RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

anses

AMÉLIORER LA MAÎTRISE SANITAIRE : DE LA DÉSINFECTION À **L'EAU** SANS CHLORE

Réduction/suppression du chlore pour les EDCH : requestionner le PGSSE

1. Principales missions de l'ANSES en lien avec la sécurité sanitaire des eaux

Nos Principales Missions (Focus EAU)

AGENCE NATIONALE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DE L'ALIMENTATION, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU TRAVAIL

L'agence contribue à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, ainsi que la protection de la santé et du bien-être des animaux, la protection de la santé des végétaux.

Efficacité, Innocuité, Risque sanitaire, Evaluation

- PROCÉDÉS ET PRODUITS DE TRAITEMENT
- MATÉRIAUX ENTRANT EN CONTACT AVEC L'EAU
- RÉGLEMENTATION (normes, lignes directrices au niveau national et communautaire).
- MICRO-ORGANISMES OU CONTAMINANTS CHIMIQUES



Qualité des eaux : 2 sites impliqués

❶ Unité d'évaluation des risques liés à l'eau (UERE)

❷ Laboratoire d'Hydrologie de Nancy (LHN)



LHN, Nancy

UERE, Maisons-Alfort



Nos Principales Missions (Focus EAU)







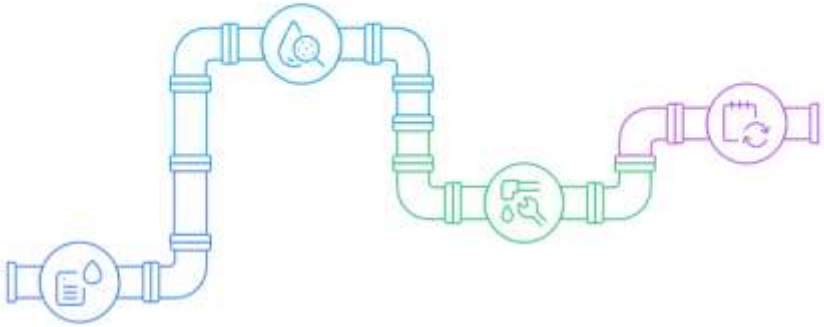




2. PGSSE : ajuster la démarche aux évolutions du contexte

Réévaluation et amélioration du PGSSE en fonction du contexte

Mise en œuvre du programme de surveillance de l'eau



01 Définir le programme
Établir le programme de tests et d'analyse basé sur l'analyse des dangers du système de production et de distribution d'eau.

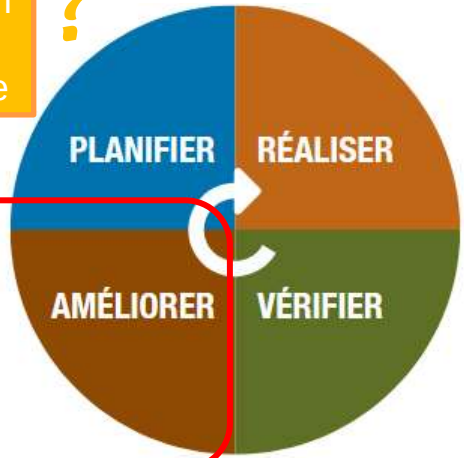
02 Surveiller la qualité
Recueillir des informations sur la qualité de l'eau, le fonctionnement des installations et l'efficacité des traitements.

03 Appliquer des mesures correctives
Déterminer et mettre en œuvre des mesures correctives pour limiter les risques sanitaires et vérifier leur efficacité.

04 Réévaluer le programme
Réévaluer et mettre à jour le programme périodiquement, au minimum tous les six ans.

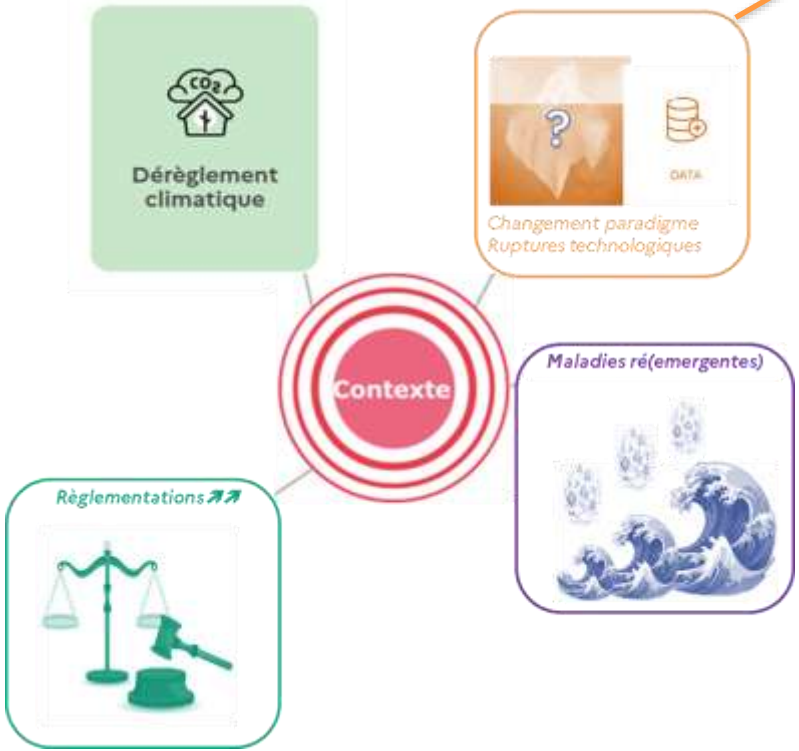
ASSURER EN PERMANENCE LA SECURITE SANITAIRE DE L'APPROVISONNEMENT EN EDCH

Evolution du contexte ?



Réévaluation et amélioration du PGSSE en fonction du contexte

Exemples de facteurs d'évolution du contexte

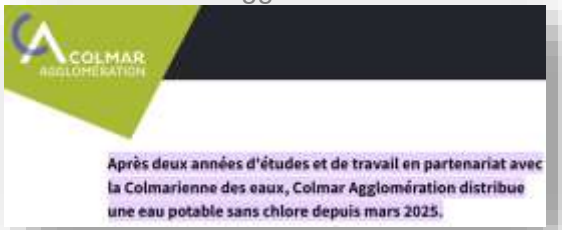


Exemple



Développement des projets « Eau sans chlore » en France

Colmar Agglomération – 2025



Suez – Revue TSM – 2025



Mulhouse Alsace Agglomération
Revue l'Alsace – 2019



3. De l'usage du chlore et des questionnements associés à sa réduction/suppression dans les EDCH ?

Bref contexte historique

- Fin du XIX^{ème} siècle : le procédé de chloration est employé pour désinfecter l'eau et permet d'endiguer des épidémies (typhoïde, dysenterie) → moins coûteux et plus facile à mettre en œuvre que « l'ozonisation » et le traitement aux rayonnements UV

- 1954 – 2001 : dans la réglementation française, pour produire de l'eau destinée à la consommation humaine (EDCH), la chloration et la présence d'un résiduel de chlore libre sont obligatoires → à partir de 2001 : « *absence d'odeur ou de saveur désagréable et pas de changement anormal* »

- *Exception* : Plan Vigipirate de 2003 (0,3 mg/L minimum de chlore libre en sortie de réservoir et 0,1 mg/L en tout point du réseau)

Contexte actuel







Propriétés organoleptiques (flaveur)

Inquiétudes sur la toxicité des sous-produits de chloration (THM, AHA notamment)

Évolution des modalités d'application du plan Vigipirate

Réduire/supprimer le chlore dans les EDCH (production et/ou distribution)

Identification des risques sanitaires

- Courrier de saisine de la DGS : DEUX OBJECTIFS

  - identifier les **risques sanitaires** liés aux modifications de la filière de production d'EDCH par une **suppression de la chloration comme procédé de désinfection** et de la filière de distribution par une **diminution ou par une suppression du chlore libre résiduel**

  - identifier les **paramètres microbiologiques et physico-chimiques supplémentaires** à contrôler en cas de modification de la filière de production/distribution, en y intégrant ceux déjà impactés par le **changement climatique** et pouvant influer sur la mise en application d'un procédé de désinfection sans chlore

- Création d'un groupe de travail Anses (9 experts) sur **18 mois** → travaux publiés le **27 mai 2026**



Coordination Anses : Julie SALVÉ et Sabine HERBIN (UERE)

Appui Anses : Élise CAVENNE (UME)

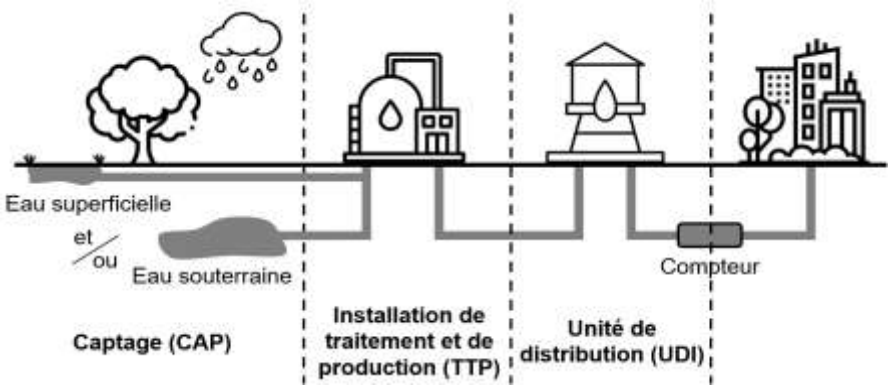
Experts du groupe de travail : Gilles BORNERT, Thierry CHESNOT, Justine CRIQUET, Sabine DENOOZ, Yves LÉVI, Damien MOULY, Fabienne PETIT, Véronique ROBAUX, Benoit TEYCHENÉ

Données du contrôle sanitaire (SISE-Eaux)

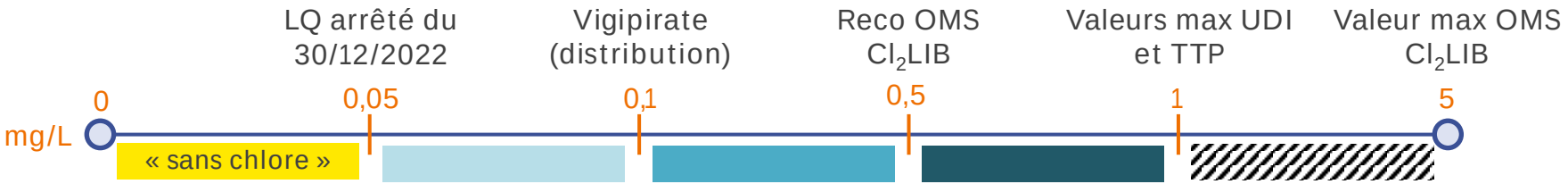
- Exploitation SISE-Eaux oct 2019 – sept 2024

- Chlore total = chlore libre + chlore combiné

  pouvoir désinfectant

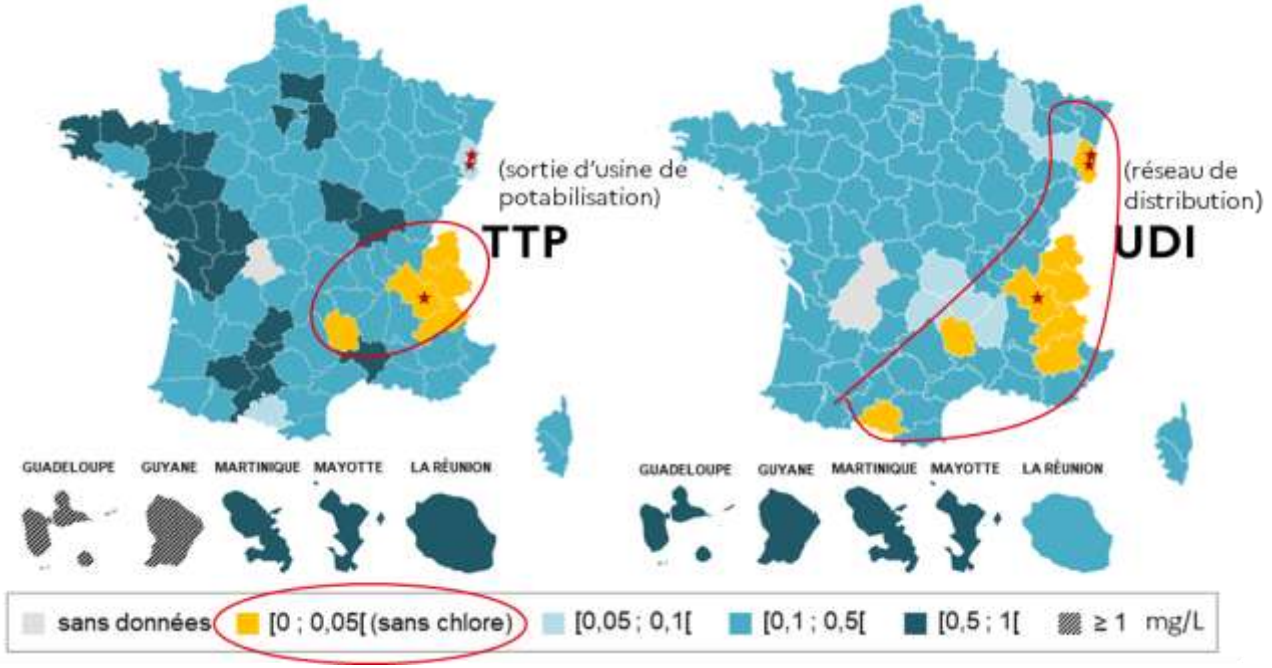


- Classes des médianes de concentrations en chlore libre ou chlore total :



Chlore total (Données SISE-Eaux)

- 26 % des TTP et 29 % des UDI sont « sans chlore » et desservent 5 % de la population
- 92 % des TTP et 89 % des UDI « sans chlore » desservent moins de 1 000 habitants
- 98 % des TTP « sans chlore » sont alimentées à partir de ressources **d'eaux** brutes souterraines



- TTP et UDI « sans chlore » desservant + 100 000 habitants : Grenoble Alpes Métropole, Mulhouse Alsace Agglomération et Colmar Agglomération ★

Impossible de distinguer les « sans chlore » **volontaires de ceux résultant d'un manque de maîtrise des PRPDE**

Signaux épidémiologiques

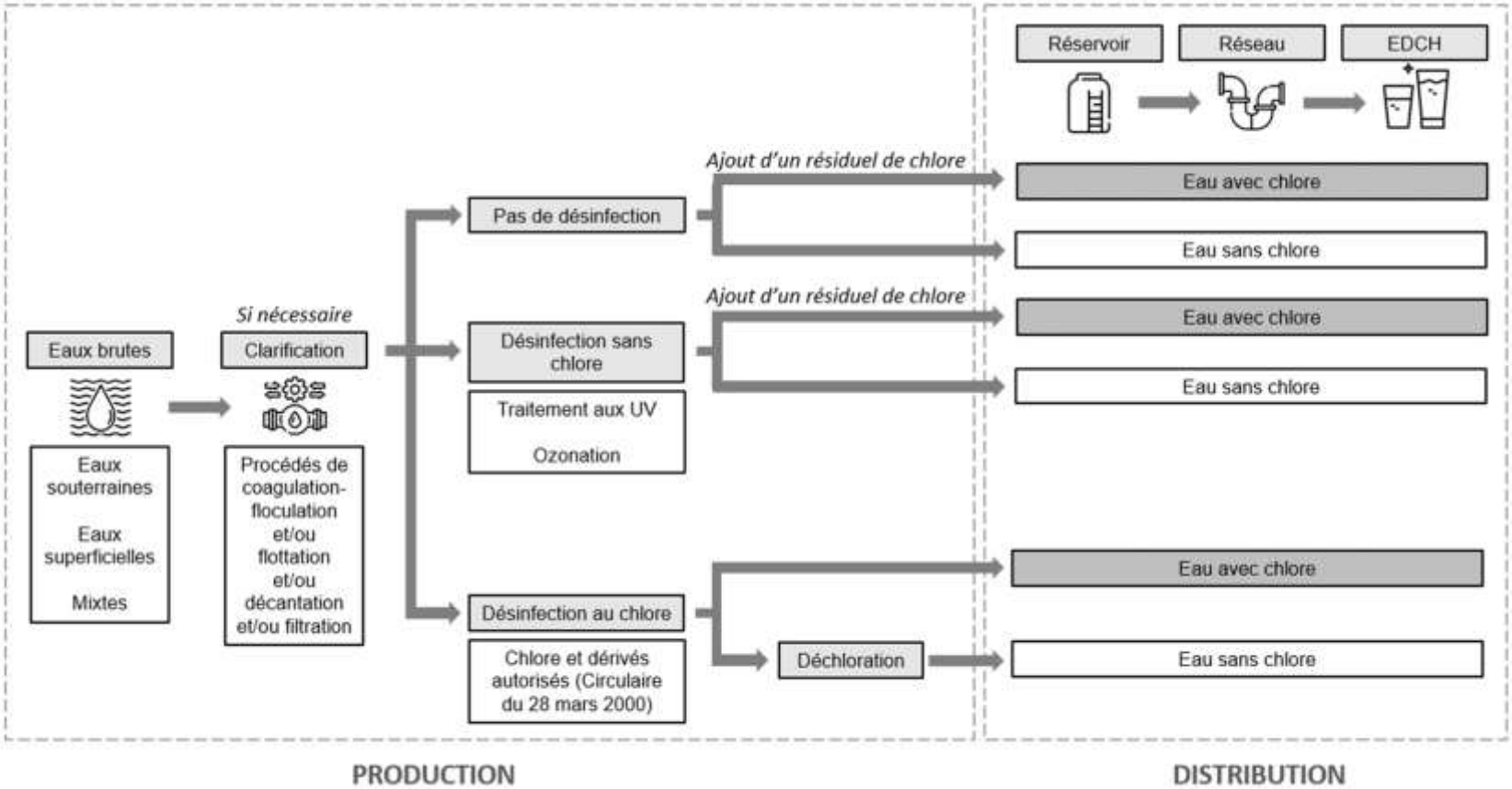
- Exploitation EpiGEH (oct 2019 – sept 2024)

- Pas de différence significative de risque d'épidémie de GEA en UDI chlorées et « sans chlore » si elles desservent plus de 1 000 habitants

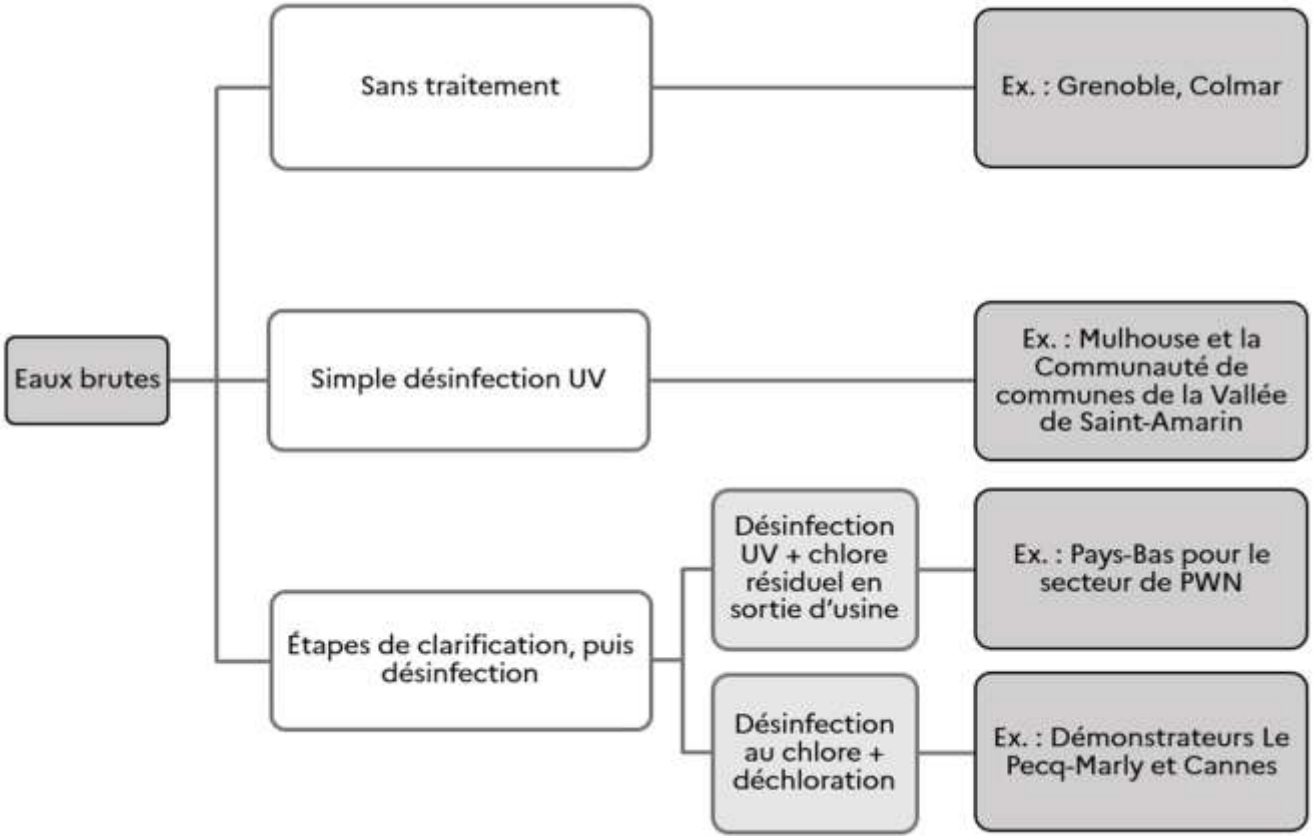
- Si UDI < 1 000 habitants alors il y a une probabilité de signal plus important pour les UDI chlorées que « sans chlore »
  - manque de maîtrise
  - filière inadaptée (chloration comme unique procédé de traitement, sentiment d'effet « protecteur » du chlore, manque de moyens)
  - ressources vulnérables (évènements pluvieux, introduction d'agents pathogènes)



Produire et distribuer de l'EDCH « sans chlore »



Exemples d'EDCH « sans chlore » (1/3)



Exemples d'EDCH « sans chlore » (2/3)

La stratégie repose sur :

- une **eau brute de très bonne qualité/stable** (non conformités ponctuelles) + filière adaptée (**EQRM**)

Eaux brutes		
Souterraines	Superficielles	Mixtes
Colmar, Grenoble, Mulhouse, Le Pecq-Marly	Cannes (canaux), PWNT (lac)	CCVSA (sources + forages + prise d'eau superficielle)

- un **Plan de gestion de la sécurité sanitaire des eaux (PGSSE)** → finalisé ou initié sur demande de l'ARS → *rappel* : obligatoire en juillet 2027 pour les ressources et janvier 2029 pour la production et la distribution de l'EDCH

- un **réseau** maîtrisé, intègre et entretenu
  - rendement réseau ≥ 85 %
  - recherche active de fuites, renouvellement du réseau, programme de purge/nettoyage

- une qualité du service : **formations** des intervenants, gestion par **procédures**

Exemples d'EDCH « sans chlore » (3/3)

- un **contrôle sanitaire** renforcé (fréquence)

- une **autosurveillance**
  - paramètres microbio réglementaires
  - param. microbio supplémentaires (légionelles/*Aeromonas*/*Pseudomonas*…)
  - param. déterminants du développement des biofilms (T°C, COA, COT)

- des **protocoles** de chloration d'urgence

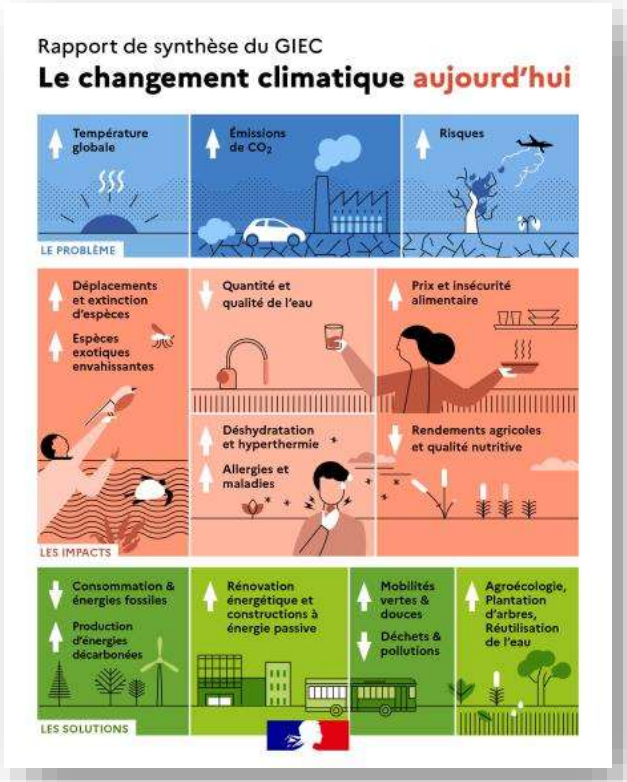
- une **population généralement informée** des modifications mais pas toujours des risques qui y sont liés

- **origines des dépassements de seuils réglementaires** :
  - travaux/dégradation du réseau de distribution
  - dysfonctionnement des dispositifs de désinfection + absence de système d'alerte (peu engendrer des cas groupés de GEA)
  - orages/inondations (pics de turbidité)

4. Risques sanitaires des filières « sans chlore »

Au niveau de la ressource

- Impact du changement climatique → pas **d'étude** spécifique des EDCH « sans chlore » et conséquences similaires pour les réseaux chlorés et « sans chlore »
- Difficulté d'une disponibilité permanente de l'eau brute
- Dégradation de la qualité de l'eau brute (évènements climatiques extrêmes) → risque d'avoir une filière de traitement inadaptée
- Changement climatique à prendre en compte dans le PGSSE + protocole de surveillance accru + validation de la filière en scénario « pire cas » (type crue, sécheresse)



Au niveau de la filière de traitement

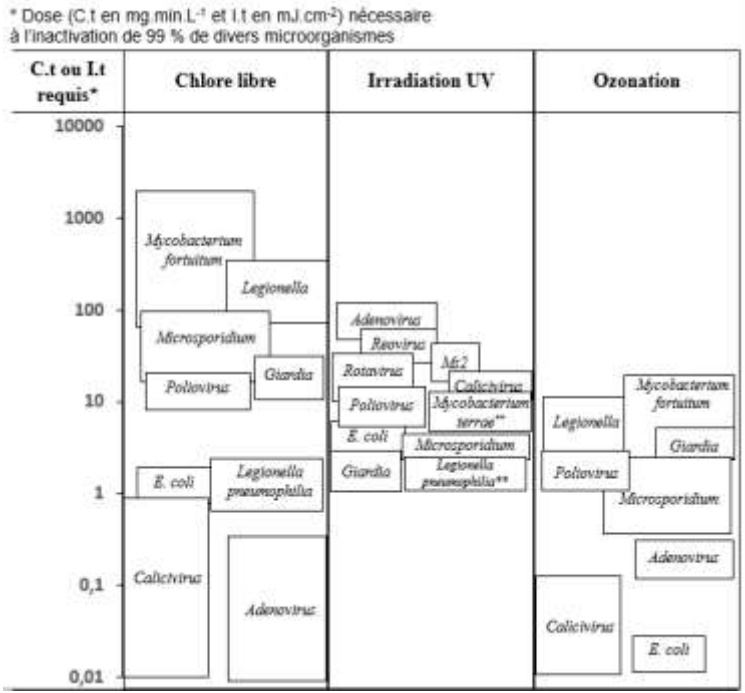
Suppression du procédé de chloration :

- Traitements alternatifs :
  - ozonation : formation de sous-produits (ions bromates réglementés) + augmentation de la MODB par réaction avec la matière organique
  - UV : nécessité de maîtriser la turbidité de l'eau
  - chloration-déchloration : le CAG peut libérer de la biomasse dans le réseau

- Pas toujours possible de remplacer la chloration (qualité de l'eau brute)

- Modifier la filière = adapter les protocoles de traitement aux caractéristiques de l'eau à désinfecter sur la base d'une EQRM et valider l'efficacité de la filière

- Prendre en compte les variations saisonnières et événements climatiques extrêmes



Résistance des microorganismes aux différents procédés de désinfection (adaptée et traduite de Jacangelo, 2002 ; ** valeurs issues de Masjoudi et al., 2021).

Au niveau du réseau : risques chimiques

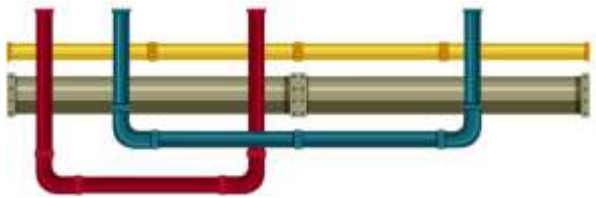
- Chrome (Cr^0 et Cr^{III}) relargué les MCDE métalliques → Cr^{III} peut être oxydé en Cr^{VI} (toxique) par le chlore libre (étape de chloration ou résiduel en réseau) (Anses, 2012)

- Plomb dans les MCDE → le chlore libre limite la formation de produits de corrosion (PbO_2)

- Le chlore libre peut dégrader certains micropolluants organiques (résidus de médicaments, pesticides, microcystines, certains perturbateurs endocriniens) MAIS la formation de sous-produits est mal connue

- Changement climatique → Dégradation du réseau (MCDE, pression)

Manque de données/littérature scientifique sur la transition vers une filière « sans chlore »



Au niveau du réseau : risques microbiologiques

Pathogènes d'origine fécale

Parasite (protozoaire)	Bactéries	Virus entériques
Cryptosporidium parvum, C. hominis	*Salmonella spp*	Rotavirus
Giardia intestinalis	*Shigella spp*	Adénovirus 40 et 41[1]
	Yersinia enterocolitica	Norovirus
	Campylobacter spp	Astrovirus
	E coli producteur de Shigatoxine (STEC)	Entérovirus
		Sapovirus
		Virus de l'hépatite A
		Virus de l'hépatite E
		Virus Aichi

Pathogènes « opportunistes »

Par ordre de préoccupation sanitaire selon la bibliographie récente :

(1) *Legionella spp* dont *L. pneumophila,*

(2) *Mycobactéries non tuberculeuses dont complexe avium,*

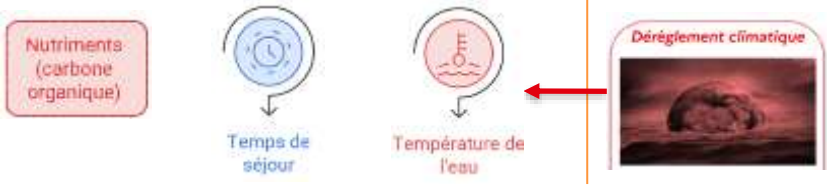
(3) *Pseudomonas aeruginosa*

Potentiel de croissance dans les amibes libres

MOYEN DE MAÎTRISE AVANT DISTRIBUTION : ABATTEMENT FILIÈRE + DÉSINFECTION TERMINALE

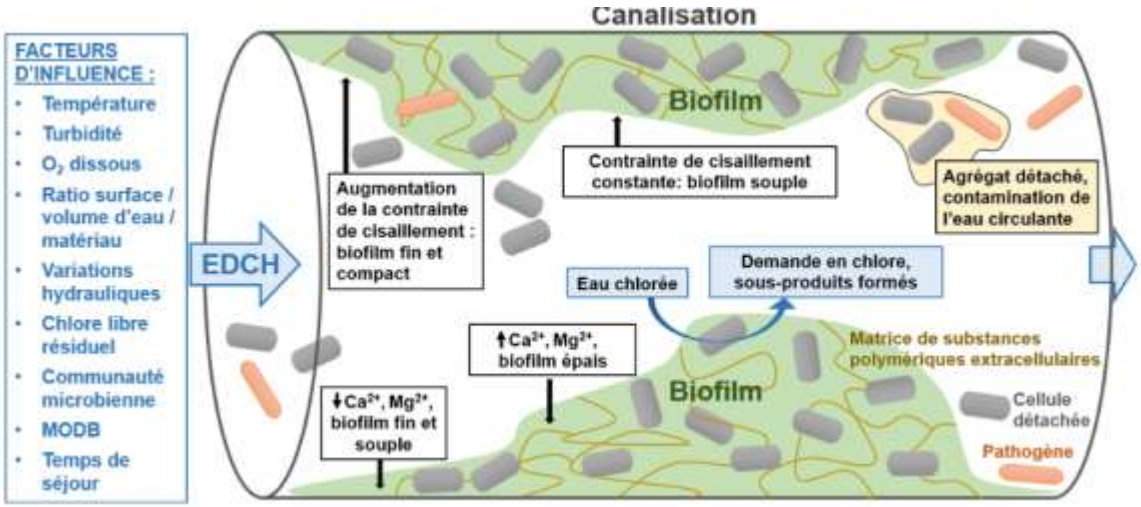
MOYEN DE MAÎTRISE EN RÉSEAU :

- EVITER LES APPORTS EXTERNES DE CONTAMINATION : Retour d'eau, défaut d'étanchéité du réseau ou des réservoirs de stockage, faille de procédures lors d'une réparation/maintenance, … → introductions accidentelles de microorganismes + MON
- EVITER LEUR PROLIFÉRATION EN RÉSEAU (BIOFILM -> EAU CIRCULANTE)



Au niveau du réseau : risques microbiologiques

Structures et conditions d'évolution des biofilms dans une canalisation d'EDCH / mécanismes de transfert vers l'eau circulante



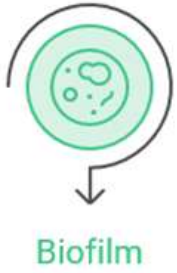
⇒ *Le DÉVELOPPEMENT DU BIOFILM EST FONCTION DE NOMBREUX FACTEURS d'influence dont le chlore libre résiduel mais aussi beaucoup d'autres facteurs en particulier la quantité de nutriments (notamment les matières organiques assimilables – CODB / COA), la température (dès 17°C).*

⇒ La biomasse bactérienne des réseaux EDCH est essentiellement localisée au sein de biofilms.

Genres majoritairement impliqués :
- *Acantameaba,*
- *Naegleria.*

Amibes libres





Pathogènes opportunistes

En particulier Legionella spp dont L. pneumophila
Et les Mycobactéries non tuberculeuses

Au niveau du réseau : risques microbiologiques

Du biofilm à l'eau : Méthodes de dénombrement des microorganismes dans l'eau « circulante » des réseaux.

Conditions favorables au développement microbien ?

Détecter les variations par rapport aux valeurs habituelles / attendues

ATP

(Projet de norme AFNOR)

Incubation jusqu'à 7 jours
2 à 10 fois plus de microorganismes cultivables

R2A

(NF EN ISO 13647)

Fraction des microorganismes cultivables de l'échantillon analysé **d'environ 2 %**

PCA

(NF EN ISO 6222)



MICROORGANISMES REVIVIFIABLES = CULTIVABLES SUR MILIEU GELOSE



MICROORGANISMES MÉTABOLIQUEMENT ACTIFS

Au niveau du réseau : risques microbiologiques

Du biofilm à l'eau : Méthodes de dénombrement des microorganismes dans l'eau « circulante » des réseaux.

Conditions favorables au développement microbien ?

Détecter les variations par rapport aux valeurs habituelles / attendues

ATP

(Projet de norme AFNOR)

Incubation jusqu'à 7 jours
2 à 10 fois plus de microorganismes cultivables

R2A

Fraction des microorganismes cultivables de l'échantillon analysé **d'environ 2 %**

PCA

(NF EN ISO 6222)

Origines possibles en cas d'augmentation significative :

- Développement du biofilm,
- Augmentation de la température,
- Augmentation de la concentration en nutriments,
- Réduction de la concentration en chlore,
- Potentielle défaillance du traitement,
- Intrusion d'eau contaminée,
- …

Au niveau du réseau : risques microbiologiques

Du biofilm à l'eau : Méthodes de dénombrement des microorganismes dans l'eau « circulante » des réseaux.

Conditions favorables au développement microbien ?

Fraction des microorganismes cultivables de l'échantillon analysé : environ 2 %

PCA

(NF EN ISO 6222)

Incubation jusqu'à 7 jours
2 à 10 fois plus de microorganismes cultivables

R2A

(NF EN ISO 13647)

ATP

(Projet de norme AFNOR)

Détecter les variations par rapport aux valeurs habituelles / attendues

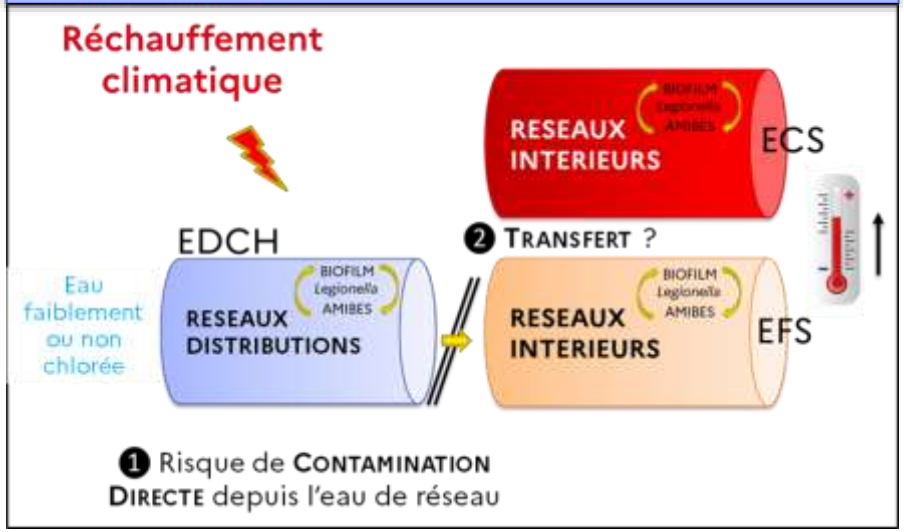
N'apporte pas d'indication spécifiques sur la présence **d'agents pathogènes** (opportunistes).



Pour ces derniers des analyses spécifiques et dédiées sont nécessaires

Au niveau du réseau : risques microbiologiques

L. spp dont L. pneumophila



Espèces de légionelle

La présence de L. pneumophila est critique

- ❑ **Environ 2000 cas de légionellose / an**
- ❑ **Contamination par aérosol**
- ❑ **Facteurs de prédisposition**
- ❑ **10% de mortalité**

Température de l'eau

L'élévation de la température des EDCH en réseau de distribution pourrait être propice à leur développement dès 20 °C et de manière plus marquée au-delà de 25 °C.

Arrêté du 30/12/2022 : Seuil de gestion EFS = 1 000 UFC/L *L. spp*

Résiduel de désinfectant

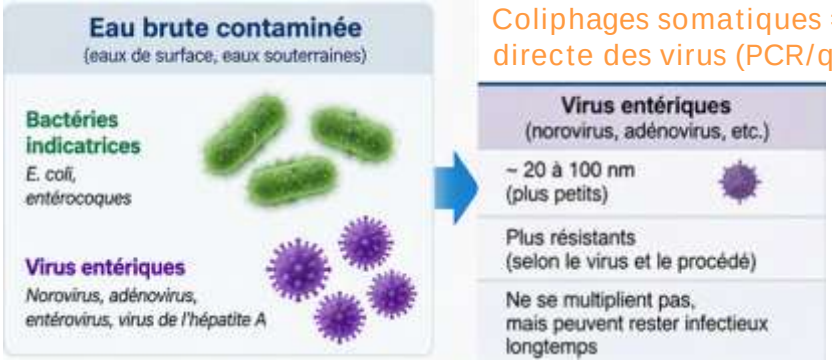
- Action du résiduel de chlore libre variable en fonction des espèces et des souches en présence
- Certains travaux recommandent le maintien d'un résiduel de chlore libre de 0,1 à 0,2 $mg.L^{-1}$ pour maîtriser le risque lié aux légionelles dans les réseaux

Centers for disease control and prevention – CDC, 2024 : proposition d'une surveillance régulière basée sur :

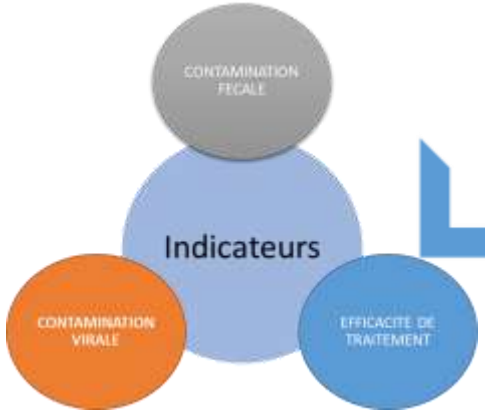
- des mesures ponctuelles de la concentration
- **l'évolution** du niveau de concentration entre deux mesures séparées dans le temps selon une périodicité à définir en fonction du niveau de risque associé à l'installation / objectif : élévation de concentration inférieure à un facteur 10 entre deux mesures.
- la nature des espèces en présence, et en particulier la présence de *L. pneumophila*, à considérer dans les mesures de gestion

Au niveau du réseau : risques microbiologiques

Les indicateurs bactériens (*E. coli* ; Entérocoques intestinaux) utilisés pour la surveillance de la qualité microbiologique des EDCH ne sont pas (totalement) représentatifs du risque viral (virus entériques), d'où l'intérêt d'indicateurs virologiques plus pertinents



Coliphages somatiques = outil complémentaire aux indicateurs réglementaires et à la recherche directe des virus (PCR/quantification des génomes)



COLIPHAGES SOMATIQUES (INFECTIEUX)

VALEURS DE REFERENCE POUR LES EAUX BRUTES : 50 UFP/100 ml

=> Évaluer si le risque de survie de virus pathogène est suffisamment maitrisé

Arrêté du 30/12/22 relatif au programme de tests et d'analyses à réaliser dans le cadre de la surveillance exercée par la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau et aux conditions auxquelles doivent satisfaire les laboratoires réalisant ce programme, en application des articles R. 1321-23 et R. 1321-24 du code de la santé publique.

B - Surveillance des coliphages somatiques

Paramètre opérationnel	Coliphages somatiques
Valeur de référence	50 unités formant des plages (UFP)/100 ml
Lieu de réalisation de la surveillance	Eaux brutes, si l'analyse des dangers indique qu'il convient de le faire
Fréquence minimale d'analyse	Fixée par la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau en fonction des résultats de l'analyse des dangers

Coliphages somatiques :

- Evaluation de la vulnérabilité de la ressource,
- Validation de l'efficacité des barrières de traitement.

Ce qui est à retenir



- Les risques sanitaires vont de la ressource **jusqu'au** réseau
- Les procédés de traitement alternatifs à la chloration ont également des limites et des inconvénients → mettre en place une évaluation quantitative des risques microbiologiques et un PGSSE
- Il est nécessaire de prendre en compte **l'impact** du changement climatique
- Risques chimiques : plomb, dégradation du réseau
- Mesurer **l'**APCM des MCDE
- Risques microbiologiques : nouveaux paramètres à considérer → *Legionella pneumophila*, *Pseudomonas aeruginosa* et les mycobactéries non tuberculeuses, COA ou CODB, coliphages somatiques et bactériophages ANR-f spécifiques, bactéries hétérotrophes cultivables et flore microbienne

MERCI DE VOTRE ATTENTION

Julie SALVÉ
julie.salve@anses.fr

Thierry CHESNOT
thierry.chesnot@anses.fr

