

# Thème Port-Aire protégée

## Projet MARINA – Macroplastiques et AntibioRésIstance en zones portuaires et Naturelles

Yen VO HOANG, Fabien GAUVRY, Agnès MASNOU, Nicolas LECONTE, Mylène TOUBIANA, Patrick MONFORT, Estelle JUMAS-BILAK, Patricia LICZNAR-FAJARDO



HydroSciences  
Montpellier



## ❑ Présentation des problématiques :

- de l'antibiorésistance
- de la pollution plastique
- de *Vibrio* sp. bactéries hydriques et se développant dans la plastisphère

## ❑ Echantillonnage projet Marina :

Territoire d'étude : Port Camargue

Stratégie 1 : "pêche" de plastiques

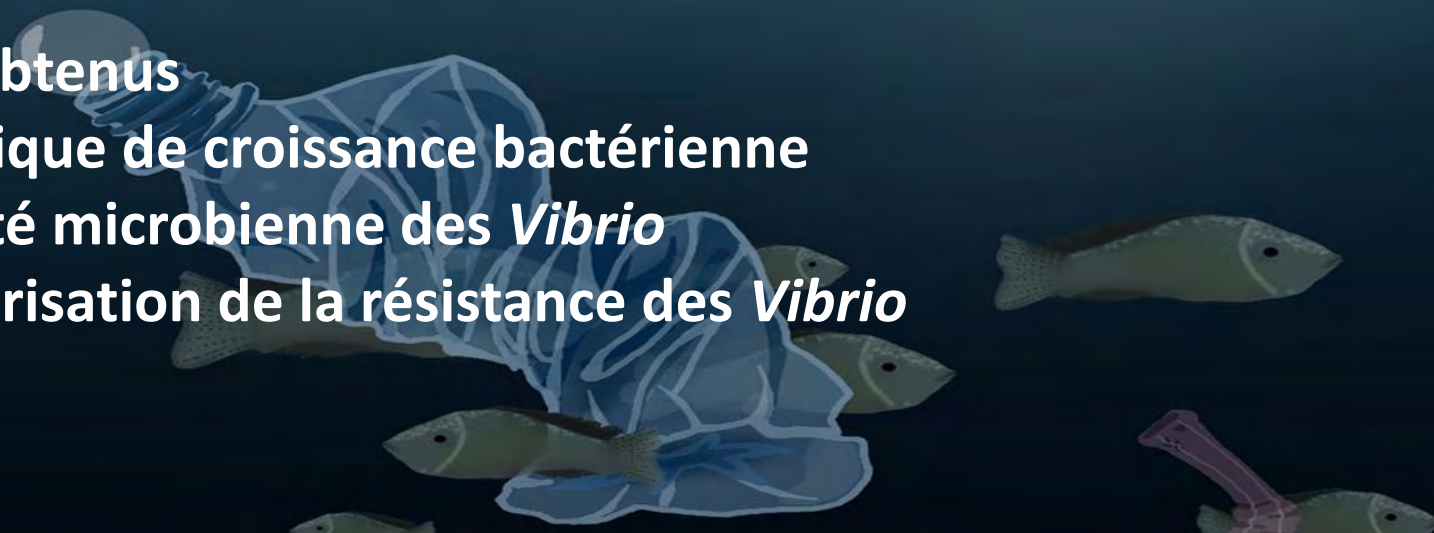
Stratégie 2 : mise en eau de plastiques

## ❑ Résultats obtenus

**Dynamique de croissance bactérienne**

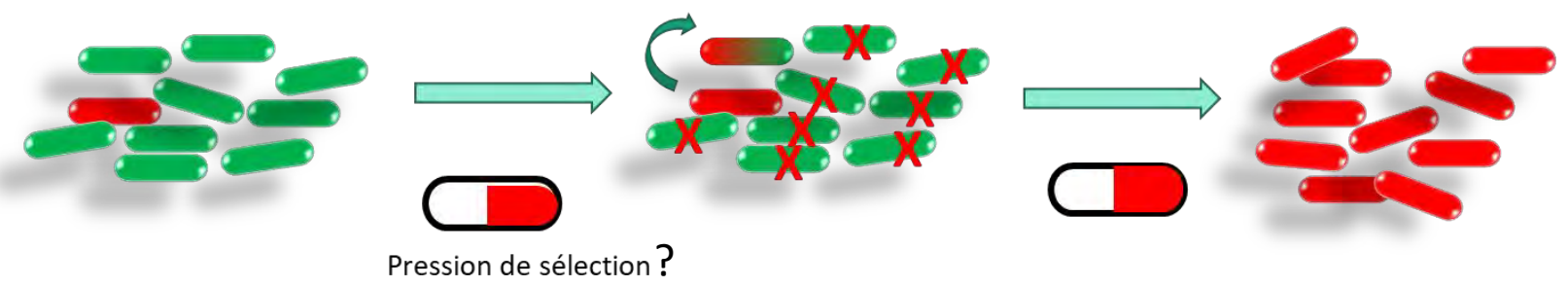
**Diversité microbienne des *Vibrio***

**Caractérisation de la résistance des *Vibrio***



# 1 L'antibiorésistance

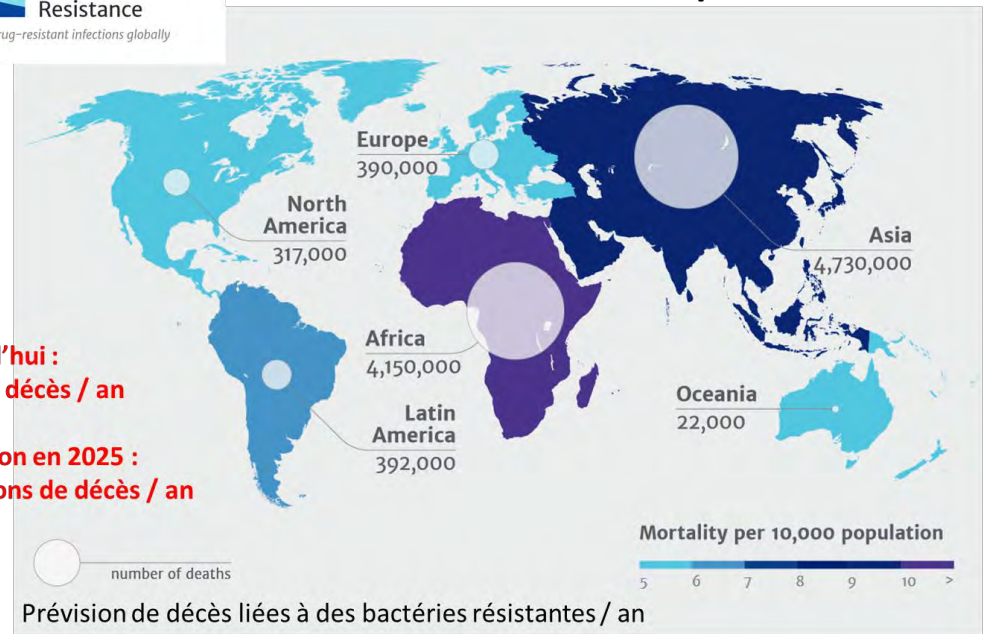
Pression de sélection => antibiorésistance



Un problème global de santé publique, à aborder de façon intégrée

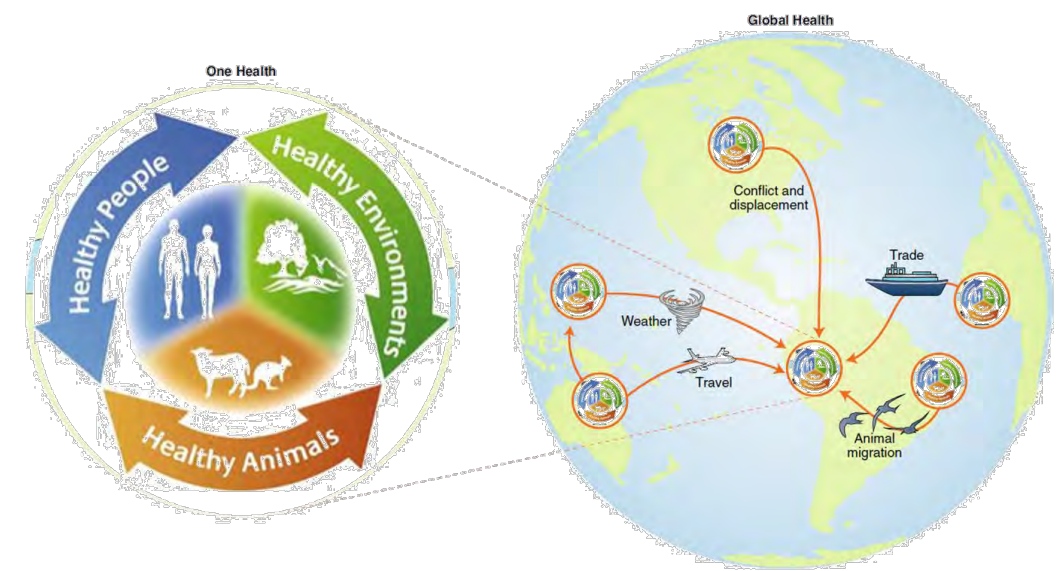
Prévisions pour 2050...

Review on Antimicrobial Resistance  
Tackling drug-resistant infections globally



Aujourd'hui :  
700 000 décès / an

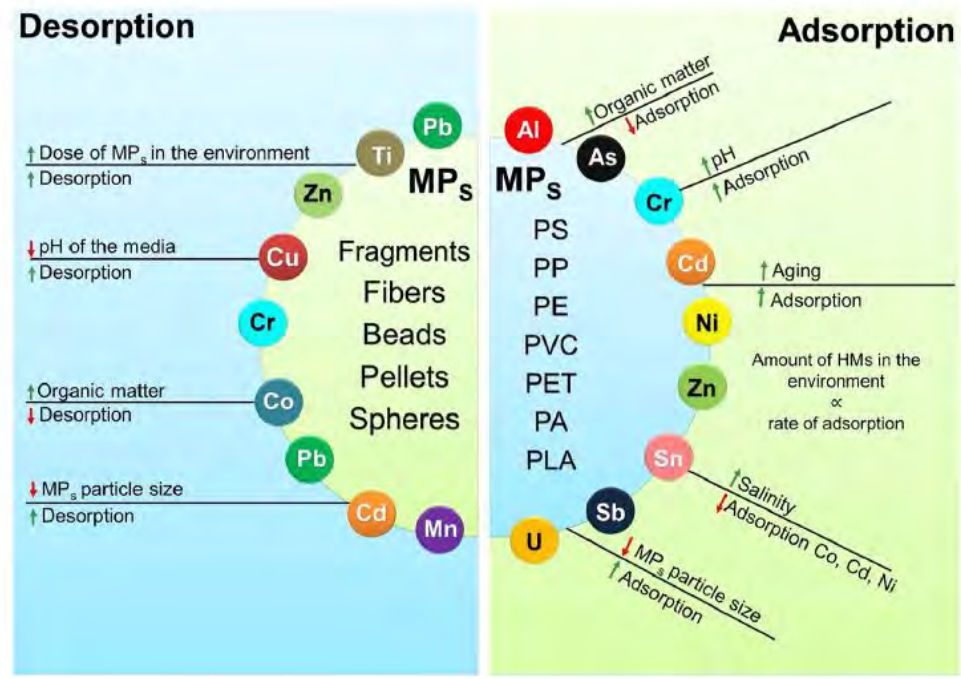
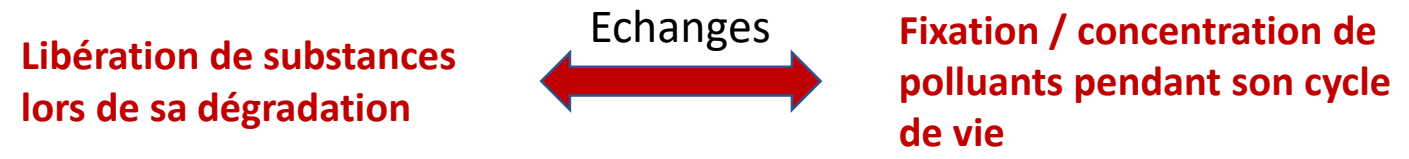
Projection en 2025 :  
10 millions de décès / an



# ② Les plastiques



=> Impacts sur les paysages, sur les poissons, oiseaux, mammifères, .... mais aussi impact chimique et biologique:



- Sur l'ensemble du globe, déchets plastiques en expansion (1,5 millions de tonnes produits en 1950 contre 360 en 2019), dont 5 à 12 finissent dans les environnements aquatiques (océans) /an
- Déchets variés (taille, composition, quantité)
- Eaux douces ou marines

Khalid N. et al., Environ. Pollut. **2021**, 290, 118104.

# ③ Place des bactéries du genre *Vibrio* en santé publique

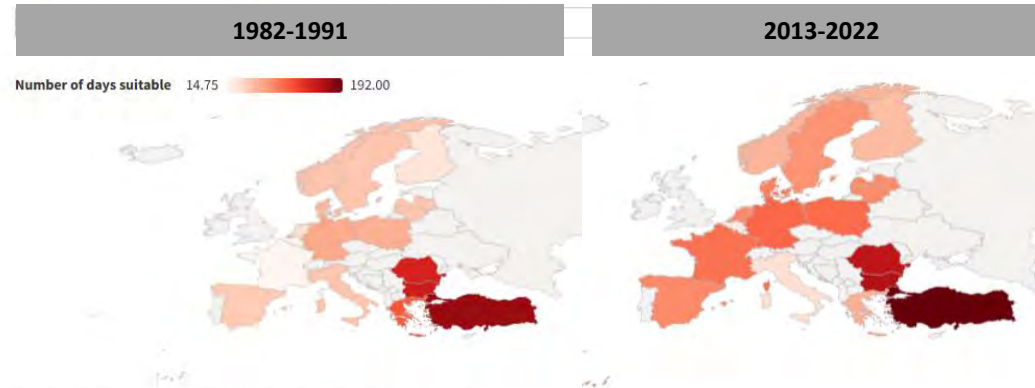
Plus de 70 espèces de *Vibrio* dont certaines pathogènes pour l'Homme :

- Vibrio cholerae*
- Vibrio parahaemolyticus*,
- Vibrio vulnificus*,
- Vibrio fluvialis*,
- ...

## Climatic suitability for *Vibrio* in Europe\*

Number of days with suitable environmental conditions in coastal areas: 1982-1991 and 2013-2022.

This indicator compares climatic suitability for *Vibrio* species based on sea surface temperature and salinity data for periods 1982-1991 and 2023-2022.



**France**  
Number of days with suitable coastal area 1982-1991: 14.75  
Number of days with suitable coastal area 2013-2022: 98.22

Source: Please see 2024 Report of the Lancet Countdown in Europe for a full description of the indicator and use it to cite the data.

\*Europe refers to the 38 member and cooperating countries of the European Environment Agency.



FLASH PRESSE | 12.12.2024

Des chercheurs du Centre National de référence des Vibrions et du choléra à l'Institut Pasteur, en collaboration avec le Centre hospitalier de Mayotte, ont mis en évidence la diffusion, depuis le Yémen, d'une souche hautement résistante aux antibiotiques de l'agent du choléra. Cette étude est publiée le 12 décembre 2024 dans le *New England Journal of Medicine*.

The NEW ENGLAND JOURNAL of MEDICINE

CORRESPONDENCE

Long-Distance Spread of a Highly Drug-Resistant Epidemic Cholera Strain



À propos Centre medias Dossiers Ressources Publications Demandes d'évaluation

Accueil / Centre medias / Tous les contenus

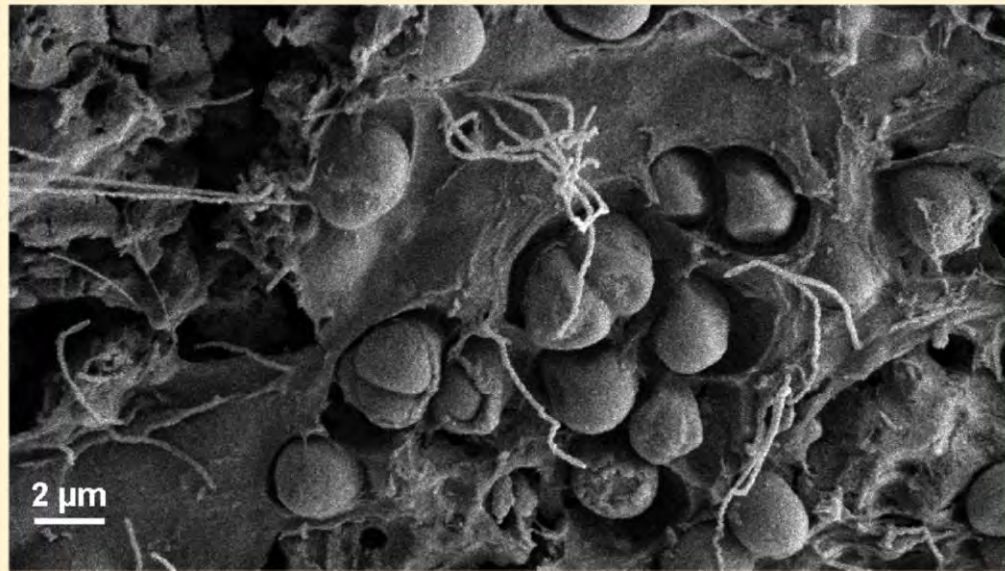
## Bactéries *Vibrio* dans les fruits de mer : risque accru en raison du changement climatique et de la résistance aux antimicrobiens

Publié le : 23 juillet 2024 | 4 minutes de lecture

Share:

# Plastiques x Vibrio = “particle-lovers”

Plastisphère = écosystème associé aux déchets plastiques



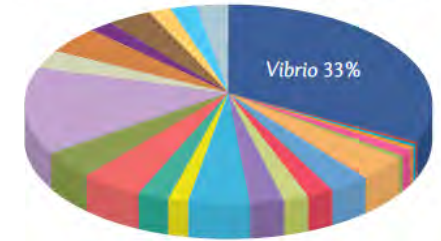
Zettler E.R. et al, Environ. Sci. Technol, 2013, 47, 7137

a Relative abundance for dominant taxa

North Sea coastal sediment (polyethylene)



North Atlantic open ocean (polypropylene)



Amaral-Zettler L.A. et al., nat. Rev. Microbiol. 2020, 18, 139.

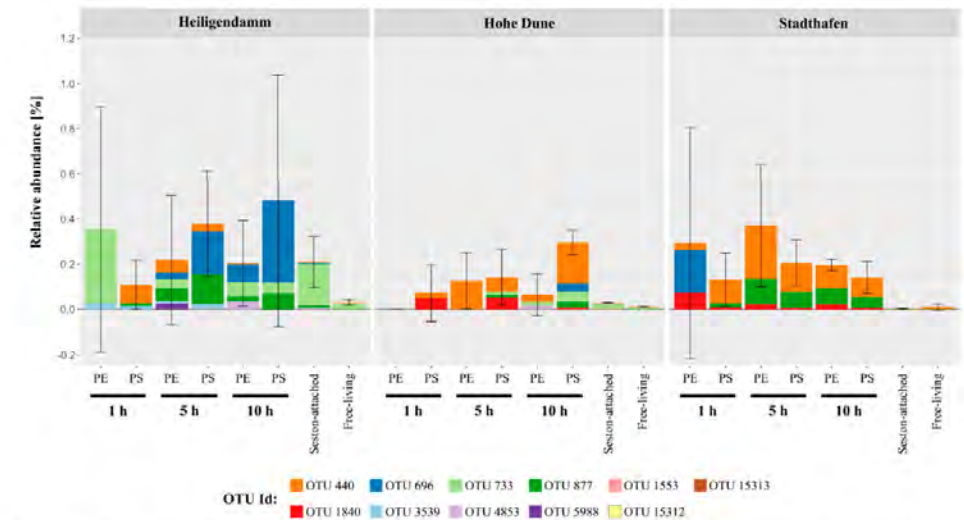


Figure 2. Mean relative abundance data of *Vibrio* operational taxonomic units (OTUs) on PE, PS, and water during an in situ incubation experiment covering the Warnow river (Stadthafen) and two Baltic Sea coastal station (Heiligendamm and Hohe Dune). Plastic samples were taken after 1, 5, and 10 h. *Vibrio* abundances within the water were fractionated into those on the seston-attached fraction (>3 μm) and in the free-living fraction (3–0.22 μm). Colors indicate different *Vibrio* OTUs based on 97% sequence similarity. Error bars give the standard deviation (SD) of the mean aggregated *Vibrio* abundances.

Kesy K. et al., Microorganisms, 2020, 76.

# Projet Marina : Hypothèse

Plastiques = impacts sur les paysages, sur les poissons, oiseaux, mammifères

=> Impact sur les micro-organismes ?



Enfin, la plastisphère, en tant qu'écosystème soumis à des pressions de sélection (contaminants chimiques) pourrait favoriser

- Le développement de communautés de *Vibrio* antibiorésistantes
- la dissémination de *Vibrio* résistants

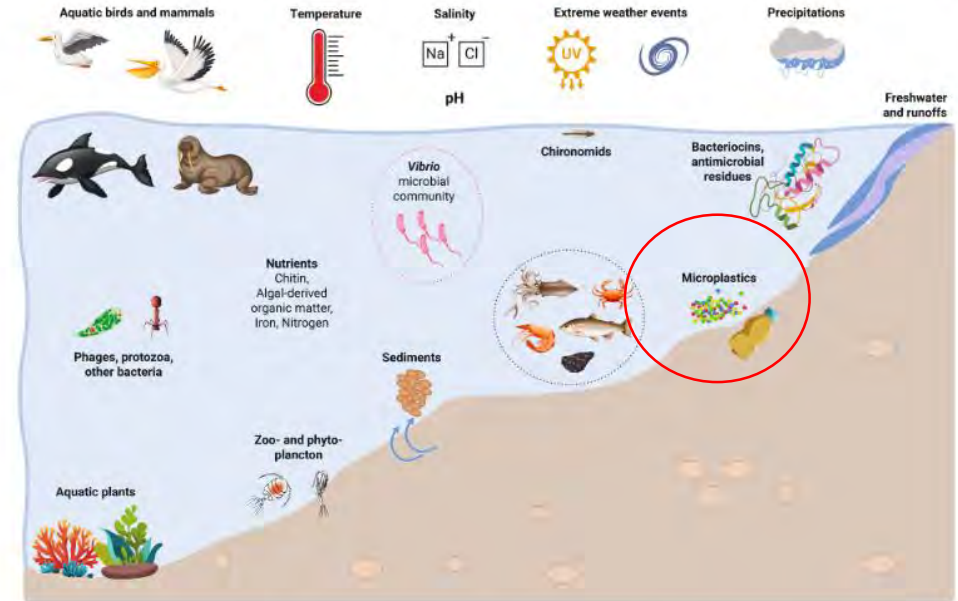


FIGURE 3 Factors that affect occurrence of *Vibrio* spp. of relevance in the aquatic environment (adapted from Brumfield et al., 2021).

DOI: 10.2903/1.efs.2024.8896

SCIENTIFIC OPINION

EFSA JOURNAL

Public health aspects of *Vibrio* spp. related to the consumption of seafood in the EU

# Projet Marina : Objectifs

Projet MARINA (2025) : Macroplastiques et AntibioRésistance en zone portuaires et Naturelles

Explorer la plastisphère en aire naturelle protégée

Suivre la formation de la plastisphère en milieu portuaire

Caractériser l'antibiorésistance des bactéries du genre *Vibrio* au sein de la plastisphère en aire naturelle et en zone portuaire

Déterminer la place des plastiques et la plastisphère dans l'émergence et de dissémination de l'antibiorésistance au sein des populations de *Vibrio*

Objectif opérationnel : déterminer si la plastisphère pourrait être un indicateur d'antibiorésistance environnementale



# Projet Marina : Stratégie / Matériel & méthodes

Projet MARINA (2025) : Macroplastiques et AntibioRésistance en zone portuaires et Naturelles

## ■ Collecte de plastiques

- Mise en eau d'un dispositif de prélèvement avec plastiques PE et PA dans le port

**Territoire d'étude : Port Camargue**, Collaboration avec la capitainerie de Port Camargue

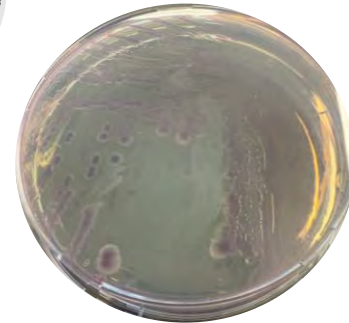


- Échantillonnage de plastiques pêchés dans l'eau

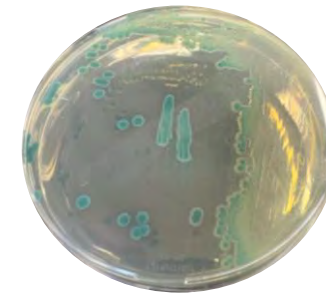
**Territoire d'étude : Plage de l'Espiguette**

## ■ Analyses microbiologiques à l'échelle des communautés bactériennes, des isolats, et de l'ADN environnemental

- Communautés : Décrochage + culture de communautés bactériennes du biofilm en présence de carbapénème (antibiotique hospitalier de dernier recours)
- Screening de résistance à différents antibiotiques d'intérêts (antibiogramme)
- Quantification de gènes de résistance aux antibiotiques par qPCR



*Vibrio parahaemolyticus*



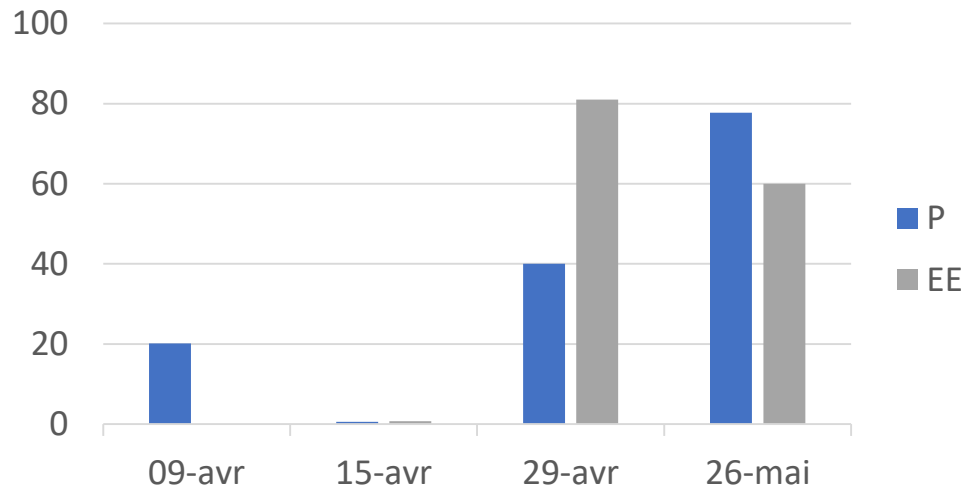
*Vibrio cholerae*



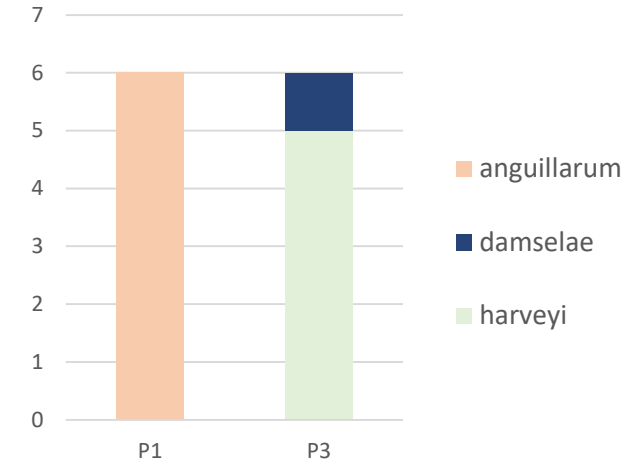
# Déchets macroplastiques : échantillons témoins ?

4 Déchets plastiques pêchés (P) et prélèvement d'eau de l'Espiguette (EE)

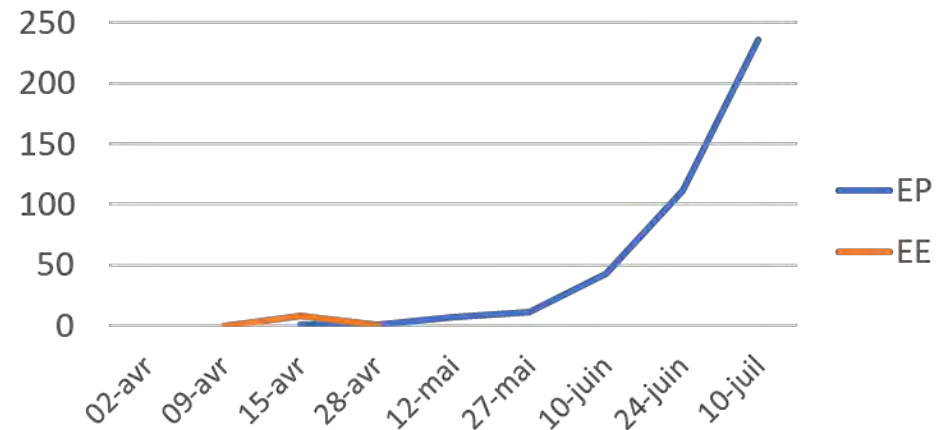
Pourcentages variables de résistance des bactéries cultivées en présence de 0,125 mg/L de méropénème



Faible nombre de *Vibrio* sur les déchets plastiques  
Faible diversité de *Vibrio* identifiés



Nombre croissant de *Vibrio* dans les eaux du port et de l'Espiguette



- Le nombre de bactéries cultivables totales récupérées et le pourcentage de résistance très variables.
- Faible nombre de *Vibrio*, dans la plastisphère, reflet du faible nombre de *Vibrio* dans l'eau de l'Espiguette

# Dynamique de la colonisation de macroplastiques



Dispositif mis en eau dans l'eau du port (EP)

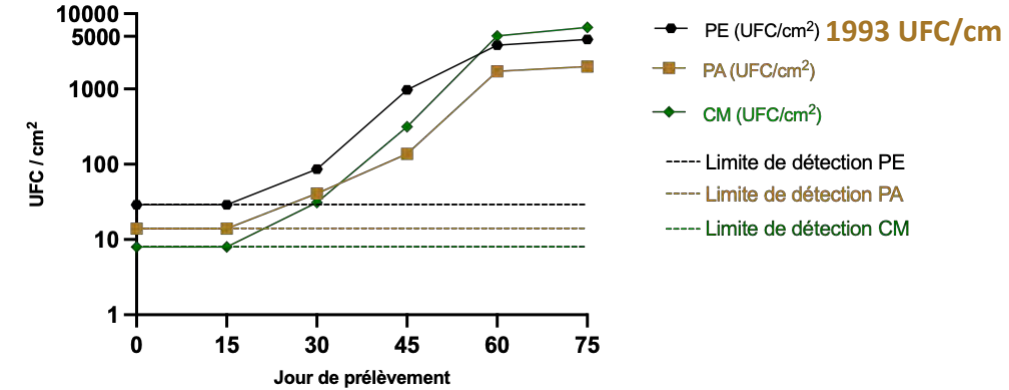
- PolyEthylène (PE)
- PolyAmide (PA)
- Coquille de moule (CM)

Prélèvement PE, PA & CM environ tous les 15 jours

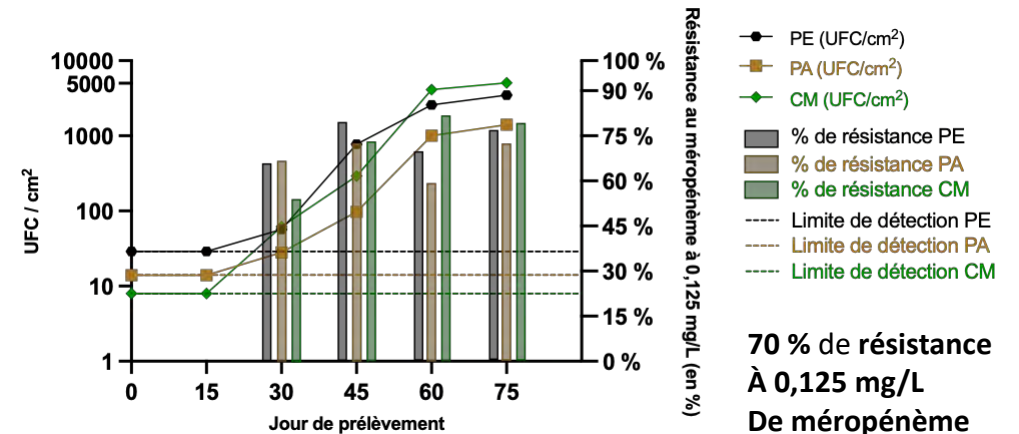
Décrochage du biofilm

Ensemencement sur milieu de culture avec méropénème

Sans méropénème



Avec méropénème



- installation rapide des biofilms sur tous les supports immergés (60 jours)
- aucune différence significative entre la résistance de la plastisphère et celle du témoin CM

# Les *Vibrio* sp. de la plastisphère sont-ils plus résistants aux antibiotiques ?



Dispositif mis en eau dans l'eau du port (EP)

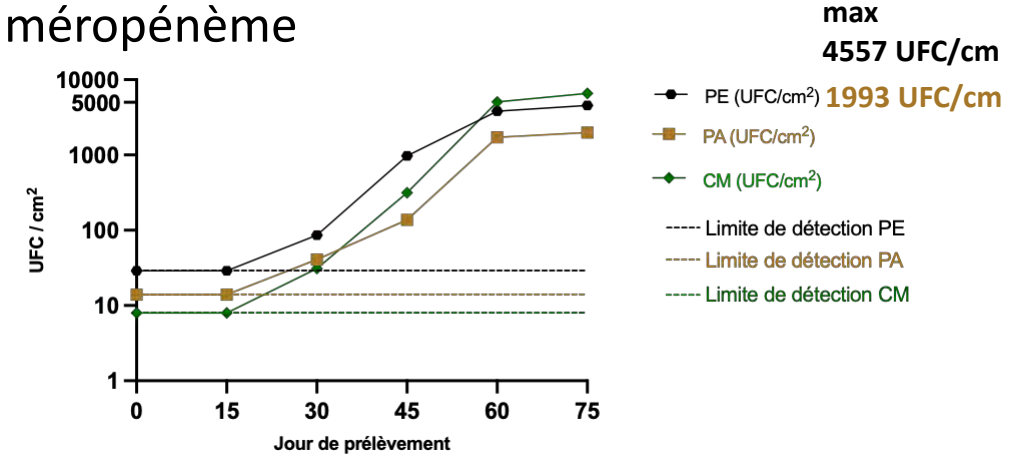
- PolyEthylène (PE)
- PolyAmide (PA)
- Coquille de moule (CM)

Prélèvement PE, PA & CM environ tous les 15 jours

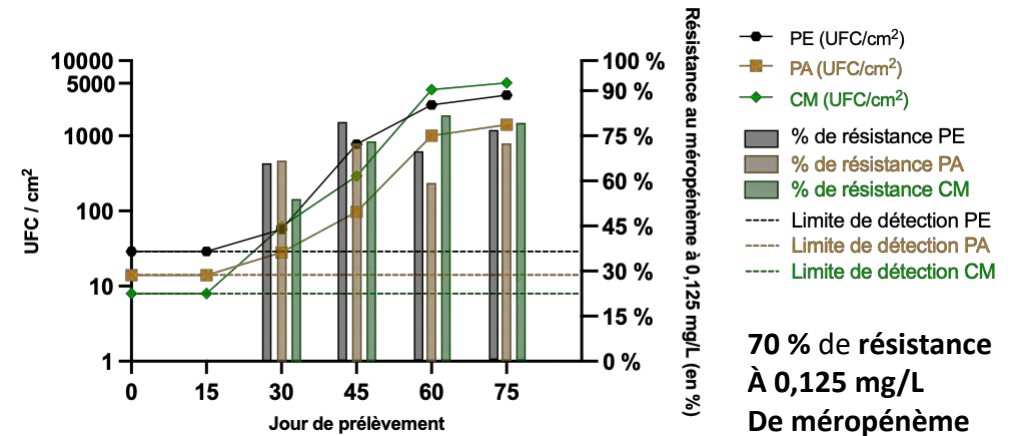
Décrochage du biofilm

Ensemencement sur milieu de culture avec méropénème

Sans méropénème



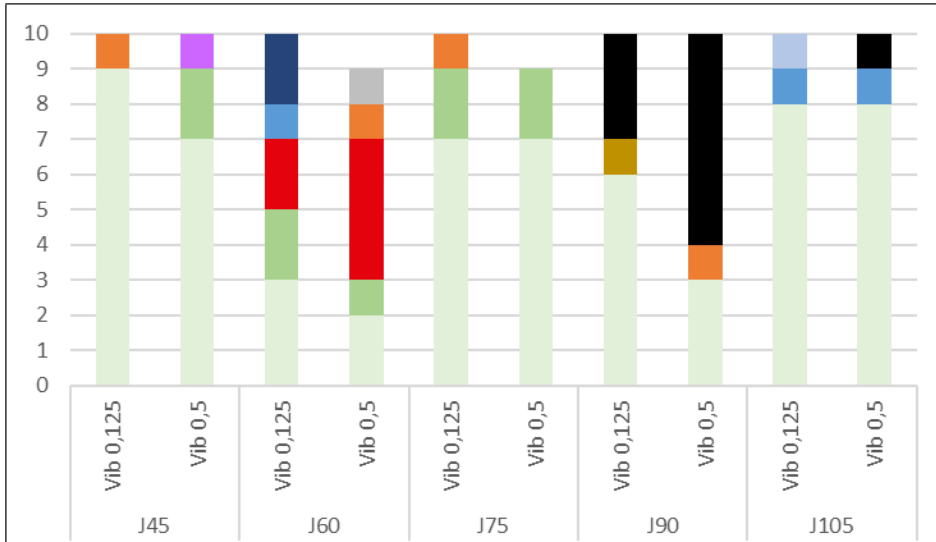
Avec méropénème



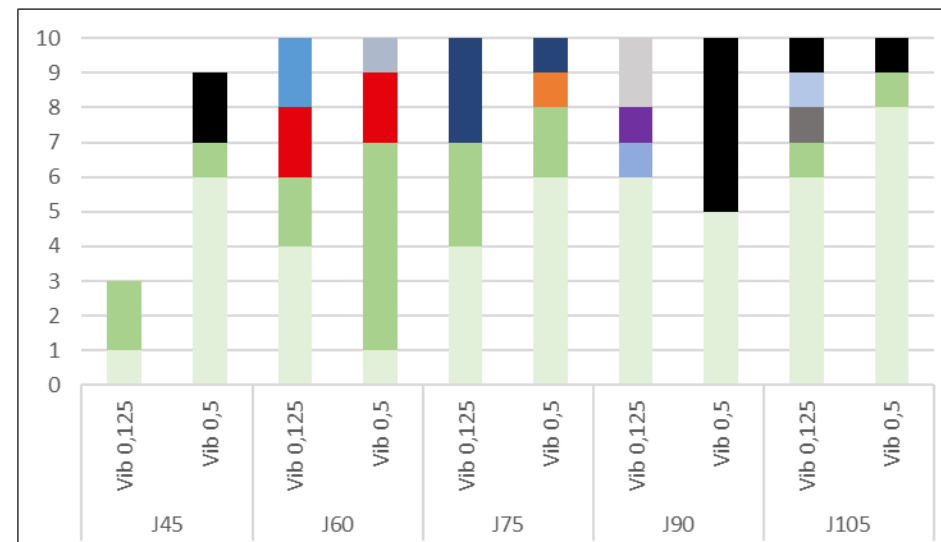
- installation rapide des biofilms sur tous les supports immergés (60 jours)
- aucune différence significative entre la résistance de la plastisphère et celle du témoin CM

# Diversité des bactéries cultivées en présence de méropénème

PE



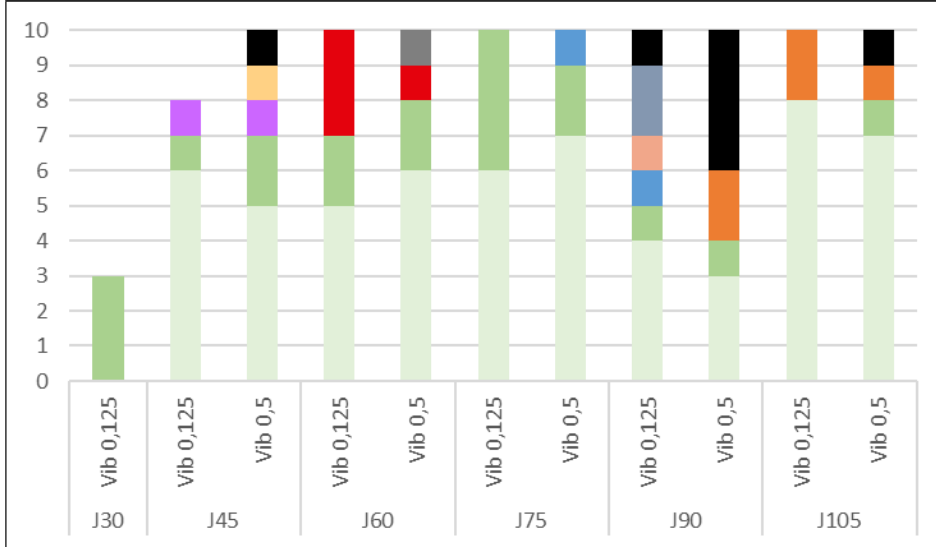
PA



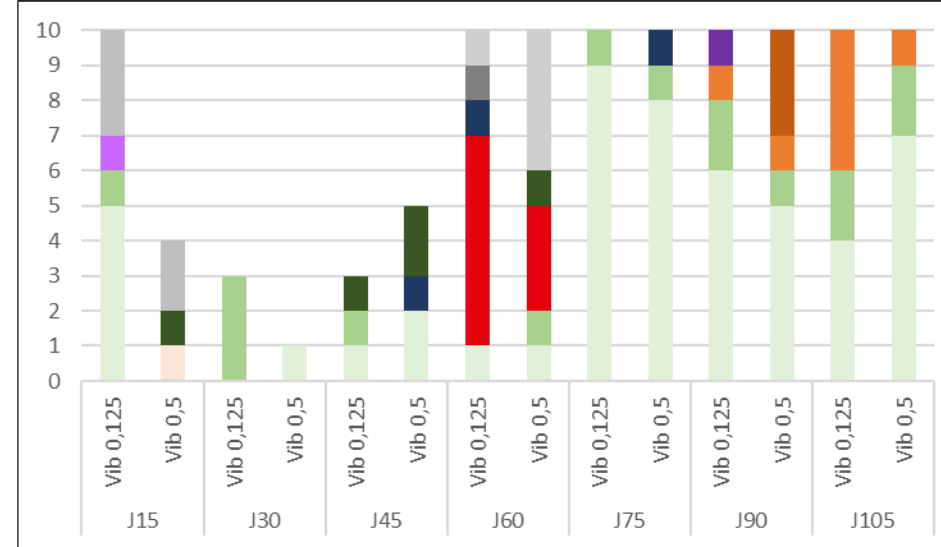
- N.I
- pacinii
- neptunius
- natrigens
- mytili
- mimicus
- Grimontia hollisae
- fortis
- fluvialis
- europaeus
- Enterobacter hormaechei
- diazotrophicus
- brasiliensis
- anguillarum
- albensis
- aesturians
- damsela
- rotiferianus
- shewanella algae
- parahaemolyticus
- vulnificus

- alginolyticus
- harveyi

CM

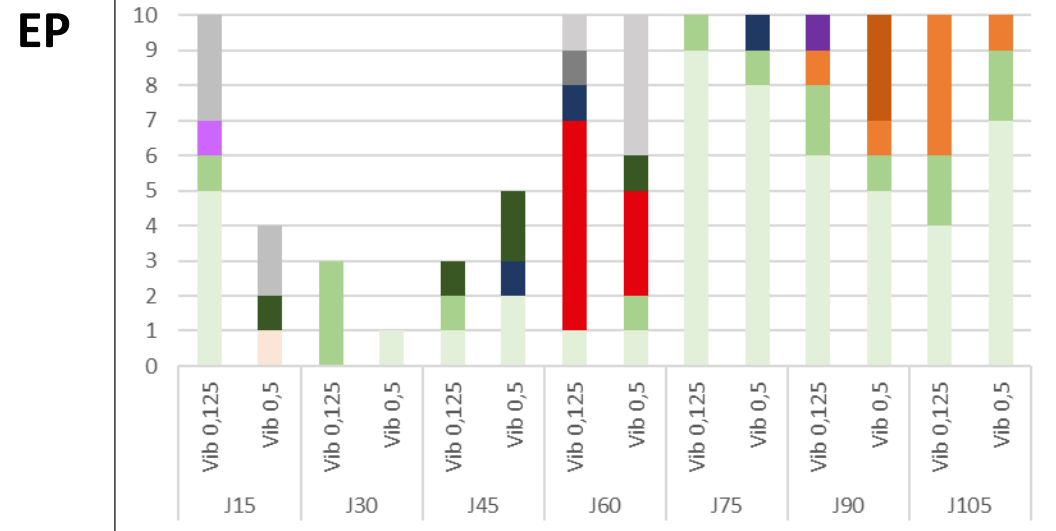
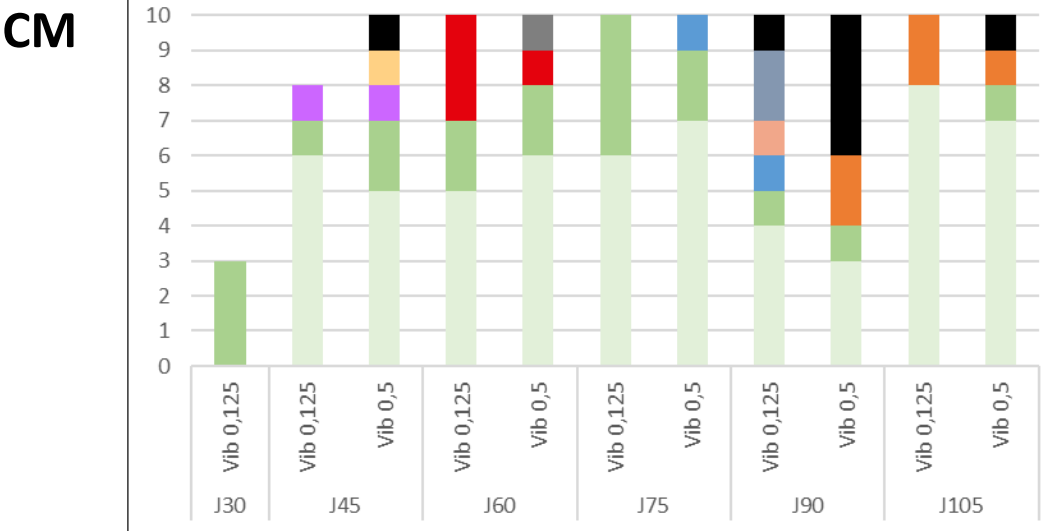
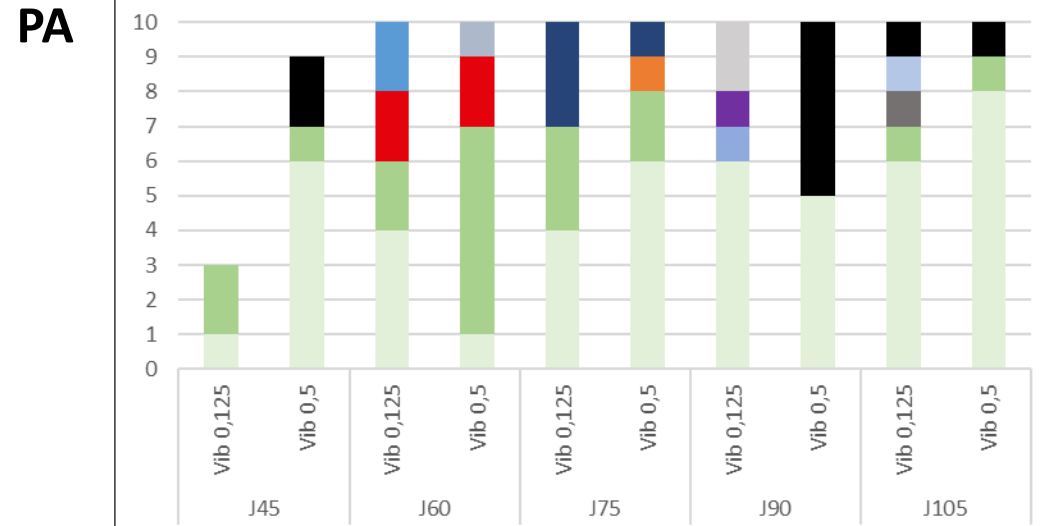
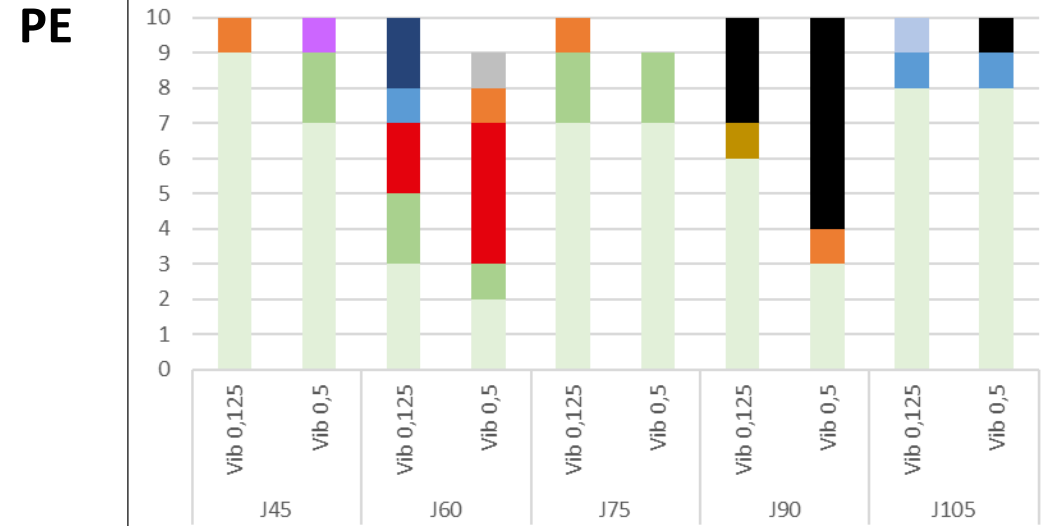


EP



- Grande diversité de *Vibrio* identifiés, mais une large majorité de *V. harveyi* et *V. alginolyticus*
- Profil des biofilms CM, PE et PA très proches

# Quelles populations de *Vibrio* sp. résistants retrouve-t-on dans la plastisphere?

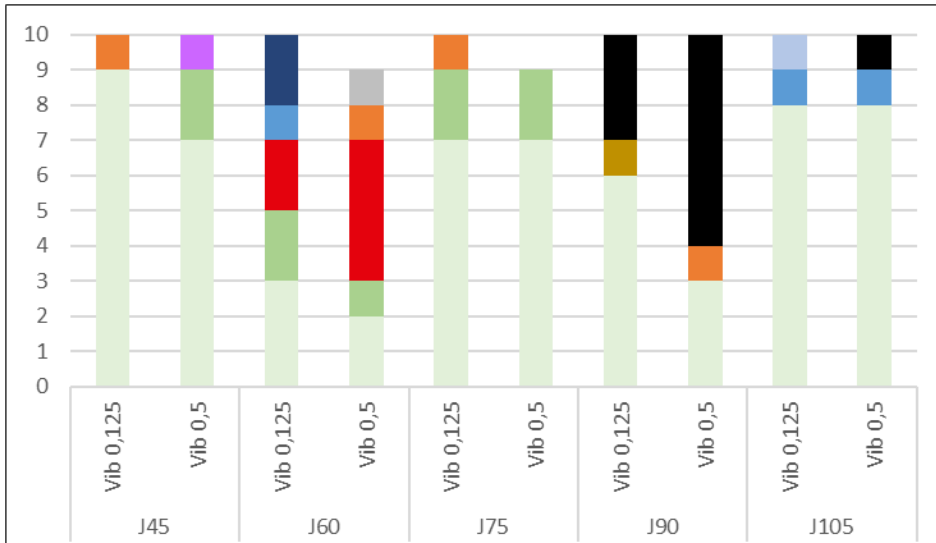


- N.I
- pacinii
- neptunius
- natriegens
- mytili
- mimicus
- Grimontia hollisae
- fortis
- fluvialis
- europaeus
- Enterobacter hormaechei
- diazotrophicus
- brasiliensis
- anguillarum
- albensis
- aesturians
- damsela
- rotiferianus
- shewanella algae
- parahaemolyticus
- vulnificus
- alginolyticus
- harveyi

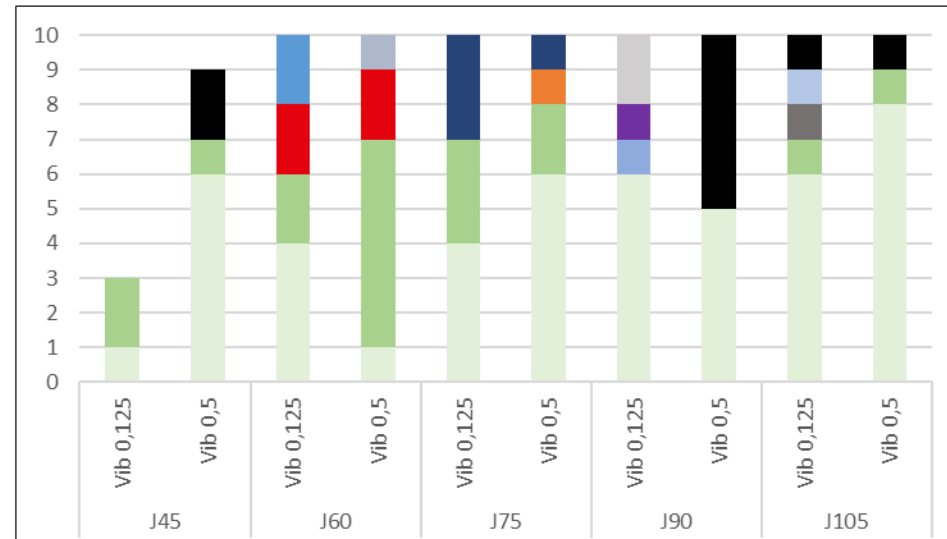
- Grande diversité de *Vibrio* identifiés, mais une large majorité de *V. harveyi* et *V. alginolyticus*
- Profil des biofilms CM, PE et PA très proches

# Quelles populations de *Vibrio* sp. résistants retrouve-t-on dans la plastisphere?

PE

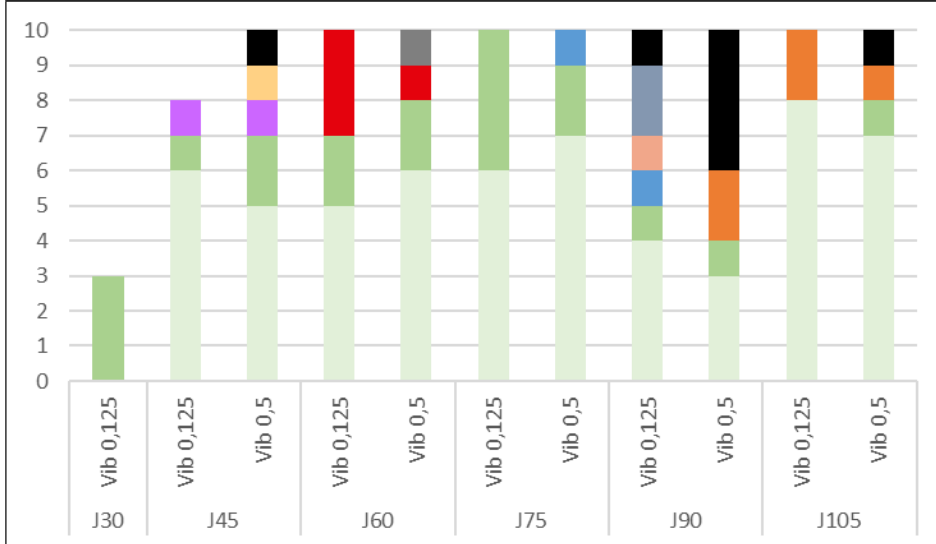


PA

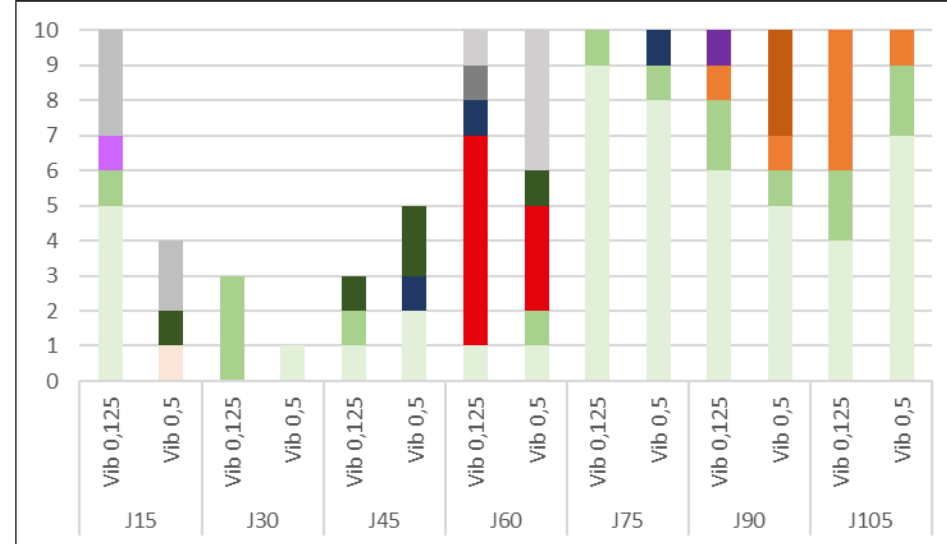


- N.I
- pacinii
- neptunius
- natriegens
- mytili
- mimicus
- Grimontia hollisae
- fortis
- fluvialis
- europaeus
- Enterobacter hormaechei
- diazotrophicus
- brasiliensis
- anguillarum
- albensis
- aesturians
- damselae
- rotiferianus
- shewanella algae
- parahaemolyticus
- vulnificus
- alginolyticus
- harveyi

CM



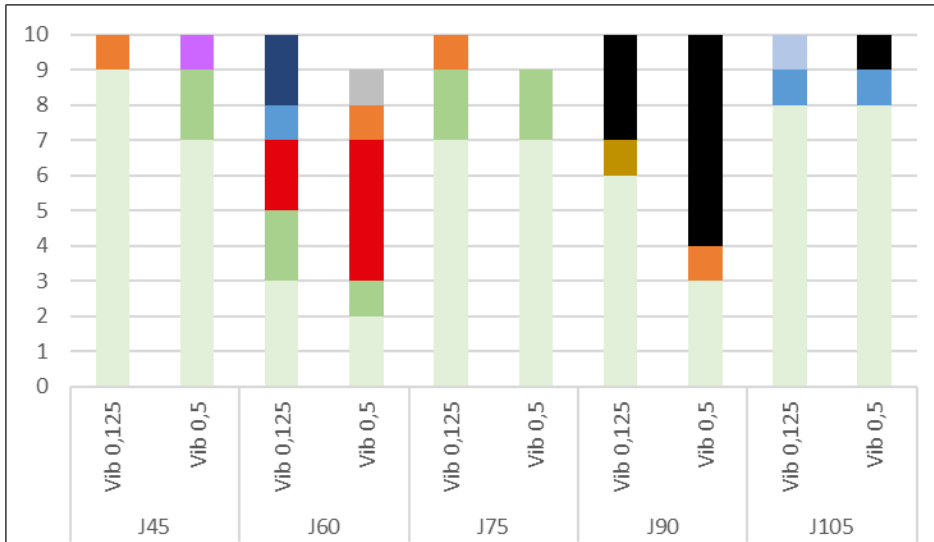
EP



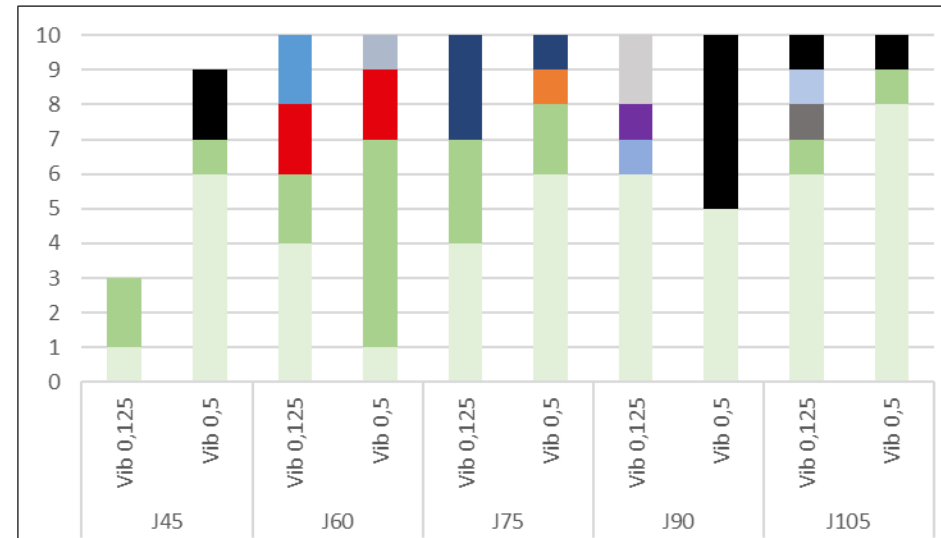
➤ Présence de l'espèce pathogène *V. vulnificus* à J60, non retrouvé après

# Quelles populations de *Vibrio* sp. résistants retrouve-t-on dans la plastisphere?

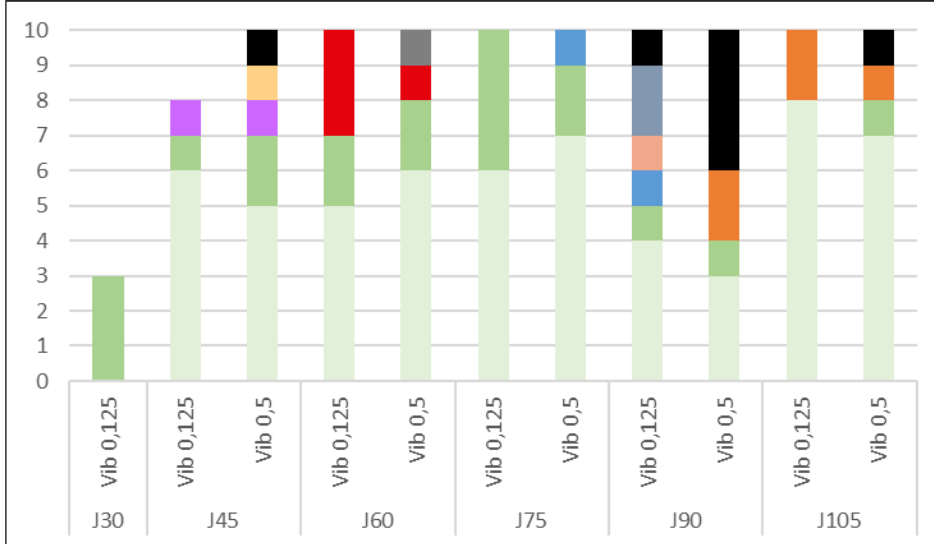
PE



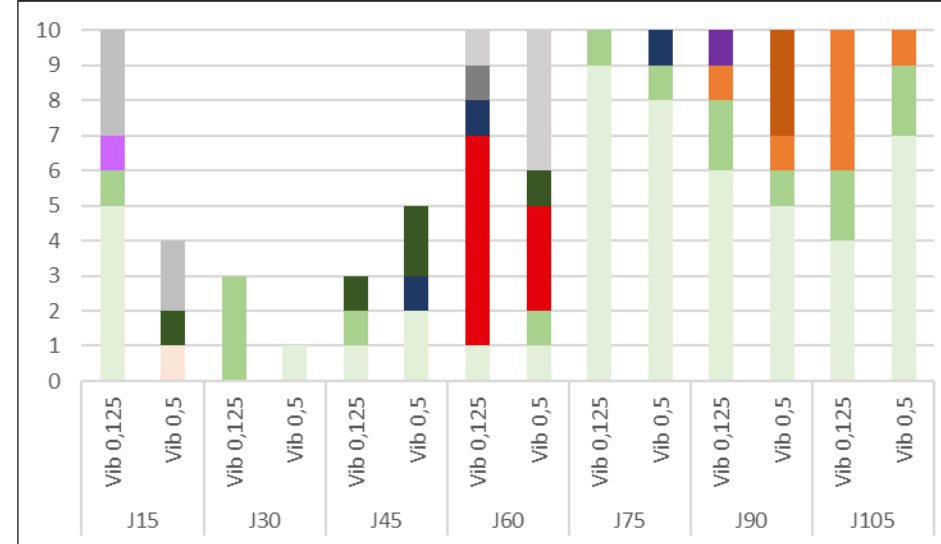
PA



CM



EP

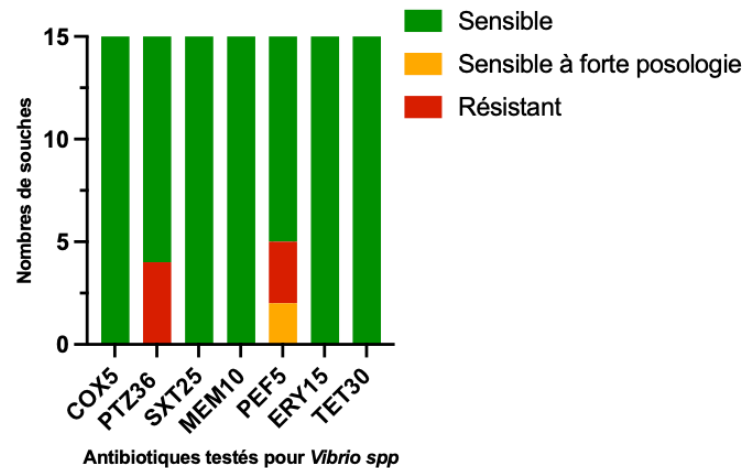


- N.I
- pacinii
- neptunius
- natriegens
- mytili
- mimicus
- Grimontia hollisae
- fortis
- fluvialis
- europaeus
- Enterobacter hormaechei
- diazotrophicus
- brasiliensis
- anguillarum
- albensis
- aesturians
- damsela
- rotiferianus
- shewanella algae
- **parahaemolyticus**
- vulnificus
- alginolyticus
- harveyi

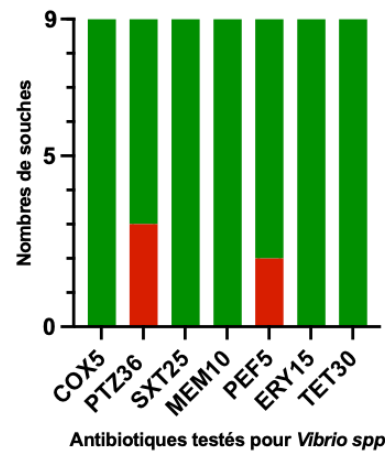
➤ Présence de l'espèce pathogène *V. parahaemolyticus* à J60, ponctuelle sur PE < CM et EP

# Profils de résistance des *Vibrio* sélectionnées

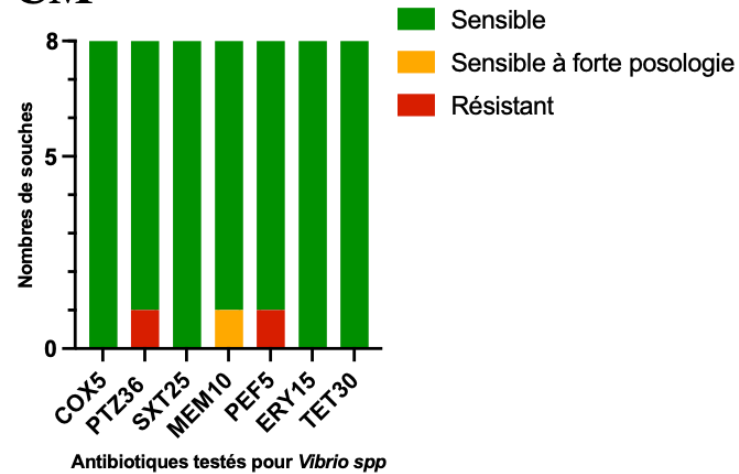
PE



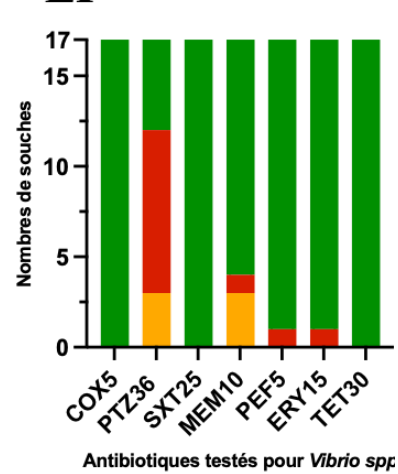
PA



CM



EP



Profils d'antibiogrammes

- céfotaxime (COX5),
- **pipéracilline -tazobactam (PTZ36)**,
- triméthoprimé-sulfaméthoxazole (STX25),
- méropénème (MEM10),
- péfloxacine (PEF5),
- érythromycine (ERY15),
- tétracycline (TET30)

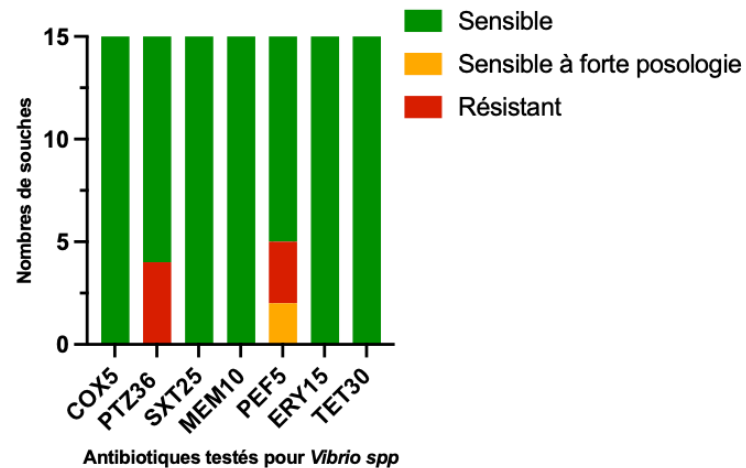
*Vibrio* isolés :

du polyéthylène (PE),  
du polyamide (PA),  
d'une coquille de moule (CM)  
ou de l'eau du port (EP).

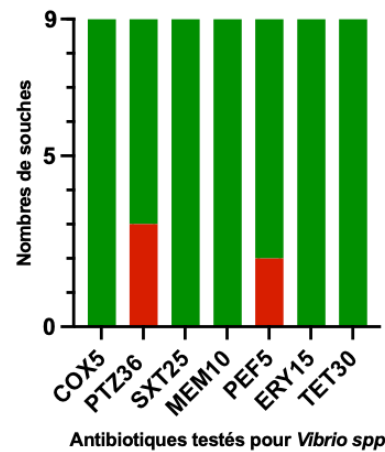
- Résistances détectées PTZ36 cohérentes avec l'usage fréquent de PTZ en médecine humaine depuis les années 1990–2000
- Quelques souches résistantes au méropénème (MEM) retrouvées sur les témoins naturels (CM et EP),

# Les plastiques influencent-ils l'antibiorésistance des *Vibrio* sélectionnées ?

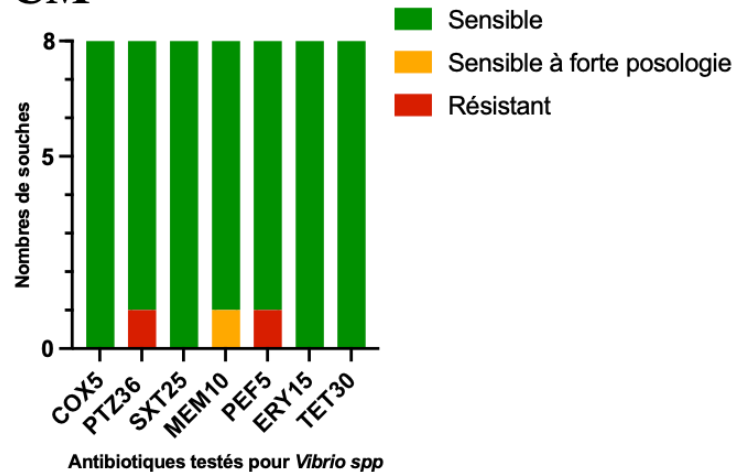
PE



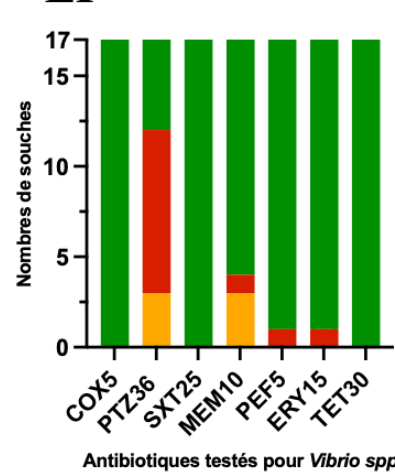
PA



CM



EP



Profils d'antibiogrammes

- céfotaxime (COX5),
- **pipéracilline -tazobactam (PTZ36)**,
- triméthoprimé-sulfaméthoxazole (STX25),
- méropénème (MEM10),
- péfloxacine (PEF5),
- érythromycine (ERY15),
- tétracycline (TET30)

*Vibrio* isolés :

du polyéthylène (PE),  
du polyamide (PA),  
d'une coquille de moule (CM)  
ou de l'eau du port (EP).

- Résistances détectées PTZ36 cohérentes avec l'usage fréquent de PTZ en médecine humaine depuis les années 1990–2000
- Quelques souches résistantes au méropénème (MEM) retrouvées sur les témoins naturels (CM et EP),

# Quantification de gènes de résistance & intégrons

Résistance aux carbapénèmes = résistance émergente de fort intérêt clinique, peut être liée aux gènes :

- $bla_{NDM}$  (NDM),
- $bla_{OXA-48}$  (OXA)
- $bla_{KPC}$  (KPC)

=> quantifiés ponctuellement dans d'EP.

Intégrons de classe 1, 2 et 3 = éléments génétiques mobiles, supports d'acquisition de la résistance.

=> quantifiés, surtout dans les biofilms de PA, PE,

=> signe d'une adaptation génétique au sein de ces communautés bactériennes de la plastisphère ?

Jour	Échantillons	Gènes						
		ADNr16S	$bla_{OXA-48}$	$bla_{NDM}$	$bla_{KPC}$	Intl-1	Intl-2	Intl-3
0	PE	+	-	-	-	-	-	2,0
15		+	-	-	-	<i>d</i>	-	4,4
30		+	-	-	-	1,1	<i>d</i>	12,9
45		+	-	-	-	<i>d</i>	-	-
60		+	-	-	-	23 676	-	-
75		+	-	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	-	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-
0	PA	+	-	-	<i>d</i>	7,0	<i>d</i>	0,9
15		+	-	-	-	15,8	-	-
30		+	-	-	-	580	-	-
45		+	-	-	-	-	-	-
60		+	-	-	-	-	-	-
75		+	-	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	5,56	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-
0	CM	+	-	-	<i>d</i>	9,4	<i>d</i>	4,4
15		+	-	-	-	<i>d</i>	-	<i>d</i>
30		+	-	-	-	<i>d</i>	-	<i>d</i>
45		+	-	-	-	<i>d</i>	-	-
60		+	-	-	-	-	-	-
75		+	-	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	-	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-
0	EP	+	-	-	<i>d</i>	<i>d</i>	-	-
15		+	-	-	-	-	-	-
30		+	-	-	-	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
45		+	-	0,1	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>	-
60		+	1,2	-	-	-	-	-
75		+	<i>d</i>	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	-	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-

gène quantifié  
(nombre de copie /  
mL d'eau ou cm<sup>2</sup>  
de surface)

- = absence de  
gène

*d* = détectable  
mais non  
quantifiable

# La plastisphère contient-elle plus de gènes d'antibiorésistance ou d'intégrons ?

Résistance aux carbapénèmes = résistance émergente de fort intérêt clinique, peut être liée aux gènes :

- $bla_{NDM}$  (NDM),
- $bla_{OXA-48}$  (OXA)
- $bla_{KPC}$  (KPC)

=> quantifiés ponctuellement dans d'EP.

Intégrons de classe 1, 2 et 3 = éléments génétiques mobiles, supports d'acquisition de la résistance.

=> quantifiés, surtout dans les biofilms de PA, PE,

=> signe d'une adaptation génétique au sein de ces communautés bactériennes de la plastisphère ?

Jour	Échantillons	Gènes						
		ADNr16S	$bla_{OXA-48}$	$bla_{NDM}$	$bla_{KPC}$	Intl-1	Intl-2	Intl-3
0	PE	+	-	-	-	-	-	2,0
15		+	-	-	-	<i>d</i>	-	4,4
30		+	-	-	-	1,1	<i>d</i>	12,9
45		+	-	-	-	<i>d</i>	-	-
60		+	-	-	-	23 676	-	-
75		+	-	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	-	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-
0	PA	+	-	-	<i>d</i>	7,0	<i>d</i>	0,9
15		+	-	-	-	15,8	-	-
30		+	-	-	-	580	-	-
45		+	-	-	-	-	-	-
60		+	-	-	-	-	-	-
75		+	-	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	5,56	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-
0	CM	+	-	-	<i>d</i>	9,4	<i>d</i>	4,4
15		+	-	-	-	<i>d</i>	-	<i>d</i>
30		+	-	-	-	<i>d</i>	-	<i>d</i>
45		+	-	-	-	<i>d</i>	-	-
60		+	-	-	-	-	-	-
75		+	-	-	-	-	-	-
90		+	-	-	-	-	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-
0	EP	+	-	-	<i>d</i>	<i>d</i>	-	-
15		+	-	-	-	-	-	-
30		+	-	-	-	<i>d</i>	<i>d</i>	<i>d</i>
45		+	-	0,1	-	<i>d</i>	<i>d</i>	-
60		+	-	1,2	-	-	-	-
75		+	-	<i>d</i>	-	-	-	-
90		+	-	-	-	-	-	-
105		+	-	-	-	-	-	-

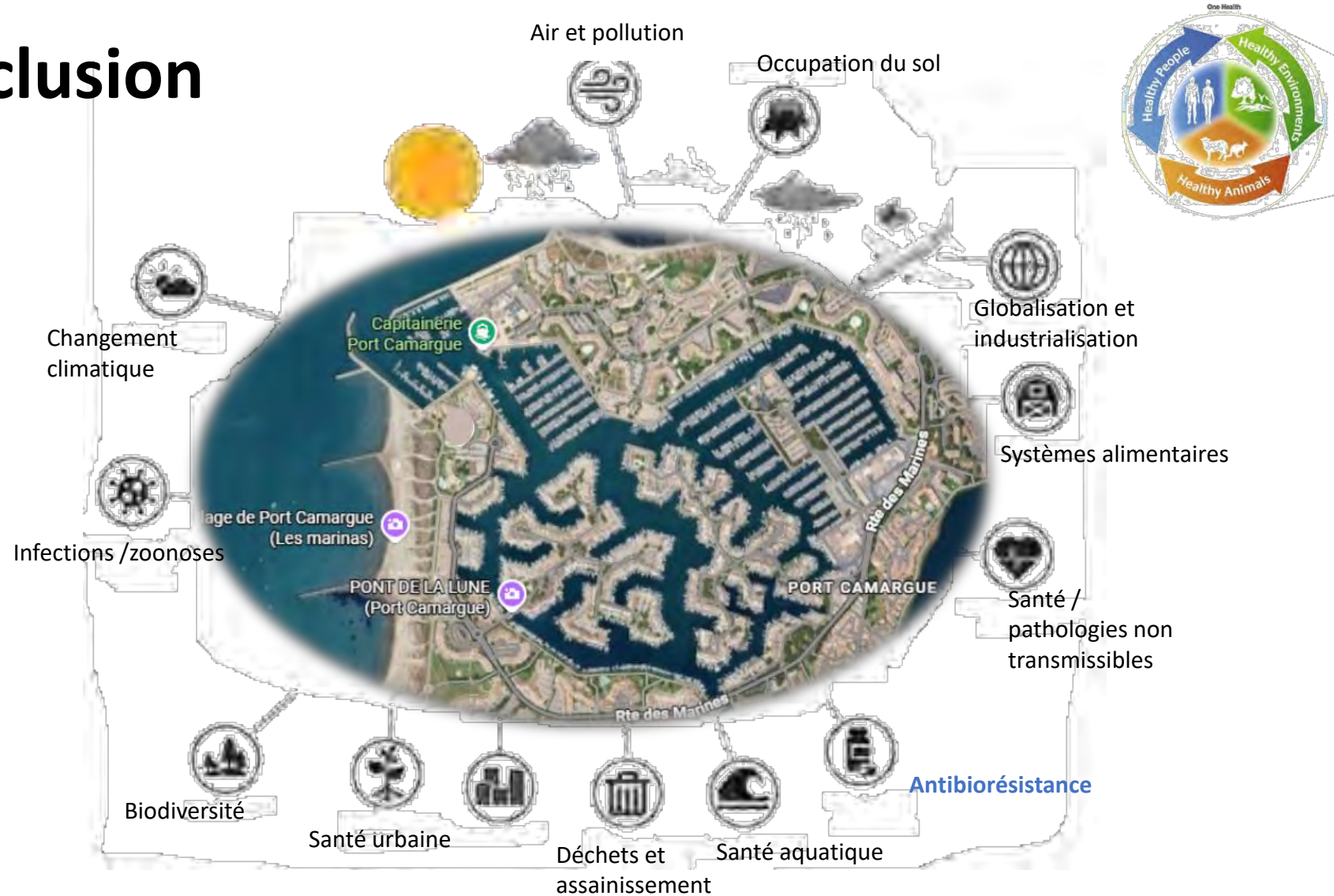
gène quantifié  
(nombre de copie /  
mL d'eau ou cm<sup>2</sup>  
de surface)

- = absence de  
gène

*d* = détectable  
mais non  
quantifiable

# Projet Marina : Conclusion

- Dynamique de formation du biofilm au cours du temps
- Grande diversité des communautés bactériennes du genre *Vibrio*
- Signes de transferts de gènes dans les biofilms



Fabien Gauvry, Stage de Master 1 IMHE, Université de Montpellier,  
13/03/25 au 18/07/25

Poster AFEM (Association Francophone d'Ecologie Microbienne,  
Plastisphère et antibiorésistance : focus sur le genre *Vibrio*, 18 au 21  
novembre 2025. à Beaune

**Merci pour votre attention**

