



**HAL**  
open science

# Contamination des eaux par les résidus de médicaments et stratégies de prévention

Yves Lévi

► **To cite this version:**

Yves Lévi. Contamination des eaux par les résidus de médicaments et stratégies de prévention. *Actualités Pharmaceutiques*, 2020, 59, pp.18 - 23. <10.1016/j.actpha.2020.01.007>. <hal-03490703>

**HAL Id: hal-03490703**

**<https://hal.science/hal-03490703v1>**

Submitted on 22 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

## Dothead dossier

### Sous-dothead Environnement et santé

# Contamination des eaux par les résidus de médicaments et stratégies de prévention

Yves Lévi

Professeur de santé publique et santé environnementale

Faculté de pharmacie, Université Paris-Saclay, UMR 8079, CNRS, AgroParisTech, 5 rue Jean-Baptiste-Clément, 92290 Châtenay-Malabry, France

Adresse e-mail : [yves.levi@u-psud.fr](mailto:yves.levi@u-psud.fr) (Y. Lévi).

## Résumé

La production et l'usage des médicaments ont généré une pollution par des principes actifs, des métabolites et autres produits de dégradation. Certaines eaux de consommation sont contaminées par des résidus médicamenteux. Les risques environnementaux sont avérés alors que les risques sanitaires pour l'homme sont *a priori* moins significatifs. La gestion de cette problématique s'inscrit dans une stratégie globale de développement durable qui ne doit en aucun cas nuire à la santé publique.

© 2020

**Mots clés** – eau ; médicament ; pollution ; risque environnemental ; risque sanitaire

## Summary à traduire

© 2020

## Keywords à traduire et à placer en ordre alphabétique

La contamination des eaux par les résidus de médicaments (RdM) est un sujet de grande importance largement repris par les médias. Toutefois, les informations sont souvent incomplètes, orientées ou source de confusion. Les généralisations sont de plus très courantes. Il est la plupart du temps question "des médicaments", ce qui omet le fait que tous ne sont pas en cause dans la pollution environnementale ainsi que la grande diversité des structures chimiques des principes actifs (PA) et des effets biologiques engendrés, mais aussi les particularités géographiques locales. Les articles évoquent également la contamination de l'eau potable en oubliant de préciser que chaque ville ou village dispose d'eaux différentes et que ces résidus ne sont détectés que dans certaines et en très faibles concentrations.

Les risques sont avant tout environnementaux et concernent les organismes des milieux aquatiques directement touchés par la pollution. Selon les études réalisées, ils sont faibles ou négligeables pour l'homme après expositions *via* des eaux de consommation, au moins dans les pays qui disposent de filières

de potabilisation modernes et efficaces [1,2]. Enfin, la question du risque lié aux RdM doit intégrer les expositions combinées avec les autres familles de polluants retrouvées dans les eaux. L'Académie nationale de pharmacie a récemment publié une version actualisée de son rapport sur ce sujet fournissant l'essentiel des éléments de connaissance actuels [3].

## **T1 Une contamination des eaux parmi d'autres**

**TEG1 La plupart des produits issus de la chimie moderne**, leurs métabolites et leurs produits de dégradation sont détectés dans l'environnement, particulièrement dans les milieux aquatiques (eaux de surface, eaux souterraines, eaux littorales). Leurs concentrations varient selon l'occupation et les activités des territoires du bassin versant en amont. Il en est donc nécessairement ainsi des PA de certains médicaments, qu'ils soient utilisés en thérapeutique humaine ou vétérinaire. Il ne s'agit plus d'une présomption mais d'un fait établi depuis une vingtaine d'années sur tous les continents.

**TEG1 Les concentrations de PA dans les eaux** (de quelques nanogrammes par litre à quelques centaines de microgrammes par litre) dépendent de nombreux paramètres, notamment de la pression démographique locale, de la présence d'usines de production de médicaments, des rejets des eaux usées brutes ou après traitement par des stations d'assainissement, des élevages intensifs, etc. Excellent solvant, l'eau est trop souvent le réceptacle final de nos pollutions. Le PA médicamenteux perd son statut de molécule noble lorsqu'il est présent dans un compartiment de l'environnement : il devient un polluant de plus parmi tant d'autres auxquels sont exposés des organismes (animaux ou végétaux).

**TEG1 Les études scientifiques internationales et les médias** informent régulièrement les citoyens sur la multi-exposition aux contaminants auxquels les humains sont confrontés *via* les aliments, l'air et l'eau : métaux, minéraux et molécules organiques, notamment des pesticides, des plastifiants, des retardateurs de flamme, des solvants, des engrais ou des hydrocarbures. En outre, l'innovation chimique continue de générer de nouveaux produits alors que la demande et les besoins mondiaux s'intensifient. De plus, les outils analytiques donnent maintenant accès avec précision et sensibilité à des traces infimes de molécules, même au sein de matrices très complexes comme celles des eaux d'égout ou des boues d'épuration. Rejoignant alors les familles de contaminants dits émergents qui complètent celles des polluants déjà bien connus, la liste des PA de médicaments et de leurs métabolites retrouvés dans les eaux s'est considérablement allongée depuis quinze ans [3].

**TEG1 L'intérêt des médicaments étant justifié par des effets biologiques significatifs recherchés et désirés**, leur dispersion dans l'environnement peut les conduire, seuls ou mélangés avec d'autres polluants, à induire des perturbations sur des organismes exposés et même générer des effets toxiques.

**TEG1 Une confusion entre la problématique des perturbateurs endocriniens et celle des RdM** est couramment entretenue par les médias. Or, si certains PA sont des hormones ou des perturbateurs, ils constituent une minorité dans la grande famille des PA quand de nombreux autres contaminants sont perturbateurs endocriniens (pesticides, plastifiants, imperméabilisants, métaux, etc.). De même, il est très important de ne pas évoquer la pollution des eaux par les médicaments ; il doit plutôt être question de la pollution de certaines eaux par certains RdM.

**TEG1 Au-delà du constat de la présence de RdM dans l'environnement et de l'inquiétude qu'elle génère**, comme pour tous les contaminants et leurs mélanges, il convient de se consacrer à l'analyse quantifiée la plus réaliste des risques environnementaux et sanitaires. Si chacun est en droit de s'alarmer vis-à-vis d'une

situation, l'évaluation quantitative des risques ne peut être valablement effectuée que par des comités d'expertise indépendants et collectifs se basant sur l'analyse des données scientifiques internationales les plus récentes. Elle est absolument indispensable au regard des affirmations erronées, des pressions commerciales ou de celles de lobbies qui ont pour vocation d'influencer les citoyens.

## **T1 Émissions dans l'environnement et diffusion**

**TEG1 Les RdM sont dispersés dans l'environnement** *via* les rejets liquides, solides ou gazeux des sites d'usages (figure 1). Ils proviennent majoritairement des urines et des fèces des humains et des animaux (eaux usées brutes et traitées, boues de stations d'épuration, lisiers et fumiers...). Ils sont aussi rejetés par les usines de production pharmaceutique [4] et, parfois, directement déversés dans l'eau d'élevage de poissons [5]. Au sein des établissements de soins, des traces sont détectées sur les surfaces, en particulier dans les salles de manipulation et de préparation médicamenteuses, et diffusent dans les eaux de nettoyage qui rejoignent ensuite les égouts.

**TEG1 La diffusion vers les compartiments de l'environnement** est conditionnée par les caractéristiques physico-chimiques principales des RdM, telles que la volatilité (vers l'air), la solubilité (vers les eaux superficielles et souterraines), le coefficient de partage octanol-eau (adsorption sur les particules et les sédiments, liposolubilité) et la biodégradabilité, qui détermineront la persistance. La bio-accumulation est également un paramètre important : elle conditionne le transfert dans la chaîne alimentaire, une éventuelle bio-amplification générant des doses toxiques pour les prédateurs supérieurs.

**TEG1 Les eaux usées urbaines brutes et celles provenant des industries de la pharmacie** sont les plus contaminées. En France, elles sont généralement traitées dans les stations d'assainissement des eaux usées (STEU) dont l'efficacité d'épuration est variable selon les technologies disponibles et les molécules. Les plus apolaires sont retirées par adsorption sur les boues et les plus biodégradables sont éliminées. Les eaux usées traitées sont ensuite déversées dans les ressources superficielles. Les boues issues des traitements, qui peuvent contenir également des traces de RdM, sont parfois utilisées en épandage agricole, d'où une possible rediffusion vers les eaux superficielles et souterraines [6]. Grâce aux traitements et à la dilution dans le milieu, les concentrations dans les eaux superficielles sont faibles et les eaux souterraines, généralement plus protégées, sont en général moins contaminées.

**TEG1 Les molécules les plus couramment identifiées et quantifiées dans les eaux de certaines rivières** sont : le paracétamol (10-100 ng/L) ; des antibiotiques (ciprofloxacine 10 ng/L, sulfaméthoxazole 10-1 000 ng/L...) ; la metformine (10-100 ng/L) ; la carbamazépine (100-10 000 ng/L) ; des anti-inflammatoires non stéroïdiens (ibuprofène 100-10 000 ng/L) ; des benzodiazépines (oxazépam 1-10 ng/L) ; des bêtabloquants (métoprolol 10-1 000 ng/L) ; des hypolipémiants (gemfibrozil 10-1 000 ng/L) [7]. Dans des eaux souterraines, les concentrations sont en moyenne plus faibles mais la diversité des molécules retrouvées reste importante. Les analyses réalisées par le Bureau de recherches géologiques et minières en 2013 ont montré que les micropolluants les plus fréquemment présents dans ces eaux étaient des RdM et de produits de soin corporel [8].

**TEG1 En France, les filières de production d'eau destinée à la consommation humaine (EDCH)** mettent en œuvre, depuis des décennies, des traitements avancés pour éliminer les contaminants et notamment les pesticides. Ces traitements sont également applicables à une large gamme de RdM. C'est pourquoi, certaines eaux potables en contiennent de très faibles concentrations.

**TEG1** En France, le nombre de données concernant les eaux de boisson est limité. Une seule campagne d'analyses d'ampleur nationale a été effectuée par le laboratoire de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail dans les EDCH en 2011. La molécule la plus détectée (époxy carbamazépine) n'apparaissait que dans 14,8 % des échantillons, les autres RdM n'étant retrouvés que dans 1 à 7 % des cas [9]. Une étude menée en Bretagne montre la présence de RdM à usage vétérinaire dans 1 à 4 % des échantillons en fonction des molécules [10].

## **T1 Analyse environnementale**

**TEG1** La stratégie d'échantillonnage est fondamentale pour permettre une interprétation correcte des niveaux de contamination en RdM. Les moyens disponibles sont trop souvent limités, ce qui conduit à réaliser des campagnes de prélèvement trop réduites dans le temps et/ou dans l'espace, susceptibles d'engendrer des interprétations parfois éloignées de la réalité. Les moyens analytiques modernes ultraperformants, par couplages chromatographiques avec des spectromètres de masse, permettent la détection de très faibles concentrations de très nombreuses molécules. Les difficultés sont liées aux effets de matrice qui réduisent les limites de détection lorsque des échantillons trop chargés en matières organiques (eaux usées, lixiviats de décharge, lisiers...) sont analysés. L'accès aux molécules trop polaires est également délicat : leur extraction difficile des milieux complexifie l'analyse des métabolites. Le manque d'étalons certifiés, notamment deutérés, limite également l'accès aux métabolites. En France, des essais interlaboratoires ont été menés [11].

**TEG1** Une évaluation indirecte par analyse des effets biologiques (bio-essais) est beaucoup plus complexe car il importe de pouvoir détecter les effets spécifiques des RdM. Mis à part les très rares cas de mono-pollution bien ciblée, la contamination de l'environnement est due à plusieurs contaminants. Un bio-essai présente l'avantage de mesurer une réponse biologique globale liée à l'exposition au mélange, mais l'inconvénient est de ne pouvoir certifier que la réponse est spécifiquement liée aux RdM.

**TEG1** Ces divers aspects expliquent pourquoi, lorsqu'il est envisagé de réaliser des analyses environnementales, outre un plan d'échantillonnage judicieux, il faut choisir un laboratoire accrédité disposant d'une solide expérience et définir les cibles en fonction des objectifs à atteindre.

## **T1 Aspects réglementaires**

**TEG1** Une évaluation de l'impact environnemental (ERA) est exigée dans les dossiers d'autorisation de mise sur le marché des médicaments en Europe. Elle repose sur un premier filtre visant à calculer la concentration environnementale prévisible moyenne d'un PA sur le territoire. Cette estimation est très globale et ne peut prédire des situations locales particulières tels que des rejets ponctuels en sortie d'usine ou des stations d'épuration peu efficace. Insuffisante et ne concernant que les nouveaux médicaments, cette mesure est en cours de révision [12].

**TEG1** Les normes de qualité des eaux potables n'intègrent aucun RdM au niveau européen. Il en est de même pour les STEU. Concernant la surveillance de la qualité des ressources en eau, l'Union européenne (UE) a fixé une liste de molécules à analyser parmi lesquelles se trouvent de nombreux PA de médicaments (amoxicilline, 17- $\beta$ -estradiol, éthinyloestradiol, ciprofloxacine...) [13]. En mars 2019, l'UE a rendu publique son approche stratégique concernant la présence des produits pharmaceutiques dans

l'environnement. Elle y recommande d'étendre la surveillance et de combler des lacunes dans les connaissances [14]. L'Organisation de coopération et de développement économiques a quant à elle récemment édité un ouvrage de synthèse sur les risques liés aux RdM dans l'environnement, les enjeux et les objectifs à attendre [15].

## **T1 Gestion des résidus de médicaments**

La France a été le seul pays à avoir lancé, de 2010 à 2015, un plan national sur les RdM dans l'eau, désormais intégré au plan de lutte contre les micropolluants [14,15]. Cependant, les budgets engagés sont nettement insuffisants au regard de la situation. La problématique des RdM n'a rien de spécifique et doit s'inscrire dans une vision globale de la réduction des contaminations des compartiments de l'environnement par toutes les familles de polluants.

## **T2 La production de PA au plus faible impact**

**TEG1 Dès les premières étapes de sélection et de développement des produits d'intérêt**, les équipes de recherche et développement devraient prendre en compte non seulement la pollution associée à la production et la distribution du médicament, mais aussi à sa fin de vie.

**TEG1 Cette démarche s'intègre à la prise de conscience de la responsabilité sociétale et environnementale** des entreprises avec le développement de la chimie dite verte, mais aussi de toutes les innovations visant à réduire les impacts après usage.

## **T2 L'interdiction de certains produits**

**TEG1 Pour réussir à interdire l'utilisation des produits les plus préoccupants**, il faut que les risques soient largement supérieurs aux bénéfices sanitaires.

**TEG1 La réglementation européenne** permet l'interdiction de mise sur le marché de médicaments vétérinaires dont l'ERA aurait montré un impact environnemental jugé significatif. Ce n'est pas encore le cas pour les médicaments à usage humain.

## **T2 La réduction de certains usages**

**TEG1 Réduire l'usage de produits particulièrement préoccupants** est délicat. Mal informé ou culpabilisé, un citoyen ou un prescripteur peuvent se détourner de médicaments pourtant indispensables au niveau de la santé publique.

**TEG1 Il convient, en premier lieu, d'identifier les RdM** dont les risques sanitaires et environnementaux sont les plus significatifs. La logique voudrait que les prescripteurs soient informés afin de pouvoir limiter le nombre de prescriptions ou substituer, à efficacité thérapeutique identique, un médicament par un autre, moins problématique de ce point de vue. La ville de Stockholm, en Suède, a fait réaliser un livret destiné à tous les prescripteurs de son secteur. Il contenait une liste de PA accompagnée de leurs caractéristiques en termes de persistance, de bio-accumulation et de toxicité (PBT) pour l'environnement ainsi qu'un indice de

risque global. L'objectif était de fournir à chaque médecin un outil lui permettant de faire un choix éclairé en tenant compte d'un éventuel risque environnemental. Ce livret n'est plus disponible, il a été remplacé par une base de données interrogeable par nom du PA<sup>1</sup>. Les académies françaises de médecine, de pharmacie et vétérinaires ont été saisies par la Direction générale de la santé en 2015 pour émettre un avis concernant cette initiative. L'expertise a précisé que si, sur le principe, une telle base de données est intéressante, son contenu doit, avant approbation et diffusion, être validé par un comité d'expertise européen indépendant. Sur 765 PA, un seul était associé à un risque élevé et huit à un risque modéré quand environ 50 % des substances ne pouvaient être classées faute de données [16].

**TEG1 Dans les Vosges, l'Association pour l'optimisation de la qualité des soins**, qui réunit des pharmaciens, des vétérinaires et des médecins, a mis en place un programme appelé "Écoprescription" visant à réduire localement la pollution par les RdM. Les recommandations en émanant étaient les suivantes :

- pour le médecin, présenter des affiches "Stop aux médocs en stock", apposer un tampon "retour des MNU [médicaments non utilisés]" sur toutes les ordonnances et privilégier la molécule à plus faible indice PBT à efficacité thérapeutique équivalente ;
- pour le pharmacien, favoriser, lors de la délivrance du traitement, une attitude écoresponsable ;
- pour le vétérinaire, promouvoir auprès des éleveurs les actions préventives non médicamenteuses, particulièrement en parasitologie [17].

**TEG1 En Rhône-Alpes**, le Groupe de recherche, animation technique et information sur l'eau a édité des vidéos disponibles en ligne et des kits pédagogiques à l'usage du public et des professionnels [18].

**TEG1 Ces initiatives locales intéressantes** ne sont pas relayées au niveau national ou européen. Les citoyens qui se sentent concernés doivent rechercher les informations et se faire leur opinion à partir de sources très diverses et non validées.

**TEG1 Dans les établissements de soins**, une politique de prévention est indispensable. Elle repose sur la mise en œuvre de procédures rigoureuses visant à ce que les MNU soient correctement éliminés, sans que la qualité des soins en soit affectée.

## **T2 Le traitement des eaux usées**

**TEG1 Le traitement des eaux usées est particulièrement efficace**, mais il représente un coût significatif pour les contribuables. Il doit donc être optimisé. Compte tenu de la grande gamme de polarité et de biodégradabilité des molécules dispersées, certaines seront parfaitement éliminées de l'eau par les procédés modernes (tout en se retrouvant parfois dans les boues) quand d'autres ne le seront pratiquement pas, comme les produits de contraste iodés [19]. Cela n'a rien de spécifique, car tous les autres polluants présentent ce type de comportement.

**TEG1 L'élimination intégrale des traces de micropolluants** repose sur le développement de technologies innovantes : le charbon actif, qui adsorbe les molécules les plus apolaires ; l'ozone, qui est un gaz oxydant capable de casser des molécules organiques ; l'utilisation de membranes, qui sont capables de retenir de petites molécules (nanofiltration et osmose inverse). À ce jour, la Suisse est le seul pays européen à avoir mis en place une politique nationale d'implantation de ces traitements sur une centaine de STEU quand en France, certaines STEU locales ont réalisé ce type d'investissement.

**TEG1 L'idée de traiter spécifiquement les rejets des établissements de soins** en installant une STEU sur site avait été avancée. Pour prévenir les risques infectieux locaux et parce que les rejets hospitaliers ne concourent qu'en faible proportion à la présence de RdM dans les eaux usées d'une collectivité, différentes études ont conclu qu'il est préférable de les évacuer au plus vite dans le réseau municipal et de disposer d'une STEU moderne et bien gérée qui agira au niveau collectif. Une étude réalisée en Haute-Savoie sur le site Sipibel a ainsi permis de mesurer, de modéliser et d'analyser les rejets domestiques et ceux provenant d'un hôpital pour en retirer les conclusions permettant d'optimiser leur gestion [20]. Des conclusions similaires ont été obtenues au niveau du centre hospitalier universitaire de Lausanne, en Suisse, ou à la suite des travaux de recherche européens Pills et No-Pills [21].

## **T2 La récupération des MNU**

**TEG1 Il est indispensable de convaincre chaque citoyen de l'importance de ne pas jeter ses MNU,** flaconnages et dispositifs médicaux contaminés ou patchs dans les toilettes, les poubelles ou les décharges. Le pharmacien a un rôle majeur à jouer en rappelant à son patient, à chaque délivrance d'un médicament disponible sur prescription ou en automédication, de rapporter ses MNU à l'officine pour destruction contrôlée. Il suffit d'utiliser un tampon encreur pour apposer le message "rapportez vos médicaments non utilisés à la pharmacie" sur les sacs, les boîtes ou les ordonnances.

**TEG1 Dans ce domaine, la France a su structurer son action en créant l'association Cyclamed** qui prend en charge les MNU des particuliers. Dastri, éco-organisme national agréé par l'état français et financé par les industries de santé, collecte et détruit par l'incinération les dispositifs pouvant contenir des RdM. Ce type de filière reste à développer au niveau national pour les produits vétérinaires.

**TEG1 Il est souvent suggéré que la délivrance à l'unité pourrait être un moyen de réduire les risques de rejets dans l'environnement** mais aucune étude n'a porté spécifiquement sur ce thème à une échelle significative. Une expérience localisée, menée en France sur quelques antibiotiques, a montré une baisse de 10 % des masses vendues et une meilleure observance [22].

## **T2 Le traitement des eaux potables**

**TEG1 La protection en amont de la qualité des ressources** doit être la priorité. Les traitements doivent être appliqués en dernier ressort pour potabiliser l'eau. Les filières de production d'EDCH ont été équipées de longue date pour éliminer de l'eau de nombreuses familles de polluants. Elles emploient des procédés d'adsorption (charbon actif en poudre ou en grains), de biodégradation (filtres biologiques), d'oxydation (gaz ozone, chlore et dérivés) et de rétention (membranes de nanofiltration et d'osmose inverse). La plupart du temps, ces technologies sont associées pour obtenir le meilleur résultat. Bien entendu, ce traitement a des répercussions parfois importantes sur le prix de l'eau, surtout pour les petites communes.

**TEG1 Il convient de mettre en garde contre l'usage des dispositifs de traitement à domicile** dont l'efficacité n'est pas garantie.

## **T1 Conclusion**

La présence de RdM (PA, métabolites, produits de dégradation) est relevée dans les ressources en eaux de tous les continents. Ils figurent en bonne place aux côtés des autres grandes familles de contaminants que sont notamment les pesticides ou les plastifiants. Leur diffusion est largement due aux rejets des eaux usées industrielles et urbaines ainsi qu'à ceux provenant des élevages. Au regard des données disponibles, leur présence à l'état de faibles traces est retrouvée dans un petit pourcentage d'eaux du robinet. L'impact est essentiellement environnemental. Les analyses réalisées sur des eaux de consommation concluent à un risque nul à négligeable en l'état des connaissances.

Le coût de l'élimination de ces micropolluants dans les eaux est significatif. Il importe donc de développer des stratégies de prévention des rejets. Cela passe par la récupération amplifiée des MNU, y compris vétérinaires, et le traitement des eaux usées. Un effort significatif doit être réalisé pour quantifier les risques, protéger les ressources et déterminer les niveaux de traitements optimisés afin de faire les justes investissements permettant le rétablissement d'une bonne qualité des milieux aquatiques.

Les médicaments sont au service de la santé publique, mais certains sont aussi des polluants. Les actions à mener pour gérer leur impact environnemental s'intègrent de manière exemplaire dans les définitions du développement durable. Il convient également d'étudier les nouveaux types de médicaments en développement dans les domaines des biotechnologies et des nanoparticules pour mieux connaître les risques et maîtriser leur fin de vie. Le sujet mobilise des compétences pluridisciplinaires et mérite des investissements notables.

#### Points à retenir

- Des résidus de principes actifs de médicaments sont détectés dans des eaux sur tous les continents.
- En France, le risque sanitaire après exposition par les eaux de boisson est nul ou négligeable en l'état des connaissances.
- Les stations d'assainissement des eaux usées éliminent une partie significative de ces polluants dont des traces sont trouvées dans un faible pourcentage d'eaux de consommation.
- La stratégie de réduction des émissions consiste à limiter les consommations inappropriées, à augmenter le retour et l'élimination des médicaments non utilisés, mais aussi à améliorer les filières de traitement des eaux usées.
- La gestion de ce problème ne doit en aucun cas avoir un impact négatif sur la qualité des soins et la santé publique.

**Sur 1 colonne à droite après la puce de fin  
(mettre le style Point à retenir texte courant)**

#### Note

<sup>1</sup>[www.janusinfo.se/environnement](http://www.janusinfo.se/environnement) sur lequel le *hazard score* remplace l'indice PBT.

## Références

- [1] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Évaluation des risques sanitaires liés à la présence de résidus de médicaments dans les eaux destinées à la consommation humaine : méthode générale et application à la carbamazépine et à la danofloxacin. Février 2013. [www.anses.fr/fr/documents/EAUX2009sa0210Ra.pdf](http://www.anses.fr/fr/documents/EAUX2009sa0210Ra.pdf)
- [2] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Extrait de l'avis du 17 mars 2015 de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à "Évaluation des risques sanitaires liés à la présence de kétoprofène ou d'ibuprofène dans les eaux destinées à la consommation humaine". [www.anses.fr/fr/documents/EAUX2013sa0081.pdf](http://www.anses.fr/fr/documents/EAUX2013sa0081.pdf)
- [3] Académie nationale de pharmacie. Médicaments et environnement. Mars 2019. [www.acadpharm.org/dos\\_public/Rapport\\_Medicaments\\_Environnement\\_2019.04.24\\_VF.pdf](http://www.acadpharm.org/dos_public/Rapport_Medicaments_Environnement_2019.04.24_VF.pdf)
- [4] Larsson DGJ. Pollution from drug manufacturing: review and perspective. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2014; 369(1656): 20130571.
- [5] He Z, Cheng X, Kyzas GZ, Fu J. Pharmaceuticals pollution of aquaculture and its management in China. *J Mol Liq.* 2016;223:781-9.
- [6] Lecomte V, Bertrand-Krajewski JL, Bouchez A et al. SIPIBEL : un site pilote pour l'étude des effluents hospitaliers et urbains. Les grands enseignements après cinq ans de suivi et de recherche. *Environm Risques et Santé.* 2018;1(1):59-74.
- [7] Capdeville MJ. Études des cycles biogéochimiques des contaminants organiques dits "émergents" dans les systèmes aquatiques. 2011. [Thèse de doctorat en chimie analytique et environnement]. Talence: Bordeaux 1 - École doctorale des sciences chimiques; 2011.
- [8] Lopez B, Laurent A, Ghestem JP, et al. Recherche de contaminants organiques dans les eaux souterraines des DOM en 2012-2013. Rapport final. Octobre 2013. [http://oai.afbiodiversite.fr/cindocoai/download/PUBLI/644/1/2013\\_030.pdf\\_8295Ko](http://oai.afbiodiversite.fr/cindocoai/download/PUBLI/644/1/2013_030.pdf_8295Ko)
- [9] Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Campagne nationale d'occurrence des résidus de médicaments dans les eaux destinées à la consommation humaine. Rapport. Mars 2011. [www.anses.fr/fr/system/files/LABO-Ra-EtudeMedicamentsEaux.pdf](http://www.anses.fr/fr/system/files/LABO-Ra-EtudeMedicamentsEaux.pdf)
- [10] Charuaud L, Jardé E, Jaffrézic A, et al. Veterinary pharmaceutical residues in water resources and tap water in an intensive husbandry area in France. *Sc Tot. Environm.* 2019;664:605-15.
- [11] Amalric L, Bados P, Charpentier R, et al. Résultats de l'essai interlaboratoires "résidus de médicaments dans les eaux". Rapport final 2012. [www.aquaref.fr/system/files/2012\\_IIA%2801%29\\_EIL%20Medicaments\\_RP61863.pdf](http://www.aquaref.fr/system/files/2012_IIA%2801%29_EIL%20Medicaments_RP61863.pdf)
- [12] European Medicines Agency (EMA). Guideline on the environmental risk assessment of medicinal products for human use. [www.ema.europa.eu/documents/scientific-guideline/draft-guideline-environmental-risk-assessment-medicinal-products-human-use-revision-1\\_en.pdf](http://www.ema.europa.eu/documents/scientific-guideline/draft-guideline-environmental-risk-assessment-medicinal-products-human-use-revision-1_en.pdf)
- [13] Commission européenne. Décision d'exécution (UE) 2015/495 de la Commission du 20 mars 2015 établissant une liste de vigilance relative aux substances soumises à surveillance à l'échelle de l'Union dans le

domaine de la politique de l'eau en vertu de la directive 2008/105/CE du Parlement européen et du Conseil.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015D0495&from=FR>

[14] Commission européenne. Communication from the commission to the european parliament, the council and the european economic and social committee. European Union Strategic Approach to Pharmaceuticals in the Environment. [https://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pdf/strategic\\_approach\\_pharmaceuticals\\_env.PDF](https://ec.europa.eu/environment/water/water-dangersub/pdf/strategic_approach_pharmaceuticals_env.PDF)

[15] Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). OECD Studies on water. Pharmaceutical Residues in Freshwater. Hazards and Policy Responses. [https://read.oecd-ilibrary.org/environment/pharmaceutical-residues-in-freshwater\\_c936f42d-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/environment/pharmaceutical-residues-in-freshwater_c936f42d-en#page1)

[16] Ministère des Solidarités et de la Santé. Plan national sur les résidus de médicaments dans les eaux (PNRM) 2010-2015. <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/les-plans-nationaux-sante-environnement/article/plan-national-sur-les-residus-de-medicaments-dans-les-eaux-pnrm-2010-2015>

[15] Ministère de la Transition écologique et solidaire. Lutte contre les pollutions de l'eau. [www.ecologique-solidaire.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau](http://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/lutte-contre-pollutions-leau)

[16] [www.acadpharm.org/dos\\_public/Avis\\_DGS\\_rEsidus\\_mEdicaments\\_dEfinal.pdf](http://www.acadpharm.org/dos_public/Avis_DGS_rEsidus_mEdicaments_dEfinal.pdf)

[17] Association pour l'optimisation de la qualité des soins (ASOQS). Programme Ecoprescription. <http://sesoignersanspolluer.com/>

[18] Groupe de recherche, animation technique et information sur l'eau (Graie). Médicaments dans l'eau : les bonnes questions à se poser. [www.graie.org/mediates/kit1.html](http://www.graie.org/mediates/kit1.html).

[19] Dagot C. Traitement des résidus de médicaments dans les ouvrages d'épuration des eaux. Environm Risques Santé. 2018;17(1):47-58.

[20] Sipibel. [www.graie.org/Sipibel/index.html](http://www.graie.org/Sipibel/index.html)

[21] Keep.eu. Programme européen No-Pills in water! [www.keep.eu/project/7034/no-pills-in-waters](http://www.keep.eu/project/7034/no-pills-in-waters)

[22] Treibich C, Lescher S, Sagaon-Teyssier L, Ventelou B. The expected and unexpected benefits of dispensing the exact number of pills. PLoS One. 2017;12(9):e0184420.

**Merci de respecter la présentation selon les normes de Vancouver**

Déclaration de liens d'intérêts

L'auteur déclare ne pas avoir de liens d'intérêts.

## Figure

### Levi\_fig1

Figure 1. Schéma simplifié des transferts dans les eaux de principes actifs de médicaments, métabolites et produits de dégradation.

© Yves Lévi/Elsevier Masson SAS

**Sur 2 colonnes près de son appel (ou 1 colonne + marge si besoin)**

## **Illustration**

**Levi\_illus1**

© photlook/stock.adobe.com

Légende :

La plupart des produits issus de la chimie moderne sont détectés dans l'environnement, particulièrement dans les milieux aquatiques tels que les eaux littorales, de surface ou souterraines.

**Sur 1 colonne en haut à droite en première page**

**S'il n'y a pas assez de place, supprimez-la**

