

TARA MEDITERRANEE 2014

Programme scientifique : Evaluation de l'impact des micro-plastiques sur la santé et le fonctionnement des écosystèmes en Méditerranée

Résumé : L'accumulation de débris de plastique dans la nature est "l'un des changements récents le plus répandu et le plus durable à la surface de notre planète" (Barnes et al, 2009), et une des grandes préoccupations environnementales de notre temps. Nous connaissons malheureusement trop peu de choses sur ce qu'il advient de ces plastiques et sur leurs rôles dans la dynamique des écosystèmes pour pouvoir prédire leurs impacts à venir sur les océans.

Pour combler cette lacune critique, *Tara Méditerranée* sera la première expédition d'envergure basée sur une approche pluridisciplinaire, afin de mieux comprendre les impacts du plastique en surface au niveau de l'écosystème de la mer Méditerranée, où un grand nombre de plastiques ont déjà été documentés (Collignon, et al., 2012). Nous allons quantifier et identifier les plastiques de surface et aussi les polluants organiques associés au plastique; documenter l'interaction entre les plastiques et les éléments de l'écosystème (par exemple, le plancton et les poissons); explorer les dynamiques communautaires, ainsi que la fonction des formes de vie microscopiques vivants sur le plastique (y compris les espèces étrangères ou potentiellement toxiques). Enfin, nous allons utiliser une nouvelle approche permettant de relier la distribution des fragments de plastique à la circulation et aux propriétés physico-chimiques des masses d'eau (à l'échelle du bassin). Nous voulons ainsi créer une base de données nécessaire aux études de modélisation, permettant de prédire la distribution spatiale du plastique en mer Méditerranée.

Motivation : Des rapports sur la "Great Pacific Garbage Patch", un amas de débris (généré par les humains) dans le gyre du Pacifique Nord, ont attiré l'attention sur l'accumulation de plastique dans les océans du monde. Même les mers des régions polaires sont envahies de débris plastique (*Tara Oceans*, communiqué de presse, 2011). Les premiers rapports révélant la présence de déchets plastique dans l'océan ont été publiés il y a plus de 40 ans (Carpenter et Smith, 1972). Depuis cette période, la prévalence des plastiques continue à augmenter, car notre dépendance des produits en plastique jetables augmente chaque année (Thompson et al., 2004). La plupart des plastiques fabriqués aujourd'hui ne sont pas biodégradables. Pendant la seule année 2008, les 27 pays de l'Union Européenne (plus la Norvège et la Suisse) produisaient environ 24,9 mégatonnes de déchets plastiques (Mudgal et al., 2011). L'abondance, la distribution et les impacts sur les écosystèmes marins dynamiques sont difficiles à prévoir, sans un travail d'évaluation globale et coordonné (Galgani, et al., European Commission Joint Research Center Report, 2010).

Historiquement, les effets du plastique sur les écosystèmes marins les mieux documentés concernent les grands animaux (tortues, dauphins, etc.) qui mangent ou sont piégés par les déchets plastiques. Des effets moins connus comprennent la modification physique des habitats, ainsi que le transport d'espèces étrangères et nuisibles. Les coûts socio-économiques doivent aussi être pris en compte, car les déchets visibles perturbent notre relation avec des espaces naturels "vierges". La grande majorité du plastique aquatique existe sous forme de "micro-plastiques" presque invisibles (< 5 mm). Ces micro-plastiques sont produits par les processus de dégradation ou d'érosion sur des longues périodes. Mais parfois ils entrent directement dans l'eau avec les abrasifs (utilisés pour le sablage, par exemple) ou dans les cosmétiques (e.g., exfoliants pour le visage contenant des microbilles).

Toxines associées aux plastiques. Non seulement les micro-plastiques sont les plus abondants, mais ils représentent aussi la plus grande surface de plastique, et sont de véritables éponges de POPs (Polluants Organiques Persistants) (Teuten, et al, 2007; Hirai, et al, 2011). La plupart sont très toxiques, et ont un large spectre d'effets chroniques, y compris les perturbations endocriniennes, les mutations, et cancers. Parmi les POPs détectés sur des microplastiques marins, il y a les BPC (Biphényles PolyChlorés) et les HAP

(Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques), ainsi que les pesticides organochlorés comme le DDT (DichloroDiphénylTrichloroéthane) (Rios et al., 2007). De plus, les additifs relargués quand le plastique se dégrade (par exemple, les phtalates, BPA), induisent des effets toxiques dans les organismes aquatiques, même à des niveaux faibles (Oehlmann, et al., 2009) et s'accumulent dans les organismes qui ingèrent le plastique (Boerger, et al, 2010; Wright, et al., 2013), avec des conséquences inconnues sur la chaîne alimentaire marine, la santé humaine, et l'environnement.

Le "microbiome plastique". La surface des débris de plastique dans l'océan regorge d'organismes microscopiques. Le rôle des microbes (bactéries, archées, picoeucaryotes, et virus) dans la transformation des plastiques aquatiques et des toxines associées (et vice versa) n'a pas encore été étudié en profondeur. Nous allons caractériser le microbiome de l'habitat plastique créé par l'homme, en posant les questions "Quels organismes vivent sur le plastique?" et "Que font-ils?" Les communautés microbiennes se développant à la surface des plastiques de l'océan sont distinctes de celles de la colonne d'eau, et également distinctes des surfaces non-plastiques. Ce fait suggère déjà qu'il existe un degré de spécificité relative aux plastiques (M. Duhaime, *Tara Oceans*). Nous allons évaluer aussi à quel point les plastiques servent de vecteurs de microbes pathogènes et toxiques, par exemple la bactérie de choléra (*Vibrio* spp.) qui colonise des plastiques de l'océan (Zaikab 2011), et des algues toxiques qui vivent sur les plastiques en mer Méditerranée (Maso et al., 2003).

Objectifs scientifiques de l'expédition *Tara Méditerranée* :

- 1 – Évaluer la distribution spatiale des fragments de plastique (0,3 à 50 mm) flottants en mer Méditerranée
- 2 – Caractériser chimiquement les différents types de matière plastique
- 3 – Étudier les communautés microbiennes attachées au plastique, à l'aide de la microscopie électronique à balayage, la microscopie stéréoscopique, et les analyses génomiques
- 4 – Évaluer la structure de l'écosystème planctonique en contact avec des fragments de plastique, et sa variabilité jour/nuit
- 5 – Acquérir des descripteurs environnementaux: température, salinité, turbidité, pigments, couleur de l'océan

Cette approche permettra:

- (1) la quantification spatiale et la caractérisation des types de polymères de plastique en mer Méditerranée
- (2) l'identification des sources prolifiques ponctuelles, ou zones d'accumulation de plastique
- (3) l'analyse des POPs (Polluants Organiques Persistants) liés au plastique
- (4) l'étude des relations entre les fragments de plastique et les masses d'eau particulières, et les écosystèmes associés

Méthodes :

Travail en mer. Les échantillons seront constitués de 3 collectes de jour avec le filet de surface Manta, et une collecte de nuit, de 30 minutes chacune. Les échantillons seront stockés et analysés selon des protocoles différents. Simultanément, des échantillons d'eau seront pris pour analyser les communautés microbiennes dans la colonne d'eau, ainsi que les pigments de phytoplancton. L'échantillonnage physico-chimique sera effectué en utilisant un thermosalinographe SBE et un CA hyperspectral. Une CTD SBE sera déployée verticalement pour déterminer la profondeur de la couche de mélange. Des images satellites "Ocean Colour" fournies par ACRI-ST, et le modèle de circulation Mercator, seront utilisés pour déterminer les zones d'intérêt pour l'échantillonnage en mer. Des collectes supplémentaires courtes fourniront les échantillons vivants pour la stéréomicroscopie directe du plancton de surface dans différentes régions de la Méditerranée. Quand ce sera possible, des collectes de neuston (plancton de surface) seront effectuées pour recueillir les petits poissons qui mangent du plancton. Les contenus des estomacs des poissons capturés seront examinés pour la présence de micro-plastiques.

Travail en laboratoire. La spectroscopie FT-IR (Fourier Transform-Infrared Spectroscopy) sera utilisée pour déterminer les différents types de polymères. Une base de données des spectres FT-IR représentant les familles de micro-plastiques marins dominants sera établie pour chaque région de la Méditerranée. Les organismes

multicellulaires (métazoaires) attachés au plastique, et les biofilms microbiens seront caractérisés par différentes techniques d'imagerie, Microscopie Electronique à Balayage (MEB) et le séquençage génomique des communautés adhérentes aux plastiques. Les polluants organiques seront extraits à partir des échantillons de plastique en vrac et identifiés en utilisant une combinaison de spectroscopie de masse par chromatographie en phase gazeuse (GC-MS) et de chromatographie en phase liquide. La biodiversité – déterminée selon la méthode ZooScan sur des échantillons de zooplancton collectés pendant le jour & la nuit (Gorsky et al, 2010) – sera comparée avec les modèles de distribution des fragments plastiques, et confrontés avec les caractéristiques physiques de la masse d'eau. Les contenus stomacaux de poissons capturés dans la nuit à la surface seront utilisés pour les études de bioaccumulation des plastiques.

Propriétés optiques, couleur de l'océan

Comme nous avons fait pendant l'expédition *Tara Oceans*, nous allons mesurer les propriétés optiques des eaux au cours de cette campagne en Méditerranée.

“Space-borne imaging spectroscopy” – la télédétection des couleurs de l'océan – est le seul moyen d'observer quotidiennement la bio-géochimie de l'océan à l'échelle du kilomètre. Il est donc essentiel que nous comprenions l'information reliant la bio-géochimie de l'océan à ses propriétés optiques.

La raison scientifique principale de l'enregistrement des propriétés optiques et pigmentaires à bord de Tara en Méditerranée est de fournir aux bases de données existantes un complément d'informations collecté de façon simultanée avec les passages des satellites. Ces informations sont nécessaires pour améliorer l'algorithme existant et développer de nouveaux algorithmes qui relient la couleur de l'océan visualisée par les satellites avec les propriétés optiques mesurées localement, et aussi avec les organismes et matériaux présents dans l'eau.

Ces données seront essentielles pour développer de nouveaux algorithmes, et préparer les nouveaux satellites (NASA APCE, HispIRI, GeoCAPE) qui seront beaucoup plus performants que les satellites actuels, car les données que nous recueillons ont une très haute résolution spectrale. Ces travaux optiques sont financés par la NASA et l'ESA.

Chercheurs participants (listés par ordre alphabétique):

Emmanuel Boss, Université du Maine (avec le soutien de la NASA): optique marine
Stéphane Bruzard, Université de Bretagne Sud: classification des matières plastiques
Melissa Duhaime, Université du Michigan: colonisation plastique - SEM, génomique, chimie
François Galgani, Ifremer Corse: base de données des matières plastiques méditerranéennes
Marie Garrido, Université de Corse : phytoplancton
Jean-François Ghiglione, CNRS / UPMC, Observatoire Océanographique de Banyuls, France: bactéries et archées
Gaby Gorsky, UPMC / CNRS, Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer, France: responsable du projet TaraMedPlastic
Jean-Louis Jamet, Université Toulon-Var, France: diversité du zooplancton
Maria Grazia Mazzocchi, Stazione Zoologica Anton Dohrn, Naples, Italie: diversité du zooplancton
Anne Molcard, MIO Université de Toulon-Var, France: océanographie physique
Maria-Luiza Pedrotti, CNRS, et Stéphanie Petit, UPMC: communautés macrobiennes et microbiennes fixées
Mathias Ricking, Université libre de Berlin: chimie des polluants
Richard Sempéré, Université d'Aix-Marseille, France: phtalates
Lars Stemmann & Amanda Elineau, UPMC, Observatoire Océanologique de Villefranche-sur-Mer: distribution de plastique et de plancton en relation avec l'hydrodynamique

Matériel à bord de Tara

ACS - spectrophotomètre en flux continu à haute résolution spectrale

Alpha - spectrofluoromètre en fonctionnement continu pour la mesure de la fluorescence des pigments

BB3 - retrodiffusiomètre

HTSRB - radiomètre hyperspectrale (mesure les propriétés optiques apparentes)

TSG - Thermosalinographe pour les mesures en continue

CTD/fluoromètre/retrodiffusiomètre à déploiement vertical

Filet de pêche MANTA tracté à la surface

Filet WP2

Systèmes de filtration sur membranes

Microscope Zeiss

Macroscope Canon

Systèmes de stockage des échantillons dans l'azote liquide

Deux bouteilles Niskin pour les échantillons d'eau à différentes profondeurs

Table lumineuse avec loupe pour le tri du plastic

Flaconnage