

RESUME

Cette thèse s'inscrit dans la phase 5 du programme « OPUR : Observatoire des Polluants Urbains » et a pour objectif d'améliorer la compréhension et l'élimination des micropolluants pharmaceutiques (résidus de médicaments) le long des filières de traitement des eaux résiduaires urbaines. La présence de micropolluants pharmaceutiques dans les eaux résiduaires urbaines est principalement due à la consommation répandue de médicaments dans les zones urbaines, en particulier par le biais de l'excrétion humaine. L'élimination insuffisante de ces micropolluants pharmaceutiques par les stations d'épuration est la principale raison de leur présence dans les milieux aquatiques.

Afin de réduire les risques liés à la présence de ces micropolluants pour la faune et la flore aquatiques, l'ajout d'un traitement tertiaire (avancé) aux stations d'épuration conventionnelles est l'une des solutions possibles et permettrait de diminuer la concentration de ces polluants émergents dans le rejet des stations d'épuration.

L'importance de cette étude réside dans l'utilisation de l'acide performique, un désinfectant employé pour améliorer la qualité des effluents rejetés par les stations d'épuration dans la Seine en préparation des Jeux olympiques et paralympiques de 2024 qui se tiendront à Paris. Ainsi, cette étude vise à optimiser les conditions d'utilisation de ce désinfectant, que ce soit en utilisation individuelle ou en couplage avec d'autres oxydants sous forme de procédé d'oxydation avancée, en vue de l'élimination des micropolluants pharmaceutiques.

Les diverses expérimentations menées, d'abord en utilisant de l'eau ultrapure, ont révélé la réactivité marquée mais sélective de l'acide performique envers les composés organiques contenant du soufre réduit ou les amines tertiaires déprotonées, le mécanisme d'oxydation principal étant le transfert d'un atome d'oxygène. Dans les eaux résiduaires urbaines, l'acide performique est relativement réactif avec les micropolluants pharmaceutiques étudiés et leur élimination dépend fortement des différents constituants présents dans les effluents, certains pouvant activer l'acide performique et engendrer des espèces réactives capables de réduire un nombre plus important de micropolluants pharmaceutiques. Les résultats ont également montré que l'acide performique est efficace pour éliminer les micropolluants organiques polaires souvent moins bien éliminés par les procédés classiques. Le couplage de l'acide performique avec la photolyse UV-C ou l'ozone a significativement amélioré l'élimination des micropolluants pharmaceutiques résistants à l'acide performique.

Mots clés : Station de traitement des eaux résiduaires urbaines, eaux résiduaires urbaines, micropolluants pharmaceutiques, peracide, photolyse UV-C, ozonation.

ABSTRACT

This thesis is part of phase 5 of the "OPUR: Urban Pollutants Observatory" program and aims to enhance the understanding and elimination of pharmaceuticals (pharmaceutical residues) in the context of urban wastewater treatment processes. The presence of pharmaceuticals in urban wastewater is primarily attributed to widespread drug use in urban areas, particularly through human excretion. The insufficient removal of these pharmaceuticals by wastewater treatment plants is the main cause of their presence in aquatic environments.

To mitigate the risks associated with these micropollutants for aquatic flora and fauna, the addition of an advanced (tertiary) treatment to conventional wastewater treatment plants is one of the possible solutions. This approach would result in the reduction of the concentration of these emerging micropollutants in wastewater plant effluents.

The significance of this study lies in the use of performic acid, a disinfectant employed to improve the quality of effluent discharged in the Seine River by the wastewater treatment plants in preparation for the 2024 Olympic and Paralympic Games to be held in Paris. Thus, this study aims to optimize the conditions for using this disinfectant, either individually or in conjunction with other oxidants in tertiary (advanced) oxidation processes, for the removal of pharmaceuticals.

Various experiments, initially conducted using deionized water, revealed the pronounced yet selective reactivity of performic acid towards organic compounds containing reduced sulfur or deprotonated tertiary amines, with the primary oxidation mechanism involving the transfer of an oxygen atom.

In urban wastewater, performic acid exhibits relatively high reactivity with the pharmaceuticals under investigation, and their removal is significantly influenced by the diverse constituents present in the effluent. Some of these constituents could activate performic acid, thereby generating reactive species that can effectively reduce a greater number of pharmaceuticals. Furthermore, the results demonstrate the efficacy of performic acid in eliminating polar organic micropollutants, a task often challenging for conventional treatment processes. The combination of performic acid with UV-C photolysis or ozone significantly improved the removal of pharmaceuticals resistant to performic acid alone.

Keywords: Wastewater treatment plant, wastewater, pharmaceutical micropollutants, peracid, UV-C photolysis, ozonation.