Devenir de la carbamazépine et ses produits de transformation dans les procédés de traitement des eaux usées

Jeanne TROGNON[1], Claire ALBASI[1], Jean-Marc CHOUBERT[2]

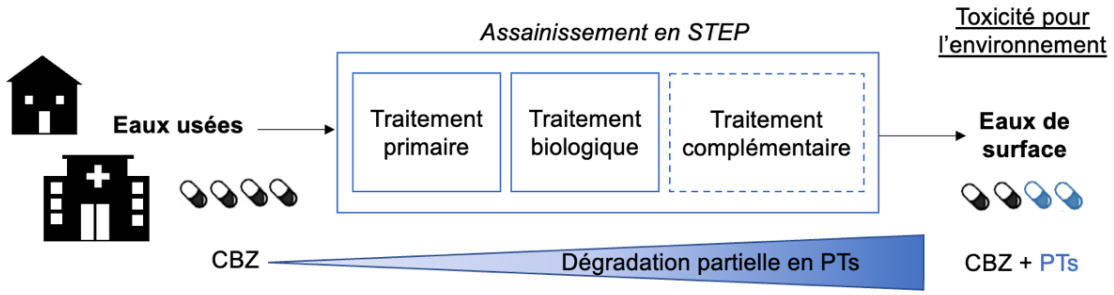
Affiliation 1 : Laboratoire de Génie Chimique, Université de Toulouse, CNRS, INPT, UPS, Toulouse, France

Affiliation 2 : INRAE UR REVERSAAL, Villeurbanne, France

Contexte de l'étude

La carbamazépine (CBZ) est une molécule pharmaceutique, dérivée de la dibenzazépine et utilisée dans le traitement de l'épilepsie, la névralgie du trijumeau et autre trouble du comportement (Hai *et al.*, 2018). Ce composé est émis dans les eaux usées domestiques et hospitalières avant d'atteindre les stations d'épuration (STEP). Avec une consommation mondiale estimée à plus de 1000 tonnes par an (Zhang *et al.*, 2008) et un faible taux d'abattement (<25%) par les procédés secondaires (Joss *et al.*, 2006), la CBZ est un des micropolluants fréquemment mesuré dans les eaux de surfaces (Luo *et al.*, 2014), y compris dans des zones à faible pression anthropique. D'autre part, la CBZ est également connues pour sa toxicité sur les organismes aquatiques tel que les algues vertes, les daphnies et les poissons (ECOSAR, 2022).

Afin d'atteindre un abattement plus important de la CBZ, des procédés complémentaires, de type oxydation avancée (POA) par exemple et des procédés de désinfection de l'eau (eau potable), sont étudiés depuis plusieurs années (Mathon *et al.,* 2017 ; Bourgin *et al.,* 2017). Cependant, il reste encore de nombreuses inconnues sur le devenir de cette molécule. En effet, la diversité des mécanismes impliqués dans ces procédés implique une multitude de voies réactionnelles menant à de nombreux produits de transformations (PTs) aux propriétés physico-chimiques différentes et aux structures parfois encore mal identifiées (Bonnot *et al.,* 2022). Le projet ANR TRANSPRO vise à l'amélioration des connaissances sur la nature et la dynamique de ces PTs. Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'identifier les voies de transformation de la CBZ en PTs dans divers procédés, et proposer des critères de classification de ces procédés.



Matériel et méthode

Le projet s'appuie sur une analyse bibliographique approfondie de plus de 80 articles scientifiques, publiés entre 2000 et 2022. L'abattement de la CBZ dans divers procédés ainsi que les PTs mesurés issus de sa dégradation ont été recensés, ainsi que la toxicité de ces PTs. Les données récoltées ont été traitées à l'aide des logiciels RStudio et Gephi.

Résultats à retenir

Dans un premier temps, les taux d'abattement de la CBZ ont été relevés pour divers procédés de traitement de l'eau. Les résultats ainsi obtenus confirment que la CBZ est particulièrement récalcitrantes à la plupart des procédés employés et que seuls quelques POA (ozonation, Fenton, photocatalyse au TiO2) et des techniques membranaires (osmose inverse, nanofiltration) permettent un abattement supérieur à 60%. Cependant, une forte diminution de la quantité de CBZ ne signifie pas forcément une disparition totale du micropolluant. En effet, les procédés biologiques et oxydatifs entrainent une dégradation de la CBZ en d'autres molécules organiques, les PTs. Au total, plus de 100 PTs différents ont été recensés pour la CBZ. Ceux-ci possèdent des propriétés chimiques très différentes (poids moléculaire, pKa, LogD) entrainant des mécanismes de résistance à la dégradation propre à chaque composé. Pour cela, une synthèse des voies de dégradation pour chaque PTs identifié a été réalisée, ce qui montre un réseau très complexe de réactions possibles. Ainsi, la grande diversité de ces PTs ainsi que la multiplicité des réactions impliquées rendent difficile leur suivi dans le cycle de l'eau. De plus, la majorité des PTs issus de la CBZ montrent une toxicité significative sur les organismes aquatiques (United Nations GHS report, 2011) montrant l'importance d'améliorer nos connaissances sur le devenir de ce micropolluant et de sa dégradation en PTs, ou son potentiel d'accumulation.

Références bibliographiques

Faisal I. Hai, Shufan Yang, Muhammad B. Asif, Vitor Sencadas, Samia Shawkat, Martina Sanderson-Smith, Jody Gorman, Zhi-Qiang Xu and Kazuo Yamamoto. Carbamazepine as a Possible Anthropogenic Marker in Water: Occurrences, Toxicological Effects, Regulations and Removal by Wastewater Treatment Technologies. *Water*, **2018**, 10, 107. https://doi.org/10.3390/w10020107

Yongjun Zhang, Sven-Uwe Geißen and Carmen Gal. Carbamazepine and diclofenac: Removal in wastewater treatment plants and occurrence in water bodies. *Chemosphere*, **2008**, 73, 1151–1161. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.07.086

Adriano Joss, Sebastian Zabczynski, Anke Göbel, Burkhard Hoffmann, Dirk Löffler, Christa S. McArdell, Thomas A. Ternes, Angela Thomsen and Hansruedi Siegrist. Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: Proposing a classification scheme. *Water research*, **2006**, 40, 1686– 1696. https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.02.014

Yunlong Luo, Wenshan Guo, Huu Hao Ngo, Long Duc Nghiem, Faisal Ibney Hai, Jian Zhang, Shuang Liang and Xiaochang C. Wang. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, **2014**, 619–641. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.065

United State Environmental Protection Agency, ECOSAR Predictive Model, https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/ecological-structure-activity-relationships-ecosar-predictive-model, Last updated on August 8, 2022

Baptiste Mathon, Marina Coquery, Cécile Miege, Ywann Penru and Jean-Marc Choubert. Removal efficiencies and kinetic rate constants of xenobiotics by ozonation in tertiary treatment. Water Science and Technology, **2017**, 75.12, 2727-2746. https://doi.org/10.2166/wst.2017.114

Marc Bourgin, Ewa Borowska, Jakob Helbing, Juliane Hollender, Hans-Peter Kaiser, Cornelia Kienle, Christa S. McArdell, Eszter Simon and Urs von Gunten. Effect of operational and water quality parameters on conventional ozonation and the advanced oxidation process O3/H2O2: Kinetics of micropollutant abatement, transformation product and bromate formation in a surface water. *Water Research,* **2017**, 122, 234-245. https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.05.018

Kevin Bonnot, Pierre Benoit, Laure Mamy, and Dominique Patureau. Transformation of PPCPs in the environment: Review of knowledge and classification of pathways according to parent molecule structures. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **2022.** https://doi.org/10.1080/10643389.2022.2045159

United Nations, Globally Harmonized System of classification and labelling of chemicals (GHS), Fourth revised edition, **2011**, ISBN: 978- 92-1-117042-9