

## Stratégies sans BPA de chemisage des conduites d'eau potable

### Contexte

Le gainage<sup>1</sup> ou le chemisage<sup>2</sup> des conduites d'eau potable utilisent souvent une résine époxy dont le monomère principal est le Bisphénol A Diglycidyl Ether (BADGE), et qui peut libérer du BPA. Ces procédés consistent à insérer un revêtement étanche à l'intérieur de la conduite, ce qui permet ainsi d'éviter de remplacer les conduites d'eau dégradées par des conduites neuves et limite donc les coûts.

Si, à l'heure actuelle, peu d'analyses ciblant la composition chimique de l'eau provenant des canalisations gainées existent, la migration du BPA et du BADGE dans l'eau a déjà été rapportée dans plusieurs cas où la résine époxy n'a pas été mélangée correctement ou n'a pas disposé d'un temps de séchage suffisamment long.

En 2011, différentes ONG (Réseau Environnement Santé, Chemsec International Chemical Secretariat et Women in Europe for a Common Future- WECF) ont soulevé la question de la réhabilitation des canalisations d'adduction d'eau potable (revêtements de cuves et de canalisations) par la technique dite du "gainage" ou relining, qui pourrait entraîner le lessivage du Bisphénol A (BPA) dans l'eau potable.

### Lessivage du Bisphénol A des résines epoxy

Les résines époxy sont formées par polymérisation de bisphénol A (BPA) et d'épichlorhydrine. Le pré-polymère ainsi obtenu (bisphénol diglycidyl éther) est mélangé, in situ lors de la pose, à un durcisseur. Mais si les proportions des deux composants (pré-polymère et durcisseur), ou si le temps nécessaire à la polymérisation de la résine ne sont pas respectés, le durcissement est imparfait et l'époxy peut relarguer du bisphénol A et d'autres additifs. Le temps nécessaire au durcissement de la résine peut être réduit en augmentant la température par injection d'eau chaude ou de vapeur, ou en l'exposant à des UV.

En Allemagne (UBA, 2010a) (UBA, 2010b), il a été montré que la quantité de BPA contenue dans l'eau augmente en fonction de la température des conduites ou de la température de l'eau, ainsi plusieurs rapports font état de concentrations de BPA supérieures à 30 µg/L (microgrammes par litre) dans une eau chauffée à 70 °C. Des niveaux de BPA allant jusqu'à 280 µg/L ont été mesurés dans les canalisations d'eau chaude à la suite d'une opération de gainage dont la mise en œuvre a présenté des dysfonctionnements. Ces niveaux se situaient largement au-dessus du seuil réglementaire allemand de 30 µg/L.

En 2002, Roméro *et al.*, et Bae *et al.*, publient presque simultanément deux articles sur la migration de bisphénol A à partir de résines époxy autorisées pour l'eau potable. Romero *et al.* ont mis en œuvre un test de migration réglementé en Espagne, en faisant tremper des plaques métalliques ou en ciment (environ 100 cm<sup>2</sup>) revêtues de résines époxydiques dans un litre d'eau ultra-pure pendant 5 jours à 40-45 °C.

<sup>1</sup> Gainage : Injection d'une solution de résine jusqu'à complet étanchement du défaut constaté.

<sup>2</sup> Chemisage : Le chemisage consiste à insérer à l'intérieur du collecteur dégradé, une enveloppe souple imbibée de résine durcissant, sans laisser d'espace annulaire.



Les eaux de contact ont ensuite été extraites par une méthode d'extraction liquide-liquide (donnant un rendement de 97-101 % pour le bisphénol A) et les extraits ont été mesurés par couplage CG/SM avec séparation sur phase apolaire DBS. Le bisphénol A a été identifié dans tous les échantillons sur plaques métalliques (3 résines époxy différentes) et un des deux échantillons sur ciment, avec une concentration maximale de 0,02 à 0,03  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ .

Une étude faite par le CIRSEE en novembre 2011 a permis d'étudier à la fois le comportement de revêtements époxy neufs dans des conditions contrôlées de laboratoire, et de réaliser des campagnes de mesures sur des réservoirs et canalisations réhabilités avec des époxy depuis les années 1990. Les résultats de cette étude sont détaillés ci-dessous :

1°) Pour les revêtements époxy neufs testés en laboratoire, la première conclusion qui s'impose est que, dans des conditions de mise en œuvre réalistes (température de l'eau, résiduel de désinfectant, etc), les rejets de bisphénols sont de l'ordre de 10 à 30 ng/L lors de la première semaine d'immersion. Ces valeurs semblent se maintenir durant les 6 mois suivants, et peuvent atteindre 180 ng/L au bout de 5 mois selon la résine époxy utilisée.

Deux observations tendent à indiquer un phénomène de vieillissement assez rapide des époxy au contact d'eaux chlorées. Tout d'abord un jaunissement se révèle de façon relativement nette sur les époxy de couleur initiale claire, et ceci au bout de deux mois d'immersion. Ce jaunissement est net pour les résines époxydiques en contact avec le dioxyde de chlore et est observable à un degré plus faible en présence de chlore. Aucune trace de BPA n'est plus détectée après 4 mois d'immersion des résines époxydiques avec de l'eau chlorée. Seule l'émission d'un sous produit du BPA, le 2,4,6-trichlorophénol (TCP) a été observée ce qui indique que le désinfectant réagit avec le BPA, probablement dans la résine elle-même. Par ailleurs on a noté après arrêt de l'injection du dioxyde de chlore, et ceci pour les deux époxy relarguant le moins de BPA, une diffusion de BPA plus élevée que celle observée lorsqu'aucune exposition au désinfectant n'a été pratiquée. Ceci pourrait traduire une dégradation chimique des époxy par les désinfectants chlorés.

2°) En ce qui concerne la campagne de mesures, réalisée par le CIRSEE en 2011 sur 27 réservoirs d'eau potable de la région parisienne réhabilités par des époxy depuis les années 1980 jusqu'à 2010, l'analyse des eaux n'a pas révélé la présence de bisphénol A, ni de 2,4,6-trichlorophénol (TCP). Cette étude a montré d'autre part, que des mesures effectuées dans des canalisations réhabilitées du début des années 1990 jusqu'à une période assez récente, indique qu'une majorité relargue du bisphénol F et environ un quart relargue du bisphénol A à des teneurs pouvant dépasser 1  $\mu\text{g}/\text{L}$  dans l'eau pour ce dernier.

En attendant le remplacement de celles déjà en place, les auteurs de l'étude recommandent de maintenir un résiduel suffisant de désinfectant pour détruire le bisphénol A et ses premiers sous-produits de chloration (chloro-bisphénols dans le cas du chlore). Un résiduel de 0,15 mg/L de dioxyde et de 0,2-0,25 mg/L de chlore devrait, selon eux, suffire.

## Produits de substitution/attestation de conformité sanitaire

### CANALISATION D'EAUX « POTABLES »

L'utilisation de matériaux organiques entrant en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine est soumise à des dispositions réglementaires (cf. § 4) et doivent obtenir :

- **une attestation de conformité sanitaire (ACS)**, délivrée par l'un des laboratoires habilités par le ministre chargé de la santé, qui constitue une preuve du respect des prescriptions réglementaires. *L'attestation de conformité sanitaire (ACS) permet d'évaluer l'aptitude d'un matériau ou d'un objet à entrer au contact d'une eau destinée à la consommation humaine, au regard des dispositions réglementaires. Les conditions de délivrance des ACS, pour les matériaux et objets à base de matière organique, sont précisées dans les circulaires du 12 avril 1999, du 27 avril 2000 et du 21 août 2006 précitées.*

- **une preuve de conformité de la formulation chimique vis-à-vis de listes positives de substances chimiques de référence (CLP)**, délivrée par l'un des laboratoires habilités par le ministre chargé de la santé. Cette preuve doit montrer le respect des dispositions réglementaires pour les joints de diamètre inférieur à 63 mm, les colles, graisses et lubrifiants (cf. circulaire du 20 avril 2000), les ajouts et adjuvants organiques pour ciment, les revêtements industriels à base de ciment prêts à l'emploi et mis en œuvre in situ.

**La liste des matériaux organiques entrant en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine disposant :**

- D'une attestation de conformité (ACS),
  - D'une preuve de conformité aux listes positives (CLP),
- est publiée régulièrement par la Direction Générale de la Santé (dernière mise à jour : 31/12/2011).**

La durée de validité d'une ACS et d'une CLP (conformité aux listes positives) délivrée pour un matériau organique est fixée à cinq ans. La durée de validité peut toutefois être portée à 10 ans pour les résines utilisées pour la fabrication de tubes en polyéthylène extrudés, dans les conditions définies à l'annexe B de la circulaire du 27 avril 2000.

Il existe des matériaux sans BPA, disposant d'une ACS, qui peuvent être utilisés dans le processus de gainage, par exemple des matériaux à base polyester / polyuréthane.

### REVÊTEMENTS AUTORISÉS

La répartition, en nombre, par classe de produits autorisés (possédant une ACS) est la suivante (31/12/2011) :

Résine époxydique	70 soit 48 %
Ciment adjuvanté	12 soit 8 %
Polyuréthane	5 soit 3 %
Revêtements composites	24 soit 16 %
Autres revêtement	36 soit 25 %

La catégorie « autres revêtements » comprend des matériaux à base de Rilsan (polyamide dérivé d'huile de ricin), des membranes PVC, des membranes en polypropylène, de l'ébonite et d'autres matériaux dont la nature n'est pas précisée (uniquement le nom commercial).

**On constate que les résines époxydiques représentent environ 50 % des matériaux agréés.**

### Polyuréthane

Cette résine (100% polyuréthane) est préférable en termes de qualité de l'eau. Ceci est dû à la fois à un temps de durcissement très rapide et à l'absence de solvant. L'absence des constituants partiellement solubles et d'accélérateurs de durcissement (BPA) qui sont eux présents dans les résines époxydiques évite des problèmes concernant l'influence sur le goût et les odeurs des eaux. En outre, le temps de durcissement rapide, en comparaison avec des résines époxydiques, réduit la probabilité qu'un tuyau réhabilité soit remis en service avant le séchage complet de la résine et émette ainsi des composés volatils, qui ont un impact négatif sur la qualité de l'eau.

### Revêtement à base de ciment

Un arrêté relatif aux preuves de conformité sanitaire des matériaux et produits finis à base de liants hydrauliques (bétons, mortiers) entrant au contact d'eau destinée à la consommation humaine est en cours d'élaboration et actualisera prochainement les conditions d'examen de la conformité sanitaire de ces matériaux et produits.

Dans l'attente de la finalisation du projet d'arrêté précité, l'avis du 24 février 2012 relatif aux conditions de première mise sur le marché des matériaux et objets constitués à base de ciment entrant au contact d'eau destinée à la consommation humaine dans les installations de production, de traitement et de distribution d'eau, publié au Journal Officiel n°0047 du 24 février 2012, précise la nature des preuves de conformité sanitaire attendues pour les matériaux constitués à base de ciment.

S'agissant :

des ajouts et adjuvants organiques destinés à être incorporés dans des produits à base de ciment, et des revêtements industriels à base de ciment prêt à l'emploi et mis en œuvre in situ,

l'obtention d'un certificat de conformité aux listes positives (CLP) délivré par l'un des laboratoires habilités par le ministre chargé de la santé, en application de l'article R\*. 1321-52, constitue une preuve suffisante du respect des prescriptions de l'arrêté du 29 mai 1997 modifié. Ce certificat atteste que les substances entrant dans la fabrication du matériau sont conformes aux prescriptions en vigueur, pour un usage en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine. La délivrance de ce certificat n'est pas conditionnée à la réalisation d'essais de migration dans l'eau.

D'après les échanges téléphoniques avec la société Suez, le ciment est actuellement utilisé dans le cadre de la réhabilitation des réseaux d'eau en remplacement des résines epoxy-BPA.

### Les Résines de silicone

Il n'a pas été identifié de produits à base de silicone homologués en France (possédant une ARS) pour la réhabilitation des canalisations, mais il existe des produits ayant une ARS dont la nature n'est pas précisée et qui pourrait être à base de silicone.

Des essais techniques effectués en Suède ont montré que des polymères de silicone pouvaient être utilisés pour remplacer les résines époxydiques. Ce nouveau matériau a la plupart des propriétés des résines époxydiques (il durcit à température ambiante, mêmes propriétés « mécaniques » etc.). Cependant le coût de ce matériau est beaucoup plus élevé que celui des résines époxydiques, même si ce coût est réduit par la simplification du processus de durcissement.

En outre, ce nouveau matériau est enregistré dans la base BASTA, (Byggvarubedomningen et SundaHus) suédoise, base qui recense les matériaux qui ne sont pas nocifs pour la santé et l'environnement et qui sont donc utilisables dans le secteur de la construction.

### CANALISATION D'EAUX USÉES

Les produits doivent répondre aux spécifications techniques définies dans les Avis Techniques en cours de validité. Contrairement à la réglementation pour l'eau potable il n'est pas demandé d'essais de migration de substances dans l'eau.

En se basant sur les Documents Techniques d'Application rédigés par le CSTB, les résines employées dans la réhabilitation des eaux « usées » (autre que les résines époxydiques avec BPA) sont les suivantes :

- Polyester avec styrène,
- Polyester sans styrène,
- Vinylester.

## Règlementations étrangères

De nombreux pays ont mis en place un système d'agrément nécessaire pour l'utilisation de matériaux en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine ; dans ces pays les résines époxydiques constituent la majorité des produits autorisés.

En Allemagne la réhabilitation des canalisations est couverte par le "Guide pour l'évaluation de l'hygiène des revêtements organiques en contact avec l'eau potable» (30/11/2010), définissant les seuils de « migration » du BPA dans l'eau potable à 30 µg/L et pour le BADGE à 450 µg/L. L'Agence allemande pour l'environnement (UBA) encourage les entreprises à certifier les substances et les procédés utilisés dans le regarnissage (méthode d'analyse : DIN EN 13130-13:2005). Cependant les résines époxydiques restent autorisées.

Au Royaume-Uni l'organisme en charge de la surveillance de l'eau potable (Drinking Water Inspectorate DWI) liste les produits approuvés pour une utilisation dans le système public de l'eau, ceux-ci doivent être appliqués par les entrepreneurs agréés.

La liste des produits agréés pour la réhabilitation des canalisations est plus restreinte qu'en France : elle comprend les résines époxydiques et les revêtements à base de polyuréthane.

En Suède la réhabilitation des canalisations n'est soumise à aucune réglementation. Pour remédier à cette situation, la Fédération de la Construction Suédoise a fortement déconseillé l'utilisation de matières plastiques époxy, et demande à ce qu'une réglementation sur le *re-lining* soit mise en place.

Aux Etats-Unis les matériaux en contact avec les eaux destinées à la consommation humaine doivent être agréés suivant la norme NSF/ANSI 61 « Drinking Water System Components » (1988).

Aux Pays-Bas les matériaux en contact avec l'eau utilisée pour la consommation humaine sont agréés par le KWR (Kiwa Water Cycle Research Institute) suivant un principe analogue à celui de la France.



## Perspectives

Plusieurs dizaines de revêtements à base de résine époxydique qui sont actuellement sur la liste des matériaux au contact de l'eau ayant reçu l'attestation de conformité sanitaire (ACS) : il existe sur cette liste 70 revêtements à base de résine époxydique représentant 50 % de l'ensemble des éléments certifiés dans ce domaine.

Les très rares publications concernant la migration de BPA dans l'eau à partir de résines époxy suggèrent que celle-ci demeure limitée et que l'apport par l'eau potable serait très en deçà de l'apport par l'alimentation (ANSES 2008). Cependant, du fait que ces résultats de migration ont été obtenus à l'échelle du laboratoire (en conditions très contrôlées), il appartiendra notamment aux distributeurs d'eau de vérifier et compléter ces données, notamment par l'étude comparée du comportement de résines époxydiques en présence de chlore et dioxyde de chlore.

L'étude d'eaux de réseaux en contact avec des résines époxydes de différents âges permettrait d'apporter des réponses quant à la diffusion de BPA sur le long terme.

Dans ce cadre, le gouvernement suédois a demandé à l'Agence suédoise des produits chimiques, au Conseil national du Logement, de la Construction et de l'Aménagement ainsi qu'à l'Agence nationale des Aliments de vérifier si le Bisphénol A est libéré dans l'eau potable à partir des canalisations réhabilitées par la technique dite du gainage (relining). Cette étude a débuté en janvier 2013.

Si la migration du BPA est avant tout préoccupante dans les conduites d'eau potable, où il est susceptible de contaminer l'eau consommée, sa présence dans le gainage des collecteurs d'eaux usées est également problématique, puisqu'elle augmente la quantité de BPA à traiter dans les stations d'épuration. Il existe cependant une alternative pour le gainage, à savoir des matériaux à base de polyester et de polyuréthane sans BPA et possiblement des résines aux silicones. Mais ces alternatives exemptes de BPA restent encore à évaluer du point de vue de leur composition chimique.

## Références

Bae, B., Jeong, J., Lee, S. (2002) The quantification and characterization of endocrine disrupter bisphenol-A leaching from epoxy resin. *Water Science and Technology*. **46**, 381-387.

ChemSec 2011 « Bisphenol A in relining of water pipes” [www.chemsec.org](http://www.chemsec.org).

CIRSEE (Suez Environnement) « Risques Sanitaire et organoleptiques associés au relargage de bisphenol A par des revêtements epoxy dans les réseaux de distribution (étude bibliographique) décembre 2010.

CIRSEE (Suez Environnement) : « Risques Sanitaire et organoleptiques associés aux résines epoxy (partie expérimentale) » novembre 2011.

Direction Générale de la Santé (DGS) 31 Décembre 2011 : Liste des matériaux et objets organiques entrant au contact d'eau destinée à la consommation humaine disposant :

- D'une attestation de conformité (ACS),
- D'une preuve de conformité aux listes positives (CLP),
- D'un CAS pour les fibres ensimés.

Kang, J.H. and Kondo, F. 2002. Effects of bacterial counts and temperature on the biodegradation of bisphenol A in river water. *Chemosphere* 49: 493-498.

Leaching of Bisphenol A and F from new and old epoxy coatings: Laboratory and Field Studies : Auguste L Bruchet, ph.D CIRSEE Le Pecq, FRANCE 2012.

Romero.J, Ventura.F, Gomez.M : “Characterization of paint sample used in drinking water reservoirs : identification of endocrine disruptor compounds” *Journal of Chromatographic Science*, 40,191-197 2002.

UBA “Guideline for Sanitary Assessment of Organic Coatings in contact with drinking water (coating guideline)” 30/11/2010.

<http://www.umweltbundesamt.de/wasser-e/themen/downloads/trinkwasser/beschichtungsleitlinie.pdf>

UBA. (2010) :” Bisphenol A. An industrial chemical with adverse effects.

U.S. EPA and U.S. Department of Defense Toxicology and Risk Assessment Conference (TRAC) 2007 Cincinnati, Ohio, “Derivation of BPA oral reference dose (RfD) and drinking water equivalent concentration”.

Water Research Foundation and Drinking Water Inspectorate : Impacts of Lining Materials on Water Quality 2010 UK.

Agence française de sécurité sanitaire des aliments , Avis du 21/11/2008 relatif à l'évaluation des expositions et des risques sanitaires liés au bisphénol A dans l'eau destinée à la consommation humaine.

## Liste des organismes et entreprises contactés

CSTB : Service Hydraulique et Equipements Sanitaires Division Canalisations et Accessoires

Agence de l'Eau Seine Normandie (AESN)

Société TELEREP (Véolia) : Réhabilitation des réseaux d'assainissement

Bureau de Normalisation des Plastiques et de la Plasturgie (BNPP)

Suez Environnement