

Modélisation prédictive par intelligence artificielle de la formation des sous-produits de désinfection (Disinfection-By-Products) dans les eaux de rivières françaises

Type d'emploi : Stage

Niveau de formation : Master 2 ou 3^{ème} Ecole d'ingénieurs

Compétence : Maths Appliquées / Data Science

Période : Mars/Avril 2026 - Août/Septembre 2026 (6 mois)

Lieu : EDF R&D, Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement, Chatou (78)

Encadrants : Fabrice Zaoui et Saïd Kinani (EDF R&D), Benoît Teychené (IC2MP-CNRS)

Contexte

Ce stage s'inscrit dans le cadre du projet de recherche ANR Biocide-WATCH (AAPG2025), coordonné par EDF et l'Université de Poitiers, qui vise à comprendre l'impact du changement climatique sur les traitements biocides par monochloramine utilisés notamment dans les circuits de refroidissement des centrales nucléaires. L'enjeu majeur du projet concerne la formation de sous-produits de désinfection (DBPs, Disinfection by-products) qui résultent de la réaction entre la monochloramine et la matière organique naturelle présente dans les eaux de rivières.

Les DBPs constituent une préoccupation environnementale et sanitaire majeure car plus de 18 de ces composés sont réglementés par le règlement européen sur les produits biocides (EU 528/2012). Le changement climatique pourrait modifier les propriétés physico-chimiques des cours d'eau, entraînant notamment des variations dans la composition de la matière organique et donc dans les profils de DBPs formés. La capacité de détecter l'influence du changement climatique sur la physico-chimie des cours d'eau, ainsi que la capacité à prédire son évolution dans le temps devient cruciale pour anticiper les risques et adapter les stratégies de traitement.

Objectif du stage

Le stage se concentre sur le Work Package 6 (WP6) du projet Biocide-WATCH, dédié au traitement des données par intelligence artificielle. L'un des objectifs principaux de ce volet est d'étudier l'évolution temporelle de la qualité physico-chimique de certains cours d'eau d'intérêt afin d'identifier d'éventuelles manifestations du changement climatique et, dans un second temps, d'en projeter l'évolution future. Dans un premier temps, le travail portera sur la compilation des données disponibles concernant les descripteurs jugés pertinents, tels que le carbone organique total et dissous. Cette compilation fera appel aux bases de données existantes, notamment la base publique de l'Agence de l'eau « [Naïdes](#) », ainsi qu'aux données collectées par EDF et à toutes autres sources pertinentes. Le stagiaire utilisera des techniques avancées d'analyse statistique et d'intelligence artificielle pour établir des relations entre les paramètres de qualité de l'eau (matière organique, température, pH...) et les variables climatiques.

Déroulement du stage

Le stage débutera par une revue bibliographique visant à identifier les principaux paramètres de qualité de l'eau influençant la formation de sous-produits et à analyser les méthodologies employées pour étudier leur évolution temporelle, notamment dans le contexte du changement

climatique. La phase suivante consistera à collecter les données disponibles et à les organiser selon un format approprié en vue de leur analyse. Une d'exploration approfondie des données historiques collectées sur plusieurs années sera ensuite réalisée. Cette étape cruciale permettra d'identifier les tendances temporelles et spatiales dans l'évolution de la qualité de l'eau, en portant une attention particulière aux variations de la matière organique dissoute (DOM) qui constitue le précurseur principal des DBPs. Le stagiaire devra gérer les problématiques classiques des données environnementales telles que les valeurs manquantes, les changements de protocoles de mesure ou de localisation des stations, en appliquant des méthodes d'imputation adaptées comme les moyennes mobiles pondérées ou les techniques d'interpolation temporelle. Une phase d'analyse et de classification de données sera ensuite réalisée à l'aide de modèles linéaires généralisés à effets mixtes (GLMM) ou modèles de type carte auto adaptative.

La phase de modélisation constituera le cœur du stage. Le stagiaire pourra d'abord développer des modèles de séries temporelles classiques (ARIMA, ARIMAX) pour prédire l'évolution des paramètres de qualité d'eau, puis explorera des approches d'apprentissage profond, notamment les réseaux de neurones récurrents de type LSTM ou GRU, particulièrement adaptés aux séries temporelles longues s'il y a lieu. La perspective à termes est de construire des modèles capables de prédire la formation potentielle de DBPs en fonction des conditions physico-chimiques de l'eau et des paramètres de traitement (concentration initiale d'oxydant, temps de réaction, température). Une attention particulière sera portée à la validation des modèles et à leur capacité de généralisation sur différents sites.

Cette méthodologie permettra d'identifier des groupes de situations où la qualité de l'eau présente un risque élevé de formation de DBPs problématiques, soit en termes de concentration, soit en termes de nature des composés formés. Cette approche de classification facilitera le développement d'outils d'aide à la décision permettant aux opérateurs d'anticiper les périodes critiques et d'adapter les protocoles de traitement.

Compétences recherchées et apports du stage

Le candidat idéal possède une formation solide en science des données, statistiques ou informatique, avec une maîtrise du langage Python et des bibliothèques scientifiques standards (pandas, numpy, scikit-learn). Des connaissances en apprentissage automatique et en traitement de séries temporelles sont indispensables. Une expérience préalable avec les frameworks de deep learning (TensorFlow, PyTorch, Keras) constituerait un atout majeur. Une sensibilité aux problématiques environnementales et sanitaires liées à la qualité de l'eau sera appréciée.

Ce stage offre une opportunité unique de travailler sur des données réelles à fort impact sociétal et environnemental, dans le contexte d'un projet de recherche ambitieux réunissant trois partenaires académiques et industriels majeurs. Le stagiaire bénéficiera d'un encadrement scientifique de qualité au sein d'une équipe pluridisciplinaire combinant expertise en chimie de l'eau, sciences analytiques et modélisation. Les résultats du stage contribueront directement aux livrables du projet Biocide-WATCH et pourront faire l'objet de communications scientifiques, offrant ainsi une excellente valorisation du travail réalisé.

Candidature

Les candidats intéressés sont invités à envoyer leur CV détaillé, une lettre de motivation à :

[Fabrice Zaoui](#), [Saïd Kinani](#) et [Benoît Teychené](#).

fabrice.zaoui@edf.fr

said.kinani@edf.fr

benoit.teychene@univ-poitiers.fr