

Déchets plastiques en estuaire de Seine : Premières connaissances sur les flux et les impacts des macro- et microplastiques

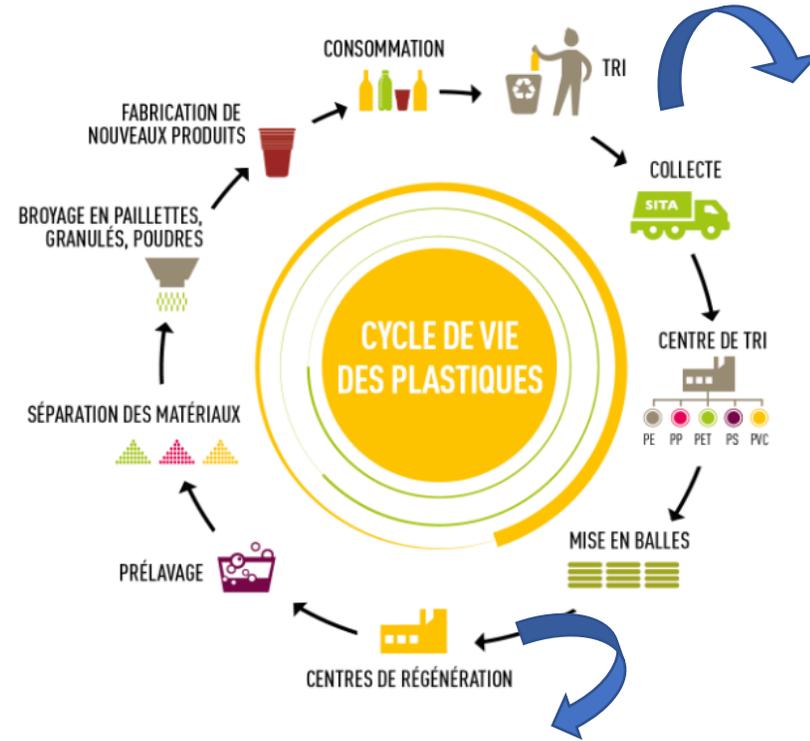
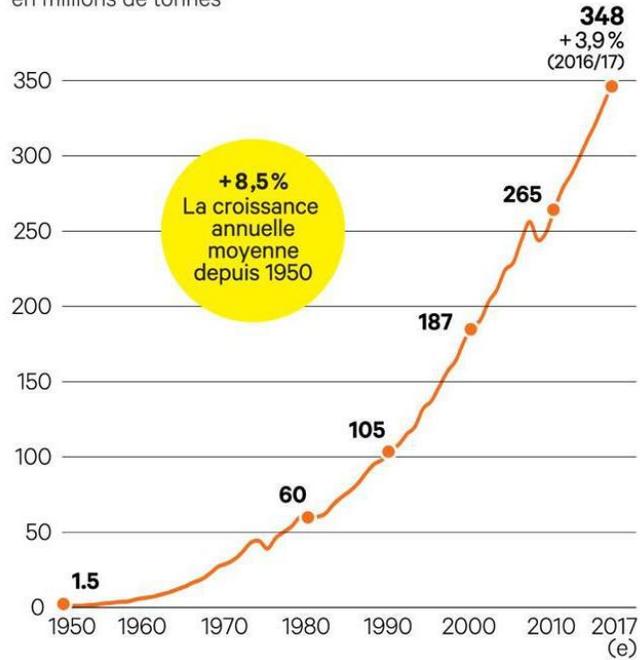
Contributeurs : Johnny Gasperi et Jérôme Cachot

Projet Macro-Plast : Romain Tramoy, Johnny Gasperi, Rachid Dris, Laurent Colasse, Cedric Fisson, Vincent Rocher, Brigitte Viault, Bruno Tassin

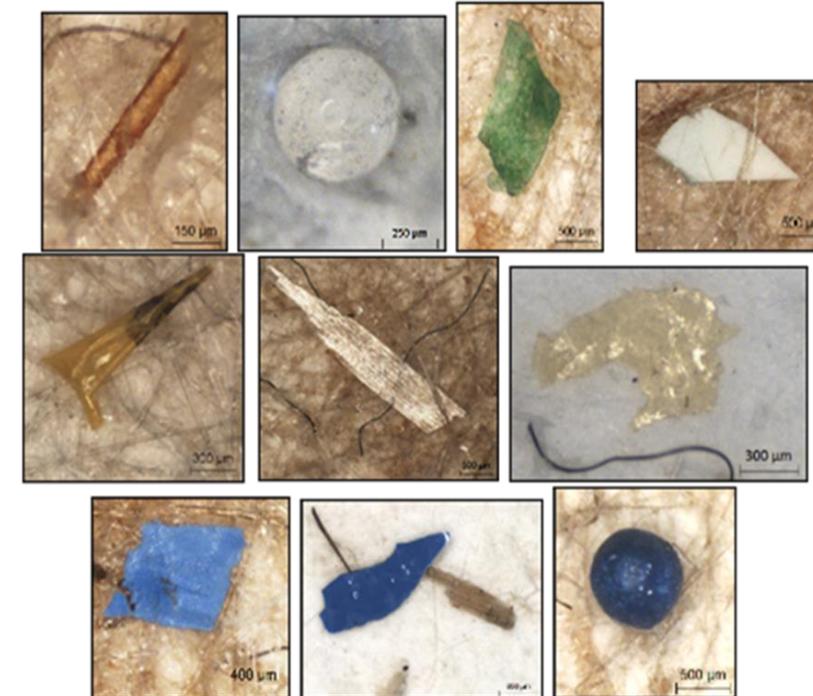
Projet PLASTIC-Seine : Jérôme Cachot, Christelle Clérandeau, Florane Le Bihanic, Caroline Vignet, Pauline Pannetier, Francesco Misurale, Quentin Pedriat, Bénédicte Morin, Messika Revel, Catherine Mouneyrac, Mohamed Mouloud, Amélie Châtel, Hanane Perrein-Ettajani, Mélanie Bruneau, Marie-Pierre Halm, Aline Gangnery, François Galgani, Marie-Laure Bégout, Xavier Cousin, Catherine Dreanno, Maria El Rakwe, Jeremy Thery, Capucine Bialais, Sami Souissi, Maria Kazour, Rachid Amara, Marie-Adèle Dutertre, Romain Coulaud, Thiphaine Monsinjon, Benoit Xuereb, Soline Alligant, Bruno Tassin, Johnny Gasperi

Contexte

Production mondiale de plastique, en millions de tonnes



Fragmentation dépend de nombreux facteurs intrinsèques aux polymères, et aux conditions environnementales



Microplastiques collectés en estuaire de Seine (Leesu)

0,4-4 Mt/an dans les océans
(Lebreton et al., 2017; Schmidt et al., 2017)

○ Contexte

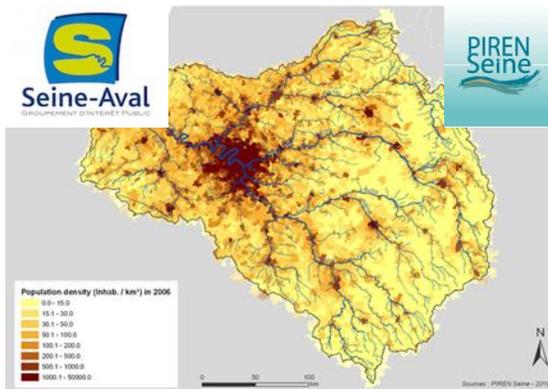
Le bassin versant de la Seine est fortement anthropisé :

- densité de population élevée
- activités industrielles variées dont pétrochimie
- agriculture intensive
- deux ports de dimension européenne

→ Quelle contamination par les macroplastiques et les microplastiques (taille < 5 mm) en estuaire de Seine ?



L'estuaire de Seine : estuaire macrotidal de 180 km de long fortement anthropisé.



Macro et microplastiques en estuaire de Seine



PLASTIC-Seine



Quels sont les flux de plastiques annuels exportés en mer depuis le bassin de la Seine ?

Quelle est la dynamique de transfert des déchets plastiques, en particulier ?

1. Comment les mesurer ?
2. Trajectoires des déchets

Quelles contaminations des compartiments abiotiques et biotiques en estuaire de Seine par les microplastiques ?

1. Distribution spatio-temporelle des MP dans l'estuaire de Seine
2. Contamination du réseau trophique par les MP
3. Cinétique de contamination et de dépuración des MP
4. Caractérisation des effets écotoxicologiques des MP

○ Macro-Plast : quelle dynamique des déchets ?



ESTUAIRE Régime de crue (n=5)		
	Moyenne	Ecart-type
Vitesse (km/j)	21,3	9,1
Distance parcourue (km)	73,9	29,7
Echouages (#)	5	-
Temps d'échouage/site (j)	3,2	3,1

: 4 →

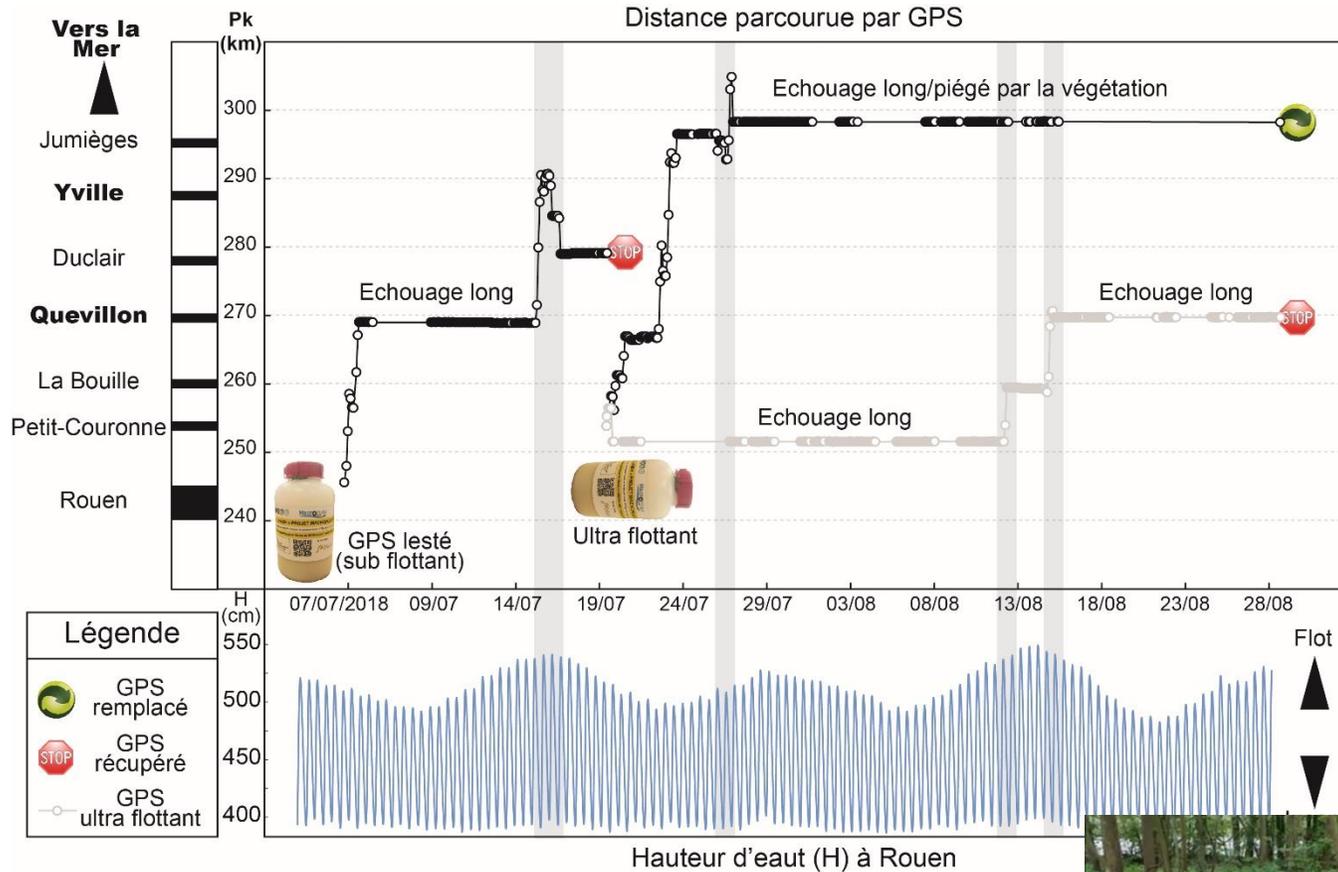
: 3 →

X 2 →

X 4 →

ESTUAIRE Faibles débits (n=10)		
	Moyenne	Ecart-type
Vitesse (km/j)	4,9	5,0
Distance parcourue (km)	22,8	27,4
Echouages (#)	21	-
Temps d'échouage/site (j)	13,4	12,3

○ Macro-Plast : quelle dynamique des déchets ?



Faible transport avec de multiples échouages

Forte influence des grandes marées sur les processus d'échouage/remobilisation

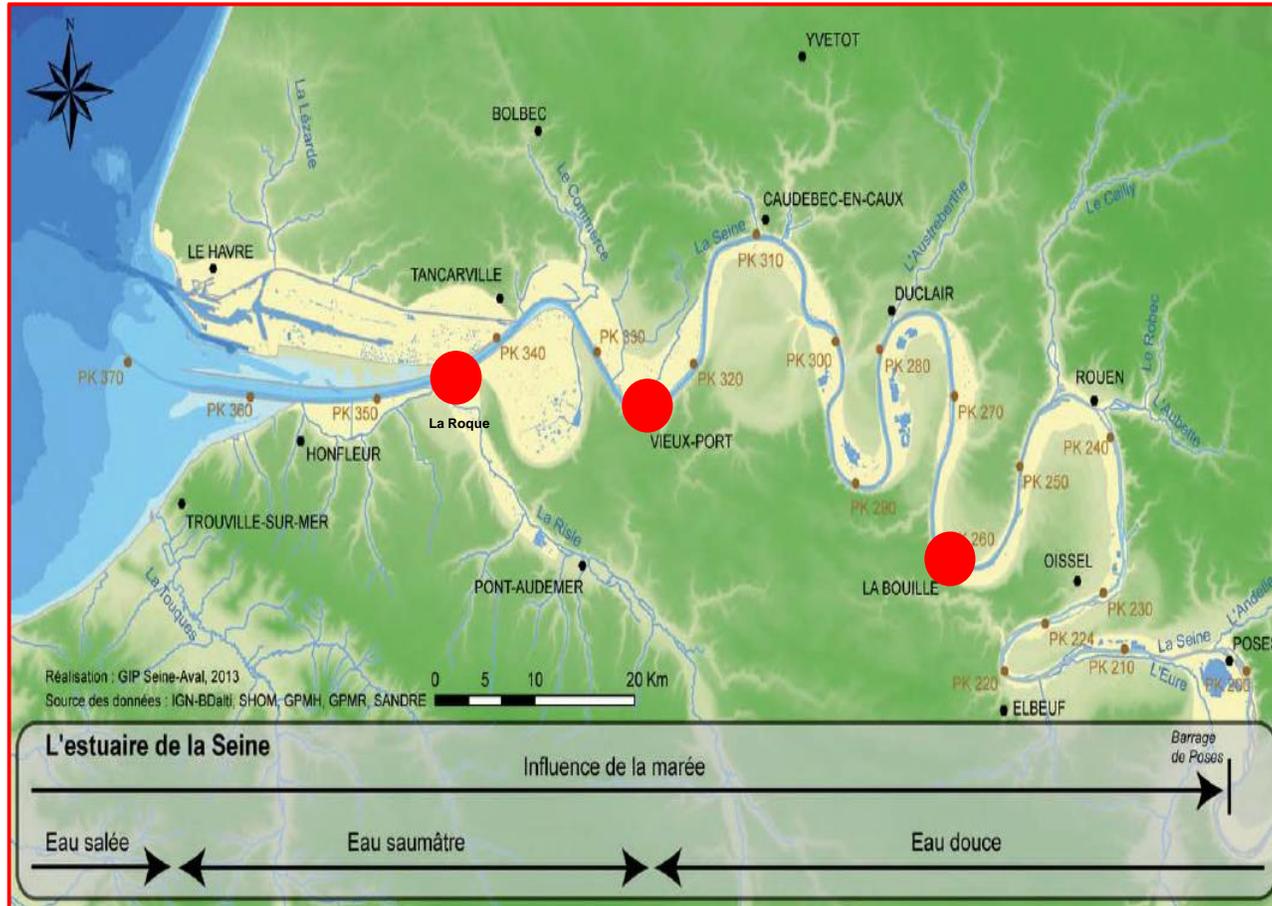
Des déchets qui s'échouent sur les berges et qui peuvent rester longtemps échouer

Conditions favorables à la production de microplastiques ?

Résultats après 8 mois : Dynamiques de transfert (GPS)



○ Plastic-Seine : compartiments abiotiques



Sites d'échantillonnage le long de l'estuaire de Seine

- 2017–2019 : 4 campagnes d'échantill.
- 3 sites d'échantillonnage (La Bouille/Vieux Port/La Roque)
- Filet à plancton à 300 μm de vide de maille pour la collecte des microplastiques en surface (15 cm) ou sub-surface (50 cm).
- Echantillonnage à marée basse et à marée montante



Filets à plancton pour la collecte de MPs

○ Plastic-Seine : compartiments abiotiques

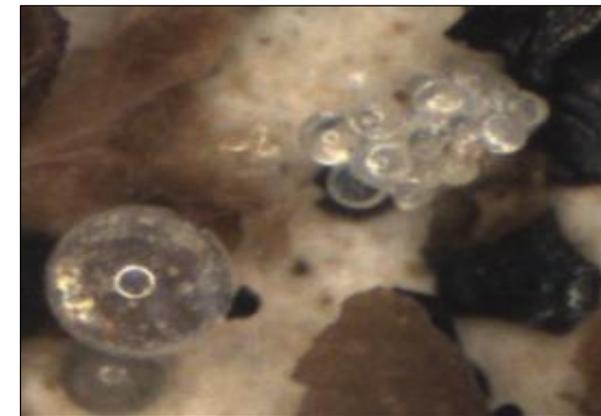
Estimation des concentrations de MP dans l'eau de surface de l'estuaire de Seine (MPs supposés)

↑ AVAIL

	Volume échantillonné (m ³)	Nbre de Particules	Concentration (particules.m ⁻³)
La Roque Eau de surface	91	258	2,8
La Roque Eau de sub-surface	38	268	7,1
Vieux-Port Eau de surface	74	639	8,6
Vieux-Port Eau de sub-surface	14	619	45,0
La Bouille Eau de surface	5	55	1,7
La Bouille eau de subsurface	20	24	2,0

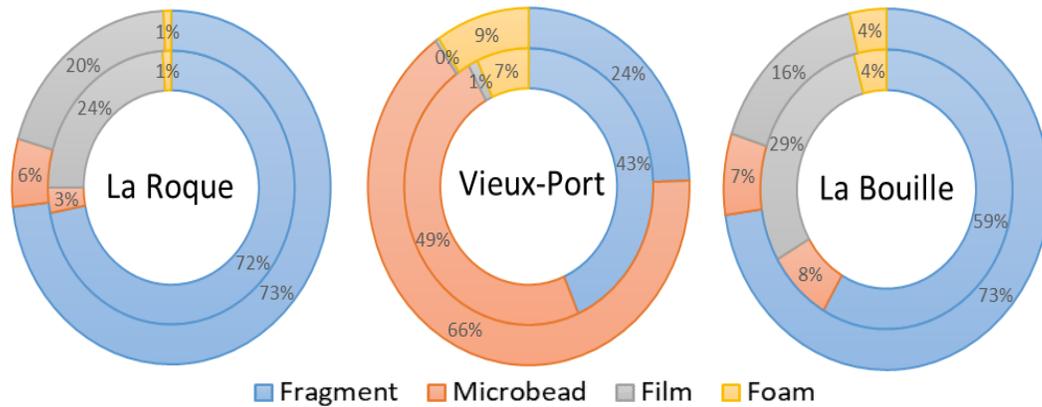
AMONT

- Concentrations de MP entre 1,7 et 45 particules.m⁻³
- Différences entre eau de surface et eau de sub-surface
- Plus fortes concentrations de MP à Vieux Port et présence de microbilles transparentes de PS

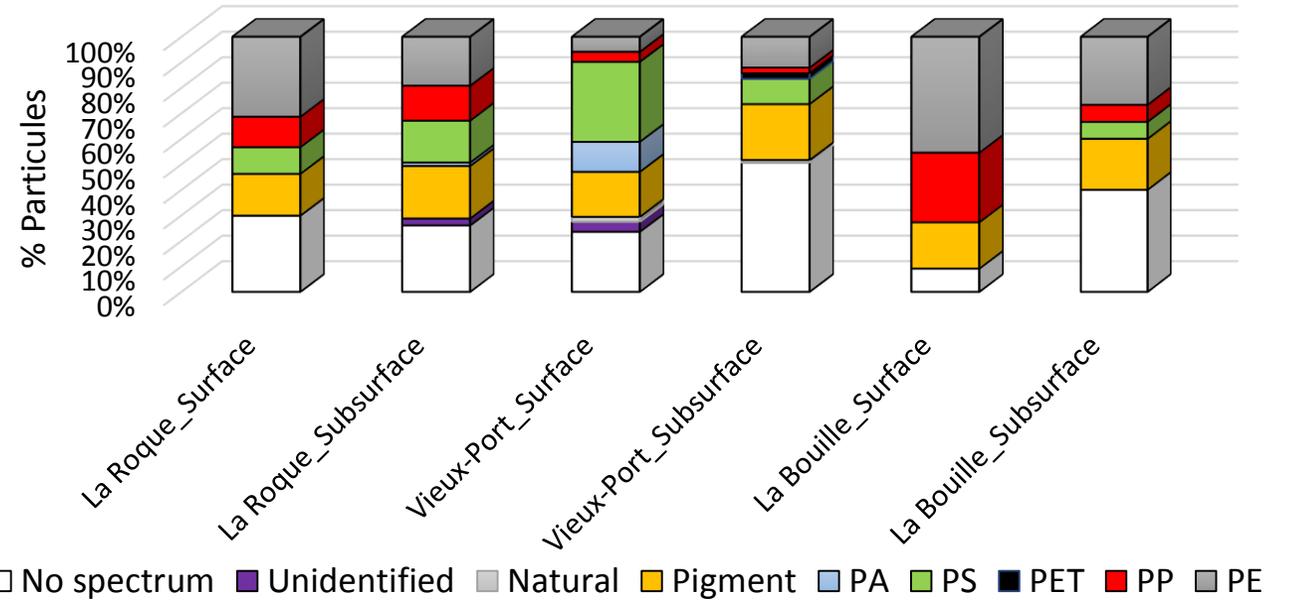


Microbilles transparentes de PS

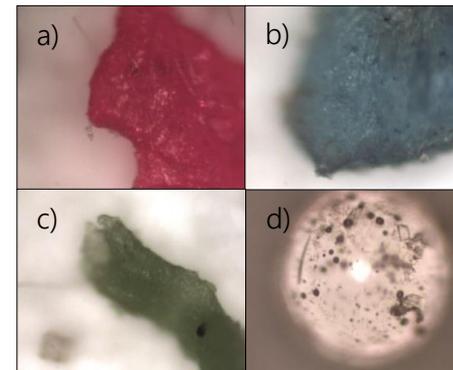
○ Plastic-Seine : compartiments abiotiques



Distribution des différentes catégories de particules de MPs (15 mai 2017), extérieur : eau de surface, intérieur: eau de sub surface



- La majorité des particules < 1 mm.
- La composition est différente entre les eaux de surface et de sub-surface.
- Entre 10-50% des particules n'ont pas pu être identifiées
- 2 % au maximum du matériel est d'origine naturelle
- Les particules en PE et PS représentent entre 20% et 45% des particules analysées.

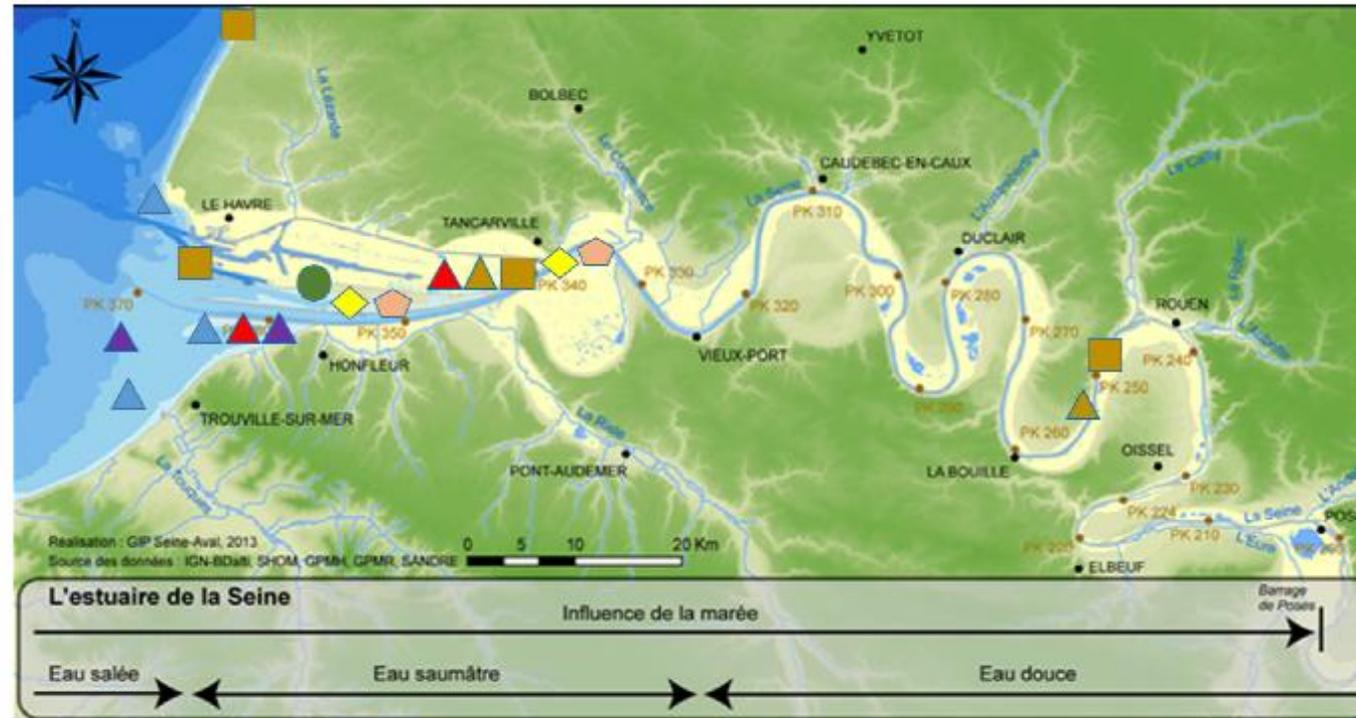


Différents types de polymères retrouvés en estuaire de Seine, a) PE, b) PA, c) PP, d) PS

○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

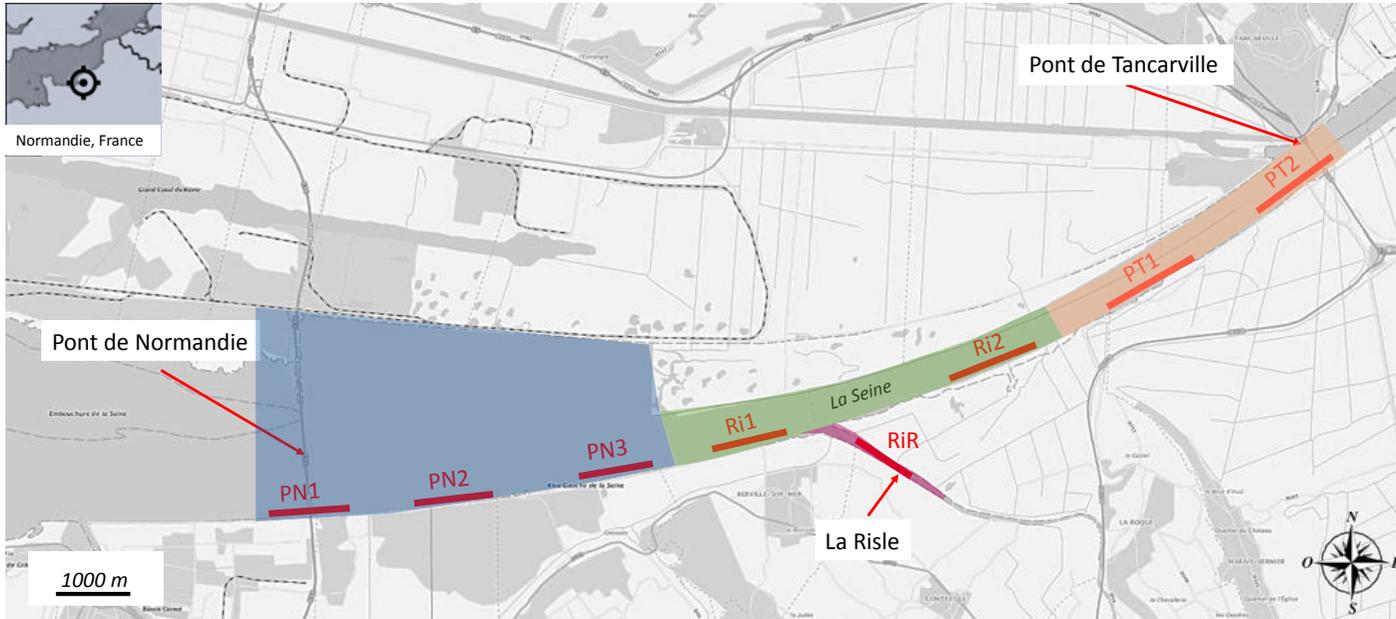
Echantillonnage : 7 espèces, 2 saisons, 2 à 3 sites

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



○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur crevette blanche



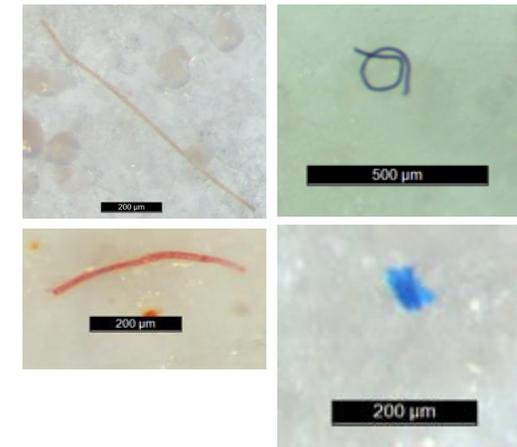
Palaemon longirostris

- 4 campagnes de prélèvements – avril et octobre, 2017 et 2018
- 4 zones échantillonnées au chalut

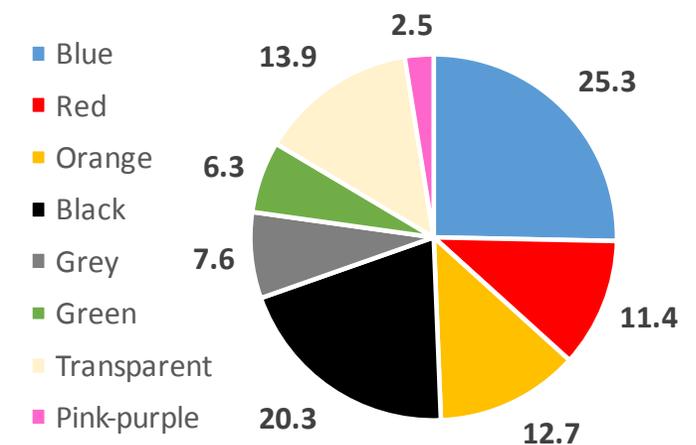
○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur crevette blanche

Type of samples	Types 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 = 87 pools of 3 specimens)	Fragments	7	0.03 +/- 0.09	253.8	3751.1
	Fibers	79	0.30 +/- 0.43	100.2	8998.0
	Films	4	0.02 +/- 0.11	1512.2	2510.9
Cuticle surface (n = 87 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

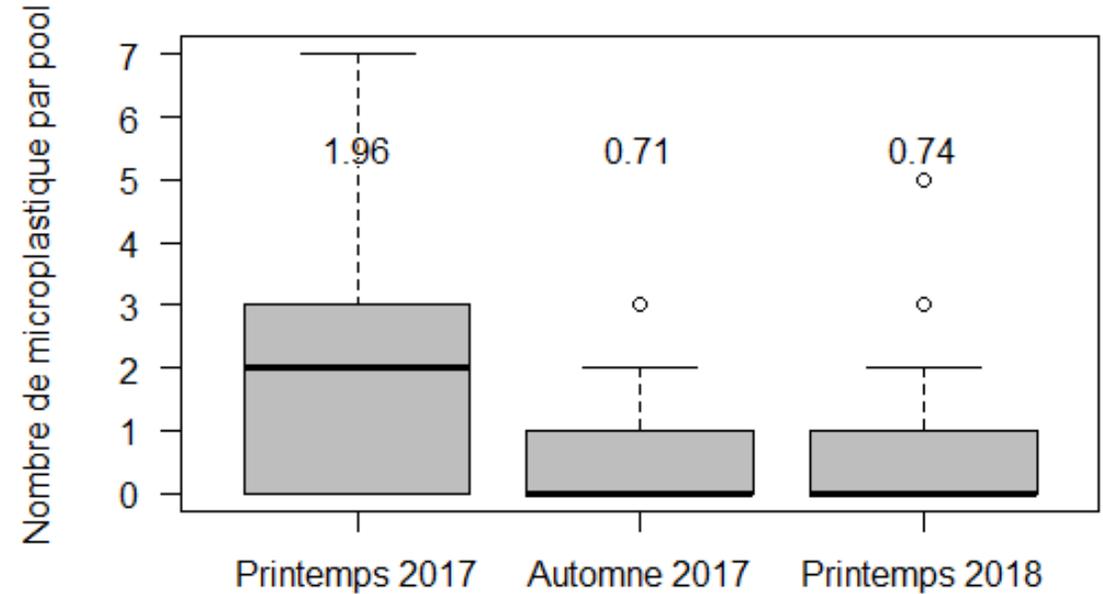
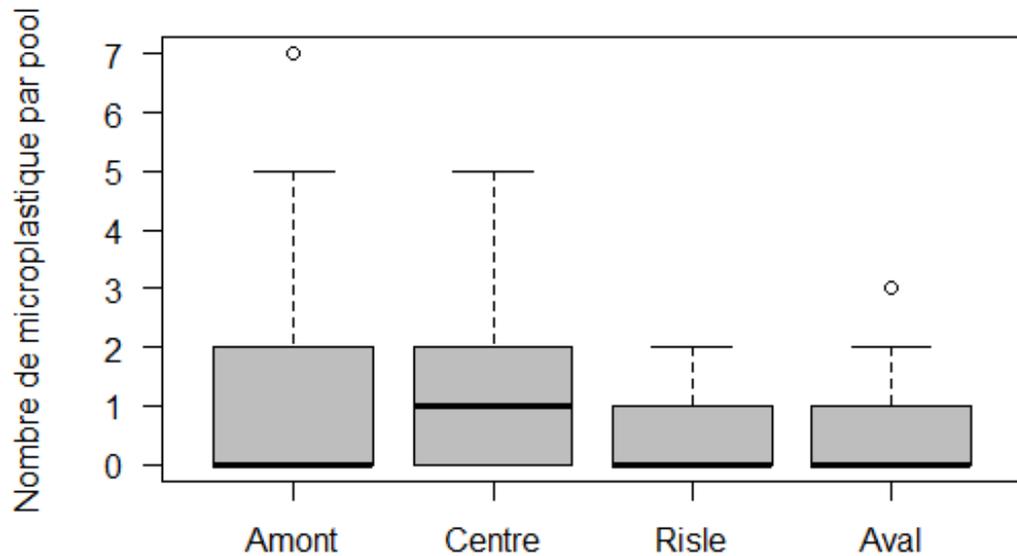
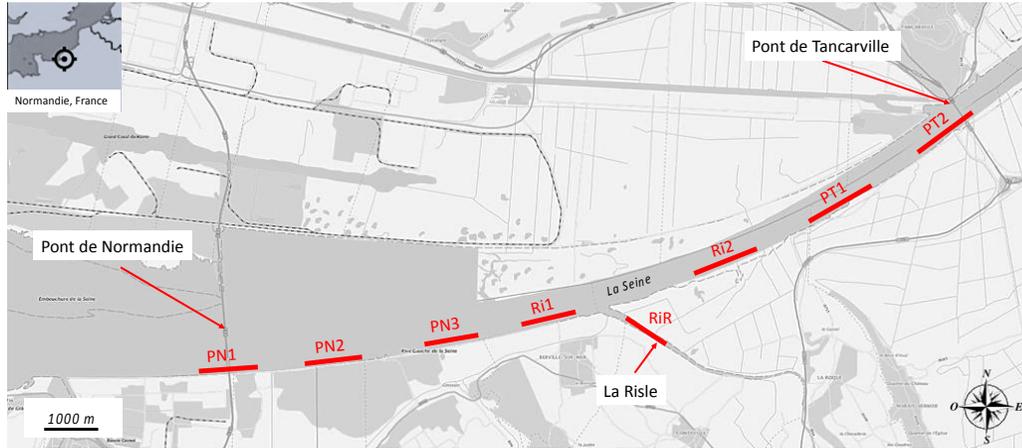


- 88 % de fibres, 8 % de fragments et 4 % de films
- MP avec une large palette de coloration



○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur crevette blanche



- Des différences saisonnières
- Pas de différences spatiales au niveau des 4 stations de l'estuaire

○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur les flets

○ Prélèvement de flets

- juvéniles G0 + G1

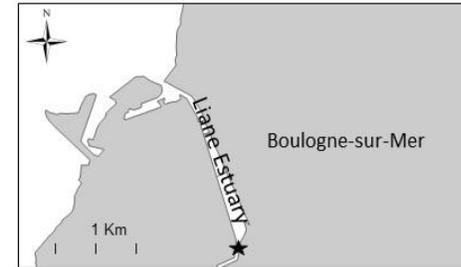
- deux sites : estuaire de Seine (FS,

FN, vasière nord) et Canche

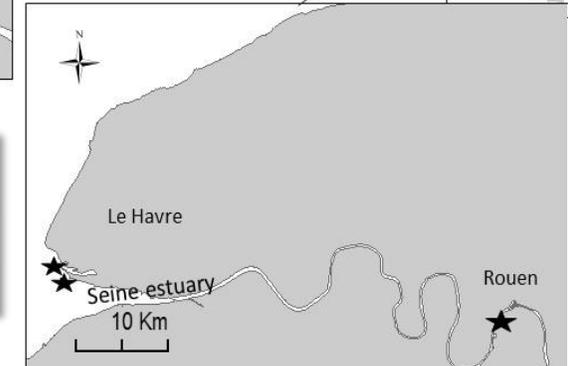
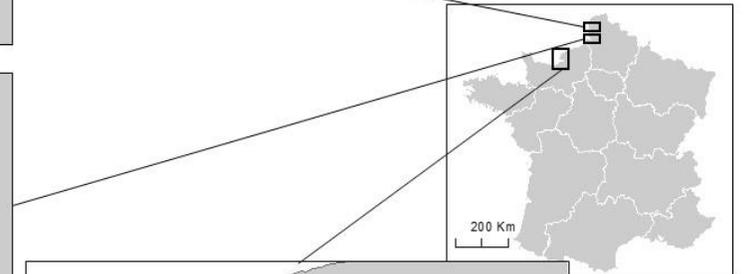
- deux années 2017 et 2018

○ Encagement de flets juvéniles

dans les estuaires de la Seine de
la Canche et de la Liane



Flet européen,
Platichthys flesus



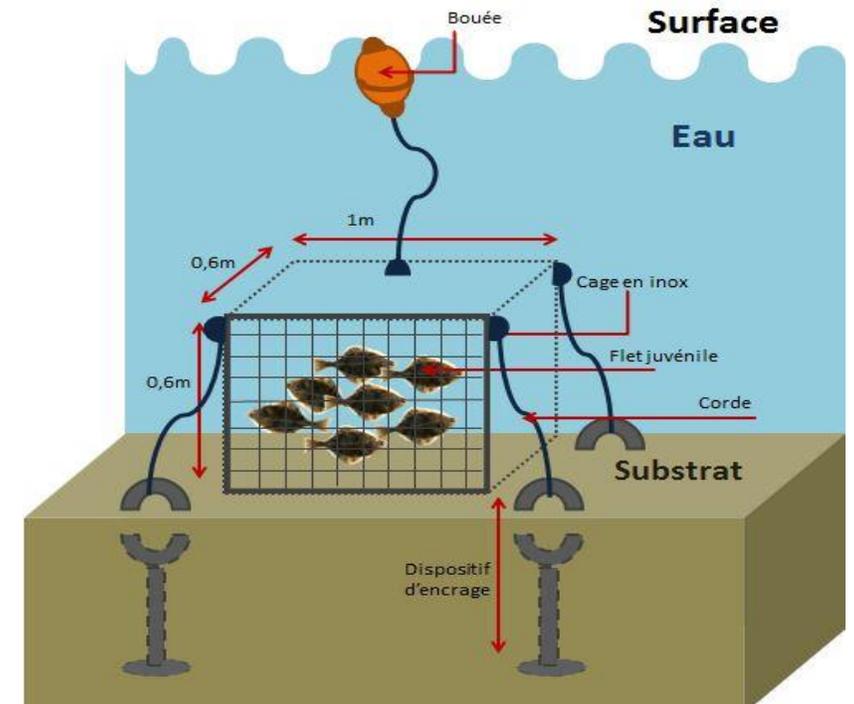
○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur les flets

Encagement de Juvéniles de flet

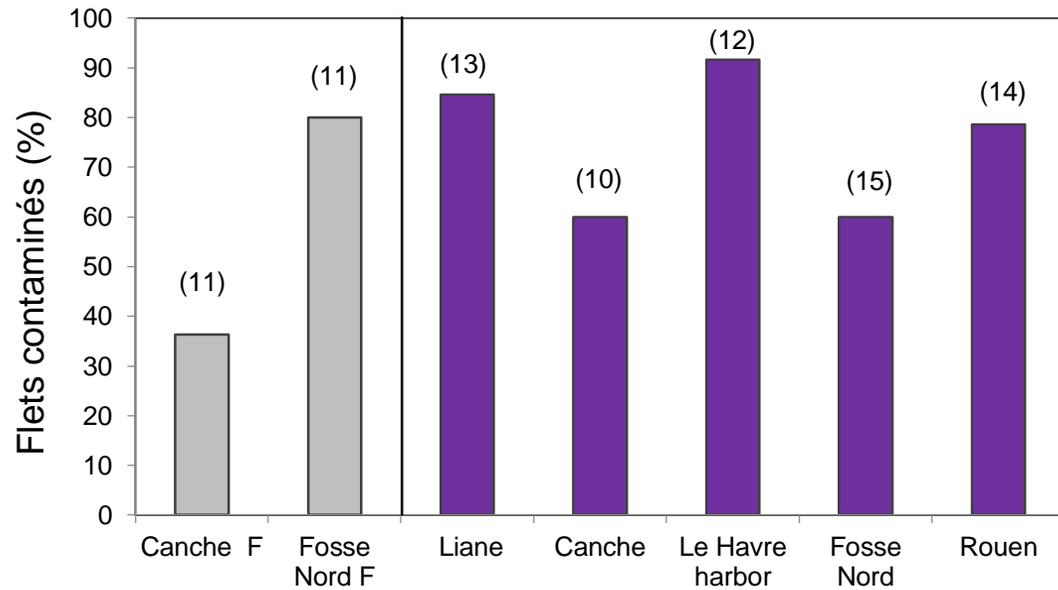


- 3 sites en estuaire de Seine (Rouen, FN, port du Havre), 1 en Canche et 1 dans la Liane
- 15-20 G0 (7-9 cm) par cage
- Cages en inox (0,36 m³) fixées sur le fond
- Encagement pendant 1 mois (sept-oct. 2017)

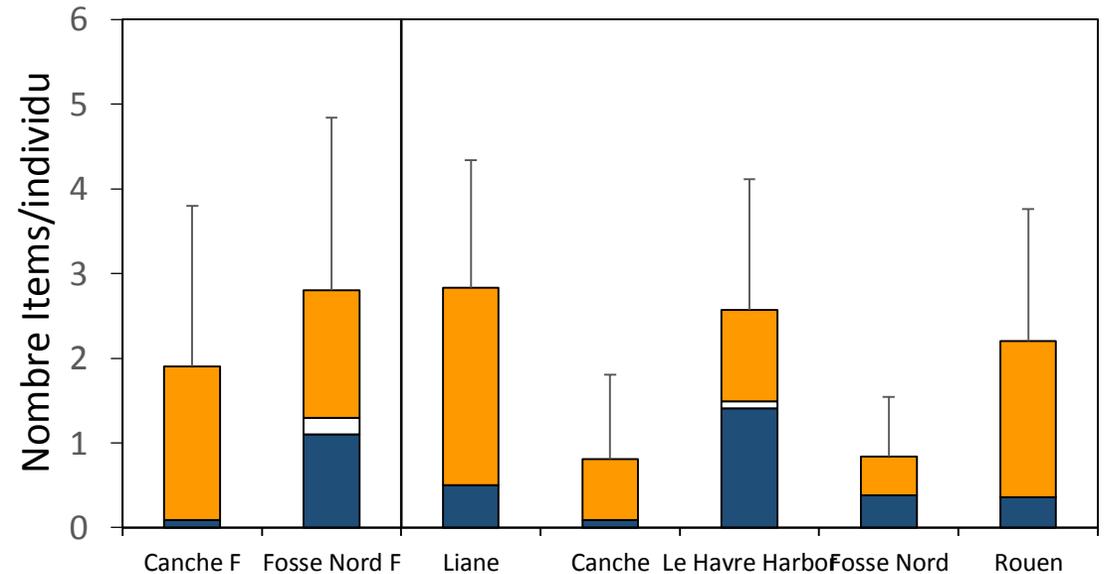


○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur les flets



Pourcentage de juvéniles de flet ayant ingéré des particules. Les flets sauvages sont en gris et en violet les flets engagés. Entre parenthèses le nombre totale d'individus analysés



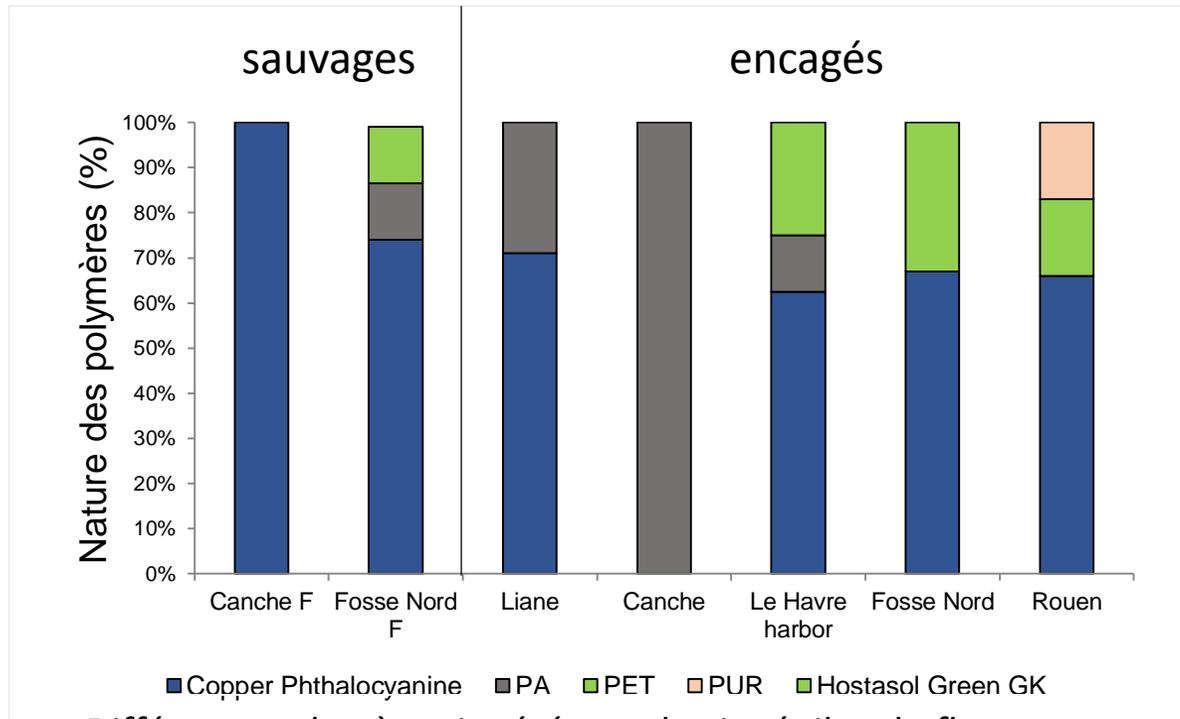
Nombre moyen (+ E.T.) de particules pour chaque juvénile de flet sauvage ou engagé dans les différents estuaires. Orange: fibres; bleu: fragments; blanc : films

- Les flets engagés comme les flets sauvages ingèrent des micro-plastiques
- Le niveau de contamination est très variable d'un site à l'autre et d'un individu à l'autre
- Les fibres et les fragments dominant

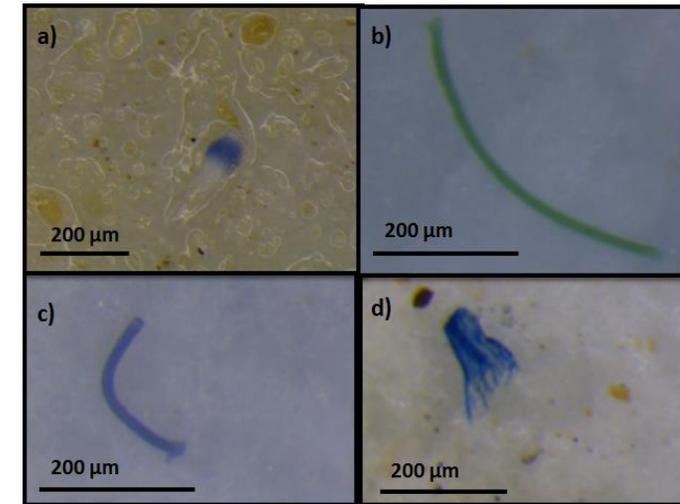


○ Plastic-Seine : compartiments biotiques

○ Focus sur les flets



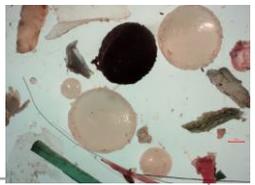
Différents polymères ingérés par les juvéniles de flets sauvages ou encagés et identifiés en micro-Raman



Exemple de particules présentes dans le tube digestif des flets juvéniles : a) fragment; b) and c) filaments et d) films (Kazou et al., 2018)

- Plusieurs couleurs ont été observées mais le bleu domine
- Les particules <200 µm sont majoritaires
- Trois types de polymères identifiés : polyamide (PA), polyéthylène téréphtalate (PET), et polyuréthane (PUR)

○ Plastic-Seine : compartiments biotiques



Espèces	Nombre d'individus	% d'individus contaminés	Nombre moyen de MP/individu	Type de MP majoritaire
Copépode		en cours	en cours	
Moule bleue	36 pools de 3	100	3,47 ± 1,91	fibres
Crevette blanche	87 pools de 3	52	0,30 ± 0,43	fibres
Annélide (2017+2018)	240	61	0,38 ± 0,73 0,86 ± 0,84	fibres fragments
Flet G0 (2017)	11	80	2,8 ± 2,0	fibres et fragments
Sole G0 + G1 (2017)	47	93	7,57 ± 10,21	fibres
Bar G0 + G1 (2017)	43	42	0,85 ± 0,14	fragments

- Contamination de toutes les espèces analysées mais le taux de contamination est variable d'une espèce à l'autre et d'un individu à l'autre.

○ Plastic-Seine : étude expérimentale

Etude du transfert et des effets des microplastiques sur trois espèces représentatives de l'écosystème de l'estuaire de Seine :

- Etude de l'ingestion et de l'égestion des microplastiques
- Etude des effets écotoxicologiques des microplastiques



Le copépode,
Eurytemora affinis



Le vers polychète, *Hediste diversicolor*



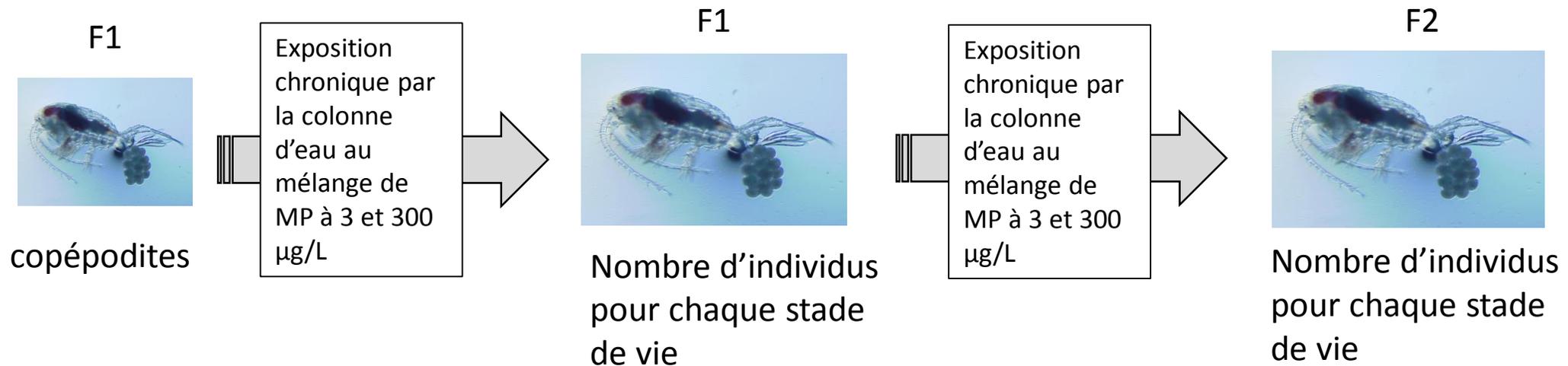
La sole commune, *Solea solea*

○ Plastic-Seine : étude expérimentale



○ Focus sur le copépode *Eurytemora affinis*

Exposition du copépode estuarien à un mélange environnemental de MPs de Seine sur deux générations (Souissi et al., 2016)

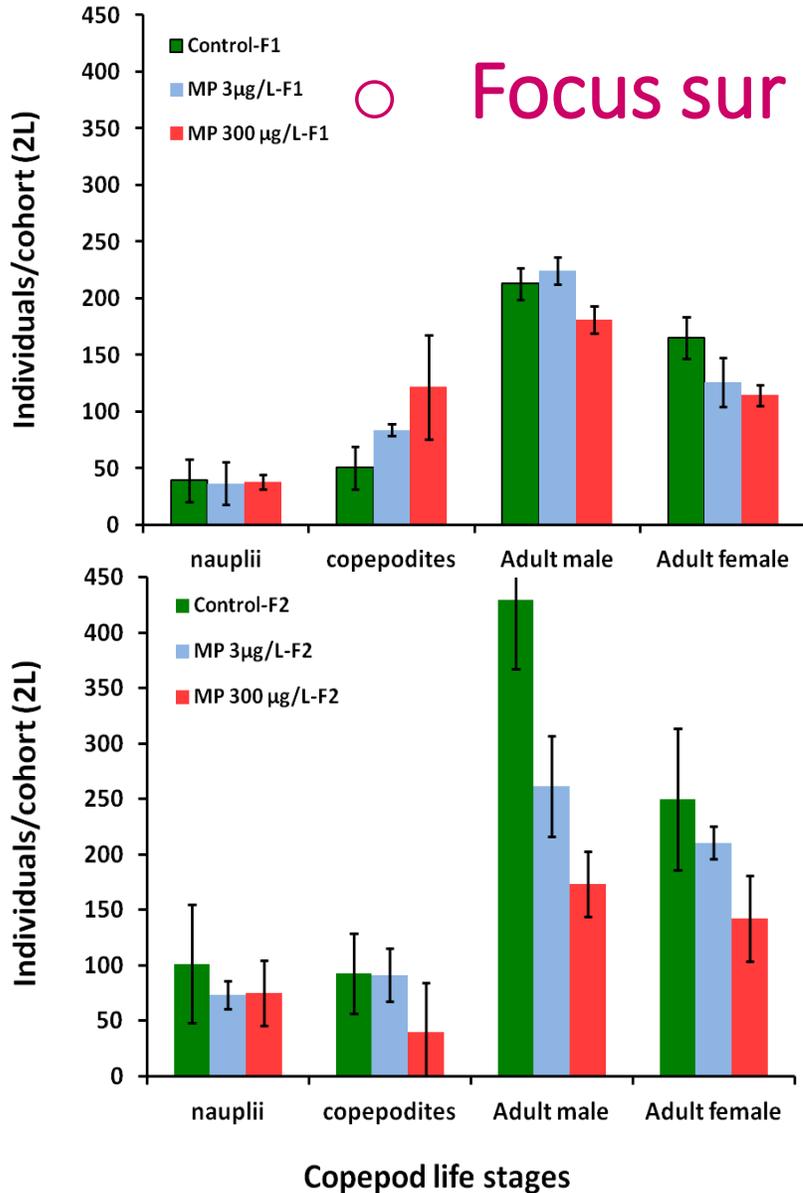


Mélange de plastiques de Seine cryobroyés et tamisée à 50 µm : PE (65%) + PP (25%) + PS (10%)

○ Plastic-Seine : Etude expérimentale



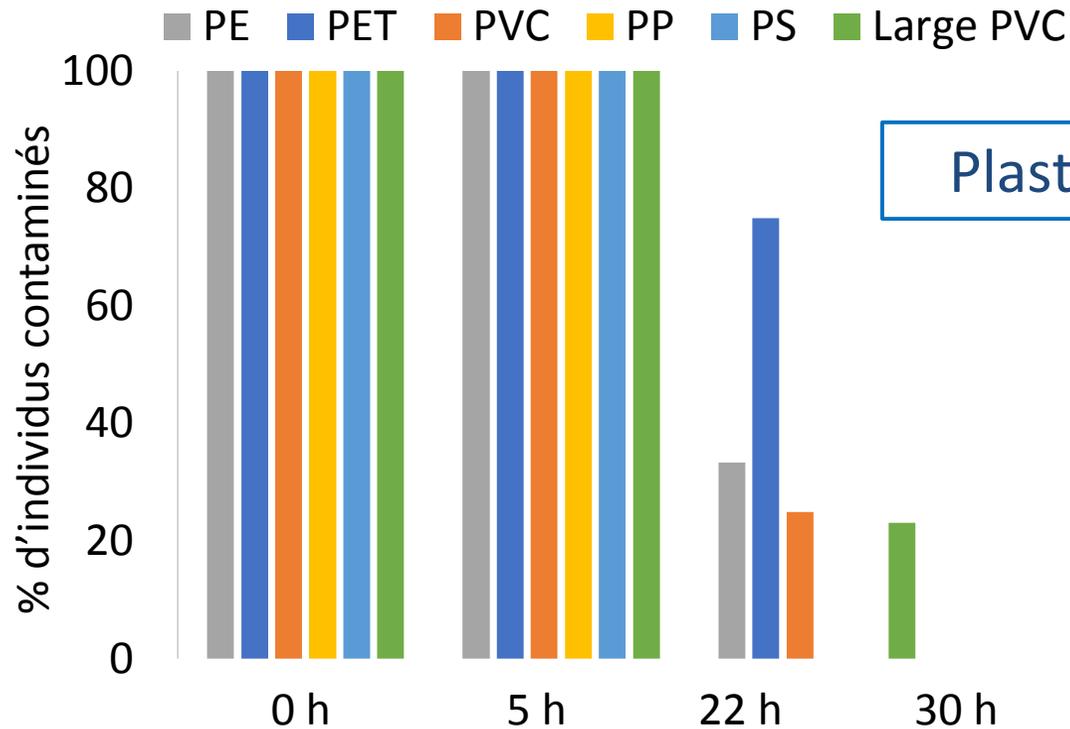
○ Focus sur Copépode *Eurytemora affinis*



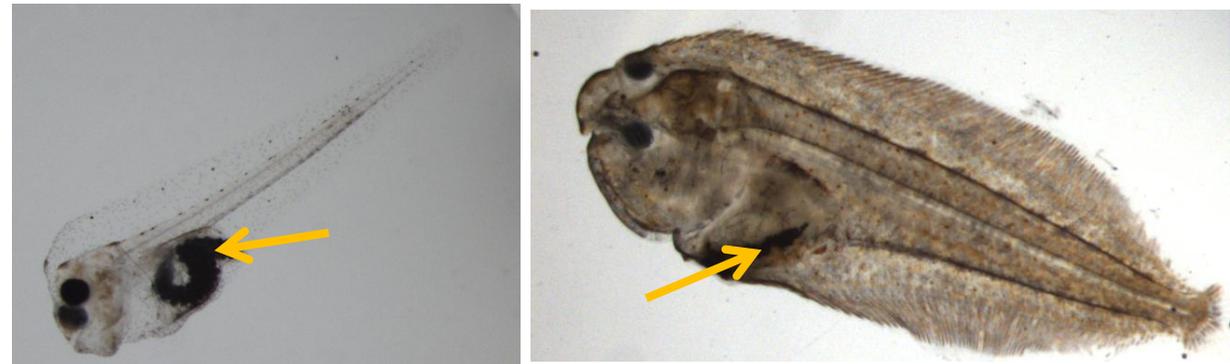
- Peu d'effets sur la première génération
- Effets significatifs sur la structure d'âge de la population dès la seconde génération.

○ Plastic-Seine : étude expérimentale

○ Focus sur larves et juvéniles de soles



Cinétique d'égestion de MP par les larves de soles (heure post-contamination)



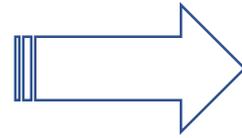
Larves et juvéniles de sole commun *Solea solea* ayant ingéré des microplastiques

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

○ Plastic-Seine : étude expérimentale

○ Contamination des juvéniles de sole par voie trophique

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



- A : Témoin vers non exposés
- B : Vers exposés 96h à 1 mg MP/kg séd.
- C : Vers exposés 96h à 100 mg MP/kg séd.



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

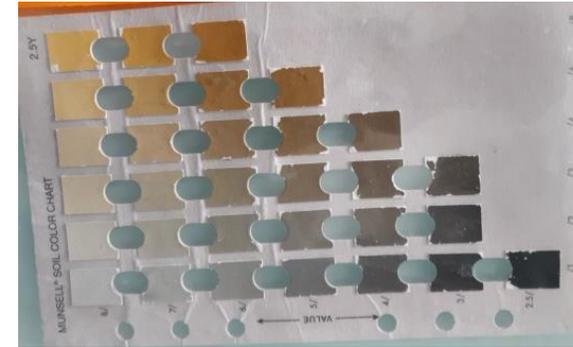
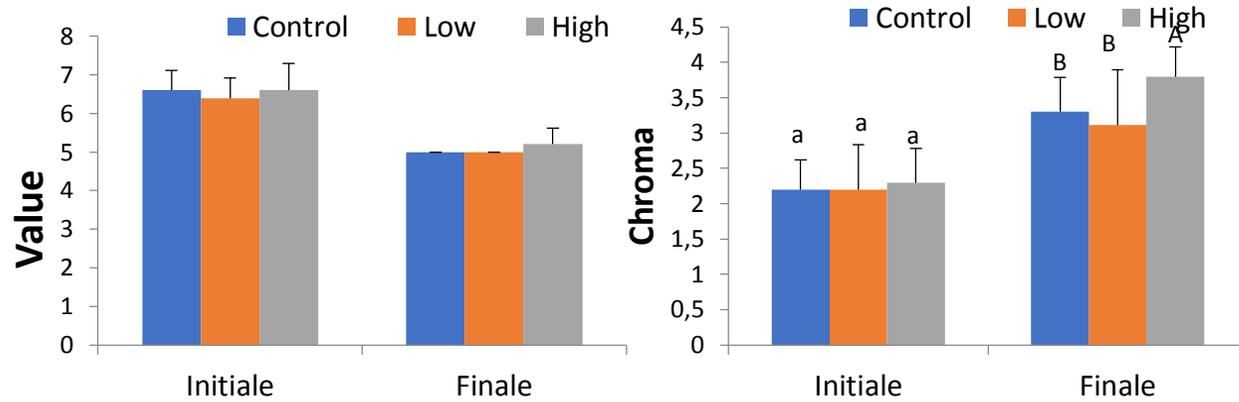


Concentration MP (mg/Kg)	Moyenne MP/ver \pm SD	Moyenne MP/g de ver \pm SD
0	0	0
1	0,242 \pm 0,348	1,299 \pm 1,344
100	0,875 \pm 1,050	3,778 \pm 3,151

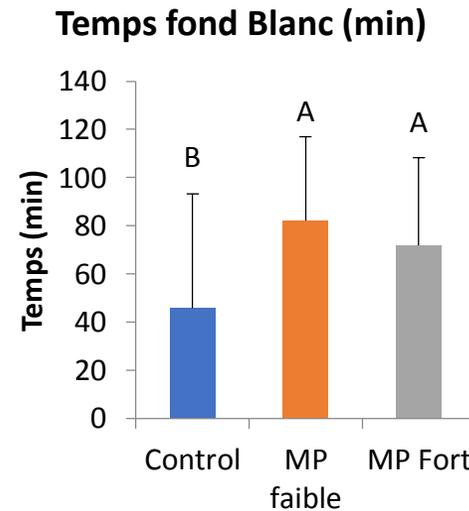
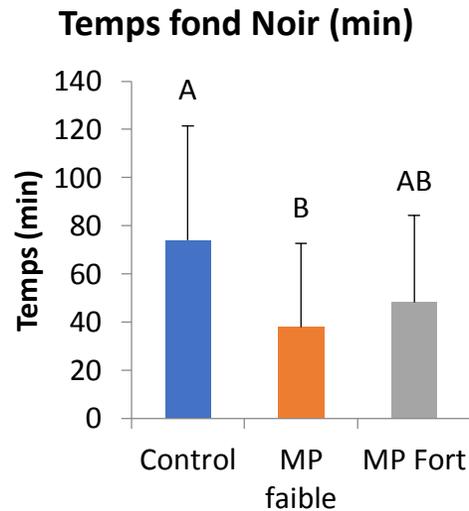
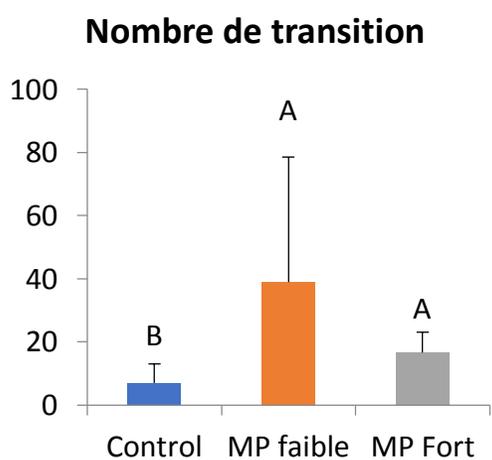
○ Plastic-Seine : Etude expérimentale



○ Contamination des juvéniles de sole par voie trophique



Evaluation de la couleur (value et chroma) des soles pour chaque condition d'après le diagramme de Munsell (moyenne \pm E.T.)



Evaluation du comportement des soles via le nombre de transitions et le temps passé dans la zone à fond blanc ou à fond noir (moyenne \pm E.T.)

- Différences significatives de couleur pour la concentration la plus forte de MP
- Différences significatives de comportement des soles pour les deux concentrations de MP

○ Conclusions intermédiaires

○ Macrodéchets plastiques en estuaire de Seine

- Accumulation dans l'estuaire suite à des conditions favorables
- Déchets plastiques : nombreux échouages, échouages à long terme
- Les flux transitant en Seine estimés entre 200 et 300 tonnes / an

○ Microplastiques en estuaire de Seine

○ Compartiments abiotiques

- Concentration MP relativement élevée
- La majorité des MP sont inférieurs 1 mm
- Les PE et PS sont les MP les plus représentés dans les eaux de surface
- Source ponctuelle de microbilles PS transparent à Vieux-Port)

○ Contamination du biote

- Toutes les espèces analysées contiennent des MP
- Grandes disparités entre individus et entre espèces
- Ingestion et égestion du MPs très rapides chez les poissons (sole) et les vers (*H. diversicolore*)

○ Effets des microplastiques

- Pas d'effet sur la survie et la croissance sur la sole
- Effets sur la couleur et le comportement de camouflage de la sole
- Effets sur la structure d'âge de la population du copépode *E. affinis* à la seconde génération



