

« Eau potable » : jusqu'à quel point ? La transition vers une culture de la gestion des risques

La question de la potabilité de l'eau se pose moins en termes de présence (ou d'absence) de substances indésirables que de valeurs maximales à ne pas dépasser. L'amélioration de la potabilité de l'eau dépend pour beaucoup de l'amélioration des techniques analytiques.

Sur ce point, la très grande diversité et la complexité des polluants mis en évidence (pesticides, résidus médicamenteux,...), leurs multiples origines et modes de transfert dans l'environnement et leurs faibles concentrations rendent difficile l'élaboration de bases de données fiables quant à leur impact sur l'environnement et, par voie de conséquence, sur l'efficacité des traitements envisageables.

Les enjeux entourant la potabilité sont à la fois d'ordre environnemental et sanitaire. En effet, si l'on protège la santé humaine, on protège dans le même temps la biodiversité.

Si la réduction des risques passe par le traitement des eaux usées, elle repose avant tout sur une rétention des polluants à la source, avant leur rejet dans le système d'assainissement.

Si de réelles avancées sont observées, de nombreux progrès restent à faire.

Par Dominique GÂTEL*

La potabilité : une notion définie par des valeurs maximales

L'eau arrive à tous les robinets dans notre pays. La société française s'appuie sur les savoir-faire et technologies disponibles dans les administrations, les collectivités locales et les entreprises spécialisées, et il ne s'agit plus d'un sujet de préoccupation pour les non professionnels de l'eau. Pourtant, à l'occasion d'accidents (heureusement rares) ou de publications de thèses ou de travaux de recherches (celles-ci sont permanentes), les médias s'émeuvent d'autant plus de l'extension des zones inconnues qu'ils n'ont ordinairement pas à aller très au fond du sujet. Et l'on (re)découvre alors que la potabilité de l'eau est moins une question de présence (ou d'absence) de substances indésirables que de valeurs maximales à ne pas dépasser. En Europe, quarante-huit paramètres sont ainsi obligatoirement surveillés, à commencer par les bactéries indicatives de contamination fécale, puisque le risque le plus évident est la transmission de maladies infectieuses d'origine hydrique. Ensuite, avec une surveillance consistant en des tests d'autant plus fréquents que le nombre d'habitants alimentés est important, les analyses portent sur les autres paramètres, dont les plus connus sont sans doute les nitrates et tout le cortège des pesticides et de leurs sous-

produits. Comme indiqué dans l'article de la Direction générale de la Santé (L'eau potable en France – Qualité de l'eau : résultats et focus sur quelques paramètres) publié dans ce numéro de *Responsabilité & Environnement*, le taux de conformité des résultats analytiques est remarquablement élevé, le nombre d'avis de non potabilité étant très limité, même à l'échelle de l'ensemble du territoire national. Ce résultat n'a évidemment pas été acquis facilement ; force est également de reconnaître que la perspective de contentieux au niveau européen, devenue une réalité depuis près de vingt ans, a représenté un important catalyseur des progrès réalisés en la matière.

L'amélioration des techniques analytiques devient le moteur de la réflexion

Dans notre pays (ainsi que dans les pays voisins), l'amélioration de la potabilité de l'eau dépend de (et présuppose) l'amélioration des techniques analytiques ; pour de nombreux micropolluants, la concentration maximale admissible dans l'eau est établie sur des bases toxicologiques ou épidémiologiques, et nécessite des progrès dans les méthodes d'analyse pour permettre de statuer sur la potabilité, comme cela fut le cas pour de nombreux paramètres chimiques, comme les ions bromates ou, plus simplement, le plomb.

A chaque fois que des articles sont publiés dans la littérature scientifique sur des molécules susceptibles de provoquer des pathologies ou des dysfonctionnements écologiques, des programmes de recherche sont lancés dans les laboratoires universitaires et privés pour développer les méthodes d'analyses chimiques et biologiques et mesurer, aussitôt que possible, l'occurrence et les teneurs des nouveaux polluants (pesticides, résidus pharmaceutiques, substances prioritaires de la directive 2000/60/CE (directive cadre sur l'eau), etc.) dans les différents compartiments hydriques (eaux usées, eaux de surface, etc.) de l'environnement. Ensuite vient l'évaluation de l'efficacité des chaînes de traitement (production d'eau potable et dépollution des eaux usées) dans l'élimination de ces composés, avant même de savoir s'il y aura ou non un seuil maximal à respecter. Enfin, les mêmes méthodes analytiques, de plus en plus précises, permettent d'étudier les mécanismes en jeu (biodégradabilité éventuelle des molécules dans les milieux, effets de neutralisation ou de synergie entre molécules, interactions diverses, etc.) et leur impact sur l'écosystème et la santé humaine ; au-delà des analyses biologiques, des études sont réalisées dans le milieu naturel, afin d'évaluer l'impact des résidus de substances pharmaceutiques ou de perturbateurs endocriniens à l'échelle des peuplements aquatiques « *et terrestres dépendants* ». Ces techniques analytiques sont également améliorées pour les études toxicologiques, ce qui permet des études plus fines, à des doses plus proches de celles observées, ce qui a parfois pour effet de contredire les résultats acquis en testant les molécules à très (et donc à trop) fortes doses.

Aujourd'hui, les méthodes utilisées mesurent la concentration des substances concernées ou leurs émissions naturelles (radioactivité ou fluorescence naturelle, par exemple). Ces méthodes permettent de mesurer les concentrations d'un grand nombre de substances chimiques connues (3 000 molécules à ce jour) et elles peuvent être automatisées. Notons que l'augmentation exponentielle du nombre de molécules mises sur le marché, du fait des progrès de l'industrie chimique et pharmaceutique et, concomitamment, du nombre des substances recherchées et, pour finir, du nombre de polluants trouvés dans l'eau, donne l'impression d'une corrélation à laquelle il serait très hasardeux de se fier. Cela n'indique pas nécessairement que le risque sanitaire augmente, et l'on serait probablement horrifié si l'on analysait aujourd'hui des eaux que l'on a consommées sans même y penser, il y a quelques décennies.

Les développements des méthodes analytiques sont longs, complexes et coûteux. De plus, il y a une grande variabilité entre laboratoires, surtout au début des mises au point, ce qui rend difficile la reproductibilité et l'interprétation des résultats à l'échelle du territoire national : il y a là un délai de plusieurs années, pratiquement incompressible, pour acquérir une visibilité satisfaisante sur n'importe quel polluant nouveau, que la profession qualifie de polluant « émergent ». Par ailleurs, cette même difficulté méthodologique devant le grand nombre des polluants,

devant aussi la maîtrise de leurs interactions, amène à développer des outils biologiques nouveaux sur une idée qui, quant à elle, n'est pas nouvelle, à savoir celle de disposer d'indicateurs globaux d'effets néfastes (essais d'éco-toxicologie, bio-marqueurs, etc.).

Le cas des pesticides : application du principe de précaution et équipement progressif des usines

Pour les pesticides, c'est uniquement le principe de précaution qui a guidé le législateur européen en 1980 : l'idée était que l'eau potable ne doit normalement pas contenir de pesticides, dont la limite de détection était alors de 0,1 µg/l : cette valeur fut donc adoptée, à l'époque, comme limite réglementaire. Il faut dire qu'il y avait largement matière à s'intéresser à ce sujet, qui n'avait jusque-là pas fait l'objet d'une réglementation. C'est ainsi que les laboratoires ont découvert un environnement fortement contaminé par les pesticides (voir la figure 1). Le cas de l'atrazine, l'herbicide le plus utilisé dans le monde, illustre bien cette contamination : l'utilisation massive des herbicides a accompagné le déploiement de l'agriculture industrielle, avec un ruissellement d'autant plus abondant dans l'environnement dans le cas où les périodes de traitement se trouvaient être pluvieuses ; c'est ainsi que des collectivités parmi les plus grosses, approvisionnées essentiellement par des eaux de rivière, se sont vues obligées de mettre en œuvre rapidement des traitements très efficaces pour faire face à des concentrations dépassant de plus de vingt fois le seuil de concentration autorisée dans l'eau potable. A l'époque, le choix s'est essentiellement porté sur des procédés d'oxydation par voie radicalaire, dont les performances étaient à la hauteur des attentes. Simultanément, les mêmes collectivités, leurs délégataires et les agences de l'eau se sont tournés vers les exploitants agricoles et leurs instances consulaires pour leur demander de trouver les moyens de réduire ces pics de contamination. L'apparition de données sur les maladies professionnelles chez les utilisateurs de pesticides et les débuts de la préoccupation environnementale dès la mise sur le marché des produits, ont aussi conduit la Commission et le Parlement européens, en 1991, à réglementer la mise sur le marché des pesticides, selon des critères qui allaient aboutir en 2004 à l'interdiction des deux tiers des pesticides alors sur le marché. La France avait anticipé, dès 2003, l'interdiction de l'atrazine, sachant par ailleurs que les industries phytosanitaires n'ont pas cherché à défendre un produit dont le brevet était tombé dans le domaine public. Entre-temps, les pratiques avaient évolué ; de plus, on a observé une forte baisse des surfaces cultivées en maïs (principale culture utilisant l'atrazine) liée aux conditions créées par la Politique agricole commune ; ainsi, les pics de concentration en atrazine ont baissé chaque année, pour finir par devenir pratiquement insignifiants à partir du milieu de l'année 2000.

En cours de route, un autre élément relatif aux pesticides pris dans leur ensemble, mérite d'être signalé : il s'agit de

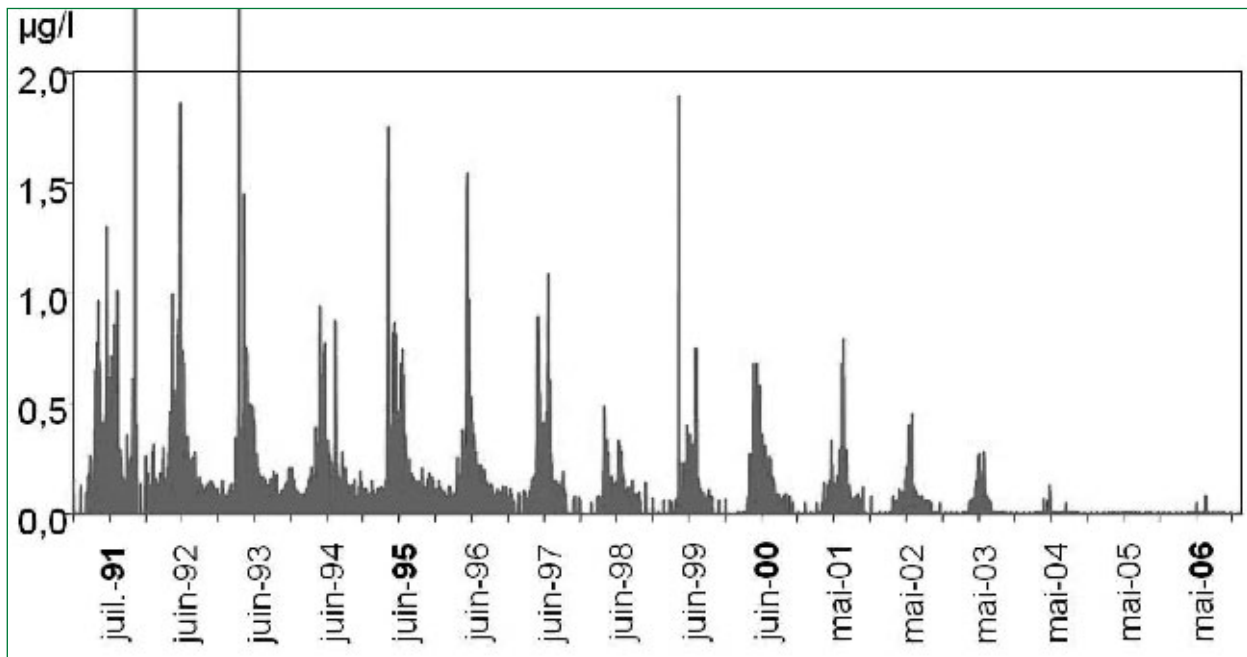


Figure 1 : Concentrations en atrazine dans l'eau de la Marne à Noisy-le-Grand, 1991-2006 [1] - Seuil réglementaire dans l'eau potable : 0,1 µg/l - Valeur limite OMS : 2 µg/l

la mise en évidence analytique des sous-produits de dégradation des pesticides (ou métabolites), que de nombreux laboratoires ont commencé à rechercher et détecter au milieu des années 1990 : certains de ces sous-produits étant plus toxiques que la molécule initiale, les traitements d'oxydation radicalaire cités plus haut ont été interdits en tant que procédé de traitement des pesticides, au profit de l'adsorption sur charbon actif en grains. Et la norme de 0,1 µg/l s'est appliquée également aux métabolites dits « pertinents » (autrement dit, aux produits de dégradation de pesticides n'ayant pas de propriétés de pesticides et non génotoxiques), – sauf dans les cas où les données toxicologiques exigeaient une norme plus basse. Un ajustement du concept de pertinence a récemment été nécessaire, la mise sur le marché des pesticides admettant la présence de métabolites « non pertinents » ; mais l'exemple du Tonylfluanide (un fongicide utilisé sur les fruits) a montré que de tels sous-produits non pertinents pouvaient ensuite être oxydés en produits connus pour leur haute toxicité (dans le cas d'espèce, la N-nitrosodiméthylamine).

Ainsi, le traitement de l'eau sur charbon actif en grains est devenu incontournable pour la quasi-totalité des ressources de surface et pour un grand nombre d'eaux souterraines. Du point de vue industriel, les filières de traitement de l'eau fonctionnaient jusque-là essentiellement de façon gravitaire, et l'introduction de cette étape d'adsorption des micropolluants sur charbon actif a souvent nécessité l'ajout d'une bêche tampon et d'un nouvel étage de pompage, avec les consommations de réactif (le charbon), d'énergie (activation du charbon et pompage) et avec les émissions de carbone induites. Les traitements de l'eau sur membranes, couplés au charbon actif, se sont

également développés ; ils ont permis de réduire l'empreinte au sol des installations. Remarquons, enfin, que l'ozone, qui a été une singularité française en matière de désinfection, reste utilisé à cette fin, mais qu'il joue, dans la pratique, un rôle d'oxydation, bien utile avant l'étape du charbon actif. Au total, par delà les actions de recherche/détection (et quand c'est applicable, de prévention en amont), l'application du principe de précaution aux pesticides, moyennant des investissements et coûts d'exploitation substantiels, protège globalement grâce à un traitement approprié les consommateurs contre les risques posés par les pesticides.

Un seuil maximum doit-il être imparti à toute molécule mal connue sur le plan toxicologique ?

Le cas des pesticides est symbolique de la mise en évidence de plus en plus fréquente de nombreux micropolluants organiques d'origine industrielle, agricole, pharmaceutique, etc. Le distributeur d'eau, qui, aux termes de la directive européenne 98/83/CE sur les eaux de consommation humaine, doit assurer que l'eau ne contient pas « une concentration de [...] toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes », est donc le point focal vers lequel convergent de nombreuses questions quand il est fait état de la présence de molécules non réglementées, le résultat de l'analyse étant en lui-même anxiogène, alors que les bases toxicologiques sont en général insuffisantes pour apporter des réponses satisfaisantes. Nos voisins allemands ont réfléchi à la façon d'encadrer ces débats à partir d'un questionnaire sur les métabolites non pertinents : ces métabolites

sont pourtant généralement des produits très solubles dans l'eau et persistants : du point de vue du buveur d'eau, ils sont donc pertinents, et cela d'autant plus qu'ils peuvent donner naissance à d'autres molécules toxiques (comme nous l'avons vu plus haut). A l'exception près des pesticides, l'évaluation en termes d'hygiène environnementale et de toxicologie humaine des substances n'était, jusqu'à l'apparition de la réglementation REACH, que peu (voire pas du tout) régulée. La pauvreté et l'hétérogénéité des données toxicologiques et la difficulté de leur application au cas de l'eau potable gênent considérablement l'adoption de standards par un mécanisme qui soit à la fois reproductible et consensuel.

C'est afin de proposer une démarche globale et acceptable par tous les professionnels que l'Agence fédérale de l'Environnement (UBA) a institutionnalisé outre-Rhin le concept de seuil TTC, *Threshold of toxicological concern* (une concentration au-delà de laquelle il y a matière à investigations supplémentaires), un concept très récemment repris sous le vocable plus positif de *valeur indicative de protection de la santé (Health Related Indicative Value - HRIV)* ; il s'agit de valeurs de référence provisoires dégagées en vertu du principe de précaution, en vue de protéger la santé contre des expositions prolongées aux micropolluants xénobiotiques. Selon la quantité de données toxicologiques sur les propriétés génotoxiques, immunotoxiques et reprotoxiques d'une molécule nouvellement mise en évidence dans l'eau, une valeur indicative est proposée pour protéger des personnes qui y seraient exposées pendant toute la durée de leur vie.

Les valeurs indicatives varient entre 0,1 µg/l pour les molécules démontrant *in vitro* un potentiel génotoxique élevé (modification de l'ADN) selon les tests d'Ames, et 3

µg/l ou plus quand les données montrent qu'un seuil inférieur n'est pas justifié. Cette approche élaborée en un peu plus de dix ans par les autorités fédérales allemandes répond à un besoin fort, celui de pouvoir juger pragmatiquement de la situation lorsque l'on se trouve aux prises avec des résultats analytiques établissant la présence de polluants émergents dans l'eau potable. Les valeurs proposées (dont on relèvera l'étendue de la plage, un facteur d'ordre 30) ont le grand mérite d'être en phase avec la majorité des valeurs paramétriques préconisées pour des polluants mieux connus sur le plan toxicologique.

Et l'on voit que la valeur de 0,1 µg/l imposée par défaut comme concentration maximale pour les pesticides reste un point de basculement entre les molécules faiblement toxiques et celles nécessitant des seuils plus bas. Tout ce travail conceptuel a concrètement accompagné, dans les années 2008-2009, la gestion de la pollution de nombreuses ressources par des résidus per-fluorés, qui avait pris de court les autorités et les professionnels en raison de l'ampleur de la contamination.

Des cas d'une grande actualité : les résidus médicamenteux et les perturbateurs endocriniens

Sur cette toile de fond constituée d'un principe de précaution appliqué aux pesticides et de la proposition allemande d'un tableau de tri préliminaire pour les molécules mal connues sur le plan toxicologique, se pose la question d'étendre les progrès analytiques au cas des résidus médicamenteux, pharmaceutiques et vétérinaires : ces produits sont largement utilisés en France en raison d'une particularité française en matière de médication et de l'extension de son secteur agricole. La maîtrise des risques liés aux

Désignation	Concentration (µg.L ⁻¹)	Critères
HRIV ₁	0,1	Contaminants ne montrant pas de potentiel génotoxique ou non testés à cet égard.
HRIV ₂	0,01 à <0,1	Contaminants connus pour leur potentiel génotoxique faible à fort.
HRIV ₃	0,3	Contaminants connus pour être dépourvus de potentiel génotoxique, en l'absence de données supplémentaires, la toxicité pour les cellules germinales, immunotoxicité, reprotoxicité justifiant une valeur inférieure.
HRIV ₄	1,0	Idem HRIV ₃ , mais au moins une étude de toxicité sub-chronique montre qu'une valeur inférieure n'est pas nécessaire.
HRIV ₅	3,0	Idem HRIV ₄ , mais au moins une étude de toxicité chronique montre qu'une valeur inférieure n'est pas nécessaire.
HRIV _{QSAR}	0,1-3	Valeurs établies selon la toxicité potentielle de structures similaires dans l'approche QSAR.
HRIV ₆	> 3	Idem HRIV ₅ , mais des données supplémentaires montrent qu'un seuil de moins de 3 n'est pas justifié.

Tableau 1 : Valeurs indicatives de protection de la santé pour les polluants émergents de l'eau potable (HRIV : valeur provisoires définies à défaut de données toxicologiques complètes) – Ces valeurs sont définies pour un risque tolérable sur une vie entière et augmentent avec la quantité de données [2]

résidus de médicaments dans les eaux fait partie des conclusions des tables rondes du Grenelle de l'Environnement (cela correspond à l'Engagement n°103). Dans ce cadre, les ministères en charge de la Santé et de l'Environnement ont décidé, fin 2009, de mettre en place le Plan National sur les Résidus de Médicaments dans l'Eau (PNRM) (ce plan est présenté, par ailleurs, dans ce numéro de *Responsabilité & Environnement*) afin de développer et de coordonner les actions à mettre en place dans ce domaine. Il faut en effet savoir que la mise sur le marché des substances médicamenteuses n'est pas intégrée dans le règlement REACH (*Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals*), qui fait obligation de se soucier du devenir des molécules après leur utilisation ; les produits pharmaceutiques font en effet l'objet d'une réglementation spécifique, qui n'exigeait pas jusqu'à ce jour que soit étudié le devenir environnemental des substances médicamenteuses.

La Direction générale de la Santé a confié à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) une campagne d'analyses étendue, qui s'intègre pleinement à ce PNRM [3], concernant le risque de présence de résidus médicamenteux dans l'environnement et dans l'eau potable. Les résultats, présentés début février 2011, montrent que, sur 45 molécules recherchées, 19 ont été détectées au moins une fois dans l'eau potable et que 25 % des échantillons se sont avérés positifs, avec présence d'époxy-carbamazépine, de carbamazépine, d'oxazépam et d'hydroxybuprrofène, entre autres, à des concentrations de l'ordre de quelques dizaines de nanogrammes par litre.

Ce même rapport indique une présence plus fréquente des mêmes résidus médicamenteux dans les eaux brutes, cela

d'autant plus qu'il s'agit d'eaux superficielles. Il s'agit donc de résidus de traitements antiépileptiques ou analgésiques (notamment). L'origine principale de ces médicaments est la consommation humaine, mais il ne faut pas oublier les traitements vétérinaires (voir la figure 2). D'autres sources ponctuelles, mais qui peuvent être majeures dans certains bassins, sont liées à des rejets d'industries pharmaceutiques ou d'hôpitaux (produits de contraste utilisés en radiographie ou produits de traitement anticancéreux, par exemple). Le résidu médicamenteux constitue un sous-ensemble des substances émergentes, l'autre sous-ensemble le plus souvent cité est constitué par le vaste domaine des *perturbateurs endocriniens*, autre sujet de vive préoccupation environnementale et sanitaire, dont les origines sont également multiples, les contraceptifs oraux ne jouant d'ailleurs qu'un rôle négligeable (voire nul) dans cette problématique [4] : il s'agit essentiellement de rejets de l'activité industrielle (détergents, eaux résiduaires industrielles), de l'activité agricole (pesticides, certaines phytohormones, rejets des animaux d'élevage) et de l'activité humaine (eaux usées urbaines, boues d'épandage, composts de déchets).

Ces résidus médicamenteux ou ces perturbateurs endocriniens peuvent s'accumuler dans l'eau, le sol et les sédiments. Selon les composés, leur dégradation dans les sols est plus ou moins rapide (quatre ans ou plus, pour les polychlorobiphényles (PCB), par exemple, contre quelques jours pour les détergents industriels du type nonylphénols ou les DEHP (phtalates)). Au final, ces substances sont lessivées et se retrouvent dans l'eau *via* les rejets urbains et hospitaliers et, dans une moindre mesure, *via* les boues ou les lisiers ; on les retrouve alors dans les organismes aquatiques et dans l'alimentation.

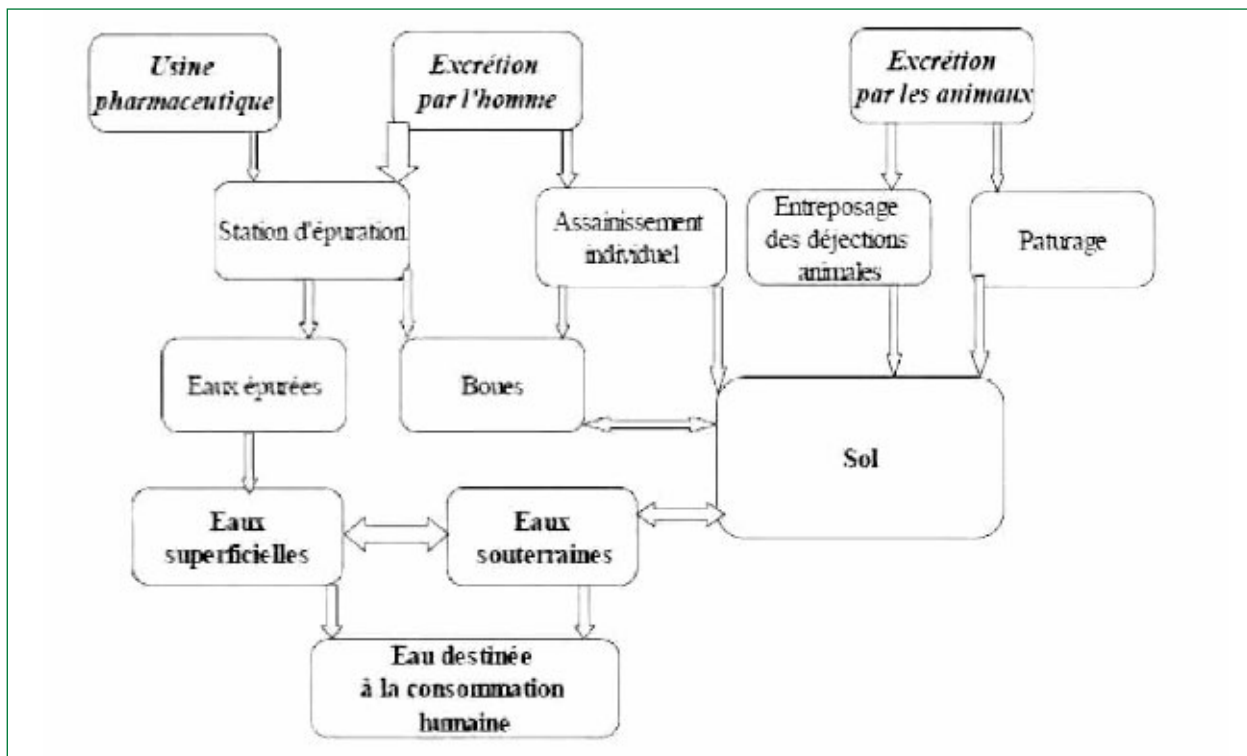


Figure 2 : Voies d'entrée des résidus de médicaments dans l'environnement [4]

La très grande diversité et la complexité des molécules considérées (structure moléculaire, activité, interactions), leurs multiples origines et modes de transfert dans l'environnement, ainsi que les faibles concentrations généralement observées complexifient l'identification de leur source d'émission et expliquent la raison pour laquelle les données concernant leurs impacts sur l'environnement, leurs concentrations dans les ressources hydriques ou encore l'efficacité des traitements possibles permettant de les éliminer sont à ce jour très limitées. Les nombreuses études menées jusqu'ici se sont limitées à quelques groupes de molécules sélectionnés en fonction des quantités produites et de leur toxicité globale, ainsi que de leur persistance dans l'environnement.

En ce qui concerne la biodiversité, les effets néfastes des rejets dans l'environnement de perturbateurs endocriniens (alkylphénols issus des détergents, stéroïdes, hormones de synthèse) sur certaines espèces animales sont avérés. Dans les milieux aquatiques, le déséquilibre du ratio mâles/femelles et l'intersexualité des poissons sont parmi les principaux effets répertoriés. Le plus complexe, en revanche, est celui de quantifier et de qualifier ces effets, car l'« effet perturbateur endocrinien », un phénomène extrêmement complexe, est très dépendant des espèces. En ce qui concerne les résidus de substances pharmaceutiques (hormones de synthèse exceptées), la plupart des substances ont une toxicité aiguë peu importante et on peut donc s'attendre (du moins chez les mammifères) à ce que leurs effets potentiels ne s'exercent, éventuellement, qu'à long terme. Néanmoins, les données sur ces composés étant particulièrement lacunaires, il ne serait pas raisonnable de ne pas s'intéresser aux effets potentiels liés aux mélanges de résidus pharmaceutiques dans l'environnement. De plus, on ne peut exclure le fait que certaines substances fassent preuve d'une toxicité environnementale spécifique élevée [5].

Chez l'Homme, les liens de cause à effet entre la présence de résidus de médicaments dans l'environnement et d'éventuelles pathologies ne sont pas démontrés, notamment du fait des difficultés méthodologiques en matière d'épidémiologie et de l'impossibilité d'effectuer des études *in vivo*. Même si les autorités européennes semblent avoir admis l'existence d'un lien entre les perturbateurs endocriniens et des pathologies de plus en plus fréquentes (atteintes de la fertilité masculine et féminine, atteintes du développement, cancers), la grande diversité de molécules rend difficile l'identification des composés responsables (sauf exposition à des doses massives, dans des circonstances accidentelles). Pour les résidus de substances pharmaceutiques, en ce qui concerne la consommation de l'eau du robinet provenant de ressources traitées par les techniques actuelles, les spécialistes estiment le risque sanitaire négligeable : aux concentrations trouvées dans l'eau potable, pour plus de 90 % des molécules identifiées, l'apport quotidien est au minimum 150 000 fois inférieur à celui de la dose thérapeutique maximale prescrite : il est donc admis que l'eau potable ne représente qu'une voie

mineure d'exposition à ces polluants, en comparaison de l'alimentation, par exemple.

Les professionnels de l'eau doivent mettre en place des protections efficaces

Comme on l'a vu plus haut, les enjeux sont à la fois d'ordre environnemental et sanitaire ; cela est valable pour le cas des résidus de médicaments :

- ✓ Diminution, rétention ou traitement des polluants au niveau des rejets d'eaux usées dans les réseaux collectifs dans le but de protéger les écosystèmes en diminuant les quantités de polluants rejetées « à la source » ;
- ✓ Maîtrise des risques sanitaires *via* l'eau potable, notamment en présence de traces de micropolluants dans l'eau potable, bien que s'agissant, dans l'état actuel des connaissances, de risques faibles.

Sur le premier point, de nombreuses études en laboratoire, sur pilote et sur site, sont menées pour mesurer l'efficacité des filières d'épuration des eaux usées en ce qui concerne l'élimination des résidus de substances pharmaceutiques [6]. Il en ressort que dans le cas des hormones œstrogéniques naturelles, un taux d'élimination supérieur à 95 % dans les usines disposant de boues activées à aération prolongée, de bio-filtres ou de bioréacteurs membranaires, par exemple. Une grande partie des composés sont éliminés à plus de 50 %, mais certains résidus médicamenteux, comme la carbamazépine (le principal antiépileptique utilisé en France) ou le diazépam ne sont quasiment pas éliminés, ce qui peut en faire des traceurs idéaux de contamination par des eaux usées [7].

Sur le deuxième point, les filières de traitement de l'eau potable n'ont pas été conçues, elles non plus, pour éliminer les résidus médicamenteux, mais tous les investissements réalisés pour éliminer la pollution particulaire, la pollution dissoute et surtout les pesticides, en particulier dans les eaux de surface, trouvent là une seconde utilité : les traitements multi-barrières intégrant des procédés d'adsorption sur charbon actif et l'oxydation présentent en général une bonne élimination de ces substances, qui varie toutefois très sensiblement selon les résidus considérés, pour aller jusqu'à 90 % pour la plupart des composés évalués, notamment pour les hormones œstrogéniques et les antibiotiques. On voit ici le rôle joué par l'ozonation dans le concept de traitement « multi-barrières », qui met en œuvre à la fois des procédés de transformation (ozone, ultra-violet) et des procédés de rétention (charbon actif). Cela explique pourquoi on ne retrouve ces polluants qu'à l'état de traces dans l'eau potable, bien que leur présence dans les eaux brutes ne fasse plus aucun doute. *A contrario*, les traitements de floculation aux sels d'aluminium ou de fer, par ailleurs indispensables à la maîtrise des filières de traitement et à l'élimination des germes pathogènes, n'ont pratiquement aucune efficacité pour la rétention de la majorité des résidus de substances pharmaceutiques. Pour être complet, il faut mentionner également l'osmose inverse basse pression ou la nano-filtration, qui, moyennant des membranes à pouvoir de séparation élevé, peu-

vent abatte 90 % des résidus médicamenteux (c'est vérifié, par exemple, pour le paracétamol).

En rapprochant les deux points, on réalise le bien-fondé du principe de rétention des polluants à la source : les taux d'élimination sont plus importants dans le rejet concentré, les volumes à traiter sont moindres, et l'on protège la santé humaine en même temps que la biodiversité. En application de quoi, il faut s'atteler à la rétention à la source, avant rejet dans le système d'assainissement, puis dans l'usine de dépollution. Le traitement de potabilisation de l'eau constitue une ultime sécurité, indispensable, mais non redondante avec la diminution des rejets à la source, qui suppose des actions au niveau de la mise sur le marché ou des consommateurs (collecte spécifique des médicaments non utilisés, neutralisation à la source, traitement épuratoire local, entre autres).

Comme en toxicologie ou en éco-toxicologie, les connaissances sur le traitement des résidus médicamenteux sont fragmentaires, elles sont basées sur un nombre assez limité d'études-pilotes et d'enquêtes. Notons au passage qu'au début du déploiement des méthodes analytiques, on travaillait à des concentrations proches des limites de détection des substances, et qu'il arrivait qu'un pourcentage de réduction reflète non pas une efficacité intrinsèque, mais un rapport entre limites de détection dans l'eau, avant et après traitement ; cette difficulté, quoique triviale, apparaît parfois dans la littérature. Néanmoins, les connaissances en génie chimique appliquées à cette matrice particulière qu'est l'eau (et aux débits traités) nous permettent d'être confiants dans l'existence de procédés de traitement à même de réduire ces pollutions, le problème étant leur applicabilité à grande échelle et la détermination de leur point d'application. Plus le rejet est diffus, plus l'on doit se situer au plus près du consommateur ; c'est une question d'optimum économique, d'optimum environnemental (on pense à la protection de la biodiversité et à la maîtrise des consommations énergétiques) et de maîtrise opérationnelle. Au-delà de la vérification de l'absence de menace sanitaire, le déploiement, à moyen terme, de solutions de traitement nécessite de déterminer les familles de paramètres à traiter en priorité, en tenant compte de l'exposition globale (eau, aliments, air...) et des risques sanitaires correspondants. Avant les solutions de traitement, un suivi environnemental doit être mis en place, qui passe par le déploiement à grande échelle de techniques analytiques normalisées (le « monitoring », pour ceux qui sont familiarisés avec la terminologie des directives européennes). L'exercice piloté par la Direction générale de la Santé constituait donc une première étape indispensable dans la constitution de la base de données nécessaire.

Une eau potable mais jusqu'à quel point ?

Ces quelques lignes ont évoqué (mais pas traité) l'aspect sociologique, pourtant incontournable, et la question des polluants émergents est judicieusement reformulée en question de « perception émergente » par le Conseil géné-

ral de l'Environnement et du Développement durable. Le va-et-vient entre les certitudes et lacunes scientifiques et la gestion opérationnelle emprunte vaille que vaille le schéma classique en matière de risque : analyse, gestion, communication, le tout, en temps réel. L'eau potable occupe cependant une place à part dans l'imaginaire collectif et ce, bien au-delà des frontières hexagonales : le principe de risque non nul n'y est pratiquement pas toléré, parce qu'il s'agit d'une prestation assurée par la puissance publique : les réponses sont d'un autre ordre quand il s'agit de très petites communautés ou de comportements individuels.

Cette question de l'eau potable ne peut pas être dissociée de la protection de l'environnement, au sens large, et de la protection de l'environnement aquatique au sens plus restreint. Les progrès industriels et technologiques, ont déjà permis une amélioration simultanée de l'un et de l'autre grâce à l'implication de grands maîtres d'ouvrage visionnaires, notamment dans le domaine de l'approvisionnement en eau potable ; le resserrement réglementaire a été, ces pages le montrent, l'autre facteur indispensable, qui a profité, il est vrai, à la fois de la prise de conscience environnementale et d'une situation économique relativement favorable. La situation a changé, et l'Europe, qui a joué un rôle irremplaçable dans la mise au point des politiques de l'eau, est confrontée aux difficultés que l'on sait, d'ailleurs aussi en raison des pénalités désormais appliquées aux pays n'appliquant pas les directives déjà votées. D'où la recherche actuelle de solutions davantage négociées et plus flexibles. Un exemple concret en est la directive cadre sur l'eau (traitée par ailleurs dans ce dossier ; voir l'article d'Odile Gauthier et de Claire Grisez).

Les résidus médicamenteux sont un exemple de problèmes ayant par certains côtés pris du retard, en raison du côté dérogatoire de la législation qui s'y rattache ; les textes s'améliorent graduellement et il y a certainement des voies d'amélioration en matière d'usages plus raisonnés de la médication, de collecte des résidus ou de traitement à la source (hôpitaux) ; à mesure que les connaissances progressent, certaines stations de traitement des eaux usées devront sans doute être améliorées, quand l'efficacité de la maîtrise des risques (tout du moins en santé humaine) en dépendra ; on ne peut pas non plus exclure que, dans le doute, ce que les Anglo-Saxons appellent les *technology driven standards*, autrement dit, les standards réglementaires (de qualité de l'eau potable et de qualité de l'eau dans l'environnement), fixés en fonction de ce que permettent les techniques, se généraliseront, afin de protéger la santé de nos concitoyens et ce patrimoine qu'est notre environnement. Cela pose évidemment la question de l'échelle de temps pour se conformer au standard en question : en matière d'infrastructures (dont font partie les unités de production de l'eau potable), on raisonne sur plusieurs décennies, car c'est l'échelle pertinente et parce que les équilibres économiques entrent également en ligne de compte. Reste la question des échelles territoriales de décision et de la visibilité donnée aux parties prenantes ; la directive cadre sur l'eau a entériné l'organisa-

tion française par bassin qui est pertinente en la matière, mais il y a encore de nombreux progrès à faire pour se conformer à la lettre de cette directive.

Note

* Président de la Commission Eau Potable de l'ASTEE (Association Scientifique et Technique de l'Eau et de l'Assainissement).
Directeur technique délégué à l'eau potable chez Veolia Eau.

Bibliographie

[1] FAUCHON (N.) & al, *Variabilité intra et pluriannuelle des concentrations de produits phytosanitaires dans les rivières d'Ile-de-France*, Colloque du projet SWAP, Association française de protection des plantes, Paris, 2007.

[2] DIETER (H.), "Drinking Water in its Regulatory Framework", in WILDERER (Peter) (éd.), *Treatise on Water Science*, vol. 3, pp. 377-416, Oxford, Academic Press, (à paraître).

[3] Laboratoire d'Hydrologie de Nancy : Campagne nationale d'occurrence des résidus de médicaments dans les eaux destinées à la

consommation humaine, ressources en eaux brutes et en eaux traitées, Janvier 2011.

[4] WISE (A.) & al, "Are Oral Contraceptives a Significant Contributor to the Estrogenicity of Drinking Water ?", *Environmental Science & Technology*, vol. 45-1, pp. 51-60, 2011.

[5] Conseil général de l'Environnement et du Développement durable, *Médicament et environnement, la régulation du médicament vis-à-vis du risque environnemental*, n°007058-01, Novembre 2010.

[6] BOXALL (A.) & al, "Report on environmental impact and health effects of PPs" ; KNAPPE, *Knowledge and Need Assessment on Pharmaceutical Products in Environmental Waters*, Septembre 2008.

[7] POSEIDON, *Assessment of Technologies for the removal of Pharmaceuticals and personal care products in sewage and drinking water facilities to improve the indirect potable water reuse* - Contract EVK1-CT-2000-00047, 58 p., 2004.

[8] BOUCHERIE (C.) & al, "Ozone" and GAc filtration, synergy for emerging micropollutants removal on drinking water treatment plant?, 5th IWA conference on Oxydation Technologies for water and wastewater treatment, 9 p., 2009.