

# Proposition de sujet de thèse 2023

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : [hammad@cerege.fr](mailto:hammad@cerege.fr)  
\*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

## Sujet de doctorat proposé \*: Microplastiques et nanoplastiques dans les eaux : mise au point d'une caractérisation complète et évaluation des performances de rétention de différents procédés membranaires

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail \*:  
CARRETIER, Emilie [emilie.carretier@univ-amu.fr](mailto:emilie.carretier@univ-amu.fr)  
MONNOT, Mathias [mathias.monnot@univ-amu.fr](mailto:mathias.monnot@univ-amu.fr)

Laboratoire \*: M2P2

### Tableau récapitulatif du sujet

<b>Candidat(e)<sup>(1)</sup></b>	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année (Xème sur Y)	
Mention et classement au S3 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au S4 du Master 2 (Xème sur Y)	
Mention et classement au M2 (année) (Xème sur Y)	
MASTER (nom, université)	
<b>Sujet de doctorat proposé*</b>	
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Emilie CARRETIER (HDR) Mathias MONNOT (non HDR)
Laboratoire*	M2P2
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pilotes de procédés membranaires existants disponibles au M2P2</li><li>• Fonds propres équipe EPM M2P2 pour les consommables (membranes et analyses)</li><li>• NanoSight NS300 de Malvern disponible au M2P2</li><li>• Région Sud (projet MOSTRA) et LCE pour le microscope FTIR (de PerkinElmer) pour l'analyse des microplastiques disponible au LCE à partir d'avril 2023</li><li>• Py-GC/MS existante au LCE pour l'analyse des nanoplastiques</li><li>• Contrat de collaboration avec PerkinElmer en cours de discussion</li></ul>

## Sujet de doctorat proposé\*

**Intitulé\*** : Microplastiques et nanoplastiques dans les eaux : mise au point d'une caractérisation complète et évaluation des performances de rétention de différents procédés membranaires

### Descriptif\* :

#### Contexte

Les microplastiques (1  $\mu\text{m}$  - 5 mm) proviennent soit directement d'objets en plastique de petites tailles (source primaire), soit d'objets en plastique plus grossiers qui sont dégradés physiquement, chimiquement ou biologiquement dans l'environnement (source secondaire) (Frias and Nash, 2019). Des milliers de tonnes de microplastiques sont retrouvés dans les sols, les eaux et les airs (Lebreton et al., 2017; Nizzetto et al., 2016). Les quantités massives de microplastiques provoquent des effets de plus en plus néfastes sur l'homme et l'environnement puisque les microplastiques peuvent être ingérés par les organismes et transportés dans les chaînes alimentaires (bioaccumulation) même si les effets toxiques sur l'homme n'ont pas encore été démontrés. La toxicité des microplastiques proviendrait de trois origines : (i) leur structure chimique en particulier liée aux additifs (phtalates, bisphénol A...), (ii) leurs propriétés physiques (grand rapport surface/volume, formes diverses) et (iii) les microorganismes potentiellement pathogènes qu'ils pourraient transporter (Padervand et al., 2020). De plus, les microplastiques pourraient être dégradés en nanoplastiques (< 1  $\mu\text{m}$ ) potentiellement encore plus dangereux que les microplastiques (Ekvall et al., 2019; Zaki and Aris, 2022). Cependant, la perception publique des risques induits par les microplastiques et nanoplastiques est assez faible, et peu de pays ou de régions ont émis des normes limitatives concernant cette pollution. **Aujourd'hui, les principaux enjeux autour de cette pollution, outre l'étude des effets néfastes sur l'homme et l'environnement, concernent l'analyse fiable qualitative et quantitative des microplastiques et des nanoplastiques dans les compartiments environnementaux (eau, air, sol) et le développement de procédés de rétention ou d'élimination de ces polluants.**

#### Enjeux

En se focalisant sur l'analyse des microplastiques dans les eaux, parmi les méthodes analytiques actuelles, la microscopie infrarouge à transformée de Fourier ( $\mu$ -FTIR) est une approche analytique très intéressante. C'est une technique analytique non destructive qui nécessite cependant un prétraitement par digestion (oxydative en général) des échantillons afin d'éviter la superposition des microplastiques avec des matières organiques ou inorganiques qui empêcheraient leur identification précise. Une approche méthodologique pour l'analyse des microplastiques de 10  $\mu\text{m}$  à 500  $\mu\text{m}$  adaptée aux échantillons complexes réels d'eau a d'ailleurs été développée au laboratoire Mécanique Modélisation et Procédés Propres (M2P2 – AMU) en collaboration avec le Laboratoire Chimie Environnement (LCE - AMU) en utilisant la  $\mu$ -FTIR couplée au freeware analytique siMPle (<https://simple-plastics.eu/>). Cette analyse a été réalisée sur différents échantillons d'eau (eau de mer, eau douce et eaux usées) provenant de différentes usines et stations d'épuration en prenant soin à la collecte des microplastiques contenus dans les échantillons, au choix du solvant de rinçage du matériel, et principalement, aux choix des protocoles de digestion adaptés pour la préparation des échantillons. Certaines recommandations sont suggérées en fonction de la qualité de l'eau pour la sélection des protocoles de digestion, même si ce n'est pas le seul facteur décisif. L'approche méthodologique par  $\mu$ -FTIR a finalement été évaluée comme étant efficace et fiable au regard de la littérature (Yang et al., 2023a). Suite à ces travaux, des protocoles standardisés de prétraitement des échantillons en fonction de leur qualité semblent nécessaires mais n'existent pas aujourd'hui. L'analyse des nanoplastiques fait aussi l'objet d'une attention croissante ces dernières années. Parmi les techniques analytiques à l'étude pour ces nanoplastiques, la pyrolyse-chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (Py-GC/MS) apporte des résultats satisfaisants en termes de types de polymère (basés sur l'analyse des produits de pyrolyse) et de fractions massiques de chaque polymère sans donner d'informations sur la taille des particules (Adhikari et al., 2022; Ivleva, 2021).

Il apparaît important de pouvoir caractériser dans un même échantillon à la fois les microplastiques et les nanoplastiques par exemple en couplant la  $\mu$ -FTIR (qui utilise un filtre à 3  $\mu\text{m}$ ) pour l'analyse des microplastiques et la Py-GC/MS sur le filtrat récupéré pour l'analyse des nanoplastiques du même échantillon. **Cette caractérisation complète microplastiques (taille, type, nombre voire masse) et nanoplastiques (<3  $\mu\text{m}$ , type, masse) d'un même échantillon est assez rare dans la littérature.**

Parmi les procédés chimiques, biologiques et physiques d'élimination des microplastiques, les procédés membranaires semblent être une solution prometteuse (Mukherjee et al., 2022; Padervand et al., 2020). Ceci a été confirmé dans le cadre de l'étude entre le M2P2 et le LCE où la distribution et le devenir des microplastiques dans différentes sources d'eau et leurs stations de traitement ont été étudiés (Yang et al., 2023b). L'enquête a permis de déterminer que presque tous les procédés de traitement pouvaient éliminer les microplastiques, quels que soient les types d'eau d'alimentation et la concentration de microplastiques. Les quatre stations d'épuration des eaux usées (urbaines ou industrielles), les trois stations de production d'eau potable et la station de traitement de l'eau de mer en France ont permis, respectivement, d'éliminer ou de retenir 87,8-99,8 %, 82,3-99,9 %, 69,0-96,0 % des microplastiques en quantité. De plus, l'ultrafiltration a été confirmée comme une technologie efficace pour la rétention des microplastiques (entre 70 et 100% et entre 80 et 100% en quantité et en surface respectivement) à la fois à l'échelle laboratoire et à l'échelle industrielle. Néanmoins, certains procédés de traitement ou certaines canalisations ont pu entraîner une contamination supplémentaire aux microplastiques faisant apparaître la nécessité de réaliser des expériences de filtration en conditions parfaitement contrôlées et sans équipement en plastique. Malgré la taille des pores des membranes bien plus petits que la taille des microplastiques, il a été démontré que certains pouvaient passer, en particulier des fibres en polyéthylène téréphtalate (PET) à travers une membrane de microfiltration en céramique (0,1 µm en carbure de silicium ou en alumine) (Hyeon et al., 2023). De plus, l'âge d'une membrane d'ultrafiltration (200 kDa en polyéther sulfone (PES))) semblait pouvoir avoir un effet sur l'efficacité de rétention mais nécessite d'être confirmé (Yang et al., 2023b). De plus, il y a peu d'information dans la littérature concernant la rétention des nanoplastiques par les procédés membranaires. **Il semble donc important de pouvoir évaluer les performances de rétention des microplastiques et des nanoplastiques dans les eaux par les procédés membranaires en fonction du seuil de coupure (microfiltration, ultrafiltration voire osmose inverse), du matériau (organique ou inorganique) et si possible de l'âge ou du vieillissement des membranes.**

## Objectifs

Les objectifs principaux du projet de thèse seront donc de proposer une méthode de caractérisation complète d'un échantillon d'eau en microplastiques et nanoplastiques (taille, type, concentration) et d'évaluer les performances de rétention de différents procédés membranaires en fonction du seuil de coupure, du matériau et de l'âge des membranes. Ces objectifs seront poursuivis d'abord dans des échantillons d'eaux modèles simples puis dans des échantillons réels d'eaux plus complexes.

## Méthodologie

Un schéma global de la méthodologie de la thèse est proposé en Figure 1. Toutes les analyses et toutes les expériences seront réalisées au moins en triplicat et un soin particulier sera apporté à la caractérisation de la contamination potentielle aux microplastiques et nanoplastiques de l'air et des liquides de rinçage, à l'utilisation d'équipements en verre, de blouses en coton et de volumes d'échantillon suffisants.

La thèse pourrait être divisée en trois grandes parties interconnectées.

La première partie sera consacrée à la caractérisation d'échantillons modèles simples constitués d'eau ultrapure (ou autre solvant plus adapté tel que l'éthanol) et d'une quantité connue de microparticules et/ou nanoparticules plastiques (tels que des particules de polyéthylène PE disponibles chez Cospheric, USA).

L'idée est d'utiliser l'analyse par µ-FTIR pour les microplastiques sur un filtre à 3 µm grâce au microscope FTIR (de PerkinElmer) obtenu par le LCE puis de récupérer le filtrat pour l'analyse des nanoplastiques par pyrolyse GC/MS (technique disponible au LCE également) dans une première approche. Ainsi les informations suivantes seront caractérisées : taille, type, nombre sur les microplastiques ; et type et fraction massique sur les nanoplastiques de moins de 3 µm.

Dans une seconde approche, une tentative pour obtenir la masse de microplastiques pourra être testée en faisant une hypothèse sur les épaisseurs des microplastiques et en comparant avec les masses réelles de microplastiques (Simon et al., 2018). De plus, afin d'obtenir éventuellement une information sur la taille et/ou le nombre de nanoplastiques, le NanoSight NS300 de Malvern Instruments disponible au M2P2 pourra aussi être utilisé. L'appareil repose sur la technologie d'analyse du suivi individuel de particules (Nanoparticle

Tracking Analysis, NTA) y compris les nanoplastiques moyennant certains ajustements et préparations des échantillons, comme suggéré par la littérature (Caputo et al., 2021; Chang et al., 2022; Ramirez Arenas et al., 2022).

L'objectif de cette première partie est d'obtenir une méthode de caractérisation complète micro/nanoplastiques juste et fidèle en taille, en type et en concentration (nombre et/ou masse).

La deuxième partie est d'étudier l'efficacité de rétention des micro et nanoplastiques par des procédés membranaires d'abord à l'échelle laboratoire avec des échantillons synthétiques caractérisés (en première partie) puis à l'échelle industrielle (en parallèle de la troisième partie de thèse) en analysant des échantillons prélevés sur des usines de traitement des eaux avec procédés membranaires.

A l'échelle laboratoire, la rétention des microplastiques et nanoplastiques sera étudiée à travers des membranes de microfiltration (MF) et ultrafiltration (UF) en matériau organique (PES par exemple) ou céramique avec des tailles de pores autour de 0,1  $\mu\text{m}$  pour la MF et des seuils de coupure entre 150 kDa et 300 kDa pour l'UF. Les pilotes permettant la mise en œuvre de ces procédés membranaires seront complètement en acier inoxydable pour éviter la contamination éventuelle des canalisations et équipements en plastique. L'osmose inverse (membrane organique dense) pourra aussi être étudiée. La plupart des pilotes membranaires à l'échelle laboratoire sont disponibles au M2P2. L'objectif est de confirmer en environnement contrôlé le passage éventuel de certains microplastiques et nanoplastiques et d'étudier l'effet de la taille des pores / seuils de coupure et l'effet du type de matériau des membranes sur les rétentions. L'effet du vieillissement des membranes (membranes neuves *versus* membranes vieilles en accéléré) sur les rétentions pourra aussi être étudiée. Cela permettra de faire un pas en avant sur la compréhension des mécanismes de transfert de ces particules à travers les procédés membranaires.

La troisième partie de la thèse vise à pouvoir caractériser des échantillons d'eaux réelles complexes présentant par exemple une forte turbidité, une forte concentration en matières organiques, une forte salinité etc... Des prétraitements sont nécessaires, en particulier la digestion oxydative pour les matières organiques, à adapter en fonction du type d'échantillon. L'idéal serait de pouvoir proposer des conditions standardisées de prétraitement des échantillons en fonction de leur qualité qui permettent ensuite leur analyse correcte par  $\mu$ -FTIR et Py-GC/MS.

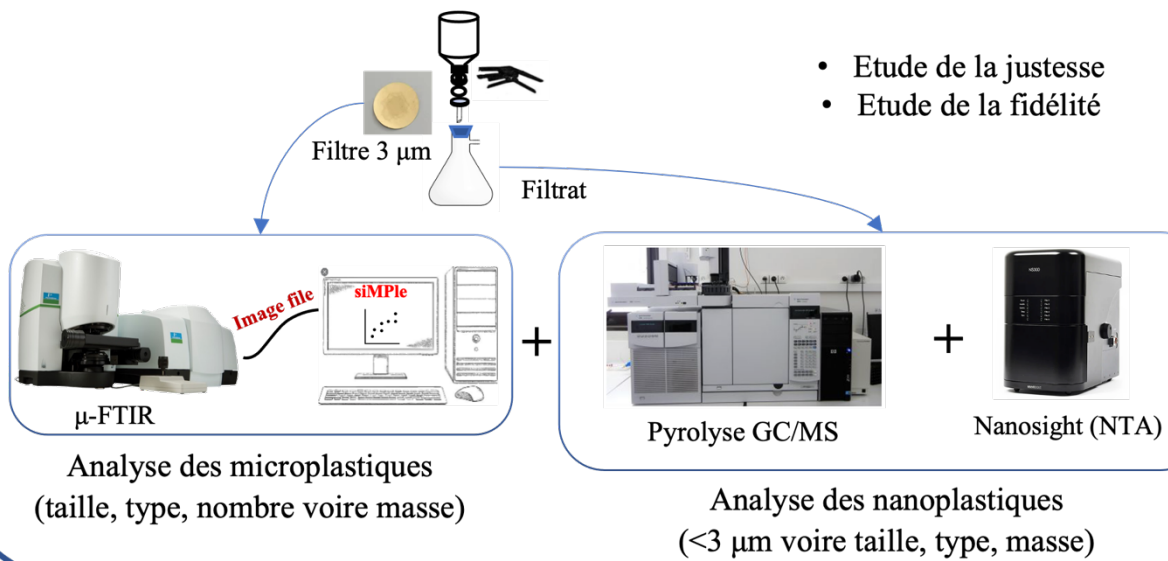
Il sera ensuite possible d'étudier la rétention en micro et nanoplastiques à l'échelle industrielle (en parallèle de la deuxième partie de thèse) en analysant des échantillons prélevés sur des usines de traitement des eaux avec procédés membranaires ou en filtrant à l'échelle laboratoire des échantillons bruts provenant de ces mêmes usines. Dans cette troisième partie, l'objectif est aussi de pouvoir proposer des étapes de concentration de très grands volumes (parfois  $> 500$  L) pour une analyse optimale des microplastiques en  $\mu$ -FTIR (Koelmans et al., 2019). Ces très grands volumes, même d'une eau claire, sont difficilement filtrables sur le petit filtre (diamètre 13 mm) de 3  $\mu\text{m}$  et l'idée serait donc de concentrer ces volumes par procédé membranaires s'il est bien démontré une rétention quasi complète, puis de prétraiter l'échantillon (car devenu plus concentré aussi en matières organiques notamment) avant analyse  $\mu$ -FTIR.

#### Détail du Programme finançant la recherche\* :

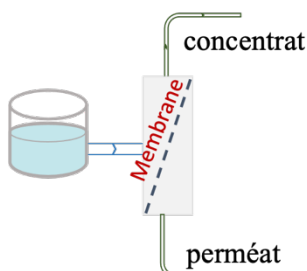
- Pilotes de procédés membranaires existants disponibles au M2P2
- Fonds propres équipe EPM M2P2 pour les consommables (membranes et analyses)
- NanoSight NS300 de Malvern disponible au M2P2
- Région Sud (projet MOSTRA) et LCE pour le microscope FTIR (de PerkinElmer) pour l'analyse des microplastiques disponible au LCE à partir d'avril 2023
- Py-GC/MS existante au LCE pour l'analyse des nanoplastiques
- Contrat de collaboration avec PerkinElmer en cours de discussion

## Caractérisation d'échantillons modèles simples

Eau ultrapure ou autre solvant caractérisé + PE, PS, PET etc.



## Etude des performances de rétention de différents procédés membranaires



- Pilote tout inox (échelle laboratoire)
- Microfiltration (MF), ultrafiltration (UF) : membranes organique ou céramique, de plusieurs seuils de coupure, neuves et âgées
- Osmose inverse (OI) : membranes neuves et âgées
- Etude sur échantillons synthétiques caractérisés puis prélevés sur installations industrielles membranaires

## Caractérisation d'échantillons réels complexes

Eau douce de surface, eau de mer, eau usée



- Préparation et standardisation de protocoles de prétraitements (digestion etc.) en fonction de la qualité de l'eau (COT (y compris solide), turbidité, teneur en calcaire etc...)
- Concentration des échantillons par **procédés membranaires** avant analyse pour respecter les grands volumes nécessaires (500L pour les eaux les plus claires)

Figure 1 : méthodologie du sujet de thèse proposé

## Références

- Adhikari, S., Kelkar, V., Kumar, R., Halden, R.U., 2022. Methods and challenges in the detection of microplastics and nanoplastics: a mini-review. *Polymer International* 71, 543–551. <https://doi.org/10.1002/pi.6348>
- Caputo, F., Vogel, R., Savage, J., Vella, G., Law, A., Della Camera, G., Hannon, G., Peacock, B., Mehn, D., Ponti, J., Geiss, O., Aubert, D., Prina-Mello, A., Calzolari, L., 2021. Measuring particle size distribution and mass concentration of nanoplastics and microplastics: addressing some analytical challenges in the sub-micron size range. *Journal of Colloid and Interface Science* 588, 401–417. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.12.039>
- Chang, Y.-S., Chou, S.-H., Jhang, Y.-J., Wu, T.-S., Lin, L.-X., Soo, Y.-L., Hsiao, I.-L., 2022. Extraction method development for nanoplastics from oyster and fish tissues. *Science of The Total Environment* 814, 152675. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152675>
- Ekvall, M.T., Lundqvist, M., Kelpsiene, E., Sileikis, E., Gunnarsson, S.B., Cedervall, T., 2019. Nanoplastics formed during the mechanical breakdown of daily-use polystyrene products. *Nanoscale Adv.* 1, 1055–1061. <https://doi.org/10.1039/C8NA00210J>
- Frias, J.P.G.L., Nash, R., 2019. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin* 138, 145–147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Hyeon, Y., Kim, S., Ok, E., Park, C., 2023. A fluid imaging flow cytometry for rapid characterization and realistic evaluation of microplastic fiber transport in ceramic membranes for laundry wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal* 454, 140028. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.140028>
- Ivleva, N.P., 2021. Chemical Analysis of Microplastics and Nanoplastics: Challenges, Advanced Methods, and Perspectives. *Chem. Rev.* 121, 11886–11936. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.1c00178>
- Koelmans, A.A., Mohamed Nor, N.H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S.M., De France, J., 2019. Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research* 155, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>
- Lebreton, L.C.M., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J., 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat Commun* 8, 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>
- Mukherjee, A.G., Wanjari, U.R., Bradu, P., Patil, M., Biswas, A., Murali, R., Renu, K., Dey, A., Vellingiri, B., Raja, G., Iyer, M., Valsala Gopalakrishnan, A., 2022. Elimination of microplastics from the aquatic milieu: A dream to achieve. *Chemosphere* 303, 135232. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135232>
- Nizzetto, L., Langaas, S., Futter, M., 2016. Pollution: Do microplastics spill on to farm soils? *Nature* 537, 488–488. <https://doi.org/10.1038/537488b>
- Padervand, M., Lichtfouse, E., Robert, D., Wang, C., 2020. Removal of microplastics from the environment. A review. *Environ Chem Lett* 18, 807–828. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-00983-1>
- Ramirez Arenas, L., Ramseier Gentile, S., Zimmermann, S., Stoll, S., 2022. Fate and removal efficiency of polystyrene nanoplastics in a pilot drinking water treatment plant. *Science of The Total Environment* 813, 152623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152623>
- Simon, M., van Alst, N., Vollertsen, J., 2018. Quantification of microplastic mass and removal rates at wastewater treatment plants applying Focal Plane Array (FPA)-based Fourier Transform Infrared (FT-IR) imaging. *Water Research* 142, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.05.019>
- Yang, J., Monnot, M., Sun, Y., Asia, L., Wong-Wah-Chung, P., Doumenq, P., Moulin, P., 2023a. Microplastics in different water samples (seawater, freshwater, and wastewater): methodology approach for characterization using micro-FTIR spectroscopy. *Water Research* 119711. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119711>
- Yang, J., Monnot, M., Sun, Y., Asia, L., Wong-Wah-Chung, P., Doumenq, P., Moulin, P., 2023b. Microplastics in different water samples (seawater, freshwater, and wastewater): Removal efficiency of membrane treatment processes. *Water Research* 119673. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119673>
- Zaki, M.R.M., Aris, A.Z., 2022. An overview of the effects of nanoplastics on marine organisms. *Science of The Total Environment* 831, 154757. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154757>



## Directeur(s) de thèse proposé(s)\*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

## Directeur HDR proposé\*

Nom - Prénom : CARRETIER - Emilie

Corps : Professeur des Universités

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : M2P2

Adresse mail : [emilie.carretier@univ-amu.fr](mailto:emilie.carretier@univ-amu.fr)

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

- Le Hir M., A. Magne, T. Clair, E. Carretier, P. Moulin, Solvent Regeneration in Complex Mixture Using Pervaporation, Organic Process Research & Development, 25(3), 2021, Pages 469-485
- La Rocca, T., E. Carretier, D. Dhaler, E. Louradour, T. Truong, P. Moulin, Purification of pharmaceutical solvents by pervaporation through Hybrid Silica membranes, Membranes, Volume 9 (2019), Pages 1-17
- N. Comberoux, V. Labed, L. Schrive, Y. Wyart, E. Carretier, P. Moulin, Study of polyamide composite reverse osmosis membrane degradation in water under gamma rays, Journal of Membrane Science, Volume 480, 15 April 2015, Pages 64-73
- Cano, G., A. Mouahid, E. Carretier, P. Guasp, D. Dhaler, B. Castelas, P. Moulin, Computational fluid dynamics simulations of membrane filtration process adapted for water treatment of aerated sewage lagoons, Water science and technology, Volume 71-2, Pages 197-202, 2015.
- Regula, C., E. Carretier, Y. Wyart, G. Gézan-Guiziou, A. Vincent, D. Boudot and P. Moulin, Chemical cleaning/disinfection and ageing of organic UF membranes : a review, Water research, volume 56 (2014), Pages 325-365.

## Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années\*

- Nom : La Rocca Thomas

Intitulé : Recyclage et purification de solvants organiques par procédés membranaires

Type d'allocation : MESR

Date de début de l'allocation de doctorat : 2015

Date de soutenance : 28 février 2019

Programme finançant la recherche : ADEME

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement: 50%

- Nom : Magne Adrien

Intitulé : Purification et réutilisation de catalyseurs au palladium

Type d'allocation : Contrat SANOFI- PROTISVALOR

Date de début de l'allocation de doctorat : 2021

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) :

Programme finançant la recherche : Contrat SANOFI- PROTISVALOR

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : thèse en cours

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50%

## **Autre directeur proposé (éventuellement)\***

Nom - Prénom : MONNOT - Mathias

Corps : Maître de Conférences

Adresse mail : [mathias.monnot@univ-amu.fr](mailto:mathias.monnot@univ-amu.fr)

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) : M2P2

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

- Yang J., Monnot M., Sun Y., Asia L., Wong-Wah-Chung P., Doumenq P., Moulin P., 2023. Microplastics in different water samples (seawater, freshwater, and wastewater): methodology approach for characterization using micro-FTIR spectroscopy. *Water Research*, 232, 119711. doi.org/10.1016/j.watres.2023.119711
- Yang J., Monnot M., Sun Y., Asia L., Wong-Wah-Chung P., Doumenq P., Moulin P., 2023. Microplastics in different water samples (seawater, freshwater, and wastewater): removal efficiency of membrane treatment processes. *Water Research*, 232, 119673. doi:10.1016/j.watres.2023.119673.
- Gout E., Monnot M., Boutin O., Vanloot P., Claeys-Bruno M., Moulin P., 2022. Assessment and optimization of wet air oxidation for treatment of landfill leachate concentrated with reverse osmosis. *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 765-774. doi: 10.1016/j.psep.2022.04.046
- Taligrot H., Monnot M., Ollivier J., Cordier C., Jacquet N., Vallade E., Garry P., Stravakakis C., Le Guyader F.S., Moulin P., 2022. Retention of the Tulane virus, a norovirus surrogate, by ultrafiltration in seawater and production systems. *Aquaculture* 553, 738096. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738096>
- Yang J., Monnot M., Eljaddi T., Ercolei L., Simonian L., Moulin P., 2021. Ultrafiltration as tertiary treatment for municipal wastewater reuse. *Separation and Purification Technology* 272 - 118921. Doi: 10.1016/j.seppur.2021.118921

## **Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années\***

- Nom : Yang Jiaqi

Intitulé : Réutilisation des eaux par ultrafiltration en tant que traitement tertiaire des eaux usées municipales

Type d'allocation : Bourse CSC (China Scholarship Council)

Date de début de l'allocation de doctorat : 01/12/2018

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 21/11/2021

Programme finançant la recherche : collaboration avec Société des Eaux de Marseille Métropole

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : postdoctorat Harbin Institute, China

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50%

- Nom : Gout Emilie

Intitulé : Filière durable de traitement d'effluents liquides non biodégradables par couplage de procédés membranaires et oxydation en voie humide

Type d'allocation : contrat doctoral ANR

Date de début de l'allocation de doctorat : 01/01/2020

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 31/01/2023

Programme finançant la recherche : ANR JCJC

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : en recherche d'emploi (piste solide en cours chez industriel partenaire de thèse)

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50%



- Nom : Taligrot Hugo

Intitulé : Production d'eau potable par Osmose inverse Basse Pression : étude du vieillissement des membranes et de la rétention en polluants émergents

Type d'allocation : contrat doctoral ministère

Date de début de l'allocation de doctorat : 01/10/2021

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 10/2024

Programme finançant la recherche : Contrat de collaboration avec Eaux de Paris

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : thèse en cours

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50%