



Photo © OMS / Fid Thompson

Plomb dans l'eau de boisson

Risques pour la santé, surveillance et mesures correctives

Note technique

À propos de la présente note technique

La présente note technique donne des conseils sur la gestion de la contamination par le plomb dans les systèmes d'approvisionnement en eau de boisson, qu'il s'agisse de pompes manuelles ou de systèmes canalisés. L'information qui y est présentée s'adresse principalement aux fournisseurs d'eau et aux organismes chargés de contrôler la salubrité et l'acceptabilité de l'eau de boisson en situation de ressources limitées. Certaines sections intéresseront également les autres parties prenantes à la gestion de la qualité de l'eau de boisson.

L'information contenue dans la présente note technique est organisée en fonction des mesures à prendre lorsque l'on détecte des concentrations élevées de plomb dans l'eau de boisson. Ces mesures vont d'une surveillance plus poussée, éclairée par une enquête sur les sources de plomb, à des mesures correctives visant à réduire la teneur en plomb de l'eau de boisson. La présente note technique comprend également des informations

générales sur les risques potentiels pour la santé que présente l'exposition au plomb et sur les sources d'exposition au plomb dans l'environnement.

Le plomb représentant un danger chimique d'intérêt prioritaire, il convient d'adopter une démarche préventive pour détecter, évaluer et maîtriser sa présence dans l'eau de boisson. Pour ce faire, il faut notamment connaître les sources de plomb dans l'eau de boisson, surveiller la présence de plomb dans l'eau de boisson (y compris dans les moyens d'approvisionnement dont on sait ou soupçonne qu'ils contiennent des matériaux en plomb) et adopter des programmes d'achat et d'installation adéquats pour prévenir l'introduction de plomb dans les nouveaux systèmes d'approvisionnement en eau.

Messages clés

Le plomb est une substance chimique considérée comme présentant un risque majeur pour la santé publique. Il est nécessaire de réduire l'exposition humaine à toutes les sources de plomb dans l'environnement, y compris dans l'eau de boisson.

Le plomb devrait figurer dans les normes nationales de qualité de l'eau de boisson et faire l'objet d'un suivi dans le cadre d'un programme de surveillance de la qualité de l'eau de boisson.

La principale source de plomb dans l'eau de boisson est la lixiviation du plomb à partir des matériaux qui en contiennent dans les systèmes d'approvisionnement en eau, y compris la plomberie dans les bâtiments (par ex. maisons, garderies, écoles) et certaines pièces des pompes manuelles. Ces éléments peuvent être constitués de plomb, d'alliages métalliques contenant du plomb, ou de polychlorure de vinyle (PVC) ou de PVC non plastifié produit avec des stabilisateurs au plomb. Parmi les autres sources exogènes de plomb, citons la pollution ou la lixiviation de substrat rocheux contenant du plomb.

La prévention est la démarche la plus efficace. Lors de la construction de nouveaux systèmes d'approvisionnement en eau ou lors de la remise en état d'anciens systèmes, seules des pièces à faible teneur en plomb ou sans plomb doivent être utilisées. Il faut élaborer des programmes pour soutenir l'adoption de normes, y compris l'achat et l'installation adéquats de pièces. Il faut contrôler le respect de ces normes pour réduire au minimum et, idéalement, empêcher l'introduction de plomb dans les nouveaux systèmes d'approvisionnement en eau.

Des niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson doivent systématiquement déclencher la réalisation d'une enquête visant à connaître les sources d'exposition et de contamination et à éclairer le choix des mesures correctives. Lorsque des niveaux élevés de plomb sont confirmés, **il faut prendre des mesures correctives pour réduire progressivement la concentration de plomb** et la ramener à un niveau aussi bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre et, idéalement, en dessous de la valeur guide provisoire recommandée par l'Organisation mondiale de la Santé, à savoir 10 µg/L.

Les mesures prises doivent tenir compte du fait que la concentration de plomb dans l'eau de boisson peut varier au fil du temps. En raison de cette variabilité, pour évaluer l'exposition, il convient d'utiliser un plan d'échantillonnage probabiliste adaptatif. S'il existe des connaissances préalables sur les sources de plomb possibles, l'échantillonnage et les mesures peuvent être dirigés vers ces sources.

La coopération et la coordination sont essentielles, notamment avec les fournisseurs d'eau de boisson, les organismes chargés de contrôler la salubrité de l'eau de boisson et les organismes responsables de la santé publique en général. La coopération et la coordination sont nécessaires pour faire connaître les problèmes liés à la présence de plomb dans l'eau de boisson et pour en comprendre plus largement les incidences sur la santé publique. Cette compréhension est souhaitable pour éclairer les décisions d'investissement et les messages adressés au public.

Les mesures correctives peuvent associer des dispositions provisoires et de long terme. Parmi les mesures provisoires, citons la mise à disposition d'autres ressources en eau salubre pour les groupes vulnérables, des dispositifs homologués d'élimination du plomb aux points de consommation (par exemple au robinet du client), la purge du robinet ou de la pompe manuelle, ou la maîtrise de la corrosion. Les mesures à plus long terme comprennent le remplacement des matériaux qui entrent en contact avec l'eau de boisson. La fermeture des moyens d'approvisionnement en eau est généralement considérée comme une réponse inadaptée.

Les mesures doivent être mises en œuvre en priorité là où les expositions ou les risques sont élevés. Idéalement, les mesures correctives devraient d'abord être mises en œuvre dans les milieux où les concentrations de plomb dans l'eau de boisson sont les plus élevées, en accordant une attention particulière aux nourrissons, aux enfants et aux personnes enceintes.

La question du plomb dans l'eau de boisson doit être considérée comme s'inscrivant dans le cadre de l'action plus générale menée pour améliorer la salubrité de l'eau de boisson et la santé publique. Limiter au minimum les expositions au plomb contribue aux efforts de protection de la santé. Toutefois, la réduction du plomb dans l'eau de boisson devrait également faire partie d'un programme global visant à diminuer les risques microbiens et autres risques chimiques d'intérêt prioritaire liés aux moyens d'approvisionnement en eau de boisson.

Introduction

Le plomb est une substance chimique dont on estime qu'elle est une source majeure de préoccupation pour la santé publique, qui devrait figurer dans les normes nationales de qualité de l'eau de boisson et être surveillée dans le cadre d'un programme de surveillance de la qualité de l'eau de boisson. Les concentrations de plomb dans l'eau de boisson doivent être maintenues à un niveau aussi bas que raisonnablement possible.

Le plomb est un métal toxique naturellement présent dans l'environnement. Dans de nombreuses parties du monde, la généralisation de son usage a entraîné une importante contamination de l'environnement, une exposition humaine et de graves problèmes de santé publique. Cette substance toxique s'accumule dans l'organisme et a une incidence sur plusieurs systèmes du corps. Les enfants sont particulièrement vulnérables aux effets neurotoxiques du plomb (OMS, 2016a).

L'exposition au plomb représente une charge de morbidité non négligeable : on estime que 0,9 million de décès par an (IHME, 2020) et 30 % de la charge mondiale de déficience du développement intellectuel d'origine inconnue (OMS, 2019) lui sont imputables. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) classe le plomb parmi les 10 substances chimiques qui constituent une préoccupation majeure pour la santé publique et nécessitent une action de la part des États Membres.

Le plomb utilisé comme additif dans l'essence était auparavant une source importante d'exposition, mais depuis 2021, tous les pays ont interdit cette utilisation du plomb (UNEP, 2021). Cependant, il reste d'importantes autres sources potentielles d'exposition au plomb en raison de son usage généralisé, y compris dans les batteries, la peinture, les carburants aéronautiques et les glaçures céramiques des contenants alimentaires, ainsi que dans la tuyauterie et la robinetterie, et d'autres éléments qui sont en contact avec l'eau de boisson. Des efforts supplémentaires sont nécessaires pour réduire l'utilisation et la libération de plomb et limiter

les expositions environnementales et professionnelles, en particulier chez les enfants et les femmes en âge de procréer (OMS, 2021).

Compte tenu des incidences sur la santé publique de la présence de plomb dans l'eau de boisson, l'OMS évalue régulièrement ce contaminant dans les Directives pour la qualité de l'eau de boisson (voir encadré 1). Le plomb peut se trouver dans l'eau de boisson à la suite d'une lixiviation ou d'une libération de particules provenant de pièces ou de matériaux contenant du plomb. La teneur en plomb de l'eau dépend de la teneur en plomb des matériaux en contact avec l'eau, de la durée du contact entre les matériaux concernés et l'eau, de la façon dont ces matériaux sont installés, de l'endroit dans le système d'approvisionnement où ils le sont, et de la composition chimique globale de l'eau.

Dans les réseaux canalisés d'adduction, les pièces contenant du plomb peuvent être des tuyaux de raccordement au réseau (entre les conduites principales et les bâtiments), des joints de soudure, ou les robinets et accessoires de robinetterie dans l'installation de plomberie des maisons. Dans les systèmes à pompe manuelle, la contamination par le plomb peut provenir de pièces des pompes ou des éléments de puits. Dans certains cas, le plomb provient du substrat rocheux ou de la pollution et se retrouve dans la ressource en eau elle-même. De plus, quelle que soit le type de ressource, le plomb peut s'accumuler sur des pièces galvanisées ou en fonte sous forme de dépôts, qui peuvent ensuite être libérés dans l'eau.

ENCADRÉ 1

Comprendre la valeur guide recommandée par l'OMS concernant l'eau de boisson

Depuis 1993, la valeur guide recommandée pour le plomb par l'OMS dans ses Directives pour la qualité de l'eau de boisson est de 10 µg/L. En 2011, cette valeur guide fondée sur des considérations sanitaires a été remplacée par une valeur provisoire pour rendre compte de la faisabilité du traitement, étant admis qu'il est difficile d'atteindre moins de 10 µg/L avec un traitement central. Auparavant, la valeur guide reposait sur la dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) pour les nourrissons et les enfants établie par le Comité mixte FAO-OMS d'experts des additifs alimentaires. En 2010, la DHTP a été retirée, le Comité mixte ayant conclu qu'elle n'était plus considérée comme protectrice pour la santé et qu'il n'y avait pas de seuil limite d'innocuité pour le plomb (c'est-à-dire qu'aucun niveau de plomb ne pouvait être considéré comme sûr). Pour l'instant, le Comité mixte a réaffirmé que les fœtus, les nourrissons et les enfants sont les groupes de population les plus sensibles au plomb, les effets sur le neurodéveloppement étant toujours considérés comme le critère d'évaluation clé. Cependant, des incertitudes subsistent quant à l'épidémiologie de l'exposition au plomb quand elle s'accompagne de très faibles taux de plombémie, et aux critères d'évaluation (par exemple, effets neurodéveloppementaux) qui sont influencés par de nombreux autres facteurs. Il ne faut cependant ménager aucun effort pour maintenir les niveaux de plomb dans l'eau de boisson aussi bas que raisonnablement possible et inférieurs à la valeur guide lorsque les ressources le permettent.

Bien que la valeur guide de 10 µg/L soit en place depuis 1993, de nombreuses autorités avaient des normes plus élevées que cela jusqu'à récemment. Par exemple, dans l'Union européenne (UE), la diminution de la limite de 50 à 10 µg/L en 2011 (SCHER, 2011) a été aménagée en fixant une limite provisoire de 25 µg/L (Postawa, 2015) pendant 5 à 15 ans après l'entrée en vigueur de la directive de l'UE sur l'eau de boisson. L'établissement d'une limite provisoire a laissé aux fournisseurs d'eau suffisamment de temps pour mettre en œuvre les mesures nécessaires, compte tenu des difficultés pratiques et du temps nécessaire pour atteindre la norme plus stricte dans de nombreux pays.¹

Par conséquent, le dépassement de la valeur guide provisoire de l'OMS, à savoir 10 µg/L, ne constitue pas nécessairement une urgence, sauf si les concentrations sont continuellement très élevées (par exemple, plus de 100 µg/L). Lorsque les concentrations sont élevées et que des groupes vulnérables (fœtus, nourrissons et enfants) sont exposés, il faut envisager de prendre des mesures correctives provisoires – par exemple, purger si l'on soupçonne que la source se trouve dans la plomberie ou recourir à un autre approvisionnement en eau de boisson si la ressource en eau est contaminée.

¹ En 2021, une nouvelle directive de l'UE sur l'eau de boisson a encore abaissé la limite à 5 µg/L, qui doit être respectée au plus tard le 12 janvier 2036. Cette directive est conforme à la législation de plusieurs autres pays. La valeur paramétrique pour le plomb jusqu'à cette date est de 10 µg/L. Toutefois, la prudence est de mise lors de la comparaison des limites, car pour l'interpréter, il faut prendre en compte le dispositif d'échantillonnage, qui peut ou non être précisé dans les textes réglementaires.

Que faire si des niveaux élevés de plomb sont détectés dans l'eau de boisson

Des niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson, supérieurs à la valeur guide de l'OMS ou aux normes nationales, doivent systématiquement déclencher la réalisation d'une enquête sur l'exposition et la source de contamination. Si des niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson sont confirmés, il faut prendre des mesures correctives, éclairées par l'enquête sur la contamination.

La figure 1 décrit une démarche en plusieurs étapes permettant une gestion systématique et durable lorsque des niveaux élevés de plomb sont détectés dans l'eau de boisson. Tout d'abord, il est nécessaire de comprendre ce que représente l'échantillon, notamment de savoir si le niveau élevé est un événement isolé, ou s'il est typique et représentatif de l'exposition. Dans la plupart des cas, d'autres échantillonnages ou une enquête plus approfondie sont nécessaires pour appréhender l'exposition (étape 1 de la figure 1).

La communication est essentielle tout au long du processus d'enquête et de gestion, à commencer par un dialogue entre le fournisseur d'eau et l'organisme de réglementation de l'eau de boisson ou toute autre autorité compétente lorsqu'un niveau de plomb élevé est détecté pour la première fois. Un processus de communication plus large doit être lancé lorsque les niveaux élevés de plomb sont confirmés, y compris avec les usagers. Des mesures correctives provisoires devront peut-être être prises si les concentrations de plomb dans l'eau sont élevées et si des groupes vulnérables sont exposés (étape 2).

Comprendre d'où vient le plomb est l'étape suivante, qui devrait éclairer d'autres mesures correctives, si nécessaire (étape 3). Parallèlement, une enquête plus complète peut être menée pour comprendre les conséquences possibles pour la santé publique de la présence de plomb dans l'eau de boisson, par rapport à l'exposition au plomb provenant d'autres sources (étape 4).

Les renseignements recueillis aux étapes 1, 2, 3 et 4 devraient éclairer les options quant aux mesures préventives et correctives. Celles-ci devraient

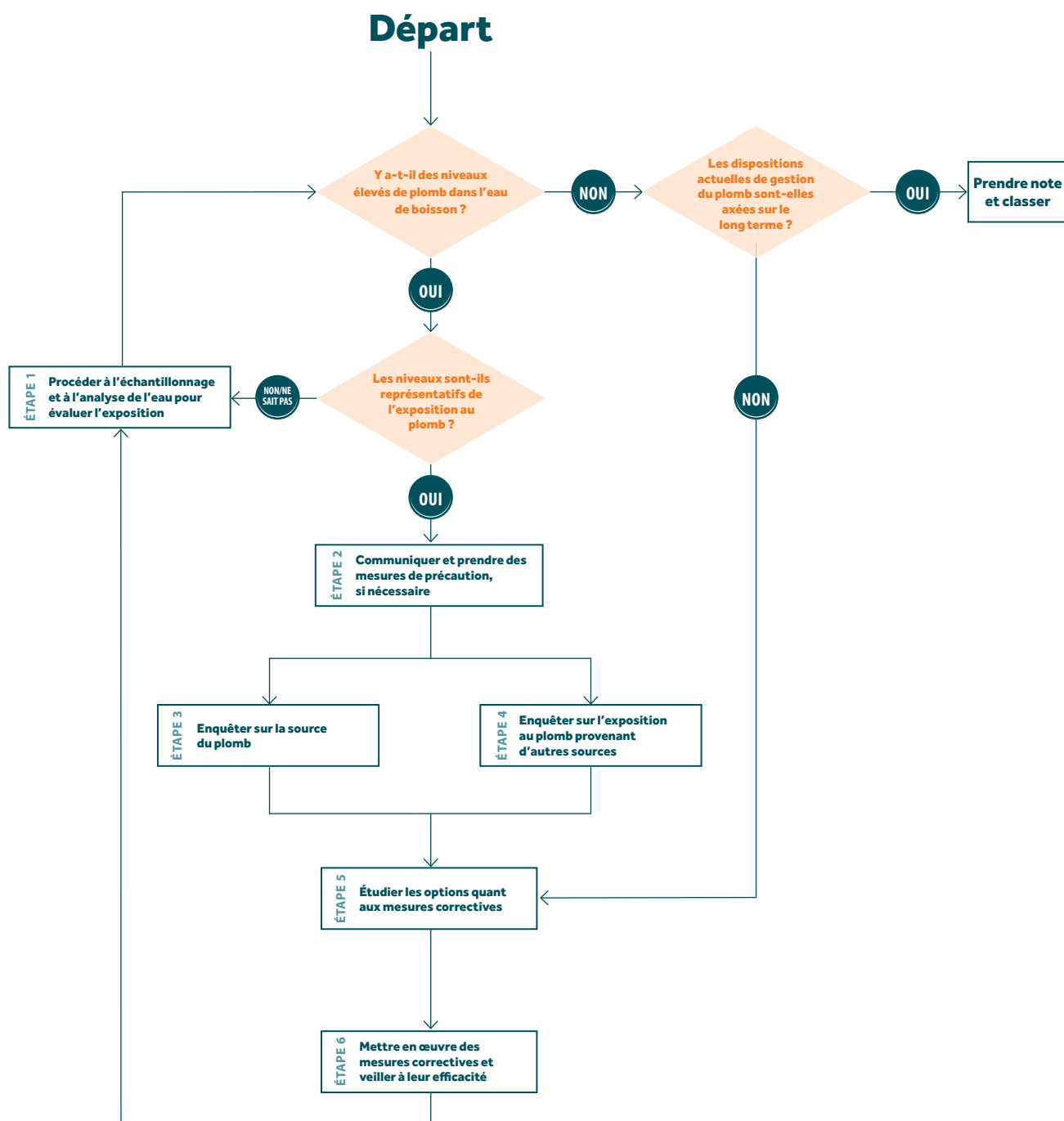
être examinées (étape 5) et mises en œuvre (étape 6) selon une démarche intégrée et coordonnée fondée sur les risques, afin de maximiser l'impact compte tenu des ressources disponibles. Étant donné que les enquêtes peuvent prendre beaucoup de temps, il est essentiel d'évaluer la nécessité de mettre en œuvre des mesures provisoires en parallèle de ce qui est entrepris pour mieux comprendre l'exposition au plomb, les sources d'exposition et les conséquences possibles pour la santé publique. Il faut éviter que les activités visant à comprendre de manière globale ces aspects, en particulier à l'étape 4, ne retardent la mise en œuvre de mesures provisoires rationnelles et économiques. Les connaissances et les ressources acquises doivent éclairer des mesures de gestion supplémentaires.

Pour s'assurer de l'efficacité des mesures correctives – c'est-à-dire vérifier qu'elles ont réduit les concentrations de plomb dans l'eau de boisson à des niveaux acceptables – il faut analyser les niveaux de plomb dans l'eau de boisson après que ces mesures ont été mises en œuvre (étape 1). Si un échantillonnage ultérieur révèle des niveaux de plomb acceptables, le processus décrit à la figure 1 est parvenu à sa fin, et il faut alors périodiquement surveiller les niveaux de plomb dans l'eau de boisson, aussi souvent que l'exigent les normes nationales et lorsque des situations pouvant avoir une incidence sur la libération de plomb surviennent. Si les niveaux de plomb restent élevés lors de contrôles ultérieurs, les mesures décrites à la figure 1 doivent être répétées.

Chacune des étapes de l'organigramme est expliquée plus en détail dans les sections suivantes.

FIG. 1

Organigramme des tâches d'enquête et de gestion en cas de détection de niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson



Remarque : Les losanges indiquent les décisions clés et les cases indiquent les activités.

Étant donné que les concentrations de plomb dans un système d'approvisionnement en eau peuvent varier fortement et, par conséquent, dépendre en grande partie de la méthode d'échantillonnage, un échantillonnage plus approfondi et structuré permet de comprendre ce que les résultats représentent. Il est rarement nécessaire de prendre des mesures correctives sur la seule base d'un petit nombre d'échantillons.

Lorsque des concentrations élevées de plomb dans l'eau de boisson sont détectées en premier lieu, l'échantillonnage et l'analyse ultérieurs doivent viser à déterminer dans quelle mesure le plomb est présent et si cela peut entraîner des niveaux d'exposition nécessitant une enquête plus approfondie. Les méthodes de laboratoire et de terrain pour la détection du plomb sont résumées à l'annexe 1.

Les concentrations de plomb peuvent varier considérablement, selon la source du plomb, suivant que le plomb libéré est dissous ou particulaire, et en fonction du temps pendant lequel l'eau est en contact avec le matériau contenant du plomb (temps de stagnation) (Pieper et al., 2015 ; Deshommes et al., 2016 ; Chan et al., 2020). L'exposition doit donc être évaluée à l'aide d'une stratégie d'échantillonnage appropriée, en réfléchissant au moment et à l'endroit où les échantillons doivent être prélevés, à la manière dont ils doivent l'être, ainsi qu'au nombre d'échantillons à prélever. Cette démarche s'applique à l'évaluation de l'exposition au plomb dans l'eau de boisson à l'échelle d'un seul ménage ou à plus grande échelle, comme celle d'une ville (Riblet et al., 2019 ; Triantafyllidou et al., 2021).

Choisir où prélever les échantillons et combien d'échantillons prélever

Un plan d'échantillonnage décrit le nombre d'échantillons à prélever et l'endroit où ils doivent être prélevés pour se faire une idée de l'exposition au plomb pour une population d'intérêt. Il est généralement recommandé d'utiliser un plan d'échantillonnage probabiliste car cette méthode est souple et convient à la production de statistiques représentatives d'une zone ou d'un ensemble de systèmes.

Premièrement, il faut décider de la manière de prendre en compte les connaissances préalables. Il peut s'agir d'informations provenant d'enquêtes antérieures, de connaissances sur des types de bâtiment particuliers, l'âge des systèmes de distribution, les types de tuyauterie (par exemple, conduites de branchement en plomb), les types de maison ou les types de pompe. L'inconvénient de l'utilisation des connaissances préalables est que l'on peut tirer des conclusions trop tôt, ce qui peut amener à ne pas détecter des sites contaminés au plomb dont on ignore l'existence. L'avantage est que le processus sera plus rapide et que les ressources limitées seront orientées plus efficacement, en supposant que les hypothèses sont correctes.

Deuxièmement, les zones ou les systèmes plus étendus doivent souvent être divisés en sous-zones ou sous-systèmes (Hoekstra et al., 2009). La division peut se faire géographiquement, par exemple, en communes, collectivités locales, pâtés de maison ou bâtiments, ou en fonction de l'endroit où l'on suppose, à partir de connaissances préalables, que la qualité de l'eau est censée être uniforme, et servir ainsi à vérifier une hypothèse. La division en sous-systèmes permet également de classer par ordre de priorité les zones à échantillonner dans une démarche fondée sur les risques ; cela signifie que les zones comptant un nombre élevé de groupes vulnérables, comme les écoles ou les garderies, peuvent être évaluées en premier (Santé Canada, 2019).

Troisièmement, le nombre d'échantillons nécessaires dans chaque sous-zone pour obtenir une description représentative de l'exposition (c'est-à-dire des concentrations moyennes) dépend de la variabilité évaluée des concentrations mesurées et de la certitude souhaitée dans les résultats. Si la variabilité est trop élevée, il faudra procéder à une autre série de prélèvements pour plus de confiance dans les résultats.

Si les ressources sont limitées, le plan d'échantillonnage peut être modeste au départ. Il peut être élargi au fil du temps – par exemple, en commençant par les zones d'échantillonnage qui présentent un nombre élevé de groupes vulnérables (comme les garderies) ou les zones soupçonnées d'être les plus contaminées, puis en élargissant la zone ou en augmentant le nombre d'échantillons pour réduire l'incertitude de l'évaluation.

Même si le but de l'échantillonnage est d'évaluer l'exposition, plutôt que d'enquêter sur la source, les données peuvent orienter la recherche de la source. Si d'autres caractéristiques, telles que le type de bâtiment, l'installation/les matériaux de plomberie ou les matériaux de pompe manuelle, sont enregistrées pour chaque échantillon, les résultats peuvent être interprétés au regard de celles-ci, guidant l'enquête sur la source. Étant donné que toutes les sources ne sont pas nécessairement échantillonnées dans le cadre d'un cycle de surveillance donné, les données qui en résultent peuvent ne pas toujours être utiles pour relever tous les différents problèmes de chaque système. Elles peuvent cependant indiquer des tendances pour les pièces ou les types de source problématiques.

Choisir quand et comment prélever les échantillons

Le protocole d'échantillonnage décrit quand et comment les échantillons doivent être prélevés. En pratique, le protocole d'échantillonnage à appliquer dépend de l'objectif de l'analyse et des dispositions réglementaires. L'annexe 2 présente des exemples de protocoles d'échantillonnage ayant des objectifs différents. Les éléments clés de la plupart des protocoles d'échantillonnage sont les suivants :

- temps de stagnation : le temps de contact entre les matériaux et l'eau, qui détermine le temps disponible pour la stabilisation chimique entre les matériaux et l'eau ;
- volume : les volumes d'eau captés, qui déterminent les pièces de plomberie à l'origine du plomb qui peuvent influencer le résultat (selon l'endroit où l'eau stagne) et la façon dont les moyennes des niveaux de plomb sont calculées ;
- débit : le débit influe sur la probabilité que du tartre et d'autres particules se retrouvent dans les échantillons.

Lorsque l'on cherche à appréhender l'exposition moyenne au plomb provenant de n'importe quelle ressource en eau, idéalement, l'échantillon devrait représenter l'eau utilisée pour la consommation, en tenant compte des débits, des temps de purge, de la durée de stockage et des quantités d'eau. Toutefois, il est également important de disposer d'informations sur l'amplitude des expositions potentielles, y compris les fréquences d'exposition élevée et les concentrations les plus élevées, pour mieux déterminer et comprendre l'ensemble complet des expositions préoccupantes.

Échantillonnage des réseaux de distribution canalisés

Pour les réseaux d'approvisionnement canalisés, l'échantillonnage devrait généralement concerner les robinets des consommateurs, étant donné que la principale source de plomb dans l'eau de boisson de ces systèmes est souvent liée aux conduites de branchement au réseau ou à la plomberie à l'intérieur des bâtiments (OMS, 2022b).

Pour évaluer l'exposition moyenne au plomb dans les réseaux de distribution d'eau desservant une population plus importante ou un district ou une zone d'approvisionnement en eau en particulier, l'échantillonnage aléatoire au cours de la journée est souvent utilisé, avec ou sans purge préalable, selon que la plomberie domestique pose problème ou non. Si le nombre d'échantillons est suffisant, cette stratégie peut donner une bonne idée de l'exposition globale d'une population (Santé Canada, 2019). Cependant, les résultats peuvent être trompeurs au niveau des ménages en raison de l'élément aléatoire, en particulier par rapport aux périodes de stagnation (Schock et Lemieux, 2010). Certaines études ont montré que les concentrations peuvent varier d'un facteur supérieur à 10 lorsque l'on utilise l'échantillonnage aléatoire au cours de la journée au même robinet sur une période prolongée (Cartier et al., 2011 ; Gora et al., 2020). Voir l'encadré 2 pour un exemple de méthode d'échantillonnage appliquée dans un pays pour évaluer à la fois l'exposition de la population et des ménages et la source de plomb.

Pour s'assurer que l'échantillon d'eau prélevé représente l'eau utilisée pour la consommation, une proportion fixe d'eau doit être prélevée, soit manuellement soit à l'aide d'un dispositif de prise d'échantillon. Cette stratégie est appelée échantillonnage composite proportionnel. Elle n'est cependant pas pratique pour un échantillonnage à grande échelle réalisé dans de nombreux ménages.

Échantillonnage des systèmes à pompe manuelle

Les protocoles d'échantillonnage présentés à l'annexe 2 ont généralement été élaborés pour les réseaux de distribution d'eau canalisés. L'échantillonnage aléatoire de jour et l'échantillonnage composite proportionnel sont également applicables aux systèmes d'approvisionnement non canalisés tels que les pompes manuelles. Comme pour les réseaux canalisés, les principaux éléments – temps de stagnation, débit et volume – doivent être choisis de manière à bien représenter la façon dont l'eau est utilisée.

ENCADRÉ 2

Exemple de stratégie d'échantillonnage pour une contamination par le plomb dans la Région administrative spéciale (RAS) de Hong Kong (Chine)

Après la découverte initiale du problème potentiel que posait le plomb dans l'eau de boisson à Hong Kong en 2015, il a été déterminé qu'il fallait entreprendre un échantillonnage couvrant de vastes zones comprenant des ménages. Pour accroître l'efficacité, les autorités ont eu recours à différents protocoles à la fois, adoptant une approche à plusieurs niveaux.

Niveau 1

Le premier niveau consistait en un échantillon unique de dépistage recueilli par prélèvement aléatoire de jour. Un échantillon de 1 L sans purge préalable a été prélevé de manière aléatoire pendant la journée.

Niveau 2

L'échantillon de deuxième niveau donnait une meilleure représentation de l'exposition potentielle d'une personne au plomb. Un prélèvement après 30 minutes de stagnation (30MS) a été utilisé. Si un dépassement était constaté dans l'échantillon de niveau 1, l'échantillon de niveau 2 était analysé pour établir l'exposition des consommateurs au plomb. Après un écoulement de 5 minutes, le robinet a été fermé pendant 30 minutes. Après stagnation, un échantillon de 1 L a été prélevé au robinet sans purge préalable.

Échantillonnage simultané pour déterminer la cause du problème

Lors du prélèvement des échantillons de niveau 1 et de niveau 2, on a également et simultanément collecté des échantillons accessoires, qui n'ont été testés que pour fournir des informations complémentaires si un dépassement était constaté dans les échantillons de niveau 1 et de niveau 2. Un certain nombre d'échantillons de 1 L (généralement 2 à 6) ont été prélevés de manière séquentielle aux robinets des locaux testés pour évaluer si le problème se limitait ou non aux locaux. De plus, un échantillon a été prélevé après purge de 2 minutes pour confirmer la validité des conseils donnés aux consommateurs de faire couler l'eau à titre de mesure d'atténuation en cas de dépassement. Selon cette méthode, tous les échantillons d'un appartement pouvaient être prélevés pour analyse en une seule fois par des échantillonneurs professionnels.

L'enquête a permis de déterminer que les joints de soudure installés dans la tuyauterie en cuivre d'un nombre limité de bâtiments constituaient la principale source de plomb dans l'eau de boisson, les installations et raccords en laiton étant identifiés comme une deuxième source potentielle.

La communication est essentielle tout au long du processus d'enquête et de gestion, à commencer par un dialogue entre le fournisseur d'eau et l'organisme de réglementation de l'eau de boisson ou toute autre autorité compétente lorsqu'un niveau de plomb élevé est détecté pour la première fois.

Une fois que des niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson ont été confirmés (étape 1), des opérations de communication plus larges doivent être lancées pour soutenir une intervention efficace et coordonnée dans les communautés touchées. Pour ce processus de communication élargi, les actions suivantes devraient être prises.

Former une équipe spéciale

Il faut former une équipe spéciale et lui donner un mandat clair qui l'habilite à prendre des décisions et à communiquer avec les parties prenantes et les utilisateurs. Qui rejoindra l'équipe dépend du contexte. Les autorités de santé publique sont cruciales, tout comme les autorités locales et les entités chargées des règles de la construction, des écoles et d'autres endroits où des mesures de prévention et de gestion peuvent s'avérer nécessaires. En plus des représentants des pouvoirs publics, d'autres acteurs comme les plombiers et les membres influents de la communauté peuvent être des ressources clés pour accompagner les changements de comportement (Cole et Murphy, 2014 ; Khaliq et al., 2021). Dans certains contextes, la participation des établissements universitaires nationaux peut être utile pour appuyer les activités de contrôle de la qualité liées à l'échantillonnage et à l'analyse.

Établir un plan de communication sur les risques

La planification de la communication sur les risques devrait promouvoir la diffusion de messages cohérents provenant de différentes sources d'information, ce qui est l'un des objectifs de l'équipe spéciale. Le plan de communication de l'équipe spéciale doit détailler qui communiquera les différents messages, à qui et quand. Pour des questions telles que le plomb dans l'eau de boisson, il est essentiel d'avoir une information claire et cohérente. Des recommandations incohérentes ou contradictoires provenant de différentes parties prenantes peuvent saper la crédibilité de l'information, laissant place aux doutes et aux conjectures (AWWA, 2019). L'équipe spéciale peut aider à éviter les changements rapides dans l'information véhiculée et à prévenir la diffusion d'informations contradictoires provenant de différents organismes, dont on a démontré qu'elle nuisait à la confiance (Sopory et al., 2017a). Le plan doit porter aussi bien sur les médias sociaux que sur les médias traditionnels, ainsi que sur d'autres formes de communication, pour parvenir à une convergence d'informations exactes (OMS, 2018).

Les cinq principes de l'OMS en matière de communication sur les risques (OMS, 2005)

- ① **CONFIANCE**
- ② **TRANSPARENCE**
- ③ **ANNONCE PRÉCOCE**
- ④ **ÉCOUTE**
- ⑤ **PLANIFICATION**

Décider du contenu des messages et du bon moment pour les diffuser

Un examen systématique des études sur la façon de susciter la confiance lors d'incidents liés à la santé a révélé qu'il était important d'être transparent, de ne pas être perçu comme cachant des informations négatives, de diffuser rapidement les informations et d'intervenir si nécessaire (Sopory et al., 2017a). La communication doit être volontariste et donner des renseignements sur les premiers résultats, les travaux en cours, les travaux prévus (à court et à long terme, liés à l'échantillonnage et à l'analyse et aux mesures correctives possibles) et les incertitudes, afin de créer la confiance et de limiter au minimum la propagation de la désinformation (Sopory et al., 2017b). Des mises à jour régulières doivent être communiquées au fur et à mesure que les échantillonnages et analyses successifs permettent d'en savoir plus. Il s'agit notamment de faire le point sur la mise en œuvre de mesures correctives et d'aborder les enseignements tirés de l'écoute des utilisateurs et du dialogue entretenu avec eux.

Écouter les utilisateurs et dialoguer avec eux

L'écoute et la compréhension des points de vue du public constituent la base de la stratégie de communication sur les risques, qui doit à la fois informer et répondre aux craintes. L'information doit être présentée de manière à ce que le public et les parties prenantes la considèrent comme s'appliquant à eux (WHO Regional Office for South-East Asia, 2019). L'écoute permet également de repérer rapidement les rumeurs et la désinformation, ainsi que de recueillir les renseignements nécessaires sur l'utilisation des moyens d'approvisionnement en eau, ce qui constitue une information de base précieuse pour les enquêtes.

Les médias sociaux sont un moyen d'établir des liens avec le public. D'abord canaux d'information, ils sont devenus une plateforme de communication, même si parfois, les messages ne peuvent pas être maîtrisés. Ils peuvent faciliter la communication entre pairs, aider à surveiller les rumeurs, les réactions et les préoccupations du public lors d'une situation d'urgence et à y répondre, et faciliter les interventions au niveau local. Une autre approche consiste à identifier les personnes en qui la population a confiance et à les impliquer dans la prise de décisions afin que les interventions soient collaboratives et qu'elles soient acceptées (OMS, 2018).

Fournir des conseils sur les mesures de précaution, si nécessaire

Étant donné que la réalisation d'enquêtes supplémentaires par le fournisseur d'eau et la prise de mesures correctives dans les installations de plomberie peuvent prendre du temps, la mise en œuvre de mesures correctives provisoires peut être justifiée pour réduire l'exposition au plomb à court terme.

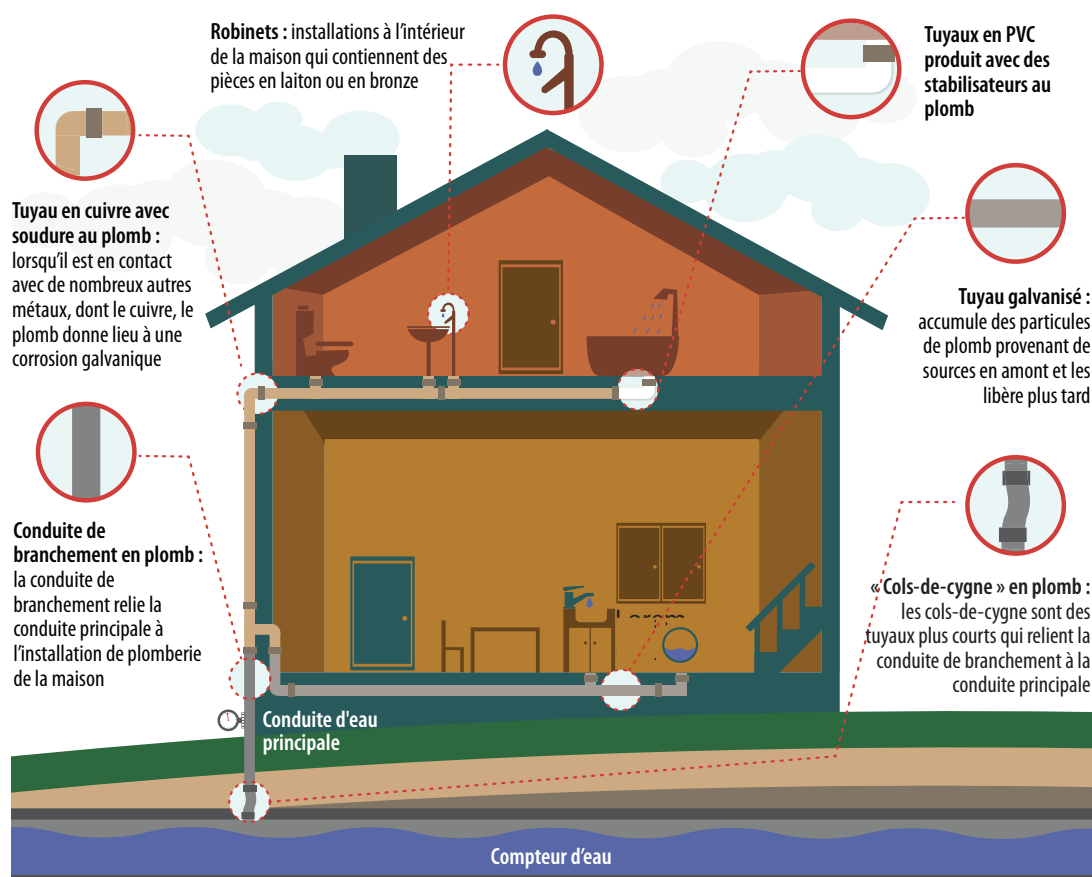
Les mesures temporaires pouvant être appliquées rapidement peuvent être particulièrement utiles lorsque les concentrations de plomb dans l'eau sont élevées et que des groupes vulnérables (fœtus, nourrissons et enfants) sont exposés. Si l'on soupçonne que la source se trouve dans la pompe manuelle ou la plomberie/les canalisations, les mesures comprennent la purge, l'utilisation de filtres agréés ou la mise en place d'un autre approvisionnement en eau salubre (par exemple, de l'eau embouteillée certifiée par les autorités compétentes). Une ressource en eau contaminée nécessite l'utilisation de filtres agréés ou la mise en place d'un autre approvisionnement en eau salubre. Voir l'étape 5 pour plus de détails sur les options quant aux mesures correctives temporaires.

ÉTAPE 3

Enquêter sur la source du plomb

La principale source de plomb dans l'eau de boisson est la lixiviation des matériaux contenant du plomb dans les systèmes d'approvisionnement en eau, y compris les conduites de branchement, la plomberie dans les maisons et autres bâtiments, et les composants de pièces de puits et de pompes manuelles (voir figure 2). Ces éléments peuvent être constitués de plomb, d'alliages métalliques contenant du plomb, ou de polychlorure de vinyle (PVC) ou de PVC non plastifié produit avec des stabilisateurs au plomb. Parmi les sources exogènes, il y a la pollution et le substrat rocheux.

FIG. 2
Terminologie de la plomberie dans les ménages et les pompes manuelles



Source : Adapté du USEPA.

Lorsque des niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson sont confirmés, il est essentiel d'entreprendre des enquêtes plus approfondies en utilisant tout à la fois des inventaires historiques, des méthodes visuelles et mécaniques, et des méthodes chimiques. L'objectif est de connaître la source de contamination – par exemple, la ressource en eau, les pièces ou matériaux de plomberie, ou les composants de pompes manuelles – et les facteurs qui influencent la libération de plomb dans l'eau. Cette compréhension est nécessaire pour éclairer les mesures correctives. Parfois, cette enquête peut être effectuée parallèlement à l'évaluation de l'exposition (étape 1).

Étant donné que les principales sources de plomb dans l'eau de boisson sont les matériaux contenant du plomb dans les systèmes d'approvisionnement en eau, y compris la plomberie domestique, la présente section se concentre sur la localisation de ces sources de plomb. Pour des renseignements sur les niveaux élevés de plomb dans les eaux de source, voir l'encadré 3.

Inventaires historiques et identification visuelle et mécanique des pièces plombées

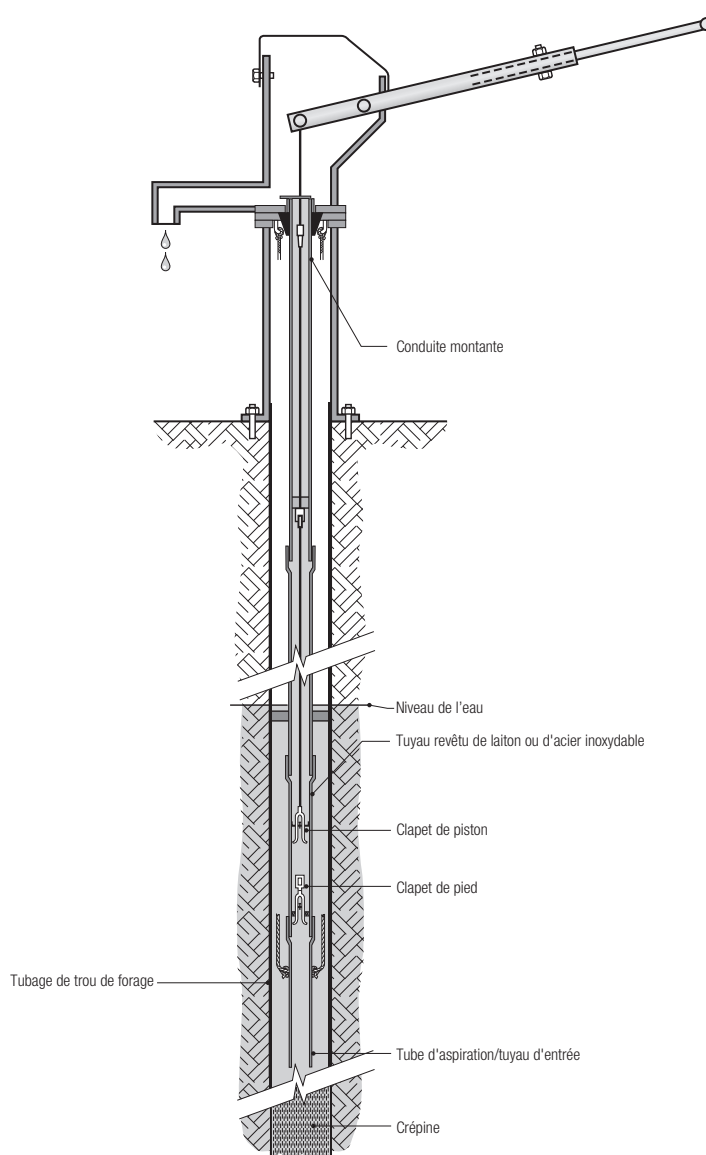
La principale préoccupation est de savoir s'il y a lixiviation du plomb dans l'eau ou non, ce qui signifie que l'échantillonnage de l'eau est la meilleure méthode pour localiser la source. Cependant, l'échantillonnage de l'eau est plus précis s'il est orienté par une hypothèse concernant les facteurs responsables de la présence de plomb dans l'eau de boisson : pièces, matériaux, ou composition chimique (c'est-à-dire corrosivité) de l'eau. Par conséquent, il est utile d'examiner les archives sur l'utilisation de matériaux plombés, d'entreprendre des inspections physiques et d'examiner les documents concernant la

composition chimique de l'eau avant l'échantillonnage. Les sections suivantes décrivent les matériaux d'intérêt et la composition chimique de l'eau qui influent sur les concentrations de plomb.

Pièces en plomb pur

Dans les réseaux canalisés, les composants en plomb pur peuvent être des tuyaux, des « cols-de-cygne » (tuyaux reliant la conduite principale à la conduite de branchement) et des soudures. Dans les pompes manuelles, le plomb peut se trouver dans le clapet de piston ou le poids de soupape ou dans les soudures au plomb des crépines de puits. Le plomb élémentaire qui n'a pas été peint peut aisément être reconnu par sa couleur gris-bleu. Comme le plomb est très mou, il peut facilement être rayé avec un objet pointu, qui y laissera une marque brillante et argentée. Lorsqu'on frappe un objet en plomb, il produit un son sourd. Une des caractéristiques des tuyaux en plomb est qu'ils sont posés de manière à former de grandes courbures (Fig. 3).

FIG. 3
Composants des pompes manuelles mentionnées dans ce document



Remarque : la conception exacte des composants de différentes pompes manuelles peut différer de cet exemple.

Source : Adapté du Water Engineering and Development Center (WEDC), Université de Loughborough, Royaume-Uni.

ENCADRÉ 3

Contamination des eaux de source

Bien que les principales sources de plomb dans l'eau de boisson soient des pièces contenant du plomb dans les systèmes d'approvisionnement en eau, le plomb peut provenir de la ressource en eau en raison de sa présence naturelle dans le substrat rocheux ou de sa présence dans des sources d'origine humaine, comme la pollution industrielle.

Les ressources en eau peuvent être contaminées par la fabrication et le recyclage de batteries, les activités de poterie ou de céramique, l'exploitation minière (en particulier l'extraction de minéraux sulfurés), la fabrication de peinture, la fusion du plomb, l'incinération des déchets municipaux et la combustion du charbon (USEPA, 1998 ; Santé Canada, 2019). Selon les systèmes de distribution, la pollution provenant de ces industries peut être diffuse ou concentrée dans certaines zones.

Dans certaines régions géologiques, les concentrations de plomb naturellement présent dans les eaux souterraines peuvent être élevées, atteignant plus de dix fois la valeur guide provisoire de l'OMS (Dahlqvist et al., 2016 ; Liao et al., 2017 ; Pazand et al., 2018). À ces endroits, le plomb est un élément naturel du substrat rocheux. L'extraction de minerais sulfurés contenant, par exemple, de l'arsenic, de l'étain, de l'antimoine, de l'argent, de l'or, du cuivre et du bismuth peut souvent être un indice de la présence naturelle de plomb et il faut se poser la question de sa présence là où les effluents de ces activités peuvent contaminer les ressources en eau. Cependant, le plomb a tendance à s'accumuler plus souvent dans les sédiments et le sol que dans les eaux de surface ou les eaux souterraines ; par conséquent, il est rare que le plomb naturellement présent dans les ressources en eau le soit à des niveaux élevés.

Lorsque l'on prélève des échantillons d'eau de source (c'est-à-dire la « vraie eau souterraine »), les forages doivent être purgés, ce qui signifie retirer 3 fois le volume d'eau des tuyaux immédiatement avant l'échantillonnage (USEPA, 2013). De plus, tous les matériaux dont on sait qu'ils contiennent du plomb doivent être enregistrés, afin de faciliter l'interprétation des résultats.

Dans les environnements aquatiques, toutes les surfaces en plomb sont recouvertes d'oxydes de plomb, de carbonates de plomb ou de phosphates de plomb. Le degré de lixiviation du plomb dans l'eau est principalement déterminé par la solubilité de ces composés du plomb, qui peut changer en fonction de la composition chimique de l'eau. La figure 4 donne des renseignements sur les caractéristiques de la qualité de l'eau qui influent sur la libération de plomb dans l'eau. Des études suggèrent que les conduites de branchement en plomb peuvent représenter de 50 à 75 % du plomb total au robinet après des périodes de stagnation prolongées (Sandvig et al., 2008).

Le plomb particulaire ou le plomb adsorbé dans les oxyhydroxydes de fer, de manganèse et d'aluminium peuvent représenter une part importante du plomb total dans de nombreux systèmes. Cela signifie que la concentration totale de plomb est conditionnée par le nombre de particules dans le système (Deshommes et al., 2010 ; McFadden et al., 2011 ; Knowles et al., 2015 ; Locsin et al., 2022). Si ces substances ne sont pas suffisamment éliminées de l'eau brute, elles peuvent peser sur les concentrations de plomb au robinet. Le tableau 1 fournit des indications sur les paramètres chimiques qui peuvent être analysés de manière utile pour faciliter l'identification de la source.

Pièces en plomb en contact avec d'autres métaux

Si des pièces en plomb sont en contact direct avec du cuivre, du laiton ou de l'acier inoxydable, une corrosion galvanique peut se produire, entraînant la libération de plomb dans l'eau de boisson. La corrosion galvanique est un processus électrochimique dans lequel un métal se corrode de manière préférentielle lorsqu'il est en contact avec un deuxième métal. Le plomb qui forme un couple galvanique avec un autre métal génère des concentrations de plomb considérablement plus élevées dans l'eau que les pièces qui ne sont pas en contact avec ces matériaux (Wang, 2012 ; St. Clair et al., 2015 ; Ng, Lin et Lin, 2020). La corrosion galvanique peut entraîner la libération dans l'eau de plomb particulaire et dissous (Wang et al., 2013). Selon certaines études, la libération peut durer plus de 60 ans après l'installation des pièces (St Clair et al., 2015 ; DeSantis et al., 2018).

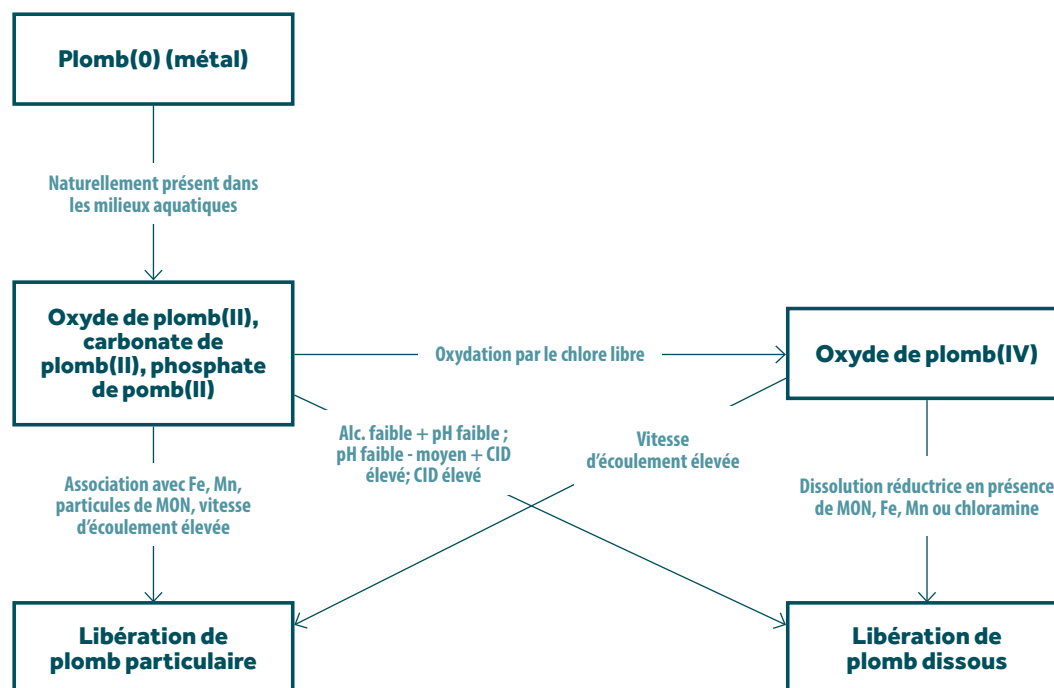
Pièces en laiton

Dans les systèmes canalisés, le laiton se trouve dans les raccords, les vannes, les manchons ou les installations comme les fontaines réfrigérées et les fontaines d'eau potable. Dans les pompes manuelles, le laiton peut se trouver dans des pièces telles que les crépines de puits, les cylindres, les pistons et les clapets (Prasad, 1979 ; Erpf, 2007 ; Akers et al., 2015). Les laitons peuvent être jaunes à rouges, en fonction de la teneur en principaux constituants de l'alliage, à savoir le cuivre et le zinc.

FIG. 4

Facteurs chimiques jouant sur la libération de plomb dans l'eau à partir de pièces de plomb pur

Les flèches montrent les mécanismes de libération, et non pas des mécanismes d'adsorption



Remarque : Alc : alcalinité ; CID : carbone inorganique dissous ; Fe : fer ; Mn : manganèse ; MON : matière organique naturelle.

Le plomb est ajouté aux alliages de laiton, en quantités variables selon l'application, pour améliorer l'usabilité de l'alliage. Les coûts de production du « laiton de décolletage » (contenant jusqu'à 3 % de plomb) sont inférieurs aux coûts de production du laiton contenant moins de plomb et très inférieurs à ceux de l'acier inoxydable parce que l'alliage est plus facile à usiner (Callcut, 2005). Par conséquent, le coût des accessoires en laiton sans plomb est généralement de 25 à 50 % plus élevé que celui des accessoires en laiton ordinaire. Des termes tels que « sans plomb » et « faible teneur en plomb » sont utilisés pour les produits qui contiennent moins de 0,25 % de plomb en poids.

Les accessoires en laiton peuvent libérer du plomb par lixiviation dans l'eau de boisson (Elfland, Scardinia et Edwards, 2010 ; Harvey, Handley et Taylor, 2016 ; Fischer et al., 2021). On pense que la corrosion galvanique interne entre les atomes de plomb de surface et le reste de l'alliage est le ressort de la lixiviation du plomb à partir du laiton (Korshin, Ferguson et Lancaster, 2000). La tuyauterie et la robinetterie en laiton contenant du plomb sont susceptibles de contribuer de manière non négligeable à la concentration de plomb dans les échantillons prélevés en premier tirage (Gardels et Sorg, 1989 ; Kimbrough, 2001 ; Asami et al., 2021). Comme les pièces en plomb, les pièces en laiton peuvent également libérer du plomb plus rapidement lorsqu'elles sont associées à un autre métal (Gonzalez, Lopez-Roldan et Cortina, 2013).

Pièces en bronze

Le bronze est un alliage de cuivre et d'étain qui peut contenir jusqu'à 8 % de plomb. Il a des propriétés de corrosion galvanique similaires à celles du laiton en ce qui concerne le plomb. Le bronze est parfois utilisé dans les pompes manuelles et les installations domestiques, tels que les robinets décoratifs. Le « bronze huilé » utilisé dans les robinets est essentiellement du laiton qui a été traité pour donner un aspect vieilli.

Autres alliages

Les soudures plomb-étain se trouvent sur des tuyauteries en cuivre ou sur des crépines de puits en laiton (Akers et al., 2015). Il est à prévoir que ces métaux forment un couple galvanique puisqu'ils sont en contact direct, ce qui augmente la corrosion du plomb.

Les tuyaux en fer ou en acier galvanisé peuvent également être une source de plomb, car le plomb peut faire partie du procédé de galvanisation (Clark, Masters et Edwards, 2015). Une fois la couche de zinc enlevée, le plomb est libéré. Les tuyaux galvanisés, tout comme les tuyaux en fonte, peuvent également accumuler du plomb sur des croûtes d'oxyde de fer provenant de sources en amont, et le libérer plus tard, en particulier pendant les périodes de vitesse d'écoulement élevée (McFadden et al., 2011 ; Pieper, Krometis et Edwards, 2016 ; Li et al., 2020). L'altération de la couleur de l'eau peut être le signe de la présence d'oxydes de fer dans l'eau, ce qui peut indiquer des niveaux élevés de plomb (Santé Canada, 2019).

Certains **aciers inoxydables** de mauvaise qualité utilisés dans les colonnes montantes des pompes manuelles peuvent contenir des traces de plomb (à des niveaux de l'ordre de parties par million). Cependant, les concentrations sont si faibles qu'en principe, elles ne doivent pas provoquer de concentrations notables de plomb dans l'eau (Danert, 2019).

PVC et PVC non plastifié

Le PVC et le PVC non plastifié peuvent tous deux contenir du plomb, qui est utilisé comme stabilisateur thermique. Les tuyaux en PVC et PVC non plastifié peuvent libérer du plomb à des concentrations et pour des durées variables (WHO Regional Office for Europe, 2002 ; Whelton et Nguyen, 2013). Les propriétés de l'eau telles que la température élevée, le pH bas et la présence de monochloramine semblent favoriser la migration, tout comme la production de tuyaux à des températures d'extrusion plus basses (Koh et al., 1991 ; Zhang et Lin, 2014).

Échantillonnage de l'eau pour la recherche de la source de plomb

Lorsqu'on soupçonne que des matériaux contenant du plomb sont la source de la concentration élevée de plomb dans l'eau de boisson – par exemple, par identification visuelle et mécanique – l'échantillonnage de l'eau est la méthode qui détermine en fin de compte quelles pièces causent la lixiviation du plomb.

Il est recommandé d'utiliser un protocole d'échantillonnage séquentiel. Cela consiste à prélever une série de volumes définis et à mettre en évidence les propriétés de lixiviation par les différences de concentration entre les échantillons (Lytle et Schock, 2000). Les concentrations de plomb peuvent être associées à telle ou telle pièce en fonction de l'endroit où l'eau stagne. L'échantillonnage séquentiel peut être utilisé dans les systèmes canalisés et non canalisés.

L'annexe 2 présente des stratégies d'échantillonnage pour rechercher la source de lixiviation du plomb.

Analyse des autres paramètres

Étant donné que la lixiviation du plomb dans l'eau et l'efficacité des différentes mesures correctives dépendent de la composition chimique globale de l'eau, il est utile d'analyser d'autres paramètres lorsque l'on recherche la source de plomb. Le tableau 1 présente les paramètres chimiques qu'il est proposé d'analyser en même temps que le plomb. Les symboles dans le tableau indiquent si l'utilisation est principalement destinée aux approvisionnements centralisés/canalisés ou aux approvisionnements par pompe manuelle.



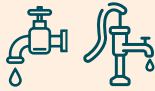
Approvisionnements centralisés/canalisés



Approvisionnements par pompe manuelle

TABEAU 1

Autres paramètres qu'il est recommandé d'analyser lors de l'échantillonnage de l'eau réalisé pour trouver la source de plomb dans l'eau de boisson

Paramètre	Justification	Pertinence
Alcalinité, pH et carbone inorganique dissous	Une alcalinité faible associée à un pH bas, ou un PH faible à modéré associé à un carbone inorganique dissous élevé favorisent la libération de plomb dans l'eau à partir de solides. Un pH élevé et un carbone inorganique dissous faible, seuls ou associés, réduisent la libération de plomb dans l'eau à partir de solides.	
Cadmium, fer, zinc, aluminium, cuivre, nickel	Le plomb, le cadmium et le fer sont corrélés au zinc lorsque le fer galvanisé est la source de plomb (Clark, Masters et Edwards, 2015). Les résidus de coagulants à base d'aluminium et de fer peuvent mobiliser le plomb de la plomberie des locaux (Knowles et al, 2015). Le zinc, et dans certains cas le cuivre et le nickel, vont de pair avec la corrosion du laiton (Korshin, Ferguson et Lancaster, 2000 ; Asami et al., 2021). Certaines études ont montré une diminution progressive de la lixiviation du zinc au fil du temps, ce qui a une incidence sur son intérêt en tant qu'indicateur de corrosion du laiton (Langenegger, 1994 ; Chao et al., 2021).	
Chlore et chloramine	Les changements de concentration de chlore et de chloramine (utilisés comme désinfectants) peuvent influencer sur les concentrations de plomb. La présence de chlore libre diminue le plomb dissous en l'oxydant en un oxyde de plomb (IV) (PbO ₂) hautement insoluble (Triantafyllidou et al., 2015). La monochloramine n'est pas un oxydant assez fort pour former du PbO ₂ et donc un passage à cet oxydant déstabilise toutes les croûtes de PbO ₂ présentes et entraîne la libération de plomb dans l'eau de boisson.	
Rapport chlorure/sulfate	La corrosion galvanique est favorisée par un rapport chlorure/sulfate supérieur à 0,58 (Nguyen et al., 2011 ; Triantafyllidou et Edwards, 2011). La teneur en chlorure et en sulfate de l'eau peut changer si l'on passe de coagulants à base de sulfate à des coagulants à base de chlorure, ou vice versa. La concentration de chlorure peut changer dans l'eau de source, ou l'eau traitée, à partir de l'immixtion de sel de voirie dans les réservoirs d'eau traitée.	
Fer, manganèse et matière organique naturelle	En raison de l'adsorption du plomb dissous sur les surfaces, le fer et le manganèse sont corrélés avec le plomb particulaire (Trueman et al., 2019). La matière organique naturelle contient divers groupements fonctionnels qui peuvent former avec le plomb des chélates puissants, ce qui peut augmenter la lixiviation du plomb. La matière organique naturelle peut également influencer sur la mobilisation colloïdale du plomb (particules contenant du plomb) (Locsin et al., 2022). La matière organique naturelle, le fer et le manganèse peuvent agir comme des réducteurs qui peuvent accélérer la dissolution des croûtes de PbO ₂ dans les réseaux canalisés où il y a un excès de chlore.	

Remarque : Lors de l'analyse de l'eau à des fins de maîtrise de la corrosion, des paramètres supplémentaires tels que les inhibiteurs de corrosion, l'aluminium, la dureté, le pouvoir tampon et le potentiel d'oxydo-réduction peuvent également être utiles.

ÉTAPE 4

Enquêter sur l'exposition au plomb provenant d'autres sources

Il convient d'élargir l'enquête en coopérant avec les autorités de santé publique et les autorités environnementales afin de comprendre les conséquences possibles pour la santé publique de la présence de plomb dans l'eau de boisson.

Parallèlement à la recherche de la source, une enquête plus large devrait être ouverte en coopération avec les autorités de santé publique et les autorités environnementales. Le plomb présent dans l'eau de boisson peut ne pas être la principale source d'exposition, et toutes les sources potentielles devraient donc être déterminées et quantifiées. Ces informations, ainsi que les mesures des taux de plombémie (OMS, 2020, 2022a) dans les zones touchées, peuvent éclairer les évaluations de l'incidence sur la santé publique des mesures correctives visant à réduire les niveaux de plomb dans l'eau de boisson.

Il est utile d'avoir cet éclairage plus large lorsque l'on adopte une démarche progressive de correction des niveaux de plomb dans l'eau de boisson. Des ressources importantes sont souvent nécessaires pour limiter les concentrations de plomb dans les systèmes existants. Il n'est pas possible d'intervenir immédiatement sur tous les systèmes d'approvisionnement en eau, surtout si l'on tient compte des multiples sources d'exposition au plomb et d'autres problèmes de santé publique et environnementaux qui nécessitent des ressources et des efforts.

Étudier les options quant aux mesures correctives

L'étude des mesures correctives possibles devrait porter à la fois sur des mesures provisoires immédiates et des mesures à plus long terme. La fermeture des approvisionnements en eau est généralement considérée comme une réponse inadaptée.

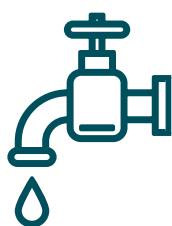
Lorsque l'on a déterminé les sources de plomb (étape 3) et constaté que le plomb dans l'eau de boisson a des incidences sur la santé publique (étapes 2 et 4), il faut étudier les options disponibles en matière de mesures correctives. Il ne faut cependant pas que la compréhension de tous ces aspects, en particulier l'étape 4 (enquête sur l'exposition au plomb provenant d'autres sources), ne retarde trop l'examen des mesures correctives ni leur mise en œuvre (par exemple des mesures peu coûteuses qui peuvent être mises en œuvre rapidement).

En plus des coûts et des délais de mise en œuvre, la réduction attendue du niveau de plomb et la facilité d'application font partie des autres facteurs à prendre en compte dans le choix des mesures correctives. Les dépenses d'équipement ainsi que les coûts d'exploitation et d'entretien doivent être pris en considération.

Dans la plupart des cas, la principale mesure à prendre pour ramener les concentrations de plomb dans l'eau de boisson en dessous de la valeur guide provisoire de l'OMS est de remplacer les pièces contenant du plomb. Cependant, cela peut nécessiter beaucoup de temps et d'argent. Il faut souvent établir des plans à plus long terme pour un remplacement progressif.

Par conséquent, des mesures pratiques visant à réduire l'exposition totale au plomb dans l'eau de boisson devraient être mises en œuvre dans l'intervalle. Il peut s'agir de l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion dans les réseaux de distribution publics et de gestes à adopter par les ménages pour réduire l'exposition, ce qui nécessite de communiquer avec le public. Les nouvelles installations doivent être conformes aux normes de plomberie modernes, notamment pour ce qui est des pièces et des soudures à faible teneur en plomb ou sans plomb, afin de prévenir toute contamination future.

Les mesures correctives sont classées en fonction de leur applicabilité. Les symboles indiquent si l'utilisation est principalement destinée aux approvisionnements centralisés/canalisés ou aux approvisionnements par pompe manuelle.



Approvisionnements centralisés/canalisés



Approvisionnements par pompe manuelle

Solutions provisoires

Inhibiteurs de corrosion



Si le niveau élevé de plomb est imputable à la présence de plomb dans les réseaux de distribution et que l'eau est corrosive, il est souvent opportun d'ajuster le pH, d'augmenter l'alcalinité ou la dureté, ou d'introduire des inhibiteurs de corrosion dans le cadre du traitement central (USEPA, 2016 ; OMS, 2022b).

L'orthophosphate et le silicate de sodium sont des exemples de produits chimiques utilisés comme inhibiteurs de corrosion, que l'on ajoute à la station d'épuration des eaux pour réduire la formation d'oxydes de plomb sur les surfaces en plomb (Mishra et al., 2020). Cependant, la dose de produits chimiques nécessaire peut être influencée par d'autres réactions non ciblées et souvent mal définies. Par conséquent, la dose nécessaire et l'impact sur la réduction du plomb dans l'eau de boisson devraient être évalués au moyen d'un programme de surveillance complet (USEPA, 2016 ; Wasserstrom et al., 2017) dans le cadre des plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau (OMS, 2009).

Il convient également de noter que des études ont constaté une réduction limitée des concentrations de plomb par l'orthophosphate en cas de corrosion galvanique (par exemple, Cartier et al., 2013). Cela souligne l'importance de mettre en œuvre un programme de surveillance pour vérifier l'efficacité de l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion dans la réduction des niveaux de plomb dans l'eau de boisson. De plus, l'orthophosphate peut contribuer à l'eutrophisation dans de nombreuses eaux de surface s'il est par la suite rejeté par les stations de traitement des eaux usées sans élimination préalable du phosphore (Conley et al., 2009). Cependant, cela ne signifie pas que les inhibiteurs de corrosion ne doivent pas être utilisés pour maîtriser les niveaux de plomb (et d'autres contaminants) dans l'eau de boisson.

Séparation des couples galvaniques



Il a été démontré que le fait de découpler les métaux qui forment un couple galvanique avec le plomb afin de minimiser la corrosion galvanique réduit les concentrations de plomb jusqu'à 20 fois (Wang et al., 2013). Un matériau non conducteur doit séparer les métaux tels que le cuivre, le laiton, le bronze et le fer galvanisé pour éviter la corrosion galvanique. Selon le système, il peut s'agir d'une option corrective plus accessible mais quand même efficace.

Purge (ou rinçage)



Pour les systèmes où la corrosion se produit dans la robinetterie en laiton ou les joints soudés au plomb, que ce soit dans la plomberie des locaux ou dans une pompe manuelle, une purge de 30 secondes à 2 minutes peut souvent réduire temporairement l'exposition, bien qu'il ne faille pas plus que 30 minutes pour que les niveaux de plomb soient rétablis après le rinçage (Murphy, 1993 ; Doré et al., 2018).

Si le plomb se trouve dans les conduites de branchement, des volumes de rinçage plus importants sont nécessaires (c'est-à-dire plus de 5 minutes avec un robinet à gros débit) (Pieper et al., 2019). La taille de l'installation de plomberie est un facteur de l'efficacité de la purge ; c'est pourquoi la purge dans les grands bâtiments tels que les écoles ou les résidences à logements multiples est parfois insuffisante. À titre de référence, un échantillon collecté après un rinçage d'au moins trois fois le « volume de plomberie » – c'est-à-dire trois fois le volume des tuyaux du point de raccordement au robinet – est considéré comme un échantillon après purge complète (Hoekstra et al., 2009). En revanche, un rinçage intensif peut, de manière contre-productive, mobiliser les sédiments et croûtes contenant du plomb, ce qui entraîne des concentrations plus élevées (Pieper et al., 2015).

En résumé, la purge peut être une stratégie de gestion peu coûteuse pour les résidents, bien qu'elle ne soit pas toujours efficace pour réduire les concentrations. Elle peut, par contre, entraîner une augmentation des coûts d'exploitation et a pour effet de gaspiller une quantité importante d'eau, ce qui n'est pas durable, en particulier pour une ressource en eau souterraine limitée ou dans d'autres contextes où l'eau est rare. Cependant, l'eau écoulée pendant la purge peut être utilisée autrement que comme eau de boisson, notamment pour le lavage ou le bain, car le plomb inorganique dans l'eau n'est pas absorbé par la peau (Santé Canada, 2019). Le rinçage ne doit être considéré qu'à titre de mesure provisoire et son effet doit être contrôlé après sa mise en application.

Mise à disposition temporaire d'une autre ressource en eau



Les préparations pour nourrissons reconstituées avec de l'eau du robinet présentant des concentrations élevées de plomb peuvent représenter une source majeure d'exposition au plomb chez les nourrissons. D'autres ressources en eau salubre peuvent donc être mises à disposition si l'eau du robinet contient du plomb à un niveau élevé. Les conseils doivent être fournis par l'autorité sanitaire compétente, en tenant compte des autres sources d'exposition au plomb dans le ménage.

Traitement de l'eau au niveau des ménages



Lorsque la source est locale (c'est-à-dire des pièces de plomberie ou de pompe manuelle), les dispositifs de traitement au point d'utilisation et au point d'entrée peuvent réduire la concentration totale de plomb dans l'eau de boisson. L'ampleur de l'élimination dépend de la composition chimique de l'eau et de l'état dans lequel le plomb se trouve (Deshommes et al., 2012 ; Bosscher et al., 2019 ; Santé Canada, 2019). Le traitement peut être appliqué à l'échelle du consommateur à la fois pour les systèmes canalisés et pour les pompes manuelles. Si la principale source de plomb se trouve dans la plomberie du ménage ou du bâtiment, on utilisera de préférence les dispositifs au point d'utilisation. Cependant, pour éviter toute pollution secondaire, il faut procéder à un entretien adéquat de tous les appareils et à une élimination sûre des déchets. Plusieurs systèmes d'homologation et de certification existent, tels que la norme NSF no 53 aux États-Unis d'Amérique.

Solutions à plus long terme

Remplacement des pièces contenant du plomb



La solution la plus efficace et permanente consiste souvent à repérer et éliminer les matériaux contenant du plomb et les remplacer par des matériaux à faible teneur en plomb ou sans plomb. Cette solution peut cependant être à la fois coûteuse et prendre beaucoup de temps si

les composants contenant du plomb sont des tuyaux ou d'autres pièces inaccessibles. Les matériaux sans plomb sont également plus chers que les matériaux à teneur en plomb plus élevée. Les nouvelles installations de plomberie devraient employer des matériaux appropriés destinés à être utilisés pour l'eau de boisson, contenant aussi peu de plomb que possible sur le plan économique. L'utilisation de matériaux résistants à la corrosion et de pièces de plomberie à faible teneur en plomb est cruciale dans les zones où l'eau a une corrosivité naturelle élevée.

ENCADRÉ 4

Exemple d'un important programme de remplacement de conduites en plomb

En 1986, la ville de Francfort a constaté qu'environ 8 000 propriétés, soit 10 % des habitants, avaient encore des installations d'approvisionnement en eau de boisson en plomb. Un programme ambitieux a été lancé en 1997 pour éliminer le plomb à Francfort en l'espace de 10 ans. L'objectif a été atteint en 2010. Les propriétaires ont pris les coûts de remplacement des tuyaux à leur charge. Le coût administratif de la gestion du programme a été de 400 000 € pour la ville (Hentschel, Karius et Heudorf, 1999).

Si seules des parties de la conduite de branchement sont remplacées, les conduites en plomb restantes ne doivent pas être en contact avec d'autres métaux. Dans le cas contraire, la corrosion galvanique peut entraîner une augmentation de la corrosion globale (Sandvig et al., 2008 ; Wang et al., 2013).

Pour le laiton, les solutions de remplacement à faible teneur en plomb (en contenant moins de 0,25 % en poids) sont sans danger même avec de l'eau corrosive, en ce qu'elles permettent d'éviter une lixiviation importante (Triantafyllidou et Edwards, 2010 ; Turkovic, Werner et Klinger, 2014 ; Pieper, Krometis et Edwards, 2016).

Mise en place de processus d'homologation des matériaux



Les autorités nationales devraient établir et appliquer des processus d'homologation pour garantir le bon usage des matériaux et des soudures en contact avec l'eau de boisson. Plusieurs organismes de normalisation internationaux et nationaux fournissent des normes pour évaluer la compatibilité des matériaux en contact avec l'eau de boisson, y compris en ce qui concerne le plomb. Cependant, comme mentionné, les matériaux sans plomb et à faible teneur en plomb sont un peu plus coûteux. Dans certains cas, en particulier lorsque l'eau est moins corrosive, les autorités peuvent donc adopter une approche risque-bénéfice, en autorisant des matériaux ayant une teneur en plomb légèrement plus élevée.

Formation des plombiers



Les plombiers doivent être dûment qualifiés et certifiés ou agréés ; les procédures d'agrément sont généralement administrées par les autorités nationales. Les plombiers doivent avoir les connaissances leur permettant de s'assurer que les installations de plomberie sont conformes aux réglementations pertinentes afin d'éviter les installations, les produits et les matériaux qui peuvent nuire à la salubrité de l'eau. Ils doivent vérifier que le produit installé est compatible avec l'eau de boisson locale. De plus, la conception des installations de plomberie des nouveaux bâtiments devrait généralement être approuvée avant la construction et inspectée par l'organisme de réglementation approprié dans le cadre de la construction et de la mise en service des bâtiments.

Prévention de la contamination des ressources et décontamination



Lorsque la principale source de plomb dans l'eau de boisson est liée aux apports anthropiques dans la ressource en eau elle-même, il est crucial de limiter la source de contamination. La stratégie d'atténuation la plus efficace consiste à adopter et à appliquer des règlements pour limiter les polluants provenant des industries ou d'autres activités polluantes. Des recommandations sur la gestion des risques dans les zones de captage des eaux de surface et des eaux souterraines sont disponibles dans les publications de l'OMS (OMS, 2006, 2009, 2016b). L'assainissement des zones contaminées par le plomb est possible, mais il est coûteux et prend beaucoup de temps, et nécessite une enquête approfondie avant d'être entrepris.

Dans le cas de niveaux élevés de plomb dans la ressource en eau des systèmes centralisés, le traitement conventionnel de l'eau – notamment la coagulation par le sulfate d'aluminium ou le sulfate ferrique et la filtration – est raisonnablement efficace (Santé Canada, 2019).

Changement de ressource



Dans les milieux ruraux où l'eau est peu ou pas traitée, on peut changer de ressource en eau et passer d'une ressource avec une concentration élevée de plomb à une ressource moins contaminée. Il faut alors veiller à ce qu'il n'y ait pas d'autres problèmes liés à la qualité de l'eau, y compris d'autres contaminants hautement prioritaires (par exemple, les contaminants microbiologiques).

ÉTAPE 6

Mettre en œuvre des mesures correctives et veiller à leur efficacité

Les mesures correctives devraient être hiérarchisées en utilisant une approche intégrée risque-bénéfice afin de maximiser l'impact, en tenant compte des ressources disponibles. L'objectif est de réduire les disparités en s'attaquant progressivement aux niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson dans tous les milieux. Idéalement, les mesures correctives devraient d'abord être mises en œuvre dans les milieux où les concentrations de plomb dans l'eau de boisson sont les plus élevées, en accordant une attention particulière aux nourrissons, aux enfants et aux personnes enceintes.

Lorsque les options correctives ont été cartographiées et comparées (étape 5), et en tenant compte de l'information recueillie au cours des étapes précédentes, une décision éclairée peut être prise sur les mesures à prendre. Comme souligné à la section précédente, il faut souvent que des mesures provisoires immédiates et des mesures à plus long terme soient élaborées et mises en œuvre simultanément. Les connaissances et les ressources acquises au fur et à mesure doivent éclairer des mesures de gestion supplémentaires.

Les coûts et les avantages pour la santé publique de la réduction de l'exposition au plomb provenant de l'eau de boisson devraient être pris en compte dans la décision (voir les renseignements à l'étape 4). Bien que la réduction de toute exposition au plomb dans l'eau de boisson contribue aux efforts de protection de la santé, il peut être nécessaire d'envisager de recourir à une stratégie de matérialisation progressive pour entreprendre des mesures correctives à un rythme réalisable. Dans le cadre de la prévention et de la gestion de l'exposition au plomb, les contaminants microbiologiques et autres contaminants d'intérêt prioritaire doivent être maîtrisés de manière satisfaisante. Le risque de ne pas avoir d'approvisionnement en eau de boisson doit également être pris en compte ; la fermeture des approvisionnements en eau est généralement considérée comme une réponse inadaptée.

D'autres acteurs concernés, comme les autorités de santé publique, les autorités en charge de la plomberie et les groupes de consommateurs, devraient être consultés quant au choix des mesures correctives afin de s'assurer que les options envisagées sont appropriées et acceptables. Ces autres acteurs peuvent également jouer un rôle essentiel dans la communication sur les mesures correctives, y compris les mesures à prendre par le public.

Garantir l'efficacité

Il faut évaluer l'efficacité des mesures correctives mises en place en surveillant les concentrations de plomb dans l'approvisionnement en eau de boisson. Il est conseillé de prélever les échantillons sur les sites touchés en utilisant le même protocole que celui utilisé pour détecter le plomb initialement (étape 1), jusqu'à ce qu'au moins deux activités de surveillance démontrent que les mesures sont efficaces (Santé Canada, 2009).

Dans le cadre des plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau (OMS, 2009), les mesures de maîtrise des risques visant à gérer le plomb dans l'eau de boisson (par exemple les mesures correctives) doivent faire l'objet d'une surveillance régulière afin de confirmer qu'elles continuent de fonctionner comme prévu et de permettre de remédier aux problèmes

à temps. Le plomb dans l'eau de boisson devrait également faire l'objet d'une surveillance en tant qu'activité finale de vérification, conformément aux exigences des normes nationales. Une surveillance devrait également être effectuée lorsque des circonstances pouvant avoir une incidence sur la libération de plomb se produisent, par exemple lorsque des changements sont apportés au système d'approvisionnement en eau, lorsqu'il y a des variations saisonnières dans la qualité des ressources en eau brute ou lorsque les habitudes d'utilisation de l'eau changent.

Pour les nouveaux systèmes d'approvisionnement en eau ou lors de la remise en état des systèmes existants, l'accent devrait être mis sur l'achat et l'installation adéquats des pièces. Les organismes de réglementation doivent veiller à ce que les normes d'utilisation et d'installation des matériaux à faible teneur en plomb appropriés soient respectées. On peut procéder à des vérifications ponctuelles des documents des fournisseurs et à des tests aléatoires des pièces avant et après installation, et former le personnel clé.



Photo © WHO/Yoshi Shimizu

Comment agir

La question du plomb dans l'eau de boisson exige une action de la part de multiples intervenants. Voici quelques mesures qu'il est recommandé aux principales parties prenantes de prendre pour réduire l'exposition au plomb provenant de l'eau de boisson. En fonction du cadre institutionnel, les responsabilités peuvent être réparties différemment entre les parties prenantes, et il peut également être nécessaire d'associer d'autres acteurs.

Organismes de réglementation²



- Inclure le plomb dans les normes de qualité de l'eau de boisson et élargir la surveillance et l'enquête sur les sources et les points d'eau contaminés par le plomb autant que les ressources le permettent.
- Adopter des normes, ou appuyer leur élaboration, pour les matériaux sans plomb ou à faible teneur en plomb dans les systèmes d'approvisionnement en eau et veiller à ce que ces normes soient respectées.
- Lorsque des niveaux élevés de plomb dans l'eau de boisson ont été confirmés :
 - informer les utilisateurs du problème et les conseiller sur la manière de réduire leur exposition au plomb (solutions à court et à long terme) ;
 - sensibiliser et mobiliser d'autres autorités (par exemple, éducation, santé publique), le cas échéant ;
 - former une équipe spéciale et élaborer un plan de communication sur les questions relatives à la présence de plomb dans l'eau de boisson.
- Établir ou faciliter des procédures d'agrément des plombiers.

Opérateurs et installateurs de pompes manuelles



- Surveiller la teneur en plomb de l'eau, en particulier là où des matériaux contenant du plomb sont utilisés, conformément aux normes nationales, ainsi que lorsque des situations pouvant avoir une incidence sur la libération de plomb se produisent.
- Si les niveaux de plomb sont trop élevés, étudier les différentes mesures correctives possibles, telles que la purge, l'installation d'un filtre au point d'utilisation ou la mise à disposition d'une autre ressource. Informer les utilisateurs d'eau.
- Remplacer les pièces contenant du plomb, si possible, et séparer les différents métaux à l'aide de matériaux non conducteurs.
- Pour les nouveaux systèmes d'approvisionnement en eau, acheter et utiliser des pièces sans plomb ou à faible teneur en plomb dûment certifiées, conformément aux normes nationales.
- Faire appel à des foreurs ayant de bonnes connaissances locales sur la qualité des eaux souterraines pour éviter les eaux corrosives.

Fournisseurs d'eau



- Dans le cadre des plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau, repérer et noter les endroits où des matériaux contenant du plomb sont utilisés dans les systèmes d'approvisionnement en eau existants.
- Surveiller la teneur en plomb de l'eau de boisson, en particulier là où des matériaux contenant du plomb sont utilisés, conformément aux exigences nationales, ainsi que lorsque des situations pouvant avoir une incidence sur la libération de plomb se produisent.
- Éliminer progressivement des systèmes d'approvisionnement en eau les composants contenant du plomb en contact avec l'eau de boisson.
- Pour les nouveaux systèmes d'approvisionnement en eau, utiliser des pièces sans plomb ou à faible teneur en plomb dûment certifiées, conformément aux normes nationales.
- Maîtriser la corrosivité de l'eau dans les systèmes de distribution.
- Informer et coopérer avec les autorités pour informer les utilisateurs de l'exposition au plomb.

Plombiers



- Utiliser des matériaux certifiés provenant de fournisseurs de confiance, conformément aux normes nationales.
- Toujours séparer les différents métaux ou alliages les uns des autres pour éviter la corrosion galvanique.
- Connaître la corrosivité de l'eau là où de nouvelles pièces sont installées et utiliser des matériaux de meilleure qualité au besoin.

Propriétaires et consommateurs



- Si les niveaux de plomb sont trop élevés, purger le robinet (en suivant les recommandations des autorités), installer un filtre homologué au point d'utilisation ou au point d'entrée, ou utiliser une autre ressource en eau sûre pour la consommation, selon la situation.
- Si la source de plomb est de votre responsabilité, faire remplacer les pièces contenant du plomb ou séparer les métaux corrodants.
- Toujours engager des plombiers dûment formés pour les travaux dans les installations d'approvisionnement en eau de boisson.

² Notamment les organismes chargés de l'eau de boisson et de la plomberie.

Références bibliographiques

- Akers DB, MacCarthy MF, Cunningham JA, Annis J, Mihelcic JR (2015). Lead (Pb) contamination of self-supply groundwater systems in coastal Madagascar and predictions of blood lead levels in exposed children. *Environ Sci Technol*. 49(22):2685–93.
- Asami M, Furuhashi Y, Nakamura Y, Sasaki Y, Adachi Y, Maeda N, et al. (2021). A field survey on elution of lead and nickel from taps used in homes and analysis of product test results. *Sci Total Environ*. 771:144979.
- AWWA (American Water Works Association) (2019). Lead and drinking water: talking with your community [webiste]. Denver, Colorado: AWWA (<https://www.awwa.org/Resources-Tools/Resource-Topics/Inorganic-Contaminants/Lead/Lead-Communications>, consulté le 21 janvier 2021).
- Bosscher V, Lytle DA, Schock MR, Porter A, Del Toral M (2019). POU water filters effectively reduce lead in drinking water: a demonstration field study in Flint, Michigan. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng*. 54(5):484–93.
- Callcut V (2005). The brasses: properties and applications. Hertfordshire, United Kingdom: Copper Development Association (Publication No. 117).
- Cartier C, Laroche L, Deshommes E, Nour S, Richard G, Edwards M, et al. (2011). Investigating dissolved lead at the tap using various sampling protocols. *J Am Water Works Assoc*. 103:55–67.
- Cartier C, Doré E, Laroche L, Nour S, Edwards M, Prévost M (2013). Impact of treatment on Pb release from full and partially replaced harvested lead service lines (LSLs). *Water Res*. 47(2):661–71.
- Chan SN, Chang L, Choi KW, Lee JHW, Fawell JK, Kwok KYT (2020). Unraveling the causes of excess lead in drinking water supply systems of densely populated high-rise buildings in Hong Kong. *Environ Sci Technol*. 54(22):14322–33.
- Chao S-J, Tsai M-H, Yu R-P, Hua L-C, Hu C-C, Huang C (2021). Dezincification of brass water meters in a long-term study: effects of anions, alkalinity, and residual chlorine. *Environ Sci (Camb)*. 7(9):1666–76.
- Clark BN, Masters SV, Edwards MA (2015). Lead release to drinking water from galvanized steel pipe coatings. *Environ Engin Sci*. 32(8):713–21.
- Cole JM, Murphy BL (2014). Rural hazard risk communication and public education: strategic and tactical best practices. *Int J Disaster Risk Reduct*. 10(A):292–304.
- Conley DJ, Paerl HW, Howarth RW, Boesch DF, Seitzinger SP, Havens KE, et al. (2009). Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*. 323:1014–15.
- Dahlqvist P, Ladenberger A, Maxe L, Jönsson C (2016). Kartläggning och tolkning av ursprung till höga halter av kadmium och bly i grundvattnet i Maglasäte–Lillasäte, Höörs kommun, Skåne. Uppsala, Sweden: Swedish Geological Survey.
- Danert K (2019). Concerns about corrosion and the quality of handpump components in Burkina Faso and beyond. St Gallen, Switzerland: Skat Foundation.
- DeSantis MK, Triantafyllidou S, Schock MR, Lytle DA (2018). Mineralogical evidence of galvanic corrosion in drinking water lead pipe joints. *Environ Sci Technol*. 52(6):3365–74.
- Deshommes E, Laroche L, Nour S, Cartier C (2010). Source and occurrence of particulate lead in tap water. *Water Res*. 44(12):3734–44.
- Deshommes E, Nour S, Richer B, Cartier C (2012). POU devices in large buildings: lead removal and water quality. *J Am Water Works Assoc*. 104(4):E282–97.
- Deshommes E, Bannier A, Laroche L, Nour S (2016). Monitoring-based framework to detect and manage lead water service lines. *J Am Water Works Assoc*. 108(11):555–70.
- Doré E, Deshommes E, Andrews RC, Nour S, Prévost M (2018). Sampling in schools and large institutional buildings: implications for regulations, exposure and management of lead and copper. *Water Res*. 140(1):110–22.
- Doré E, Lytle DA, Wasserstrom L, Swertfeger J, Triantafyllidou S (2020). Field analyzers for lead quantification in drinking water samples. *Crit Rev Environ Sci Technol*. 50(24):1–32.
- Elfland C, Scardinia P, Edwards M (2010). Lead-contaminated water from brass plumbing devices in new buildings. *J Am Water Works Assoc*. 102(11):66–76.
- Erpf K (2007). India Mark Handpump specifications. v.2. St Gallen, Switzerland: Rural Water Supply Network, Skat Consulting.
- Fisher MB, Guo AZ, Tracy JW, Prasad SK, Cronk RD, Browning EG, et al. (2021). Occurrence of lead and other toxic metals derived from drinking-water systems in three west African countries. *Environ Health Perspect*. 129(4):47012.
- Gardels MC, Sorg TJ (1989). A laboratory study of the leaching of lead from water faucets. *J Am Water Works Assoc*. 81(7):101–13.
- Gonzalez S, Lopez-Roldan R, Cortina JL (2013). Presence of metals in drinking water distribution networks due to pipe material leaching: a review. *Toxicol Environ Chem*. 95(6):870–89.
- Gora SL, Trueman BF, Anaviapik-Soucie T, Gavin MK, Ontiveros CC, Campbell J, et al. (2020). Source water characteristics and building-specific factors influence corrosion and point of use water quality in a decentralized Arctic drinking water system. *Environ Sci Technol*. 54(4):2192–201.
- Harvey PJ, Handley HK, Taylor MP (2016). Widespread copper and lead contamination of household drinking water, New South Wales, Australia. *Environ Res*. 151:275–85.
- Hentschel W, Karius A, Heudorf U (1999). Das Frankfurter Bleiprojekt – Maßnahmen zur Einhaltung des Grenzwertes für Blei im Trinkwasser. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 42:902–10.
- Hoekstra EJ, Hayes C, Aertgeerts R, Becker A, Jung M, Postawa A, et al. (2009). Guidance on sampling and monitoring for lead in drinking water. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities (EUR 23812 EN).
- IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) (2020). Global Health Data Exchange [website]. Seattle: IHME (<https://ghdx.healthdata.org/>, consulté le 8 mars 2022).
- Khaliq M, Sommariva S, Buerck AM, Rakotondrazaka R, Rakotoarisoa L, Barrett LJP, et al. (2021). Midstream players determine population-level behavior change: social marketing research to increase demand for lead-free components in pitcher pumps in Madagascar. *Int J Environ Res Public Health*. 18(14):7297.
- Kimbrough DE (2001). Brass corrosion and the LCR monitoring program. *J Am Water Works Assoc*. 93(2):81–91.
- Koh LL, Wong MK, Gan LM, Yap CT (1991). Factors affecting the leaching of lead from uPVC pipes. *Environ Monit Assess*. 19(1–3):203–13.

- Korshin GV, Ferguson JF, Lancaster AN (2000). Influence of natural organic matter on the corrosion of leaded brass in potable water. *Corros Sci.* 42(1):53–66.
- Kriss R, Pieper KJ, Parks J, Edwards MA (2021). Challenges of detecting lead in drinking-water using at-home test kits. *Environ Science Technol.* 55(3):1964–72.
- Langenegger O (1994). Groundwater quality and handpump corrosion in West Africa. Washington, DC: UNDP–World Bank Water and Sanitation Program.
- Li M, Wang Y, Liu Z, Sha Y, Korshin GV, Chen Y (2020). Metal-release potential from iron corrosion scales under stagnant and active flow, and varying water quality conditions. *Water Res.* 175:115675.
- Liao F, Wang G, Shi Z, Huang X, Xu F, Xu Q, et al. (2017). Distributions, sources, and species of heavy metals/trace elements in shallow groundwater around the Poyang Lake, east China. *Expo Health.* 10:211–27.
- Locsin JA, Hood KM, Doré E, Trueman BF, Gagnon GA (2022). Colloidal lead in drinking water: formation, occurrence, and characterization. *Crit Rev Environ Sci Technol.* 52(14):1–27.
- Lytle DA, Schock MR (2000). Impact of stagnation time on metal dissolution from plumbing materials in drinking water. *Aqua (Lond).* 49(5):243–57.
- McFadden M, Giani R, Kwan P, Reiber SH (2011). Contributions to drinking water lead from galvanized iron corrosion scales. *J Am Water Works Assoc.* 103(4):76–89.
- Mishra A, Wang Z, Sidorkiewicz V, Giammar DE (2020). Effect of sodium silicate on lead release from lead service lines. *Water Res.* 188(2):116485.
- Murphy EA (1993). Effectiveness of flushing on reducing lead and copper levels in school drinking water. *Environ Health Perspect.* 101(3):240–1.
- Norme ISO 8288:1986. Qualité de l'eau — Dosage du cobalt, nickel, cuivre, zinc, cadmium et plomb — Méthodes par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme. Organisation internationale de normalisation, Genève (1986).
- Norme ISO 15586:2003. Qualité de l'eau — Dosage des éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique en four graphite. Organisation internationale de normalisation, Genève (2003).
- Norme ISO 17294-1:2004. Qualité de l'eau — Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) — Partie 1: Lignes directrices générales. Organisation internationale de normalisation, Genève (2004a).
- Norme ISO 17294-2:2016. Qualité de l'eau — Application de la spectrométrie de masse avec plasma à couplage inductif (ICP-MS) — Partie 2: Dosage des éléments sélectionnés y compris les isotopes d'uranium. Organisation internationale de normalisation, Genève (2004b).
- Norme ISO 11885:2007. Qualité de l'eau — Dosage d'éléments choisis par spectroscopie d'émission optique avec plasma induit par haute fréquence (ICP-OES). Organisation internationale de normalisation, Genève (2007).
- Ng D-Q, Lin J-K, Lin Y-P (2020). Lead release in drinking water resulting from galvanic corrosion in three metal systems consisting of lead, copper and stainless steel. *J Hazard Mater.* 398:122936.
- Nguyen CK, Clark BN, Stone KR, Edwards MA (2011). Role of chloride, sulfate, and alkalinity on galvanic lead corrosion. *Corrosion.* 67(6):065005–1–065005–9.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2005). Lignes directrices de l'OMS sur la communication lors des flambées de maladies. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2006). Protecting groundwater for health: managing the quality of drinking-water sources. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2009). Plans de gestion de la sécurité sanitaire de l'eau : manuel de gestion des risques par étapes à l'intention des distributeurs d'eau de boisson. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2016a). Lead in drinking-water: background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2016b). Protecting surface water for health: identifying, assessing and managing drinking-water quality risks in surface water catchments. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2018). Communication du risque pendant les urgences sanitaires : directives stratégiques et pratiques de l'OMS pour la communication sur les risques en situation d'urgence. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2019). The public health impact of chemicals: knowns and unknowns: data addendum for 2019. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2020). Guide succinct des méthodes de dosage du plomb dans le sang, deuxième édition. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2021). Exposure to lead: a major public health concern, second edition. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2022a). Lignes directrices de l'OMS sur la prise en charge clinique de l'exposition au plomb. Genève : OMS.
- OMS (Organisation mondiale de la Santé) (2022b). Guidelines for drinking water quality, fourth edition incorporating the 1st and 2nd addenda. Genève : OMS.
- Pazand K, Khosravi D, Ghaderi MR, Rezvanianzadeh MR (2018). Hydrogeochemistry and lead contamination of groundwater in the north part of Esfahan province, Iran. *J Water Health.* 16(4):622–34.
- Pieper KJ, Krometis LA, Edwards M (2016). Quantifying lead-leaching potential from plumbing exposed to aggressive waters. *J Am Water Works Assoc.* 108(9):E458–66.
- Pieper KJ, Krometis LH, Gallagher DL, Benhamn BL, Edwards M (2015). Incidence of waterborne lead in private drinking water systems in Virginia. *J Water Health.* 13(3):897–908.
- Pieper KJ, Katner A, Kriss R, Tang M, Edwards MA (2019). Understanding lead in water and avoidance strategies: a United States perspective for informed decision-making. *J Water Health.* 17(4):540–55.
- Postawa A (2015). Problems with meeting new (10 µg/L) standard for lead in drinking water: Polish perspectives. *Aqua (Lond).* 64(1):85–94.
- Prasad R (1979). Handpumps: problems and the search for remedies. *Proc Indian Acad Sci.* C2:473–505.
- Riblet C, Deshommes E, Laroche L, Prévost M (2019). True exposure to lead at the tap: insights from proportional sampling, regulated sampling and water use monitoring. *Water Res.* 156:327–36.
- Sandvig AM, Kwan P, Kirmeyer G, Maynard B, Mast D, Rhodes Trussell R, et al. (2008). Contribution of service line and plumbing fixtures to lead and copper rule compliance issues. Denver, Colorado: Water Environment Research Foundation.
- Santé Canada (2009). Document de conseils sur le contrôle de la corrosion dans les réseaux de distribution d'eau potable. Ottawa : Santé Canada.

- Santé Canada (2019). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Le plomb. Ottawa : Santé Canada.
- SCHER (Scientific Committee on Health and Environmental Risks) (2011). Lead standard in drinking water. European Commission.
- Schock M, Lemieux FG (2010). Challenges in addressing variability of lead in domestic plumbing. *Water Sci Technol Water Supply*. 10(5):792–8.
- Sopory P, Day A, Novak J, Eckert K, Wilkins L, Padgett D, et al. (2017a). Evidence syntheses to support the guideline on emergency risk communication: Q5. Geneva: World Health Organization.
- Sopory P, Day A, Novak J, Eckert K, Wilkins L, Padgett D, et al. (2017b). Evidence syntheses to support the guideline on emergency risk communication: Q11. Geneva: World Health Organization.
- St Clair J, Cartier C, Triantafyllidou S, Clark B, Edwards M (2015). Long-term behavior of simulated partial lead service line replacements. *Environ Eng Sci*. 33(1):53–64.
- Triantafyllidou S, Edwards M (2010). Contribution of galvanic corrosion to lead in water after partial lead service line replacements. Denver, Colorado: Water Research Foundation.
- Triantafyllidou S, Edwards M (2011). Galvanic corrosion after simulated smallscale partial lead service line replacements. *J Am Water Works Assoc*. 103(9):85–99.
- Triantafyllidou S, Schock MR, DeSantis MK, White C (2015). Low contribution of PbO₂-coated lead service lines to water lead contamination at the tap. *Environ Sci Technol*. 49(6):3746–54.
- Triantafyllidou S, Burkhardt J, Tully J, Cahalan K, DeSantis M, Lytle D, et al. (2021). Variability and sampling of lead (Pb) in drinking water: assessing potential human exposure depends on the sampling protocol. *Environ Int*. 146:106259.
- Trueman BF, Gregory BS, McCormick NE, Gao Y, Gora S, Anaviapik-Soucie T, et al. (2019). Manganese increases lead release to drinking water. *Environ Sci Technol*. 53(9):4803–12.
- Turkovic R, Werner W, Klinger J (2014). The performance of unleaded brass materials. Denver, Colorado: Water Research Foundation.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (2021). Leaded petrol phase-out globally [website]. (<https://www.unenvironment.org/explore-topics/transport/what-we-do/partnership-clean-fuels-and-vehicles/lead-campaign>, consulté le 27 décembre 2021).
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (1998). Sources of lead in soil: a literature review. Washington, DC: USEPA.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2013). SESD operating procedure for groundwater sampling. Athens, Georgia: USEPA.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2016). Optimal corrosion control treatment evaluation technical recommendations for primacy agencies and public water systems. Washington, DC: USEPA (4606M).
- Wang Y (2012). Redox reactions influencing lead concentrations in drinking water: formation and dissolution of lead(IV) oxide and impact of galvanic corrosion. Washington University Open Scholarship.
- Wang Y, Mehta V, Welter GJ, Giammar DE (2013). Effect of connection methods on lead release from galvanic corrosion. *J Am Water Works Assoc*. 105(7):E337–51.
- Wasserstrom LW, Miller SA, Triantafyllidou S, DeSantis MK, Schock MR (2017). Scale formation under blended phosphate treatment for a utility with lead pipes. *J Am Water Works Assoc*. 109(11):464–78.
- Whelton AJ, Nguyen T (2013). Contaminant migration from polymeric pipes used in buried potable water distribution systems: a review. *Crit Rev Environ Sci Technol*. 43(7):679–751.
- WHO Regional Office for Europe (2002). Water and health in Europe. Bonn: World Health Organization (WHO Regional Publications European Series No. 93).
- WHO Regional Office for South-East Asia (2019). Risk communication strategy for public health emergencies in the WHO South-East Asia Region: 2019–2023. New Dehli: World Health Organization.
- Zhang Y, Lin Y-P (2014). Leaching of lead from new unplasticized polyvinyl chloride (uPVC) pipes into drinking water. *Environ Sci Pollut Res Int*. 22(11):8405–11.

Remerciements

L'élaboration et la production du présent document ont été coordonnées et dirigées par Johan Strandberg et Jennifer De France (OMS, Suisse). Bruce Gordon (OMS, Suisse) a assuré la direction stratégique.

L'OMS tient à exprimer sa gratitude à toutes celles et tous ceux qui ont rendu possible la production de ce document, en mettant à disposition leur temps, leur expertise et leur expérience. Cette publication a bénéficié des contributions des participants à une réunion de l'OMS sur le plomb dans l'eau de boisson, dont David Cunliffe et John Fawell du groupe de travail d'experts des Directives de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson et le Réseau international des organismes de réglementation de l'eau de boisson et de l'assainissement de l'OMS (RegNet), sous la coordination de Batsi Majuru (OMS, Suisse).

L'OMS est reconnaissante des éclairages apportés lors des réunions d'un groupe de travail informel sur les métaux toxiques dans l'eau, organisées par l'Université de Caroline du Nord (États-Unis d'Amérique), et remercie les contributeurs et réviseurs suivants :

J Alvarez-Sala (UNICEF, États-Unis) ; M Asami (Institut national de santé publique, Japon) ; J Bartram (Université de Leeds, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) ; V Casey, (Water Aid, Royaume-Uni) ; K Coleman (OMS, Suisse) ; J Cotruvo (consultant indépendant, États-Unis) ; D Cunliffe (groupe de travail d'experts des Directives de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson et Ministère de la santé de l'Australie-Méridionale [Australie]) ; K Danert (Skat Foundation et Ask for Water GmbH, Suisse) ; S Diarra (World Vision, Mali) ; J Fawell (groupe de travail d'experts des Directives de l'OMS pour la qualité de l'eau de l'eau de boisson et Cranfield University [Royaume-Uni]) ; M Fisher (Université de Caroline du Nord, États-Unis) ; S Furey (Skat Foundation et Ask for Water GmbH, Suisse) ; D Hansen (Association internationale des responsables de la plomberie et de la mécanique (IAPMO), États-Unis) ; J Kempic (Agence de protection de l'environnement des États-Unis, États-Unis) ; G Korshin (University of Washington, États-Unis) ; F Lemieux (Santé Canada, Canada) ; C Lindsay, (Association internationale des responsables de la plomberie et de la mécanique (IAPMO), États-Unis) ; B Majuru (OMS, Suisse) ; L Maxe (Geological Survey of Sweden, Suède) ; DJ McAllister (British Geological Survey, Royaume-Uni) ; R McKeown (OMS, Suisse) ; R Norman (World Vision, États-Unis) ; L Onyon (OMS, Suisse) ; C Ramsier (UNICEF, États-Unis) ; A Rinhold (OMS, Suisse) ; A Salzberg (Université de Caroline du Nord, États-Unis) ; A Sauer (Ville de Francfort, Allemagne) ; M Schock (Agence de protection de l'environnement des États-Unis, États-Unis) ; P Studer (UNICEF, États-Unis).

L'OMS remercie également, pour leur soutien financier, l'Agence française de développement (France), le Ministère des affaires étrangères et du commerce du Gouvernement australien (Australie), la Direction générale de la coopération internationale (Pays-Bas), le Ministère des affaires étrangères, du Commonwealth et du développement (Royaume-Uni), le Ministère de la santé, du travail et des affaires sociales (Japon), l'Agence de la santé publique du Canada (Canada), l'Agence norvégienne de coopération pour le développement (Norvège) et la fondation MISTRA (Foundation for Strategic Environmental Research, Suède).

Annexe 1

Analyser des échantillons d'eau pour y détecter le plomb

Étant donné que la valeur guide provisoire pour le plomb, à savoir 10 µg/L, n'est pas fondée sur des critères de santé, le seuil de détection ou la limite de quantification devraient être aussi bas que possible. Plusieurs méthodes de laboratoire et de terrain ont des seuils de détection inférieurs à 1 µg/L. Il convient de toujours prélever des échantillons doubles ou triples pour quantifier l'incertitude, quelle que soit la méthode choisie. Toutefois, il faut garder à l'esprit que le plomb se répartit de façon inégale dans l'eau, ce qui entraîne de grandes différences de concentration entre les échantillons (Deshommes et al., 2010 ; Chan et al., 2020). Étant donné qu'une proportion importante de plomb peut être adsorbée dans les colloïdes, la filtration à l'aide d'un filtre de 0,45 µm pour cibler le plomb dissous ne sera pas efficace parce que les colloïdes peuvent passer à travers (Locsin et al., 2022).

En plus des méthodes homologuées faisant appel à des techniciens qualifiés qui utilisent des instruments de laboratoire dans des laboratoires homologués, il y a de plus en plus d'analyseurs de terrain portables avec des seuils de détection suffisamment bas disponibles sur le marché (tableau 2). Les analyseurs de terrain doivent être validés par rapport aux méthodes de référence. De plus, ils ne mesurent que le plomb dissous ; le plomb particulaire est exclu.

TABLEAU 2

Aperçu des appareils portables de mesure du plomb dans l'eau

Méthode	Seuil de détection	Points forts	Inconvénients
Voltamétrie par strippage anodique (existe également en tant que méthode de laboratoire)	0,2–2 µg/L	Plusieurs marques sont disponibles, les prix et la qualité étant variables. La complexité de la procédure et le coût par échantillon dépendent de la marque.	Certaines électrodes génèrent des déchets de mercure ; l'acidification de l'échantillon et l'entretien de l'appareil sont nécessaires. Coût initial plus élevé. Risques d'interférences du cuivre, de l'argent et de l'or. Un degré plus élevé de compétences et d'expérience de l'opérateur est requis.
Colorimétrie (kits professionnels)	3–5 µg/L	Moins cher que les autres analyseurs de terrain.	Des volumes d'échantillons plus importants que pour les autres analyseurs de terrain sont nécessaires (50 à 100 mL).
Colorimétrie (kits pour particuliers) • bandelettes colorimétriques binaires (résultat positif/négatif) • bandelettes réactives avec apparition de lignes (résultat positif/négatif) • flacon de test avec nuancier colorimétrique • bandelettes test avec nuancier colorimétrique	En général mg/L	Produit de consommation bon marché, facile à utiliser, rapide.	Une interprétation visuelle des résultats est nécessaire. Seuil de détection élevé pour les tests d'eau de boisson. Manque d'uniformité entre les différentes marques.
Fluorescence	2 µg/L	Bon rapport entre sensibilité et coût d'investissement.	Seul un nombre limité de marques sont disponibles. Coût initial plus élevé.

Sources : Doré et al. (2020) ; Kriss et al. (2021).

L'analyse en laboratoire (tableau 3) signifie généralement moins d'incertitude que l'utilisation d'analyseurs de terrain, car il est plus facile de garder les surfaces et le matériel propres en laboratoire, ce qui permet d'éviter la contamination des échantillons. La précision accrue a souvent un coût, puisqu'il faut un personnel de laboratoire formé et du matériel coûteux.

TABEAU 3

Vue d'ensemble des normes de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) pour l'analyse du plomb dans l'eau

Méthode	Limite de quantification	Points forts	Inconvénients
Spectrométrie d'absorption atomique par la flamme (FAAS) (ISO 8288)	1 µg/l	Temps d'analyse court (secondes). Relativement facile à utiliser. Relativement peu d'interférences. Coûts d'investissement et de fonctionnement relativement faibles.	Ce n'est pas une méthode de pointe. Ne peut pas être laissé sans surveillance (gaz inflammable).
Spectrométrie d'absorption atomique par four graphite (GF-AAS) (ISO-15586)	1 µg/L	Échantillon de petite taille. Prix modéré. Instrument très compact. Peu d'interférences spectrales.	Temps d'analyse plus lent que la spectrométrie à plasma à couplage inductif. Interférences chimiques. Nombre d'éléments limité : 1 à 6 éléments par détermination. Aucune capacité de dépistage. Dynamique limitée.
Spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-OES) (ISO-11885:2007)	2–5 µg/L	Multi-éléments. Économique pour de nombreux échantillons et éléments. Peu d'interférences chimiques. Charge totale en matières dissoutes élevée.	Seuils de détection moyens à faibles (mais souvent bien meilleurs que pour la spectrométrie d'absorption atomique par la flamme) Interférences spectrales possibles. Certaines limites concernant les éléments.
Spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS) (ISO 17294-1, ISO 17294-2)	0,1–0,2 µg/L	Peut analyser de petits échantillons (50–100 µL). Temps d'analyse rapide (<1 minute). Capacités multi-éléments. Économique s'il est utilisé pour de grandes séries d'échantillons.	Coûts d'achat et de fonctionnement élevés. Nécessite du personnel de laboratoire hautement qualifié. L'analyse d'un grand nombre d'échantillons est moins chère qu'avec la spectrométrie d'absorption atomique électrothermique. Limité à <0,2% de matières dissoutes.

Remarque : Les limites de quantification indiquées s'appliquent à un laboratoire type certifié ISO 17025.

Annexe 2

Protocoles d'échantillonnage

TABEAU 4

Exemples de protocoles d'échantillonnage pour évaluer l'exposition au plomb provenant de l'eau de boisson

	Type d'échantillon	Résumé du protocole	Remarques
Recherche de la source	Échantillonnage séquentiel (ou de profil)	Temps de stagnation défini. 10 à 20 échantillons séquentiels d'un volume défini (125 mL, 250 mL, 1 L, etc.). Des volumes différenciés peuvent être utilisés pour mieux localiser la source.	Met en évidence la contribution en plomb des différentes parties d'une installation.
	Échantillonnage séquentiel aux fins de la libération de particules	Échantillonnage séquentiel traditionnel à débit croissant (faible, moyen et élevé).	Met en évidence la contribution des particules à la concentration totale de plomb.
	Échantillonnage après purge complète	Laisser couler l'équivalent de trois « volumes de plomberie » avant le prélèvement (c.-à-d. trois fois le volume de l'installation de plomberie jusqu'au point de raccordement). Pour les pompes manuelles, purger le forage en laissant couler trois fois le volume du tuyau.	Permet de savoir si la source de plomb est une conduite de branchement en plomb, une pièce de pompe manuelle ou la ressource en eau. Indique le niveau de plomb le plus bas atteignable dans le meilleur des cas dans une habitation, un logement ou une pompe manuelle donnés en utilisant la purge comme mesure corrective. Si cet échantillon présente de fortes concentrations, une autre ressource en eau doit immédiatement être mise à disposition.
Évaluation de l'exposition	Composite proportionnel	Un appareil collecte une proportion déterminée de chaque prélèvement au robinet du consommateur pendant, par exemple, une semaine. La collecte peut se faire manuellement de la même manière, pour des périodes plus longues ou plus courtes.	Rend compte de l'utilisation réelle (et de la variabilité) de l'eau au niveau des ménages. Le plus représentatif de l'exposition, mais prend beaucoup de temps sur une plus grande échelle.
	Échantillonnage aléatoire au cours de la journée	Prélèvement aléatoire d'échantillon avec ou sans purge préalable. Prélever 1 L.	Rend compte de temps de stagnation variables sans purge préalable, et donne les niveaux les plus variables. Davantage d'échantillons sont donc nécessaires pour déterminer les niveaux moyens d'exposition. L'échantillonnage zonal est utilisé pour définir l'exposition en fonction de la qualité de l'eau dans une zone d'approvisionnement donnée.
Conformité aux réglementations	Premier soutirage (Agence de protection de l'environnement des États-Unis)	Stagnation pendant la nuit, de 6 heures ou plus. Prélever 1 L.	Utilisé pour évaluer l'efficacité de la maîtrise de la corrosion. Tributaire de la coopération du client.
	Échantillonnage aléatoire au cours de la journée (Royaume-Uni/Union européenne)	Prélèvement aléatoire d'échantillon sans purge préalable. Prélever 1 L.	Échantillons prélevés dans des zones d'approvisionnement où la qualité de l'eau est semblable.
	30 minutes stagnation (30MS) (Ontario, Canada)	Purge de 2 à 5 minutes, stagnation de 30 minutes. Prélever les deux premiers litres (deux échantillons d'1 L).	Des deux échantillons prélevés le même jour au même endroit dans la plomberie, l'échantillon présentant la concentration de plomb la plus élevée est utilisé. Ne tient pas compte de la libération de plomb particulière, qui a lieu en majorité après des périodes de stagnation plus longues.

Sources : Hoekstra et al. (2009) ; OMS (2016b) ; Santé Canada (2019) ; Triantafyllidou et al. (2021).



Plomb dans l'eau de boisson : risques pour la santé, surveillance et mesures correctives. Note technique [Lead in drinking-water: health risks, monitoring and corrective actions. Technical brief]

ISBN 978-92-4-006162-0 (version électronique)

ISBN 978-92-4-006163-7 (version imprimée)

© Organisation mondiale de la Santé 2022

Certains droits réservés. La présente publication est disponible sous la licence [CC BY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/).

