PLASTICBEACH - Dynamique des microplastiques dans les systèmes de plages sableuses (2021-23)

Isabel Jalón-Rojas, UMR 5805 EPOC (Bordeaux)

et collaborateurs: Damien Sous, Vincent Marieu, Alicia Romero-Ramírez, Amine Mohammedi, Lida Rosignol, Kelly Fauquembergue

EPOC

Ecosphère Continentale et Côtière

cnrs

Colloque EC2CO 2025

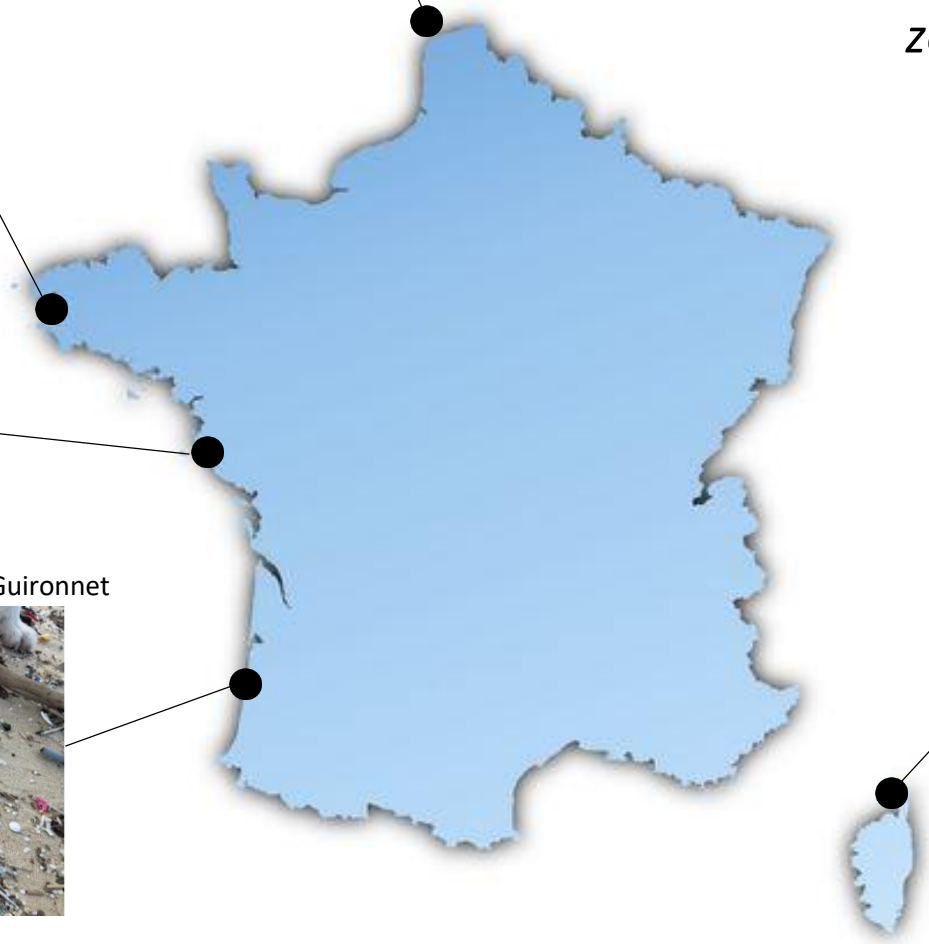
Contexte et Motivation

Pas-de-Calais © https://www.ladromemontagne.fr

Baie de Douarnenez © Ouest-France

Sables-d'Olonne (Vendée) © Nathalie Guironnet

Plage de la Graviere (Hossegor) © Nathalie Guironnet



De la Manche à la Méditerranée, une constante relie nos littoraux : la présence de microplastiques dans la zone de swash.

Plage d'Alisu © Radio France - Louison Leroy

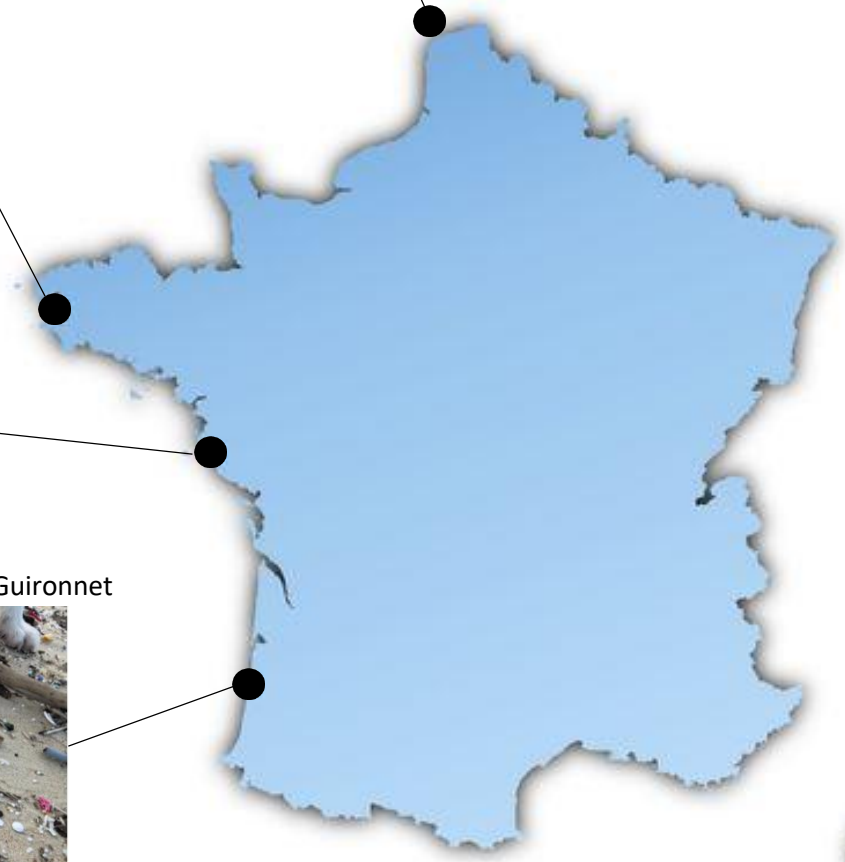
Contexte et Motivation

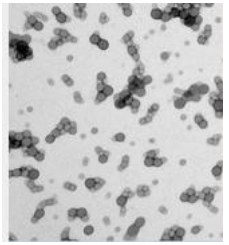
Pas-de-Calais © https://www.ladromemontagne.fr

Baie de Douarnenez © Ouest-France

Sables-d'Olonne (Vendée) © Nathalie Guironnet

Plage de la Graviere (Hossegor) © Nathalie Guironnet





petits MPs

(25µm – 0.5 mm)

vs

grands MPs

(0.5 – 5 mm)

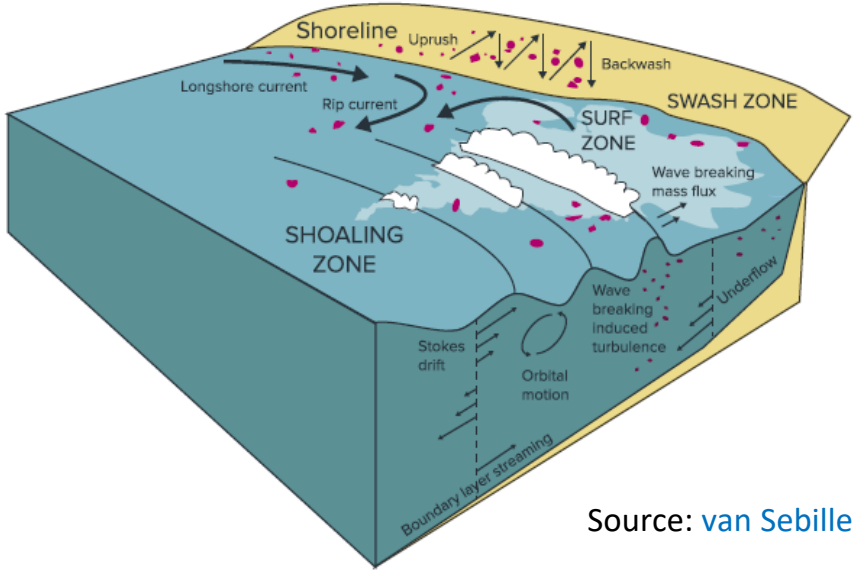
Plage d'Alisu © Radio France - Louison Leroy

Contexte et Motivation

Zone littorale :

- un *puits (temporaire)* de microplastique
- une *source potentielle* de microplastique vers le large

La dynamique des microplastiques dans cette zone est complexe et résulte de nombreux processus encore mal compris.



Source: van Sebille et al. (2020)

Avancées récentes grâce à des expériences en laboratoire

Forbergs et al. (2019); Alsina et al. (2020); Kerpen et al. (2020); Guler et al. (2022)

Objectifs

Objectif général: comprendre la dynamique et le transport des microplastiques au sein du système plage.

Objectifs spécifiques:

- évaluer et paramétrer **l'effet des propriétés physiques** des microplastiques et de la **colonisation biologique** (*biofouling)* sur leur **dynamique de sédimentation**

- **améliorer la modélisation numérique** du transport de microplastiques pour tenir en compte les **processus physiques des systèmes dominés par les vagues**.

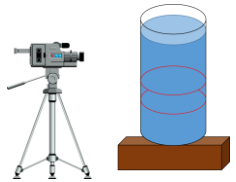
- analyser **l'influence des processus hydrodynamiques** (e.g. dérive de Stokes, *undertow*, mélange induit par le déferlement) et des **propriétés des particules** (forme, taille, densité) sur leur **distribution spatiale**, selon la morphologie des plages et les forçages naturels (saisonnière, impact des tempêtes)

- définir le **rôle de l'avant-plage** dans l'échange et l'accumulation de ces polluants émergents.

Strategie

WP 1. Essaies de laboratoire: modélisation physique du transport

Verticale



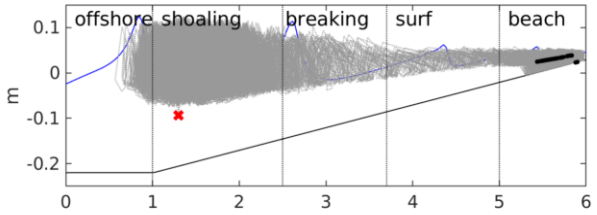
cross-shore (projet SPLASH)

WP2. Observations in-situ

WP 3. Modélisation numérique du transport

Expériences physiques en canal

Plages à échelle réelle



Strategie

— **WP 1. Essaies de laboratoire: modélisation physique du transport**

Verticale

Partie I

cross-shore (projet SPLASH)

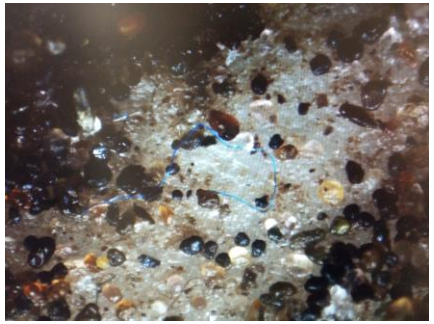
Partie II

— **WP 3. Modélisation numérique du transport**

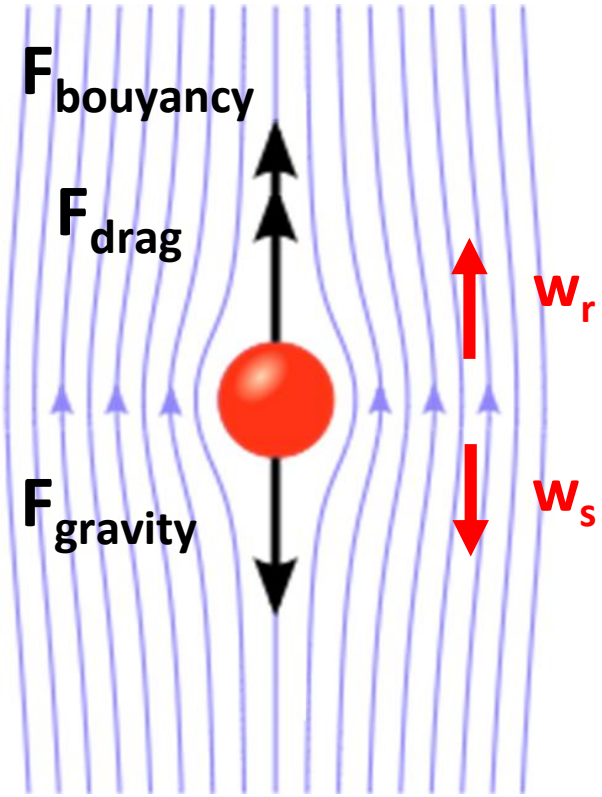
Expériences physiques en canal

Plages à échelle réelle **(en cours)**

— **WP2. Observations in-situ**



PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques



Raising velocity

or

Settling velocity

Vitesse de chute: vitesse terminale atteinte par une particule lorsqu'elle tombe dans un fluide, lorsque les forces de gravité, de poussée d'Archimède et de résistance du fluide s'équilibrent

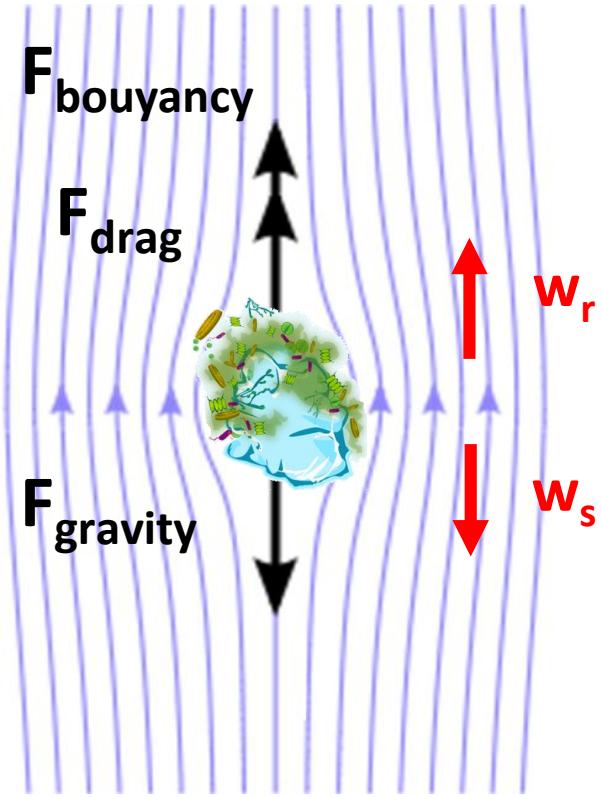
$$w_{s,r} = \sqrt{\frac{4gd_p\left(\rho_p - \rho_f\right)}{3C_d\rho_f}}$$

* density
* size
* Drag factor (Cd): shape, Reynolds

Formulations empiriques:

- Waldschläger and Schüttrumpf (2019)
- Melkebeke et al. (2020)

PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques



Raising velocity

or

Settling velocity

Vitesse de chute: vitesse terminale atteinte par une particule lorsqu'elle tombe dans un fluide, lorsque les forces de gravité, de poussée d'Archimède et de résistance du fluide s'équilibrent

$$w_{s,r} = \sqrt{\frac{4gd_p\left(\rho_p - \rho_f\right)}{3C_d\rho_f}}$$

* density
* size
* Drag factor (Cd): shape, Reynolds

BIOFILM??

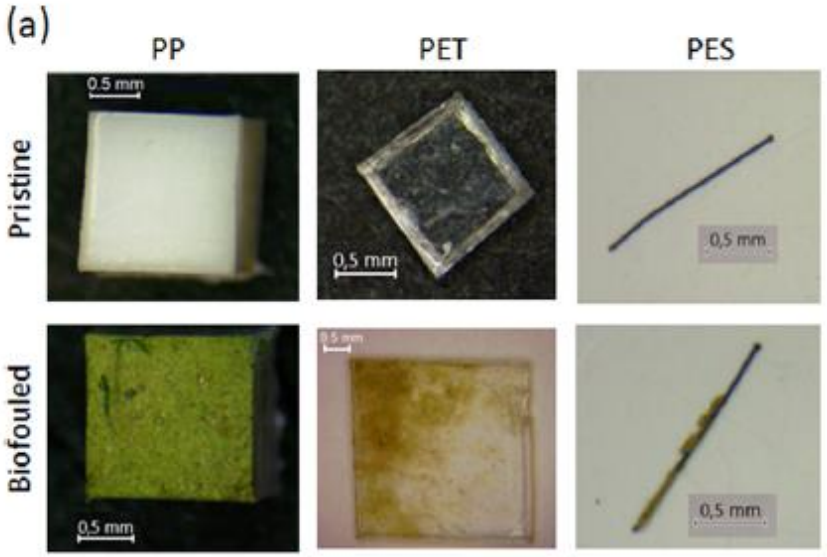
Formulations empiriques:

- Waldschläger and Schüttrumpf (2019)
- Melkebeke et al. (2020)

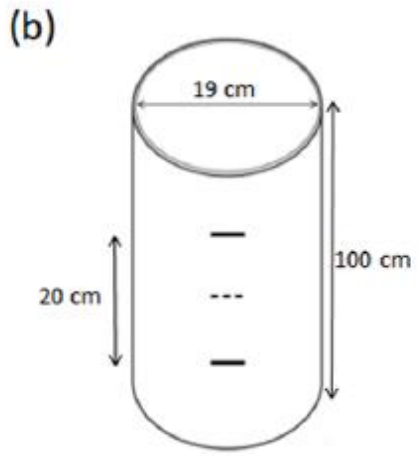
Objectif : évaluer l'effet des propriétés des particules et du biofilm sur la vitesse de sédimentation de feuilles et de fibres de microplastiques dans des conditions de laboratoire.

PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques

MATERIALS



x 9 sizes (1-5mm)
x 3 replicas



METHODS

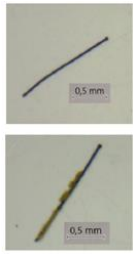
- Density, size, shape factors
- Settling velocity (salt and fresh water)
  * Validation using certified spheres
- Observations vs theortetical formulations:

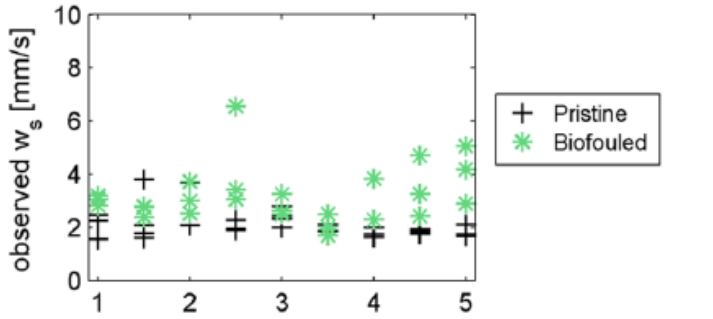
RMSE
EA

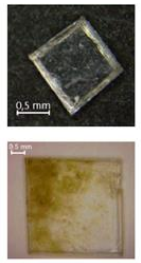
- Dietrich (1982)
- Zhiyao (2008)
- Khatmullina & Isachenko (2017)
- Diogualdi (2018)
- Waldschläger & Schüttrumpf (2019)

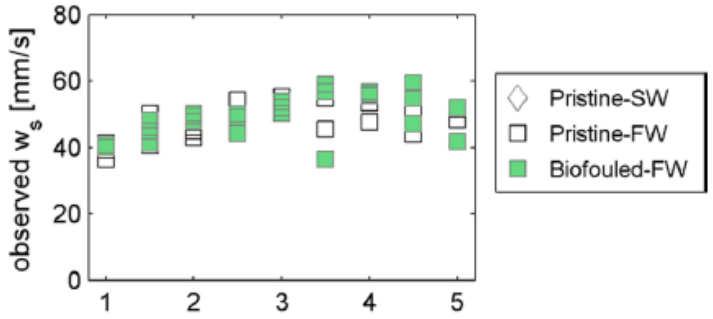
PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques

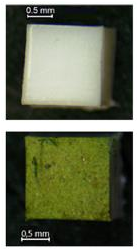
Terminal velocity as a function of size

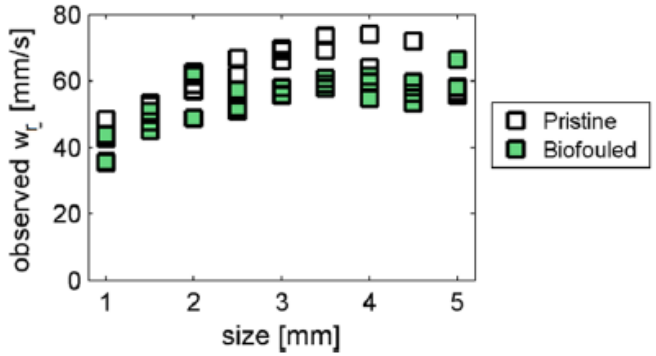






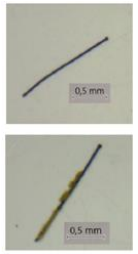


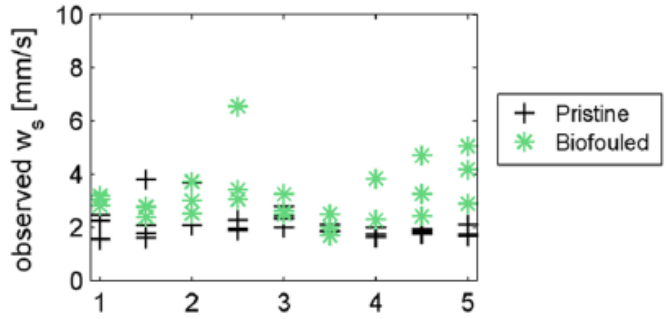


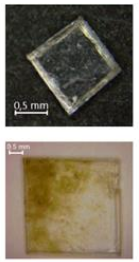


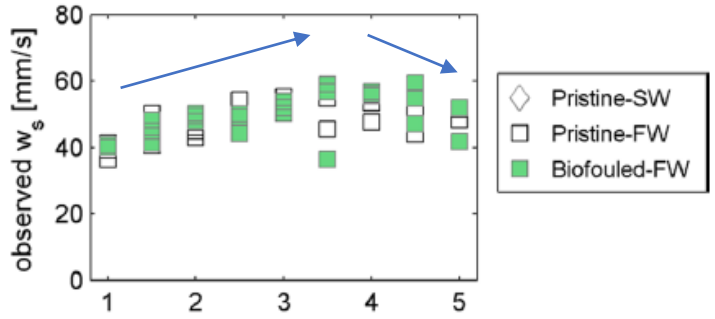
PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques

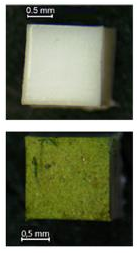
Terminal velocity as a function of size

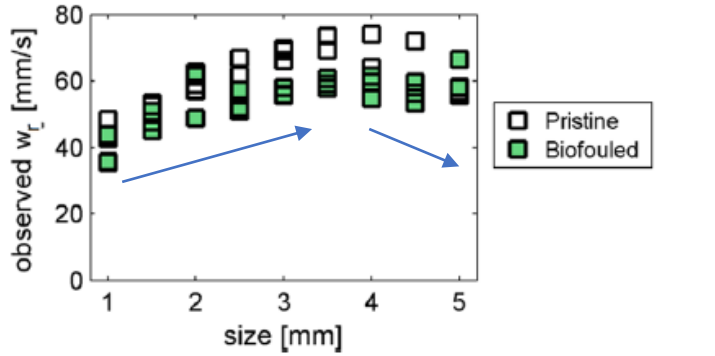






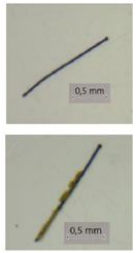


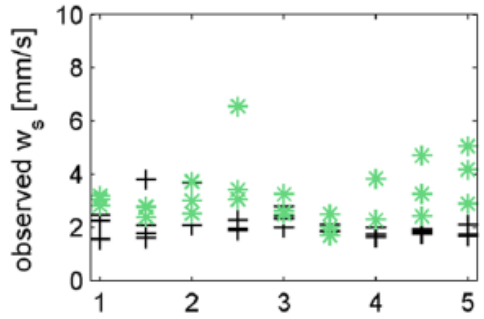


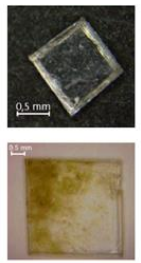


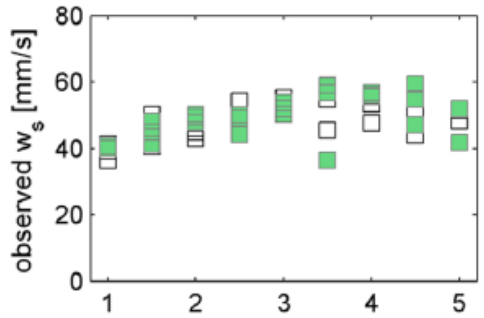
PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques

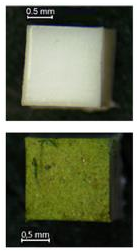
Terminal velocity as a function of size

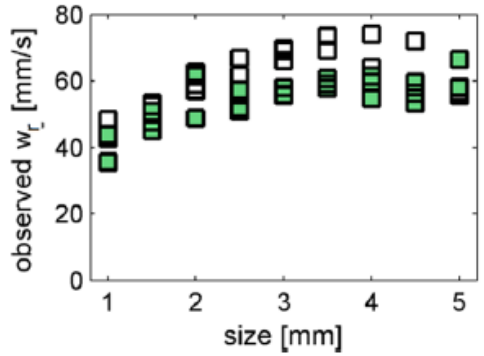


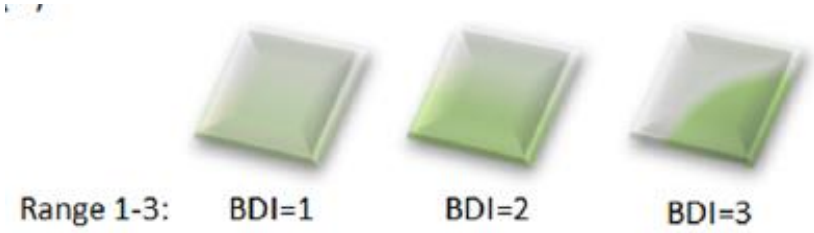


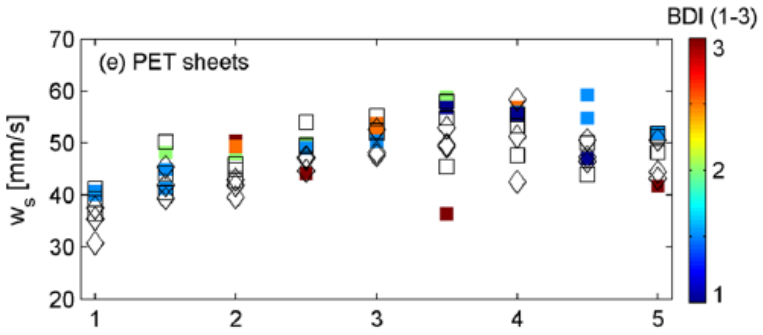


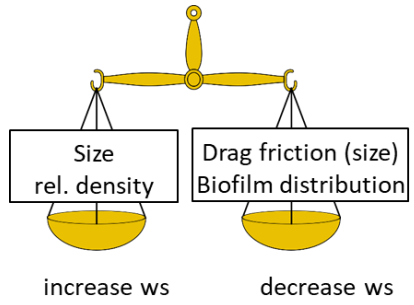








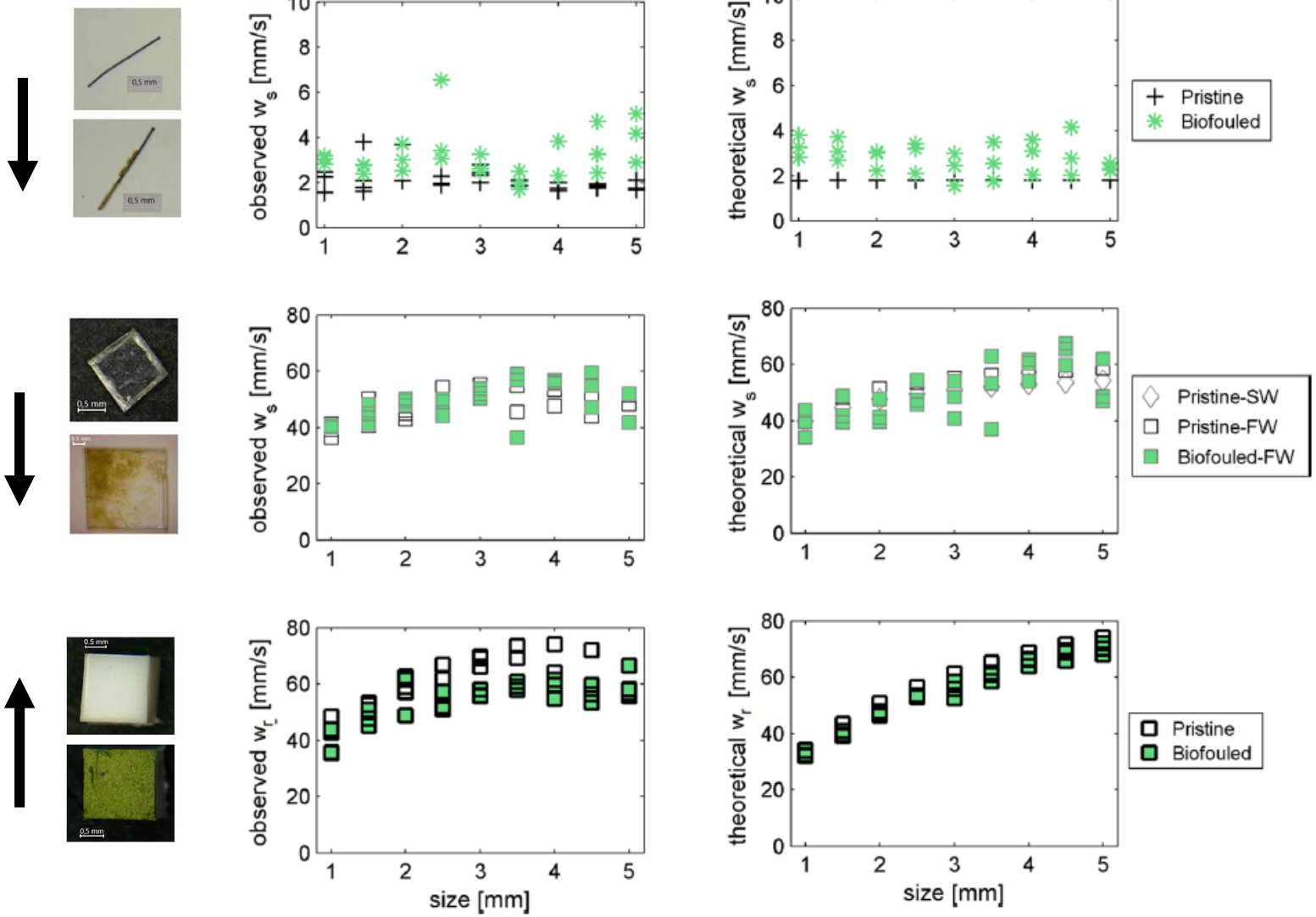




PARTIE I. Dynamique de sédimentation des microplastiques

Terminal velocity as a function of size

Best fit:



Waldschläger & Schüttrumpf (2019)

Denillo et al. (2015) modified with BDI

Denillo et al. (2015)

PARTIE I. Conclusions

Forme des microplastiques : influence majeure sur la vitesse de chute (particules 1 - 5mm)

* Densité : la vitesse augmente avec la densité mais effet attenué pour les formes irrégulières

* Taille
  - vitesse augmente avec la taille
  - **vitesse augmente avec la taille, puis diminue après un seuil**
  - **pas d'effet de la longueur**

*** Besoin de coefficients de traînée spécifiques à chaque forme**

Biofilm
- Augmente la densité → vitesse de chute plus élevée
- **Distribution irrégulière → mouvements instables → vitesse parfois réduite**

Publication:

Environmental Science & Technology
pubs.acs.org/est Article

Effects of Biofilms and Particle Physical Properties on the Rising and Settling Velocities of Microplastic Fibers and Sheets

Isabel Jalón-Rojas,* Alicia Romero-Ramírez, Kelly Fauquembergue, Linda Rossignol, Jérôme Cachot, Damien Sous, and Bénédicte Morin

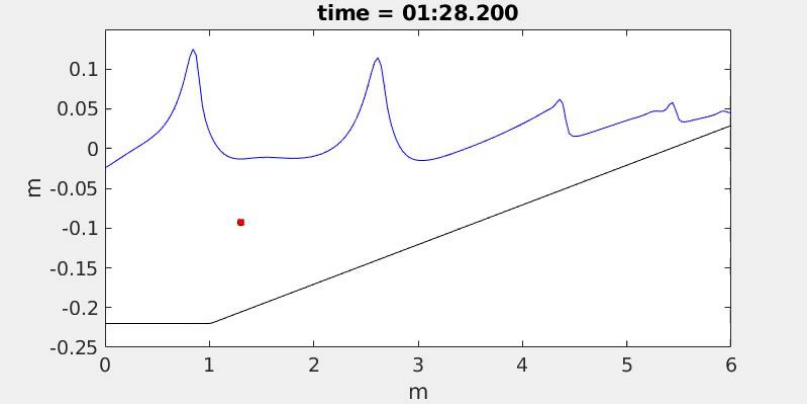
PARTIE II. Modélisation numérique du transport

Objective : develop a **2DV wave-resolved modelling approach** to improve our knowledge of the **dispersion and behaviour of microplastics** in the **nearshore** zone.

Numerical model development

- ✓ 2DV non-hydrostatic wave-flow model
  - ✓ Lagrangian
  - ✓ Wave-resolved

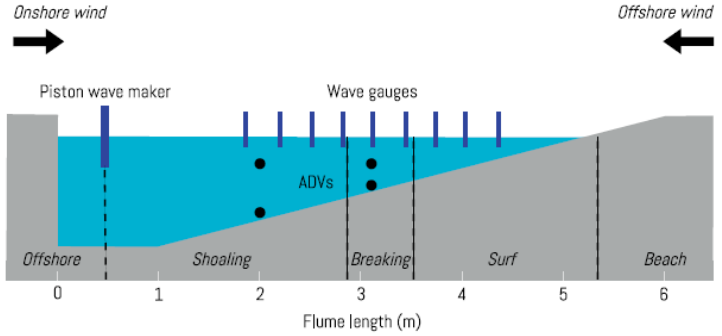
SWASH + TrackMPD

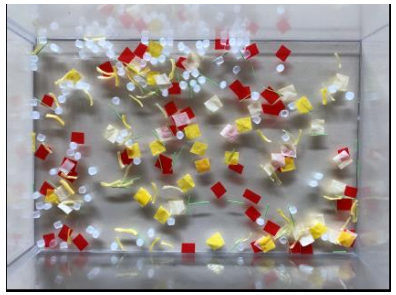


Model validation

Flume experiments

- ✓ CASH wind-wave flume
- ✓ Constant-slope bathymetry
- ✓ Regular waves produced by a piston wave marker





Forcings: 9.2 cm wave height; 1.2 s wave period

6 Reference Scenarios: Fibres, Sheets, Spheres × High-density, Low density

+ 18 Sensitivity scenarios

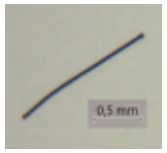
PARTIE II. Modélisation numérique du transport

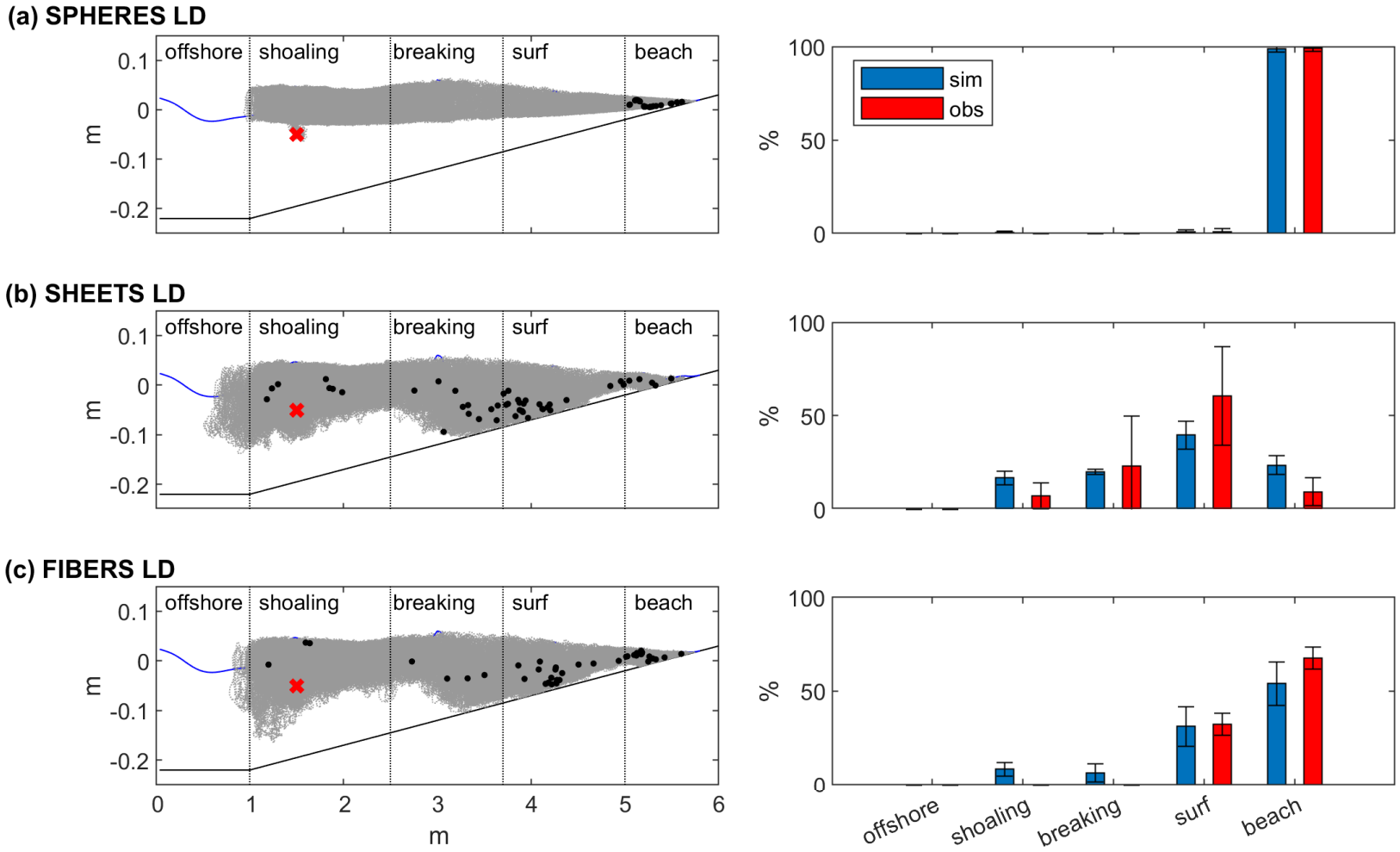
Reference scenarios : Low-density particles

Low-density spheres

Low-density sheets

Low density fibers





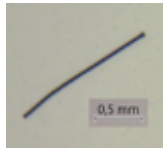
PARTIE II. Modélisation numérique du transport

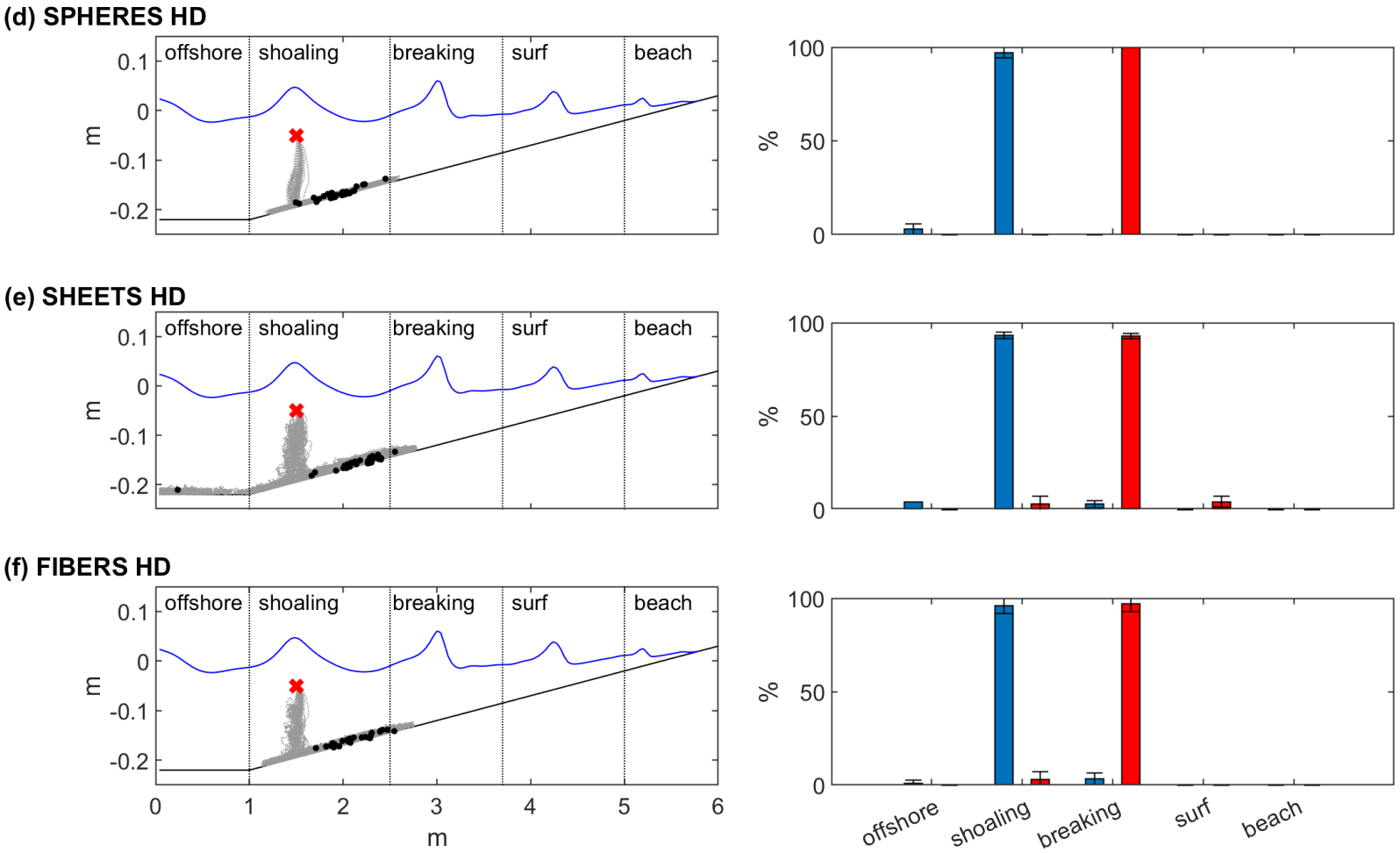
Reference scenarios : High-density particles

High-density spheres

High-density sheets

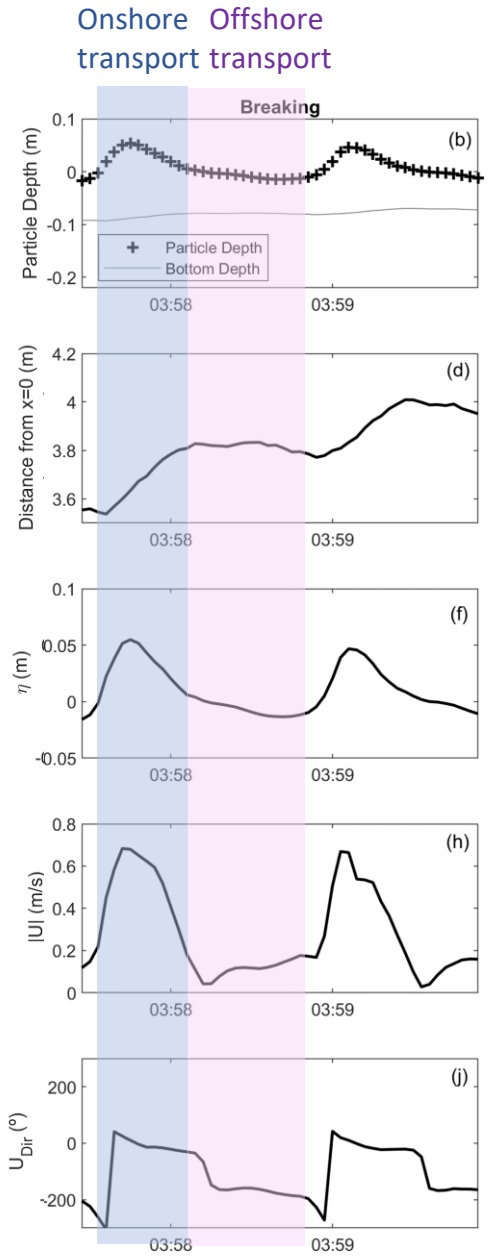
High-density fibers





PARTIE II. Conclusions et perspectives

Low-density spheres



- Net onshore transport observed, driven by Stokes drift and wave asymmetry.
- High buoyancy keeps particles near the surface, limiting vertical dispersion by turbulence, so particles follow onshore surface net drift velocity
- Wave breaking zone shows pronounced asymmetry in transport
- Transport currents are strongest when directed onshore (near wave crest

PARTIE II. Conclusions

- Our new **2DV wave-resolved approach** allows us to **model the transport of microplastics in nearshore water** with high confidence.
- **Vertical processes (settling, vertical mixing)** are key to understanding and predicting the dispersion of microplastics in nearshore water
- Low-density microplastics exhibited net onshore transport driven primarily by the **Stokes drift and wave asymmetry**.
- High-density microplastics were predominantly trapped near the breaking zone as a result of the **competing effects of near-bed transport driven by wave asymmetry and return undertow**

.

Publication:

Geosci. Model Dev., 18, 319–336, 2025
https://doi.org/10.5194/gmd-18-319-2025

Geoscientific Model Development
Open Access
EGU

A wave-resolving two-dimensional vertical Lagrangian approach to model microplastic transport in nearshore waters based on TrackMPD 3.0

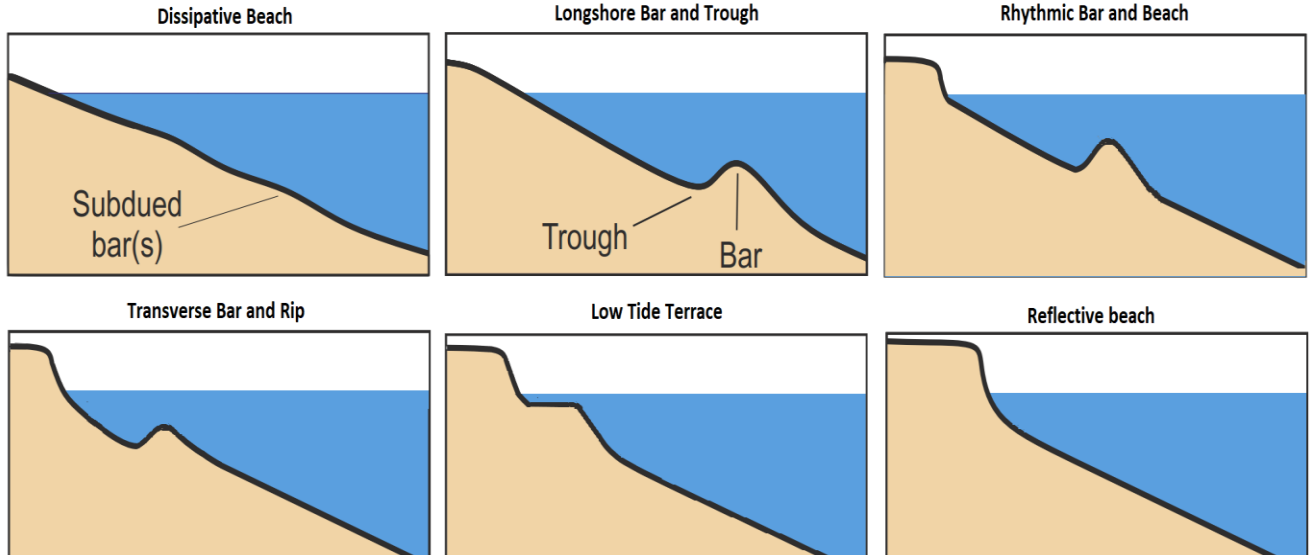
Isabel Jalón-Rojas[1], Damien Sous[2,3], and Vincent Marieu[1]

PARTIE II. Ongoing work

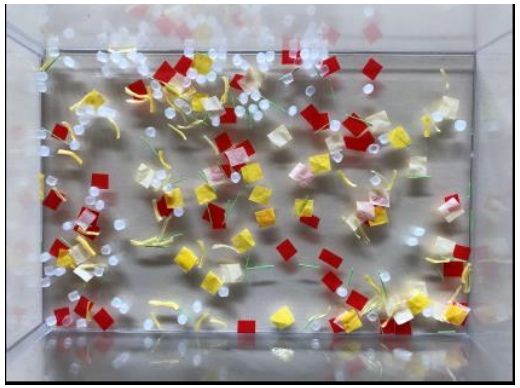
5 forçages représentatifs des **différents états de mer** caractéristiques des littoraux

Type de configuration	Scénario	H_p (m)	T_p (s)
Mer du vent	A1	1	7
Houle courte	A2	2	10
Houle longue	A3	2	15
Tempête modérée	A4	4	13
Tempête forte	A5	6	13

6 familles des plages de **morphologie contrastés** (*après Andrew Short, 2006*)



6 particules de **différents densités et forme**

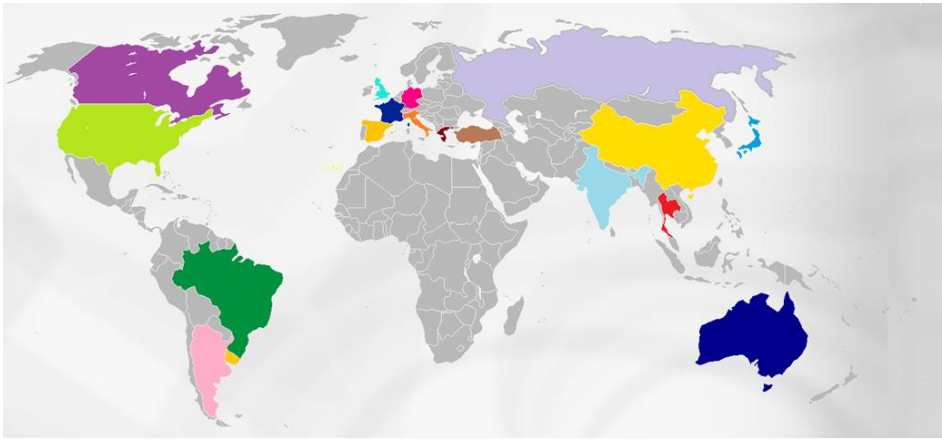


Retombées du projet

- **2 publications en journaux de rang A**
- 3ème publication en cours
- 1 nouvelle version d'un modèle open access
- Un stage Master 2
- 3 communications à des Congrès
- 1 communication grand publique

	CITED BY	YEAR
Effects of biofilms and particle physical properties on the rising and settling velocities of microplastic fibers and sheets I Jalón-Rojas, A Romero-Ramírez, K Fauquembergue, L Rossignol, ... Environmental Science & Technology 56 (12), 8114-8123	68	2022

Utilisateurs de TrackMPD



Projets Dérivés:

- ✓ **ANR JCJC PLASTINEST**
- ✓ **OFB ARPLASTIC 2.0**
- ✓ **NEXT-COAST** (In2novation OceanTech)

FAIL PPR OCEAN PLASTOC, MSCA DN Marine Litter

Merci!!

Isabel.jalon-rojas@u-bordeaux.fr

UMR 5805 EPOC (Bordeaux)