le plomb et la distribution de l'eau

publié le 23.06.03 |par michel meyer

la production d'eau de qualité suffisante pour satisfaire aux exigences sanitaires liées à la consommation humaine, constitue un enjeu majeur pour les décennies à venir. la contamination par les métaux, en particulier par les métaux lourds (plomb, cadmium, mercure...), requiert une attention particulière en raison de leur toxicité avérée, même à des teneurs extrêmement faibles.

la production d'eau de qualité suffisante pour satisfaire aux exigences sanitaires liées à la consommation humaine, constitue un enjeu majeur pour les décennies à venir [1]. la contamination par les métaux, en particulier par les métaux lourds (plomb, cadmium, mercure...), requiert une attention particulière en raison de leur toxicité avérée, même à des teneurs extrêmement faibles. bien que la minéralisation d'une eau soit un des critères de potabilité essentiel auxquels s'attache le législateur, sa composition chimique qui résulte d'apports de sources multiples d'origine naturelle (nature des sols et des roches traversés par la nappe aquifère) et anthropique (pollution), est en incessante évolution. mis à part les traitements chimiques destinés d'une part à corriger certains paramètres physico-chimiques et d'autre part à assurer l'asepsie, la corrosion des conduites du point de captage au robinet du consommateur représente la principale cause de contamination minérale notamment dans les régions granitiques où l'eau est douce et peu minéralisée ou lorsqu'elle est trop adoucie par un appareil de traitement mal réglé. une eau sera d'autant plus agressive que sa minéralisation et son ph sont faibles et que la température est élevée. en france, la contamination des nappes souterraines par le plomb demeure exceptionnelle. aussi, l'eau introduite dans les réseaux de distribution publics a une teneur en plomb en règle générale inférieure à 10 $\mu g.l^{-1}$ et souvent à 1 $\mu g.l^{-1}$. sous l'effet de la corrosion, l'eau se charge donc en plomb au cours du transport vers le robinet de l'utilisateur.

1. aspects historiques

caractérisé par un bas point de fusion (t = 327,5 °c) et des propriétés mécaniques remarquables (malléabilité, ductilité...), le plomb a été utilisé pour l'élaboration de canalisations et la construction de réseaux de distribution d'eau dès l'antiquité romaine. citons à ce propos ces quelques lignes empruntées à l'architecte vitruve qui dans son traité intitulé de architectura mettait au premier siècle avant jésus-christ déjà ses contemporains en garde des effets néfastes de l'emploi du plomb : "...les tuyaux en terre cuite ont cet avantage que, s'il arrive quelque accident, il est facile de les réparer, et que l'eau y est bien meilleure que dans les tuyaux en plomb. ce qui la rend mauvaise dans ces derniers, c'est qu'il s'y forme de la céruse, matière que l'on dit être très nuisible au corps de l'homme. or, si le plomb produit des matières malsaines, nul doute qu'il ne soit lui-même contraire à la santé. nous pouvons en voir la preuve dans les plombiers, dont le teint est d'une extrême pâleur. lorsque le plomb est en fusion, la vapeur qui s'en exhale pénétrant dans les corps, les dessèche de plus en plus, et finit par enlever au sang ses qualités essentielles ; aussi semble t-il qu'il faille ne se point servir de tuyaux en plomb pour conduire les eaux, si l'on veut les avoir bonnes."

deux millénaires ont été nécessaires à l'humanité pour apporter des arguments scientifiques irréfutables à ces propos visionnaires, notamment grâce à l'avènement de

méthodes analytiques capables de quantifier les composants à l'état de traces, c'est-à-dire en quantité inférieure à la partie par million (ppm).

les incidences néfastes pour la santé de l'acheminement de l'eau potable par des canalisations en plomb ont été signalées vers 1845 dans le nord-est des etats-unis. en europe, le xixème siècle est marqué par de nombreux cas d'intoxication chronique d'origine hydrique clairement identifiés, notamment dans la ville allemande de dessau. devenu un véritable problème à la fois sociétal et de santé publique, les autorités gouvernementales de nombreux pays ont initié de vastes programmes d'étude visant à comprendre les phénomènes de corrosion responsables de la contamination des eaux courantes destinées à la consommation humaine et à y remédier. au cours de la décennie 1980-90, de nombreux pays ont joint leurs efforts grâce à la coopération des organismes concernés (usepa aux etats-unis, wrc-nsf au royaume-uni, dvgw en allemagne, crecep en france) puis les recherches, dont le sujet avait été estimé épuisé, ont été abandonnées.

s'appuyant sur l'état des connaissances en épidémiologie infantile et en toxicologie du moment, l'organisation mondiale de la santé recommanda en 1993 une nouvelle valeur guide de 10 $\mu g.l^{-1}$ de plomb dans les eaux alimentaires [2]. la révision de la réglementation à l'échelle de la communauté européenne qui résulte des prescriptions sanitaires de l'oms, suscite en ce début du xxième siècle un regain d'intérêt pour la question et requiert une nouvelle évolution des connaissances scientifiques et techniques relatives à la dissolution du plomb dans l'eau et aux moyens susceptibles d'en limiter la teneur.

2. aspects législatifs

la stagnation même de courte durée (1 h) de l'eau potable dans un tuyau en plomb entraîne une contamination qui peut atteindre plusieurs centaines de microgrammes par litre (ppb) et dépasser ainsi plusieurs fois la limite légale fixée à 50 $\mu g\ l^{-1}$ par la directive 80/778/cee du conseil de l'union européenne du 15 juillet 1980 modifiée, relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. ce n'est que depuis 1995 que la pose de nouvelles conduites en plomb est interdite en france en vertu du décret n° 95-363 du 5 avril 1995.

en 1997, le conseil de l'union européenne a arrêté la position commune n° 13/98 afin de réviser à la baisse le seuil maximal légal et de prendre en compte les dernières recommandations de l'oms. la directive 98/83/ce du 3 novembre 1998 qui en découle a été transposée en droit français par le décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles [3]. celui-ci prévoit la réduction de la teneur maximale autorisée en plomb dans l'eau potable de 50 à 25 $\mu g.l^{-1}$ au 25 décembre 2003 puis à 10 $\mu g.l^{-1}$ à partir de 25 décembre 2013 (tableau 1). selon ce texte, les eaux fournies par un réseau de distribution au point où elles sortent des robinets qui sont normalement utilisés pour la consommation humaine doivent non seulement respecter des limites de qualité (tableau 1) mais également satisfaire à des critères indicatifs, témoins du fonctionnement des installations de production et de distribution (tableau 2). notons, que pour certains éléments le seuil diffère sensiblement de la valeur guide recommandée par l'oms [2].

limites de qualités des eaux destinées à la consommation humaine fixées par le décret n°2001-1220 pour les constituants minéraux.

élément	limite de qualité	anion	limite de qualité
as	10 µg.l^{-1}	bro^{3-}	10 µg.l^{-1}
ba	0,7 mg.l^{-1}	cn^{-}	50 µg.l^{-1}
b	1,0 mg.l^{-1}	f^{-}	1,5 mg.l^{-1}
cd	5,0 µg.l^{-1}	no_3^{-}	50 mg.l^{-1}
cr	50 µg.l^{-1}	no_2^{-}	0,5 mg.l^{-1}
cu	2,0 mg.l^{-1}		
hg	1,0 µg.l^{-1}		
ni	20 µg.l^{-1}		
pb	10 µg.l^{-1}		
sb	5,0 µg.l^{-1}		
se	10 µg.l^{-1}		

valeurs indicatives de qualités des eaux destinées à la consommation humaine fixées part le décret n°2001-1220 pour les constituants minéraux.

élément	limite de qualité	anion	limite de qualité
al	200 µg.l^{-1}		
cu	1 mg.l^{-1}	clo_2^{-}	0,2 mg.l^{-1}
fe	200 µg.l^{-1}	cl^{-}	250 mg.l^{-1}
mn	50 µg.l^{-1}	$so4^{2-}$	250 mg.l^{-1}
na	200 mg.l^{-1}		
nh_4^{+}	0,1 mg.l^{-1}		
ph	6,5-9		
conductivité	180 - 1000 µs.cm^{-1} à 20°c		

3. situations internationale et nationale

pourtant, l'utilisation du plomb pour l'acheminement (conduites, jointures...) et le stockage (réservoirs étanchés par des feuilles de plomb) de l'eau a perduré jusqu'à la fin du vingtième siècle et les installations sont encore très répandues en europe de l'ouest, en amérique du nord et au japon, y compris dans les grandes métropoles, bien que la situation varie fortement suivant le pays. a titre d'exemple, la proportion de branchements et de canalisations en plomb à l'intérieur des habitations ne semble pas dépasser plus de 8 % en 1995 au pays-bas [4] et au portugal [5], tandis qu'au royaume uni entre 7 et 10 millions de foyers en sont encore pourvus [6].

si une enquête de la sofres réalisée du 2 au 5 juillet 1999 auprès de 1010 individus représentatifs de la population française âgée de 15 ans et plus pour le compte du centre de l'information sur l'eau (c.i.eau) a révélé que 73 % des français ignoraient les nouvelles dispositions imposées par la directive européenne de 1998, cette dernière a suscité une prolifération d'articles et de chiffres, souvent contradictoires qui relèvent plus de la fantaisie journalistique et de la désinformation que d'une vérité tangible. certains médias ont annoncé que " 7 % de la population nationale sont susceptibles en france de consommer de l'eau plombée " (le monde, hiver 1998/1999), d'autres sont allés jusqu'à avancer le chiffre de 32 millions [7].

certes, les canalisations en plomb ont été progressivement remplacées au cours des dernières décennies. ce métal ne subsiste plus que dans les trois catégories de conduites que sont les branchements (raccordements entre la conduite et le compteur) d’une longueur comprise entre quatre et quinze mètres, les canalisations de liaison (reliant le compteur à l'habitation) et les tuyauteries des habitations. les branchements incriminés ont été posés avant 1984 mais ils demeurent fréquents. en france, le plomb n'a pas été utilisé dans les réseaux publics d'acheminement et n'entre tout au plus que dans la confection de joints des anciennes conduites en fonte posées jusqu'au début du xxème siècle. sur ce point, la situation diffère de celle d'autres pays européens.

sur le plan national, un rapport de l'union européenne datant de mars 1995 indique que 38 % soit environ 3,9 millions des branchements raccordant les habitations aux réseaux de distribution d'eau sont en plomb [8]. un recensement effectué par la lyonnaise des eaux-dumez sur l'ensemble de son réseau a dénombré près de 48 % de branchements en plomb, confirmant les estimations du groupe de travail européen [9]. néanmoins, d'importantes différences existent selon les zones considérées [10], leur répartition est inégale selon les régions (tableau 3) [9]. la proportion est plus faible en zones rurales (10 %), où l'adduction d'eau a souvent été mise en oeuvre après la seconde guerre mondiale, mais dépasse fréquemment 50 % dans les grandes agglomérations, où les réseaux de distribution publics ont été installés dès la fin du xixème siècle. ces études ont mis à jour une grande variabilité selon les collectivités. ainsi, la quasi-totalité des branchements de la ville de paris (~ 70 000) sont en plomb à l'inverse des villes nouvelles où le polyéthylène prédomine [11]. la longueur moyenne du branchement sur le territoire du syndicat des eaux d'ile-de-france est d'environ 9 m avec près de 60 % des compteurs posés à l'intérieur des habitations [11].

évaluation de la proportion de branchements en plomb dans le réseau de la lyonnaise des eaux-dumez [9].

région	nombre de branchements	nombre de branchements en plomb	proportion
centre	268690	107476	40 %
est	125947	50379	40 %
nord	596946	310685	52 %
ouest	193350	63290	33 %
région parisienne	385778	282336	73 %
rhône-alpes	55961	11192	20 %
sud-est	224457	89783	40 %
sud-ouest	429401	169810	40 %
total	2280530	1084951	48 %

globalement, les mêmes constats peuvent être dressés en ce qui concernent les installations intérieures des immeubles et habitations : 10 millions de logements sur un total de 26,3 millions, soit 38 %, sont encore équipés par des conduites d'eau qui contiennent du plomb, la proportion atteignant près de 70 % des immeubles parisiens [8]. en règle générale, il a été remplacé dans les constructions postérieures à 1945 par de l'acier galvanisé, du cuivre, du polyéthylène ou du pvc (tableau 4) [11].

nature des matériaux rencontrés dans les installations intérieures lors d'une enquête effectuée par la sade dans 1053 habitations françaises [11].

âge de l'installation	plomb	acier	cuivre	matières plastiques	total
inférieur à 10 ans	0	0	295	8	303
de 11 à 20 ans	10	15	345	0	370
supérieur à 20 ans	247	77	271	0	595
total	257	92	911	8	1268

outre les pièces massives, d'autres sources peuvent conduire à une contamination notable de l'eau. citons pour mémoire certains aciers galvanisés qui peuvent contenir jusqu'à 1 % de plomb, les alliages plomb-étain ("brasures tendres") qui servent à l'assemblage des canalisations en cuivre, certaines matières plastiques en polychlorure de vinyle (pvc) stabilisées par des composés de plomb, certains laitons où l'addition de

5 à 6 % de plomb permet d'améliorer la malléabilité de l'alliage cuivre-zinc [12]. des concentrations en plomb supérieures à 1 mg.l^{-1} ont été décelées dans des eaux qui ont séjourné dans des tuyaux en cuivre assemblés par brasage tendre ou au contact de robinets en laiton [13]. de ce fait, l'utilisation de brasures au plomb a été proscrite par un arrêté du 10 juin 1996.

4. données statistiques sur les teneurs en plomb mesurées au robinet du consommateur

une des préoccupations majeures des autorités sanitaires françaises a été de définir une stratégie de prélèvements permettant d'évaluer l'exposition de la population au plomb d'origine hydrique, d'identifier les zones à risques et d'apprécier la conformité des eaux distribuées vis-à-vis de la nouvelle directive [9]. l'association générale des hygiénistes et techniciens municipaux (aghtm) a établi une grille d'évaluation du risque en fonction des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, du réseau de distribution et de l'habitat qui permet d'établir un diagnostic préliminaire au niveau d'une zone de distribution et de définir une stratégie de contrôle sur le terrain.

entre novembre 1993 et mars 1994, l'aghtm a conduit une étude d'évaluation du risque sur 230 sites représentatifs de la situation française dont 184 présentaient des canalisations en plomb (figure 1) [14] . les mesures ont été effectuées à l'aide de robinets intégrateurs. ce dispositif mis au point aux pays-bas dans les années 80 est fixé sur le robinet d'eau et permet de prélever un faible pourcentage (~ 5 %) du volume débité à chaque fois que le consommateur utilise de l'eau pour un usage alimentaire. prenant en compte les pratiques des utilisateurs, cette méthode d'échantillonnage est la seule qui soit réellement représentative pour évaluer une concentration moyenne fiable sur une période déterminée, au minimum d'une semaine. lorsque l'eau a été en contact avec le plomb, la limite des 10 µg.l^{-1} était franchie dans 65 % des cas relevés. les teneurs supérieures à 50 µg.l^{-1} correspondent à des échantillons d'eaux douces ayant un ph bas, particulièrement agressives. par ailleurs, 20 % des prélèvements provenant d'installations dépourvues en plomb se sont avérés non conformes à la future réglementation. ce résultat confirme l'existence d'autres sources de contamination que le plomb massif.

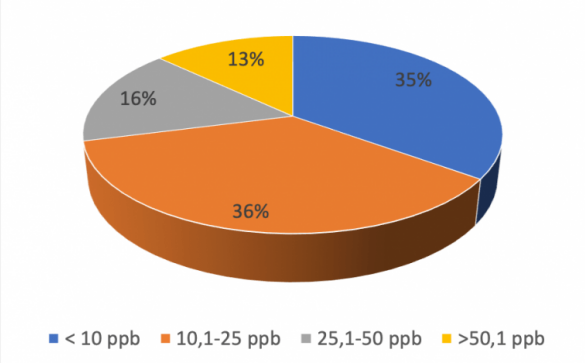


figure 1 - répartition des concentrations moyennes en plomb dans l'eau prélevée selon la méthode proportionnelle sur 184 sites comportant des canalisations en plomb

auteur(s)/autrice(s) : michel meyer

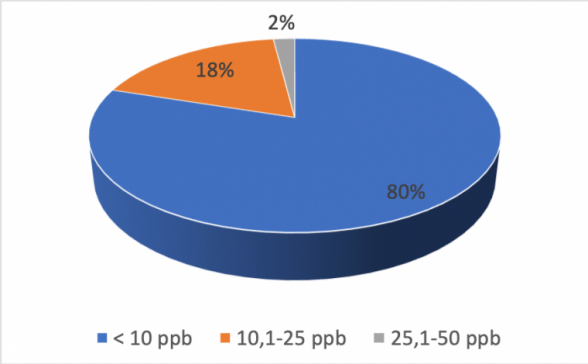


figure 2 - répartition des concentrations moyennes en plomb dans l'eau prélevée selon la méthode proportionnelle sur 46 autres sites dépourvus de ce type de tuyaux

auteur(s)/autrice(s) : michel meyer

la représentativité des méthodes de prélèvement non proportionnelles, moins contraignantes et coûteuses, a été évaluée au niveau européen à la fin des années 90 à la demande de la commission européenne [15]. en france, ces études comparatives ont été conduites sous l'égide de l'aghtm [14]. la représentativité de la procédure recommandée (prélèvement d'un échantillon de 2 l après purge complète du réseau et stagnation de 30 min) était satisfaisante à l'échelle d'une zone de distribution sous réserve qu'un nombre suffisant d'échantillons soient collectés (20 points de prélèvements au minimum) pour permettre une exploitation statistique des résultats.

5. références

[1] t. hun, *water environ. technol.* , 1998, 10, 31.

[2] *directives de qualité de l'eau de boisson* , deuxième édition, organisation mondiale de la santé, genève, 1994, vol. 1 : recommandations

[3] m. l. guillemot, c. saout, r. tardivel, c arnaud, a. robin, *j. eur. hydrol.* , 2002, 33, 11.

[4] p.j. buijs, p.g.g. slaats, actes du colloque *ceocor v*, bruxelles, european committee for the study of corrosion and protection of pipes, 2000.

[5] m.j. benoliel, actes du colloque *ceocor v*, bruxelles, european committee for the study of corrosion and protection of pipes, 2000.

[6] g.r. boyd, n.k. tarbet, g. kirmeyer, b.m. murphy, r.f. serpente, m. zammit, *j.-am. water works assoc.* , 2001, 93, 74.

[7] a. peillon *eurêka* , 1998, 36, 44.

[8] p. jackson, t. van den hoven, i. wagner, p. leroy, *the financial and economic implications of a change of the mac for lead*, rapport de l'union européenne, 1995.

[9] j.p. duguet, j. cordonnier, e. brodard, tsm. tech. sci. méthodes, *génie urbain génie rural*, 1994, 128.

[10] p. leroy, j. baron, actes du colloque *ceocor v*, bruxelles, european committee for the study of corrosion and protection of pipes, 2000.

[11] d. bouillot, j. rancon, tsm. tech. sci. méthodes, *génie urbain génie rural*, 1994, 128.

[12] d.a. lytle, m.r. schock, actes du colloque *annual conference of the american water works association*, san antonio, american water works association, 1993, p. 899.

[13] d.a. lytle, m.r. schock, n.r. dues, p.j. clark, *j.-am. water works assoc.*, 1993, 85, 104.

[14] j. baron, tsm. tech. sci. méthodes, *génie urbain génie rural*, 1997, 47.

[15] t.j.j. van den hoven, p.j. buijs, p.j. jackson, s. miller, m. gardner, p. leroy, j. baron,

a. boireau, j. cordonnier, i. wagner, h. marecos do monte, m.j. benoliel, i. papadopoulos, quevauviller, *developing a new protocol for the monitoring of lead in drinking water*, rapport de l'union européenne eur 19087, 1999.

6. autres sources d'information

l'office parlementaire d'evaluation des choix scientifiques et technologiques a publié un rapport sur la qualité de l’eau et de l’assainissement en france.

g. miquel "la qualité de l'eau et de l'assainissement en france" (195 p.), rapport n° 215 du sénat, 2003.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

michel meyer

chargé de recherches au cnrs

RELECTURE SCIENTIFIQUE

emmanuel sabban

professeur agrégé de chimie au lycée henri iv, paris

MISE EN LIGNE

edith thummen

professeure agrégée de chimie, conceptrice et responsable éditoriale du site culturesciences-chimie de 2002 à 2004 en collaboration avec d. jaouen et j.b. baudin, et avec le soutien des membres du département de chimie de l’ens. enseignante en cpge depuis 2004.