

RÉSUMÉ

TOWARD A RISK-BASED ASSESSMENT OF MICROPLASTIC POLLUTION IN MARINE ECOSYSTEMS (RESPONSE)

Contexte

RESPONSE intègre l'expertise en océanographie, chimie environnementale, écotoxicologie, écologie expérimentale et modélisation pour répondre aux questions clés de la recherche sur le devenir et les effets biologiques des microplastiques (MPs) et des nanoplastiques (NPs) dans les écosystèmes marins.

Objectifs

L'objectif global de RESPONSE est de développer un modèle quantitatif de poids de la preuve (WOE) pour les MP et les NPs dans l'environnement marin. Le modèle sera conçu pour intégrer et pondérer différemment les données provenant d'une série de sources de données, y compris (1) la présence de MP et de NP dans la colonne d'eau et les sédiments, (2) leur biodisponibilité et leur bioaccumulation dans des espèces indicatrices clés des communautés benthiques et planctoniques (3) les effets sublétaux mesurés par des biomarqueurs, (3) l'apparition d'effets nocifs chroniques au niveau de l'organisme, et (4) le fonctionnement écologique. L'objectif global est atteint par les objectifs constitutifs:

- **acquérir de nouvelles connaissances sur la distribution spatiale et temporelle des MP et des NP** dans les systèmes marins étudier les relations de cause à effet entre leur présence dans la colonne d'eau, les sédiments et le biote.
- **fournir une approche et un modèle quantitatifs "Weight Of Evidence" (WOE)** pour évaluer l'impact potentiel des MP dans l'environnement marin.
- **de mettre en place un Smart Hub analytique diffus.**
- **sensibiliser le public** au risque écologique des députés et des parlementaires nationaux.

Méthodologie

Les liens entre les conditions océanographiques, la distribution environnementale des MPs et NPs, le transfert trophique et l'impact sur les réseaux alimentaires pélagiques et les communautés benthiques sont abordés en analysant leur abondance et leurs typologies chez des espèces marines représentatives, ainsi que les fonctions et services écosystémiques pertinents. Des études innovantes en mésocosme et en laboratoire permettent de valider les facteurs de pondération et les seuils toxicologiques pour les MP et les NP. L'approche évalue le rôle de la taille, de la forme et d'autres caractéristiques des polymères dans la modulation des effets biologiques des particules, à la fois seules et en combinaison avec d'autres facteurs de stress environnementaux.

Résultats, décisions et recommandations, par workpackage

WP1: Surveillance des PM dans les zones côtières européennes.

Des activités d'échantillonnage ont été menées dans la mer Adriatique, sur les côtes tyrrhéniennes et ligures, dans la mer Méditerranée occidentale, dans les régions du sud et du nord-ouest du Portugal,

dans l'océan Atlantique nord-est, dans la mer du Nord et dans la mer Baltique. À titre d'exemple, les résultats des organismes collectés le long de la côte adriatique ont montré que 23 % des spécimens analysés ont ingéré un maximum de 2 éléments MP. Presque tous les organismes étaient positifs à l'ingestion de microfibres, principalement d'origine naturelle.

WP2: Devenir biologique des MP et des NPs.

Pour évaluer l'ingestion, la compartimentation et les effets des MP dans les organismes marins, des études ont été menées sur des larves et des moules adultes, des méduses ephyrae, des copépodes adultes, des larves de crevettes de saumure et des médakas avec des MP, des NP et des microfibres (MF) d'origine synthétique, naturelle et biocompatible. Les résultats ont montré un taux d'accumulation différent des différents polymères dans divers organismes marins : les MP polyamides se sont accumulées dans la glande digestive des moules adultes, alors qu'aucune accumulation n'a été observée pour les fibres de polyester et de coton. Les larves de crevettes de saumure ont ingéré des MP dérivées de bouchons et de polymères biocompatibles (PVDF), tandis que les méduses et les copépodes n'ont pas intériorisé ces particules. Les polymères biodégradables se sont accumulés dans les tissus des médakas. L'exposition aux NP induit une cytotoxicité dans les différentes sous-populations d'hémocytes des moules.

WP3: Biomarqueurs du risque écologique des MP.

Les effets des MP, des NP et des MF sur les organismes marins ont été évalués à l'aide d'une batterie de réponses biologiques comprenant des paramètres moléculaires, biochimiques et cellulaires. Des expériences en laboratoire sur l'exposition des moules méditerranéennes aux MF ont montré des altérations du système immunitaire, une certaine perturbation du système antioxydant, l'apparition d'altérations cellulaires et l'absence de dommages oxydatifs sur l'ADN. L'exposition de moules méditerranéennes, de palourdes d'eau douce et d'embryons de poisson zèbre à des NP de polystyrène (PS) a entraîné des effets négatifs sur les membranes des organites subcellulaires, une certaine modulation du système antioxydant, des altérations du taux de filtration et de la production d'énergie, ainsi que l'apparition de dommages génotoxiques.

WP4: Bioessais sur le risque écologique des MP/NP

Une toxicité modérée des plastiques commerciaux biodégradables et des lixiviats de plastiques collectés sur le terrain a été observée lors d'essais biologiques sur des embryons d'oursins et des moules. Des altérations du comportement et de la vitesse de nage des organismes ont été observées chez des embryons d'oursins exposés dans des expériences à long terme à des NP-MP, tandis qu'aucune altération du développement n'a été observée chez des médakas exposés à des lixiviats de particules d'usure de pneu (TWP). Les lixiviats de particules d'usure de pneus étaient toxiques pour cinq espèces de copépodes marins et trois espèces de phytoplancton. Les lixiviats de MP collectés sur le terrain et micronisés ont affecté la fréquence des pulsations des méduses, alors qu'aucune immobilité, modification de la fréquence des pulsations ou du comportement de nage n'a été observée chez les crevettes de saumure et les méduses exposées à un polymère biocompatible. La toxicité des MP à l'égard des copépodes a augmenté en cas d'intensité lumineuse élevée et de température élevée.

WP5: Effets des MP sur le fonctionnement écologique.

Les effets des microplastiques altérés sur les communautés de micro- et méso-zooplancton ont été étudiés dans des mésocosmes. Le rôle des bancs de moules sur l'enrichissement en MP et les flux dans la colonne d'eau et les sédiments a été étudié en prélevant des moules, de l'eau et des sédiments dans un récif rocheux naturel de la mer Baltique. Une étude sur le rôle des algues dans la distribution côtière et la biodisponibilité des MP a été réalisée dans la Riviera Conero (mer Adriatique centrale); toutes les espèces d'algues étudiées (*Cystoseira compressa*, *Gongolaria barbata* et *Ulva lactuca*) ont piégé des MP en fonction de la période d'échantillonnage. Les fibres étaient la forme dominante (98%), et le polyester était le polymère le plus fréquent. La concentration la plus élevée de 3,8 MP/g w.w. a été mesurée dans *Gongolaria barbata*, et la plupart des MP appartenaient à la classe de taille 1-3 mm.

WP6: Modèle de poids de la preuve (WOE) pour MPs.

Un modèle quantitatif de poids de la preuve a été mis au point pour intégrer différents types de données (lignes de preuve). Les PDE évaluent les caractéristiques des MP et des NP extraites dans l'eau, les sédiments et le biote, y compris les temps de séjour/d'absorption, la biodisponibilité des contaminants (dés)sorbés, la synergie avec d'autres facteurs de stress, la modulation des effets chroniques au niveau de la cellule, de l'organisme ou de la communauté/de l'écologie. Le développement d'algorithmes mathématiques et d'organigrammes logiques a été validé à l'aide des données produites par tous les partenaires.

WP7: "Smart Hub" d'installations analytiques.

Des méthodes conventionnelles et innovantes ont été comparées pour la caractérisation des MP et des NPs en fonction de la taille des particules, de leur forme et du type de polymère. Les méthodes conventionnelles comprenaient la coloration par fluorescence, la microscopie confocale, le MEB environnemental, la diffusion dynamique de la lumière, le comptage par coulissage, la cytométrie de flux, le FTIR et la spectroscopie Raman. Les techniques les plus innovantes comprennent la microscopie électronique à balayage, la diffusion des rayons X dans le petit angle et la microscopie hyperspectrale.

WP8: Communication et diffusion.

La présence en ligne de RESPONSE a été établie en novembre 2020 par la création du site web (<https://www.response-jpioceans.eu/>) et des comptes de médias sociaux. Une brochure a été publiée et mise à disposition pour téléchargement via le site web du projet. Trois bulletins d'information ont été publiés sur le site web du projet et sur les canaux de médias sociaux. Deux ateliers ont été organisés et des fiches d'information ont été créées.

Dans l'ensemble, le modèle des éléments probants, validé à partir des données de RESPONSE, soutient un processus "orienté site" pour la surveillance des dangers associés aux MP/PN et une comparaison directe et transparente des différents environnements marins. L'approche intégrée est pertinente pour la conception de protocoles de surveillance et de stratégies de gestion.

Mots clés: poids de la preuve, danger, microplastique, nanoplastique, marin