

Chapitre I

REGLEMENTATION SANITAIRE DE L'EAU POTABLE

Une réglementation est le reflet d'un consensus général à un moment donné des connaissances, des techniques et de leur mise en œuvre tant en matière préventive ou curative. Cette définition devait s'appliquer à la production, distribution et consommation d'une eau à visée humaine afin de protéger la Santé publique. Il fallait mettre en évidence les liens entre la santé et l'eau, évaluer le plus finement possible les risques chimiques et microbiologiques encourus en les quantifiant puis élaborer des textes de droit s'imposant à tous.

1. ETABLISSEMENT D'UNE RELATION EAU → SANTE

1.1. Considérations générales

En ce qui concerne le sens eau → santé, on constate dans l'eau la présence de certains 'agents', substances ou micro-organismes, de telle nature et en telle quantité, que suivant les connaissances sur le pouvoir infectieux ou toxique de ces agents, on peut ou on doit supposer que l'eau qui les contient est dangereuse pour la santé publique.

Dans le sens inverse, on constate l'existence de manifestations pathologiques dans un groupe de personnes et que le seul paramètre commun pour expliquer ces troubles est la consommation de la même eau. On peut résumer sous forme de schéma, cette relation bjective, soit :

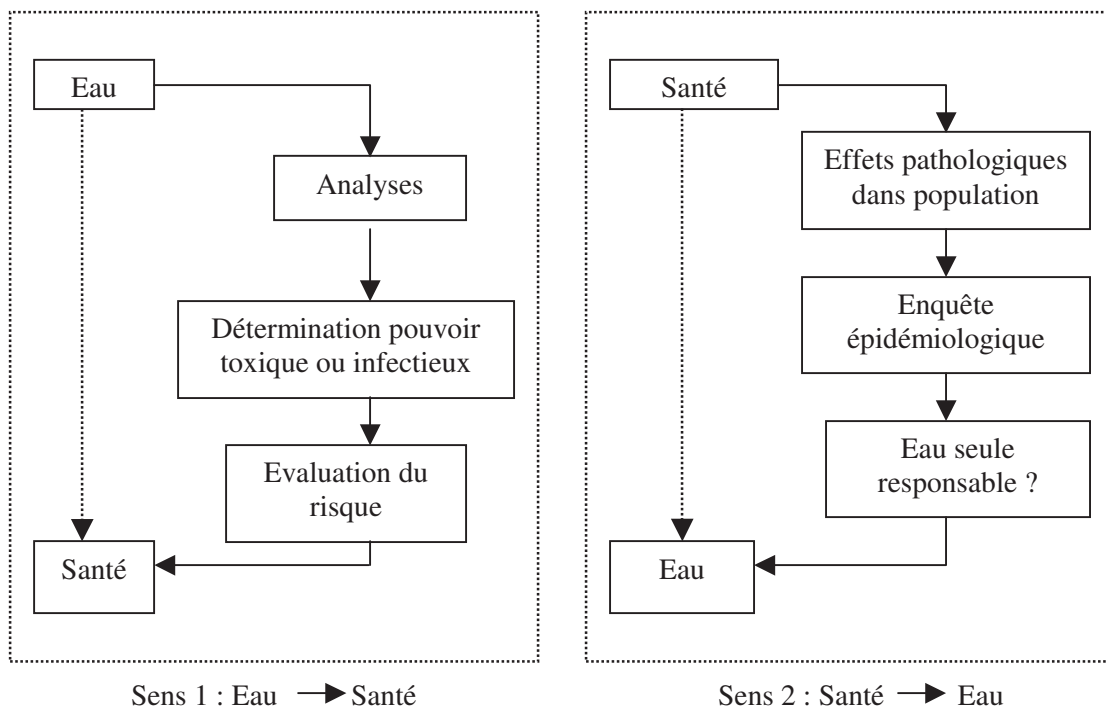


Schéma 1 : Analyses de la relation eau - santé

L'épidémiologie est la discipline qui étudie les différents facteurs intervenant dans l'apparition des maladies infectieuses ou non ou de phénomènes morbides déterminés (ex : suicides), ainsi que leur fréquence, leur mode de distribution, leur évolution et la mise en œuvre des moyens nécessaires à leur prévention.

1.2. Etude de la relation

Pour établir d'une façon certaine cette relation de cause à effet, il faut en démontrer les deux sens ce qui est exceptionnel. Le sens 1 (eau \Rightarrow santé) est le plus souvent le seul retenu. En effet, dans le cas de maladies rares, il est quasiment impossible de regrouper un nombre suffisant de malades pour prouver l'existence du sens 2 (santé \Rightarrow eau).

Les moyens de connaissance des maladies hydriques sont les suivants :

- Etude des accidents ayant conduit à la mort ou à l'apparition de troubles chez un nombre suffisant de personnes. Malheureusement, il est difficile d'identifier la ou les causes réelles et l'état des paramètres caractéristiques de l'eau lors de la survenue de l'accident. Tel est le cas de la pollution au mercure à Minamata au Japon. Avant de mettre en évidence l'impact du polluant sur la population humaine, l'attention fut portée sur le comportement très bizarre de la gente féline. En effet, ces animaux, se nourrissant de poissons contaminés, présentaient la fâcheuse manie de se "suicider" en se jetant des quais des ports. Avouons que le comportement félin est plus réservé que cela !.
- Etudes toxicologiques menées sur des animaux en n'oubliant pas la difficulté à transposer les résultats à l'homme.
- Etudes épidémiologiques rétrospectives ou prospectives analysant des groupes de populations données par comparaison à un groupe témoin. Les différences existant entre les relations statistiques peuvent être établies entre des valeurs chiffrées décrivant la fréquence et/ou le degré des troubles de santé ou de modification de facteurs biologiques considérés comme représentatifs ou indicateurs de troubles. Les causes sont multifactorielles ce qui entraînent des problèmes de biais.

Aucun de ces moyens de connaissances ne donne entièrement satisfaction. En conséquence, les maladies hydriques sont décrites par un ensemble d'effets sur différentes cibles.

2. MANIFESTATIONS PATHOLOGIQUES HYDRIQUES

Aujourd'hui, environ 1,2 milliards d'individus n'ont pas accès à une source d'eau potable et 2,4 ne disposent pas de système d'assainissement. Selon l'OMS, 3,4 millions de personnes décèdent annuellement de maladies d'origine hydrique dans les pays en voie de développement. Même aux USA, plus d'un demi million d'hommes souffre d'une affection d'origine hydrique sévère et 7,1 millions d'une affection bénigne ce qui provoque 1200 décès par an.

L'impact d'une même infection peut considérablement varier selon le niveau sanitaire de la population. En fonction de ce paramètre, le taux de mortalité d'une gastro-entérite passe de 0,3 à 1,6 % et celui du choléra de 8 à 22 %. Les origines des épidémies de maladies d'origine hydrique sont reportées dans le tableau 1 ci-après.

Origine	Chimique	Protozoaire	Bactérienne	Virale	Non déterminée
Taux	16 %	21 %	18 %	6 %	39 %

Tableau 1 : Origines des affections d'origine hydrique

2.1. Modalités de la contamination

Une contamination peut être due au triptyque suivant : ingestion, inhalation, contact. L'ingestion peut être directe par le biais de la boisson, des aliments préparés avec de l'eau souillée à la maison et enfin par contamination des fruits et légumes par l'arrosage. Par contre, dans le cas où les aliments ont été constitués en partie avec de l'eau transformée biologiquement qui a laissé des organismes ou substances qu'elle contenait (conchyliculture, pisciculture), on parle d'un mode indirect. L'inhalation se fait par le biais d'aérosols qui assurent la pénétration de particules dans les voies pulmonaires. Ce processus peut être en liaison avec l'ingestion directe. La leptospirose est la maladie caractéristique de la transmission par contact.

2.2. Conséquences de la contamination

Les manifestations pathologiques sont les conséquences principales d'une contamination. Dans le cas d'une substance chimique, on parle d'une intoxication et d'une infection si un micro-organisme en est à l'origine.

Une affection aiguë se manifeste immédiatement après la première agression. En règle générale, les micro-organismes en sont responsables. Dans le cas des polluants chimiques, on note des effets à court terme. Les produits diffusent rapidement dans le corps par le sang. Elle résulte de l'absorption massive du toxique sur une période courte (24 heures). Ces intoxications sont plus ou moins graves. Elles se traduisent par des nausées, vomissements, maux de tête, vertiges ou de la gêne respiratoire.

Les substances toxiques sont à la base des manifestations chroniques qui ont lieu "long-temps" après l'atteinte originelle par sommation d'agressions répétées (effet de dose).

L'intoxication chronique résulte d'une exposition prolongée à un toxique à faible concentration qui entraîne une intoxication insidieuse. Les troubles peuvent apparaître parfois des années après la cessation de l'exposition. On distingue :

- intoxication par accumulation du toxique : le produit s'accumule dans l'organisme jusqu'à l'apparition de symptômes ; ex : le plomb qui provoque le saturnisme,
- intoxication chronique par accumulation des effets : les effets engendrés par des expositions répétées s'additionnent sans que le toxique ne s'accumule ; ex : vapeurs de benzène.

L'intensité de la contamination dépend d'un certain nombre de paramètres. Le premier est la nature de la substance toxique ou l'espèce du micro-organisme. En effet, il faut distinguer les germes pathogènes ou opportunistes mais également tenir compte que ceux-ci peuvent se développer dans l'eau ou dans les aliments souillés. La question de la dose infectante se pose dans les deux cas. La gravité des effets des polluants sur l'organisme dépend :

- de la nature du produit.
- des conditions d'exposition (état physique du produit, durée de l'exposition).
- de la quantité de produit.
- de la plus ou grande sensibilité du sujet.

Il faut noter que certaines substances se lient aux protéines du sang et sont retenues par les différents organes ou tissus selon leurs caractéristiques physico-chimiques. Les organes les plus irrigués comme le cerveau, le foie, la rate ou riches en lipides tels que le cerveau ou le tissu adipeux fixent les toxiques. Le système nerveux est la cible du plomb et des organochlorés et les poumons celle du chrome. Les réactions de biodétoxification par le foie pour rendre plus solubles les molécules hydrophobes afin de les éliminer par voie rénale peuvent les rendre encore plus toxiques. Le benzène transformé en époxybenzène provoque la leucémie et le mercure en ions mercuriques provoquent des troubles du système nerveux.

Limites de qualité	Concentration limite	Risques	Traitement
Paramètres			
Arsenic (As)	10 µL ⁻¹	- Toxique pour le système nerveux et la peau. Découplage de la chaîne respiratoire - 3 à 6 mg.L ⁻¹ : empoisonnement grave avec nausées et crampes musculaires	- Flocculation
Cadmium (Cd)	5 µL ⁻¹	- Non solubles mais ses sels oui jusqu'à 71 µg.j ⁻¹ max - Toxique à partir de 100 µg.j ⁻¹ - Effet cumulatif dans foie et reins - Accidents gastro-intestinaux, rénaux, nerveux - Apport par aliments, eau mais aussi vaisselle en céramique ou en émail soit de 15 à 60 µg.j ⁻¹ .	- Précipitation et échange ionique
Chrome (Cr)	Cr total = 50 µg.L ⁻¹	- Apport alimentaire : 100 à 300 µg.j ⁻¹ - Cr ³⁺ : oligoélément - Cr ⁶⁺ : insoluble, toxique, cancérigène (10 µg.L ⁻¹ : nécrose hépatique)	- Précipitation chimique et échange ionique
Cyanures totaux (CN)	50 µg.L ⁻¹	- HCN mortel à partir de 50 mg : arrêt respiratoire, cyanose - Lié à la vie : vitamine B12 - Limite 4,7 mg.j ⁻¹ inoffensive par détoxication de l'organisme	- Décyanuration oxydative avec ClO ₂ , Cl ₂ et KMnO ₄
Cuivre (Cu)	2 µg.L ⁻¹	- Canalisations car risque de corrosion - Sels de Cu ²⁺ algicides - Toxicité très rare car nouveau goût à partir de 1 à 2 mg.L ⁻¹	- Flocculation
Fluorure (F⁻)	1,5 mg.L ⁻¹	- Fluorose - Os de marbre	- Adoucissement (chaux) - Dilution
Nitrate (NO₃)	50 mg.L ⁻¹	- Méthémoglobinose – Nitrosoamines - Vasodilatation	- Echange ionique - Dénitrification
Nitrite (NO₂)	0,1 mg.L ⁻¹ (usine) 0,5 mg.L ⁻¹ (robinet)		
Mercuré (Hg²⁺)	1 µg.L ⁻¹	- Forme naturelle : CH ₃ Hg formé par bactéries - Accumulation chez organismes aquatiques - 0,25 mg.L ⁻¹ Hg ²⁺ : troubles neurologiques et mentaux (Minamata)	- Clarification
Sélénium (Se)	10 µg.L ⁻¹	- Chevaux : perte des sabots par consommation plante (astragalus) - Perte de cheveux, ongles par sélénose - Toxique si teneur > 0,01 à 0,1 mg.kg ⁻¹ .j ⁻¹ - DJA = 200 µg.j ⁻¹	- Clarification puis CAG

Tableau 2 : Risques chimiques des paramètres 'limites de qualité' selon le décret 2001-1220

Paramètres de qualité	Concentration limite	Risques	Traitement
Eléments			
Fer (Fe²⁺)	0,2 mg.L ⁻¹	- Non toxique - Mauvais goût, traces sur linge et sanitaires	- Oxydation puis filtration
Sodium (Na⁺)	250 mg.L ⁻¹	- Hypertension artérielle	- Déminéralisation - Osmose inverse
Sulfate (SO₄²⁻)	250 mg.L ⁻¹	- Hyperexcitabilité tube digestif : laxatif à fortes doses	- Osmose inverse - Nanofiltration

Tableau 3 : Risques chimiques des paramètres ‘paramètres de qualité’ répertoriés selon le décret 2001-1220

Types de manifestations	Agents responsables	Origine
Origine bactérienne		
Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	<i>Salmonella typhi</i> – <i>Salmonella paratyphi A et B</i>	Coquillages, eaux
Leptospirose	<i>Leptospira</i>	Eaux, baignades
Dysenterie bacillaire	<i>Shigella</i>	Baignades
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	Eaux, coquillages
Gastro-entérites aiguës et diarrhées	<i>Escherichia coli</i> ⁽¹⁾ – Entérocoques ⁽¹⁾ – <i>Salmonella spp</i> ⁽²⁾	Baignades, eaux
Légionelloses	<i>Legionella pneumophila</i>	Aérosols
Origine virale		
Hépatites A et E	Virus hépatite A	Eaux, coquillages
Poliomyélite	<i>Poliovirus</i>	Eaux
Gastro-entérites aiguës et diarrhées	<i>Entérovirus</i> – <i>Adénovirus</i> - <i>Réovirus</i>	Piscines, baignades
Origine parasitaire		
Dysenterie amibienne	<i>Entamoeba histolytica</i>	Eaux
Gastro-entérites	<i>Giardia intestinalis</i>	Eaux
Gastro-entérites	<i>Cryptosporidium</i>	Eaux

(1) répertorié en tant que limite de qualité (0/100 mL) dans le décret 2001-1200

(2) répertorié en tant qu'indicateurs de qualité (coliformes 0/100 mL) dans le décret 2001-1200

Tableau 4 : Risques microbiologiques

En cas d'apparition d'une maladie, les réponses de la Santé publique sont les soins apportés au niveau de l'individu et la lutte contre l'extension du phénomène par action sur les causes. L'action menée vis-à-vis des individus est souvent curative. Néanmoins, la prévention par l'éducation sanitaire et la vaccination sont indispensables. Mais cette action ne concerne pas toutes les maladies notamment celles à moyen ou long terme. Par ailleurs, la difficulté à détecter la cause réelle des troubles en limite fortement l'efficacité. Aussi, des mesures sanitaires prises vis-à-vis du milieu sont nécessaires.

3. NECESSITE D'UNE REGLEMENTATION

La relation de cause à effets eau \Rightarrow santé ayant été établie, des contraintes doivent être imposées au milieu aqueux pour protéger la santé. Néanmoins, le degré de ces contraintes peut être très variable. En effet, il est nécessaire, au préalable, de préciser le niveau de santé publique à atteindre pour définir les moyens à mettre en œuvre. Le législateur doit effectuer des choix. Faut-il empêcher l'apparition de troubles manifestes de santé ou prévenir la variation d'indicateurs biologiques?. Faut-il protéger la population dans son intégralité uniformément ou mener une action particulière vis-à-vis des groupes à risques (dialysés à domicile, femmes enceintes, immunodéprimés..)?.

3.1. Champs d'application

Les actions sur le milieu "eau" ne s'appliquent pas uniquement à la qualité de l'eau distribuée mais concernent l'ensemble de son cycle : ressource, captage, traitement, stockage, distributions publique et privée, usages, rejets et réutilisation. La sauvegarde de la ressource nécessite des périmètres de protection, le traitement doit permettre d'obtenir une eau compatible avec la consommation humaine, la distribution doit en préserver les qualités chimiques et bactériologiques, les usages adaptés à la qualité de l'eau et la mise en place de traitements performants des eaux résiduaires urbaines et industrielles permettent d'obtenir des rejets les moins polluants possibles.

3.2. Expression des règles sanitaires

Il faut distinguer trois cas distincts dans l'expression des règles sanitaires. En premier lieu, les connaissances disponibles permettent de décrire en détail la relation entre l'eau et la santé. Il s'agit d'obligations de résultats dont les normes de qualité des eaux constituent un exemple.

Lorsque le manque de connaissances conduit à faire référence à des solutions considérées comme satisfaisantes, telles que l'approbation des procédés et produits de traitements des eaux ou la mise en place des périmètres de protection, on a affaire à une obligation de moyens.

L'obligation d'expertise se manifeste lorsque la complexité des phénomènes intervenant et la nécessaire adaptation locale ne permettent pas une normalisation. L'autorité sanitaire intervient dans le domaine de la Santé publique par l'émission de recommandations ou d'obligations. A priori, elle peut intervenir en définissant des réglementations et en créant des procédures de consultation ou d'autorisation. En fonctionnement, l'autorité sanitaire, dans la plupart des cas, laisse jouer à plein les règles sanitaires établies. Elle peut également agir en cas de plaintes, procéder à des vérifications périodiques de caractère statistique et en effectuer un contrôle systématique de la situation.

3.3. Historique de la réglementation

L'évolution de la réglementation concerne les domaines de traitement de l'eau, de la microbiologie et de la chimie.

Au niveau de la microbiologie, Van Leeuwenhoek invente le microscope et découvre des animalcules présents dans l'eau. En 1854, Pacini aurait mis en évidence le bacille du choléra (*Vibrio cholerae*) qui sera redécouvert par Koch en 1883. Les fièvres typhoïdes ou typhus abdominal sont mises en évidence par Bretonneau en 1818. L'agent causal (*Salmonella typhi*) le fût en 1880 par Eberth qui lui donna son nom. La théorie des germes est élaborée par Pasteur la même année. Dans le cas des virus, on peut prendre comme exemple le *Poliovirus*. Cet Entérovirus, responsable de la poliomyélite, présente un tropisme préférentiel pour le tractus digestif. En effet, des particules virales sont excrétées dans les matières fécales durant plusieurs semaines après l'infection. En conclusion, toutes les maladies citées se transmettent principalement indirectement par voie orofécale. Les découvertes successives de la bactériologie ont permis une évolution constante de l'amélioration de l'état de santé de la population par l'identification des germes responsables de maladies hydriques, mais aussi par la mise au point de techniques analytiques progressives et enfin par l'avènement des vaccins.

En ce qui concerne le traitement de l'eau, le tableau 5 donne une vue générale des principales innovations dans les procédés mis en œuvre pour obtenir une eau parfaitement consommable selon l'époque.

Traitement de l'eau

Période	Eléments
2000 avant JC	Les Chinois préconisent de faire bouillir l'eau avant de la boire.
15 ^{ème} siècle avant JC	Chez les Egyptiens, un système de sédimentation de l'eau constitué par un récipient muni de siphons.
343 à 226 avant JC	A Rome et en Grèce, présence de bacs de décantation avant les aqueducs.
1 ^{er} siècle avant JC	Existence de simples, doubles et triples filtrations.
1685	En Italie, construction du premier filtre multiple à base de sable et de gravier.
1807	Glasgow est la première ville au monde à traiter l'eau distribuée.
1830	Utilisation de l'hypochlorite de sodium pour enlever l'odeur de l'eau.
1882	Première usine de traitement physico-chimique à Sommerville (USA).
1896	En Yougoslavie, utilisation du dichlore pour stopper une épidémie de typhoïde.
1898	Première unité d'ozonation à Nice.
1920	Chloration de l'eau à Paris
1924	Utilisation du charbon actif en poudre pour lutter contre les goûts et les odeurs.
1935	Mis en place du break-point aux USA.
1954	Action virulicide de l'ozone (Coin).
1960	Utilisation du charbon actif en grains pour déchlorer.
1974	Rook découvre les trihalogénométhanés.
1980	Préozonation de l'eau.

Tableau 5 : Evolution du traitement de l'eau

Le premier texte d'envergure est la circulaire ministérielle du 5/09/1885. Elle fournit des indications d'analyse chimique (6 paramètres) pour déterminer la qualité des eaux en les répartissant en 4 catégories selon le tableau 6. Elle reconnaît que "l'analyse chimique de l'eau constitue une opération fort délicate, nécessitant outre un outillage compliqué, une grande habitude des opérations analytiques et se trouve pour ces raisons praticable seulement dans un grand laboratoire".

Cette circulaire précise la méthodologie de prélèvement en insistant sur l'utilisation de bouteilles en verre et non en grès, mais également les volumes qui sont fonction de la qualité de l'eau, à savoir : 2 L pour une eau de source ou de rivière très souillée, 4 L pour une eau de source et de torrents ordinaires et 6 L pour les lacs et torrents de montagne.

Elle préconise également de noter l'odeur, la saveur, la limpidité ainsi que sa réaction au papier de tournesol afin de situer son caractère acide ou basique.

	Eau très pure	Eau potable	Eau suspecte	Eau mauvaise
Chlore ⁽¹⁾	< 0,015	< 0,040 ⁽⁵⁾	0,05 à 0,1	> 0,1
Acide sulfurique ⁽²⁾	0,002 à 0,005	0,005 à 0,03	> 0,03	> 0,05
O ₂ issu du KMnO ₄ en solution alcaline ⁽³⁾	< 0,001	< 0,002	0,003 à 0,004	> 0,004
Perte de poids par chaleur rouge ⁽⁴⁾	< 0,015	< 0,04	0,04 à 0,07	> 0,1
Degré hydrométrique total	5 à 15	15 à 30	> 30	> 100
Degré hydrométrique persistant après l'ébullition	2 à 5	5 à 12	12 à 18	> 20

Toutes valeurs en g.L⁻¹ sauf le degré hydrotimétrique en °F

- (1) : Mesure des chlorures par méthode de Mohr - (2) : Mesure des sulfates - (3) : Equivalent de l'indice permanganate - (4) : Evaporation d'au moins 1 L car précision balances peu fiable

- (5) : Excepté au bord de la mer

Tableau 6 : Instructions accompagnant la circulaire du 05/09/1885

Les instructions du 12/07/1924 demandent des examens physiques tels que limpidité, couleur, température, résistivité électrique mais également chimiques comme le dosage des matières organiques, la recherche des NH₄⁺, NO₃⁻ et SO₄²⁻, du fer, du Titre Hydrotimétrique total (THT) et de l'alcalinité.

En 1929, une instruction aborde pour la première fois la mesure de la couleur à exprimer en mg.L⁻¹ de platine en utilisant une méthode américaine (chlorure platino-potassique et chlorure cobalteux hydraté) et de la turbidité mesurée au disque de Secchi ou par tubes horizontaux dans lesquels on verse de l'eau en notant la hauteur à laquelle on cesse de lire une montre, une croix ou des lettres d'un journal. Le principe de traitement des eaux acides est évoqué : "elles sont dangereuses pour la Santé car elles attaquent les tuyaux de plomb et peuvent donner du saturnisme aux consommateurs". Mais aucune concentration limite n'est fixée car les moyens analytiques sont inexistantes. Il est à noter que cette intoxication est mise en évidence pour la première fois à Epinal (Vosges). La cause était le remplacement des canalisations en bois par un réseau en plomb à partir des années 1920.

La circulaire du 10/11/1954 jette les bases modernes de la qualité à exiger des eaux destinées à la consommation humaine en introduisant la notion de toxiques tels que le plomb (0,05 mg.L⁻¹), les fluorures (1 mg.L⁻¹), l'arsenic (0,05 mg.L⁻¹), les ions cyanure et le chrome hexavalent Cr⁶⁺ qui doivent être absents dans la limite des méthodes existantes. La notion de composés indésirables à savoir cuivre, fer, manganèse et zinc est mise en place. On note également des recommandations de concentrations à ne pas dépasser magnésium (125 mg.L⁻¹), chlorure (250 mg.L⁻¹), sulfate (250 mg.L⁻¹), nitrate (10 mg N.L⁻¹) et THT (30 °F si possible). L'influence du traitement sur la qualité de l'eau distribuée est prise en compte par l'analyse de l'aluminium au niveau de l'eau brute et traitée.

Le décret du 01/08/1961 reprend les bases fondamentales du texte précédent en modifiant quelques limites. L'élément Sélénium est introduit dans la limite de 0,05 mg.L⁻¹. La notion de "inférieur au seuil de détection analytique" est maintenue.