



PLASTIC-Seine 2017-2020

Flux et impact des microplastiques dans l'estuaire de Seine



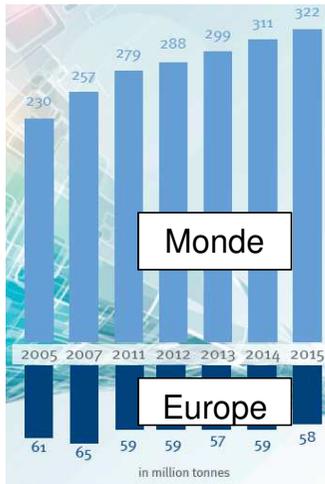
Jérôme Cachot et Johnny Gasperi



Comité de suivi du projet Plastic-Seine – Rouen 14 février 2020

Quelques éléments de contexte

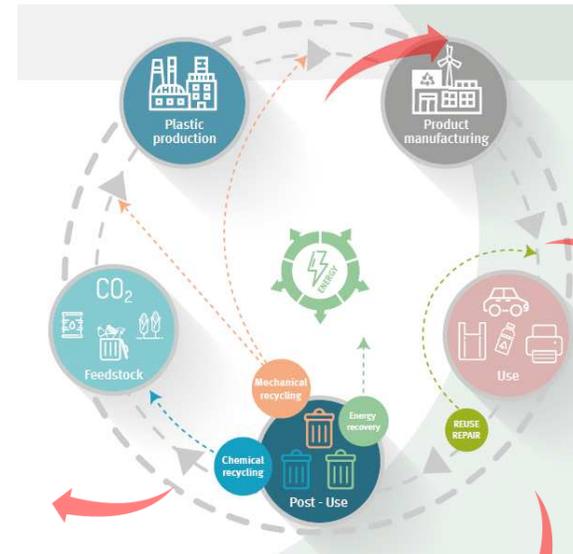
Production plastique mondiale



359 Mt in 2018



Cycle de vie des plastiques



**Emission dans l'environnement
(Les océans sont le réceptacle final des plastiques)**



©L. Colasse

La Seine en 2018

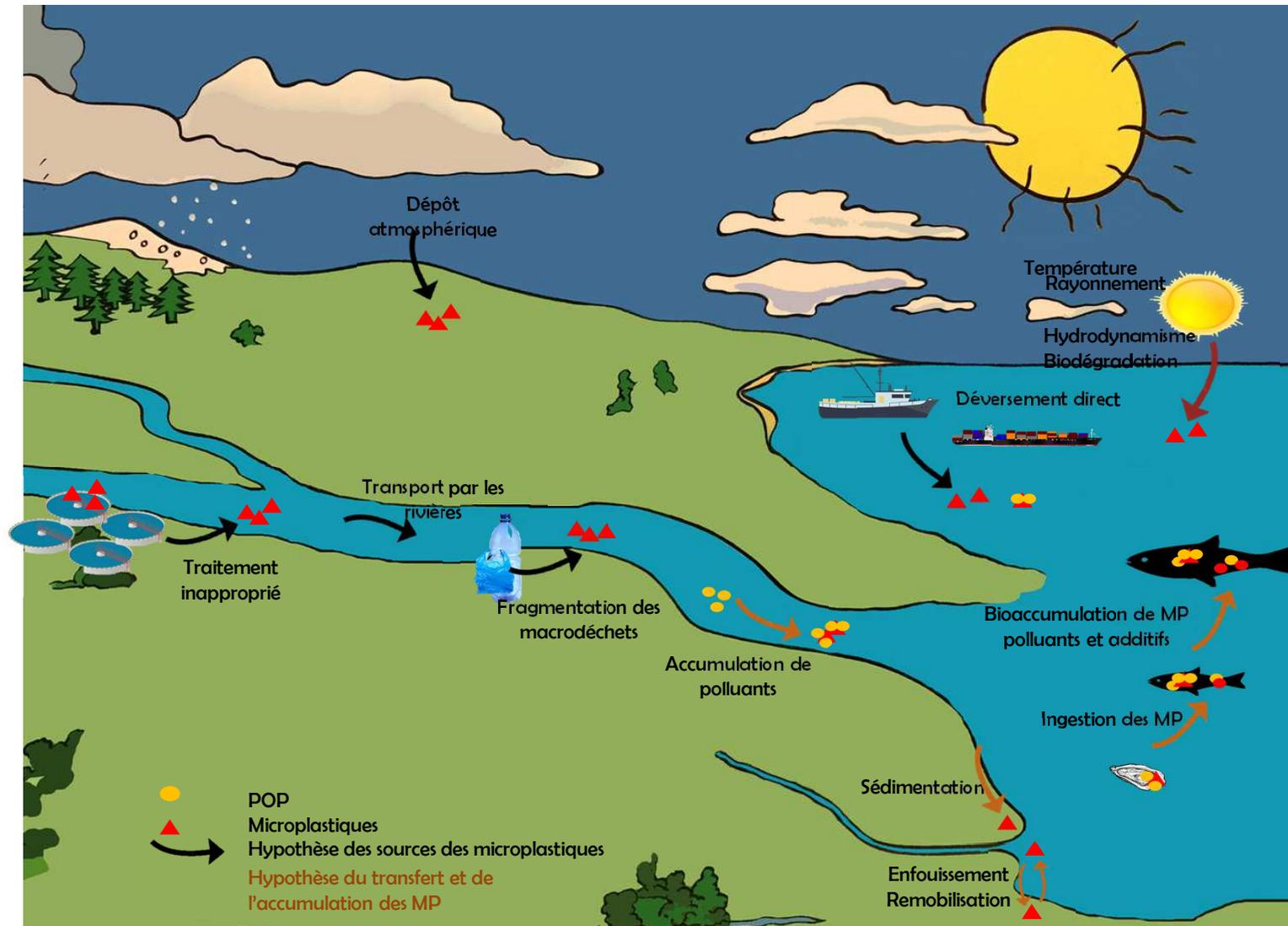


©J. Gaspéri

Paris en 2018

- 3-10 Mt/an déversées dans les océans
- Apport principalement par les fleuves

Quelques éléments de contexte



Cycle de vie des plastiques (Le Bihanic et al., 2019).

- ✓ Les MP sont transportés, accumulés et vieillissent dans les milieux aquatiques
- ✓ Les MP sont ingérés par les organismes vivants.

Projet Plastic-Seine (2017-2020)

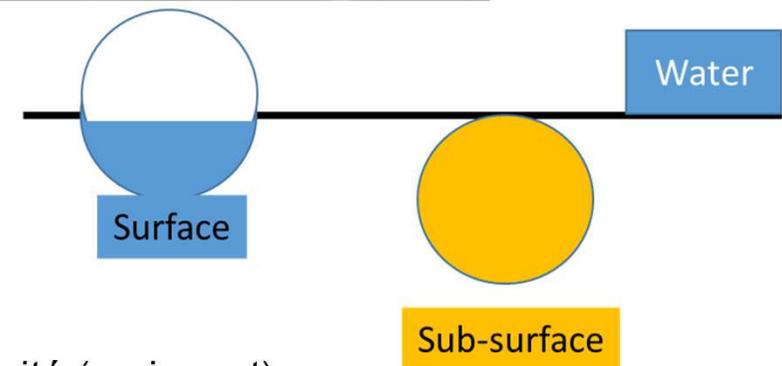
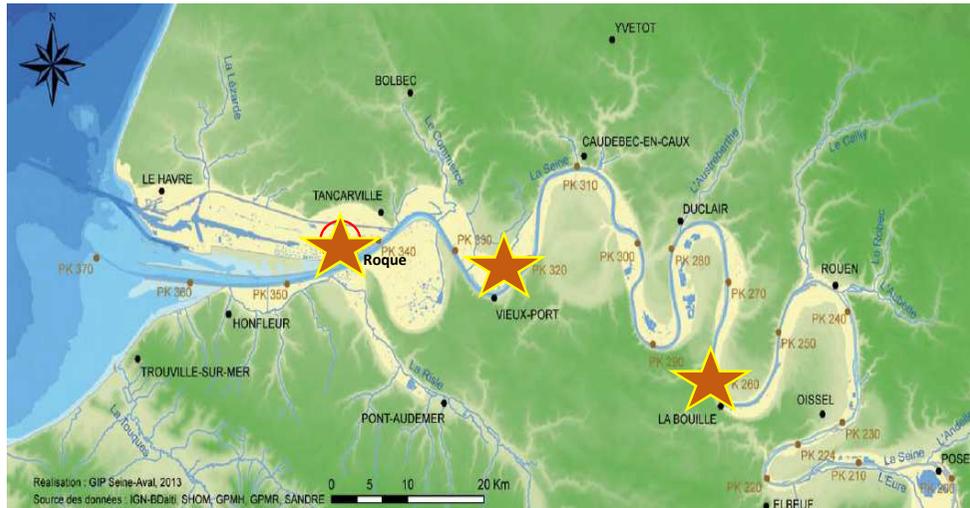
Objectifs

- ✓ Dresser un premier tableau de bord de la pollution microplastiques dans l'estuaire de Seine
- ✓ Etudier en laboratoire le transfert et les effets des microplastiques

Structuration du projet

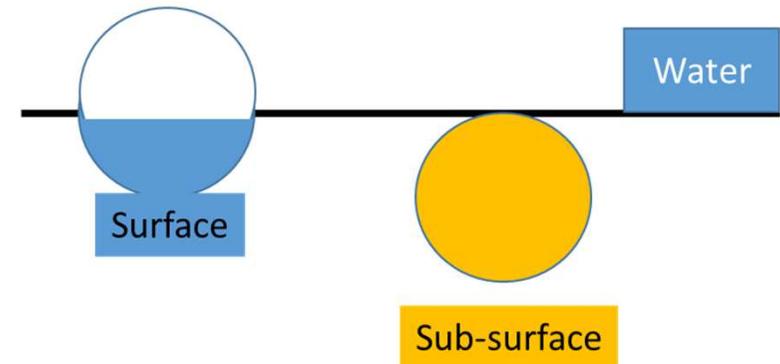
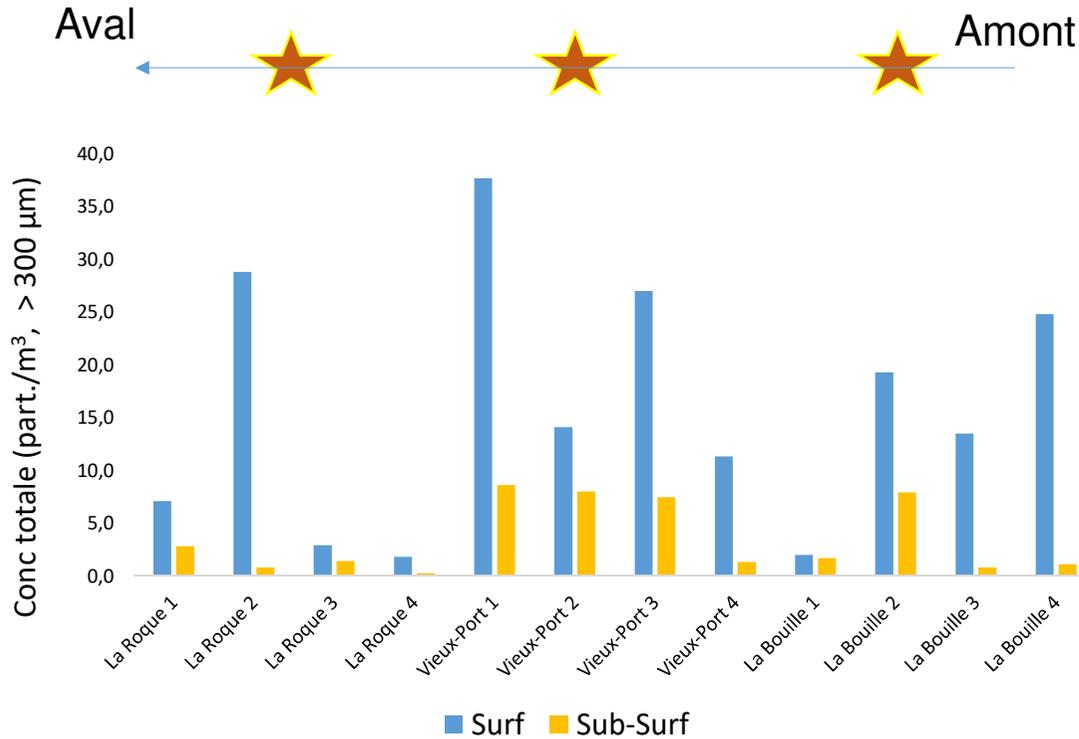
- ✓ Tâche 1: Etat de la contamination des compartiments abiotiques sur le continuum Seine
- ✓ Tâche 2: Etat de la contamination microplastiques du biote
- ✓ Tâche 3: Transfert et effets des microplastiques sur trois espèces représentatives du réseau trophique de l'estuaire de Seine

Tâche 1 : Etat de la contamination des compartiments abiotiques sur le continuum Seine



- 2017–2019 : 4 campagnes de prélèvements
- 3 sites de prélèvements amont/aval avec un gradient de salinité (en jusant)
- Trois filets à plancton : à 300 μm pour eau de surface (15 cm) et sub-surface (50 cm), à 80 μm pour suivre les concentrations en fibres
- Échantillons de sédiment prélevés avec une benne Ponar sur les 3 sites

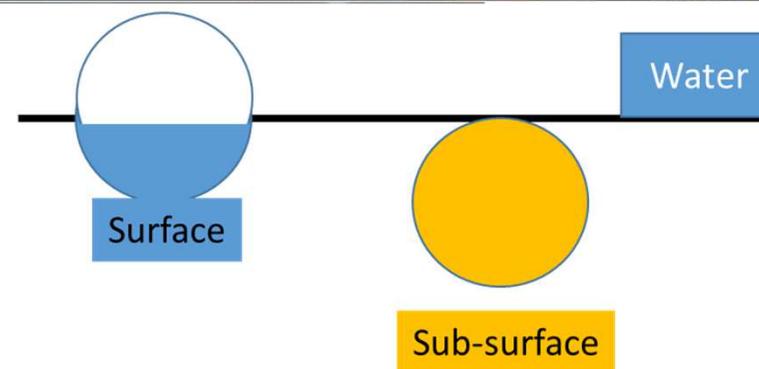
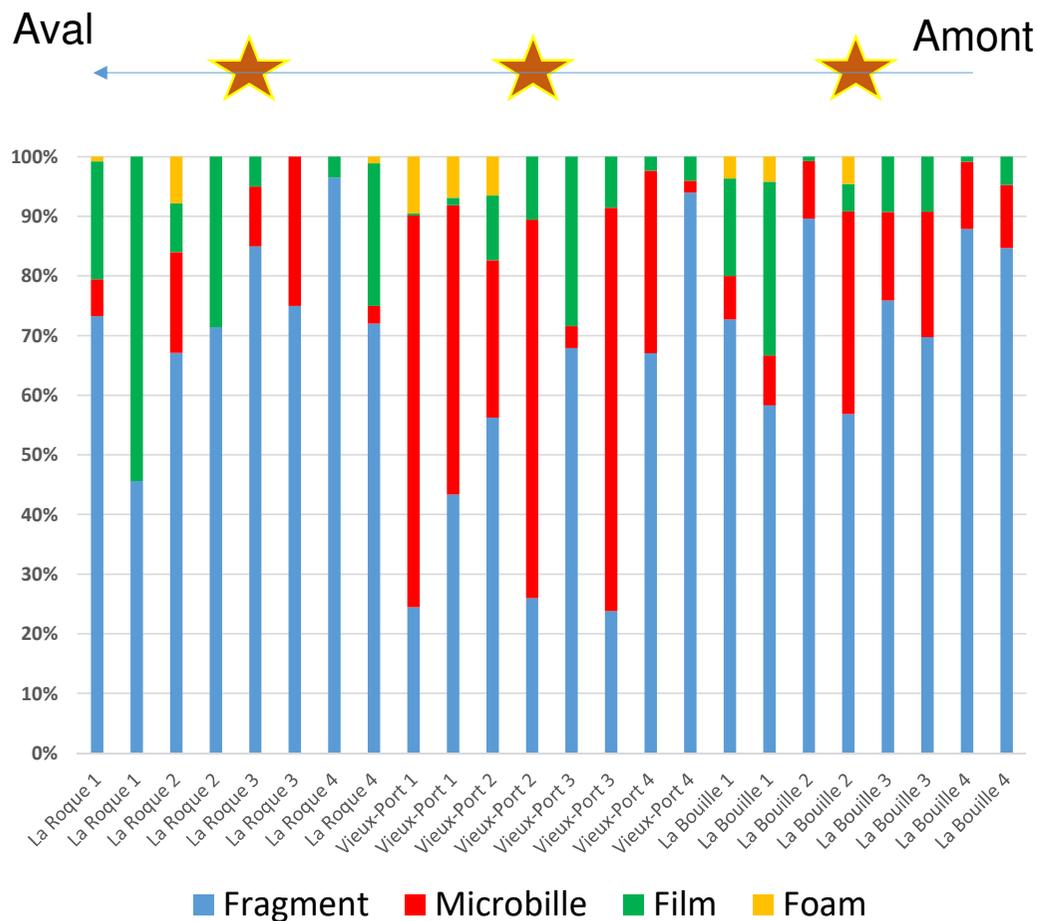
Tâche 1 : Etat de la contamination des compartiments abiotiques sur le continuum Seine – eau de surface



- ✓ Concentration modérée à forte de 1 à 45 particules/m³
- ✓ Grande variabilité spatio-temporelle de concentration

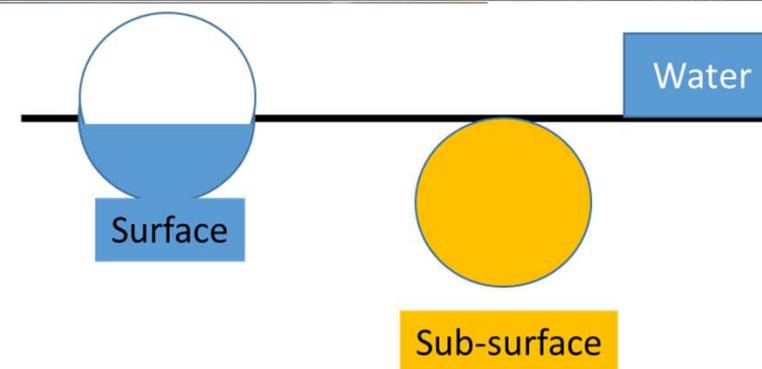
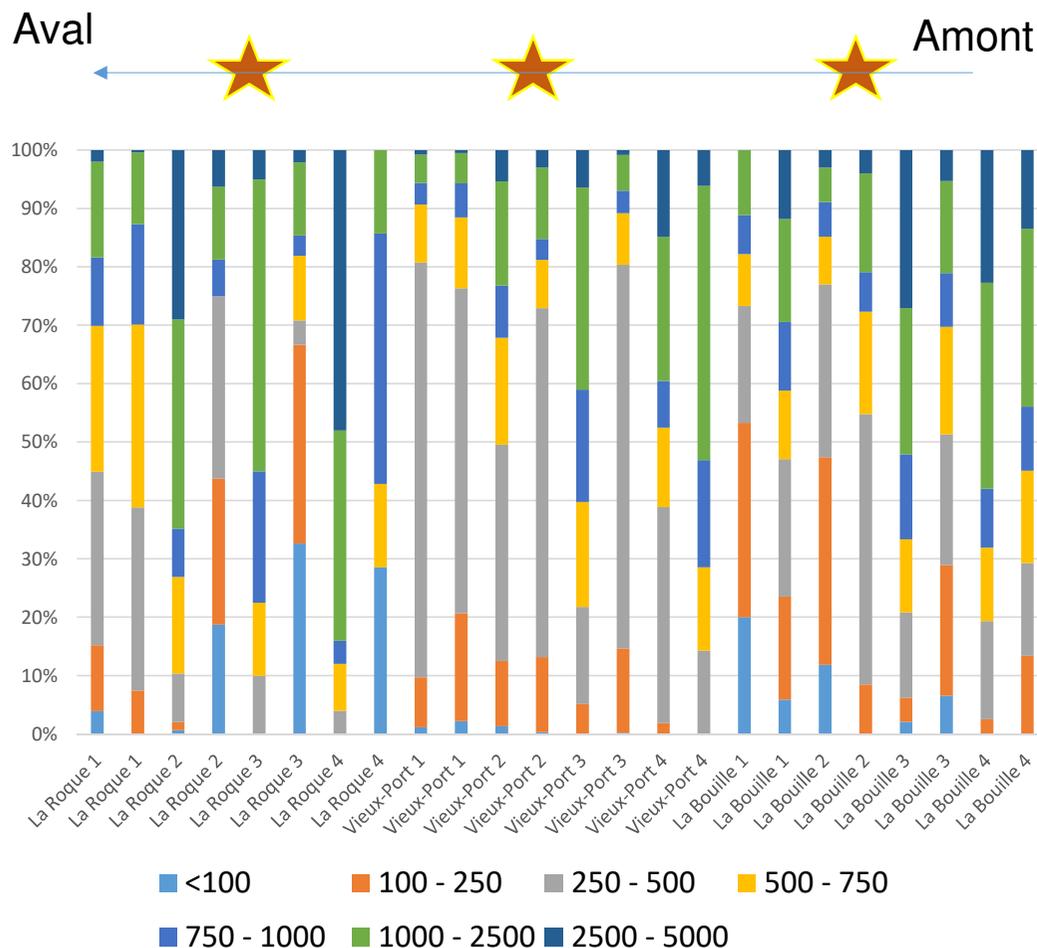
136 particules/m³ dans l'estuaire de Oujiang, Chine (Zhao et al., 2015); de 1,10 à 7,03 particules/m³ en Afrique du Sud (Naidoo et al., 2015); de 0,0066 à 0,0308 particules.m³ dans la baie de Californie, USA (Gray et al., 2018)

Tâche 1 : Etat de la contamination des compartiments abiotiques sur le continuum Seine – eau de surface



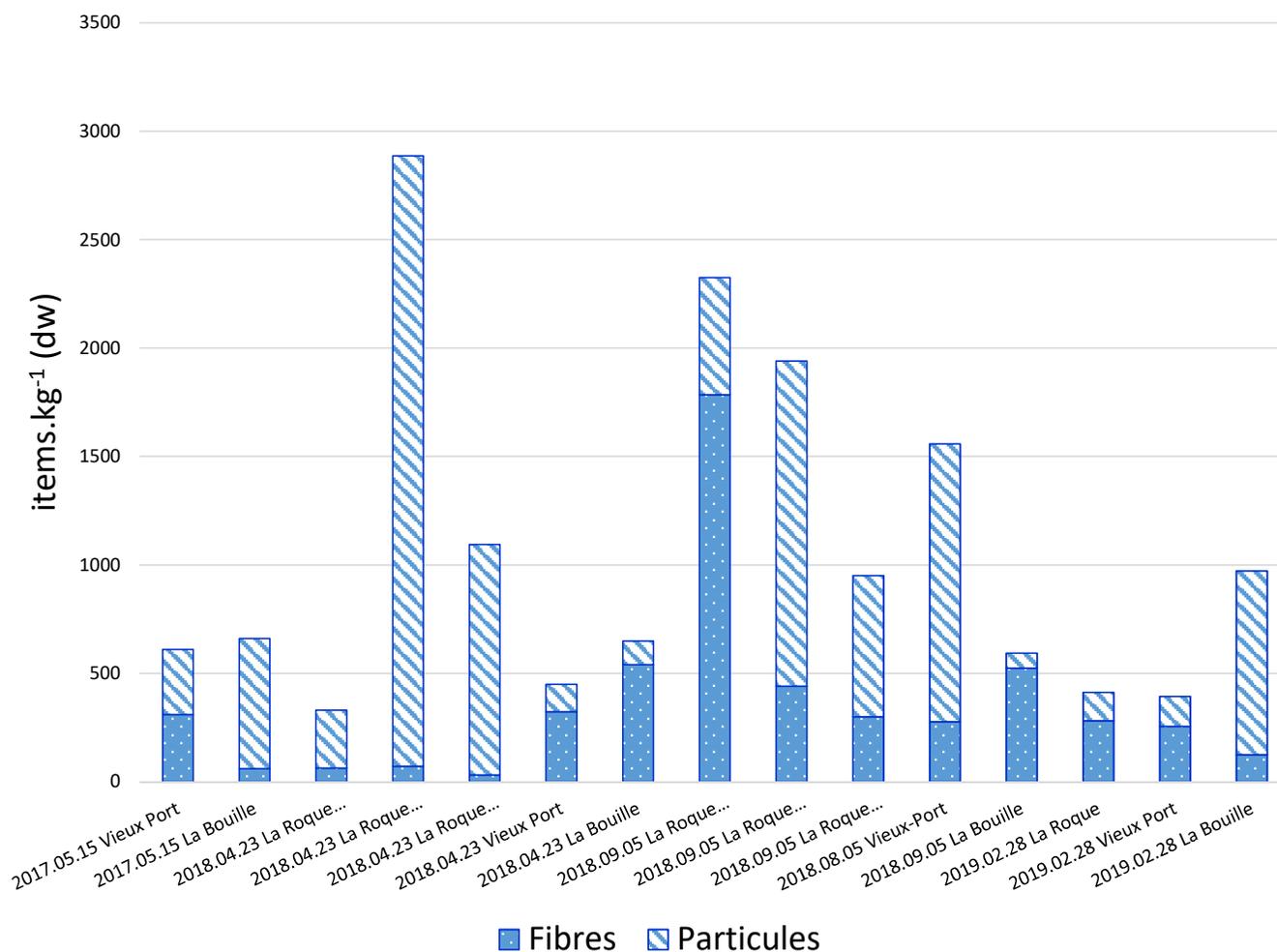
✓ Les fragments sont les particules les plus abondantes (fibres non analysées)

Tâche 1 : Etat de la contamination des compartiments abiotiques sur le continuum Seine – eau de surface



- ✓ La taille des particules sont majoritairement < 1000 μm (à l'exception du site de La Roque)

Tâche 1 : Etat de la contamination des compartiments abiotiques sur le continuum Seine – sédiment



- ✓ Concentrations modérées à fortes (300-3000 items/Kg)
- ✓ Grande variabilité spatio-temporelle des concentrations
- ✓ Concentrations plus élevées que dans la colonne d'eau
- ✓ Concentrations en fibres et fragments du même ordre de grandeur

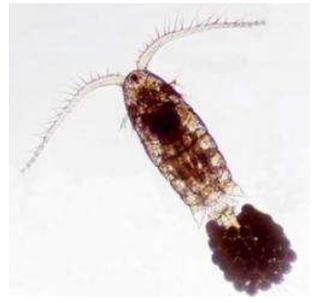
Dans la littérature : entre 20 et 46 particules/Kg, Kwazulu-Natal, Afrique du Sud (Naidoo et al., 2015)
- 685 particules/Kg, rivière perle, Chine (Fan et al., 2019)
- 2 052 particules/Kg, delta de l'Ebre, Espagne (Simon-Sanchez et al., 2019)

Tâche 2 : Contamination microplastiques dans le biote

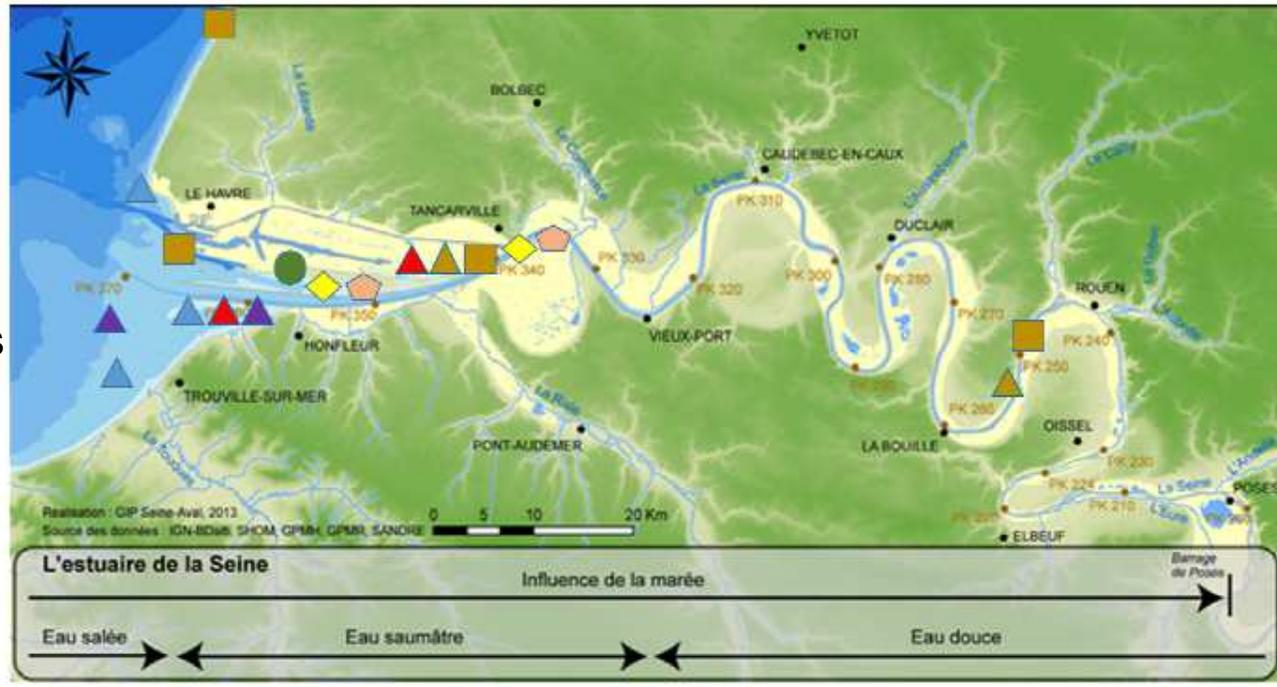
- *Hediste diversicolor*
- ▲ Moules bleues
- ▲ Juvéniles de bar
- ▲ Juvéniles de sole
- ◻ Crevettes blanches
- ◻ Zooplancton
- ◻ Encagement juvéniles de flat
- ▲ Juvéniles de flat



Palaemon longirostris



Eurytemora affinis
Arcatia sp



Solea solea



Platychthys flesus



Dicentrarchus labrax



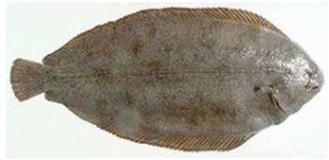
Mytilus edulis



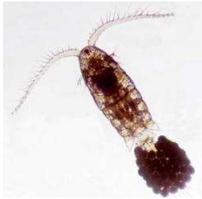
Hediste diversicolor

Echantillonnage : 960 individus, 8 espèces, 2 saisons, 2 années (2017 & 2018), > 2 sites

Tâche 2 : Contamination microplastiques dans le biote



Tractus digestif



Organismes entiers (tissus mous)

Analyses biométriques et dissection du TD ou du corps entier (PSM)



Digestion
KOH 10% ou
NaClO, 24h



Filtration sur
filtres (fibre de
verre)



Tri et caractérisation
sous microscope
(nombre, forme,
taille, couleur)



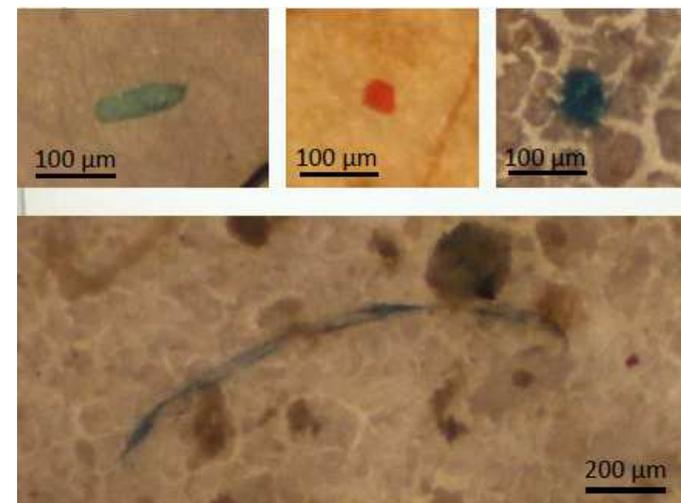
Identification
de la nature du
polymère
(FT-IR ou
Raman)

→ Optimisation du protocole en fonction de l'espèce (contenu en lipides, sable, etc.)

Ver marin, *Hediste diversicolor*



Site	Date	Vers* (Part./ind.)	Sédiment dépuré* (Part./ind.)
Radiale 8	Avril 17	1,47 ± 1,41	2,55 ± 2,06
	Juin 17	0,30 ± 0,36	1,79 ± 1,42
	Avril 18	0,43 ± 0,60	2,23 ± 1,53
	Juin 18	0,63 ± 0,57	1,24 ± 1,01
Radiale 3/5	Avril 17	0,75 ± 0,7	1,63 ± 1,16
	Juin 17	0,21 ± 0,31	0,78 ± 0,87
	Avril 18	0,33 ± 0,66	1,04 ± 1,23
	Juin 18	0,40 ± 0,43	0,86 ± 1,09



* Données non corrigées

- ✓ De 0,2 à 1,5 particules/individu mais 0,8 à 2,5 part./ind. dans les sédiments dépurés
- ✓ Fragments et fibres prédominant
- ✓ Grande variabilité spatio-temporelle

Moule bleue, *Mytilus edulis*



Forme	Modalité	Nb / pool de 3 moules non corrigés				Nb / g de chair non corrigés	
		moy	sd	min	max	moy	sd
Fibres	Ts sites x ttes années	9,89	6,27	1	42	1,21	0,63
	2017	12,7	6,88	4	42	1,36	0,69
	2018	7,26	4,25	1	17	1,07	0,56
Fragments	Ts sites x ttes années	0,11	0,35	0	2	0,01	0,04
	2017	0,19	0,47	0	2	0,02	0,05
	2018	0,03	0,16	0	1	0,003	0,02
Microbilles	Ts sites x ttes années	0,31	0,62	0	2	0,039	0,08
	2017	0,42	0,73	0	2	0,044	0,08
	2018	0,21	0,47	0	2	0,037	0,09

- ✓ 1-3,5 particules/ind
- ✓ Les fibres prédominent
- ✓ La contamination est plus faible en 2018
- ✓ Il n'y a pas de différences entre sites

Copépode, *Eurytemora affinis*

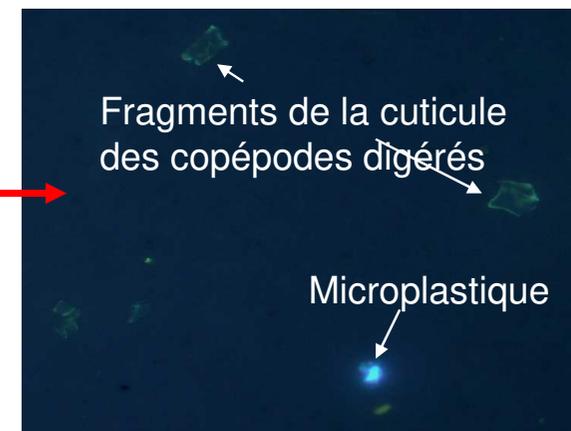


- Tri**
- **E. affinis**
 - Mysidacés
 - Autres copépodes
 - Cladocères
 - Larves de Poisson
 - Autre



Digestion

- Epifluorescence**
- Différenciation entre cuticule/ MP
 - Comptage des MP



5,8+/-1,93 MPs/copépode (3 échantillons, 60 copépodes)
station La Roque

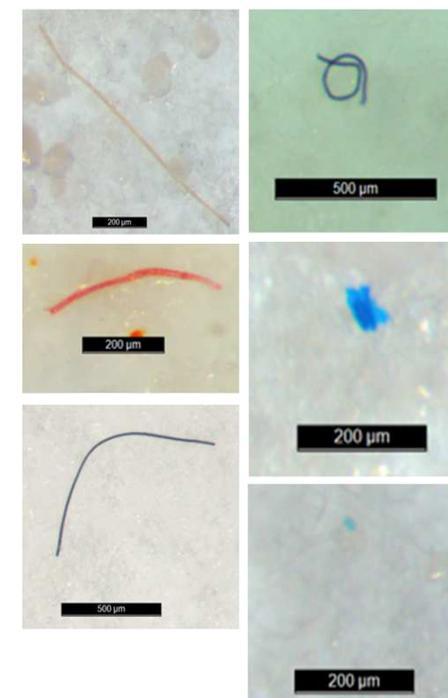
- Micro-Raman**
- Détermination précise de la nature chimique des particules
 - Corrélation entre nature du polymère et couleur par épifluorescence

- Travaux méthodologiques en cours:**
- ✓ Améliorer la préparation des filtres pour le RAMAN
 - ✓ Réduire au maximum la présence des fragments de cuticule

Crevette blanche, *Palaemon longirostris*

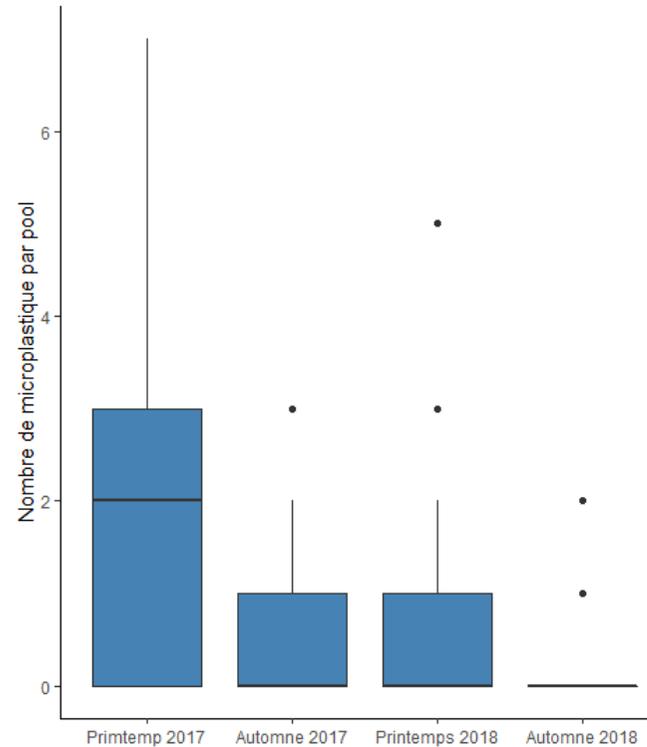
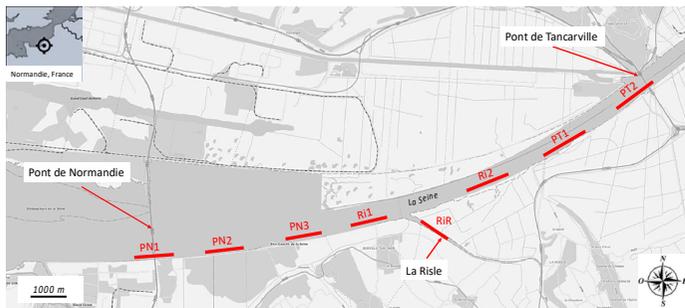
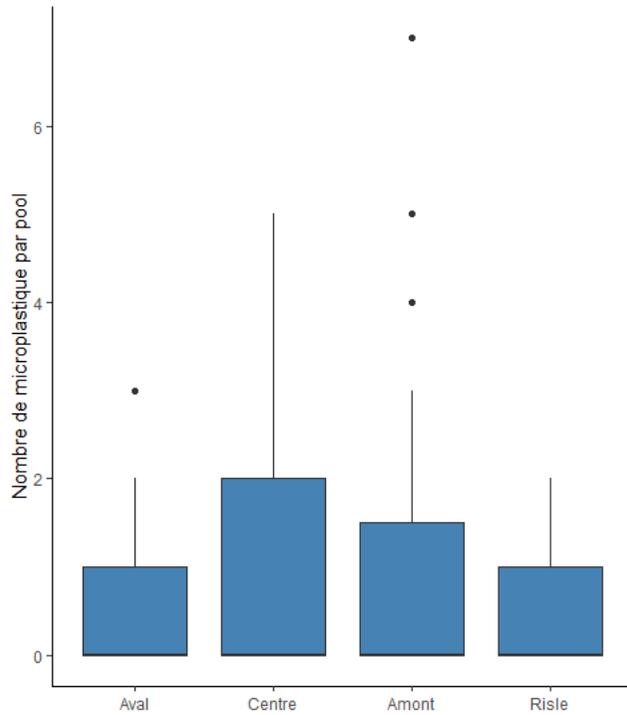
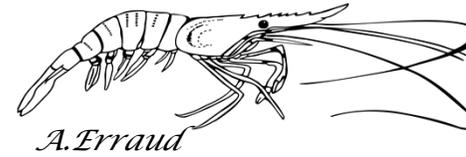


Type of samples	Type of MPs	Total number of MPs	Mean number of MPs/individ +/- SD	Min size/area ($\mu\text{m}/\mu\text{m}^2$)	Max size/area ($\mu\text{m}/\mu\text{m}^2$)
Tissues (n=107 pools as 3 specimens)	Fragments	14	0.04+/-0.15	✓ 253.8	✓ 3751.1
	Fibers	81	0.25+/-0.4	✓ 100.2	✓ 8998.0
	Films	4	0.012+/-0.1	✓ 1512.2	✓ 2510.9
Cuticule surface (n=107 pools of 3 specimens)	Fragments	16	0.03+/-0.09	NA	NA
	Fibers	1274	2.26+/-2.93	NA	NA
	Films	0	0.00+/-0.00	NA	NA



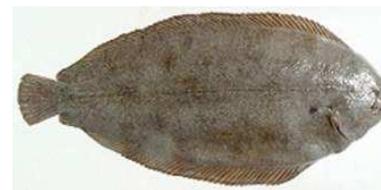
- ✓ 0,31 particule par crevette (max 2,3 part./ind.)
- ✓ Les fibres sont majoritaires

Crevette blanche, *Palaemon longirostris*



- ✓ Pas de différences entre sites
- ✓ Une tendance à la diminution des concentrations de MP au cours du temps

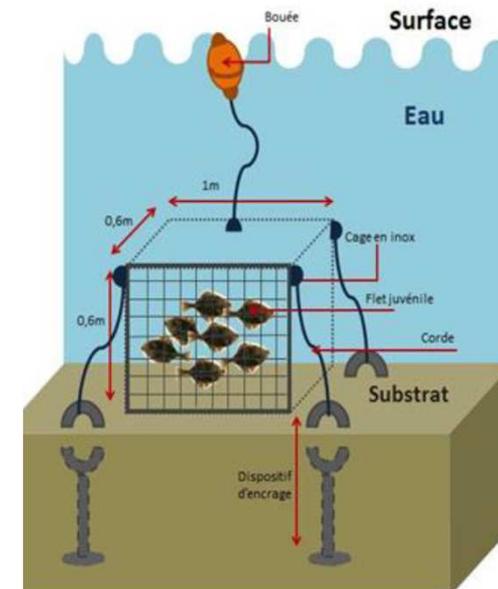
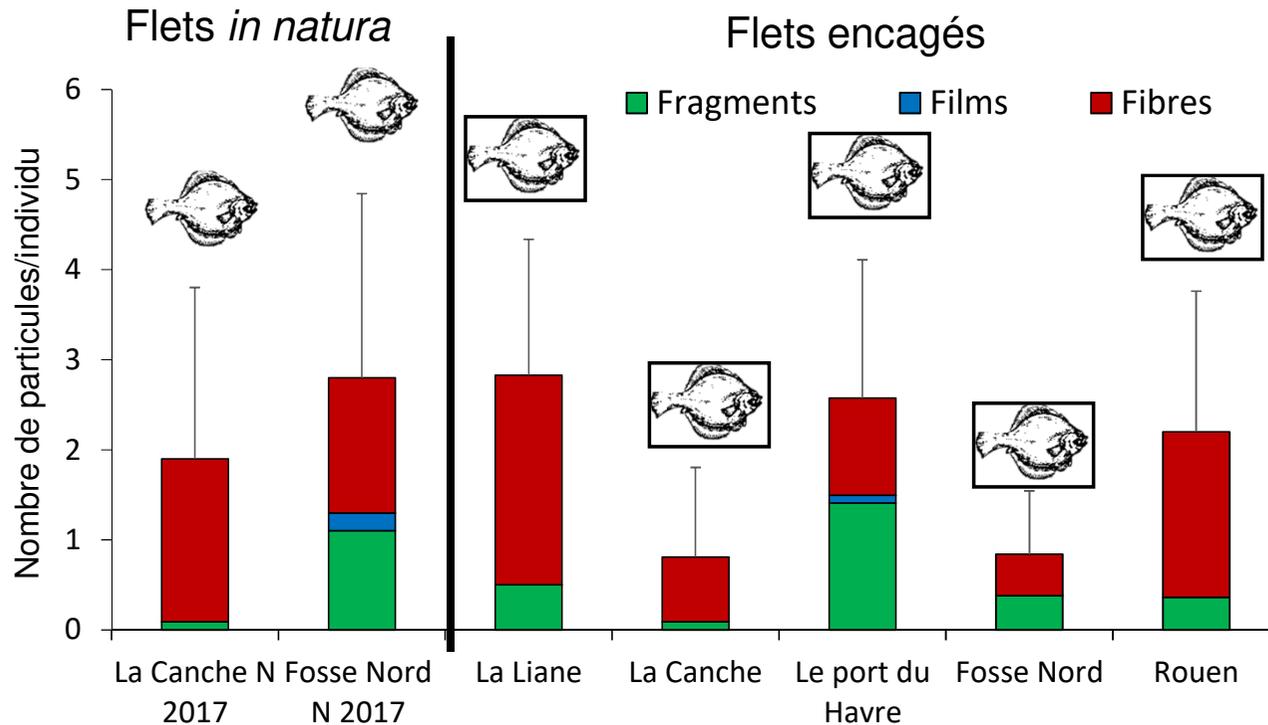
Sole commune, *Solea solea*



Forme	Modalité	Nb / individu non corrigés				Nb / g* non corrigés	
		moy	sd	min	max	moy	sd
Fibres	Ts âges	7,18	6,68	0	29	19,2	41,9
	G0	2,73	1,71	0	8	37,0	57,3
	G1	11,1	7,0	1	29	4,15	2,85
Fragments	Ts âges	0,27	0,67	0	4	0,36	1,95
	G0	0,11	0,44	0	2	0,61	2,86
	G1	0,41	0,80	0	4	0,15	0,30
Microbilles	Ts âges	0,17	0,43	0	2	0,20	1,05
	G0	0,04	0,21	0	1	0,32	1,54
	G1	0,27	0,53	0	2	0,09	0,18

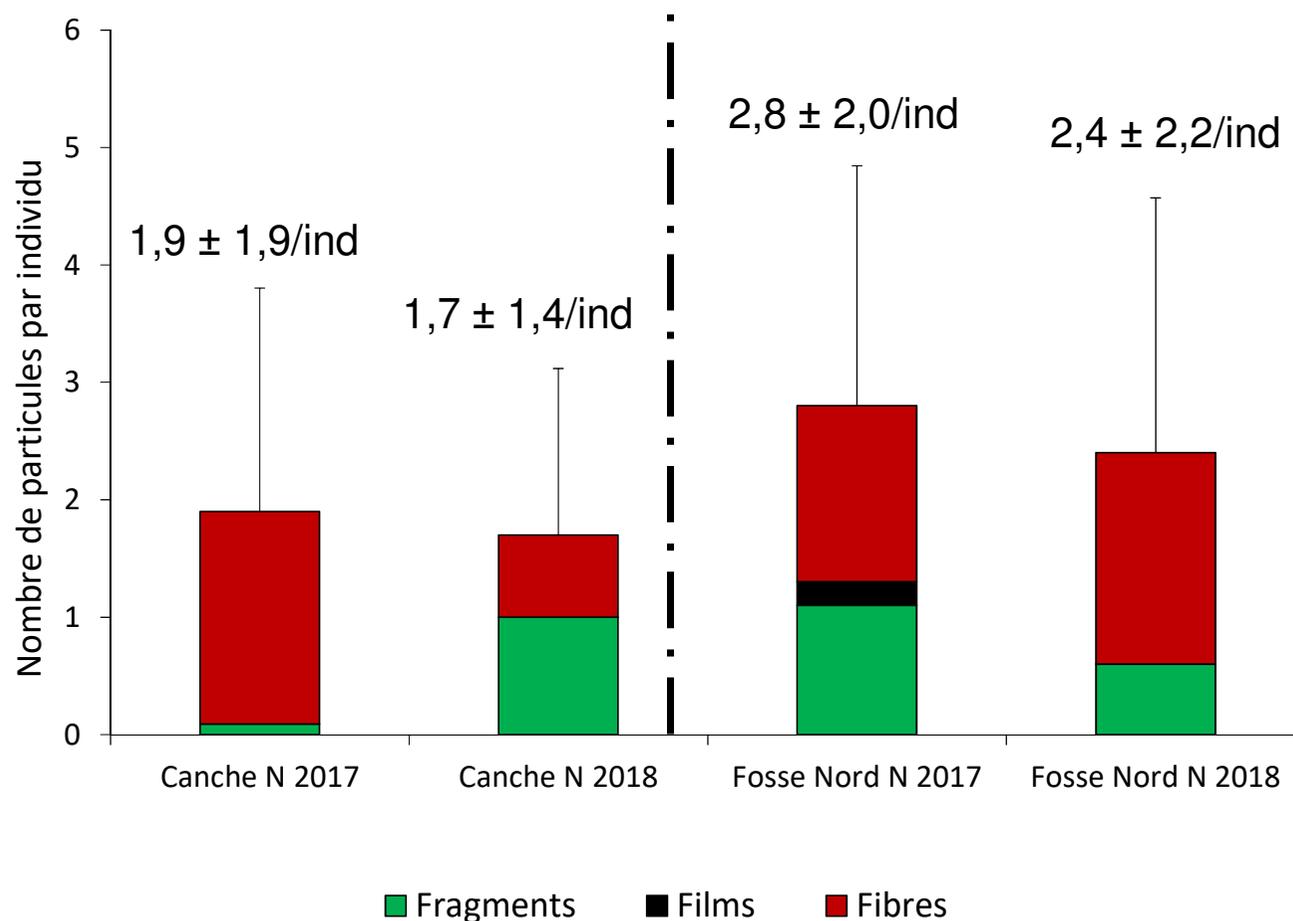
- ✓ En moy 7,6 part./ind.
- ✓ Grande disparité entre individus
- ✓ Les fibres sont prépondérantes
- ✓ Le nombre de particules par individu augmente avec l'âge des poissons

Flet européen, *Platichthys flesus*



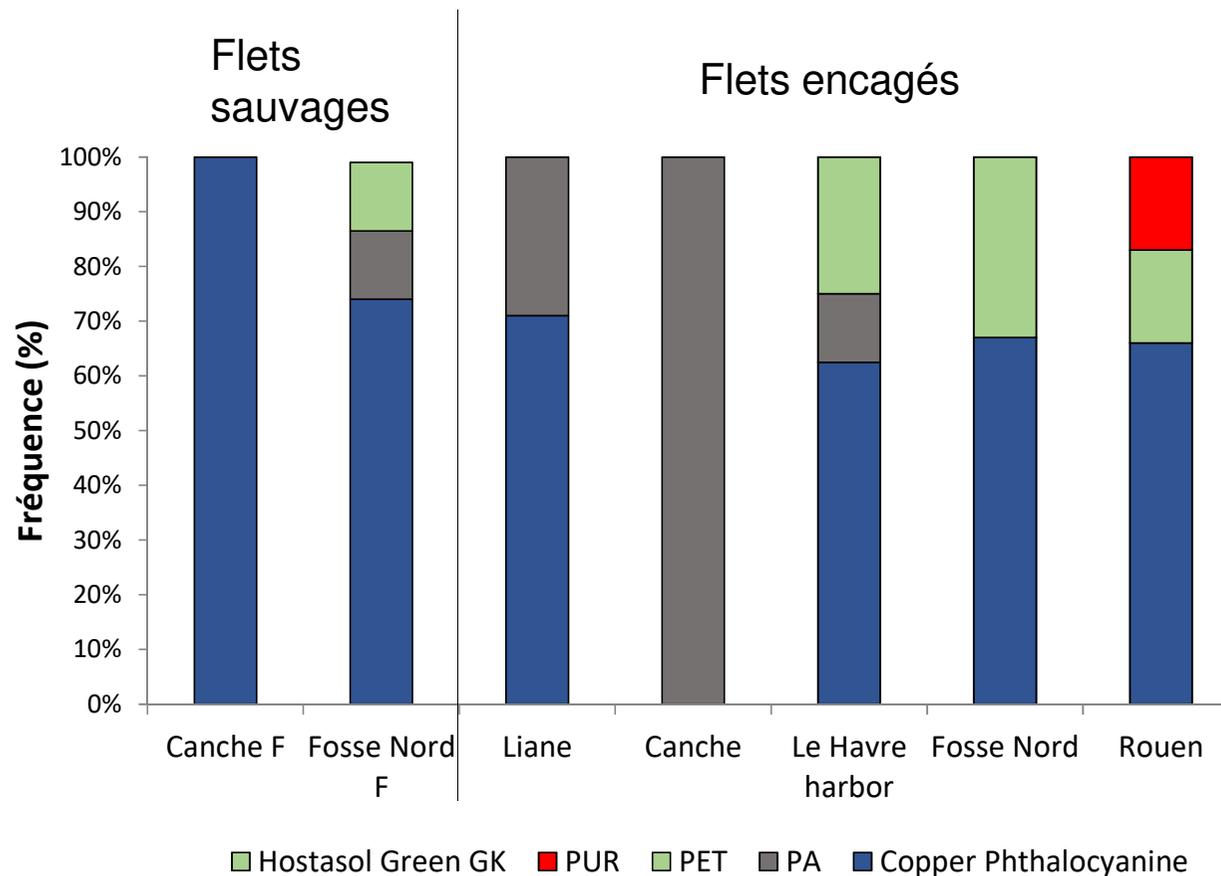
- ✓ Pas de différences entre flets encagés et *in natura*
- ✓ Pas de différence entre sites
- ✓ Les fibres prédominent (69%)

Flet européen, *Platichthys flesus*



- ✓ Pas de différence entre sites et entre années. Cependant une tendance à une prévalence (70-80% versus 36-70%) et une concentration de particules (2,4-2,8 items/ind. versus 1,7-1,9 items/ind) plus élevées en Seine qu'en Canche
- ✓ Les fibres et les particules prédominent.

Flet européen, *Platichthys flesus*



Les MP ingérés par le flet sont majoritairement du polycaprolactame = nylon 6 (PA), du polyéthylène téréphtalate (PET) et du polyuréthane (PUR).

Bar européen, *Dicentrarchus labrax*



EPOC
UMR 5805



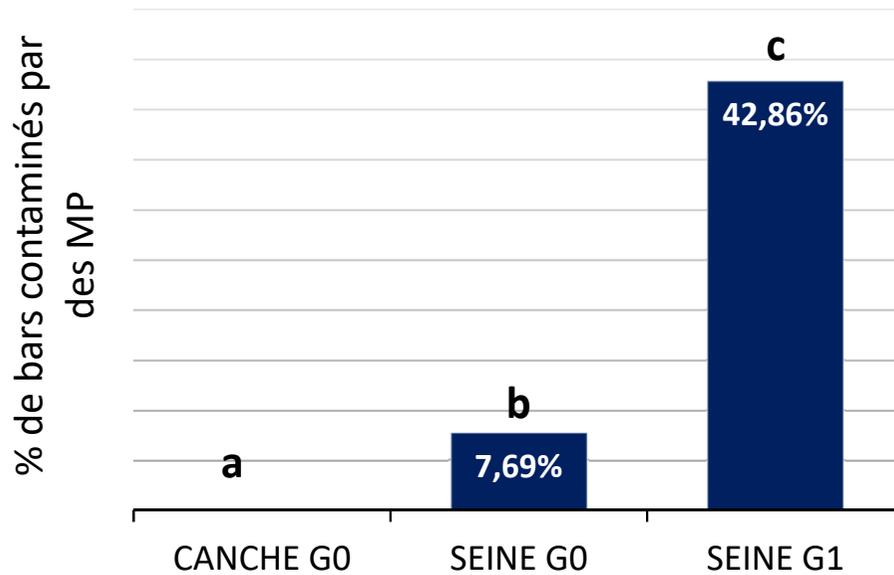
Site/année	Nombre d'individus analysés	Prévalence (%) *	Nombre moyen de particules/individu *	Taille moyenne (µm)	Type de particules majoritaire
G0 + G1 (2017) estuaire de Seine	43	42	0,8 ± 0,1	10-500	Fragments (fibres non comptabilisées)
G0 (2017) Canche	13	20	0,18 ± 0,12	100-500	Fragments (fibres non comptabilisées)
G1 (2018) Estuaire de Seine	21	66,6	2,42 ± 3,34	911 ± 756	Fibres (70-80%) Fragments (20%)
G0 (2018) Estuaire de Seine	13	23,1	0,39 ± 0,87	632 ± 567	Fibres (70-80%) Fragments (20%)
G0 (2018) Canche	54	30,5	0,47 ± 0,78	488 ± 421	Fibres (70-80%) Fragments (20%)

* Données non corrigées

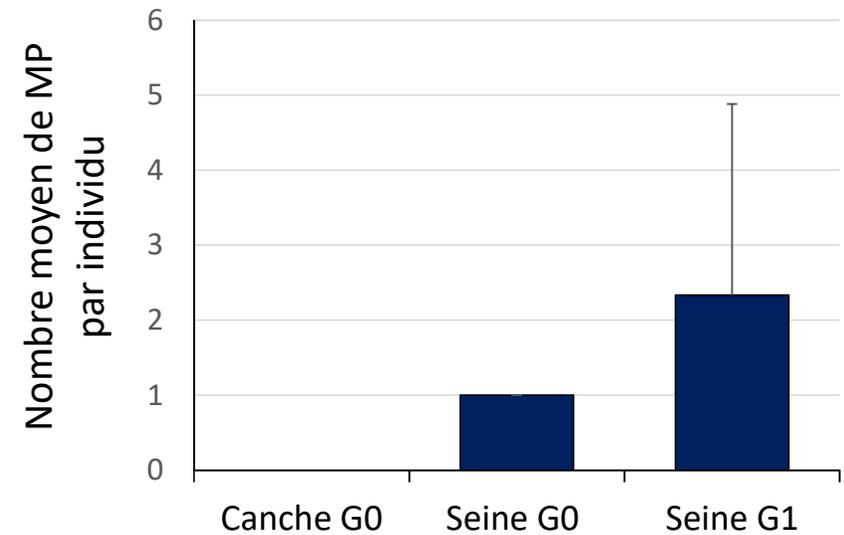
Bar européen, *Dicentrarchus labrax*



EPOC
UMR 5505



- ✓ Entre 0 à 43% de bars contaminés
- ✓ Différences significatives entre site et classe d'âge.



- ✓ 1-2,4 MP/individu
- ✓ Forte variabilité du nombre de MP/individu en fonction du site et de la classe d'âge.

Contamination du biote en estuaire de Seine

Espèces	Nombre d'individus	Prévalence (%)	Nombre moyen de particules/individu	Type de particule majoritaire
Moule bleue (2017)	36 pools de 3	100	3,5 ± 1,9	fibres
Crevette blanche (2017-2018)	87 pools de 3	52	0,30 ± 0,4	fibres
Annélide (2017+2018)	120 pools de 2	61	0,4 ± 0,7 0,9 ± 0,8	fibres fragments
Flet G0 (2017)	11	80	2,8 ± 2,0	fibres et fragments
Sole G0 + G1 (2017)	101	93	7,6 ± 10,2	fibres
Bar G0 + G1 (2017)	43	42	0,8 ± 0,1	fragments
Bar G0+G1 (2018)	34	50	1,4	Fibres et fragments

✓ Toutes les espèces analysées contiennent des particules.

✓ Grande variabilité spécifique de la prévalence (42-100%) et de l'imprégnation individuelle (0,3-7,6 items/ind.).

Tâche 3 : Transfert et effets des microplastiques

➤ Ingestion et egestion des microplastiques

Cinétique de contamination et de dépuración en fonction de la forme et de la taille du MP

➤ Caractérisation des effets écotoxicologiques

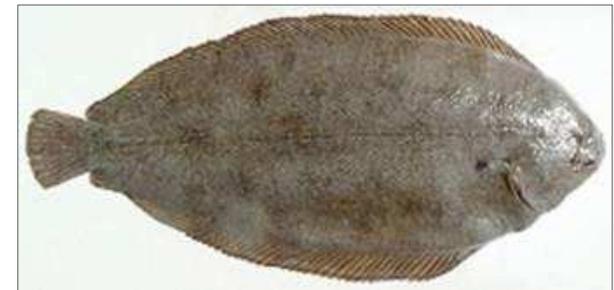
Evaluer les effets d'une exposition à un milieu environnementale de MP de Seine



Copépode,
Eurytemora affinis et
Acartia sp

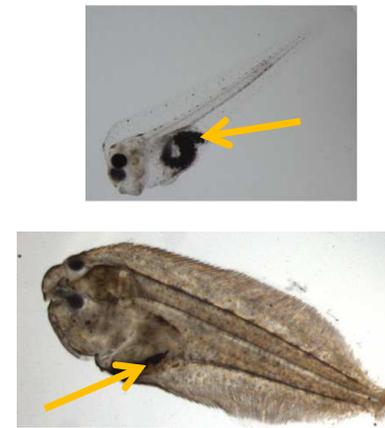
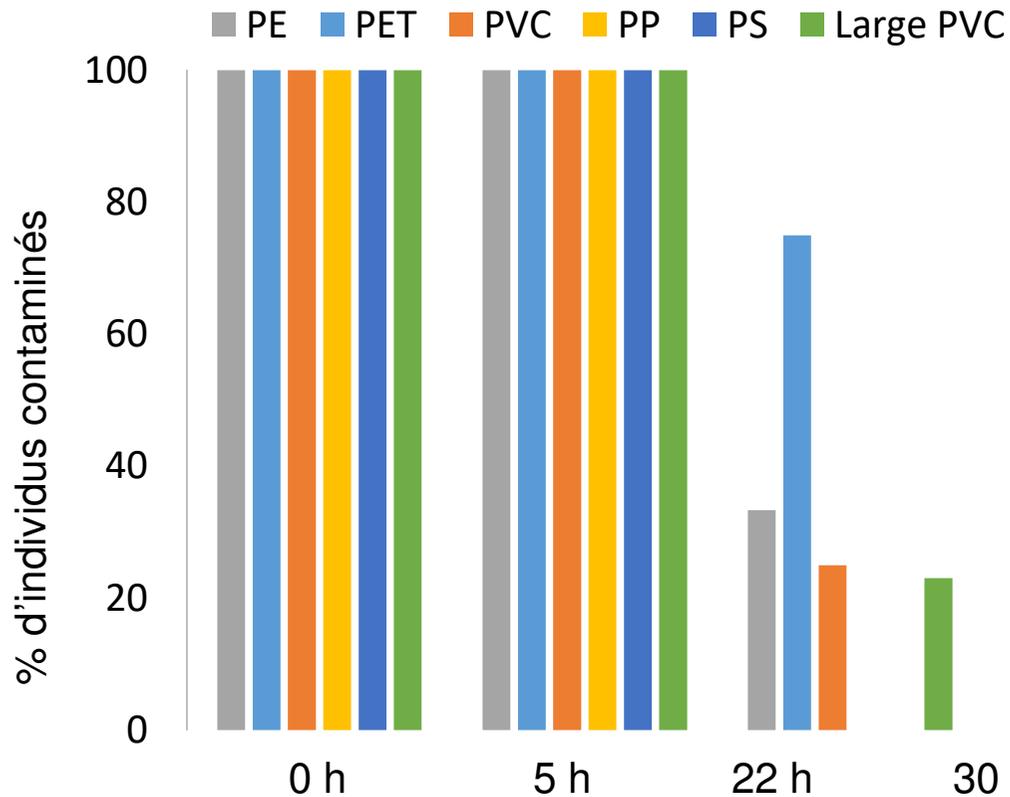


Annélide, *Hediste diversicolor*



La sole, *Solea solea*

Exposition directe de larves et juvéniles de sole à des MP environnementaux



Cinétique d'égestion de MP de Seine par les larves et juvéniles de sole (heure post-contamination) ayant ingérés des microplastiques.

- ✓ Ingestion rapide (≤ 2 h) indépendamment du stade ou de la nature des MP
- ✓ Egestion en moins de 30h qui semble plus rapide après la métamorphose

Exposition trophique de juvéniles de sole à des MP environnementaux

mms
mer molécules santé

EPOC
UMR 5805

Ifremer



Exposition via le sédiment (ASTM, 2013)
20 vers + 3 kg de sédiment + 300 mL d'eau
96h d'exposition



30 individus (1 par bac de 3L)
1 vers/sole/48h
20 jours d'exposition
T°C : 18°C
Photopériode : 12h/12h



Mélange de MP de l'estuaire de Seine broyés et tamisés à 400 µm :
40% PE + 40% PP + 10% PVC + 10% PET

- A : Vers non exposés (témoin)
- B : Vers exposés 96h à 1 mg MP/kg séd.
- C : Vers exposés 96h à 100 mg MP/kg séd.

Exposition trophique de juvéniles de sole à des MP environnementaux

mms
mer molécules santé

EPOC
UMR 5805

Ifremer

Concentration MP (mg/Kg)	Moyenne MP/ver \pm SD	Moyenne MP/g de ver \pm SD
0	0	0
1	0,242 \pm 0,348	1,299 \pm 1,344
100	0,875 \pm 1,050	3,778 \pm 3,151



- ✓ Les vers ingèrent les MP environnementaux
- ✓ Le nombre de MP ingérés augmente avec la dose
- ✓ Pas d'effet sur la survie des vers



- ✓ Pas de mortalité
- ✓ Pas de différence significative de taille/poids
- ✓ Pas de différence de teneur en glycogène et en lipides dans les muscles
- ✓ Pas de différence de l'activité phosphatase acide dans l'intestin
- ✓ Pas d'augmentation de la peroxydation lipides (TBARS)

Conclusions



❑ Contamination de l'estuaire de Seine par les MP

- ✓ Concentration des eaux de surface/subsurface modérée à forte (< 45 items/m³)
- ✓ Fragments et microbilles les plus représentés dans l'eau de surface
- ✓ PE et PS sont les MP les plus représentés dans l'eau de surface
- ✓ Les particules sont plus abondantes dans les sédiments que dans l'eau (< 2 600 items/kg)
- ✓ Fibres et fragments également représentés dans les sédiments

❑ Contamination et effets des MP sur le biote

- ✓ Toutes les espèces analysées contiennent des particules
- ✓ Grande variabilité de contamination entre individus et entre espèces
- ✓ Ingestion et égestion du MP très rapides chez les poissons (sole) et les vers (*H. diversicolore*)
- ✓ Effets sur la couleur et l'adaptation chromatique des soles
- ✓ Effets sur la structure de la population du copépode *E. affinis* à la 2^{ème} génération

Pour la suite



❑ Occurrence et suivi spatio-temporel des microplastiques

- ✓ Analyser la contamination de la colonne d'eau notamment par les **fibres**
- ✓ Mieux évaluer la contamination des sédiments, caractériser les **zones d'accumulation**
- ✓ Mieux quantifier les **échouages** de microplastiques sur les berges
- ✓ Suivi des apports par les **effluents de station d'épuration** et des apports des **tributaires** (La Risle,)
- ✓ Comparaison **amont-aval** et **inter-estuariers**
- ✓ **Outils opérationnels et protocoles standardisés** pour la surveillance de la contamination par les microplastiques (encagements de bivalves, crustacés, vers ...)

❑ Flux et transfert de microplastiques

- ✓ **Modélisation** des transferts horizontaux et verticaux dans l'eau et le sédiment et vers le biote
- ✓ Evaluation des **flux** à l'échelle de l'estuaire

Pour la suite



❑ Devenir et effets écotoxicologiques des MP dans le biote

- ✓ Perfectionner le protocole d'analyse des **MP dans le zooplancton *in situ***
- ✓ Etudier la bioaccumulation et **bioamplification des MP** dans le réseau trophique
- ✓ Caractériser les effets **écotoxicologiques des fibres**
- ✓ Caractériser **l'écotoxicité des MP vieilliss**

❑ Effets sanitaires des MP (consommation de produits de la mer)

- ✓ Contamination des **produits de la pêche et de l'aquaculture**
- ✓ Evaluation de **l'exposition et du risque pour les consommateurs**



UNIVERSITÉ
PARIS-EST CRÉTEIL
VAL DE MARNE

