

RÉSINES ÉPOXY DANS LES CONDUITES D'EAU

ÉVALUATION DES ÉMISSIONS POTENTIELLES DE BISPHÉNOL A



Les recherches sur les émissions potentielles de bisphénol A (BPA) provenant de la fabrication, de l'utilisation et de l'élimination des résines époxy dans les conduites d'eau ont été menées par l'organisme *Beratungsgesellschaft für integrierte Problemlösungen* (BiPRO), mandaté par le Comité européen des résines époxy (CRE). Ce projet, intégré dans un programme plus large, est destiné à analyser les cinq secteurs d'application principaux des résines époxy en Europe. Pour de plus amples informations, veuillez nous contacter à l'adresse suivante : info@epoxy-europe.eu.

UTILISATIONS ET TENDANCES

Approximativement 80 000 tonnes de résines époxy à base de BPA ont été utilisées dans les revêtements des conduites d'eau depuis les années 1990 en Europe.¹ Environ 60 000 tonnes de ces résines sont présentes dans les conduites souterraines, tandis que les 20 000 tonnes restantes sont utilisées dans les installations domestiques.²



Les revêtements en résine époxy constituent l'option privilégiée pour la restauration des conduites d'eau, étant donné leur prix intéressant et le faible besoin de main-d'œuvre. Grâce à ces revêtements, il n'est pas nécessaire de procéder au remplacement complet des conduites endommagées. Les nouvelles conduites peuvent également être revêtues d'époxy dès leur conception initiale pour des applications particulières telles que les canalisations réservées aux eaux usées.

FABRICATION (RÉSINES ÉPOXY SOLIDES ET LIQUIDES)

Environ 85 % de la production mondiale de résines époxy – en ce compris les résines utilisées dans les conduites d'eau – est issue de la réaction du BPA avec l'épichlorhydrine (ECH). Ces deux substances constituent des intermédiaires dans la première étape menant à la fabrication de résines époxy. L'unité monomère de base de la résine époxy porte le nom de **BADGE** ou DGEBA, dont les propriétés (comme la viscosité, le point de fusion, la solubilité, etc.) sont fonction du taux BPA/ECH. Les matériaux époxy utilisés dans les revêtements des conduites d'eau sont des résines époxy liquides (LER) créées par la réaction entre 45 % de BPA et 55 % d'ECH.

¹ L'analyse porte sur deux estimations distinctes. La première étudie l'utilisation des époxy dans les anciennes canalisations (endommagées ou présentant un dysfonctionnement) et les nouvelles. Les informations relatives à l'industrie ont révélé qu'environ 4 000 tonnes de résines époxy durcies sont utilisées en Europe chaque année en tant que revêtement pour les conduites d'eau endommagées ; sur ce total, 2 667 tonnes sont des résines époxy à base de BPA (sans les durcisseurs et les additifs). À cela s'ajoutent 206 tonnes pour le revêtement direct, ce qui donne un total de 2 873 tonnes. La restauration des conduites à l'aide d'époxy étant monnaie courante depuis les années 1990, on estime une utilisation des résines à hauteur de 69 000 tonnes pour cette application. Les résines époxy employées dans la conception de conduites reliées à des réservoirs spécifiques (p. ex. : un système d'eaux usées avec installation domestique et traitement des graisses) ne sont pas reprises dans le calcul en raison de leur quantité limitée.

La seconde estimation tient compte de l'emplacement des conduites avec revêtement époxy, ce qui renseigne également sur leur diamètre (1 à 3 cm pour une installation domestique et 1 à 1,5 m pour une installation souterraine) et sur les autres matériaux utilisés dans les canalisations. Dans ce cas précis, on estime à 53 000 tonnes le volume des résines époxy actuellement utilisé dans les conduites souterraines en Europe. Quant aux installations domestiques, le total s'élève à 17 700 tonnes (environ 739 tonnes par an). Le nombre de conduites revêtues d'époxy reste inconnu. Toutefois, les fabricants s'accordent à dire que leur utilisation se résume à quelques applications spécifiques de traitement des eaux usées.

Dans l'ensemble, l'analyse indique qu'environ 70 000 à 80 000 tonnes de résines époxy sont utilisées en Europe pour le revêtement des conduites d'eau.

² L'estimation a été jugée réaliste par un fabricant de résines époxy. Le pourcentage de conduites utilisées dans les installations domestiques devrait tourner aux alentours de 25 %.

Évaluation des émissions de BPA : une étude menée par le CRE a révélé des quantités moyennes relativement basses de BPA intact (non polymérisé) dans les unités BADGE produites à l'heure actuelle (<1 ppm). L'étude scientifique ayant démontré que l'unité monomère BADGE pouvait contenir jusqu'à 10 ppm de BPA, le taux susmentionné était uniquement destiné à présenter le pire scénario possible. Si l'on estime que 80 000 tonnes de LER à base de BADGE composent les revêtements des conduites d'eau en Europe, la quantité maximale totale de BPA intact serait égale à 2 873 tonnes (29 kg de BPA intact utilisés annuellement).

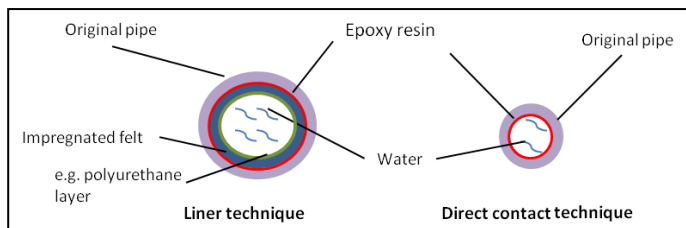
Des émissions plus importantes de BPA seraient possibles lors du lavage des excédents de BADGE au cours du processus de fabrication des LER. Le BPA dissous dans l'eau est censé être éliminé par le système d'évacuation et par les usines de traitement des eaux usées. Les membres du CRE ont rapporté qu'entre 5 et 19 g de BPA par tonne produite de résine époxy avaient été relâchés une fois le traitement des eaux usées effectué sur site au cours de ces dix dernières années. Ils ont également indiqué un taux d'élimination du BPA efficace entre 80 et 90 %. En imaginant le scénario le moins favorable (des quantités supérieures de BPA et un taux d'élimination inférieur), on estime que 304 kg de BPA (ou 11 kg/an) auraient quitté les usines de traitement des eaux usées pour rejoindre les plans d'eau, favorisant alors le processus de dissolution par le biais de bactéries ou d'autres éléments biologiques, ou encore leur dégradation par les rayons UV.

Les récipients servant à la production de BADGE sont lavés à l'aide de solvants avant d'être traités comme déchets dangereux et éliminés par procédé thermique.

ÉTAPE D'APPLICATION

Les revêtements époxy peuvent être appliqués selon deux techniques différentes :

- **Technique de recouvrement :** un nouveau tuyau en feutre (doté d'une couche intérieure en polyuréthane) est placé sur la partie ou sur la section endommagée de la conduite. Le tuyau en feutre est trempé avec de la résine époxy et placé à l'intérieur de la section endommagée de la conduite grâce à la pression de l'air. Sur site, l'installation du feutre est effectuée par inversion, c'est-à-dire en plaçant la résine époxy entre la nouvelle conduite et l'ancienne. Le revêtement époxy joue le rôle d'agent de liaison et n'est donc jamais en contact direct avec l'eau au cours de la durée de vie.



- **Revêtement direct :** un nouveau revêtement est appliqué sur la conduite endommagée. Une fois séchée et nettoyée, la conduite est vaporisée avec une résine époxy. Une fois la section de la conduite réparée, celle-ci peut à nouveau fonctionner comme à l'accoutumée. Cette technique s'applique uniquement aux conduites d'eau domestiques, car elle n'offre pas la même stabilité que la technique de recouvrement précitée. Le revêtement époxy joue le rôle d'agent d'étanchéité en créant une nouvelle couche par-dessus la conduite endommagée.

Évaluation des émissions de BPA : en fonction de la technique utilisée, le risque de fuite de BPA diffère. Au sujet de la technique de revêtement direct, un réparateur allemand a déclaré que les concentrations de BPA dans les conduites d'eau potable après la mise en place du matériau de recouvrement étaient comprises entre 0,01 et 0,05 mg/l (un taux jugé acceptable par les réglementations nationales et internationales, voir la section intitulée « Durée de vie »).

Quant à la technique du recouvrement, les émissions de BPA sont en principe limitées si le taux précis de LER/durcisseur indiqué par le fabricant dans le manuel d'utilisation est respecté. Dès lors, lorsque l'installation est correctement effectuée, la libération du BPA dans l'eau est nulle étant donné l'absence de contact direct entre la résine époxy et l'eau.

Aucune fuite n'a été reportée lors de la fabrication de conduites revêtues d'époxy.

Enfin, la quantité de déchets produits au cours du processus de recouvrement s'élève à environ 1 % du total de la résine époxy de base, selon les estimations. Par conséquent, un seau de 1 kg utilisé à cette étape du cycle de vie se traduit par 10 g de résine résiduelle. Les seaux étant détruits par procédé thermique, il n'y a aucune

libération de BPA supplémentaire. Il n'est néanmoins pas possible de quantifier les taux générés par d'autres résidus (p. ex. : outils utilisés pour le revêtement et rincés à l'eau lors du nettoyage, etc.).

DURÉE DE VIE

Les conduites revêtues d'époxy par le biais de la technique de revêtement direct sont fréquemment exposées à divers liquides au cours de leur durée de vie (acides, bases, sels, germes), et ce, à différentes températures. Ce risque ne concerne pas la technique de recouvrement puisque les conduites ne sont pas en contact direct avec l'eau.

Évaluation des émissions de BPA : les réactions d'hydrolyse ou de thermolyse de la résine époxy durcie sont censées avoir un effet limité, notamment en raison des températures relativement basses dans les conduites d'eau (inférieures à 100 °C), la stabilité thermique des résines époxy étant assurée jusqu'à 100 °C et même à plus de 200 °C dans certains cas. Le vieillissement physique de la résine durcie constitue un phénomène plus fréquent qui peut engendrer diverses conséquences, comme une diminution de la perméabilité, de l'enthalpie et de l'entropie, un temps de relaxation thermique supérieur, entre autres. Les époxy risquent d'absorber l'eau et, dès lors, de gonfler. À l'heure actuelle, aucune donnée ne permet d'analyser le lien entre les concentrations de BPA et le vieillissement physique ou l'imprégnation d'eau dans la résine durcie.

De multiples études ont déploré la présence de BPA dans l'eau potable. Il reste cependant à déterminer si cette présence est due à la libération de BPA depuis les conduites en époxy. Il faut néanmoins noter que l'Autorité européenne de sécurité des aliments et la FDA – l'agence de sécurité alimentaire américaine – ont indiqué que les applications actuelles de BPA ne comportaient aucun risque pour la santé ([en savoir plus](#)).

Les différents rapports existants sur les concentrations détectables de BPA dans l'eau du robinet indiquent des résultats variables (notamment les rapports présentés par le Centre international de recherche sur l'eau et l'environnement, l'Agence suédoise des produits chimiques et le département chargé de l'inspection de l'eau potable au Royaume-Uni). Cette diversité dans les conclusions repose principalement sur la composition chimique des ingrédients secondaires présents dans la LER. L'association allemande de restauration des conduites domestiques et le CRE – membre de l'Association des producteurs de plastique européens (PlasticsEurope) – s'accordent sur la nécessité de mettre en place des approbations spécifiques (p. ex. : contrôle régulier des composants potentiellement dangereux dans la résine époxy de base utilisée pour restaurer les conduites d'eau). Il convient de mentionner que les concentrations maximales de BPA détectées dans les eaux de surface et souterraines (à savoir, respectivement 2,97 µg/l et 2,3 µg/l) sont nettement inférieures à la limite (30 µg/l) établie pour l'eau potable par l'Agence fédérale allemande pour l'environnement.

Notons également que l'ingestion d'eau potable compte pour moins de 3 % de l'absorption de BPA totale. Le gouvernement fédéral allemand a indiqué que les concentrations de BPA dans l'eau potable sont infimes par rapport aux autres sources d'absorption connues. Les limites relatives aux concentrations de BPA dans l'eau potable varient d'un pays à l'autre (elles sont établies à 100 ng/l par les autorités sanitaires françaises, tandis que le Japon a fixé la limite provisoire pour l'eau potable à 100 µg).

FIN DE VIE

En tenant compte des quantités de résines époxy susmentionnées et en considérant toujours les estimations les plus larges (10 ppm = concentration de BPA intact résiduel max.), les résidus potentiels de BPA calculés s'élèvent à 200 kg pour les conduites terrestres et à 600 kg pour les conduites souterraines actuellement installées en Europe. Ces quantités sont étudiées dans leur intégralité pour cette étape de l'analyse du cycle de vie puisqu'aucune fuite ne devrait être à déplorer au cours de la durée de vie (en supposant que l'installation a été correctement effectuée, dans le respect des instructions des fabricants). L'intégralité des matières époxy présentes dans les conduites d'eau entreront en phase de mise au rebut à des moments différents puisqu'elles n'ont pas été installées simultanément ces 24 dernières années.

Évaluation des émissions de BPA : les conduites en époxy seront éliminées sous la forme de déchets de construction et de démolition, conformément aux réglementations européennes en vigueur. Cependant, les plastiques repris dans cette catégorie (dont les résines époxy) ne représentent que 0,1 à 2 % de l'ensemble de ces déchets. Les résines époxy étant thermodurcissables et, par conséquent, difficiles à recycler, elles ne sont pas traitées individuellement.

Quant aux autres considérations relatives à l'élimination des résines époxy, elles portent sur les autres composants des conduites. En réalité, les résines époxy peuvent être décomposées par procédé thermique lorsqu'elles sont associées à d'autres matériaux utilisés dans les conduites, comme les métaux (acier et cuivre) ou le béton. Ces substances sont fondues au cours du processus de recyclage et présentent des points de fusion bien supérieurs à celui des matières époxy. Les taux de recyclage pour ce type de déchets diffèrent grandement en Europe, pouvant aller de 5 % à 40 % dans certains cas ; il est dès lors difficile de procéder à des estimations valables à l'égard des époxy.

Les taux de recyclage des métaux recensés dans la catégorie des déchets de construction vont de 0,2 à 4 %, un pourcentage très faible. En revanche, les déchets métalliques généraux (sans se limiter aux déchets de construction) présentent des taux de recyclage bien plus élevés (environ 99 %). Dans cette estimation, les conduites domestiques en métal sont recyclées, ce qui conduirait à la dégradation de BPA à hauteur de 196 kg sur l'ensemble des conduites installées. De plus, 6 kg supplémentaires de BPA seraient détruits par le recyclage des seaux en métal. Le recyclage du béton ne requiert pas nécessairement de traitement thermique. Une fois le béton broyé et trié et les métaux enlevés, le produit granuleux ainsi produit est utilisé comme matière de remplissage, substitut au gravier, surface inférieure, base pour la création d'un nouveau béton ou encore revêtement de route. Cette dernière réaffectation constitue l'utilisation principale du béton recyclé et n'implique aucun traitement thermique. Ainsi, il est difficile de déterminer si le béton revêtu d'époxy pourrait être repris dans la catégorie des déchets recyclables. Par conséquent, il n'est pas possible, malgré les données disponibles, d'estimer un taux de recyclage potentiel.

Il est possible que bon nombre de tuyaux restent en terre et que leur élimination ne puisse dès lors pas être contrôlée. Toutefois, on présume qu'aucun liquide ne circulera dans ces tuyaux en fin de vie et que les émissions de BPA seront donc minimales (même si les contraintes thermiques ou la présence de liquide ne peuvent/peut être totalement exclue(s)).

Les tuyaux mis au rebut dans des décharges (sans enfouissement) risquent d'être exposés aux conditions météorologiques et donc aux rayons du soleil, à l'ozone, aux variations de température, à l'humidité et à la photooxydation. Dans l'éventualité où la matrice polymère de la résine époxy serait rompue et que le BPA s'infiltrerait, ce dernier sera probablement dégradé par les rayons du soleil ou se répandra dans la décharge. Si des conduites sont regroupées au fond des sites de décharge, le BPA pourrait se retrouver dans les systèmes de traitement des eaux usées municipales et s'infiltrer dans les plans d'eau (se dégradant ainsi davantage). Dans le pire des scénarios possibles, 600 kg de BPA provenant des conduites souterraines pourraient s'échapper. Il est cependant impossible de prévoir à quelle hauteur cette quantité serait traitée sous la forme de déchets minéraux et incinérée.

CONCLUSIONS

Selon les estimations, 80 000 tonnes de résines époxy sont actuellement utilisées dans les revêtements des conduites d'eau en Europe (environ 2 873 tonnes par an). La plus forte libération de BPA se produirait durant l'étape de production et les déchets seraient éliminés par les eaux usées, générant ainsi 304 kg de matière résiduelle au maximum. Les pertes au cours de la durée de vie, dues à une installation ou à une maintenance inappropriée, sont impossibles à estimer. Néanmoins, elles restent probablement négligeables et ne constituent en aucun cas une source d'exposition potentielle pour les personnes. Durant l'étape de mise au rebut, on estime que le BPA potentiellement intact est présent à hauteur de 200 kg (conduites en surface) et de 600 kg (conduites souterraines). Une partie devrait se dégrader par procédé thermique, tandis que le BPA restant devrait finir sous la forme de déchet résiduel. Il s'avère impossible de quantifier le BPA potentiellement libéré à cette étape.

Conduites d'eau

Utilisation totale d'époxy	Émissions totales de BPA rejetées dans l'environnement				
	Production	Application	Durée de vie	Mise au rebut	Total
80 000 t	304 kg max.	Indéfinies	Indéfinies	Indéfinies	> 304 kg

Utilisation annuelle d'époxy (2014)	Émissions annuelles de BPA rejetées dans l'environnement				
	Production	Application	Durée de vie	Mise au rebut	Total
2 873 t	11 kg max.	Indéfinies	Indéfinies	Indéfinies	> 11 kg

ANNEXE : étapes du cycle de vie et émissions de BPA correspondantes relatives aux conduites d'eau

