Pollution au chrome VI:



NOTRE EXPERT

DR GILLES MAILHOT, directeur de recherche au CNRS, ICCF, Fédération des recherches en environnement, université Blaise-Pascal/ CNRS/INRA/Sigma

personnes (hors soudeurs) sont exposées en France au chrome VI dans leur travail.

Près de 94% des émissions industrielles de chrome dans l'environnement se sont faites dans le milieu aquatique (Ineris, 2014). Ce chrome provient surtout des eaux usées. des boues de stations d'épuration et des liquides résiduels des déchetteries (Anses).

12 000 tonnes

de minerais de chrome et 6 000 tonnes de composés du chrome VI ont été utilisées par l'industrie française en 2012.

Le chrome VI fait partie des 10 substances chimiques émergentes

choisies pour être mesurées dans les eaux destinées à la consommation humaine par l'Anses en accord avec la Direction générale de la santé.

Cet élément chimique, essentiellement généré par l'homme et déjà connu pour sa toxicité, se retrouve dans l'eau des rivières, voire dans l'eau du robinet. Pourquoi? Quelles sont les conséquences? Texte Frederika Van Ingen

rin Brockovich, vous souvenez-vous d'elle? Cette femme travaillant dans un cabinet d'avocats, incarnée par Julia Roberts dans un film de Steven Soderbergh (2000), avait enquêté sur une affaire de pollution de l'eau potable dans la petite ville de Hinkley, en Californie. En 1996, elle avait obtenu 333 millions de dollars de dédommagement auprès de la compagnie responsable, Pacific Gas and Electric Company (PG&E), pour les victimes. Le polluant incriminé était le chrome VI, aussi appelé chrome hexavalent. Il s'était retrouvé dans l'eau du robinet à de fortes concentrations, provoquant des pathologies dans la population, notamment des cancers.

Ce polluant chimique, aux effets connus donc, fait partie des «métaux traces toxiques », avec une particularité : le chrome VI n'existe pas, ou très peu, dans la nature. Ce composé est essentiellement créé par l'activité humaine. Par exemple, lors de la fabrication du ciment et du béton : le chauffage de l'argile, utilisée comme matière première, transforme le chrome III qu'elle contient naturellement en chrome VI.

Problème: la plupart des réglementations, en France comme ailleurs, ne font pas la différence entre ces deux composés. C'est un peu par hasard qu'en 2012 Gilles Mailhot, directeur de recherche au CNRS, le découvre lorsqu'il est contacté par MS, une entreprise clermontoise. Celle-ci, spécialisée dans le traitement des effluents industriels, cherche une solution pour dépolluer les eaux chargées en chrome VI qui sortent des centrales à béton. Ce produit ne lui est pas inconnu: «J'avais étudié sa chimie dans l'eau durant ma thèse de doctorat et, lors de mes premières années au CNRS, j'avais travaillé sur la réduction du chrome VI en chrome III par photoréduction. Je connaissais donc bien ses propriétés physicochimiques, mais moins bien sa toxicité.» Il compile les connaissances sur le sujet, et découvre cette spécificité : les normes francaises sur les concentrations en chrome dans l'eau destinée à la consommation humaine

(50 microgrammes par litre $-\mu g/l - se$ un arrêté de 2007) concernent le chro total, c'est-à-dire le chrome III et chrome VI. « Une aberration en soi, const le chimiste, puisque le chrome III est oligoélément essentiel, présent à l'état na rel et indispensable à la vie, tandis que chrome VI est connu pour ses proprié irritantes et cancérogènes.»

Le chrome VI affecte la croissance des plantes et de certains poissor ainsi que la fécondité de vertébré

Pourquoi n'existe-t-il pas de norme spé fique pour le chrome VI? «Parce que, jusq récemment, on savait mesurer le chroi total, mais pas le chrome VI en dessous 100 μg/l, analyse Gilles Mailhot. Et mêr depuis qu'on sait le faire, moins d'une diza de laboratoires en France sont équipés matériel nécessaire, très coûteux ou diffic à mettre en œuvre pour des mesures de ro tine.» Voilà aussi pourquoi, dans les riviè et les cours d'eau, les valeurs limites auto sées, qui varient selon les secteurs industri et la quantité totale des rejets, ne prenne en compte que le chrome total. Les sei secteurs où les rejets de chrome VI sont rég mentés sont le traitement de surface (100 µ selon un arrêté de 2006) et les centrales béton (50 µg/l de chrome VI et 100 µg/l chrome total selon un arrêté de 2011). Il y environ 2 000 centrales à béton en Fran réparties sur tout le territoire.

Pour déterminer l'ampleur de ces reje de chrome VI, et parce que le laboratoi de Gilles Mailhot est l'un des rares équip pour le mesurer, l'entreprise MS a mis contribution quelques centrales à béton q ont accepté de fournir des échantillons leurs effluents pour analyse. Les résulta confirment les craintes : la moitié d'entre el sont au-dessus des normes, certains plus (deux fois plus (infographie ci-contre). Ma ce n'est pas tout : « Ces mesures démontre aussi que le chrome dans l'eau est surto présent à l'état de chrome VI. Cela s'e plique chimiquement : le chrome III, pe

ochain scandale sanitaire?

se fixe sur des particules (adsorpésentes dans l'eau et est précipité sols. Le chrome VI, lui, est très sonc reste dans l'eau et migre facile-; si on n'a presque que du chrome VI, comme valeur limite supérieure st largement insuffisant.»

'autre problème, c'est que, même les effluents sont traités comme le la réglementation des installations ni la filtration ni les stations d'épurbaine n'éliminent le chrome VI Que devient ce composé une fois nature? La question n'est pas tranlon les conditions chimiques de est certainement, en partie, réduit ne III, note des études. Dans quelles proportions? Impossible à estimer. On sait en revanche que le chrome VI a des conséquences sur les organismes vivants : selon l'agence de protection environnementale américaine, il affecte la croissance des plantes aquatiques à partir de 1 µg/l, celle de divers poissons (16 µg/l), ainsi que la fécondité et la longévité de certains invertébrés (10 µg/l). Si on dispose de peu de données sur les mammifères et les oiseaux, on sait que l'injection de chrome VI dans des œufs de volaille conduit à des malformations. «Ce qui est certain, conclut Gilles Mailhot, c'est que l'on a affaire à un composé très soluble, rendu mobile dans l'environnement à travers l'eau qui est le vecteur numéro 1 des pollutions.»

Le problème n'a pas échappé aux experts de l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail). En 2012, l'agence a émis des recommandations pour baisser la limite de qualité pour l'eau potable à 6 µg/l de chrome VI. Cette valeur correspondrait donc, selon le calcul de l'Anses, à un risque de cancer supplémentaire estimé à 1 cas pour 10 000 personnes, si on a affaire à du chrome VI seul, et 1 cas pour 1 000 000, s'il s'agit d'1 % de chrome VI pour 99 % de chrome III. Mais, pour Gilles Mailhot, «c'est bien le premier scénario (1 cancer de plus pour 10 000 personnes exposées) qu'il faut retenir, parce que la très grande majorité du chrome dissous dans l'eau est bel et bien du chrome VI». En santé publique, un risque de ce niveau est considéré par l'OMS comme «non acceptable».

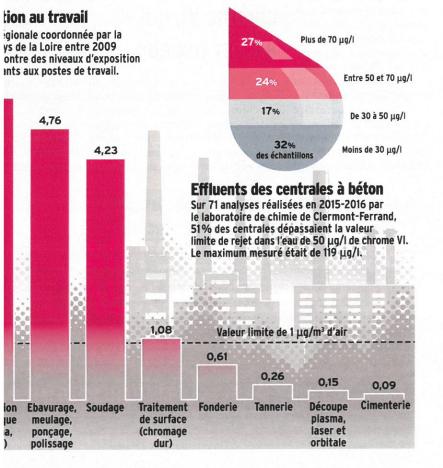
En prévision de la révision à la baisse de cette valeur limite de 6 µg/l, le laboratoire national d'hydrologie de Nancy a réalisé des analyses sur des eaux destinées à la consommation humaine (eau potable avant et après traitement) issues de 469 échantillons prélevés sur 175 sites en France. Résultat : en bout de chaîne, une partie du chrome VI lâché dans la nature se retrouve bel et bien au robinet. Un échantillon sur deux contenait au moins des traces mesurables (supérieures à 0,2 µg/l) de chrome VI. Et 10 % des échantillons d'eau prélevés dans le réseau de distribution dépassaient la limite des 6 µg/l, avec des valeurs maximum atteignant 25 µg/l. Inquiétant également, la quantité de chrome VI augmentait après le passage par la station de traitement, un phénomène qui s'explique, selon les auteurs, par le chlore utilisé pour la potabilisation, qui réoxyde le chrome III en chrome VI!

En 2011, le nombre de décès et de cancers a augmenté en Grèce après une pollution des eaux souterraines

Que signifient ces résultats en terme de santé? Pas de commune mesure avec Hinkley, évidemment, οù des concentrations de 100 à plus de 500 μg/l avaient été retrouvées dans la nappe phréatique. Néanmoins, note l'Anses dans son rapport de 2012, « bien que les mécanismes de cancérogénicité du chrome VI par voie orale ne soient pas complètement élucidés, le stress oxydant n'apparaît pas être le seul mécanisme mis en jeu. En conséquence et en l'état actuel »

de rejets, trop d'exposition

e VI est un cancérogène « sans effet de seuil », c'est-à-dire qu'il est nocif x doses inférieures à la valeur réglementaire pour les expositions professionnelles. s dans l'eau des centrales à béton dépassent souvent les limites autorisées.



2 L'ENQUÊTE DE ÇA M'INTÉRESSE



Eaux souillées
Les rejets dans
l'eau des 2000 centrales à béton
françaises sont
réglementés. Mais
les seuils sont
souvent ignorés.

b des connaissances, un mécanisme d'action sans seuil ne peut pas être écarté». Autrement dit, les experts reconnaissent que l'on ne sait pas bien comment agit le chrome VI par voie orale, mais qu'il est cancérogène dès le premier microgramme et même en deçà. D'ailleurs, précisent-ils, cette valeur de 6 µg/l n'est indiquée qu'« à titre provisoire ». Parmi les recherches prises en compte, une étude américaine de 2008 sur des souris conclut à une cancérogénicité par voie orale. En Grèce, après la pollution d'eaux souterraines à des taux situés entre 41 et 156 µg/l, une augmentation significative de mortalité par différents cancers a été démontrée en 2011. Pour l'instant, cependant, les recommandations de l'Anses n'ont pas été suivies d'effets. Sollicitée à ce sujet, la Direction générale de la santé du ministère ne nous a pas répondu.

Les propriétés du chrome VI sont intéressantes pour plusieurs secteurs d'activités

La dangerositée du chrome est liée à son devenir dans l'organisme. Qu'en sait-on? « Dans sa forme neutre, le chrome 0 est insoluble dans l'eau et n'a pas d'effets sur les cellules vivantes, essentiellement constituées d'eau », explique André Picot, toxico-chimiste, directeur de recherche honoraire au CNRS. «Le problème commence s'il s'oxyde : si on retire trois électrons à cet atome, on obtient le chrome III, un peu plus soluble. Dans notre corps, cet élément essentiel permet la synthèse de l'insuline qui contrôle le taux de glucose sanguin. A forte dose cependant, il dénature les protéines de membrane présentes à la surface des cellules, entraînant des irritations. Lors d'un deuxième contact, les glycoprotéines de surface des cellules, qui participent au système immunitaire, peuvent provoquer une réaction allergique. Cela explique qu'on a longtemps observé un excès d'eczéma, d'inflammation des bronches et d'asthme chez les travailleurs des tanneries qui y sont exposés.»

«Lorsque le chrome III s'oxyde encore, il est transformé en chrome VI, poursuit André Picot. Il devient alors très corrosif et toxique. Certains composés du chrome VI sont solubles dans l'eau. Ils traversent la

membrane des cellules (via des « protéines-canaux ») et oxydent ses constituants, provoquant notamment des cancers. Quant à ceux qui ne sont pas solubles dans l'eau, l'organisme utilise les macrophages du système immunitaire pour les digérer.» Mais ce processus de défense (la phagocytose), les rend solubles et les fait pénétrer encore plus rapidement dans la cellule.

Cette dernière réduit alors le chrome VI en chrome III, en passant par d'autres phases de transformation. Parmi elles, le chrome V, une forme dite « radicalaire », extrêmement réactive, pénètre le noyau et oxyde l'ADN, entraînant des mutations, puis le développement de cellules cancéreuses. « D'où le

fort pouvoir mutagène et cancérogène du chrome VI. Si le système digestif absorbe peu les formes insolubles, les plus solubles sont digérées et peuvent pénétrer dans les cellules. La voie de pénétration la plus "efficace" est la voie respiratoire, qui aboutit à des cancers spécifiques : sinus, larynx. bronches, reins, vessie.»

Un autre effet avéré du chrome VI est sa toxicité pour la fertilité masculine. On sait que ce composé est présent dans le sérum sanguin, à des doses allant de 1 µg/l pour la population générale à 70 µg/l pour des personnes professionnellement exposées. Des chercheurs ont mis en évidence ses mécanismes d'action sur la spermatogénèse. « Dans notre modèle original de culture de cellules germinales mâles, nous avons mis en évidence dans deux études (2010 et 2013) une altération de la barrière hémato-testiculaire », explique Marie-Hélène Perrard.

chercheur au CNRS (Lyon) et cofondatrice, avec Philippe Durand, de Kallistem, une société spécialisée dans la prévention de l'infertilité masculine. « Nous avons également constaté une augmentation des anomalies cytogénétiques et une diminution des spermatides rondes, cellules précurseurs des spermatozoïdes.» Des variations qui étaient nettement « dose dépendantes »,

c'est-à-dire qui évoluaient en fonction de la dose de chrome VI circulant dans le sang.

Si le chrome VI est si présent dans notre corps et dans notre environnement, c'est aussi parce que ses propriétés sont recherchées par l'industrie, pour le chromage et le traitement de surface des pièces métalliques

Le chrome 0 et le chrome III, non dangereux, s'oxydent en chrome VI, qui, lui, est toxique

A Hinkley, vingt ans après le procès, l'ombre du chrome VI plane encore

I l'affaire Erin Brockovich a abouti en 1996 au dédommagement des victimes de la pollution devant les tribunaux, la contamination au chrome VI elle-même est toujours présente dans la petite ville californienne. A l'époque, la compagnie PG&E s'était également engagée à nettoyer les traces du déversement illégal de 26 tonnes de cette substance dans les eaux. Ce qu'elle a fait, en injectant notamment de l'éthanol dans la nappe phréatique, pour transformer ce composé en chrome III, non toxique. Mais cette solution n'est pas durable. Des études ont montré qu'avec le temps, dans certaines conditions, le chrome hexavalent peut se reformer. Selon la compagnie elle-même, des puits jamais testés auparavant sont aujourd'hui contaminés, et la pollution s'est étendue. Depuis 2010, elle teste d'autres techniques de dépollution et distribue gratuitement de l'eau en bouteille aux habitants. Selon les associations locales, des habitants souffrent encore de différentes pathologies, dont des cancers. Beaucoup ont déménagé : entre 2010 et 2014, PG&E a racheté 300 propriétés dont les puits présentaient une contamination.