



HAL
open science

Les microplastiques et leur couronne de protéines (corona)

Guillaume Brotons

► **To cite this version:**

Guillaume Brotons. Les microplastiques et leur couronne de protéines (corona) : Suivi des polluants microplastiques en interaction avec protéines et milieux biologiques. Les cahiers de la Recherche. Santé, Environnement, Travail, 2021, Microplastiques et nanomatériaux, 17, pp.34-36. anses-03350008

HAL Id: anses-03350008

<https://hal-anses.archives-ouvertes.fr/anses-03350008>

Submitted on 21 Sep 2021

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.

Les microplastiques et leur couronne de protéines (corona)

Suivi des polluants microplastiques en interaction avec protéines et milieux biologiques

Guillaume BROTONS, Université du Maine, IMMM, UMR CNRS 6283, Le Mans

Équipes partenaires : **Yves Boulard**, CEA, Laboratoire de Biologie structurale et Radiobiologie, Gif-sur-Yvette – **Philippe Soudant**, Université de Brest, LEMAR IUEM UBO, Plouzané

Projet de recherche (2019 – 2022) – Financement : 174 k€ – Contact : guillaume.brotons@univ-lemans.fr

Mots-clés : matière plastique, milieu aquatique, eau, écosystème, interaction, protéine, microparticule, nanoparticule, chaîne alimentaire, mécanisme action, biofilm, bio-physique/chimie, microorganisme, migration, intégration, translocation, cellule, adsorption, microscopie optique

Parmi les contaminants, micro- et nanoplastiques (MNP) sont des polluants émergents spécifiques souvent issus de la fragmentation des déchets plastiques dans l'environnement. Ils peuvent se stabiliser dans l'eau ou, au contraire, s'agréger en fonction des molécules qui couvriront leurs surfaces et par la suite crémier vers la surface ou sédimer. Ils suscitent un intérêt croissant, notamment car ils sont susceptibles d'être ingérés par un grand nombre d'organismes aquatiques (vertébrés et invertébrés) et s'accumuler dans la chaîne alimentaire animale et humaine. Ce sont les plus petits débris, ceux dont la taille est inférieure à quelques dizaines de microns, qui posent le plus de questions à la recherche. D'une part, ils sont les plus difficiles à détecter et identifier dans les compartiments environnementaux. D'autre part, ils ont une plus grande propension à s'adsorber sur (et/ou traverser) certaines membranes biologiques.

La couronne de protéines (corona)

Dans un milieu biologique, les particules restent rarement « nues » et sont rapidement recouvertes par des molécules de l'environnement. Ce sont essentiellement des protéines dans le milieu biologique ; on parle alors de couronne de protéines (corona) même si d'autres molécules peuvent aussi interagir avec ces particules. La nouvelle entité formée possède ainsi une nouvelle « identité biologique » qui va influencer son devenir⁹⁸, son internalisation dans l'organisme ou non, sa durée de vie (élimination ou stockage). En effet, la « corona » altère drastiquement les caractéristiques de surface, la stabilité et influence aussi fortement les interactions des MNP avec les autres molécules, les membranes biologiques, et les cellules... La formation d'une éco- ou « biocorona »⁹⁹ est stimulée elle-même par les protéines et dans certaines conditions, des agrégats de MNP se recouvrent de biofilms et de microorganismes.

Le projet de recherche : PROMPT

Malgré le grand nombre de travaux engagés récemment, on constate le manque d'études des mécanismes moléculaires et des interactions impliquant les MNP et leur couronne protéique. Notre démarche est donc orientée vers une compréhension mécanistique de ces interactions, suivant une approche biophysique et biochimique. Parmi les verrous scientifiques liés à ces interactions entre les MNP et leur environnement, nous devons :

- i) Mieux comprendre les mécanismes moléculaires d'interaction des protéines avec les MNP ;
- ii) Déterminer les protéines adsorbées ou pas ;

⁹⁸ Par exemple, sa densité, sa diffusion et son agrégation.

⁹⁹ Enrobage conditionnant (ou film primaire) de quelques nm à quelques dizaines de nm d'épaisseur de substances organiques et inorganiques de l'environnement (ou biocorona dans les fluides biologiques).

- iii) Caractériser des déterminants physico-chimiques, structuraux ou fonctionnels spécifiques.

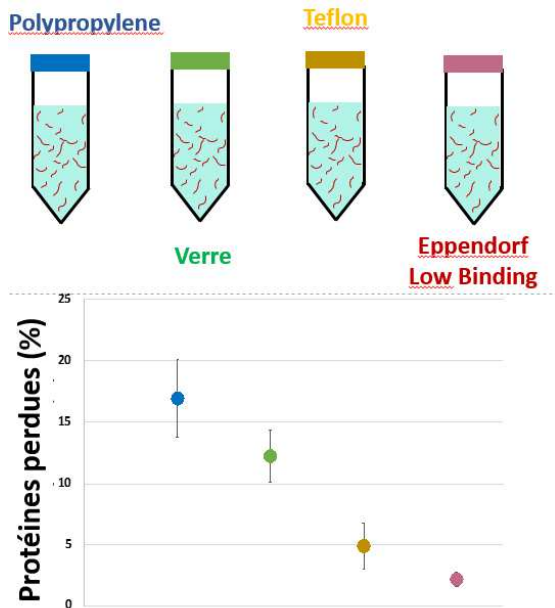


Illustration 15 : Impact de la nature du tube contenant dont l'effet devient négligeable heureusement lorsqu'on atteint des concentrations suffisantes en protéines et des interactions dominées par la formation de la *corona* protéique sur les MNP (Auteur : Marion Schwartz, CEA/Univ. Le Mans)

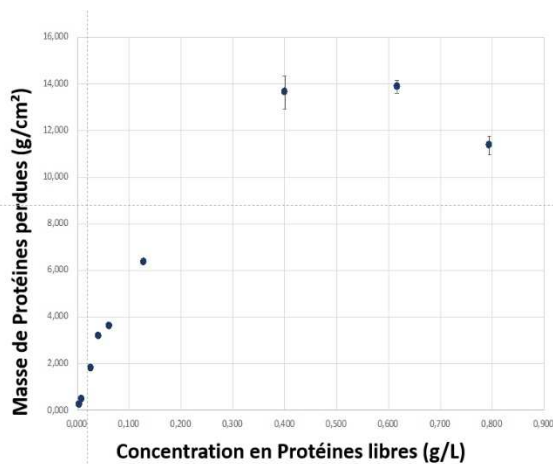


Illustration 16 : Isotherme d'adsorption des protéines sur des MNP de polyéthylène (5µm de diamètre) (Auteur : Marion Schwartz, CEA/Univ. Le Mans)

Méthodologie

L'approche adoptée pour ce projet de recherche s'articule autour de trois tâches principales :

1. La petite taille des MNP pose la question de leur capacité à franchir les différents mécanismes de défense et à migrer dans l'organisme. Pour aborder cette question, des MNP de référence sont constitués à partir des principaux contaminants plastiques (ex. polyéthylène, polystyrène), d'une taille comprise entre 0,05 et 5 µm et stabilisés par une « corona » protéique de nature biochimique maîtrisée (contrôlée). Des milieux protéiques et biomimétiques de complexité différente permettront de mieux comprendre l'évolution des « coronas » sur diverses particules.

Suivre l'interaction des protéines avec les microplastiques (MNP) est une tâche délicate, surtout quand celles-ci interagissent aussi avec les contenants. Nous développons un couplage de techniques analytiques dont la protéomique capable de discerner quelles sont les protéines au contact des microplastiques et celles restées en solution (Illust. 15). La séquestration des protéines par les MNP peut être forte suivant leur nature et un plateau est atteint quand la corona protéique est formée, changeant ainsi la nature de la particule (Illust. 16).

2. Pour atteindre une meilleure compréhension des mécanismes de migration et d'interaction des MNP en présence de protéines, membranes, cellules et constituants du milieu marin. Nous développons une microscopie optique résolue dans le temps permettant de suivre une particule unique ainsi que son approche et interaction avec une membrane biologique stabilisée sur un bio-capteur et dans des milieux réalistes (Illust. 17-18).

3. Cette approche s'étend à leur interaction avec des organismes vivants modèles (ex. phytoplancton, larve d'huître) suivant les conditions des tests écotoxicologiques.

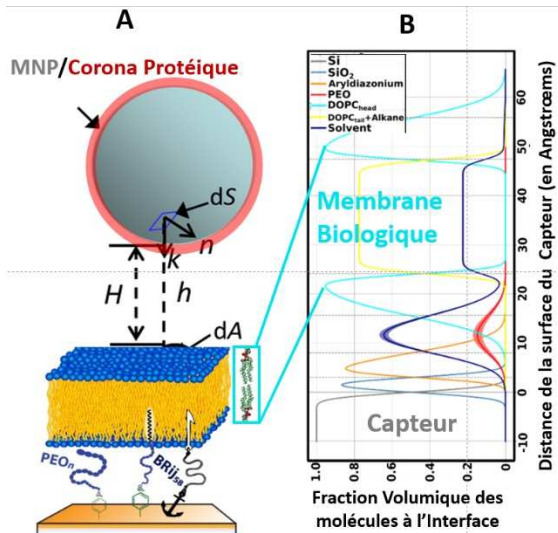


Illustration 17 : A) Interaction d'un MNP modèle avec une membrane biomimétique ; B) Distribution des molécules ancrées sur le biocapteur (analyse par réflectivité des Neutrons) (Auteur : Guillaume Brotons, Univ. Le Mans)

Publications :

Squillace, Ophelie; Perrault, Thomas; Gorczynska, Magdalena; Caruana, Andrew; Bajorek, Anna and Brotons, Guillaume. *Design of tethered bilayer lipid membranes, using wet chemistry via aryldiazonium sulfonic acid spontaneous grafting on silicon and chrome*, COLLOIDS AND SURFACES B-BIOINTERFACES, 2021, Volume: 197 , Article Number: 111427. DOI: [10.1016/j.colsurfb.2020.111427](https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2020.111427)

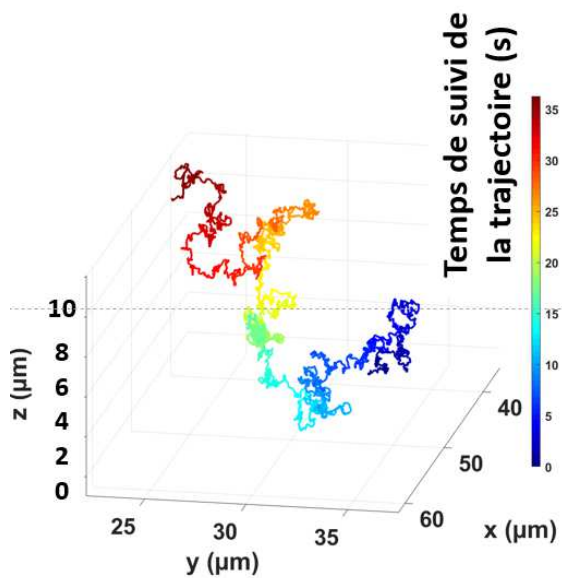


Illustration 18 : Trajectoire 3D mesurée par microscopie résolue en temps d'un MNP à l'approche de la membrane modèle (Auteur : Thomas Perrault, Univ. Le Mans)