conformité de l'eau, il y a plusieurs procédures à décliner :

- Procédure d'information du public
- Procédure d'information des élus
- Procédure d'intervention sur le réseau

En outre le service doit disposer d'une provision budgétaire pour la gestion de la crise en cas de pollution de l'eau.

Le personnel doit être formé et acquérir la connaissance des analyses types à conduire, le cas échéant, en cas de pollution d'origine bactérienne, parasitaire ou virologique.

L'organisation en situation de crise

Le service doit être en mesure d'approvisionner en eau les abonnés, c'est à dire disposer d'un stock de bouteilles (stock en place, une citerne, un accord avec une enseigne commerciale..) pour pallier les interdictions de consommer l'eau, mais également être en mesure d'acheminer cette eau au plus près des abonnés qui subissent la restriction (disposer des moyens logistiques, être attentif à l'accessibilité du lieu à approvisionner..).

Des témoignages

<p>Décider d'investir dans une installation de traitement de désinfection d'une source isolée ou réaliser une interconnexion ?</p>	<p>Identifier toutes les contraintes</p>	<p>La distance de la commune avec le siège ou l'agence du secteur</p>
		<p>Les difficultés de réaliser une interconnexion ou son coût (multiplication des pompages)</p>
		<p>La capacité de la ressource et son caractère aléatoire</p>
		<p>L'accessibilité aux ouvrages peut être difficile et va conditionner l'exploitation (plusieurs heures à pied, travail isolé, matériel à mutualiser), pas d'accès possible en engins ou véhicule (besoin d'un hélicoptère ou à pied)</p>
		<p>Le manque d'infrastructures, parfois d'électricité (étudier l'implantation de panneaux solaires, de turbinage électrique, de batterie - 6 mois d'autonomie)</p>
		<p>Parfois l'absence de liaison téléphonique (pas de communication pour la télégestion)</p>
		<p>Parfois il n'y a pas d'accès une partie de l'année (par exemple une ressource située au milieu de pistes de ski)</p>
	<p>Adopter des critères d'aide à la décision notamment la garantie de la préservation de la qualité de l'eau, longueur de réseau, nombre d'habitants, présence de réservoirs, facilité d'exploitation, accessibilité, plaintes sur le goût de l'eau, fréquentation saisonnière, les consommations d'eau du robinet par les abonnés,...</p>	
<p>Choisir la solution sous réserve de l'accord de l'ARS et du responsable process</p>		

Un projet conçu par les agents : implantation de lampes UV avec deux alimentations

Dans le cas de figure, il s'agissait de réaliser une unité de désinfection à deux débits. Le projet a été conçu sous la forme d'un projet commun, réalisé en interne.

L'intérêt est de remettre la conception au cœur de l'exploitation

Les consignes d'exploitation sont établies par les équipes d'exploitation, (par exemple le changement des lampes, leur maintenance préventive, annuelle pour les lampes)

Ce principe permet une appropriation de l'installation par le personnel

Le choix des équipements est effectué sur des objectifs de rusticité mais d'efficacité : les concepteurs conduisent une analyse de la valeur de chaque matériel

La télégestion sur les sites est bâtie sur des signaux simples (alerte sms) et n'est pas systématique (uniquement là où un historique est nécessaire)

Les automatismes restent simples

Décider entre maintenir des mesures directes mais ponctuelles du taux de chlore ou implanter un capteur (un analyseur de chlore) ?

L'analyseur nécessitera un personnel plus qualifié et formé à ce type de capteurs (électro-mécanicien), du temps de travail, des charges de fonctionnement et d'investissement

Le coût du capteur est généralement très inférieur au coût de la main d'œuvre nécessaire et il permet une connaissance en temps réel de la qualité de l'eau. En revanche, en cas de pannes de l'appareil, les interventions de l'électromécanicien désorganisent le service,... Il est alors essentiel de s'assurer de la fiabilité du matériel, prioriser le préventif et non le curatif

La mise en place d'un analyseur doit donc être comparée au coût de l'analyse de chlore hebdomadaire (notamment le coût des visites régulières effectuées par le personnel de terrain)

Quel est finalement l'objectif du service ?

Disposer d'une alerte, le capteur est un moyen de maîtrise en temps réel

Disposer d'une traçabilité (constituer un historique) des teneurs en chlore et pouvoir adapter ensuite la fréquence des analyses microbiologiques

À noter deux arguments d'aide à la décision :

La robustesse de la mesure doit être privilégiée à sa fréquence (quel intérêt de disposer de mesures permanentes si elles sont mauvaises ?)

Il faut s'assurer de la compatibilité de ce type d'appareil avec la compétence des agents qui en auront la charge



LA SURVEILLANCE DE LA RESSOURCE

La ressource

Est-on certain que la qualité de l'eau délivrée est conforme à tout moment ? Que contrôler dans une ressource pour anticiper toute dégradation de la qualité de l'eau ?

1. L'environnement,

dans le périmètre de protection immédiat mais également l'aire d'alimentation de la ressource : quelles sont les sources de pollution possibles ? (animaux, circulation, étangs,...).



→ POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

La qualité des eaux de source va dépendre de la géologie locale, et présentera une qualité plus ou moins influencée par la pluviométrie.

Une eau souterraine influencée par des eaux de surface doit être filtrée !

Les sources de pollution sont multiples :

- Les déjections d'animaux
- Les usages des terrains de l'aire d'alimentation (camping, foresterie, pâturages,...)
- Les étangs et plans d'eau situés en amont
- Les résidus de fauche ou coupe de bois
- Les ornières et toutes les zones de stagnation des eaux
- Les dépôts sauvages
- Les hydrocarbures (accidents d'avion ou de véhicules motorisés)
- Les pierriers en amont de certaines sources
- Les alpages,...

À chaque modification du contexte, des usages, il y a lieu de s'interroger

- Sur la maîtrise, en permanence de la qualité de l'eau
- Sur l'adéquation des prescriptions et servitudes figurant dans l'arrêté d'autorisation préfectorale

Ce contrôle porte également sur l'évolution de la qualité de l'eau

- En cours d'année
- Sur plusieurs années

La délimitation des périmètres de protection rapprochée (PPR notamment) est parfois difficile en montagne. Il y a lieu de bien jauger l'adéquation entre protection et vulnérabilité. Cette disposition n'exonère pas d'analyser (régulièrement environs tous les dix ans) la compatibilité entre l'arrêté de DUP et la vulnérabilité réelle de la ressource

L'arrêté de DUP et la délimitation des périmètres de protection doivent tenir compte des impacts des servitudes lesquelles peuvent créer de vraies gênes (par exemple pour l'alpage) ; le contrôle du respect des servitudes nécessite de travailler en bonne harmonie avec l'activité visée par la servitude.

Attention certains accidents peuvent affecter la ressource en eau et avoir des conséquences non pas immédiatement mais après un certain délai sur la qualité de l'eau (par exemple l'infiltration d'hydrocarbures suite à un accident d'hélicoptère en montagne). Dans une telle situation, l'exploitation va consister à suivre très régulièrement l'évolution de la qualité de l'eau pour être en mesure de décider de fermer le captage dès qu'il présente un risque de fournir de l'eau non conforme.

2. Le périmètre de protection immédiat :



→ POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Le périmètre de protection immédiat doit être clôturé, par des clôtures infranchissables (de 2 m de hauteur) et fermé avec une signalétique identifiant clairement l'interdiction d'accès.

Cf "Protection des installations d'eau potable vis-à-vis des actes de malveillance - [Guide de recommandations 2015](#)" et la publication imminente d'un nouveau guide pour la "Protection des installation d'eau potable vis-à-vis des actes de malveillance".





Les sources de pollution sont multiples (notamment les animaux sauvages ou d'élevages, les entrées par infraction,...).

À chaque visite, il y a lieu de contrôler

- Le bon état des clôtures
- Le bon état du portail, et du maintien système de fermeture (cadenas).



→ L'entretien des espaces verts inclus dans le périmètre de protection immédiat doit être assuré de façon régulière.

3. Le point de prélèvement,

Le regard d'accès (ou la trappe) au point de prélèvement (forage, source,...) doit être entretenu, accessible, facilement manœuvrable et régulièrement manœuvré, fermé (cadenassé) et hors sol.



4. L'aération

L'aération ne doit pas permettre l'intrusion de feuilles, insectes ou animaux,... :



→ **POINTS DE VIGILANCE, LIMITES**

Les aérations sont des équipements souvent endommagés (aspérité vulnérable) et génèrent ensuite des accès à l'eau,...



→ SURVEILLANCE EN PHASE D'EXPLOITATION

Le regard ou la porte doivent être fermés (cadenassés) en permanence.

Le capot doit être en bon état, étanche.



Le prélèvement

Le point de prélèvement permet d'avoir un aperçu de la turbidité de l'eau, notamment lorsque cette dernière est sujette aux intempéries (influence des eaux de surface).

La canalisation de captage doit être équipée d'une crépine en bon état.

Le point de prélèvement ne doit pas être accessible : le point de faiblesse reste dans la majorité des cas le trop-plein.



→ POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

La crépine doit être en bon état (sans corrosion ni perforation de taille supérieure aux perforations d'origine)

Le trop plein doit déverser à gueule bée, sans influence de l'exutoire aval avec une crépine pour éviter toute intrusion d'animaux.

Les dépôts doivent être surveillés et évacués (ils caractérisent - en partie - la qualité de l'eau brute et son évolution entre deux visites ou à plus long terme).

→ UNE PRIORITÉ

Privilégier la connaissance de la ressource (eaux brutes).



Les pompages :

Lorsque la ressource est dépendante d'un pompage, l'alimentation en secours doit être étudiée (et anticipée) :

- En cas de panne électrique
- En cas de panne de l'équipement électromécanique
- En cas de rupture majeure de la canalisation d'aspiration ou refoulement

Quelles solutions de repli ?

- Une autre source possible, mais les réseaux sont-ils maillés ?
- Une autre alimentation électrique ? Mais est-elle disponible (existe-t-il un contrat de louage ?) transportable ? Le carburant est-il disponible, transportable, et stockable sans compromettre la qualité de l'eau ? Le branchement est-il prévu puis possible ? Le personnel est-il formé et habilité ?
- Une pompe de secours est-elle approvisionnée et adaptée à l'installation à secourir ?
- Un mode de fonctionnement dégradé est-il envisageable ? suivant quelles conditions de surveillance ? Celles-ci sont-elles soutenables, réalistes (au regard du personnel disponible et formé, notamment) ?

Le Ministère de la santé a publié un [guide d'étude de la vulnérabilité des systèmes d'alimentation en eau potable](#) qui illustre le processus à respecter pour détecter, quantifier et corriger les sources de vulnérabilités.

**→ POINTS DE FAIBLESSE**

Tous les points de prélèvement d'eau sont potentiellement des points à risque, notamment les sources (même si elles sont difficilement accessibles).

Le service doit toujours étudier sur ses installations dans quelle mesure un traitement a posteriori peut être effectué si, par exemple, une pollution n'a pu être maîtrisée en amont.





LA SURVEILLANCE DES RÉSERVOIRS

Les réservoirs

Que contrôler dans un réservoir ?

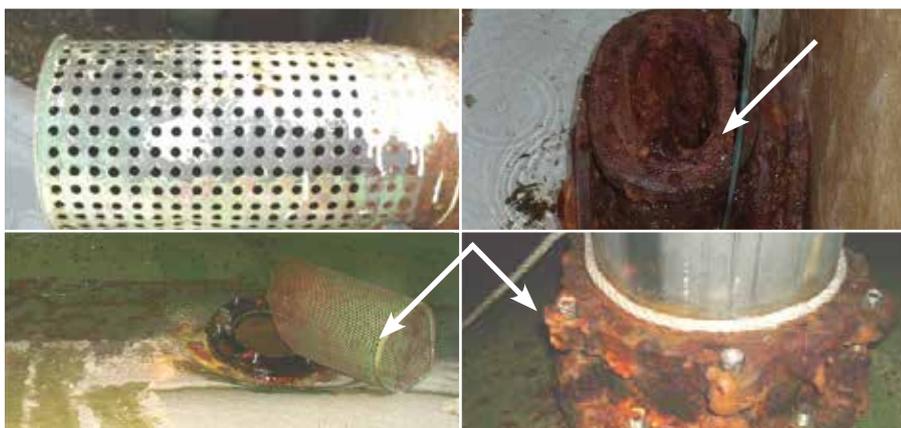
L'accès, doit être fermé et doté d'une alarme anti-intrusion. Les aérations, les trop pleins des réservoirs et les locaux attenants doivent être en bon état (et ne laisser aucun passage d'animaux ou insectes).



L'accès à la cuve doit être sécurisé et très régulièrement contrôlé.

Les équipements doivent être en bon état (ne pas présenter de traces ou de dégradations dues à la corrosion) ; ils doivent être inspectés, notamment lors des nettoyages et désinfections annuels des réservoirs.

Cf : guide "[Réservoirs et canalisations d'eau destinée à la consommation humaine : inspection, nettoyage et désinfection](#)"



→ Tout équipement défaillant est une source potentielle de contamination de l'eau, notamment par des animaux (contamination bactériologique).

L'alimentation électrique d'une installation doit être étudiée pour évaluer dans quelle condition l'installation peut être surveillée (alarme), faire l'objet de mesure(s) (implantation de capteurs de pH, turbidité, taux de chlore)? d'un traitement (désinfection) et suivant quels principes de fonctionnement ?

La mise en œuvre de batteries ou de capteurs solaires sera également conditionnée par les conditions d'accès aux ressources (qui peuvent être compromises en fonction de la saison- présence de neige, voire même de la météo durant l'année- terrains et chemins boueux non carrossables). Il n'est effectivement pas rare que des réservoirs ne soient accessibles qu'à pied.

La couverture radio

La problématique du brouillard, du manque de couverture, de masques (satellites) en secteur boisé doit être considérée avant d'adopter des équipements de télétransmission des données.

L'accessibilité de la ressource et du réservoir sont également des éléments qui peuvent conditionner les modalités d'équipements et de surveillance des installations, mais même en situation extrême, la qualité de l'eau reste un enjeu présent, en permanence.



→ SURVEILLANCE / EXPLOITATION

Au réservoir, l'eau stockée doit être de qualité conforme à la réglementation :

- En ce point l'exploitant doit donc s'assurer d'une désinfection (présence) et de **son efficacité** (chlore résiduel en permanence quel que soit le mode d'injection : pompe doseuse asservie au temps - fonctionnement sur horloge ou au débit, galets, ou système mécanique d'injection proportionnel au débit, du type dosatron).



→ Il existe des techniques d'injection plus rudimentaires telles que :

- La technique du goutte à goutte (identique aux dispositifs utilisés en milieu médical pour les transfusions) ou encore le vase de Mariotte

Attention si l'injection de chlore n'est pas assurée en continu, il y a nécessité de disposer d'un réservoir permettant les mélanges. Sinon il se forme un bouchon ;

- La cuve à niveau constant, le système à auget basculant

Si le site est alimenté en électricité, le principe de l'électrochloration est facile à mettre en œuvre à partir de sels (Chlorure de sodium) identique à celui qui est vendu pour l'électrochloration en piscine (une concentration de 3g/l de Cl_2 est facile à obtenir), puis un système d'injection.

- **Les mesures de chlore** peuvent toutefois s'avérer insuffisantes pour s'assurer que la qualité de l'eau est conforme, par exemple lorsque l'eau est sous influence d'eau de surface. Dans ce cas, la turbidité reste une mesure complémentaire pertinente : la turbidité doit être $<0,5$ NFU en sortie de traitement (pour des eaux influencées par des eaux de surface)



Exemple d'une installation présentant un fonctionnement séquentiel de l'injection de javel

Des installations plus perfectionnées (pompe doseuse asservie au débit) sont envisageables, sous réserve qu'elles soient en permanence en service :

→ Contrôler le **fonctionnement des capteurs** et contrôler régulièrement leur **étalonnage** (cohérence des valeurs indiquées)



L'eau de javel utilisée doit être de qualité "eau potable". Attention l'eau de javel a une date limite de consommation dépendant de la température de stockage. Pour connaître les conditions de dosage de l'eau de javel, la [Chambre syndicale nationale de l'eau de javel](#) propose des tableaux de correspondance entre le % et la concentration de chlore actif de la solution.

Les quantités utilisées seront archivées, elles permettront notamment de noter une dérive dans la consommation de chlore de l'eau.

En outre, ce suivi permet d'assurer l'approvisionnement régulier tout en évitant des stocks de produits dont la date limite d'utilisation est dépassée.

La surveillance de l'installation, notamment au regard des questions mentionnées dans la fiche 11 (*désinfection*), doit être adaptée au contexte sans toutefois compromettre la maîtrise de la qualité de l'eau.



D'autres installations sont dotées d'une désinfection par UV, afin d'éviter de donner un goût à l'eau, mais cette technique est plus dépendante de l'accessibilité des lieux l'hiver; elle sera plus adaptée aux petits réseaux, pour des eaux à faible température et une turbidité faible et stable.

→ QUELQUES ASTUCES POUR S'ASSURER D'UNE DÉSINFECTION SUFFISANTE

- Contrôler le temps et l'efficacité de la zone de mélange en réservoir
- Tester la dose de chlore à injecter pour respecter, dans les eaux mises en distribution, une concentration conforme et adaptée au temps de séjour en réservoir : injecter une forte dose de chlore et mesurer au bout de combien de temps la concentration en chlore dans les eaux distribuées augmente (sortie réservoir), se stabilise (à partir de quelle durée une concentration de 0,3mg/l est constatée ?) puis diminue => ajuster alors les quantités de chlore et la fréquence de son injection
- Tenir compte des volumes de réserve incendie dans le réservoir (dans certains réservoirs, l'eau stagne pendant une semaine ou plus)

→ SURVEILLANCE / EXPLOITATION

- Pour travailler avec de l'eau de javel, mais éviter la formation de chlorates, il faut disposer de solutions très faiblement dosées (l'eau de javel se décompose en chlorates quand elle est concentrée, elle se dégradera moins si elle est diluée)
- En cas d'eau brute carbonatée, l'injection d'hypochlorite de calcium (HTH) n'est en revanche pas adaptée (elle nécessite une eau à faible teneur de calcium)
- Pour la mesure de turbidité, il est aussi possible d'utiliser un capteur de turbidité mobile, ainsi sur les différentes ressources, les analyses régulières permettent d'évaluer la vulnérabilité de la source en fonction de la pluviométrie.

À noter cependant que le temps de caractérisation de toutes les sources peut être très long, c'est toutefois une démarche à retenir, à défaut d'acquisition de matériel de mesure en continu.



Les réactifs et leurs conditions de stockage et d'injection

Qu'il s'agisse de javel (liquide ou en galets) ou de de chlore en bouteille, le stockage, l'usage, la surveillance et l'exploitation des produits nécessite d'être sécurisé (en local fermé et cadenasé).

Les bouteilles doivent être attachées, le local doit être ventilé ; les conditions de stockage et d'utilisation sont notamment mentionnées dans le [guide conception des usines d'eau potable de l'INRS \(ED 960-2006\)](#).

Regards Brise charge

Il existe un risque de contamination de l'eau au droit des brise-charge situés notamment entre le réservoir et les points de distribution (la source de vulnérabilité peut provenir du manque d'étanchéité des regards par exemple).

Il faut donc non seulement assurer l'étanchéité des regards, mais également instaurer une procédure d'entretien/contrôle des ces regards.

LA SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

<p>Quels paramètres contrôler ? Quelles consignes ?</p>	<p>L'analyse du pH $9 \geq \text{pH} \geq 6,5$ Référence de qualité*</p>	<p>Le chlore résiduel libre 0,3mg/l au point de mise en distribution, 0,1mg/l en réseau Référence de qualité*</p>	<p>La turbidité 0,5 NFU en sortie traitement de clarification pour assurer 1 NFU au point de mise en distribution Limite de qualité*</p>
---	---	---	---

Est-on certain que la qualité de l'eau délivrée est conforme à tout moment ?

→ **POINTS DE VIGILANCE/LIMITES POUR LA TURBIDITÉ - Cas d'une eau souterraine sans traitement autre que la désinfection**

Que faire lorsque la mesure de la turbidité >1 NFU⁵ ?

Supposer la présence de matière colloïdale (matière organique ou argile) dans l'eau.

Deux possibilités :

- Présence effective de germes pathogènes (coliformes totaux, coliformes fécaux) :
 - Procéder à une désinfection des réseaux
 - Contrôler les installations depuis la production
- Vérification par la mesure du carbone organique total (COT) pour identifier le caractère inorganique des éléments à l'origine de la turbidité :
 - La mesure COT⁶ a-t-elle varié ?
 - Contrôle des installations depuis la production, notamment des manœuvres et/ou opérations en réseaux
- En parallèle, étudier l'implantation de vanne de décharge
- Ne pas procéder à une dilution ; la turbidité est un indicateur de risque microbiologique qui doit être traité et non "contourné"
- Même si l'installation dispose d'une chloration, la désinfection ne permettra pas d'inhiber l'éventuelle présence de cryptosporidium⁷, le risque est donc présent
- Si l'installation dispose d'une désinfection aux UV (d'une puissance >400J/m² avec une capacité parasicide), l'inhibition du crypto est possible mais il faut également du chlore en réseau pour assurer la rémanence de l'effet bactériostatique
- Adopter une procédure de décharge systématique au-delà d'une valeur limite de la turbidité (1 NFU) et compléter d'une désinfection aux UV et d'une chloration en réseau
- La mesure de turbidité doit toujours être implantée en amont de la désinfection

→ En cas de by-pass des eaux du fait d'une valeur excessive de la turbidité, maintenir la mesure pour suivre l'évolution de cette turbidité notamment le délai de retour à la normale.



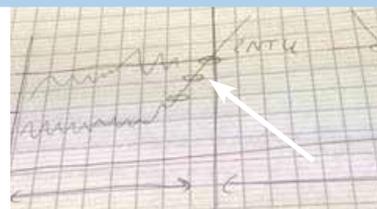
⁵ **Arrêté du 11 janvier 2007** : Pour les installations qui sont d'un débit inférieur à 1 000 m³/j ou qui desservent des unités de distribution de moins de 5 000 habitants, la limite de qualité était fixée à 2,0 NFU jusqu'au 25 décembre 2008 ; elle est à ce jour de 1,0 NFU.

⁶ COT pour carbone organique total : valeur référence de 2mg/l et pas de variation anormale

⁷ Le *Cryptosporidium* peut être suspecté dans les ressources sous influence d'eaux de surface

* Au sens de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux références et limites de qualité des eaux brutes et des EDCH

- **Consigne d'exploitation** "Dès que la turbidité dépasse 0,5NTU, il y a lieu de s'interroger sur les raisons de cette tendance sans attendre la valeur limite de 1 NTU"



- **POINTS DE VIGILANCE/LIMITES POUR LA TURBIDITÉ - Cas d'une eau de surface ou influencée par des eaux de surface avec traitement de clarification ou cas des eaux souterraines ayant subi un traitement en plus de la désinfection**

Que faire lorsque la mesure de la turbidité >1 NFU⁸ ?

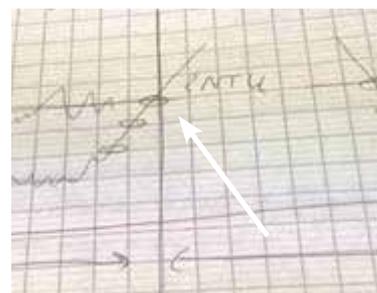
Supposer la présence de matière colloïdale (matière organique ou argile) dans l'eau

Deux possibilités :

- Présence effective de germes pathogènes (coliformes totaux, coliformes fécaux) :
 - Procéder à une désinfection des réseaux
 - Contrôler les installations depuis la production
- Vérification par la mesure du COT pour identifier le caractère inorganique des éléments à l'origine de la turbidité :
 - La mesure COT⁹ a-t-elle varié ?
 - Contrôle des installations depuis la production, notamment des manœuvres et/ou opérations en réseaux
- En parallèle, étudier l'implantation de vanne de décharge ?
- Ne pas procéder à une dilution ; la turbidité est un indicateur de risque microbiologique qui doit être traité et non "contourné"
- Même si l'installation dispose d'une chloration, la désinfection ne permettra pas d'inhiber l'éventuelle présence de cryptosporidium¹⁰, le risque est donc présent
- Si l'installation dispose d'une désinfection aux UV (d'une puissance >400J/m² avec une capacité parasigide), l'inhibition du crypto est possible mais il faut également du chlore en réseau pour assurer la rémanence de l'effet bactériostatique
- Adopter une procédure de décharge systématique au-delà d'une valeur limite de la turbidité (par exemple 0,3 NFU) et compléter d'une désinfection aux UV et d'une chloration en réseau
- Pour un traitement de reminéralisation ou neutralisation à l'eau de chaux, la mesure de turbidité se fait en amont de cette phase du traitement
- La mesure de turbidité est toujours implantée en amont de la désinfection

- En cas de by-pass des eaux du fait d'une valeur excessive de la turbidité, maintenir la mesure pour suivre l'évolution de cette turbidité notamment le délai de retour à la normale.

Consigne d'exploitation "Dès que la turbidité dépasse 0,3NTU, il y a lieu de s'interroger sur les raisons de cette tendance sans attendre la valeur limite de 0,5 NTU"



⁸ Arrêté du 11 janvier 2007 : Pour les installations qui sont d'un débit inférieur à 1 000 m³/j ou qui desservent des unités de distribution de moins de 5 000 habitants, la limite de qualité était fixée à 2,0 NFU jusqu'au 25 décembre 2008, elle est donc à ce jour de 1,0 NFU.

⁹ COT pour carbone organique total : valeur référence de 2mg/l et pas de variation anormale

¹⁰ Le *Cryptosporidium* peut être suspecté dans les ressources sous influence d'eaux de surface

→ **POINTS DE VIGILANCE/LIMITES POUR LA MICROBIOLOGIE ASSUJETTIE À UNE LIMITE DE QUALITÉ, VOIRE UNE RÉFÉRENCE DE QUALITÉ**

Escherichia coli (E. coli) : 0/100ml

Entérocoques intestinaux : 0/100ml

* Bactéries coliformes : 0/100ml

* Bactéries sulfitoréductrices¹¹ y compris les spores : 0/100ml

* Numération de germes aérobies revivifiables à 22°C et à 37°C : Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

* COT pour carbone organique total : valeur référence de 2mg/l et pas de variation anormale

Que faire lorsque les analyses mettent en évidence la présence de germes microbiologiques dans l'eau ?

1. S'assurer de la fiabilité de la mesure en s'interrogeant notamment sur :

- La méthodologie d'analyse (surveillance réglementaire ? mesures in situ avec des analyseurs en ligne ?)
- Les moyens de contre analyse et le délai de retour des résultats ?

2. Adapter la réaction au risque, notamment au regard du ou des paramètres identifiés comme non conformes

Une non-conformité en microbiologie est un risque à court terme qui nécessite une réaction immédiate :

- Les germes directement pathogènes (comme les virus) ne sont pas recherchés, seuls des germes "indicateurs" font l'objet d'un suivi ; leur présence signifie que l'eau peut aussi contenir des pathogènes (bactéries, virus, parasites)
- Distinguer les germes normalement présents, proportionner le contrôle et l'action corrective en fonction du risque, notamment vis-à-vis des risques issus des germes pathogènes
- Alerter/informer l'ARS, les abonnés et les élus ; l'ARS peut demander une restriction voire une interdiction à la consommation
- Procéder à la mise en œuvre de solutions de repli (distribution d'eau embouteillée, approvisionnement par citerne mobile...)
- Procéder à une désinfection (par chloration) des installations dans lesquelles l'eau contaminée a circulé (canalisations, réservoirs....)
- Un rinçage simple des installations peut s'avérer insuffisant pour éliminer les germes pathogènes (prévoir alors une désinfection)
- Agir au niveau de la ressource

À noter toutefois que les températures froides des eaux ont un effet bactério-statique mais ne sont pas bactéricides.

3. Il s'agit d'une non-conformité

L'information peut aussi provenir de l'ARS (par mail, par contact téléphonique) et se compléter d'une demande d'actions correctives, d'une information de la population desservie (complétée le cas échéant d'une restriction voire une interdiction à la consommation), et d'une recherche d'indications sur l'origine de la pollution.

Un contrôle supplémentaire est généralement initié et permet de valider, a posteriori, la (ou les) solution(s) compensatoire(s).

Certaines ARS proposent un tableau de hiérarchisation des risques (paramètres microbiologiques), une procédure d'information de la population et des élus, voire des procédures d'actions correctives types.



¹¹ Ce paramètre doit être mesuré lorsque l'eau est d'origine superficielle ou influencée par une eau d'origine superficielle. En cas de non-respect de cette valeur, une enquête doit être menée sur la distribution d'eau pour s'assurer qu'il n'y a aucun danger potentiel pour la santé humaine résultant de la présence de micro-organismes pathogènes, par exemple Cryptosporidium.

* Ces paramètres font l'objet de références de qualité et non de limites, dans l'arrêté du 11 janvier 2007.

→ POINTS DE VIGILANCE/LIMITES POUR LA MICROBIOLOGIE ASSUJETTIE À UNE RÉFÉRENCE DE QUALITÉ ?

Que faire lorsque des bactéries revivifiables ou BASR sont présentes dans l'eau ?

La présence de BASR (bactéries anaérobies sulfito-réductrices) dans l'eau est typique du passage de bactéries dans les installations au niveau de la filtration ou de l'introduction au niveau du réseau lors de travaux ou de stagnation anormale de l'eau :

- Lorsque la ressource est une eau souterraine, il s'agit de spores extérieurs, indicateurs secondaires qui témoignent de l'introduction dans les canalisations d'une eau "extérieure"
- Lorsque la ressource est une eau de surface, les BASR sont naturellement présentes dans l'eau, mais elles constituent un indicateur d'une présence possible de cryptosporidium

→ À noter que les cryptosporidium ont une taille d'environ 4µm, la filtration doit donc stopper des particules d'une taille supérieure à 1µm.

À noter également que la présence de flores banales dans l'eau (bactéries revivifiables) est souvent un indicateur de stagnation de l'eau, et constitue pour certaines ARS un élément d'alerte utilisé pour déclencher une action d'inspection voire des actions de correction.

→ POINTS DE VIGILANCE/LIMITES POUR LE CHLORE

La question du chlore, son suivi et l'importance de disposer d'une mesure en continu en amont immédiat du point de mise en distribution est une question traitée de façon très variable sur les territoires. Toutefois si un contrôle proportionné peut s'entendre, c'est uniquement dans la mesure où le service maîtrise la variabilité de la qualité de sa ressource. A défaut, l'absence ou le caractère discontinu du contrôle de la chloration peuvent être des sources de non-conformités, qui ne sont pas toujours décelées par le service mais dont les conséquences ne peuvent être ignorées.

Outre la fréquence, quels moyens de contrôle adopter et quelle mesure effectuer ?

Diverses méthodologies existent (le test à bandelette, l'analyseur portable). Quel que soit le choix, il doit être ramené à l'objectif de la mesure d'une part et à la fiabilité de l'appareil (ou moyen) utilisé d'autre part (par exemple son étalonnage).

À noter qu'un analyseur permet de mesurer divers paramètres (taux de chlore libre résiduel ou total, pH, turbidité, conductivité,...).

L'hypothèse d'implanter un capteur permanent de chlore n'est cependant pas justifiée lorsque la probabilité du risque est faible (notamment lorsque l'eau est naturellement protégée et naturellement potable).

Les valeurs consignées généralement adoptées sont un taux de chlore maintenu à 0,25mg/l, à 0,3 mg/l au point de mise en distribution (pour éviter bien souvent des réactions des abonnés au goût de l'eau) et maintenir une concentration de 0,1 mg/l en distribution.

→ À noter qu'adopter cette consigne (0,3mg/l) n'est valable que s'il existe des capteurs (ou des contrôles réguliers effectués par le service) en réseau pour détecter/vérifier la consommation de chlore.

Que faire lorsque l'eau ne contient plus de chlore libre résiduel ?

Le principe à prioriser est la vigilance. La réglementation stipule que le chlore - libre et total - résiduel ne doit pas présenter de "changement anormal". L'absence de chlore n'est pas directement corrélable à une non-conformité mais constitue un signal d'un risque potentiel. La mise en œuvre, par le service, d'un système de vérification/contrôle renforcé est la meilleure réponse à une consommation anormale de chlore sur les installations.

Le traitement de cette anomalie par les ARS, lorsque c'est elles qui en ont connaissance en premier lieu, est assez variable : Certaines ARS considèrent que l'absence de chlore n'est pas suffisante pour affirmer que la ressource présente un problème de pollution. C'est à l'appui des éléments assujettis à une limite de qualité que l'ARS alertera le service d'une non-conformité et engagera des actions correctives voire l'information des populations.

Cette procédure n'est toutefois pas générale, et l'absence de chlore en sortie d'installation peut générer une demande de contrôle par l'ARS. Dans ce cas, le service procède à un contrôle des installations, un contrôle de l'injection de chlore (ou de la présence de galets de javel), voire le service peut compléter de purges sans que ce principe soit une réelle solution.

À noter également que la consommation de chlore va augmenter avec la longueur des réseaux et le temps de séjour de l'eau.

Des témoignages

" Le service a toujours réussi à rattacher les non conformités aux origines (casse, panne de chlore..), pas de pollutions dues aux forages privés "

" Depuis l'adoption d'un suivi régulier et opérationnel de la qualité de l'eau (en augmentant l'autocontrôle en laboratoire interne, en assurant une gestion systématique des non conformités, un audit des procédures et une assurance du suivi de toutes les plaintes), le nombre de communes en contrôle renforcé a pu être divisé par 2 jusqu'à être complètement annulé "

" Le service doit analyser le coût représenté par un contrôle renforcé en comparaison d'une augmentation des moyens ou fréquences de suivi régulier de la qualité des eaux. En suivi renforcé, outre le coût des analyses, on augmente inévitablement les fréquences de passage du préleveur mandaté par l'ARS ou le laboratoire, aux points de prélèvements ; alors que ces visites pourraient être effectuées en interne et complétées de contrôles exhaustifs de l'ensemble des installations "

" Le service juge de la performance de son exploitation au travers d'indicateurs et d'objectifs, parmi lesquels

- Un indicateur de non-conformité sur les données de production (en sortie d'usine, sur l'eau mise en distribution) et sur les données de distribution. Les non conformités peuvent concerner autant la microbiologie que les paramètres physico-chimiques
- Un indicateur du taux de protection des ressources, notamment l'instruction d'une DUP¹², l'instauration de périmètres et le suivi du respect des servitudes
- Un indicateur sur les engagements du service
- Un indicateur sur le taux de réclamation "

" Adopter une procédure d'alerte en cas de non-conformité de la qualité de l'eau, travailler avec l'ensemble des communes concernées par une même ressource, le PCS et les moyens d'alerte qu'il décline, s'avèrent des outils pour informer, le cas échéant, les administrés (au moins ceux qui ont accepté de se déclarer)"

" La robustesse de la mesure doit être privilégiée à sa fréquence (quel intérêt de disposer de mesures permanentes si elles sont mauvaises ?) "

" Il faut s'assurer de la compatibilité de ce type d'appareil avec la compétence des agents qui en auront la charge "

¹² DUP : Déclaration d'Utilité Publique

LA SURVEILLANCE DES CAPTEURS

Les capteurs

Choisir un capteur

Lorsque compte tenu de la qualité de l'eau, il faut prévoir, sur des petites installations, a minima, un turbidimètre et une mesure de chlore, le service doit rechercher **des capteurs** (chlore, pH, turbidité...) **nécessitant peu de maintenance** : le capteur ne doit pas être une source de déplacement des équipes.

Dans les marchés de fourniture, il est suggéré de travailler sur la notion de **coût global** :

- Intégrer dans un appel d'offre la notion d'investissement global comprenant le coût de l'achat et de la maintenance
- Adopter des critères de fiabilité et robustesse dans le choix du matériel
- Privilégier un seul marché "capteurs" pour avoir une homogénéité du matériel

Par exemple, procéder à un accord cadre où 2 à 3 sociétés sont retenues, le service choisit ensuite le meilleur fournisseur par paramètre (chlore, turbidité, pH...) ;

- Se garder une marge de liberté plutôt que d'être tributaire d'un seul fournisseur
- Procéder à des groupements de commandes (entre collectivités voisines), privilégier l'unicité des modèles, éviter de constituer un magasin, tenir des inventaires,...
- Certains services procèdent à du dialogue compétitif, la démarche doit toutefois être anticipée

Le service doit identifier son besoin vis-à-vis des capteurs et **distinguer** les capteurs "sentinelles" des capteurs qui servent à de l'asservissement :

- Le capteur relatif (permettra une mesure d'un écart par rapport à la valeur précédente), il s'agit de capteurs analogiques pour la plupart et sont associés à un asservissement : par exemple les capteurs permettant le dosage de chlore
- Le capteur analogique simple indiquera une valeur instantanée, comme par exemple le taux de chlore résiduel, la turbidité d'une eau décantée, d'une eau refoulée
- Le capteur critique fonctionnera en "tout ou rien", et permettra de déceler une panne (arrêt d'une pompe, lampe hors service,...)

Vérification des capteurs

La vérification dépendra des recommandations des constructeurs, de la nature des capteurs, des conditions de fonctionnement et son environnement.

Certains services procèdent à des vérifications toutes les semaines :

- Par comparaison des valeurs affichées avec une mesure sur appareil portatif avec méthode de référence (pilule,...)
- Par réétalonnage suivant une procédure (par exemple tolérance d'un écart max de 0,1 entre mesure capteur et mesure d'un appareil de référence)

Le service peut également procéder à une surveillance de l'évolution de cet écart, analyser la durée à partir de laquelle la tolérance est dépassée : la période d'étalonnage retenue doit être deux fois inférieure à la durée à laquelle a été constatée l'écart maximum, le réétalonnage est programmé en conséquence.

Les capteurs sont aussi testés sur leur stabilité dans le temps, et leur réaction en l'absence de chlore (pour la mesure du chlore résiduel). Il peut y avoir également un intérêt limité à poser un capteur fonctionnant en dérivation sur des sources dont le débit d'étiage est limité (pour des mesures de turbidité par exemple).

Attention également aux conditions de mesure, notamment les mesures par cuve sont à éviter au droit des sources, l'ouverture des trappes d'accès provoque un dépôt d'humidité sur le capteur, la condensation fausse la mesure.

Télégestion

La télégestion, quand elle est possible, porte sur les données fournies par les capteurs (tout ou rien ou analogique), par exemple la mesure du taux de remplissage de la bouteille de chlore, la mesure du taux de chlore en réseau, l'alimentation électrique, un problème sur la pompe (signal d'un défaut sans l'identifier forcément).

Ce dispositif permet de suivre en continu le fonctionnement ou les paramètres mesurés. Les données peuvent être archivées et permettront d'orienter les conditions de suivi de l'installation.

Mais un tel équipement n'exonère pas l'exploitant de visites régulières pour contrôler les installations, vérifier l'état de marche des capteurs et la véracité des informations qu'ils transmettent, changer des solutions étalons, procéder à des contrôles d'étalonnage, nettoyer des pré-filtres posés en amont de certains capteurs,...

Enfin le service ne doit pas hésiter à reconnaître qu'il peut parfois ne pas disposer en interne des compétences, notamment en télégestion, et peut alors contractualiser avec un prestataire.



LA SURVEILLANCE LORS DES INTERVENTIONS EN RÉSEAU

Le réseau - en situation courante : les travaux de renouvellement et de maintenance

Sont présentées dans cette fiche des pratiques permettant de limiter la contamination ou la pollution de l'eau lors des travaux puis lors de la remise en service des ouvrages.

Outre la problématique de la conformité, les interventions même programmées font parfois l'objet de plaintes des usagers parce qu'ils constatent des eaux sales (chargées) après travaux.

La réalisation des travaux recouvre diverses situations (travaux ponctuels de maintenance tels que le changement d'une vanne, ou travaux programmés de renouvellement d'une canalisation, d'un branchement,...), divers acteurs (les équipes du service, une entreprise tierce,...) suivant des procédures écrites (une procédure interne, un marché de travaux comprenant des clauses techniques,...) ou de "bonnes pratiques" (le savoir-faire,...).

Outre l'absence de procédure, le point le plus important à contrôler est la connaissance des risques par les agents d'intervention, notamment microbiologiques et leur(s) source(s) possible(s) – cf fiche n°2 - *Exploitation et personnel exploitant*.

→ Les interventions en réseaux sont la source la plus fréquente de non-conformité en microbiologie dans l'eau.



1. Le choix des matériaux en contact avec l'eau



Le premier contrôle à exercer porte sur l'**ACS**¹³. Le contrôle peut être réalisé par le responsable exploitation à l'achat des matériaux (fonctionnement en régie) et au moment de la livraison des produits, ou par un technicien surveillant le chantier lors des travaux confiés à des entreprises extérieures; le contrôle peut également être réalisé par le maître d'œuvre avant la livraison - lors de la validation des fiches matériaux - et lors de la livraison des fournitures sur le chantier.

Lors du choix des matériaux, le service doit également être attentif aux sollicitations extérieures des réseaux, et leur compatibilité avec les risques auxquels ils peuvent être exposés : agressivité des sols, résistance en termes de perméabilité à des sollicitations chimiques,...

2. Le stockage des produits

Sans reprendre toutes les dispositions figurant dans le fascicule 71¹⁴, cahier des clauses générales des travaux de pose de canalisation, le matériel doit être stocké hors-sol (sur palette pour la robinetterie), **les opercules d'obturation doivent être maintenus** jusqu'à la pose de l'équipement.

¹³ ACS Attestation de Conformité Sanitaire; la différence entre ACS, CAS et CLP est détaillée dans une réponse ministérielle : http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/liste_ACS_31-07-2013.pdf et <http://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/article/reglementation-nationale-applicable-a-la-mise-sur-le-marche-et-a-l-utilisation>

¹⁴ Le fascicule 71 est en cours de révision, un nouveau fascicule 71 "Fourniture, pose et réhabilitation de conduites d'eaux qui fonctionnent par écoulement SOUS PRESSION" remplacera le CCTG actuellement en vigueur.



Opercule à maintenir tant que le tuyau n'est pas posé et emboîté



Stockage des pièces à même le sol à éviter

3. L'obturation des canalisations en fin de journée pendant le chantier

Une source de pollution généralement constatée provient de l'intrusion d'animaux dans les canalisations, le simple fait de remettre l'opercule à chaque absence permet de limiter ce risque.

4. Le maintien hors d'eau de la fouille

Durant le chantier, l'entreprise ou les équipes du service doivent, dans la mesure du possible, maintenir hors d'eau le fond de fouille et éviter l'intrusion d'eau boueuse dans la canalisation. Cette contrainte peut, sur certains chantiers, présenter un réel frein (cela nécessite d'instaurer un pompage avec un groupe portatif, un puits d'aspiration, une pente de la fouille adaptée, et bien entendu répéter ce dispositif au fur et à mesure de l'avancement du chantier lorsque les intempéries perdurent).

Il est cependant erroné de considérer que la désinfection effectuée en fin de chantier permettra de s'affranchir de tout risque : les fines restent dans la canalisation et viendront obturer un filtre avant compteur,... voire aboutiront au robinet du consommateur, généreront des plaintes, nécessiteront des interventions et protégeront les microorganismes vis-à-vis des désinfectants utilisés,...

En outre le stockage du carburant alimentant le groupe, tout comme le groupe, doivent être maintenus à une distance suffisante ou suivant une déclivité qui éviteront aux égouttures d'hydrocarbures d'aboutir en fond de fouille (voire en canalisation).

5. Un rinçage

Lorsque le chantier arrive sur sa fin, et avant raccordement des nouveaux équipements au réseau en service, le tronçon de canalisation doit être rincé.

Pour ce faire, un branchement provisoire est réalisé sur le réseau en service situé à proximité. Ce branchement doit respecter les prescriptions du service mentionnées le cas échéant dans le règlement ou le marché de travaux (CCTP)- le cas du branchement provisoire est traité ci-après.

Le débit de rinçage doit être suffisant pour le cas échéant vider la canalisation de ses fines et assurer un **taux de renouvellement** minimal du volume d'eau contenu dans les nouvelles canalisations.

→ Outre la problématique du risque microbiologique, les durées et volumes de rinçages sont à adapter au matériau voire au fournisseur. En effet, nombre de services font part des effets du relargage de certains éléments contenus dans les revêtements intérieurs des tuyaux (ou autres équipements) qui provoquent des non-conformités de la qualité de l'eau du fait d'un temps et d'un volume de rinçage insuffisants,...

6. La désinfection

Les canalisations sont désinfectées avant d'être mises en service. La désinfection est généralement assurée par l'injection de chlore ou d'un désinfectant adapté à l'eau potable. Les quantités de désinfectant sont alors à adapter selon le volume de la canalisation et les prescriptions du fournisseur (sous la forme d'abaques par exemple).

Un contrôle de la concentration de désinfectant dans l'eau doit être effectué en aval (au point d'échappement de l'air, le plus en aval possible), l'injection de la solution désinfectante n'étant stoppée que si la concentration mesurée permet d'attester qu'en ce point la concentration à respecter est effectivement atteinte.

Enfin, attention à utiliser en phase travaux un désinfectant compatible avec le mode de désinfection de l'eau au sein du réseau (c'est le cas de l'eau oxygénée); le produit ne doit pas avoir d'effet inhibant (notamment lorsque l'eau du réseau est chlorée).

→ La désinfection est généralement faite en même temps que les essais pression (essais d'étanchéité des canalisations) pour s'assurer d'une homogénéité de la solution désinfectante dans l'ensemble du volume à traiter.

La désinfection nécessite un temps de contact, généralement les services respectent une durée de 12H et prévoient les rinçages le lendemain matin suivis d'un prélèvement par le laboratoire pour un contrôle de la qualité de l'eau.

Le contrôle de l'efficacité de la désinfection est de la responsabilité de l'exploitant.

7. Les prélèvements

Que les prélèvements soient réalisés en interne ou non, l'attention est appelée sur leurs conditions de réalisation :

- Le robinet ou point d'accès au réseau, faute d'une désinfection liminaire, ne doit pas conduire à souiller l'eau prélevée; à l'inverse, il faut veiller à ne pas laisser au droit du robinet des traces de désinfectant qui influeraient la qualité de l'eau prélevée
- Le préleveur doit lui-même s'équiper de matériel propre et éviter tout contact avec l'eau prélevée
- Le prélèvement ne doit pas se limiter aux premières eaux
- Les flacons doivent être stériles et ne pas être contaminés lors de leur manipulation, ouverture puis fermeture

Il est donc impératif de coordonner cette opération avec les travaux de raccordement.

→ LES POINTS DE VIGILANCE

- Une désinfection respectant les doses indiquées par le fournisseur du produit désinfectant avec des durées de contact suffisantes
- Un rinçage efficace (en débit et en pression), avant et après désinfection
- Des prélèvements effectués sans contamination de l'eau prélevée
- L'absence de manœuvre lors de ces essais conduisant à l'intrusion d'eau souillée en canalisation
- Le maintien de la canalisation obturée durant l'attente des résultats d'analyse



8. Le raccordement sur le réseau en service

À réception des analyses¹⁵ de l'eau de la nouvelle canalisation (qui devra être vidée avant d'être mise en service, sans noyer la fouille,...), si elles sont conformes¹⁶, la canalisation peut être mise en service.

La mise en service nécessite de raccorder le nouveau réseau sur un réseau en service qu'il va falloir couper (ou déposer une pièce de raccordement au droit d'une bride par exemple), vidanger, désinfecter puis raccorder.

Les travaux de vidange ne doivent pas conduire à noyer la fouille au risque de souiller à nouveau la nouvelle conduite et de contaminer le réseau sur lequel la conduite va être raccordée.

Le raccordement en tant que tel nécessite une désinfection (par aspersion de solution prête à l'emploi, par des lingettes adéquates,...) des pièces ayant été démontées ou découpées, et des manchons ou pièces de robinetterie permettant le raccordement entre l'ancien et nouveau réseau (té, coude, divergents,...).

Les équipes de terrain doivent être fortement sensibilisées sur ce point et être associées au choix entre lingettes, spray ou tout autre mode de désinfection proposé sur le marché (à défaut, il existe un fort risque que les procédures ne soient pas respectées).



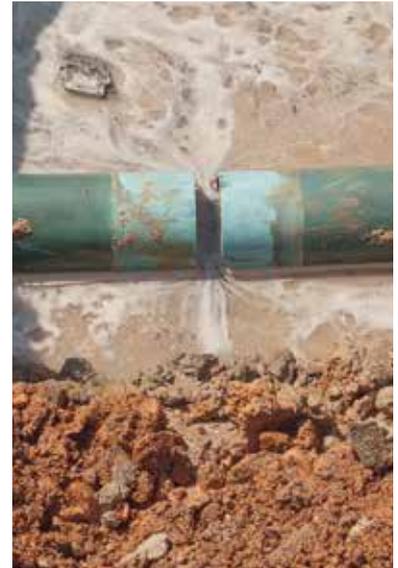
Désinfection des pièces à la lingette

L'ensemble doit être réalisé au sec.

Les procédures telles qu'elles sont proposées dans ce guide ne sont pas toujours écrites, il y a cependant un intérêt à y veiller, les diffuser, s'assurer qu'elles ont été comprises (pourquoi sont-elles mises en œuvre ?) puis respectées.

En outre, lors de travaux confiés à une entreprise extérieure, les opérations de désinfection, d'analyse, l'autorisation de mise en service du nouveau réseau doivent être tracées et faire l'objet d'un procès-verbal en cas de défaut signalé à posteriori sur le réseau.

Cela n'exonère pas le service d'assurer un contrôle journalier du respect des procédures par l'entreprise.



9. Les travaux sous maîtrise d'ouvrage privé

Ce cas particulier concernera par exemple les lotissements. Les travaux sont alors réalisés sous maîtrise d'ouvrage privée et le service d'eau n'a pas toujours accès au chantier et n'est en outre pas toujours en mesure d'imposer ses procédures au lotisseur.

Néanmoins, le service peut imposer ses procédures lorsque les réseaux réalisés font l'objet d'une convention de rétrocession établie en amont des travaux, et que celle-ci pose le respect des procédures comme préalable à la rétrocession des réseaux à la collectivité.

Il est donc pertinent que le service d'eau se rapproche des communes/EPCI-FP qu'il dessert afin de se coordonner lors des instructions des demandes d'autorisation d'urbanisme. Il peut ainsi proposer des dispositions à introduire dans ces conventions de rétrocession afin d'y intégrer des prescriptions techniques portant sur la constitution des réseaux dont il reprendra la maîtrise d'ouvrage, les conditions de leur pose et bien entendu les procédures à mettre en œuvre, en matière de désinfection, en amont de leur raccordement sur le réseau public.

¹⁵ Les analyses généralement effectuées portent sur une D1 selon l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de surveillance et d'analyse sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine.

¹⁶ Tous les paramètres respectent les limites de qualité de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine.

→ À noter qu'en amont du raccordement sur le réseau public, si les réseaux d'un lotissement ou d'une ZAC restent de la propriété de l'aménageur ou d'une association syndicale (ils relèvent du domaine privé), le service d'eau peut imposer, au sein de son règlement de service, des conditions pour procéder à la désinfection de ces réseaux ainsi que les éléments permettant d'attester du respect du processus, avant d'accepter le raccordement effectif sur le réseau public.



10. Les travaux ponctuels de courte durée

Lors des travaux ponctuels programmés, la difficulté réside dans la durée de l'intervention et sa compatibilité avec les dispositions évoquées ci-dessus.

Force est de constater que le personnel manipule nécessairement, même en phase de raccordement, des pièces du réseau avec des équipements de protection individuelle (EPI) lesquels peuvent être souillés (de terre ou de tout autre résidu lié au chantier et aux différentes manipulations effectuées dans ce cadre).

→ Outre la problématique du risque microbiologique, les durées, les modalités et volumes de rinçages sont à adapter au matériau. En effet, nombre de services font part des relargages d'éléments contenus dans les canalisations notamment des concrétions, ainsi les rinçages nécessitent d'utiliser une émulsion air-eau pour limiter les effets érosifs de l'eau circulant à grande vitesse (et limiter ainsi le départ de concrétions), mais ce n'est pas toujours suffisant. Lorsque les débits de rinçage devront alors être adaptés (diminués), leur durée devra être augmentée en conséquence pour assurer un taux de renouvellement suffisant.



Il est cependant nécessaire d'assurer une sensibilisation aux risques pour que tous les éléments amenés à être en contact avec l'eau soient désinfectés et rincés avant toute mise en service : c'est donc sur les modalités de la désinfection qu'il est nécessaire de travailler et d'adapter les pratiques : le choix entre lingettes, spray,... ou tout autre mode de désinfection proposé sur le marché doit nécessairement être fait par les équipes de terrain (dans la négative, ces dispositions ne seront jamais respectées).

Le réseau - en situation d'urgence : la rupture de canalisation



Même en situation d'urgence, il faut respecter l'obligation de préserver la qualité de l'eau (rien ne peut justifier une remise en service des réseaux en ayant conscience que la qualité de l'eau y est dégradée). Le personnel doit être sensibilisé aux conséquences possibles : conséquences sanitaires mais également, en fonction de ces dernières, aux conséquences juridiques.

Dès lors, le service d'eau doit s'attacher à ne pas se satisfaire d'avis arrêtés sur le fait que : "la procédure va dépendre du lieu de l'intervention" ou qu' "une désinfection est techniquement trop complexe à mettre en

œuvre au regard de la durée du chantier". La réflexion doit toutefois être conduite avec le personnel de terrain et la solution doit émerger de façon concertée et partagée (le personnel doit s'approprier le processus).

Comment procéder ?

11. Éviter de travailler en souille... même si cela paraît évident

Ce n'est pas toujours possible, par exemple lorsque le réseau se trouve en bord d'un ruisseau en deçà du niveau de l'eau. Dans ce cas, les opérations ont lieu dans la boue, et c'est uniquement par un rinçage à posteriori que le service s'assure que le réseau peut être remis en service. Mais dans ce cas, il est pertinent d'étudier :

- Dans quelle mesure le tronçon de réseau peut être isolé (existe-t-il des vannes? sont-elles manœuvrées régulièrement? sont-elles étanches? ne faut-il pas envisager leur pose en amont et aval de ce tronçon de canalisation?)
- Dans quelle mesure une sur-chloration peut-elle ponctuellement être assurée (en injectant la solution via un poteau puis en procédant à la mise en eau de la canalisation, un temps de contact et un rinçage)?

→ Après avoir isolé le tronçon sur lequel est effectuée la réparation, pour limiter le risque d'aspiration d'eau souillée dans la canalisation, il est conseillé de procéder à une baisse progressive de la pression avant d'intervenir (commencer la découpe).



12. Adopter des méthodes de désinfection proportionnées et compatibles avec le contexte de l'intervention :

- Adopter une attention maximale aux manipulations pour éviter de souiller les pièces
- Effectuer un rinçage puis une désinfection par pulvérisateur : utiliser un spray de solution désinfectante sur toutes les pièces de raccordement, et effectuer un rinçage poussé jusqu'à vérification qu'il n'y a plus de désinfectant (mesure par bandelette)

Une autre solution consiste à tremper les pièces dans un bidon d'eau de javel (eau de javel 45/50 à diluer 10*), voire désinfecter les pièces avec une vadrouille (tête de serpillière) pré-humidifiée dans le chlore (attention il s'agit alors d'une vadrouille à usage unique).

Pour connaître les conditions de dosage de l'eau de javel, la [Chambre syndicale nationale de l'eau de javel](#) propose des tableaux de correspondance entre le % et la concentration de chlore actif de la solution.

Certains services procèdent à un rinçage "efficace" après chaque intervention et le complètent d'un prélèvement et d'une analyse (microbiologique).

Si les résultats obtenus (inévitables après la remise en service du réseau) sont non conformes, le service procède à une nouvelle désinfection, mais dans ce cas :

- L'eau distribuée entre la date de remise en service et la nouvelle désinfection était non conforme
- La désinfection du tronçon peut être tout à fait inutile au regard de la qualité de l'eau qui y transite lorsque cette nouvelle désinfection est initiée ; en outre cela nécessite une nouvelle coupure de la distribution.

→ L'aspersion d'eau de javel est proscrite car trop dangereuse pour la sécurité du personnel. Pour des travaux qui permettent une coupure d'eau sur un délai plus long, des services adoptent des solutions d'eau de javel à 50 mg/l pour un temps de contact de 6 heures (contre 25 mg/l lorsque les travaux permettent de respecter un temps de contact de 12 h).



D'autres services ne procèdent à aucune désinfection et comptent sur le chlore résiduel contenu dans l'eau du réseau, lors de sa remise en service, pour "désinfecter" la canalisation.

- C'est implicitement délivrer de l'eau en sachant qu'elle ne sera probablement pas conforme au robinet de desserte de l'abonné (tout le chlore aura été consommé)
- Le chlore résiduel en réseau permet d'assurer l'absence de risque biologique jusqu'au robinet du consommateur. Or selon cette procédure, si par ailleurs la fuite se situe très en amont du réseau, c'est accepter que la qualité se dégrade encore du fait des biofilms sur les canalisations, la probabilité de délivrer une eau non conforme est d'autant plus élevée.

À noter que le Ministère de la santé propose un guide dédié aux désinfections en réseau.

13. Veiller à anticiper le risque de contamination de l'eau du fait d'un retour d'eau, notamment lors de la mise hors service du tronçon à réparer :



- Comme pour les travaux ponctuels programmés, les durées, les modalités et volumes de rinçages sont à adapter au matériau et à chaque cas particulier. En effet, nombre de services font part des relargages d'éléments contenus dans les canalisations notamment des concrétions, ainsi les rinçages nécessitent d'utiliser une émulsion air-eau pour limiter les effets érosifs de l'eau circulant à grand vitesse (et limiter ainsi le départ de ces concrétions). Mais ce n'est pas toujours suffisant, les débits de rinçage devront alors être adaptés (diminués), leur durée devra être augmentée en conséquence pour assurer un taux de renouvellement de l'eau dans la canalisation suffisant.

Le personnel doit être sensibilisé à ce risque et aux manœuvres ou événements qui peuvent l'occasionner (dépression provoquée par une coupure du réseau, une casse,...), ainsi qu'aux causes externes au service (puits ou forages privés).

Il doit également être informé des dispositions permettant de protéger le réseau, notamment lorsque des branchements sont connus comme potentiellement présentant un risque :

- L'absence de clapet au droit du comptage (la présence d'un clapet est-elle systématique?)
- L'absence de disconnecteur pour des branchements de taille conséquente ou au regard des usages de l'eau potable par l'abonné

Le règlement de service doit ainsi imposer, pour toute création de nouveau branchement, la pose d'un **clapet anti-retour**.

Tableau récapitulant les opérations préalables à la mise en service

Toute procédure de nettoyage et de désinfection réalisée sur des installations de distribution d'eaux destinées à la consommation humaine, avant leur mise ou remise en service, comprend nécessairement les étapes suivantes :

1. La protection efficace des matériaux et matériel utilisés au cours des opérations de construction, de rénovation, de réparation ou d'entretien de l'installation, contre toute entrée d'éventuels contaminants
2. Le nettoyage préalable des installations de distribution concernées et de leur environnement immédiat
3. La désinfection des canalisations, des réservoirs et des accessoires à l'aide d'un produit chimique adapté à cet usage
4. L'élimination de la solution désinfectante par vidange, suivie d'un rinçage efficace
5. L'évaluation de l'efficacité du nettoyage et de la désinfection effectuée au moyen d'analyses d'échantillons d'eau
6. Le cas échéant, une reprise de la procédure, en tout ou partie, si le résultat de l'analyse de l'échantillon d'eau le justifie
7. La mise ou remise en service de l'installation de distribution

	Cas général				Procédure allégée
	Canalisation $\varphi > 40$ mn	Canalisation $\varphi \leq 40$ mn	Réservoir	Aqueduc	Canalisation $\varphi > 40$ mn
1	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X
5	X		X	X	X
6	X		X		
7	X	X	X	X	X

Le branchement et le branchement provisoire : un risque à part entière?

Le risque de contamination de l'eau existe autant sur les travaux effectués en réseau que sur des branchements.

1. Le renouvellement de branchement

Pour un branchement, la contrainte de la durée de la coupure est parfois plus prégnante (l'abonné peut être présent et rester à "observer" les travaux jusqu'à la remise en service).

- Lorsque le renouvellement permet de maintenir l'ancien branchement en service jusqu'au raccordement du nouveau (les branchements ancien et nouveau ne suivent pas strictement le même tracé), la désinfection

peut être réalisée sur le nouveau branchement selon le même processus que pour des travaux programmés en canalisation (la désinfection peut d'ailleurs être effectuée simultanément sur la conduite principale et les branchements comme les rinçages qui suivent, le prélèvement de contrôle peut en outre être complété par d'autres prélèvements en aval de branchements).

- Lorsque le renouvellement ne permet pas de maintenir l'ancien branchement en service jusqu'au raccordement du nouveau (les branchements ancien et nouveau suivent exactement le même tracé), la désinfection est plus délicate à réaliser :
 - Le service peut procéder à un rinçage poussé de la canalisation principale vers le branchement (jusqu'au point situé en amont immédiat du compteur), c'est la procédure la plus usuelle, il serait alors utile de contrôler que le chlore résiduel et la turbidité en sortie du branchement après rinçage est la même que celui de l'eau introduite dans le branchement.
 - Le service peut procéder à une désinfection des pièces et canalisation par spray (mais l'effet reste très limité du fait de la longueur du branchement). Le contrôle par mesure du chlore résiduel et la turbidité est alors utile.

→ Si le service constate que le taux de chlore évolue (diminue voire s'annule) ou que la turbidité augmente, le rinçage doit être renouvelé.

Pour les nouveaux branchements réalisés par des entreprises extérieures, les prescriptions techniques applicables aux travaux de réalisation du branchement (et notamment les dispositions à respecter pour désinfecter le branchement avant sa mise en service) doivent être précisées dans le règlement de service. Elles peuvent également être mentionnées dans les documents annexés au permis de construire.

Certains services conservent le raccordement de ces nouveaux branchements sur le réseau public (la pose du collier ou du té) et procèdent alors à la désinfection et la mise en service des nouveaux branchements.

2. Le branchement provisoire

Concernant les branchements provisoires, généralement demandés lors de travaux (par les entreprises) en lien ou non avec la réalisation à terme d'un branchement définitif, les services ont des positions variables :

- Lorsqu'il s'agit d'une demande précédant l'alimentation d'un immeuble, le service réalise le branchement définitif dès l'opération de construction. Dans ce cas, la désinfection est effectuée selon les processus de création de branchement.
- Lorsqu'il s'agit de travaux qui n'aboutiront pas à la pérennisation du branchement, les prises d'eau sont systématiquement installées par le personnel du service (elles sont équipées d'un compteur ET d'un clapet), le raccordement effectué en aval et sa désinfection relèvent alors de la responsabilité du bénéficiaire.
- D'autres services essaient de centraliser les consommations à partir de bornes de puisage existantes (où les eaux sont comptabilisées et le dispositif est protégé) pour éviter tout piquage sur les poteaux incendie (qui ne sont pas équipés de clapets anti-retour).



→ Pour des lotissements, comme mentionné au paragraphe "travaux programmés", les réseaux posés par l'aménageur et les branchements qu'ils alimentent restent des installations privées tant que le lotissement n'a pas fait l'objet d'une rétrocession au service de l'eau.

Dans ce cas, un compteur est posé par le service au droit du raccordement entre le réseau public et le réseau privé du lotisseur. La dépose de ce compteur n'a lieu qu'à partir de la rétrocession et sous réserve que toutes les épreuves effectuées (désinfection, essais pression) aient été approuvées par le service. La méthode de désinfection doit donc être analysée à ce moment, le service peut cependant imposer ces dernières dans une convention signée en amont des travaux entre la collectivité en charge de l'urbanisme et le lotisseur, traitant des conditions de rétrocession ultérieures.

→ La problématique des branchements provisoires concerne également tous les puisages effectués pour les "besoins du service", comme par exemple le nettoyage des rues. Pour répondre à ces besoins, l'installation de bornes de puisage (points d'eau sécurisés) reste la meilleure protection, bien que les "habitudes" soient difficiles à faire évoluer.

3. La réhabilitation du branchement

Quel que soit le processus de travaux utilisé, la désinfection doit être étudiée et mise en œuvre dans les mêmes conditions que pour la réalisation d'un nouveau branchement.

À défaut d'une désinfection par injection d'une solution désinfectant, le rinçage poussé avec un contrôle du taux de chlore résiduel et de la turbidité sont des solutions envisageables.

4. Les branchements pirates

En général, le service (ou d'autres intervenants) découvre(nt) l'existence de branchements lors des terrassements. Il n'existe à ce jour pas de disposition permettant d'identifier avec exhaustivité tous les branchements.

Toutefois la comparaison entre le volume distribué et le volume mis en distribution à partir d'une sortie de réservoir, notamment sur des hameaux ou des réseaux d'ampleur limitée, permet d'identifier (ou supposer) l'existence de tels branchements. La radio-relevé et plus encore la télé-relevé permettront d'identifier l'existence de ces branchements, en se basant sur le caractère irrégulier de ces prélèvements (puisque liés à une consommation, à la différence d'une fuite dont le débit sera plus régulier).

En revanche, ces dispositifs permettent uniquement d'obtenir les volumes prélevés par ces branchements pirates en volume cumulé, sans pouvoir les distinguer. La localisation de ces branchements dépendra du nombre et de la répartition des points de comptage sur le réseau, lesquels sont cependant limités sur des réseaux de taille réduite.

→ La mesure du chlore résiduel et de la turbidité doit démontrer que la circulation de l'eau, après le rinçage, ne modifie pas les caractéristiques de l'eau du réseau injectée dans le nouveau branchement.

→ Lors de la découverte d'un tel branchement, le service de l'eau doit se rapprocher des bénéficiaires (l'occupant peut être le propriétaire de l'immeuble desservi ou un locataire) pour qu'il souscrive un abonnement au service d'une part, et qu'il régularise les conditions d'exécution de son branchement aux dispositions mentionnées dans le règlement du service d'autre part.

- En l'absence de comptage, le branchement est irrégulier. Le service doit procéder à la pose d'un compteur et d'un clapet anti-retour, après souscription par le bénéficiaire d'un contrat d'abonnement au service. En outre les conditions d'exécution du branchement pirate peuvent justifier, notamment du fait du risque sanitaire qu'ils présentent pour le réseau public, qu'il soit imposé à ce "nouvel" abonné, de réaliser (à ses frais) un nouveau branchement. Les conditions de réalisation et désinfection du branchement reprennent alors les éléments décrits au 1.
- En présence d'un compteur qui n'aurait jamais été recensé, relevé puis facturé, l'erreur provient en partie du service, mais le risque sanitaire n'en est pas moins présent en cas par exemple de défaillance du clapet qui n'aurait de ce fait jamais été contrôlé. Dans ce cas, il revient au service de renouveler la partie publique de ce branchement (à ses frais), le renouvellement du clapet peut cependant rester à la charge de l'abonné, en fonction des dispositions mentionnées dans le règlement de service.

→ Comment faire si l'abonné refuse de régulariser sa situation ? en souscrivant un abonnement et en prenant en charge les travaux qui lui incombent s'il souhaite bénéficier du service selon les règles applicables (le cas échéant):

- La décision du Conseil constitutionnel du 29 mai 2015 (QPC n° 2015-470) établit que l'article [L.115-3](#) du Code de l'Action Sociale et des Familles modifié par la loi "Brottes" du 15 avril 2013 interdit les coupures d'eau dans les résidences principales pour motif d'impayé. En outre, le décret d'application modifié, [n° 2008-780 du 13 août 2008](#), interdit également les réductions de débit pour ces mêmes situations. Néanmoins, lorsqu'il s'agit d'une découverte d'un branchement pirate, ce n'est pas une problématique d'impayé mais un vol d'eau¹⁷ : le service peut couper le branchement de cet abonné (qu'il s'agisse d'une résidence principale ou non). En effet, il est possible de couper l'eau pour des motifs autres que pour impayés à condition que cela soit prévu dans le règlement de service et que l'utilisateur ait été mis en demeure de rectifier la situation et se soit abstenu, la "sanction" ne devant toutefois pas présenter de caractère disproportionné au regard de la faute commise par l'utilisateur.

Si le règlement de service ne prévoit pas la possibilité d'une coupure, il est plus sûr juridiquement de ne couper qu'après décision en ce sens du maire au titre de ses pouvoirs de police (notamment au regard des risques pour la sécurité ou la salubrité publique par contamination de l'eau du réseau public).

- Si le service constate la présence d'un compteur et que l'abonné refuse de souscrire un abonnement, il est également préférable de couper l'alimentation en eau. À défaut et pour les consommations antérieures, le service peut exiger le paiement des consommations d'eau sur le fondement des articles 1303 et suivants du code civil (enrichissement injustifié, qui formalise la notion jurisprudentielle d'enrichissement sans cause). Par ailleurs, un arrêt de la Cour de cassation a validé la facturation de l'eau consommée par un usager en l'absence d'abonnement, en retenant que les requérants, étant soumis à une obligation de raccordement au réseau public de distribution d'eau par le règlement sanitaire départemental, "ne pouvaient se prévaloir de l'absence de souscription volontaire de contrat d'abonnement pour échapper à l'obligation de régler les factures résultant de la consommation enregistrée, selon la grille de répartition proposée par la commune" ([Cour de cassation, 19 janvier 2017, n° 15-26889](#)). Le délai de prescription est de deux ans pour les consommateurs (personnes physiques n'agissant pas dans un cadre professionnel) et de cinq ans pour les professionnels.

Les antennes en réseau

La présence d'antennes sur le réseau de distribution de l'eau est une source de contamination : l'eau y séjourne parfois sur des durées conduisant à la consommation de tout le chlore résiduel, la microbiologie s'y développant alors sans que le service ne se doute que l'eau délivrée n'est plus conforme aux limites de qualité portant sur les paramètres microbiologiques.

Le personnel du service doit donc identifier ces points de faiblesse et procéder à des "purges" récurrentes pour éviter toute dégradation de la qualité de l'eau :

- La périodicité des purges peut être établie à partir de mesures régulières du chlore résiduel en un même point du réseau.

¹⁷ Le traitement du vol d'eau (notamment pour faire reconnaître le préjudice subi par le service du fait de l'absence de paiement des consommations antérieures à la coupure du branchement) nécessite une approche stricte considérant qu'il s'agit d'un délit relevant du code pénal (qui n'est pas détaillé dans ce guide, l'utilisateur peut toutefois être informé que le service est en mesure d'engager à son encontre des poursuites aux plans pénal et civil). En pratique les procédures judiciaires sont relativement lourdes et longues, et le service peut préférer négocier avec les contrevenants dans un souci d'efficacité.

- Des injections de chlore peuvent également être implantées sur le réseau, à condition que les installations le permettent. Cela nécessite de créer une chambre d'injection alimentée électriquement, qu'elle soit dotée d'une pompe d'injection, d'un dispositif de régulation - asservi au débit ou sur une base horaire - et du réactif – par exemple de la javel (mais dans quelles conditions de stockage et sur quelle durée ?).
- Le service ne peut attendre une plainte de l'abonné (justifiée par exemple par la couleur de l'eau) avant d'intervenir.
- Le service peut cependant étudier dans quelle mesure ces antennes peuvent être maillées, même si ce n'est pas toujours la réponse la plus efficace. Il faudra alors s'assurer que le maillage permet d'alimenter des conduites fortement sollicitées et ainsi provoquer une circulation suffisante de l'eau.
- Le service doit donc progressivement cartographier ces "points noirs" et adapter les purges non seulement à la problématique qualité mais également à la saisonnalité (en cas de risque de gel en l'absence de résident, par exemple).

→ Le volume des purges est à adapter :

- Au linéaire du réseau en antenne (compté depuis la dernière ramification sous réserve qu'elle alimente elle-même plusieurs abonnés et garantisse ainsi un renouvellement régulier de l'eau qui y circule).
- À son diamètre (notamment lorsque le réseau a été dimensionné – voire surdimensionné – pour répondre à des besoins de lutte contre l'incendie).

La durée du rinçage doit permettre, a minima, un renouvellement complet de ce volume (la durée maximale de séjour de l'eau dans les canalisations est généralement de 48 heures : c'est donc essentiellement la fréquence des rinçages qu'il s'agira d'adapter).

Le comptage et les usages de l'eau

Une des difficultés prégnantes en réseaux de petite taille réside dans l'instauration d'un comptage de l'eau (parfois inexistant du fait de l'abondance de la ressource) et d'un usage raisonné lorsqu'il s'agit d'eau potable (au sens réglementaire du terme).

Mais la maîtrise à terme de ces différents usages est aussi un moyen, pour le service, d'en garantir ou a minima d'en préserver la qualité.

Ainsi, outre les dispositions techniques portant sur les manœuvres en réseaux, les équipements, les traitements et la surveillance, l'exploitation porte également sur une part de sensibilisation voire d'éducation des usagers.

Le comptage est nécessaire pour l'équilibre économique du service mais également au regard des enjeux (environnementaux) de maîtrise des volumes prélevés.

Ainsi l'accompagnement des élus, comme des usagers, peut porter sur des changements de pratiques tels que :

- Abandonner le principe de conserver des fontaines qui coulent en continu
- Favoriser la prise de conscience que l'eau a un coût lié à son transport et à ses traitements
- Favoriser la prise de conscience d'une possible pénurie d'eau

Si ces principes paraissent évidents en milieu urbain contraint, ils peuvent s'avérer difficiles à faire comprendre lorsque l'eau est naturellement abondante. Le service peut alors être conduit à proposer de réaliser un réseau d'eau brute, en parallèle à l'alimentation en eau potable, pour éviter d'utiliser de l'eau traitée lorsque cela n'est pas nécessaire (l'arrosage par exemple, pour des besoins privés ou agricoles).

Dans une telle situation, la difficulté réside dans le dimensionnement de l'usine de traitement aux seuls besoins de l'eau potable et donc la nécessité d'identifier parmi les consommations constatées (au regard du peu d'informations dont disposent certains services) celles qui répondent effectivement à un usage d'eau potable.

Ainsi, en liminaire, il s'agit souvent d'abord d'instaurer un comptage des consommations domestiques mais également des autres puisages, quels qu'en soient la source et l'usage.

Les contrôles des installations privées par le service d'eau

Lorsqu'une installation intérieure présente un risque sanitaire, il appartient à l'ARS sous couvert du préfet d'intervenir ([L1321-4](#) Code de la Santé Publique). La PRDE (personne responsable de la distribution de l'eau) se doit toutefois de surveiller et de veiller au respect de la qualité de l'eau tant en réseau public qu'en installation intérieure bien que la réglementation n'introduise pas de droit explicite à contrôler ces installations.

Toutefois, si cela a été mentionné dans le règlement de service, les agents nommément désignés par le responsable du service peuvent contrôler les installations intérieures des immeubles dont le service sait qu'ils disposent de leurs propres sources d'alimentation en eau (puits privé, forage privé déclarés en mairie) [L2224-12](#) du CGCT.

Dans ce cas, le contrôle des installations de l'abonné porte sur cette installation privée et les risques qu'elle peut présenter pour le réseau public. La réglementation¹⁸ cadre les modalités de mise en oeuvre du contrôle (en présence de l'abonné ou de son représentant prévenu par un courrier du service notifié au moins sept jours ouvrés avant la date du contrôle) lesquelles doivent être aussi mentionnées dans le règlement de service, et l'objet du contrôle qui se limite à :

- L'examen des parties apparentes du dispositif de prélèvement de l'eau, du puits ou du forage, notamment des systèmes de protection et de comptage
- Le constat des usages de l'eau effectués ou possibles à partir de cet ouvrage
- La vérification de l'absence de connexion du réseau de distribution de l'eau provenant d'une autre ressource avec le réseau public de distribution d'eau potable

Lorsqu'à l'occasion d'un contrôle d'une installation privative d'alimentation en eau, le service constate un risque pour le réseau public, il établit un rapport détaillant les travaux à y réaliser et le délai pour les mettre en oeuvre, qui est ensuite notifié à l'abonné mais également au maire de la commune concernée.

Le service procède à une visite de contrôle à l'expiration du délai et s'il constate que l'abonné n'a pas respecté les prescriptions figurant au rapport de contrôle :

- Le service met l'abonné en demeure de les réaliser
- Si la mise en demeure a été effectuée, notamment lors de la notification du rapport de contrôle initial mentionnant les travaux à réaliser, et que les travaux n'ont pas été effectués, le service peut fermer le branchement d'eau potable.

¹⁸ [R2224-22-4 du CGCT](#)



LA CLARIFICATION LE PRÉTRAITEMENT

→ L'ESSENTIEL

Tout oubli de la maintenance de ces prétraitements peut conduire à des ralentissements de marche voire des arrêts d'usine. La maintenance concerne majoritairement des opérations de mécanique ou d'électromécanique.

Les prétraitements physiques des eaux de surface

Traitements passifs, sans aucun ajout de réactifs.

- Barrage anti fioul ou cloison siphôïde
- Dégrillage
- Tamisage
- Micro tamisage
- Dessablage
- Deshuilage
- Débourage

Le barrage anti fioul

Paramètres traités

Substances d'une densité inférieure à 1 présentes dans l'eau (traces d'hydrocarbures, de HAP,...) ou les mousses, feuilles,....

Mode de fonctionnement - Étapes

Un barrage anti-fioul est constitué de "boudins flottants" reliés les uns aux autres avec une "jupe" de 1 m environ qui plonge dans l'eau (sorte de cloison siphôïde).

Il permet d'éviter l'entrée dans l'usine d'objets flottants ou de liquides dont la densité est inférieure à celle de l'eau : huiles, hydrocarbures,...

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Nécessite de vérifier régulièrement les éléments qui constituent le barrage :

- Boudins : leur flottabilité et leur liaison les uns aux autres
- Jupes : leur présence



Le dégrillage

Paramètres traités

Macro-déchets (le choix de la technique dépend de la taille des déchets à piéger (entrefer)).

Mode de fonctionnement - Étapes

Un dégrilleur est par définition dimensionné sur la base d'un débit d'écoulement et de l'entrefer de ses mailles (espacement entre 2 et 10 cm).

Le déclenchement du nettoyage des grilles peut être :

- **Manuel** : à l'appui d'un contrôle visuel régulier :
 - Cela nécessite d'assurer une fréquence de visites suffisante et une fréquence des nettoyages adaptée à la qualité de l'eau brute (et du taux d'obstruction des grilles).
- **Automatique** : par mesure des niveaux d'eau amont et aval :
 - Il faut alors veiller à la vérification des capteurs de niveau: entretien, maintenance selon les prescriptions du constructeur.
 - Et à la vérification des contacteurs: entretien, maintenance selon les prescriptions du constructeur

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Prévoir un capteur de secours permettant le déclenchement d'une alarme voire l'arrêt automatique du pompage situé en aval.

Un mauvais entretien de ces ouvrages peut entraîner l'arrêt de la station de pompage par :

- Diminution ou blocage de l'arrivée d'eau brute.
- Endommagement des pompes de relevage de l'eau brute.



Le tamisage et/ou micro tamisage

Paramètres traités

Feuilles majoritairement, lentilles d'eau, flottants, algues.

Mode de fonctionnement - Étapes

- Tamisage : Les tamis sont des cylindres rotatifs avec une toile de maille de 1 à 2 cm
- Micro tamisage (uniquement les algues) : les tamis sont des cylindres rotatifs avec toile de maille 35 à 100 µm. Les nettoyages se font en continu

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Entretien et maintenance du tamisage :

- Vérifier régulièrement l'intégrité des toiles: entretien et maintenance à adapter
- Vérifier régulièrement la rotation des cylindres : entretien et maintenance
- Vérifier les détecteurs de niveaux et les contacteurs.

Entretien et maintenance du micro tamisage : le colmatage induit une rotation plus importante du cylindre : la rotation est asservie à une mesure de perte de charge entre l'amont et l'aval du tamis :

- Vérifier régulièrement l'intégrité des toiles
- Vérifier régulièrement la rotation des cylindres
- Vérifier les détecteurs de niveaux et les contacteurs

Prévoir un capteur de secours permettant le déclenchement d'une alarme voire l'arrêt automatique du pompage situé en aval.



Le dessablage

Paramètres traités

Graviers, sables et particules minérales plus ou moins fines de densité >1 (taille > 150 µm).

Mode de fonctionnement - Étapes

Le dessablage consiste à permettre aux particules lourdes contenues dans l'eau de décanter, le terme "dessablage" s'adapte à la granulométrie et au poids des particules piégées.

- Le dessablage est obtenu par une réduction de la vitesse de l'eau dans un ouvrage de décantation horizontal ou vertical. La vitesse de l'eau, la longueur et la profondeur de l'ouvrage sont calculées pour la rétention de grains de sable d'un diamètre bien déterminé
- Les sables se déposent en fond d'ouvrage et nécessitent d'être extraits régulièrement

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

La présence de sable dans l'eau provoque l'érosion des roues (ailettes ou aubes) des pompes de relevage de l'eau brute.

Si le dessableur n'est pas régulièrement curé, la vitesse de l'eau dans l'ouvrage augmente et les particules les plus fines sont entraînées : l'entretien et la maintenance préconisés par le constructeur doivent être respectés

- Vérification des hauteurs de sable au fond de l'ouvrage
- Anticipation des opérations de curage



Le deshuileur

Paramètres traités

Substances d'une densité inférieure à 1 présentes dans l'eau (traces d'hydrocarbures saturés et aromatiques¹⁹,...), les PCB, les huiles (automobiles notamment,...) ou les mousses.

Mode de fonctionnement - Étapes

Ces ouvrages sont souvent communs avec les dessableurs et se caractérisent par la présence des éléments suivants :

- Un pont flottant suceur (aspiration des matières grasses au fur et à mesure de l'avancée du dispositif)
- Un écrémage de surface (raclage)
- Un "Nénuphar" : Système de pompage avec effet vortex aspirant tout ce qui flotte en surface de l'eau
- Une cloison siphonoïde (système le plus simple obligeant l'eau à circuler en profondeur (en deçà d'une cloison), les substances flottantes restent piégées en surface, au droit de la cloison)

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Dans l'ensemble de ces dispositifs, l'évacuation régulière des matières piégées est une condition au bon fonctionnement des installations

En cas d'intrusion dans le process aval de l'unité de traitement, ces composés seront ensuite très difficiles à éliminer.

Le débourbeur

Paramètres traités

Particules de tailles intermédiaires (de 10 à 150 μm) ou les eaux très chargées en matières en suspension (de 0,5 à plusieurs grammes/l).

Mode de fonctionnement - Étapes

Le débourbeur est un dispositif intermédiaire entre le dessablage et la clarification de l'eau :

- Dans certains cas, des réactifs peuvent être ajoutés : généralement il s'agit de polymères. Certains dispositifs sont équipés de capteurs permettant de mesurer le niveau de boue en fond d'ouvrage.

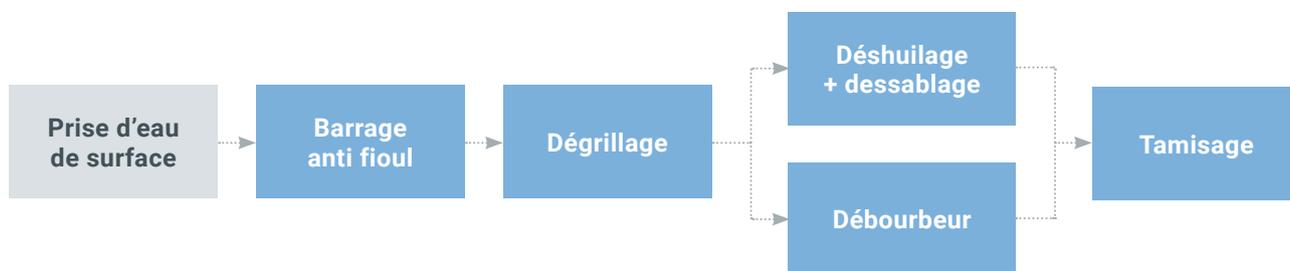
¹⁹ Les Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP) sont en revanche solubles (voir fiche 18).

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

La vitesse de l'eau dans l'ouvrage joue un rôle important (décantation), il faut dès lors s'assurer de la vidange régulière des boues accumulées par l'ouvrage en respectant notamment les préconisations du constructeur en termes d'entretien et de maintenance.

L'évacuation régulière des boues conditionne le bon fonctionnement de l'ouvrage.

Si les boues sont organiques, il y a un risque biologique (il y a fermentation, les boues deviennent réductrice, le milieu évolue en anoxie totale) et remise en solution éventuelle du Fer et du Manganèse.



LA CLARIFICATION

La clarification

→ L'ESSENTIEL

On ne peut désinfecter qu'une eau claire, dont la turbidité est inférieure à 1 NFU pour les eaux naturellement filtrées par les sols ou 0,5 NFU pour les autres eaux (eaux de surface ou influencées par les eaux de surface).

On ne désinfecte que ce qui est propre, la garantie de désinfection n'est obtenue que par la clarification (naturelle ou artificielle) ET une désinfection (chimique ou physique).

Paramètres traités

- **Les matières décantables** (Matières en suspension MES)
- **Les matières colloïdes** (de taille $1 \text{ nm} < \text{taille} < 1 \text{ }\mu\text{m}$) parmi lesquelles les argiles, les oxydes métalliques, les MES, les acides humiques (qui colorent l'eau), les protéines de haute masse moléculaire et tous les microorganismes (la clarification participant de ce fait à la désinfection de l'eau), les micropolluants organiques et minéraux adsorbés sur les MES et les colloïdes et les microalgues (dans des concentrations $< 1000 - 2500$ microalgues/ml)

→ Les matières colloïdales ne sont pas piégées dans les phases de prétraitement en raison d'une part de leur taille et d'autre part d'un phénomène de répulsion (ces matières en suspension ne s'agglomèrent pas entre elles du fait de leurs charges électrostatiques négatives).

Mode de fonctionnement - Étapes

La clarification est une étape impérative pour les eaux de surface et les eaux souterraines influencées par les ESU²⁰. Le choix du mode de clarification dépendra de ces états et de la taille des particules à éliminer. Il existe 2 possibilités de traitement :

- Traitement complet
 1. Coagulation
 2. Flocculation
 3. Séparation
 - a. Décantation (sous-réserve que l'eau présente une plage de turbidité comprise entre 2-3NFU à 2g/L pour la décantation classique et 0,3 NFU à 2g/l (environs 2000 NFU) pour les systèmes à recyclage de boues, ou à floccs lestés par du microsable)
 - b. Flottation sous réserve que l'eau présente une plage de turbidité comprise entre 0,3 NFU à 60 NFU
 4. Filtration
- Coagulation / Flocculation sur filtre (sous-réserve que l'eau présente une plage de turbidité comprise entre 0,5 à 10 NFU)
- la clarification biologique: filtration lente classique après un temps de maturation , le domaine de turbidité va de 0,3 à 10 NFU

²⁰ ESU eaux de surface

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Le choix d'une filière de clarification physico-chimique, notamment la séparation, dépend donc de la turbidité de l'eau brute.

Adopter une filtration directe sur sable, sans clarification préalable, ne permet d'éliminer que des MES, mais pas les colloïdes et les microorganismes adsorbés sur ces colloïdes (dont les virus), les micropolluants organiques et minéraux, les parasites, et *Cryptosporidium*,...

Le traitement de l'eau par clarification physico-chimique peut nécessiter, en fonction de la qualité de l'eau à traiter, une modification de ses caractéristiques chimiques. En effet, les coagulants présentent des plages de fonctionnement sur des paramètres tels que le pH ou l'alcalinité/dureté à respecter durant la phase de coagulation.



Le traitement complet

1. Coagulation

→ L'ESSENTIEL

Le choix du bon réactif, le pH, la minéralisation de l'eau et un mélange rapide et homogène.

Mode de fonctionnement - Étapes

Il s'agit de l'opération d'injection d'un coagulant avec homogénéisation de la solution. La coagulation nécessite un mélange rapide et efficace de l'eau et du réactif (chlorure ferrique, sulfate d'aluminium, pré polymères d'aluminium, ou coagulants cationiques de synthèse).

On distingue deux modes d'injection et mélange rapide :

- Les systèmes passifs (sans risque de panne) : l'injection du coagulant se fait en cascade, ou directement dans la tulipe d'arrivée d'eau brute, voire au droit d'un venturi
- Les systèmes mécaniques (avec risque de panne) : avec des agitateurs rapides

Réactifs de coagulation usuellement utilisés

- **Les Sels de fer :**
 - Convient aux eaux agressives => Ne pas oublier la remise à l'équilibre calco-carbonique en fin de chaîne
 - Permet la floculation à pH 5,5
 - Génère une eau colorée si l'eau brute est riche en matières organiques (COT > 8mg/l et pH > 7), le fer du réactif est complexé et colore l'eau
 - Permet une très bonne élimination de paramètres tels que As (arsenic), Sb (antimoine), Se (Sélénium), P (phosphore), U (uranium)

- **Les Sels d'aluminium :**

- Sous forme de sulfate d'aluminium
 - Convient aux eaux de dureté moyenne sauf s'il est procédé à une injection de pré-polymères => Ne pas oublier la remise à l'équilibre calco carbonique en fin de chaîne
 - pH à respecter lors de la séparation (en aval de la coagulation): $6,2 < \text{pH} < 7,5$
 - Complexation sans coloration avec les matières organiques (COT > 8mg/l et $\text{pH} > 7$): l'aluminium est complexé
 - Les sels d'aluminium présentent de moins bonnes performances que le Fe pour l'élimination de As, Sb, Se, P et U
- Sous forme de prépolymères d'aluminium
 - Convient aux eaux agressives ou de dureté moyenne => Ne pas oublier la remise à l'équilibre calco carbonique en fin de chaîne.
 - Le pH est très peu modifié
 - pH à respecter lors de la séparation (en aval de la coagulation): $6,2 < \text{pH} < 7,5$
 - Complexation sans coloration avec les matières organiques (COT > 8mg/l et $\text{pH} > 7$) : l'aluminium est complexé
 - Absolument pas efficace pour les éléments qui, pour être éliminés, doivent réagir avec le coagulant : As, Sb, Se, P et U

- **Coagulants organiques cationiques**

Ils permettent de ne réduire la dose de coagulant minéral que d'un facteur de 3 (pour réduire, les doses de coagulant minéral, on peut ajouter un coagulant de synthèse, en revanche, on ne pourra se passer de coagulant minéral).

Tous ces polymères contiennent des monomères qui se retrouvent dans l'eau traitée et dont des limites de qualité ont été fixées (par monomère), les doses d'emploi doivent donc être ajustées, en fonction de la pureté du produit (taux de monomère résiduel).

Ex : un polymère à base de polyacrylamide, qui ne contient pas plus de 200 ppm de monomère, ne peut pas être utilisé à une dose supérieure à 0,5 g/m³ (on considère que la totalité du monomère passe dans l'eau).

Leur usage est conditionné par les contraintes suivantes :

- Le dosage nécessite de n'injecter que de faibles concentrations (réduisant ainsi la consommation de polymères)
- Leur efficacité couvre une large gamme de pH
- Le fait de réduire les doses de coagulants minéraux, évite une modification importante de l'agressivité de l'eau

Les coagulants organiques réduisent le besoin d'ajouter un adjuvant de floculation.

Réduction du volume de boues produites (de 30 à 50 %) grâce à la réduction de formation d'hydroxydes.

Les limitations d'usage de ces réactifs sont :

- Une confusion dans les applications entre polymères floculants et polymères coagulants
- La nécessité d'un appareillage de dosage adapté aux produits qui présentent de fortes viscosités
- Le choix d'un polymère nécessite toujours une phase d'essais préliminaires
- Les polymères peuvent interférer avec l'action d'adsorbants solides de type charbon actif en poudre ou résines échangeuses d'ion et sont incompatibles avec un traitement membranaire en aval sauf si, entre les deux, est intercalée une filtration sur sable

→ La chaîne de traitement peut donc être incompatible avec l'usage de tels coagulants.

- Un risque dans le surdosage de ces réactifs entraîne une dégradation des eaux traitées
- Si ces réactifs n'ont pas été prévus lors de l'agrément de la filière, il faudra faire une demande de modification de la filière auprès du préfet s/c de l'ARS

Le charbon actif en poudre peut parfois être utilisé comme adsorbant (en situation de crise, en cas de pollution). Dans ce cas, l'attention est appelée sur le type de charbons utilisés : le CAP²¹ peut être activé de deux façons, soit par voie thermique (à 900°C) ou par voie chimique (à 560°C). Dans ce dernier cas, le stockage en vrac du charbon nécessite des locaux respectant la réglementation ATEX²² (inerté) compte tenu du risque d'explosion qu'ils présentent.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES



- Pour assurer une bonne coagulation de la solution, il faut maintenir un gradient hydraulique de 600 (mesuré en dépression par exemple)
- Si la coagulation nécessite de contrôler le pH, il faut une régulation de pH (par injection le cas échéant d'une solution basique ou acide asservie à la mesure du pH) en cours d'injection (voir fiche 12)
- Les systèmes mécaniques nécessitent de l'entretien, une maintenance régulières (moteur et pales de l'hélice), et la disponibilité, sur place, des pièces de rechange

2. Flocculation

→ L'ESSENTIEL

Un floc de qualité facilement séparable (par décantation, flottation ou filtration)
Réduire l'intensité de l'agitation
Respecter le temps de formation du floc
Éventuellement ajouter un adjuvant de flocculation

Mode de fonctionnement - Étapes

Cette étape est essentielle pour l'obtention d'un floc bien séparable, primordiale pour la flottation. Au stade de la flocculation, il faut réduire les forces d'agitation pour que le floc se forme, il faut un gradient hydraulique d'environ 50-60.

On distingue des dispositifs de type :

- Systèmes statiques sans risque de panne mécanique : systèmes à chicanes de plus en plus espacées (tranquillisation de l'écoulement)
- Systèmes mécaniques : agitation lente mais le matériel nécessite de veiller régulièrement à son entretien et sa maintenance (notamment le moteur et les pales de l'agitateur)

Réactifs utilisés en flocculation

- Les adjuvants de flocculation
- La silice activée

²¹ CAP Charbon actif en poudre

²² ATEX : Réglementation spécifique à la prévention des risques d'explosion sur les lieux de travail

- Les poly saccharides : alginate, amidon, gomme xanthane
- Les poly acrylamides anioniques
Pour ces derniers réactifs, la dose maximale d'utilisation dépend de la pureté du produit utilisé (pour une pureté de 200 ppm de monomère, respecter un dosage maximal de 0,5g/m³ de matière active sur l'ensemble de la chaîne de traitement)
- Parfois le charbon actif en poudre

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Surveiller des paramètres essentiels comme :

- L'agitation de l'eau
- L'ajout d'un adjuvant de floculation
- Le temps de floculation



3. La séparation

a. La séparation par décantation

→ L'ESSENTIEL

**Le choix du type de "séparateur" dépend de la qualité de l'eau brute à traiter (turbidité).
Le type de séparateur, la vitesse de l'eau, la surveillance de l'accumulation des boues.**

Mesures de la performance du traitement

On distingue :

- Les systèmes statiques :

- Décanteurs horizontaux (l'écoulement des eaux est horizontal mais ascendant, les particules décantent verticalement, l'eau décantée est récupérée dans des goulottes en surface)
- Décanteurs verticaux (écoulement des eaux vertical ascendant, les particules décantent verticalement en descendant, l'eau décantée est récupérée dans des goulottes en surface)
- Décanteurs lamellaires (l'écoulement des eaux est ascendant, les particules décantent verticalement sur des lamelles inclinées limitant ainsi la hauteur de décantation et la durée de séjour de l'eau dans l'ouvrage, l'eau décantée est récupérée dans des goulottes en surface) : un tel ouvrage nécessite de vérifier régulièrement l'accrochage des lamelles et leur degré d'encrassement (l'entretien et la maintenance sont des conditions nécessaires au maintien des performances)
- Décanteurs à floc lesté avec ou sans lamelles. Le fonctionnement est identique, à la nuance près qu'une injection de micro sable permet d'alourdir le floc

- Les systèmes dynamiques :

- Les lits pulsés avec ou sans lamelles
- Vérifier régulièrement l'accrochage des lamelles et leur degré d'encrassement (entretien maintenance).

- Par recirculation des boues avec ou sans lamelles (qui permet de freiner les floccs et d'augmenter le rendement de la décantation). Comme précédemment, cela nécessite de vérifier régulièrement l'accrochage des lamelles et leur degré d'encrassement (entretien maintenance).



→ POINTS IMPORTANTS

La performance de la séparation va dépendre de la concentration en MES dans l'eau à décanter, de la masse des particules et la vitesse d'écoulement de l'eau dans l'ouvrage.

Le choix d'un système sera notamment guidé par la concentration en MES et en colloïdes, lesquelles vont conditionner les performances au regard des volumes de boues produits.

→ PARAMÈTRES CRITIQUES EN FONCTION DU TYPE DE DÉCANTATION

- **Systèmes de décantation accélérée (système pulsé)**

- **Systèmes lamellaires**

Il faut s'assurer qu'il n'y ait pas de survitesses : sinon le dispositif présente un risque d'entraînement des floccs. La qualité de l'eau à traiter influe grandement sur les performances et les fréquences d'entretien. La qualité de l'eau traitée présentera rapidement des dégradations en cas de mauvais entretien, ou en cas de résiduel trop important d'adjuvant de floculation. En cas d'eaux très corrosives, les agrafes se détériorent et les lamelles, qui ne sont plus retenues, peuvent s'effondrer.

- **Systèmes à floc lesté**

S'assurer de la bonne taille, de la bonne densité et de la bonne concentration en micro sable.

- **Systèmes à boues recyclées (en système dynamique)**

Pour s'assurer de la bonne consistance du lit de boues, il faut au démarrage attendre environ 12 heures sauf à réalimenter le décanteur avec les boues d'un autre décanteur déjà formé. Pour les systèmes à pulsation, les arrêts d'usine conduisent à une retombée du lit de boue. Au redémarrage, il faut attendre au moins 2 heures avant de considérer le décanteur comme fonctionnel. Pour les systèmes à recirculation mécanique du lit de boues, il faut redémarrer la recirculation une heure avant le démarrage de l'usine avant de considérer le décanteur comme fonctionnel.



→ REMARQUE POUR TOUS LES SYSTÈMES

S'il y a un risque de prolifération d'algues, les ouvrages doivent être couverts (bâche ou structure couverte). Attention, lorsque l'ouvrage est recouvert d'une bâche, on perd toutes les possibilités de vérifications visuelles.



→ SURVEILLANCE EN PHASE D'EXPLOITATION

Outre les dosages de coagulant et les conditions de la floculation liminaire, la surveillance et l'extraction régulière du lit de boues sont des éléments essentiels au maintien de la performance des ouvrages.

Cela nécessite de procéder très régulièrement à une vérification des variations de turbidité de l'eau décantée.

b. Séparation par flottation à air dissous (flottateur)

→ L'ESSENTIEL

La turbidité de l'eau à traiter, la qualité du floc, le taux d'eau pressurisée et la pression d'air pour l'eau pressurisée, l'élimination en continue des boues flottées et la couverture impérative des ouvrages.

Mode de fonctionnement - Étapes

Ce système convient tout particulièrement aux eaux de lacs ou barrages réservoirs très riches en algues.

- Les floccs sont rendus moins denses que l'eau par accrochage de micro bulles d'air, provenant d'une eau pressurisée à 4,5 bars injectée en fond d'ouvrage. Ils remontent à la surface de l'eau, un écrémage mécanique retire ces boues flottées au fur et à mesure de leur remontée à la surface.
- Les ouvrages sont à couvrir pour les protéger de la pluie laquelle ferait retomber les boues au fond de l'ouvrage (alourdissement).



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Les points à vérifier :

- La qualité du floc formé dans le flocculateur
- L'injection d'eau pressurisée à 4,5 bars, un tel dispositif nécessitant des conditions d'entretien et de maintenance précises
- Le pourcentage d'eau à mettre sous pression avec l'air (10%)
- Le système de remise à l'atmosphère de l'eau sous pression
- L'élimination régulière des écumes de surface (qui se forment en plus des boues) : entretien, maintenance
- Le retrait régulier des boues qui forment naturellement un lit au fond de l'ouvrage et qui risquent d'obstruer les buses d'injection du mélange air-eau

Coagulation - Floculation sur filtre

1. Séparation par coagulation sur filtre

→ L'ESSENTIEL

La turbidité de l'eau à traiter et sa variation, la vitesse de filtration, la granulométrie du filtre, le cas échéant utilisation de filtre bicouches, les lavages de filtres.

Mode de fonctionnement - Étapes

Après injection du coagulant dans la conduite d'arrivée d'eau, se font dans le même ouvrage :

- La floculation, dans la tranche d'eau située au-dessus du matériau (média) filtrant
- La rétention des floccs à la surface et à l'intérieur du filtre, bien souvent on utilisera des filtres bi-couches: composés d'anhracite, de sable.



→ Le système n'est adapté qu'aux eaux dont la turbidité est faible et ne varie pas ou peu. Ce dispositif permet de fonctionner à des vitesses élevées mais ne dépassant pas 10m/h.



→ LES POINTS DE VIGILANCE/ LIMITES

- Pour la coagulation: voir partie 1. Coagulation (ci-dessus)
- Pour la filtration: voir fiche 8-3 Filtration



→ SURVEILLANCE EN PHASE D'EXPLOITATION

La fiche 8-3 Filtration ci-après s'applique à ce dispositif

2. Séparation par coagulation-floculation de contact sur filtre

→ L'ESSENTIEL

La turbidité de l'eau à traiter et sa variation, la vitesse de filtration, la granulométrie du filtre, le cas échéant utilisation de filtre bicouches, les lavages de filtres

Mode de fonctionnement - Étapes

Après injection du coagulant, et après des temps de contact suffisants, se font dans le même ouvrage :

- La floculation, dans la tranche d'eau située au-dessus et dans le matériau (média) filtrant de granulométrie effective de 2 à 3 mm et à des vitesses de 10 à 15 m/h
- La rétention du microfloc résiduel se fait dans un second ouvrage de filtration sur sable (taille effective 0.9 -1mm – Voir la fiche 8-3 Filtration), bien souvent on utilisera des filtres bicouches : composés d'anthracite, de sable



→ **LES POINTS DE VIGILANCE/
LIMITES**

- Pour la floculation: voir partie 2. Floculation (ci-dessus)
- Pour la filtration: voir fiche 8-3 Filtration



→ **SURVEILLANCE EN PHASE
D'EXPLOITATION**

La fiche 8-3 Filtration ci-après s'applique à ce dispositif



LA FILTRATION

Types de filtration :

- Filtration rapide
- Filtration lente
- Micro filtration
- Ultra filtration

→ À l'inverse des autres procédés, la nanofiltration n'est pas une filtration qui retient de la matière, elle est constituée de matériaux denses et ne retiendra sélectivement que des éléments solubles²³. Elle doit donc être systématiquement protégée par une ultrafiltration ou une microfiltration en amont.

La filtration rapide

→ L'ESSENTIEL

La granulométrie du matériau, la hauteur de matériau, les lavages des filtres, le débit des eaux de lavage, l'état des buselures, le respect du temps de chaque étape du lavage, le suivi annuel des pertes de matériaux.

Paramètres traités

MES, floccs formés après coagulation, MES après oxydation du Fe, Mn, CaCO_3 , dans tous les cas le traitement de filtration n'enlève que des MES.

La filtration suit systématiquement un traitement de clarification physico-chimique ou déferrisation, démanganisation, décarbonatation. La filtration peut être un support biologique pour l'élimination du Fe, Mn, NH_4 , NO_3 ,...

Paramètres particuliers traités en filtration :

- Oxydes et hydroxydes de fer et manganèse en déferrisation²⁴, démanganisation²⁵
- Carbonate de calcium en décarbonatation²⁶
- Adsorption pour les filtres à charbon actif ou à adsorbants sélectifs: MnO_2 , Oxy hydroxyde de fer (GEH), alumine activée

→ Le traitement n'enlève en aucun cas les matières solubles ou colloïdales ! La filtration directe sur sable d'eau de surface ou influencée par des eaux de surface, sans ajout de réactif en amont, n'a aucun effet sur les colloïdes et le cryptosporidium, les virus... Il n'arrête que les MES (> 10 μm).

²³ En l'occurrence, la nanofiltration ne retiendra pas tous les pesticides

²⁴ Voir la fiche 13 Déferrisation

²⁵ Voir la fiche 14 Démanganisation

²⁶ Voir les fiches 17 et 9 relatives au traitement de la dureté de l'eau

Mode de fonctionnement - Étapes

Types de Filtration rapide :

- Filtration de surface: "cake filtration" (filtre à sable de taille effective 0,3 à 0,4 mm)
- Filtration en profondeur: "deep filtration" (0,9 à 1 mm)
- Filtre à encrassement : niveau d'eau variable
- Filtres à niveau d'eau constant
- Filtre gravitaire
- Filtre ascendant
- Filtre horizontaux
- Filtre en pression
- Filtre multicouches

→ Pour les eaux de surface ou des eaux influencées par des eaux de surface, la turbidité de l'eau en sortie de chaque filtre doit être < ou égale à 0,5 NFU.



→ **LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES**

Paramètres importants :

- La qualité de l'eau à filtrer en entrée de filtration (Turbidité < 2 à 3 NFU)
- La vitesse de filtration (maximum entre 5 et 10 m³/m²/heure)
- Les matériaux filtrants utilisés (média)
- Le nombre de couches de matériaux différents
- L'équi-répartition de l'eau sur les filtres (éviter les passages préférentiels où la vitesse maximale de circulation ne serait plus respectée- et le temps de séjour de l'eau au travers du filtre)
- La turbidité de l'eau ne se dilue pas. Attention on ne peut utiliser la dilution que pour des paramètres chimiques. On ne dilue pas un pathogène.

Les éléments de caractérisation des matériaux filtrants ou média filtrant

- La composition du matériau
- La granulométrie définie par :
 - Taille effective
 - Coefficient d'uniformité
 - Densité apparente : mini, maxi (permet d'avoir la porosité)
 - Densité réelle
 - Dureté, friabilité
 - Résistance à l'acide (on filtre souvent des eaux agressives)
- Matériaux spécifiques (charbons actifs par exemple) :
 - Surface spécifique
 - Indices d'adsorption spécifique
 - Dureté (dans des filtres à sable où le média a été remplacé par du CAG²⁷, dans ce cas le charbon est un charbon spécifique - dur - propre à une utilisation en premier étage)

Ces éléments sont précisés par le constructeur et garantissent, en théorie, les performances de la filtration. Un renouvellement du média doit nécessairement respecter ces dispositions.

²⁷ CAG charbon actif en grain

Le respect des garanties d'une filtration se mesure notamment grâce à la turbidité de l'eau de sortie => grâce au pilotage par turbidimètre.

→ SURVEILLANCE EN PHASE D'EXPLOITATION

- Les paramètres de déclenchement du lavage :
 - La mesure de perte de charge entre l'amont et l'aval du filtre : la dépression mesurée à l'aide de manomètres => Entretien des capteurs
 - La turbidité de l'eau filtrée: à assurer par filtre ou sur l'eau filtrée générale. La mesure s'effectue à l'aide de turbidimètres => Entretien des capteurs et connecteurs
 - Le temps de fonctionnement (l'asservissement des lavages est généralement piloté par la perte de charge ET le temps de fonctionnement ou le volume d'eau traité par filtre)
 - La quantité d'eau filtrée => Vérifier les compteurs
- Les lavages à contre courant : ils sont effectués par injection
 - D'une succession d'air (détassage ou décolmatage de surface), puis d'un mélange air+eau (nettoyage), puis d'eau seule, suivi d'une phase de maturation
 - L'étape de rinçage est primordiale et doit être suffisamment longue pour que la totalité de l'air contenue dans le filtre soit éliminée. A défaut, le maintien de poches d'air dans le filtre crée des zones où la filtration ne peut pas se faire (filtre en embolie). En d'autres termes, la transparence des eaux de lavage ne suffit pas à considérer le rinçage suffisant
 - D'une succession d'air, puis d'eau, suivi d'une phase de maturation.
 - Vérifier les débits d'eau et d'air de lavage (la performance du lavage va dépendre du respect des valeurs de ces débits respectifs), le temps de lavage pour chaque étape => Entretien maintenance
 - Vérifier les pertes de matériaux filtrants: lors des lavages, inévitablement une partie (faible) des matériaux peut être entraînée par le courant, le contrôle de la hauteur résiduelle de média est nécessaire pour garantir les performances du filtre => entretien maintenance. Les filtres sont (doivent être) rechargeables
- Vérifier l'équi-répartition de l'eau sur les filtres, au niveau individuel (filtre par filtre) et général (sur l'ensemble des filtres fonctionnant en parallèle)
- Vérifier que les buselures ne soit pas détériorées. Ceci est facile à vérifier pour les filtres à air, mais plus difficile pour les filtres sous pression
 - **Remarque pour tous les systèmes** : s'il y a un risque de prolifération d'algues, les ouvrages doivent être couverts (bâche ou structure couverte). Mais attention, lorsque l'ouvrage est recouvert d'une bâche, on perd toute possibilité de vérifications visuelles



La filtration sur charbon actif en grain

→ L'ESSENTIEL

Le choix du charbon actif, son mode d'activation, son temps d'utilisation, le respect des étapes de lavage notamment la prise en compte de la température de l'eau en période froide, la gestion des arrêts des filtres, la teneur en micropolluants organiques à éliminer (notamment lors de pollution accidentelle).

Paramètres traités

Le domaine de prédilection de la filtration des CAG est l'élimination des micropolluants organiques, d'autres phénomènes peuvent cependant se produire au sein des filtres :

- Activité biologique : réduction du CODB²⁸ biodégradable (par le développement de souches bactérienne sur le média filtrant), nitrification (fiche n°16), oxydation biologique du Mn (fiche n°14),...
- Rétention des métaux toxiques sous forme d'hydroxydes (mercure, plomb, cuivre, argent,...) à condition que le charbon soit activé thermiquement et que le pH soit basique à l'interface eau-charbon
- L'absorption (charbon actif) de certains micropolluants

Mode de traitement

- Adsorption sur les matériaux
- Les charbons sont à régénérer avant saturation

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Paramètres importants :

- Vitesse de filtration : le constructeur garantit la performance de la filtration sur une plage de vitesse de l'eau au sein du filtre à respecter impérativement
- Épaisseur du charbon (épaisseur du média filtrant)
- Âge du charbon dans le filtre : les charbons saturent au-delà d'une durée qui dépend de la concentration des matières à éliminer contenues dans l'eau brute et du débit d'eau à traiter. Au-delà de cette durée limite (fixée par le constructeur), les charbons sont soit régénérés (leur nouvelle durée d'usage est alors écourtée) soit renouvelés
- Durée des arrêts des filtres à charbon actif : tout arrêt prolongé au sein d'un filtre à charbon actif recouvert d'une flore bactérienne peut générer une dénitrification aérobie et provoquer la présence de nitrites (NO_2^-) dans l'eau traitée au redémarrage de l'installation. Dans la mesure du possible, en période d'arrêt d'un filtre, il est préconisé d'y maintenir une circulation de l'eau, en by-pass avec le fonctionnement de l'usine. En période de maintenance, il faut vidanger ces filtres
- Influence de la qualité micro biologique de l'eau : l'adsorption étant exothermique, il a été signalé la multiplication de germes thermo-tolérants, ce qui explique des phénomènes de pré-oxydation dans certaines installations. Il y a alors possibilité de placer une unité d'ozone en amont, ou une installation de traitement au UV en aval
- Température de l'eau : le traitement sur charbon permet également un traitement des matières organiques inévitablement influencé par la température
- Les charbons ne traitent que les micropolluants apolaires dont le log du coefficient de partage, au pH de l'eau, est supérieur à 1,5 – 2



²⁸ Carbone organique dissous biodégradable



- La filtration sur CAG peut s'avérer problématique pour des petites installations dont le fonctionnement est intermittent et dont la température de l'eau est supérieure à 15° : pour tout arrêt de l'usine d'une durée supérieure à 3 ou 4 heures, il existe un risque de colonisation des filtres par les bactéries. Cette colonisation va consommer l'oxygène de l'eau et conduire à une dénitrification et à la remise en solution de manganèse. En conséquence au redémarrage de l'installation, l'eau contiendra des nitrites qui inhibent la chloration. Il n'y aura donc pas de désinfection au redémarrage (durant 2 à 3 heures) tant que des nitrites seront présents dans les eaux traitées. Le manganèse sera réoxydé par le chlore et ne précipitera que dans le réseau.

Caractéristiques du charbon actif

- Origine et type d'activation du charbon actif en grain
- Densité réelle et apparente du charbon actif en grain
- Surface spécifique
- Friabilité
- Période au-delà de laquelle le renouvellement ou la régénération du charbon actif est à prévoir

Le constructeur doit préciser impérativement dans les règles d'exploitation les paramètres déclencheurs de la régénération ou du renouvellement, notamment :

- Le temps de fonctionnement des filtres
- Le nombre de mètres cubes d'eau filtrée
- Le suivi de paramètres spécifiques : COT, absorption UV, indice de fluorescence, précurseurs d'haloformes, seuils de goût, molécules spécifiques.
- La prise en compte de la biodégradation et de la sélection bactérienne (la flore bactérienne qui se développe sur le charbon actif au regard de la qualité de l'eau brute, des vitesses d'écoulement, de la nature du charbon, des conditions de température et du taux d'oxygène dissous dans l'eau...) doivent permettre la biodégradation des matières organiques en phase de post oxydation
- Le lavage des filtres se fait avec des eaux traitées et désinfectées
- Comme le charbon a une densité apparente de 0,2 - 0,3 à 0,6, la vitesse de l'eau de lavage (à contre-courant) doit être adaptée à la température de l'eau. En hiver, les débits des eaux de lavage seront réduits
- Lorsque la température de l'eau est supérieure à 15°, il y a un risque de colonisation des filtres par des animalcules : Nais, Amibes, Nématodes Aselles, Gammarets,... il faut augmenter la fréquence de lavage des filtres
- Le Conseil Supérieur d'Hygiène public de France avait proposé pour les eaux contenant des pesticides, une régénération du charbon tous les 12 à 18 mois

²⁹ La microfiltration est très peu utilisée, à ce jour, il n'y a plus de membrane agréée par le ministère de la santé.

La filtration sur membranes : Ultrafiltration²⁹

→ L'ESSENTIEL

Le choix des membranes, le suivi du vieillissement, la gestion des arrêts de cette étape de filtration, l'incompatibilité avec la présence dans l'eau de polymère (adjuvants de floculation), la turbidité de l'eau à traiter.

Cette étape n'est pas reconnue comme une étape de désinfection physique.

Paramètres traités

- MES, les colloïdes organiques et minéraux
- Organismes pathogènes : les virus, les bactéries et les parasites
- Grosses particules (en ultrafiltration, le point de coupure³⁰ est de 10 à 20nm).

→ Comme il est impossible de détecter un "défaut" de la membrane de la taille d'un virus libre, l'ultrafiltration n'est pas reconnue par le Ministère de la santé comme une étape de désinfection physique, néanmoins elle joue un rôle très important sur l'efficacité de la désinfection chimique qui suit puisque l'ultrafiltration retient mieux les microorganismes les plus résistants à la désinfection.

→ La nano-filtration quant à elle, n'est pas adaptée à la rétention des MES et colloïdes. Elle ne retient sélectivement que certaines molécules solubles : les éléments minéraux divalents (calcium, Mg, SO₄, strontium, baryum...) certains micropolluants organiques (la rétention dépend beaucoup du point de coupure de la membrane, de sa polarité et de celle de la molécule à retenir³¹, 100 000 à 200 000 Daltons).



Mode de traitement

Le traitement des eaux karstiques ou le traitement des eaux influencées par les eaux de surface sont le domaine de prédilection de l'ultrafiltration. La filtration sur membrane reste une technique accessible pour les collectivités car les modules des membranes présentent aujourd'hui des durées de vie de 8 à 10 ans ; en outre la technicité requise est finalement limitée, on ne gère que des pressions.

→ La filtration au charbon actif en grain (CAG) est parfois suivie d'une ultrafiltration pour éviter le passage en distribution de fines colonisées par des microorganismes (lors de la remise en filtration après la phase de lavage à contre-courant des filtres à CAG) qui ne seront pas désinfectées.

→ L'ultrafiltration peut être placée en aval d'un traitement au charbon actif, afin de retenir les *Animalcules* et les fines libérées lors de remises en marche des filtres après lavage.

→ Attention, l'ultrafiltration utilisée après un réacteur à CAP peut poser des problèmes si des polymères de synthèses sont utilisés pour la séparation CAP/eau. Dans ce cas il faut impérativement une étape de filtration sur sable entre le CAP et l'ultrafiltration (fiche 8-2).

³⁰ La taille d'un virus est d'environ 25,5nm, en fonction du type de filtration, seules les bactéries seront retenues par les membranes, une chloration s'imposera alors pour tuer les virus qui passeraient au travers du dispositif.

³¹ Par exemple le Diuron s'est avéré impossible à traiter par nanofiltration



RÉDUCTION DE LA DURETÉ DE L'EAU

→ L'ESSENTIEL

Le choix des résines, la gestion des arrêts, le devenir des eaux de régénération, le mode de désinfection, la qualité de l'eau à traiter, le type de régénérant.

Adoucissement par résines cationiques

Paramètres traités

Ca²⁺ et Mg²⁺

Mode de fonctionnement - Étapes

Voir fiche 17 Résines échangeuses d'ions.

La résine cationique échange ses ions Na⁺ contre les ions Ca²⁺ et Mg²⁺. Le TH de l'eau obtenue devient nul, elle est donc corrosive. On régénère la résine par ajout d'une solution de NaCl.



→ Ce type de traitement ne produit aucun déchet solide, il convient bien aux petites stations de traitement et peut s'effectuer sous pression. En revanche les effluents liquides sont à gérer.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Traitement :

- L'eau après échange sodique est agressive : TH < 8° fr
- Afin d'éviter les phénomènes de corrosion métallique des canalisations de transport, il faut que le titre hydrotimétrique TH final soit > 15° fr. Les installations sont composées d'un "by-pass" mélangeant les eaux traitées avec des eaux non traitées, l'eau traitée n'est jamais mise en distribution directement

Entretien :

- Il faut envisager le devenir des régénérats (eaux utilisées pour la régénération des résines)
- Il faut procéder à un rinçage et une régénération des résines pour éviter la saturation de la résine dès que l'installation présente
 - Un temps de stagnation > 2 jours pour une température 18°C < t < 25°C
 - Un temps de stagnation > 3 jours pour une température 12°C < t < 18°C
- En outre, en cas de longue stagnation (> 5 jours) ou d'une contamination de l'eau influente, il faut prévoir des régénérations et désinfections de l'eau et de l'installation de traitement ;
- Ces résines sont très sensibles à la présence de fer ferreux (Fe²⁺) dans l'eau (le fer divalent est piégé sur la résine et inhibe son rôle d'échange).



→ L'ESSENTIEL

Le pH, la qualité de l'eau à traiter, le type de réacteur utilisé, le temps de réaction
Avant la filtration, l'eau doit être rendue agressive par abaissement du pH (environ 7,5).

Décarbonatation à la chaux ou à la soude

Paramètres traités

TCa, TMg, TAC (carbonates et bicarbonates)

Une décarbonatation à la chaux s'accompagne d'une réduction appréciable de la plupart des métaux lourds (à l'exception du Cr(VI) et du Hg organique), par exemple : Baryum (avec la chaux), Strontium, Nickel (Ni), cobalt (Co), fer (Fe), manganèse (Mn), chrome trivalent (Cr III), cadmium (Cd), cuivre (Cu), mercure (Hg), plomb (Pb) Arsenic (As), antimoine (Sb), sélénium (Se).

Mode de fonctionnement - Étapes

Le traitement consiste à ajouter de la chaux ou de la soude pour former du carbonate de calcium, de strontium, de baryum et à filtrer (sur du sable ou un filtre bicouches, voir fiche 8-3 Filtration).

Le traitement se fait à **pH à basique** (injection de chaux ou de soude) pour déplacer l'équilibre calco-carbonique, afin de former des carbonates (CO_3^{2-}) et précipiter le carbonate de calcium (CaCO_3) ou oxyde de magnésium ($\text{Mg}(\text{OH})_2$).

Le traitement se compose de différentes étapes :

- Remontée du pH :
 - pH > 8,3 pour une précipitation du Ca^{2+}
 - pH > 10,5 pour une précipitation de Mg^{2+}
- Passage dans un réacteur de décarbonatation :
 - Système classique, dans lequel il y a une précipitation sans ajout de catalyseur, la réaction est alors plus lente
 - Système catalytique à micro sable ou lit fluidisé de sable (qui sert de support pour la précipitation du carbonate de calcium)
- Abaissement du pH à 7,3 – 7,5 (par injection d'acide sulfurique). L'eau doit être agressive pour éviter une prise en masse du massif filtrant (du fait de la réaction de précipitation, lente, qui continue dans le filtre qui suit cette étape du traitement)
- Filtration sur sable
- Remise à l'équilibre calco-carbonique de l'eau (en remontant le pH)

i

→ La décarbonatation à la chaux ou à la soude, génératrice d'un pH élevé, est favorable à l'élimination du fer. Ainsi la précipitation du carbonate ferreux ou manganoux est pratiquement totale à pH > 8,3 et celle de l'hydroxyde ferreux ou manganoux à 10,5. Une décarbonatation partielle à pH 8 peut entraîner une déferrisation totale.

→ Ce processus complexe est inadapté à de petites unités de production.



→ **LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES**

- Afin d'éviter la corrosion des canalisations métalliques et pour que l'eau ait un goût agréable, il est indispensable que le **TAC et le TH soient $\geq 8^{\circ}\text{f}$**
- Des purges régulières des appareils de décarbonatation sont nécessaires pour évacuer les germes de cristallisation
- Attention, s'il y a présence de baryum (Ba) dans l'eau, seule la décarbonatation à la chaux est efficace pour former le carbonate de baryum. Un pH supérieur à 11 est alors nécessaire
- En cas d'utilisation de la soude, attention à l'échange calcium – sodium. La soude ne peut être utilisée que lorsque la concentration en calcium est supérieure à la concentration en bicarbonate ($\text{TCa} > \text{TAC}$)
- Le magnésium (Mg) ne précipite pas sous forme MgCO_3 mais $\text{Mg}(\text{OH})_2$, il faut alors un pH de 10,5 en augmentant la dose de réactif (soude ou chaux) en tête du traitement. Mais attention, à ce pH, l'élimination du calcium n'est que partielle, il y a persistance de calcium dans l'eau sous forme de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hydroxyde de calcium.



LE TRAITEMENT DE MINÉRALISATION - NEUTRALISATION

→ L'ESSENTIEL

Le pH, le type de calcaire, le temps de séjour, le taux de minéralisation désiré, le lavage et la recharge des filtres

Minéralisation sur calcaire

Paramètres traités

TAC et TCa

Mode de fonctionnement - Étapes

L'eau agressive ou rendue agressive transite dans des filtres (à pression atmosphérique ou sous pression) remplis de calcaires en grains qui sont progressivement consommés (calcaires terrestres concassés,...).

Le Mearl (calcaires marins utilisés autrefois) ne peut plus être utilisé pour cet usage.

→ Ce processus est très adapté aux petites unités de production (les lavages sont généralement effectués à une fréquence hebdomadaire).



Calcaire dans lequel l'eau circule



→ Le traitement ne nécessite pas d'automatisme, les niveaux de calcaire résiduel peuvent être surveillés à l'œil nu (en fonctionnement à surface libre).

Le calcaire est livré en big bag ou ensaché, l'installation doit permettre son stockage.

→ La surveillance de l'installation (et notamment le respect de l'équilibre de l'eau) est généralement assurée par une mesure continue du pH. Certaines installations sont toutefois équipées d'une simple mesure de la conductivité.

Mesures de la performance du traitement

La mesure de la performance du traitement s'évalue par la mesure du TAC et TH de l'eau

→ **LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES**

- Le dispositif ne convient pas à des eaux chargées en acides humiques (eaux colorées), en fer ferreux (Fe^{2+}) ou manganèse (Mg^{2+}), lesquels peuvent précipiter au sein des filtres et ainsi limiter la dissolution du calcaire (donc la performance de l'installation). Il est nécessaire de procéder à leur élimination en amont de la filière (voir fiche 13 Dégrossissement, fiche 14 Démanganisation et fiche 8-1 ou 11 pour les acides humiques)
- Les calcaires injectés ne sont pas d'une pureté irréprochable, les eaux peuvent donc être contaminées du point de vue microbiologique en cours de filtration. Une désinfection est donc impérative à l'aval de ce procédé
- Les calcaires sont également source de turbidité dans l'eau, notamment lorsque la ressource présente des débits fluctuants dans l'année (en période d'étiage par exemple), et peuvent générer des dépôts en canalisation en cas de débit de transit très inférieur au débit nominal de la station de traitement
- En fin de traitement, l'eau peut nécessiter une remise à l'équilibre calco-carbonique (en fonction notamment de la concentration en CO_2 résiduelle, laquelle varie en fonction de l'activité bactérienne dans le sol)
 - Des installations comprennent également un dégazage complémentaire pour éliminer l'excès de CO_2 : le stripping, les chutes sont des procédés simples généralement proposés dans de petites installations
 - D'autres installations permettront un ajout de CO_2 , par injection d'air dans l'eau
- L'injection de soude nécessite impérativement une injection avec de la soude diluée à l'eau adoucie. Dans le cas contraire, la soude se cristallise immédiatement en aval de l'injection et obstrue la canalisation
- Les filtres doivent être régulièrement débarrassés des fines résiduelles (notamment avant de renouveler ou compléter la garniture). Ils sont donc conçus pour permettre des rétro lavages (eau circulant à contre-courant transitant par le massif de calcaire). Les eaux sales sont ensuite évacuées et éliminées. Les eaux de lavage doivent être correctement évacuées au risque de voir se développer des microorganismes au sein de la garniture, qui entre deux lavages, se décomposent (consomment l'oxygène puis fermentent) et peuvent générer des émanations d' H_2S lors du lavage :
- Dans des bacs à neutralite, des exploitants signalent la présence de vers rouges (qui peuvent venir de la ressource : une source dans le cas cité) : les séquences de lavage doivent donc permettre l'élimination des fines chargées de ces vers après détassement du calcaire, mais aussi leurs œufs. À noter que si le chlore injecté en aval désinfecte l'eau, il ne la stérilise pas. Pour éliminer (et tuer) ces œufs, il faudrait assurer une chloration à 2g/l. Cette situation concerne également les eaux de surface, qui peuvent contenir l'Aselles, des crevettes (0,5 cm), mais dans ce cas, une filtration est nécessaire (fiche 8-3 Filtration)
- Attention aux changements de minéralisation (du fait d'un changement des calcaires par exemple), il se forme des couches différentes qui n'adhèrent pas les unes aux autres, le dépôt devient vite mobilisable, et provoque des bouchages à chaque coup de bélier, notamment au niveau des compteurs (risque de mise en suspension par vibration, circulation)
- Afin d'éviter la corrosion des canalisations métalliques, il est indispensable que le TAC et le TH soient $\geq 8^\circ f$





Injection d'eau de chaux (ou lait de chaux)

Mode de fonctionnement - Étapes

L'injection d'eau de chaux³² et de CO₂ permet la formation bicarbonate de calcium. Le temps de contact est généralement de 2 à 8 minutes. Cette étape est suivie d'une clarification et d'une filtration.

- Cette méthode est dédiée aux grandes unités de production. De telles installations nécessitent une gestion fine qui à défaut d'être assurée, génère des dépassements récurrents de l'équilibre calco-carbonique et de turbidité.
- Ce procédé a l'avantage de n'apporter aucun ion parasite (sous réserve de la pureté de la chaux).



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Fiabilité des appareils de dosage des réactifs

³² L'eau de chaux est une solution saturée d'hydroxyde de calcium. Le lait de chaux est une solution en excès d'hydroxyde de calcium non dissous.

LA DÉSINFECTION

→ L'ESSENTIEL

La turbidité de l'eau à traiter, les microorganismes à éliminer, les temps de contact (physique ou chimique), les doses de désinfection (physique ou chimique), le choix du mode de désinfection, la nécessité d'avoir un effet bactériostatique, la maîtrise des sous-produits de désinfection.

"On ne désinfecte que ce qui est PROPRE"

La turbidité de l'eau à désinfecter est un paramètre primordial :

- Respecter une turbidité de 0,5 NFU pour les eaux de surface ou influencées par des eaux de surface
- Respecter une turbidité de 1 NFU pour des eaux souterraines vraies (sans influence des eaux de surface)

-  Dans le domaine de la bactériologie, les méthodes actuelles ne permettent qu'une mesure simultanée des bactéries vivantes et mortes. Il n'est pas encore possible de distinguer les bactéries vivantes des mortes, à moins de disposer d'un milieu de culture pour quantifier les bactéries vivantes (qui s'y reproduiront) mais cette méthode nécessite du temps.
- Certains dispositifs à mesure rapide sont toutefois utilisables pour détecter la présence de bactéries (vivantes ou mortes) en aval d'une ultrafiltration parce qu'elle les arrête physiquement (la mesure permet de confirmer l'absence de bactérie, notamment les vivantes). En revanche, ces méthodes sont inexploitable en traitement au chlore seul ou par lampe UV, les bactéries restent toutes présentes dans l'eau, elles seraient énumérées sans distinguer les bactéries vivantes des mortes.
- Enfin, en sortie d'usine, si le traitement n'est pas suffisant et ne tue pas ces bactéries, elles sont stressées. Or, des bactéries stressées en sortie d'usine se multiplieront en réseau.

Désinfection chimique au chlore ou aux hypochlorites (eau de javel ou HTH)

→ L'ESSENTIEL

La désinfection au chlore s'évalue sur le seul paramètre chlore libre, le pH, la température de l'eau, le type de microorganismes à éliminer, le résiduel de chlore libre après un temps de contact réel donné, la qualité de l'eau (turbidité, présence d'ions ammonium, matières organiques...), le rapport chlore libre/chlore total, contrôler les capteurs de mesure.

Le chlore a aussi une action bactériostatique dans le réseau de distribution.

Paramètres traités

Bactéries et certains virus.

Mode de fonctionnement - Étapes



Injection de chlore gazeux (Chloromètre)



Injection de chlore, de solution d'hypochlorite dans l'eau à traiter, en s'assurant d'une concentration de 0,5 mg/l de chlore libre durant 30 minutes de contact. Selon les conditions de température, pH et qualité de l'eau à traiter, cette concentration peut être supérieure ou inférieure.

Le chlore se présente et se stocke généralement sous forme gazeuse, mais lorsque les installations ne le permettent pas, l'usage d'eau de javel (hypochlorite de sodium) sous forme liquide ou en galet (hypochlorite de calcium : HTH) convient notamment aux installations isolées (sous réserve de vérifier qu'ils sont compatibles à l'usage en eau potable et de surveiller leur date de péremption).

La chloration par galets (HTH), peut faire l'objet d'un protocole écrit par réservoir. La dilution est calculée par des mesures de chlore résiduel en sortie d'ouvrage, elle dépendra de la température de l'eau et de la turbulence dans le réservoir et permettra de fixer le nombre de galets à disposer ou la fréquence de leur renouvellement. A minima, un contrôle hebdomadaire est jugé nécessaire.

À noter que certains exploitants évoquent l'utilisation de paniers inox où sont disposés les galets. En l'occurrence, depuis l'adoption de ce dispositif, une collectivité s'est affranchie des problèmes de non conformités (et le point de prélèvement concerné ne fait plus l'objet de suivi renforcé à la demande de l'ARS).



Injection d'une solution de javel par pompe doseuse

Mesures de la performance du traitement

Une mesure du chlore libre résiduel doit être effectuée au point de mise en distribution, c'est le seul moyen de vérifier que la désinfection est "effective".

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- La turbidité de l'eau : la turbidité est un signe de dégradation de la qualité de l'eau, une turbidité forte entrainera une consommation du chlore résiduel en réseau et la protection des microorganismes à détruire
- La teneur en ions ammonium : en présence d'ammonium il se forme des chloramines dans l'eau, très mauvais désinfectant et source d'odeur
- La concentration en chlore et le temps contact donné
- La demande en chlore de l'eau (voir ci-dessous)
- Le potentiel de formation d'haloformes (formation de chloroforme, bromoforme, etc.) doit être maîtrisé en milieu basique
- La maîtrise des sous-produits de la désinfection d'une manière générale
- Le pH de l'eau
- La température de l'eau (l'efficacité de la désinfection croît avec la température et décroît fortement sous les 6°C)
- La concentration ou le temps de contact seront ajustés en fonction du types de microorganismes à détruire (bactériologie, virologie..)
- La concentration ou le temps de contact seront ajustés au nombre de micro organismes à détruire

→ Pour que la désinfection soit totalement efficace, il convient de maintenir un résiduel de désinfectant dans l'eau distribuée jusqu'au robinet du consommateur (0,1mg/l). La chloration est à contrôler et à corriger en continu, pas uniquement lorsque l'ARS constate l'absence de réactifs,....

Le chlore est une source de plainte pour les usagers qui ne tolèrent pas toujours son odeur et son goût rémanent dans les eaux distribuées. Il représente toutefois la meilleure garantie possible d'une désinfection de l'eau jusqu'au point de distribution.

Le chlore gazeux et les solutions d'hypochlorites peuvent produire des composés organochlorés (potentiellement cancérigènes) en cas de présence importante de matière organique.

→ La solution d'hypochlorite doit être conservée à l'abri de la lumière et de la chaleur, dans un récipient fermé. Sans respect de ces conditions, la concentration en chlore actif peut décroître. Plus la concentration est élevée, plus la solution se dégrade rapidement.

→ Procéder à une injection de chlore en secours ne protège pas contre le risque de contamination de l'eau : d'une part il faut disposer d'un stock et s'assurer qu'il est utilisable à la date où le besoin apparaît, d'autre part avant de mettre en œuvre l'injection, l'eau qui aura transité présentera probablement des non conformités qui, une fois en réseau, ne sont plus contrôlables.

→ SURVEILLANCE EXPLOITATION

Il est normal que la concentration résiduelle en chlore diminue en réseau de distribution, les biofilms qui se forment sur les revêtements intérieurs des canalisations consomment une partie du chlore résiduel. Mais une consommation anormale (forte diminution, voire absence de chlore résiduel) est un signe manifeste d'une pollution de l'eau et nécessite une recherche de la source de pollution et la mise en œuvre d'action corrective immédiate de l'exploitant. La consommation en réseau augmente quand il comporte des zones de stagnation de l'eau.

La procédure généralement adoptée sur de petites installations consiste en respecter une chloration de 0,3 mg/l en chlore et javel, la chloration est effectuée en entrée de réservoir sous réserve de mesurer le temps de contact, prendre en compte l'éventuelle présence de chicanes et mesurer le chlore résiduel en sortie de réservoir.

→ **AVANTAGES**

La désinfection au chlore est applicable à de petites installations, sous réserve de communiquer auprès des élus parfois hostiles (parce que les abonnés se plaignent) à ce mode de désinfection.

Or une concentration de chlore à 0,1 mg/l, n'est pas détectée par l'abonné, en revanche une variation du taux de chlore sera tout de suite détectée (la sensibilité est liée à la variation du goût)

En outre, le taux de chloramines influence la sensation de goût et génère des réactions des abonnés.

À noter qu'en présence d'ammonium dans l'eau (1 mg/l NH_4 consomme 10 mg/l de chlore), elle peut présenter une forte concentration de chloramines (et si l'eau est froide, il s'agira de trichloramines).

Désinfection chimique à l'ozone

→ **L'ESSENTIEL**

Le type de microorganismes à éliminer, le résiduel d'ozone après un temps de contact réel donné, la qualité de l'eau (température, turbidité, présence d'ions bromure, matières organiques...), contrôler les capteurs de mesure.

L'ozone n'a pas d'action bactériostatique dans le réseau de distribution.

Paramètres traités

Bactéries, protozoaires kystes et virus.

Mode de fonctionnement - Étapes

L'ozone est un gaz à produire sur place. Le traitement par désinfection à l'ozone va consister à mettre en contact (diffuser) l'ozone dans l'eau au travers de réacteurs. L'ozone va détruire³³ les microorganismes présents dans l'eau.

Les systèmes de traitement de l'eau par ozonation se composent de quatre éléments principaux :

- Une unité d'alimentation en gaz
- Un générateur d'ozone
- Un bassin de mélange
- Une unité de traitement des effluents gazeux

La concentration d'ozone à atteindre est généralement de 0,4 mg/L après 4 minutes de contact réel. Ces valeurs sont à ajuster en fonction du type de micro-organismes à détruire et de leur nombre.

³³ L'oxydation et la désinfection à l'ozone consommeront plus d'ozone qu'une préoxydation (fiche 8-3) : elles nécessitent des temps de contact plus importants.

Mesures de la performance du traitement

La performance est évaluée au regard de l'abattement des microorganismes en évaluant l'ozone résiduel sous réserve toutefois de maîtriser la turbidité et le pH pour éviter la formation de bromates, surtout si la température dépasse 15°C.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- La turbidité de l'eau (les MES réduisent le rendement de l'oxydation, en protégeant les micro-organismes à éliminer)
- La demande en ozone de l'eau (l'ozone reste un traitement onéreux)
- Le potentiel de formation de bromates
- Le pH de l'eau (en présence de pH basique, le rendement de la désinfection décroît)
- La température de l'eau (la désinfection croît avec la température)
- La qualité de l'eau à traiter : l'eau ne doit pas contenir de Mn^{2+} sous peine de donner à l'eau une couleur rose, puis brune avec la précipitation de MnO_2 . Cette remarque s'applique particulièrement à la post-ozonation, située en fin de chaîne de traitement

→ Une adsorption au charbon actif en post ozonation est conseillée.

- La qualité de l'eau post traitement :
- L'ozone ne devrait pas être la dernière étape du traitement, sous peine de contaminer l'eau traitée en molécules organiques dissoutes et biodégradables
- L'ozone n'est pas rémanent dans le réseau de distribution d'eau. Une légère injection de réactifs chlorés ou dioxyde de chlore est nécessaire en aval du traitement (ou en réseau) pour maintenir un oxydant résiduel jusqu'aux points de distribution

Désinfection chimique au bioxyde de chlore

→ L'ESSENTIEL

Le pH, la température de l'eau, le type de microorganismes à éliminer, le résiduel de bioxyde de chlore après un temps de contact réel donné, la qualité de l'eau (turbidité, matières organiques...), la surveillance du taux de chlorites formés sortie usine et dans le réseau de distribution, contrôler les capteurs de mesure.

Le bioxyde de chlore a aussi une action bactériostatique dans le réseau de distribution.

Mode de fonctionnement- Étapes

Le dioxyde de chlore peut être fabriqué en usine, à partir de chlorite en poudre ou en solution.

La concentration de bioxyde de chlore résiduel est généralement comprise autour de 0,01 à 0,25 mg/l pour 30 minutes de contact réel.

À noter, que le choix de la désinfection au bioxyde de chlore est parfois justifié (notamment par des élus) pour des raisons olfactive et gustative, au regard des plaintes des abonnés. En outre, l'efficacité d'une désinfection par injection de chlore est comparable à celle d'une désinfection au bioxyde (le bioxyde de chlore évite aussi l'apparition de THM). A pH > 8, le bioxyde de chlore donne cependant de meilleurs résultats.

Mesures de la performance du traitement

Par la concentration de bioxyde de chlore dans l'eau et le contrôle de la formation de chlorites.



→ Le bioxyde de chlore est plus onéreux mais évite la formation de composés organochlorés (contrairement au chlore gazeux et solution d'hypochlorite) et autres sous-produits. Il libère cependant des ions chlorites.

Il ne transforme pas les ions bromures en ions bromates (BrO_3^-).

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- La turbidité de l'eau
- La demande en bioxyde de chlore de l'eau
- Le potentiel de formation d'ions chlorite
- Le pH de l'eau : Le dioxyde de chlore est efficace dans une gamme de pH pouvant aller de 5 à 9
- La présence de COT favorise la formation des chlorites, le bioxyde de chlore se décompose d'autant plus qu'il y a du COT ; en cas de désinfection au bioxyde de chlore d'une eau de surface, le rendement du traitement amont (notamment sur les COT par exemple par une préozonation - fiche 8-2 et 8-3 avec coagulation/floculation/clarification) conditionne donc la qualité de la désinfection en aval
- La qualité de l'eau traitée :
 - Les chlorites et les chlorates sont les sous-produits de désinfection. Les concentrations limites autorisées en chlorites et chlorates sont à l'étude et pourraient être revues à la hausse (la valeur de 0,2mg/l, adoptée en France, correspond à la valeur limite initialement préconisée par l'OMS). Depuis l'OMS préconise une concentration limite de 0,7mg/l pour les chlorites et 0,7 mg/l pour les chlorates. La désinfection au bioxyde de chlore nécessite donc un pilotage fin pour garantir en permanence, en réseau, une concentration en chlorites inférieure à 0,2mg/l
 - Les exploitants pilotent généralement les installations avec un objectif de 0,25mg/l de bioxyde de chlore. La concentration en bioxyde de chlore doit donc être contrôlée en sortie usine mais également en réseau tout en garantissant une désinfection de l'eau jusqu'au point de consommation : les pratiques des exploitants varient, certains adoptent des concentrations de 0,8 et 0,9 mg/l au point de mise en distribution, d'autres régulent l'injection pour une valeur cible de 0,4-0,5mg/l afin de maintenir une concentration résiduelle en réseau de 0,25mg/l (des réinjections en réseau peuvent venir compléter le dispositif³⁴) - Une concentration de bioxyde 0,4-0,5mg/l au point de distribution peut conduire à la présence de chlorites à hauteur de 50% de la concentration initiale, soit dans ce cas, 0,2 mg/l en réseau- Ainsi toute régulation qui permet de réduire la concentration à 0,25-0,3mg/l en départ usine, limite l'apparition de chlorites en réseau. En revanche, tout ajout en réseau génère également des chlorites.



³⁴ Une collectivité avait fixé les valeurs consignes de cette régulation, au point de mise en distribution et aux points de réinjection à l'appui d'une modélisation de la décroissance sur le dioxyde de chlore.



→ Si au départ, le traitement est fait au bioxyde, tous les traitements du réseau qui suivent doivent être fait au bioxyde de chlore. Il y a des risques de réactions secondaires du chlore !

Désinfection physique par lampes UV

→ L'ESSENTIEL

**Le choix du type de lampe et du réacteur, la dose d'irradiation, la durée d'utilisation, la qualité de l'eau à traiter (turbidité, matière organique, fer, manganèse, minéralisation,...), la maintenance des lampes, la prise en compte des arrêts et redémarrage dans la vieillissement de la lampe, l'absence de désinfection au démarrage (10 minutes).
Les rayonnements UV n'ont pas d'action bactériostatique dans le réseau de distribution.**

Paramètres traités

Bactéries sous forme sporulée ou non, rotavirus et poliovirus et kystes de protozoaires.

Mode de fonctionnement- Étapes

L'eau à traiter est soumise à un rayonnement ultraviolet (UV) induit par des :

- Lampes à vapeur de mercure basse pression
- Lampes à vapeur de mercure moyenne pression

La dose d'irradiation appliquée dépend du type de micro-organismes à détruire et du nombre de micro-organismes à détruire, généralement une puissance 400 joules/ m² ou équivalent dose est préconisée pour les lampes moyenne pression.

Le traitement de désinfection par lampes UV n'est pas virucide (à moins d'adopter des lampes dont la puissance est de 1500J/m²). À 400J/m², leur rendement est jugé bon pour les bactéries et les parasites. À noter que nombre d'épidémies sont aujourd'hui générées par des rotavirus ou des adénovirus, mal traités par les UV.



→ Un traitement aux UV ne produit pas de sous-produits de désinfection.

Les lampes à basse pression ont une gaine de quartz bloquant les longueurs d'ondes inférieures à 230 nm. L'installation de capteurs pour chaque lampe à UV permet de suivre le vieillissement et détecter un arrêt.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- Les réacteurs UV moyenne ou basse pression doivent être agréés par le ministère chargé de la santé pour la désinfection de l'eau potable (et non la déchloramination - qui correspond à un agrément de piscine)
 - La turbidité de l'eau à traiter doit être $\leq 0,5$ NFU. Une installation ne peut être équipée de lampe UV sans mesures au préalable de la turbidité de l'eau (en tenant compte de la variabilité de la qualité de l'eau brute dans l'année)
 - La qualité de l'eau à traiter : il est important de traiter de l'eau non colorée et faiblement concentrée en fer et en turbidité, afin de garantir une bonne transmittance et éviter la salissure des lampes par des dépôts qui inhibent leur action alors qu'elles sont en état de fonctionnement
 - Teneur en fer < ou égale à 0,05 mg/l et en manganèse < ou égale à 0,02mg/l
 - Qualité de l'eau traitée : l'oxydation par UV n'est pas rémanente (en aval sur le réseau). Il est conseillé de la coupler avec une oxydation rémanente (une injection de chlore) en aval du traitement (ou en réseau) pour maintenir un taux de chlore résiduel en réseau jusqu'aux points de distribution
- Attention à ne pas surdimensionner l'installation par rapport aux besoins du traitement (coût du traitement)

Les lampes à UV chauffent quand elles sont traversées par un débit insuffisant, ou lorsque l'eau y dépose une pellicule de tartre (en fonction de sa dureté). Les conditions d'utilisation nécessitent alors une surveillance accrue (le pouvoir désinfectant des lampes en est affaibli). En conséquence, une minéralité et une dureté de l'eau trop fortes conduisent à proscrire une désinfection par lampe UV sur ces eaux brutes.

En outre, en période nocturne, la consommation en réseau peut inévitablement conduire à des débits insuffisants : il est alors recommandé d'ajouter une vanne de décharge, en aval de la lampe UV, permettant de l'alimenter en continu avec un débit minimal suffisant et d'en évacuer une partie (en débit perdu).

Enfin, une lampe UV ne doit pas être implantée en un point haut : l'air piégé risque de provoquer une surchauffe de la lampe. Dans une telle configuration une ventouse sera posée en génératrice supérieure de la canalisation alimentant la lampe.

La désinfection par lampe UV présente toutefois l'avantage, en sites difficiles d'accès (certains sites ne sont accessibles qu'à pied), d'éviter aux agents la logistique nécessaire à une désinfection au chlore (à savoir porter des bouteilles de 35 kg, ou des bidons de javel de 25 kg). Il faut cependant disposer d'une alimentation électrique fiable.

Par ailleurs, bien que les fournisseurs préconisent un renouvellement systématique des lampes au bout d'un certain nombre d'heures de fonctionnement, la surveillance des capteurs de lumière d'irradiation permet de détecter un défaut à une date antérieure.

Enfin, la désinfection à lampe UV est aisée à implanter en sortie de réservoirs de réseaux conséquents sous réserve toutefois de vérifier que la turbidité de l'eau le permette.



Les lampes UV des déchloramineurs ont une puissance 3 à 6 fois inférieure à celle nécessaire à l'eau potable



→ SURVEILLANCE EXPLOITATION

- La désinfection par UV n'est pas adaptée aux installations à fonctionnement intermittent, la lampe UV n'est efficace qu'au bout d'un certain temps après son démarrage (10 minutes environ, elle doit atteindre une température de 40°). En outre, chaque arrêt de l'installation crée une perte de durée de vie de la lampe (environ 1h à chaque fois).
- En réseau à fort linéaire, le risque de revivification des bactéries est non nul, le dispositif UV est en conséquence peu adapté.

Comparaison de l'effet germicide de différents traitements de l'eau

Exprimé en puissance de 10 abattement log.
log 1 = 0 = pas d'abattement

Procédé de traitement	Entero-bactéries	Entero-virus	Protozoaires kystes
Ozone 0,4 mg/l 10 mn	4 - 5	4 - 5	< 0,5
Chlore libre 1 mg/l 30 mn	4	4	0
Bioxyde de chlore 0,5 mg/l 30 mn	4	4 - 5	0
Filtration rapide sur sable : 5 m/h	0	0	1
Filtration lente sur sable : 0,3 m/h	2 - 3	2 - 3	3 - 4
Coagulation floculation décantation Filtration	1	2 - 3	2

AJUSTEMENT DU PH

Paramètres traités

pH

→ L'ESSENTIEL

Contrôler les capteurs de mesure

Acidification

Mode de fonctionnement- Étapes

Par injection de CO_2 dans l'eau, ou d'acide sulfurique H_2SO_4 (de 0 à 20 mg/m^3) ou d'acide chlorhydrique (HCl).

→ LES POINTS DE VIGILANCE

Vérification régulière des électrodes de pH (tarage-renouvellement), du système de régulation (asservissement, le débit mètre, les pompes d'injection des solutions), des contacteurs : entretien, maintenance.

Alcalinisation

Mode de fonctionnement- Étapes

Par injection d'eau de chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), de soude (NaOH), de bicarbonate ou carbonate de sodium, pour augmenter le pH. La soude est le plus souvent utilisée.

→ LES POINTS DE VIGILANCE

Vérification régulière des électrodes de pH (tarage-renouvellement), du système de régulation (asservissement, le débit mètre, les pompes d'injection des solutions), des contacteurs : entretien, maintenance.

LA DÉFERRISATION

Paramètres traités

Fer sous ses formes ferreux (Fe^{2+}) et formes complexées minérales ou organiques (chélatons) faisant intervenir les ions Fe^{2+} et Fe^{3+}

Oxydation - Filtration

→ L'ESSENTIEL

Le pH, la complexation du fer (par des minéraux - Silice ou des matières organiques - acide humique), le temps de réaction, la minéralisation de l'eau, le type d'oxydant utilisé.

Mode de fonctionnement- Étapes

Dans les eaux à $\text{pH} > 4$, le fer dissous est majoritairement présent sous forme de fer ferreux.

Une première phase consiste en une réaction de précipitation par oxydation des ions ferreux en un précipité de fer ferrique $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Il existe trois configurations de traitement possibles :

- Oxydation seule
- Oxydation et élévation du pH
- Élévation du pH

→ Dans les eaux où le TAC³⁵ et le pH sont notables, le fer ferreux se retrouve surtout à l'état de carbonate ferreux. Il précipite plus facilement.

En présence de H_2S , le fer ferreux précipite en sulfure ferreux.

→ Dans certains cas, le traitement du fer permettra également une élimination du manganèse en fonction de la plage de pH respectée pendant la phase d'oxydation et du rapport Fer/Manganèse (Voir fiche 14).

Les oxydants généralement utilisés sont : l'oxygène (de l'air), le bioxyde de chlore, le permanganate de potassium (KMnO_4) ou l'ozone. Généralement ces oxydants nécessitent une élévation du pH.

Dans une seconde phase, les précipités (issus de l'oxydation) sont éliminés par filtration. Différents **types de filtration** sont utilisés :

- Sur sable (200 à 1000g³⁶Fe par m² de sable)
- Sur filtre bicouches (recouvert d'un deuxième matériau : MnO_2 , anthracite, etc.) pour les cas difficiles.

³⁵ TAC Titre alcalimétrique complet

³⁶ [Mémento de l'eau](#) Degrémont

La taille effective optimale du matériau filtrant peut se trouver comprise entre 0,6 et 1 mm (ou diamètre effectif, il correspond à la grosseur des mailles du tamis qui laissent passer 10 % de la masse de sable). La vitesse optimale de filtration peut se situer entre 5 et 15 m · h⁻¹.

Mesures de la performance du traitement

Mesure de la concentration en Fe dissous résiduel dans l'eau. La performance de l'oxydation filtration du fer ne peut s'analyser que par la seule valeur de la concentration en fer total.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- **Le pH de l'eau à traiter** : à modifier éventuellement pour respecter les valeurs guides mentionnées ci-dessous.

Oxydant :	pH d'oxydation du fer
Oxygène : air	7,2
Bioxyde de chlore	7
Permanganate de Potassium (KmnO4)	7
Ozone	6,5

- **Le choix de l'oxydant** selon la concentration en fer à traiter. L'oxygène de l'air est un oxydant suffisant lorsque la concentration en fer est supérieure à 7,2 mg/l.
- **Le temps de réaction** : les temps de réaction sont généralement de quelques minutes pour le permanganate de potassium, jusqu'à 5 minutes pour le bioxyde de chlore. Pour l'ozone, le temps va dépendre du type de réacteur (quelques minutes).
- La teneur en fer de l'eau. Une décantation peut être nécessaire entre les étapes d'oxydation et de filtration si la concentration en fer dans les eaux brutes est supérieure à 10 mg/L.
- **La Teneur en complexants** du Fer dans l'eau :
 - En présence de silice SiO₂ (naturellement) dans l'eau à une concentration > 15 mg/l, le silicate ferreux s'oxyde en silicate ferrique qui restent tous deux solubles dans l'eau et ne sont pas éliminés par le procédé => il faut alors étudier un traitement biologique du fer
 - En présence de **phosphore** PO₄ dans l'eau à une concentration > 5mg/l, le phosphate ferreux s'oxyde en phosphate ferrique qui restent tous deux solubles dans l'eau et ne sont pas éliminés par le procédé => il faut alors étudier un traitement biologique du fer
 - En présence d'**acides humiques** – Ces complexants organiques (COT > 8 mg/l C) - forment avec le fer, un complexe dissous dans l'eau (qui ne sera pas éliminé par le procédé) et qui en outre ralentit la déferrisation.
 - Un traitement de pré-ozonation peut être nécessaire (qui permettra la décomplexation du fer des molécules d'acides humiques).
 - Ou un prétraitement (élimination des matières organiques) par coagulation-floculation en amont à pH 5,5 (avec des sels de fer).
- **La minéralisation de l'eau**, un minimum de calcium est nécessaire. Elle est mesurée par le TH⁹⁷, en respectant une concentration minimale de 5° Fr de TH.
- **La couleur de l'eau brute**, une turbidité liée à une forte concentration d'acide humique dans les eaux brutes, nécessitera un prétraitement avant déferrisation : décantation avant filtration.
- **La rapport fer/Mn**, notamment les concentrations relatives en fer et en manganèse dans l'eau à traiter vont guider le choix du traitement :
 - Si [Fe] > [Mn], le manganèse s'adsorbe sur le précipité ferrique (il n'est donc pas oxydé), le traitement ne porte finalement que sur le fer et le Mn est co-éliminé.
 - Si [Fe] < [Mn], la chaîne de traitement permet d'abattre le Mn (et le Fer), sous réserve d'utiliser un oxydant et que la réaction soit provoquée sous un pH élevé. C'est l'élimination du manganèse qui est à prendre en considération.



Un précipité de couleur noire se forme naturellement en cours d'oxydation si l'eau contient du manganèse, en amont immédiat de la filtration. Dans ce cas, le traitement permet l'élimination du manganèse oxydé (MnO_2) par adsorption sélective sans ajout de réactif.

- **La concentration en gaz de l'eau**, les eaux souterraines pauvres en oxygènes peuvent contenir du H_2S . Ce gaz est à évacuer. L'aération à pression atmosphérique (lors d'une élimination du fer par oxydation grâce à l'oxygène de l'air) permet d'évacuer à moindre frais le H_2S . La réaction est rapide à saturation de l'eau en O_2 et pH élevé.
- **Vitesse de filtration** : absence de passage préférentiel, homogénéisation des flux au droit de chaque filtre et entre les filtres (cf. les points de vigilance de la filtration – fiche 8-3 Filtration).
- **Présence en amont du filtre d'un résiduel d'oxydant à effet désinfectant** : l'oxydant-désinfectant inhibe les phénomènes biologiques co-présents en physico-chimique (pour rappel, dans une filtration sur sable en physico-chimique, il se développe une flore bactérienne combinant ainsi un traitement physico-chimique et un traitement biologique sauf si l'oxydant en excès est également désinfectant)

Récapitulatif :

Récapitulatif des réactions	Stœchiométrie en mg/l élimination du fer et du Manganèse
Oxydation du Fer (II) par l'oxygène	
Oxygène nécessaire en O_2	0,14
Ions hydrogènes H^+ produits	0,04
Neutralisation de l'alcalinité en $CaCO_3$	1,80
Oxydation du Fer (II) par le permanganate	
Permanganate nécessaire en $KMnO_4$	0,94
Ions hydrogènes H^+ produits	0,03
Neutralisation de l'alcalinité en $CaCO_3$	1,49
Oxydation du Fer (II) par le chlore	
Chlore nécessaire en Cl_2	0,64
Ions hydrogènes H^+ produits	0,05
Neutralisation de l'alcalinité en $CaCO_3$	2,70

Le tableau présente, par exemple pour une oxydation à l'oxygène, la quantité d'oxygène (0,14 mg/l) nécessaire pour oxyder 1mg de Fe, avec, du fait de la réaction, une légère acidification de l'ordre de 0,04 mg de H^+ et un abattement de 0,18 du TAC (soit de 1,8mg de $CaCO_3= 0,18$ °fr de TAC).



Traitement biologique

→ L'ESSENTIEL

le pH, le rH, la minéralisation, la présence d'oxydant résiduel (chlore, bioxyde de chlore), la présence d'ammonium, de sulfure et de manganèse, l'ensemencement du filtre.

Mode de fonctionnement- Étapes

Dans une **première phase** le fer est oxydé par voie biologique, précipite en Fe ferrique (rouille, $\text{Fe}(\text{OH})_3$) et est éliminé, dans une **seconde phase**, par filtration. Ce traitement ne nécessite pas de réactifs (oxydant) hormis l'aération. Les vitesses de filtration en traitement biologique sont supérieures aux vitesses de filtration en traitement physico-chimique, de 20 à 40 m/h. La teneur en oxygène dissous nécessaire est d'environ 1 mg/l.



→ Les principales bactéries utilisant le fer sont autotrophes, c'est-à-dire que leur source de carbone est minérale (HCO_3^- , CO_2).

Le procédé biologique est le traitement de choix pour les eaux naturellement acides, au potentiel redox de 100 à 200 mV, aux concentrations en oxygène dissous comprises entre 0,2 et 0,5 g/m³, riches en fer pouvant contenir de la silice (rH > 14).



→ Le seul traitement qui permet la décomplexation du fer et du manganèse lié à la silice est le **traitement biologique**. Mais elles doivent être dépourvues de toxiques.

Avantages du traitement biologique par rapport à l'oxydation-filtration du fer :

- Le temps de réaction est très court en comparaison de la simple oxydation - filtration
- L'aération nécessaire est inférieure à l'aération nécessaire à une oxydation
- La complexation du fer n'est pas un problème

Mesures de la performance du traitement

Concentration en Fe dissous résiduel dans l'eau.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Tout traitement biologique nécessite au préalable d'êtreensemencé, il présente donc une inertie au démarrage (la performance n'est mesurée qu'à partir de cet ensemencement qui généralement s'obtient naturellement – après une certaine durée de circulation de l'eau à traiter dans les filtres pouvant être de plusieurs jours).

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- **pH** de l'eau à traiter, à modifier éventuellement en fonction des contraintes => le traitement biologique devient difficile à piloter pour des pH > 7,2.
- **Potentiel redox**. Passer du domaine de stabilité de l'ion ferreux (Fe^{2+}) à celui du fer ferrique (Fe^{3+}) insoluble => contrôler le **rH** de l'eau au droit des filtres. La limite inférieure du potentiel d'oxydo-réduction de l'eau doit se situer à un rH ≥ 14 - Moins de 2mg/l d' O_2 dans l'eau pour obtenir une déferrisation biologique.



- Corriger le rH revient à :
 - Ajuster le taux d'oxygène
 - Modifier du pH
 - ou les deux
- Si l'on reste au voisinage de cette valeur limite du potentiel redox, au lieu de la franchir (et aboutir au domaine de stabilité de Fe^{3+}), le milieu devient propice aux ferrobactéries qui ont la particularité d'être corrosives ; il est alors impératif que ces bactéries n'aboutissent pas dans le réseau de distribution (corrosion biologique). Par Ferrobactéries, on entend :
 - Les bactéries Pédonculées : *Gallionella Feruginea*
 - Les bactéries Filamenteuses : *Leptothrix Achracea*, *Crénothrix*

- **Rapport Fer/Manganèse :**

- Si $[Fe] > [Mn]$, enlever le Fe revient à éliminer le Mn
- Si $[Fe] < [Mn]$, le traitement se fait en deux étapes, l'une éliminera le Fer puis l'autre le Mn (les rH à respecter lors de ces deux étapes sont différents- cf le traitement biologique du manganèse dans la fiche 14).

Par exemple : dans une eau dont la teneur en fer est de 2mg/l O_2 et de 5mg/ lO_2 de manganèse => l'installation doit se composer de deux filtres, le premier d'entre eux traitera d'abord le manganèse.

- **Type de filtration utilisée** (voir oxydation – filtration du fer)
- **La vitesse de filtration** : absence de passage préférentiel, homogénéisation des flux au droit de chaque filtre et entre les filtres (cf. les points de vigilance de la filtration – fiche 8-3)
- **Cas de résiduel d'oxydant** à effet désinfectant en amont du filtre (par exemple issu d'une pré-chloration de l'eau en tête du traitement), le désinfectant résiduel (et donc le chlore) bloque tous les phénomènes biologiques
- **Substances toxiques :**
 - La présence d' H_2S (qui peut être éliminé par aération), provoque la formation de sulfure de fer ($FeSO_4$)
 - La présence d'ammonium NH_4^+ complique la filière (nitrification de l'ammonium)

Dans ce cas, il faut que le traitement biologique porte d'abord sur la déferrisation (réaction rapide qui nécessite peu d'oxygène) puis la nitrification (passage de NH_4^+ en NO_2^+ qui nécessite un apport d'oxygène suivant une réaction lente, puis NO_3^+ , en jouant sur le pH, sur le taux d' O_2 plus élevé pour l'ammonium)

- Déferrisation
- Nitrification
- Filtration

- **Concentration en oxygène dans l'eau traitée** : attention à rétablir une concentration en oxygène suffisante en aval car les microorganismes consomment l'oxygène. Une baisse de la teneur en oxygène dissous détectée sur le réseau peut être interprétée comme un signe de croissance biologique. Une réinjection d'oxygène peut être nécessaire.

À noter qu'un traitement biologique ne sera pas adapté à une eau brute chargée en chlorure et présentant un pH élevé.

Enfin les exploitants jugent le traitement du fer par voie biologique d'un fonctionnement aisé, les arrêts sont possibles, mais attention toutefois aux conséquences de ces arrêts : la filtration située en aval immédiat est colonisée par des ferrobactéries (qualifiées de "collantes"). Une étape de désinfection est obligatoire en aval du traitement pour éliminer ces bactéries parfois présentes dans l'eau traitée notamment lors des redémarrages (même après une séquence de lavage).



LA DÉMANGANISATION

Oxydation - Filtration

→ L'ESSENTIEL

Le pH, la complexation du manganèse (par des minéraux - silice - ou des matières organiques - acide humique), le temps de réaction, la minéralisation de l'eau, le type d'oxydant utilisé.

Paramètres traités :

Mn²⁺, le manganèse

Mode de fonctionnement- Étapes

Le traitement consiste en une oxydation du manganèse contenu dans l'eau

- Par utilisation directe d'oxydants (comme l'oxygène, le chlore, le bioxyde de chlore, le permanganate de potassium ou l'ozone)
- Par utilisation de l'oxygène de l'air pour oxyder le Mn. La réaction est cependant lente et nécessite un pH>9,5

Le **temps de réaction** est de 30 minutes environ. Dans un second temps l'eau est filtrée.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Introduire trop de permanganate de potassium peut entraîner la coloration de l'eau en rose.

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- **pH** de l'eau à traiter et le type de **réactif** d'oxydation, à modifier éventuellement en fonction des contraintes

Types d'oxydant :	pH d'oxydation du manganèse
Oxygène : air	9,5
Bioxyde de chlore	8
Permanganate de Potassium (KMnO ₄)	7,3
Ozone	6,5

- **La teneur en complexant** dans l'eau peut inhiber la réaction par formation de complexes dissous :

- Complexant minéral : En présence de silice à une concentration []> 15 mg/l SiO₂, ou Phosphate ([]> 5mg/l PO₄)

→ Le seul traitement qui permet la décomplexation du fer et du manganèse lié à la silice est le **traitement biologique**



- Complexant organique : En présence d'**Acides humiques** (COT > 8 mg/l C), un traitement de pré-ozonation ou une coagulation-floculation-décantation à pH 5,5 en amont du traitement du manganèse permet de s'affranchir de ces contraintes.
- La pré-ozonation peut être consommatrice de réactifs en cas de fortes concentrations de matière organique : avant d'oxyder le manganèse, l'ozone doit le décomplexer de la matière organique de l'eau. L'ozonation sera à privilégier sur une eau décantée.
- **Le rapport fer/manganèse :**
 - Si $[Fe] > [Mn]$, le Mn s'adsorbe sur le précipité ferrique, le traitement ne porte finalement que sur le fer
 - Si $[Fe] < [Mn]$, la chaîne de traitement doit être adaptée au traitement du Mn mais nécessite l'usage d'un oxydant et de maintenir un pH élevé
- **Le type de filtration utilisé :** voir le type de filtre en fiche 8-3. Le MnO_2 se dépose sur les grains de sable. Au bout d'un certain temps, ce dépôt devient un adsorbant sélectif et l'ajout d'oxydant en amont peut être réduit ou éliminé
- **Vitesse de filtration :** absence de passage préférentiel, homogénéisation des flux au droit de chaque filtre et entre les filtres (cf les points de vigilance de la filtration – fiche 8-3). La vitesse optimale de filtration est de 5 à 15 m/h
- **Granulométrie du matériau :** Le MnO_2 étant insoluble et fin, la granulométrie du matériau jouera un rôle important
- **Présence en amont du filtre d'un résiduel d'oxydant à effet désinfectant :** le désinfectant inhibe les phénomènes biologiques co-présents en physico-chimique

Récapitulatif des réactions	Stœchiométrie en mg/l élimination du fer et du manganèse
Oxydation du Manganèse (II) par l'oxygène	
Oxygène nécessaire en O_2	0,29
Ions hydrogènes H^+ produits	0,04
Neutralisation de l'alcalinité en $CaCO_3$	1,80
Oxydation du Manganèse (II) par le permanganate	
Permanganate nécessaire en $KMnO_4$	1,92
Ions hydrogènes H^+ produits	0,02
Neutralisation de l'alcalinité en $CaCO_3$	1,21
Oxydation du Manganèse (II) par le chlore	
Chlore nécessaire en Cl_2	1,29
Ions hydrogènes H^+ produits	0,07
Neutralisation de l'alcalinité en $CaCO_3$	3,64

Le tableau présente, par exemple pour une oxydation à l'oxygène, la quantité d'oxygène (0,29 mg/l) nécessaire pour oxyder 1mg de Mn, avec du fait de la réaction, une légère acidification de l'ordre de 0,04 mg de H^+ et un abattement de 0,18 du TAC (soit de 1,8mg de $CaCO_3 = 0,18 \text{ } ^\circ fr$ de TAC).

Mesures de la performance du traitement

Concentration en Mn^{2+} résiduel.

Traitement biologique

→ L'ESSENTIEL

Le pH, le rH, la minéralisation, la présence d'oxydant résiduel (chlore, bioxyde de chlore), la présence d'ammonium, de sulfure et de fer, l'ensemencement du filtre.

Paramètres traités :

Fe²⁺ et Mn²⁺, sous formes réduits et dissous (eaux souterraines pauvres en oxygène)

Mode de fonctionnement- Étapes

Des bactéries spécifiques oxydent le manganèse après injection d'air à l'amont des filtres pour obtenir une eau saturée de 50 à 90 %. Cet apport d'oxygène est nécessaire pour la croissance des mangano-bactéries. Il faut environ 6mg/l d'O₂ pour obtenir une démanganisation biologique.

Le temps de réaction est très court en comparaison du physico-chimique, quand les filtres sont ensemencés. La capacité de rétention du manganèse est de 3,5 kg/m² de média filtrant, donc bien supérieure à celle obtenue avec les traitements chimiques.

 → Le seul traitement qui permet la décomplexation du fer et du manganèse lié à la silice est le traitement biologique.

 → La démanganisation biologique demande une aération plus intense que celle du Fer (2 mg/l contre 6 mg/L pour le manganèse).

Les boues produites sont simples à déshydrater.

La démanganisation et la nitrification peuvent avoir lieu simultanément avant la filtration. Elles nécessitent toutes deux des quantités d'oxygène importantes. En revanche les conditions opératoires de la déferrisation sont opposées à la nitrification (vitesse élevée, faible temps de séjour, limitation en O₂ dissous). La nitrification et l'élimination du manganèse ont lieu dans un second réacteur.

Suivant les concentrations, plusieurs configurations existent :

1. **Faibles teneurs en Fe, Mn et NH₄⁺** : Déferrisation physico-chimique suivie d'une nitrification et démanganisation biologiques dans un même second filtre (si l'eau a un pH > 7,3 – 7,5 en amont)
2. **Teneurs moyennes ou fortes en Fe et faible en Mn et NH₄⁺ (<1,5mg/l)** : Déferrisation biologique et coélimination du manganèse
3. **Teneurs moyennes ou fortes de tous les paramètres** : nécessité d'une filière à trois étages :
 - Déferrisation biologique (pH7)
 - Remontée du pH à 7,3
 - La nitrification et démanganisation s'achèvent simultanément par voie biologique

Mesures de la performance du traitementConcentration en Mn^{2+} résiduel.

Tout traitement biologique nécessite au préalable d'êtreensemencé, il présente donc une inertie au démarrage (la performance n'est mesurée qu'à partir de cet ensemencement qui généralement s'obtient naturellement après une certaine durée de circulation de l'eau à traiter dans les filtres pouvant être de plusieurs mois).

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- **Le pH** de l'eau à traiter, à modifier éventuellement
- **Le potentiel Redox** : à traiter notamment les concentrations relatives en fer et en manganèse :
 - Si $[Fe] > [Mn]$, enlever le Fer revient à éliminer le Mn (cf fiche 13 Traitement du fer)
 - Si $[Fe] < [Mn]$, d'abord enlever le fer puis le Mn (les potentiels redox rH à maintenir durant les traitements sont différents) ; l'installation de traitement se composera de deux étapes d'aération-filtration successives, l'une pour le fer, l'autre pour le manganèse.

Les conditions d'oxydation biologique du fer et du manganèse sont très différentes en ce qui concerne le pH et le rH, il faut donc deux systèmes différents (deux étages de filtration).



**- Les substances toxiques :**

- La présence d' H_2S (qui peut être éliminé par aération), provoque l'apparition de sulfure de fer (FeS , de couleur noire) ou de manganèse (MnS , de couleur rose)
 - La présence d'ammonium NH_4^+ complique la filière (l'aération ou la simple présence d'oxygène conduit à une nitrification de l'ammonium – Voir fiche 15 Ammonium) Dans ce cas, il faut que le traitement biologique porte d'abord sur la déferrisation, démanganisation puis la nitrification (passage de NH_4^+ en NO_2^+ puis NO_3^+)
 - **Le type de filtration** utilisée (média filtrant) : sable ou sable recouvert de MnO_2
 - **La vitesse de filtration** : Comme pour la déferrisation biologique, le manganèse est bien retenu par le floc gélatineux (le manganèse ou le fer est ingéré dans les bactéries, l'oxydation enzymatique leur permet de se multiplier, il s'agit d'un floc de ferro ou mangano bactéries), très dense qui permet des vitesses de filtration élevées (de l'ordre de 30 m/h, soit environ 4 fois plus vite qu'en déferrisation)
- Attention : La présence en amont du filtre d'un résiduel d'oxydant à effet désinfectant : inhibe les phénomènes biologiques.

ÉLIMINATION DES IONS AMMONIUM (AMONIAQUE)

Paramètres traités :

NH_4^+

→ L'ESSENTIEL

La quantité d'ammonium à éliminer, la présence de matière organique (risque de THM ou autres..) Seul le chlore est utilisable.

Nitrification physico-chimique

Mode de fonctionnement- Étapes

Transformation des ions ammonium en azote gazeux N_2 par oxydation chimique par le chlore (l'ozone, le permanganate et le bioxyde de chlore, aux pH traditionnellement constatés dans les eaux, sont sans effet sur NH_4^+).

Il faut **8 à 10 mg** de chlore par mg de NH_4 et entre 1 et 2 heures de contact.

Cette opération ne peut se faire qu'en fin de traitement pour des eaux chargées en MES (eaux de surfaces ou influencées par des eaux de surface).



→ En présence de matières organiques, si la référence de qualité du COT est respectée, ce traitement par oxydation au chlore peut être fait en fin de chaîne (le respect de la valeur de référence du COT permet de respecter la limite en THM³⁸). En revanche, si la concentration en COT est supérieure à 2mg/l, il faudra un suivi renforcé de la teneur en THM.



Qualité de l'eau à traiter : attention, si les eaux contiennent des matières organiques, il risque de se former des sous-produits d'oxydation : des haloformes (THM, trihalométhane, ou autres molécules organo halogénées,...) ou des organochlorés. Les matières organiques contenues dans l'eau brute doivent être surveillées en cours de traitement et la quantité de chlore à injecter doit être suffisante.

Mesures de la performance du traitement

Mesure de la concentration en NH_4^+ résiduel dans l'eau traitée.

³⁸ THM trihalométhane

→ L'ESSENTIEL

Le pH, la température, la quantité d'ammonium, la teneur en oxygène de l'eau, la présence d'inhibiteur (chlore, bioxyde de chlore, hydrocarbures aromatiques, micropolluants minéraux-Ni,...).

Nitrification biologique

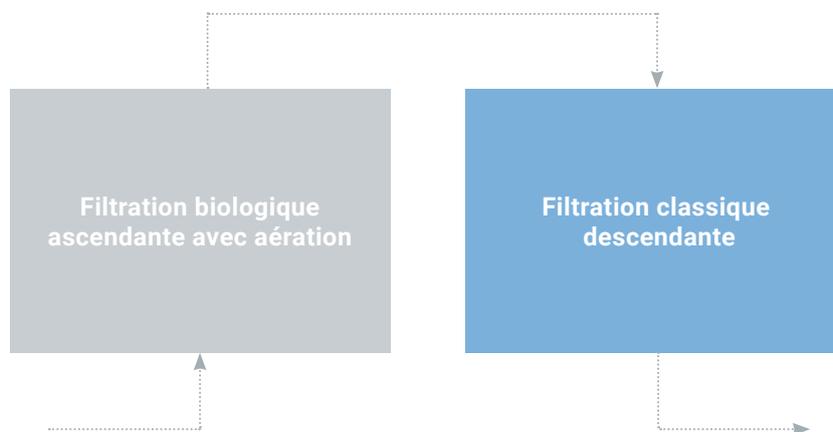
Mode de fonctionnement- Étapes

Les ions ammonium (NH_4^+) sont transformés en ions nitrate (NO_3^-). La nitrification se fait dans des filtres classiques à biofilm fixé (sable, biolite ou directement sur CAG par exemple..).

Si la teneur en ammonium est supérieure à 1,5 mg/l, il faut une concentration saturante en oxygène. Le dispositif fonctionne en deux étapes, l'eau à pH > 7,3 passe à travers un **filtre à fonctionnement ascendant** lors de l'aération. Dans un second temps l'eau passe par un **filtre à fonctionnement descendant** afin de retenir les bactéries nitrifiantes (et ne pas les envoyer dans le réseau).

L'oxygène :

- Peut-être véhiculé par l'eau à traiter elle-même (cascade d'eau)
- Peut provenir d'un réacteur aéré



Si la teneur en ammonium est inférieure à 1,5 mg/l, la nitrification se fait dans le filtre à sable descendant à



→ Il faut **4,5 mg d'oxygène** par mg d'ammonium en moyenne. On ne peut nitrifier sans apport d'oxygène que des eaux dont la teneur en ammonium est < 1,5 mg/l. Si la concentration d'ammonium des eaux brutes est supérieure à 1,5mg/l, le nitrificateur sera constitué d'un premier filtre à fonctionnement ascendant aéré (apport artificiel d'oxygène) avec un ajout de phosphates (à une concentration de 0,5 mg/l PO_4) pour booster les bactéries.

condition que la concentration en oxygène soit suffisante.

La vitesse dans ces réacteurs est de l'ordre de 10 à 15 m/h . Le choix est dicté par les concentration de NH_4^+ à traiter. Les bactéries nitrifiantes nécessitent un apport de carbone généralement assuré par le TAC de l'eau (et la présence d'ions hydrogencarbonate HCO_3^-), on observe une consommation de 0,9°F par mg NH_4^+ .

Le type de filtre dans lequel a lieu la réaction biologique dépend directement de la concentration en ammonium

- Pour de faibles concentrations (<1mg/l), une simple filtration sur sable suffit
- Pour des concentrations $1 < [] < 1,5$ mg/l, une filtration sur billes d'argile expansé (biolite) permet à la biomasse de se développer
- Pour des concentrations >1,5mg/l une filtration sur biolite ou argile expansé et aération sont nécessaires. Un apport d'air dans la masse de contact et d'acide phosphorique (généralement entre 0,1 et 0,3 mg/L) sont également nécessaires pour alimenter les bactéries.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Tout traitement biologique nécessite au préalable d'êtreensemencé, il présente donc une inertie au démarrage (la performance n'est mesurée qu'à partir de cet ensemencement qui généralement s'obtient naturellement après une certaine durée de circulation de l'eau à traiter dans les filtres pouvant être de plusieurs mois).

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- La qualité de l'eau :

- **La teneur en ions ammonium**
- **L'oxygène doit toujours être en excès**, sinon il y a formation de nitrites (la formation de nitrites est plus lente que la transformation de NO_2 en NO_3 ; un excès de NO_2 inhibe la nitratisation)

- La température de l'eau :

- Si température $t < 6^\circ\text{C}$ => inhibition totale de la nitrification, l'eau traitée contient alors des nitrites
- Si température $6^\circ < t^\circ < 8^\circ\text{C}$ => inhibition partielle
- Dans ces deux cas, une oxydation au chlore en fin de chaîne de traitement est nécessaire pour éliminer le résiduel d'ammonium

- **Le pH de l'eau** doit être $> 7,3$ (la nitrification peut dès lors s'observer dans des unités de déferrisation biologique, dont les gammes de pH sont compatibles avec un traitement de l'ammonium sans toutefois dépasser 7,5)

- **La présence d'éventuels inhibiteurs** : nitrites (NO_2), nickel (Ni), chlorates- ClO_3 (ce dernier inhibe les 2 réactions, nitrification et nitratisation=> attention aux effets d'une pré-chloration en amont du traitement biologique de l'ammonium), les hydrocarbures aromatique (par exemple le xylène)

- L'absence de tout désinfectant chimique résiduel en amont du traitement biologique (afin d'éviter toute incidence sur la bonne croissance des bactéries)

En fin de traitement, les ions ammonium sont transformés en nitrates dont la concentration doit être surveillée surtout si cette concentration est proche de la valeur limite de qualité. La teneur en oxygène, le pH et la température de l'eau sont à contrôler.





ÉLIMINATION DES NITRATES

Élimination des nitrates³⁹ par échange d'ions -

→ L'ESSENTIEL

Le choix de la résine, le taux de nitrates à éliminer, la présence de sulfates et chlorures, la gestion des arrêts, le devenir des eaux de régénération, le type de régénérant.

La dilution est le traitement le plus utilisé.

Paramètres traités

NO_3^-

Mode de fonctionnement- Étapes

Élimination des anions NO_3^- (mais également les ions SO_4^{2-} et HCO_3^-) par échange ionique avec des ions chlorures Cl^- . L'échange ionique se fait sur des résines anioniques fortes. Le procédé est automatisable et indépendant du débit (dans la limite du dimensionnement). Le traitement d'eaux souterraines ne nécessite généralement pas de prétraitement ni de décantation. La régénération s'effectue par passage d'une solution saturée en chlorure de sodium dans le sens du courant ou en contrecourant.

Voir fiche 17 pour plus d'informations sur les résines échangeuses d'ions.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

- **Qualité de l'eau à traiter** : la teneur en NO_3^- dans l'eau à traiter va directement influencer les fréquences de lavage, par saturation des résines. La concentration en MES doit être inférieure à 1 mg/l.
- **Sélectivité des résines anioniques** : ces résines anioniques fortes échangent des ions chlorures avec des ions dans l'ordre suivant : $\text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- > \text{HCO}_3^-$ et CO_3^{2-} .
- Ces résines sont encore plus sensibles à la température que les résines cationiques.
- **Régénération des résines** : pour le calcul des fréquences des régénérations des résines, il faut à minima, calculer la vitesse de saturation des résines en considérant la teneur en ions sulfate SO_4^{2-} et en nitrate NO_3^- de l'eau brute.
- Il existe une possibilité de relargage d'ions Cl^- lorsque la résine est régénérée par le chlorure de sodium et le rinçage insuffisant.
- Après une régénération des résines, pendant une courte durée, l'échange ionique se fait d'abord avec des ions bicarbonates (HCO_3^-), durant cette période l'eau est agressive => il y a donc lieu de prévoir l'installation de plusieurs modules de résines et de procéder à leur régénération à des temps différents, pour éviter la distribution d'eau agressive.



³⁹ Voir également le tableau commun aux résines échangeuses d'ions



- **Les eaux de régénération** sont riches en ions nitrates, sulfates, chlorures. Leur gestion est à prévoir.
- **Qualité de l'eau traitée :** L'échange d'ions nitrates NO_3^- et sulfates SO_4^{2-} par des ions chlorures peut conduire à une eau chargée en ions chlorure et de ce fait non conforme en Cl^- (notamment si celle-ci en contient déjà en quantité, cette situation peut se présenter pour des eaux brutes de pompage situés à proximité de la mer).
- **La gestion des arrêts**
 - Les résines anioniques relarguent de la triméthylamine, notamment après des arrêts prolongés. Dès un arrêt >8 heures, il faut une régénération et une désinfection de la résine au redémarrage. C'est la raison pour laquelle les résines anioniques ne sont pas autorisées pour les traitements à domicile
 - Durant les 3 ou 4 premiers jours, tous les bicarbonates sont prioritairement échangés, les eaux sont agressives

Dénitrification biologique

→ L'ESSENTIEL

Le pH, la présence d'inhibiteurs (chlore, bioxyde de chlore, les micropolluants organiques, micropolluants minéraux), la température.

Ce traitement n'est autorisé que pour les eaux souterraines ou eaux souterraines influencées par des eaux de surface. La dilution est le traitement le plus utilisé.

Mode de fonctionnement- Étapes

Les ions nitrates sont transformés en azote gazeux par des bactéries dans un réacteur. Des phosphates sont ajoutés, si nécessaire, pour booster les bactéries (en fonction de la teneur en nitrate dans l'eau). Un pH de 7,2- 7,3 est nécessaire pour effectuer ce traitement.

Les bactéries nécessaires peuvent être :

- Des bactéries hétérotrophes qui consomment des molécules organiques pour s'approvisionner en carbone (elles utilisent une source de carbone organique comme source d'énergie et réduisent les nitrates, le processus nécessite que les eaux présentent un équilibre Carbone/azote généralement respecté par ajout d'une source carbonée extérieure comme l'éthanol, le méthanol, l'acide acétique, de la paille.
 - Seuls l'éthanol et l'acide acétique sont autorisés en eau potable en France. La source de carbone doit être le facteur limitant. Ces biofilms sont très colmatants.
- Des bactéries autotrophes qui utilisent l'oxygène des nitrates comme source d'énergie (donneurs d'électrons) mais dont la croissance nécessite la présence d'un accepteur d'oxygène (libéré par la réaction) : le soufre⁴⁰, l'hydrogène⁴¹ et le fer.
 - Seul le soufre est autorisé en eau potable

⁴⁰ Transformé en SO_2 avec une acidification de l'eau (H^+)

⁴¹ Transformé en H_2O avec une alcalinisation de l'eau (OH^-)

Plusieurs types de réacteurs peuvent être utilisés :

- Réacteur à lit fluidisé⁴³ puis filtration gravitaire (pour éliminer les bactéries libérées et contenues dans l'eau)
- Réacteur dans un filtre à fonctionnement ascendant car il y a production d'azote (l'azote gazeux est évacué avec l'écoulement) mais le procédé présente un risque important de colmatage du fond de filtre (du fait du développement des bactéries les bio films piégés par gravité dans le média filtrant)
- Réacteur dans un filtre gravitaire, il permet de limiter le colmatage du filtre par les biofilms, mais dans ce cas pour évacuer l'azote gazeux, il doit être régulièrement procédé à des lavages du filtre

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Tout traitement biologique nécessite au préalable que le média filtrant ou lit fluidisé soit colonisé, il présente donc une inertie au démarrage (la performance n'est mesurée qu'à partir de cet ensemencement qui généralement s'obtient naturellement après une certaine durée de circulation de l'eau à traiter dans les filtres, pouvant aller jusqu'à un mois en fonction de la température de l'eau).

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- La présence d'éventuels inhibiteurs (nickel, hydrocarbures aromatiques,...)
- Le taux d'oxygène : l'oxygène sera prioritairement consommé par les bactéries (avant les nitrates)
- Le pH : il doit être > 7,3
- La température de l'eau : elle doit être > 8°C
- C'est la raison pour laquelle la dénitrification biologique est interdite pour les eaux de surface dont les températures peuvent être inférieures à 8°C.

Les bactéries dénitrifiantes ne doivent pas se retrouver dans le réseau de distribution, il faut donc une étape de désinfection efficace.



⁴³ Un réacteur à lit fluidisé comprend une colonne garnie de particules (support de développement des bactéries) traversée par l'eau à traiter. Cet écoulement met en suspension les particules (la fluidisation), qui lorsqu'elles sont en mouvement les unes par rapport aux autres offrent une meilleure surface de contact entre les bactéries qui se développent sur ces particules, et l'eau à traiter (le taux de biomasse fixé sur le garnissage est élevé).

LES RÉSINES ÉCHANGEUSES D'IONS

→ L'ESSENTIEL

Le choix des résines, la gestion des arrêts, le devenir des eaux de régénération, le mode de désinfection, la qualité de l'eau à traiter, le type de régénérant.

Le traitement par résines échangeuses d'ions

Paramètres traités

Radium, baryum, cuivre, calcium, zinc, fer, magnésium, potassium, manganèse

Mode de fonctionnement- Étapes

La résine se présente sous forme de billes poreuses d'environ 0,2 à 3 mm de diamètre et d'une densité légèrement supérieure à l'eau. Ces billes, constituées de polymères, sont chargées en ions (cationiques Na^+ ou H^+ , ou anionique Cl^-). L'adoucissement de l'eau est effectué par un échange ionique lors du passage de l'eau à traiter sur ce support solide qu'est la **résine**.



- Ces traitements sont insensibles à la température de l'eau tant qu'elle est inférieure à 30°C.
- Les Performances sont indépendantes du débit d'eau brute à traiter (dans la limite du dimensionnement)

Le cycle de fonctionnement d'un échangeur d'ions se déroule en 4 phases :

- **La saturation (phase de production : phase utile) :** La solution passe à travers le lit de l'échangeur (courant descendant) jusqu'à saturer ce dernier (les ions initialement contenus dans la résine sont échangés avec les ions à éliminer). Au point de percement (lorsque la valeur limite de la fuite est atteinte : c'est-à-dire que les eaux traitées présentent des concentrations en élément à éliminer non nulles puis croissantes), la phase de production est arrêtée
- **Le soulèvement :** Cette phase permet d'éliminer les particules qui ont pu se déposer à la surface du lit à l'aide d'un courant d'eau ascendant
- **La régénération :** la mise en solution des ions adsorbés sur la colonne. Elle se fait par introduction de la solution régénérante par percolation (ascendante dans le cas d'un contre-courant ; descendante dans le cas d'un co-courant)
- **Le rinçage :** Pendant cette phase, on élimine l'excès de régénérant à l'eau (solution régénérante toujours introduite en excès pour "forcer" le rechargement en ions des résines), à faible débit, jusqu'à ce que la résine ne contienne plus que de faibles traces de régénérant : phase de rinçage lent. Puis suit une étape de rinçage rapide à débit plus élevé de façon à éliminer les dernières traces de régénérant.

Généralités

Avant d'accepter un traitement sur résine, il faut vérifier la conformité réglementaire des équipements, c'est-à-dire vérifier les agréments de :

- La chaîne de traitement
- La résine
- Les matériaux en contact avec l'eau
- Les réactifs utilisés pour :
 - Procéder à la régénération de la résine
 - Procéder à la désinfection de la résine

Durant le fonctionnement d'une installation de traitement sur résine, il faut :

- Vérifier la saturation de la résine (le rendement de l'installation décroît au fur et à mesure que les ions préalablement chargés dans la résine sont remplacés par les ions à éliminer, la résine est alors saturée), à partir :
 - D'une comptabilisation du volume d'eau passé
 - Du temps de fonctionnement
 - Du suivi d'un paramètre spécifique (par exemple la mesure de la concentration en Ca^{2+} , Mg^{2+} pour des résines cationiques...) : cela nécessite donc de contrôler aussi le capteur de mesure, élément clé pour maîtriser la fiabilité du traitement
- Vérification du rinçage après régénération (la régénération consiste à recharger une résine en ion d'origine en injectant une solution ad hoc en excès) :
 - Volume d'eau de rinçage
 - Temps de rinçage
 - Suivi d'un capteur spécifique (pH, conductivité) : cela nécessite donc de contrôler aussi le capteur de mesure
- Vérification de la bonne tenue du carnet sanitaire, dans lequel seront consignées toutes les opérations d'entretien et de maintenance, notamment les valeurs (volume, temps, concentration) au-delà desquelles les opérations de régénération puis rinçage seront effectuées.



Désinfection des échangeurs d'ions

- La désinfection des échangeurs d'ions ne fait pas partie intégrante de leur cycle de fonctionnement régulier. Elle peut cependant être nécessaire ponctuellement. En effet, les échangeurs d'ions sont des supports susceptibles d'être colonisés par des bactéries, des biofilms peuvent apparaître et s'ils ne sont pas éliminés régulièrement, ils peuvent finir par perturber le fonctionnement des échangeurs d'ions par des phénomènes de colmatage. A noter que les développements bactériens peuvent être limités par les conditions physico-chimiques de régénération des échangeurs d'ions.
- Les échangeurs d'ions sont également susceptibles de retenir des éléments en suspension dans l'eau qui les traversent, notamment des microorganismes. Ainsi, en cas de passage sur un échangeur d'ions d'une eau contaminée, ce dernier peut retenir temporairement des bactéries, des parasites ou virus qui vont s'y multiplier puis être relargués dans le réseau de distribution d'eau.

Ainsi lorsqu'il est constaté une contamination microbiologique du réseau de distribution d'eau, il peut être nécessaire de désinfecter les échangeurs d'ions.

- Les réactifs de désinfections doivent être agréés lors de l'agrément de la résine.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Attention au risque de corrosion en cas de rinçage insuffisant (par exemple, les résines anioniques et cationiques sont régénérées par des solutions saturées en chlorure de sodium). Si le rinçage est insuffisant il peut être observé une présence de chlorures résiduels dans l'eau.

Attention également aux arrêts prolongés de l'installation en période d'eau chaude ($t > 15^{\circ}\text{C}$), les résines deviennent des nids à bactéries. Une régénération et une désinfection sont nécessaires, notamment avec des résines anioniques fortes.

- Les résines, même agréées, relarguent des matières organiques dans l'eau de sortie, en fonction du temps de stagnation dans l'échangeur
- Les résines qui stagnent induisent des proliférations de bactéries, d'autant plus importantes que la température de l'eau en contact est élevée (le risque est important dès que la température est $> 15^{\circ}\text{C}$)
- Les réactifs de régénération, de désinfection doivent être agréés "eau potable" pour l'usage défini



LE TRAITEMENT DES MICROPOLLUANTS

Familles de micropolluants (MP)

- *Micropolluants minéraux : Fer, Aluminium, Nickel, Zinc, Cadmium, Cobalt, Bore, Vanadium, Cuivre, Plomb, Baryum, Manganèse, Chrome, Mercure, etc.*
- *Micropolluants organiques : Hydrocarbures aromatiques polycycliques, (Fluoranthènes, Phénantrène, dibenzo(a)pyrène, benzo(a)pyrène, etc.), pesticides, Phtalates, COHV, BTEX, Alkylphénols, Produits pharmaceutiques et perturbateurs endocriniens : hormones, antibiotiques, antidépresseurs,...*

→ L'ESSENTIEL

La qualité de l'eau à traiter, la dose d'ozone, la présence d'un résiduel d'ozone et la température de l'eau à traiter (risque de formation de bromates). En présence de micropolluants organiques l'ozonation conduit toujours à la formation de nouvelles molécules.

Oxydation par ozonation

Paramètres traités

- MP* organiques : molécules polaires, pesticides, composés halogénés chlorés, phénols, les amines et composés aromatiques
- Quelques métaux : fer (sous forme de bicarbonate, les ions de fer ferreux), ions manganèse

→ **Attention, l'ozonation conduit toujours à la formation de nouvelles molécules.** L'ozone transforme les molécules non biodégradables en molécules biodégradables. L'ozone est à privilégier pour une désinfection ou un prétraitement (avant du charbon actif par exemple).

Mode de fonctionnement- Étapes

L'ozone est un gaz, le traitement à l'ozone va consister à mettre en contact (diffuser) l'ozone dans l'eau au travers de réacteurs. L'ozone, par son importante activité oxydante, transforme les composés organiques.

Deux utilisations existent :

- Pré-oxydation : La dose d'ozone pour une préozonation à appliquer est généralement comprise entre 0,2 à 0.25 g/g de carbone organique, afin de déstabiliser les acides humiques
- Désinfection : La dose est calculée pour un résiduel de 0,4 mg/l d'ozone après 4 minutes de traitement. Si l'eau contient des micropolluants organiques, ceux-ci peuvent être transformés en molécules plus polaires.

Les systèmes de traitement de l'eau par ozonation se composent de quatre éléments principaux :

- Une unité d'alimentation en gaz
- Un générateur d'ozone
- Un bassin de mélange
- Une unité de traitement des effluents gazeux

*MP : micropolluants



Attention à la production de sous-produits indésirables, comme la transformation de l'atrazine en déséthyl- ou désisopropyl-atrazine. De même la dégradation non complète de certaines molécules organiques entraîne un risque de goût et d'odeur dans l'eau traitée (dus à la présence de cétone ou d'aldéhydes).

→ En traitement par ozonation, l'ajout de H_2O_2 (eau oxygénée), ou de lampes UV ne sont pas autorisés par le Ministère de la santé.

→ L'ESSENTIEL

Le choix du charbon actif, son mode d'activation, son temps d'utilisation, le respect des étapes de lavage notamment la prise en compte de la température de l'eau en période froide, la gestion des arrêts des filtres, la teneur en micropolluants organiques à éliminer (notamment lors de pollution accidentelle).

Adsorption sur charbon actif en grain (CAG)

Paramètres traités

- Micropolluants organiques, surtout les molécules apolaires⁴³
- Les charbons activés thermiquement peuvent éliminer quelques métaux : Argent, Mercure, Cuivre, Plomb, Arsenic, Chrome, Cuivre, Fluor

→ **Attention, l'ozonation conduit toujours à la formation de nouvelles molécules.** L'ozone transforme les molécules non biodégradables en molécules biodégradables. L'ozone est à privilégier pour une désinfection ou un prétraitement (avant du charbon actif par exemple).

Mode de fonctionnement- Étapes

Voir la fiche 8-3 Filtration

Il existe deux types de charbon

- Charbon activé thermiquement, charbon basique
- Charbons activés chimiquement, charbon acide

L'adsorption par charbon actif en grain (taille des grains de 0,25 à 3 mm) en fin de chaîne de traitement est un traitement usuel pour des pollutions chroniques. Le charbon actif en grain traite le bruit de fond des micropolluants organiques :

- À la place de filtre à sable (la taille du charbon est d'environ 1 mm)
- En post traitement de filtre à sable ou ozonation

Il est préférable de filtrer l'eau à une vitesse de 5 m³/m²/heure sur un mètre de CAG plutôt qu'à 10 m³/m²/heure sur 2 mètres de CAG, bien que le temps de contact eau/CAG soit identique.

Les filtres à charbon actif sont souvent colonisés par des organismes fousseurs (*Naïs, Helminthes, Nématodes, Amibes, Aselles,...*), il est indispensable de les laver une à 2 fois par quinzaine, en fonction de la température de l'eau.

→ Des phénomènes de dégradation biologique sont associés lorsque l'ozone est aussi utilisé dans le traitement. Le filtre à CAG devient alors un charbon actif biologique. C'est particulièrement vrai pour les charbons activés chimiquement (avec de l'acide phosphorique à 550°C).

→ C'est une technologie adaptée aux petites stations de traitement dont la fréquence de remplacement du média est faible.

⁴³ Transformé en SO₂ avec une acidification de l'eau (H⁺)



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

- La profondeur du lit de CAG est à adapter à la charge en micropolluants
- Ces filtres ne permettent pas de traiter les eaux très contaminées, en cas de pollution accidentelle il est impératif de retenir la pollution en amont par ajout de charbon actif en poudre en tête de traitement (cf la fiche 8-2 Clarification)
- L'adsorption du CAG diminue lorsque la concentration en matière organique augmente
- Le CAG est à laver régulièrement à l'eau et à régénérer dans une moindre mesure
- Il est indispensable, lors des arrêts prolongés de filtres, de prévoir un recyclage de l'eau avec aération (pour éviter la formation de nitrites, cf fiche 8-3 Filtration).

Adsorption sur charbon actif en poudre (CAP)

→ L'ESSENTIEL

Le choix du charbon actif, son mode d'activation, la dose d'utilisation, la teneur en micropolluants organiques à éliminer (notamment lors de pollution accidentelle), le temps de séjour du charbon en poudre dans les ouvrages.

Paramètres traités

- Micropolluants organiques, surtout les molécules apolaires⁴⁴

Mode de fonctionnement- Étapes

Voir fiche 8-3 Filtration

Le réacteur CAP se compose d'un réacteur, d'un décanteur permettant la séparation eau/charbon actif en poudre avec ajout d'un adjuvant de floculation, d'un filtre à sable et dans certains cas, d'une filtration membranaire. Ces systèmes sont de plus en plus utilisés car ils réduisent de façon importante les inconvénients constatés avec les filtres à charbon actif en grain. Le CAP peut être utilisé sous forme de lit dans un décanteur à pulsation. La taille des grains est comprise entre 10 et 50 µm. L'alimentation en CAP du réacteur se fait en continu à une dose qui varie de 1 à 10 ppm, le surplus est renvoyé en tête de traitement dans l'eau brute au niveau de l'étape de coagulation.

Le dosage du CAP peut être choisi selon la concentration en MP⁴⁵, si celle-ci est suivie, en cas de pollution accidentelle par exemple.



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

- Concentration de CAP à adapter selon la charge en micropolluants
- Temps de contact à adapter selon la charge en micropolluants
- Le CAP est plus difficilement régénérable

Les paramètres de l'eau sont à prendre en compte :

- Température de l'eau : à basse température (< 6°C) la viscosité de l'eau ralentit l'adsorption, à température > 25°C la désorption est accélérée

⁴⁴ Log Ko/w > 1,5

⁴⁵ MP Micropolluant

→ L'ESSENTIEL

La qualité de l'eau à traiter sur les membranes (un prétraitement est nécessaire), le choix des membranes, le suivi du vieillissement, la gestion des arrêts de cette étape de filtration, l'incompatibilité avec la présence dans l'eau de polymère (adjuvants de floculation), la turbidité de l'eau à traiter.

Cette étape n'est pas reconnue comme une étape de désinfection physique.

Le type de micropolluant à éliminer.

Filtration sur membrane (cf fiche 8-3) (nanofiltration⁴⁶, osmose inverse⁴⁷)

Paramètres traités

- Métaux : Baryum, Cadmium, Chrome, Cuivre, Mercure, Nickel, Plomb
- MP organiques

Mode de fonctionnement- Étapes

L'eau à traiter sous pression passe au travers de membranes denses. La rétention se fait par diffusion sélective. On distingue les membranes de nano-filtration (0,001µm) et d'osmose inverse (0,0001µm). Il s'agit d'un traitement utile lorsque de nombreux paramètres sont à abattre simultanément.

Ces membranes doivent être couplées avec d'autres traitements amont pour ne pas les colmater par des MES ou des colloïdes. Les nettoyages sont réalisés chimiquement.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Il faut éviter la précipitation d'éléments tels que le carbonate de calcium, strontium, silices, etc. Des traitements sont alors indispensables :

- L'acidification
- L'échange d'ions

La nanofiltration doit être couplée à d'autres technologies pour traiter tous les micropolluants. Elle élimine moins bien les micropolluants que le traitement sur CAP, CAG ou l'osmose inverse.



⁴⁶ Le point de coupure de la nanofiltration est le nanomètre.

⁴⁷ L'osmose inverse permet d'abattre des particules (de taille inférieure au nanomètre) que les autres processus de filtration n'arrêtent pas.

Coagulation - Flocculation - Décantation

→ L'ESSENTIEL

- Pour les micropolluants minéraux : l'élément à éliminer, le pH, le degré d'oxydation de l'élément à éliminer, le type de réactifs
- Pour les micropolluants organiques : le type de micropolluant à éliminer, sa polarité, son hydrophobicité, le type de réactifs, le pH

Paramètres traités

- Micropolluants minéraux : Les éléments suivants sont éliminés sous formes hydroxydes, carbonates, hydroxy-carbonates et oxydes : Chrome trivalent, fer trivalent, manganèse tri et tétravalent, plomb, cuivre, zinc, aluminium, mercure, cadmium.

Avec le coagulant (surtout les sels de fer, un peu moins avec les sels d'aluminium et très peu avec les sels d'aluminium pré-neutralisés) seront éliminés les éléments suivants : phosphates, arsenic à la valence 5, antimoine à la valence 5, sélénium à la valence 4, vanadium à la valence 5.

- Micropolluants organiques : Seules les molécules les plus hydrophobes peuvent s'adsorber sur les MES de l'eau brute et les floccs formés⁴⁸.

Mode de fonctionnement- Étapes

Voir fiche 8-2 Clarification

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Attention, chaque élément a un pH optimal d'élimination :

H = Forme hydroxyde

C = Forme carbonate

HC = Forme hydroxycarbonate

Éléments	Forme coprécipitable	pH optimal
Zn _{II} = Zinc	H	9,5
	HC	7,5
Ni _{II} = Nickel	H	9,5
	HC	7,5
Cd _{II} = Cadmium	H	10
	HC	8
Pb _{II} = Plomb	H	9
	C	9
	HC	7,5
Cu _{II} = Cuivre	H	9
	HC	7,5
Mn _{II} = Manganèse	H	9
Cr _{III} = Chrome	C	7,5
Co _{II} = Cobalt	H	9,5
Hg _{II} = Mercure	HC	8

⁴⁸ Il faut donc que pour ces molécules, le log du coefficient de partage Octanol / Eau soit > 3,5, log Ko/w > 3,5.

Décarbonisation

Paramètres traités

Métaux : la plupart des métaux lourds (avec les exceptions du Cr(VI) et du Hg organique).

Mode de fonctionnement- Étapes

Voir fiche 9 Adoucissement (réduction de la dureté).

Une décarbonatation à la chaux, même partielle, s'accompagne d'une réduction appréciable de la plupart des métaux lourds (avec les exceptions du Cr(VI) et du Hg organique).



L'ARSENIC



- La dilution d'une eau contenant de l'arsenic avec une autre ressource est une solution à envisager car peu onéreuse.
- Les traitements présentés dans cette fiche s'appliquent également à l'Antimoine (Sb).

→ L'ESSENTIEL

La dilution est le traitement le plus utilisé.

La gestion du GEH, optimiser l'installation en ne traitant qu'une partie du débit, respecter les consignes lavages.

Adsorption sur GEH (l'oxy-hydroxyde de fer ferrique)

Paramètres traités

As(III) et As(V), voire Sb (sous n'importe quelle valence)

Mode de fonctionnement- Étapes

Le traitement consiste en une filtration descendante de l'eau sur de l'oxy-hydroxyde de fer ferrique qui retient (avec une très bonne efficacité) l'arsenic.

Cette filtration nécessite de prévoir une étape de lavage dont la fréquence sera adaptée à la turbidité de l'eau. En effet les MES recouvrent les grains de GEH et limitent l'efficacité du traitement (même pour une eau à traiter à 1 NTU, une perte d'efficacité est observée).

Les retours d'expériences de collectivités permettent de témoigner d'un abattement de l'arsenic de 60 à 80% en moyenne.

→ Cet adsorbant n'est pas régénérable.

D'autres types de réactifs sont bien entendus envisageables pour l'adsorption de l'arsenic, peuvent notamment être cités les oxydes métalliques (fer hydraté, Aluminium, ...), les oxy-hydroxydes de fer, d'aluminium ou de manganèse; leurs rendements ne sont toutefois pas tous comparables. Ces derniers adsorbants sont régénérables à la soude puis activés à l'acide.

Mesures de la performance du traitement

Par un suivi de la concentration en arsenic dans les eaux traitées.



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Le rendement sera dépendant du pH de l'eau (il diminue pour des pH > 7,5), le cas échéant il peut être nécessaire de corriger le pH de l'eau pour travailler sur une plage idéale de 6,5 < pH < 7,5.

Au regard du coût (élevé) du média (véritable consommable dès lors qu'il ne peut être régénéré) et du rendement de la réaction, le dimensionnement privilégiera un traitement sur une partie du débit d'eau. Le débit à traiter est fixé de telle sorte que les eaux de sortie, constituées d'un mélange d'eau brute et d'eau traitée, respecte la valeur limite réglementaire.

Le taux de renouvellement du GEH (considéré comme déchet au-delà de cet usage et dont la destination est le centre d'enfouissement technique) est d'environ 1 à 3 ans. Comme d'autres techniques, le rendement peut être influencé par la présence de phosphates et silicates dans l'eau à traiter.

Dans la mesure du possible, les installations seront dotées de plusieurs filtres fonctionnant en parallèle (en fonction du débit d'eau à traiter). Cela permet, en phase d'exploitation, de n'isoler qu'un seul filtre pour le renouvellement du GEH. En outre, le fonctionnement d'une unité de traitement à plusieurs filtres permet de décaler les périodes de renouvellement du GEH de chacun des filtres et ainsi de pallier les conséquences d'une perte d'efficacité du GEH (très rapide, la perte du rendement est qualifiée d'exponentielle). L'analyse de l'élimination de l'arsenic est alors nécessaire en sortie de chaque filtre.

En revanche, cette disposition augmente la fréquence d'intervention pour le renouvellement du GEH.



→ SURVEILLANCE EXPLOITATION

Le média nécessite un détassage régulier par injection d'eau à contre-courant (environ toutes les deux semaines), l'eau de lavage est ensuite évacuée.

Le traitement au GEH nécessite un autocontrôle de l'exploitant. Par exemple, une analyse mensuelle d'arsenic total permet d'établir des courbes de vitesse de saturation du GEH (en observant la concentration d'arsenic résiduel dans l'eau traitée). Un tel suivi permet ensuite d'anticiper le renouvellement du GEH, dès que l'eau présente une concentration de 8µg/L en sortie (sans attendre la valeur limite de 10µg/L).

→ Les eaux de lavage ne contiennent pas d'arsenic, et peuvent donc être rejetées au milieu naturel.

Le GEH est un matériau friable qui libère des fines, lesquelles peuvent traverser le filtre et se retrouver en réseau. Elles y sédimentent et peuvent provoquer des obstructions au droit de compteurs lors de remise en suspension.

L'installation doit donc être dotée de filtres 200µm (de type chaussette).

Il s'agit en outre d'une pollution particulière qui ne sera caractérisée dans l'eau que par des analyses de Fe total et As total (les analyses de Fe dissous et As dissous en sortie usine ne permettront pas de déceler la présence de ces particules)

Enfin, la présence de ces particules peut être une source de non-conformité lorsque des prélèvements de contrôle sont effectués en réseau suite à des essais pompiers, ou être à l'origine d'eaux rouges.



→ L'ESSENTIEL

La dilution est le traitement le plus utilisé.

La valence, le type de coagulant utilisé, le pH.

Précipitation - Coagulation - Flocculation

Paramètres traités

As(V) et Sb(V). L'As(III) est moins bien éliminé, il est nécessaire de l'oxyder en As(V) en ajoutant à l'eau brute, du chlore, du chlorure ferrique ou du permanganate de potassium.

Mode de fonctionnement- Étapes

Après un pré-traitement pour enlever les solides en suspension, l'arsenic est piégé au sein d'un précipité par addition de sel de fer généralement, ou d'aluminium (moins efficace). Le pH de l'eau à traiter est idéalement inférieur à 7.

Les ions arsénates réagissent avec le fer et l'aluminium trivalent pour donner des composés co-précipités avec le floc. Les sels d'aluminium pré-neutralisés ne peuvent réagir avec les ions arsénates.

Selon la quantité d'arsenic à éliminer et la dose de sels à mettre en œuvre, la filière peut nécessiter une décantation ou une filtration sur sable ou bicouches après un temps de contact de quelques minutes.

Voir fiche 8-2 pour la coagulation-flocculation

Mesures de la performance du traitement

Par un suivi de la concentration en arsenic dans les eaux traitées.

→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Le média de la filtration située en aval, nécessite un détassage régulier par injection d'eau en contre-courant (environ toutes les deux semaines), l'eau de lavage est ensuite évacuée. Les eaux de lavage ne contiennent pas d'arsenic, et peuvent donc être rejetée au milieu naturel

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour le traitement :

- La qualité de l'eau à traiter : la concentration en arsenic, l'abondance des autres ions dissous et le potentiel redox utilisé pour clarifier l'eau.
- Le pH de l'eau : le rendement diminue pour des pH > 7,5, il sera à corriger le cas échéant, pour travailler sur une plage de $6,5 < \text{pH} < 7,5$

→ L'ESSENTIEL

La dilution est le traitement le plus utilisé. La valence, le pH

Décarbonatation (adoucissement à la chaux ou soude)

Paramètres traités

As(V) et Sb(V).

Mode de fonctionnement- Étapes

Ce traitement consiste en une coprécipitation, lors du traitement à la chaux ou à la soude, avec précipitation de carbonate de calcium.



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

Cette technique est chère et n'est rentable que si un adoucissement est nécessaire (voir fiche 9).

Déferrisation biologique

Paramètres traités

As(III) et Sb (quelle que soit sa valence).

Mode de fonctionnement- Étapes

L'oxydation bactérienne du fer dissous d'une eau souterraine s'exerce aussi sur As(III). Le fer oxydé précipite avec l'arsenic au sein des bactéries.

Voir fiche 13 Déferrisation.

→ L'ESSENTIEL

La dilution est le traitement le plus utilisé. La gestion de l'alumine, la valence de l'arsenic, optimiser l'installation en ne traitant qu'une partie du débit, respecter les consignes lavages.

La gestion des régénérations/activations du réactif, des eaux de régénération et d'activation.

Adsorption sur alumine activée

Paramètres traités

As(III), As(V) et l'Antimoine Sb(V).

Mode de fonctionnement- Étapes

Le traitement consiste en une adsorption de l'arsenic sur de l'alumine activée. Le pH doit être compris entre 5,5 et 6.

Cette technique est efficace et très sélective de l'arsenic et des fluorures pour un coût raisonnable. Elle est moins chère que l'adsorption sur granulés d'hydroxydes de fer (environ 3 fois moins chère). La régénération se fait par de la soude tous les 2 à 8 jours.

(voir fiche 8-3 Filtration).


→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

- En matière d'exploitation, la régénération à la soude et le rinçage à l'acide sont lourds et complexes.
- Le rinçage à l'acide permet de réactiver l'alumine.
- L'alumine subit une dissolution partielle.
- Les ions chlorures et sulfates entrent en compétition avec l'arsenic.

→ L'ESSENTIEL

La dilution est le traitement le plus utilisé.

La gestion du dioxyde de manganèse, la valeur de l'arsenic, optimiser l'installation en ne traitant qu'une partie du débit, respecter les consignes de lavages, la gestion des régénérations/activations des réactifs et des eaux qui en résultent.

Adsorption sur dioxyde de manganèse

Paramètres traités

As(III), As(V) et l'Antimoine Sb(V).

Mode de fonctionnement- Étapes

Le traitement consiste en une adsorption de l'arsenic sur du dioxyde de manganèse. Le pH doit être compris entre 5,5 et 6.


→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

- En matière d'exploitation, la régénération à la soude et le rinçage à l'acide sont lourds et complexes.
- Le rinçage à l'acide permet de réactiver le dioxyde de manganèse.
- Le dioxyde de manganèse subit une dissolution partielle.
- La silice peut gêner l'adsorption de l'arsenic.

Nota : ces deux supports d'adsorption (alumine activée et dioxyde de manganèse) sont régénérables alors que le GEH ne l'est pas. Mais la régénération est réalisée à une fréquence faible (1 à 2 semaines) et nécessite la manipulation de réactifs (acide et base). En conséquence, bien que plus cher, le GEH est à préférer dans des petites unités de production et distribution d'eau.

LE SELENIUM

Décarbonatation

Paramètres traités

Se(IV) (sélénite).

Mode de fonctionnement- Étapes

Voir fiches 9 Adoucissement de l'eau et 22 Traitement du Fluor.



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

L'action n'est que partielle

Adsorption sur GEH ou dioxyde de manganèse

Paramètres traités

Se (pour n'importe quelle valence), la forme sélénite est principalement éliminée.

Mode de fonctionnement- Étapes

Voir fiche 19.

LE BARYUM



→ La dilution d'une eau polluée avec une autre ressource est une solution à envisager car peu onéreuse.

→ L'ESSENTIEL

Le pH, le type de réactif utilisé pour l'alcalinisation de l'eau

Décarbonatation

Mode de fonctionnement- Étapes

Le baryum peut précipiter par ajout de chaux. Pour la précipitation chimique du baryum, il faut maintenir le pH entre 11 et 11,5 dans le décanteur afin de favoriser une précipitation maximale du carbonate de baryum.

Voir fiche 9 Traitement de la dureté de l'eau.

Les essais de traitement à la soude ont montré de mauvais résultats.

Certains exploitants pratiquent une dilution de l'eau naturellement contaminée par du baryum avec d'autres sources mais le dispositif présente des limites en étiage.

Résine échangeuse d'ions

Mode de fonctionnement- Étapes

Les ions baryum remplacent les ions sodium (voir fiche 17).

LE FLUOR



→ La dilution d'une eau contaminée au fluor avec une autre ressource est une solution à envisager car peu onéreuse.

→ L'ESSENTIEL

La gestion de l'alumine, optimiser l'installation en ne traitant qu'une partie du débit, respecter les consignes lavages, la gestion des eaux de régénération et d'activation.

Adsorption sur alumine activée

Paramètres traités

L'ion fluorure F^- .

Mode de fonctionnement- Étapes

L'eau percole à travers de l'alumine (Al_2O_3) activée. Il s'effectue un échange d'ions, les ions F^- sont fixés. Une rétention jusqu'à 0,3 à 4,5 g de F^- par litre d'alumine peut être obtenue.

La vitesse de filtration dépend de la concentration de fluor à éliminer, généralement de 6 à 20 m/h pour des concentrations de 15 à 5 mg/l, respectivement. L'épaisseur de la couche de média est alors de 1,5 m.

Voir fiche 8-3 Filtration.



→ LES POINTS DE VIGILANCE/LIMITES

La réaction peut être perturbée par la présence d'hydrogencarbonates, de silice et de fer qui réagissent également avec l'alumine.

Les médias d'adsorption doivent être régénérés. La régénération de l'alumine s'effectue avec de la soude (10 g/L à une vitesse de 5 m/h) avec une activation de l'acide sulfurique.

LES RÉACTIFS CHIMIQUES

Réactifs chimiques

Qu'est-ce que l'on appelle réactif ?

Sont concernés par cette appellation toutes les fournitures nécessaires au traitement que l'exploitant est amené à utiliser dans le cadre du traitement de l'eau : le terme réactif ne porte toutefois que sur des "produits" injectés dans l'eau, quelle qu'en soit la méthode.

Les réactifs peuvent donc être solides (pastilles, média filtrant, etc.), liquides (soude, acide), ou gazeux (ozone, CO₂,...).

Généralités :

L'exploitant doit être en possession des fiches sécurité de chaque produit stocké ou utilisé au sein de l'usine (et de leur date de validité).

En outre le personnel exploitant de l'usine d'eau potable doit être formé aux risques chimiques.

Vérifier :

- À l'arrivée des réactifs dans l'usine : la conformité réglementaire (agrément du réactif pour un usage en eau potable, pureté, concentration de la solution livrée)
- À l'arrivée au niveau de l'étape de traitement :
 - Niveau de réactif dans le réservoir de stockage
 - Fonctionnement de la pompe d'injection du réactif : débit de réactif et débit d'eau à traiter, sonde de régulation (l'injection peut être asservie à un temps, un débit, une mesure...)
 - Transfert du réactif dans les canalisations de la pompe au point d'injection : débit de réactif et débit d'eau à traiter. Ce point est particulièrement important pour les polymères très sensibles aux températures froides (ils se solidifient)
 - Si l'usine est dotée d'une mesure automatique de la quantité de réactif à injecter, vérifier la cohérence du paramètre de régulation pH ; potentiel redox, oxydant. Vérifier le système de mesurage et les contacteurs s'il y a une régulation
- Pour les adjuvants de floculation :
 - S'assurer du temps de maturation du polymère ;
 - Les polymères sont généralement fournis dans des concentrations de matière active élevées et nécessitent une mise en solution (maturation - homogénéisation de la solution de polymère) avant injection.

Règles générales de stockage :

Vérifier :

- La compatibilité de stockage de plusieurs réactifs
- La présence de cuves de rétention (dont le volume doit représenter 50% du volume de réactif stockable sur site) pour les réactifs liquides
- La ventilation des locaux pour les réactifs volatils

- La présence de capteurs/détecteurs (gazomètres) et d'alarmes (détecteur en cuve de rétention) pour les réactifs volatils toxiques pour l'homme (ozone, bioxyde de chlore)
- La quantité stockée disponible, au regard des délais de livraison, et en considérant une marche ininterrompue de l'usine
- Pour certains réactifs (hypochlorite de sodium- NaOCl), le produit a une durée d'utilisation limitée => respecter le temps maximal de stockage sans dégradation du réactif (risque de transformation en chlorates en fonction de la concentration de la solution et du temps de stockage) ;
- Vérifier la compatibilité du réactif avec la température et l'humidité du système de stockage

Garanties de qualité des réactifs :

- La garantie de la qualité des réactifs utilisés pour la potabilisation des eaux ne peut pas être totalement assurée par les analyses de contrôle avant réception
- Cette garantie ne peut être obtenue que par une gestion globale de la qualité tout au long du processus du point de fabrication au point de livraison (notamment en analysant les conditions de stockage et transport des réactifs avant leur livraison en usine)

Obligations d'information :

- Le producteur doit informer :
 - De toute modification dans le processus de fabrication du réactif
 - De tout changement d'origine des matières premières
 - De tout changement de sous-traitant
 - De tout changement de transporteur
 - De tout changement sur les matériaux des cuves de stockage
 - De tout changement sur les conteneurs, les sacs (produits solides ou pulvérulents)
 - De tout changement d'étiquetage
 - De tout changement de méthodes de nettoyage des cuves et des conteneurs
 - De tout incident survenu en cours de fabrication ou lors du transport
- Le producteur doit transmettre :
 - Les analyses d'autosurveillance (contrôles qualités)
 - Les méthodes d'échantillonnage et d'analyses utilisées
- Le producteur doit tenir informé :
 - De l'avancement de la démarche qualité
 - De l'évolution concernant le stockage, les limites de stockage...
 - De l'évolution de la législation applicable aux produits le cas échéant

Ce guide est édité par la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR). Il comprend deux parties.

20, boulevard de la Tour-Maubourg - 75007 Paris
Tél : 01 40 62 16 40

Créée en 1934, la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) est une association regroupant plus de 700 collectivités territoriales et établissements publics de coopération, spécialisés dans les services publics d'électricité, de gaz, eau, assainissement, gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations, de communications électroniques, de valorisation des déchets, que ces services soient délégués (en concession) ou gérés directement (en régie).



www.fnccr.asso.fr
www.energie2007.fr
www.france-eaupublique.fr
www.servicedeau.fr
www.telecom2012.fr
www.territoire-energie.com

Suivez-nous sur twitter :

@fnccr
@energie2007
@fnccr-dechets
@twitteau
@telecom2012
@chaleur_fnccr