



Pollution chimique : le troisième facteur du couple antibiotique-bactérie

Eric FARFOUR

Clin92

Biologie Clinique, Hôpital Foch





- ❖ Intérêts financiers : aucun
- ❖ Liens durables ou permanents : aucun
- ❖ Interventions ponctuelles : aucun
- ❖ Intérêts indirects : aucun

INTRODUCTION



Thermophilus aquaticus

APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY, Dec. 1981, p. 1093-1102
0099-2240/81/121093-10\$02.00/0

Unclassified *Burkholderia/Caballeronia/Paraburkholderia*

Burkholderia cenocepacia

Unclassified *Pseudomonas*

Rhodospirillaceae bacterium IA FO 10

Unclassified *Burkholdieriales*

Vol. 42, No. 6

Roundup® bottle		
1	2	3
41.86	44.46	66
13.21	0.37	2.48
27.63	43.59	0.02
15.86	10.73	28.99
1.44	0.85	2.51

Prolonged Survival of *Serratia marcescens* in Chlorhexidine

THOMAS J. MARRIE^{1, 2*} AND J. WILLIAM COSTERTON³

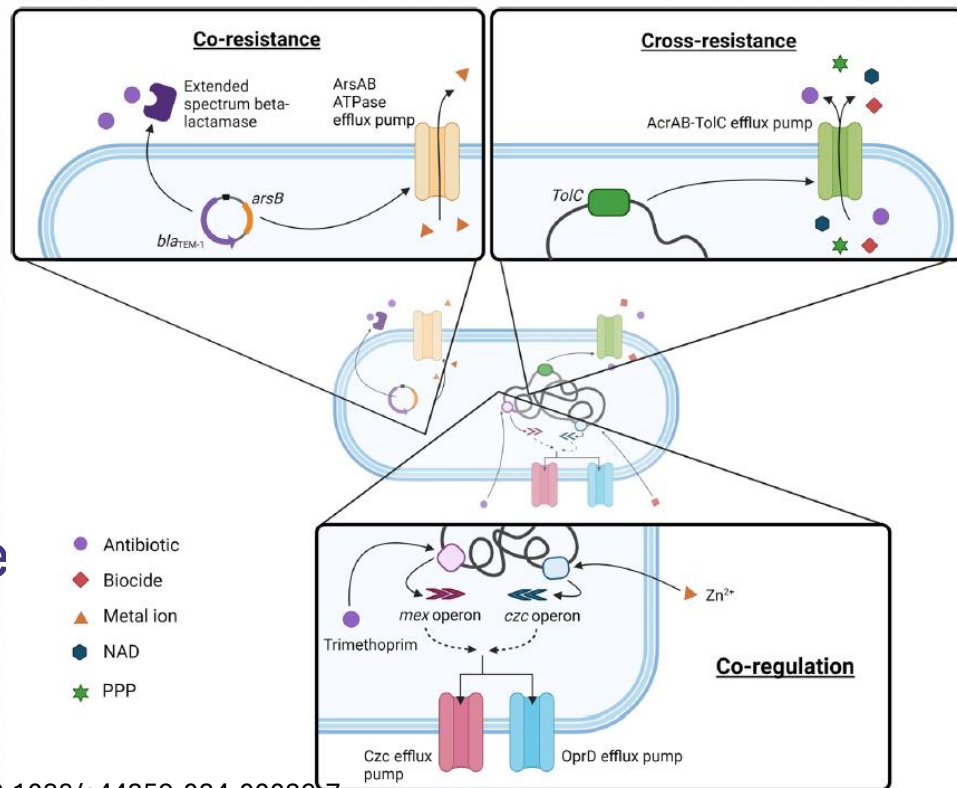
Departments of Medicine¹ and Microbiology,² Dalhousie University and The Victoria General Hospital, Halifax, Nova Scotia, and The Department of Biology,³ University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada

Source : Hertel R et al., Environ Microbiol Rep. 2022. Doi: 10.1111/1758-2229.13022 | Brock TD et al. *Journal of Bacteriology*. Doi : 1969. 10.1128/jb.98.1.289-297.1969

SELECTION DE LA RESISTANCE



- ❖ Résistance croisée :
→ même mécanisme
- ❖ Co-résistance :
→ même support
- ❖ Co-régulation :
→ même voie transcriptionnelle

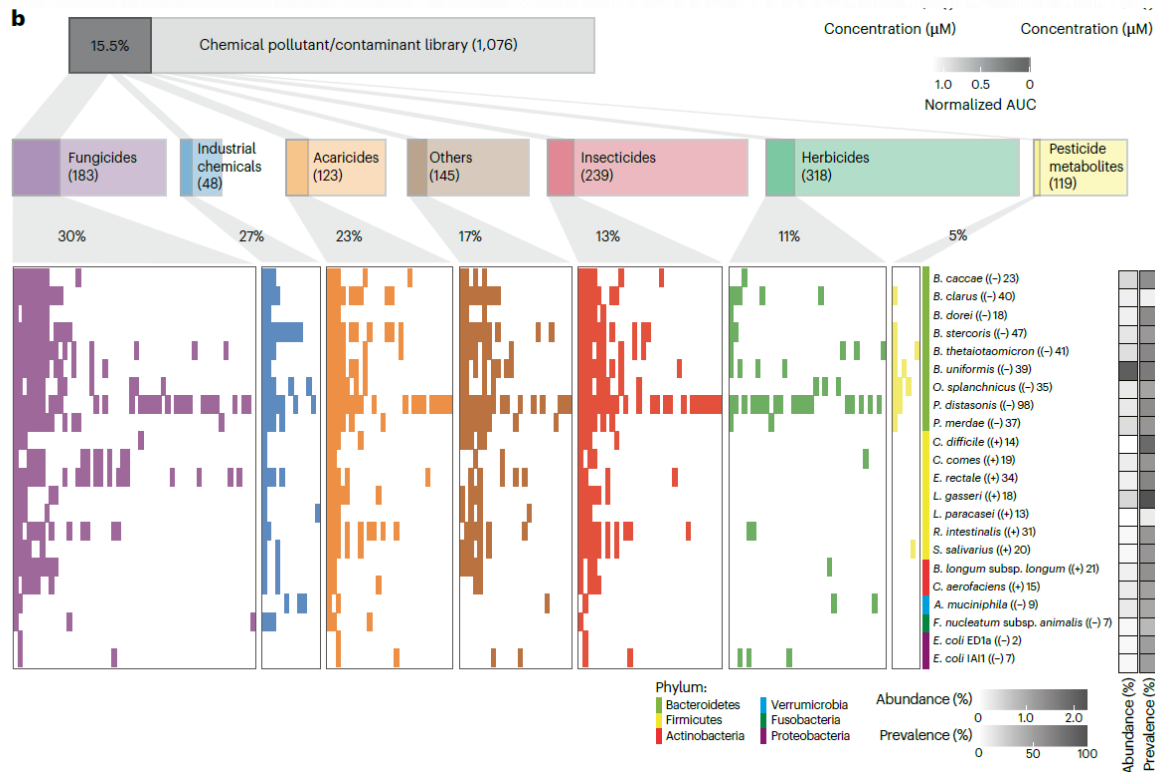


Source : Murray L. *et al.*, npj | antimicrobials & resistance. 2025. Doi: 10.1038/s44259-024-00026-7.

RESISTANCE CROISEE



- ❖ 22 bactéries digestives
- ❖ 1 076 polluants
- ❖ 168 polluants avec activité antibactérienne



Source: Roux I. et al., Nature Microbiology. 2025. Doi: 10.1038/s41564-025-02182-6

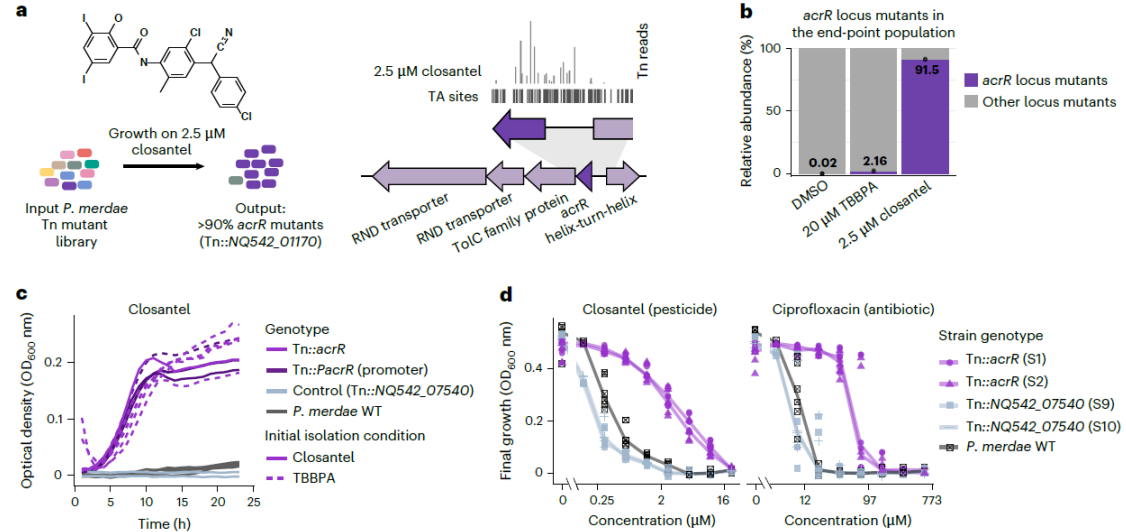
RESISTANCE CROISEE



❖ *Parabacteroides merdae*

❖ Exposition : Closantel

❖ Mutation *acrR* : AcrAB-TolC



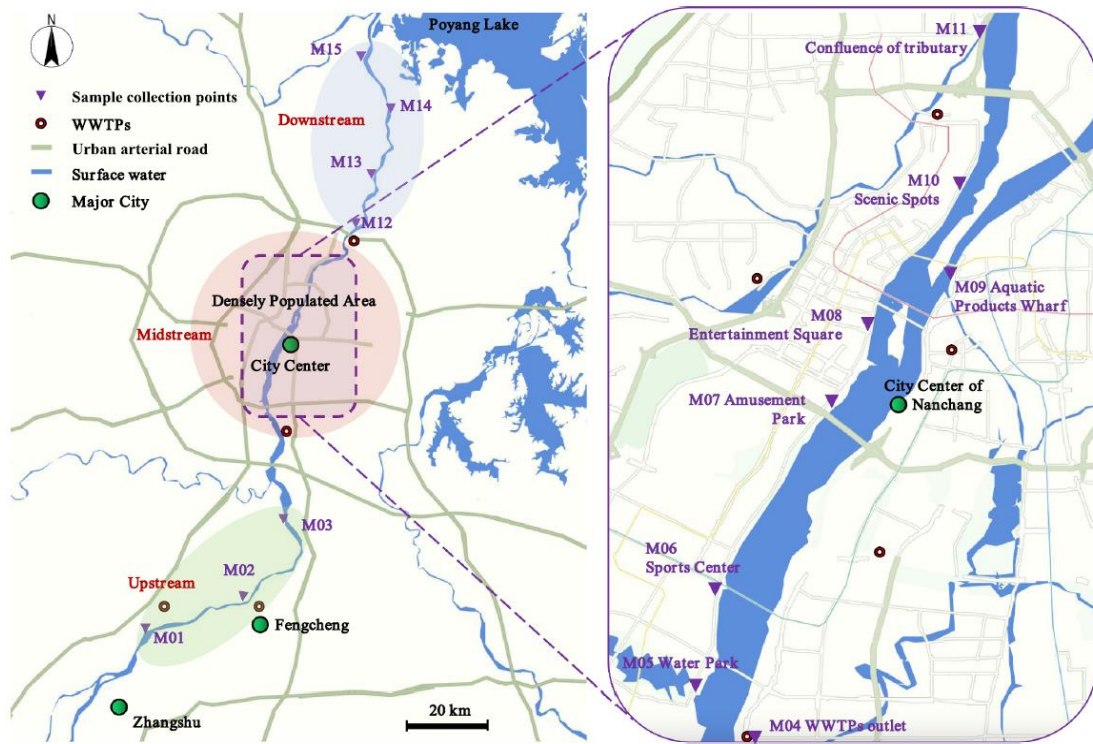
Source : Roux I. *et al.*, Nature Microbiology. 2025. Doi: 10.1038/s41564-025-02182-6

JNI 2026, PARIS

ACTIVITES URBAINES



- ❖ Bassin de la rivière Ganjiang (Chine)
- ❖ 30 sites échantillonnés : amont à aval ville Nanchang
- ❖ Métagénomique : gènes de résistance aux antibiotiques (ARG), aux biocides (BRG) et gènes de virulence (VFG)



Source : Li D. *et al.*, Journal of Hazardous Materials. 2025. Doi::10.1016/j.jhazmat.2025.139632.

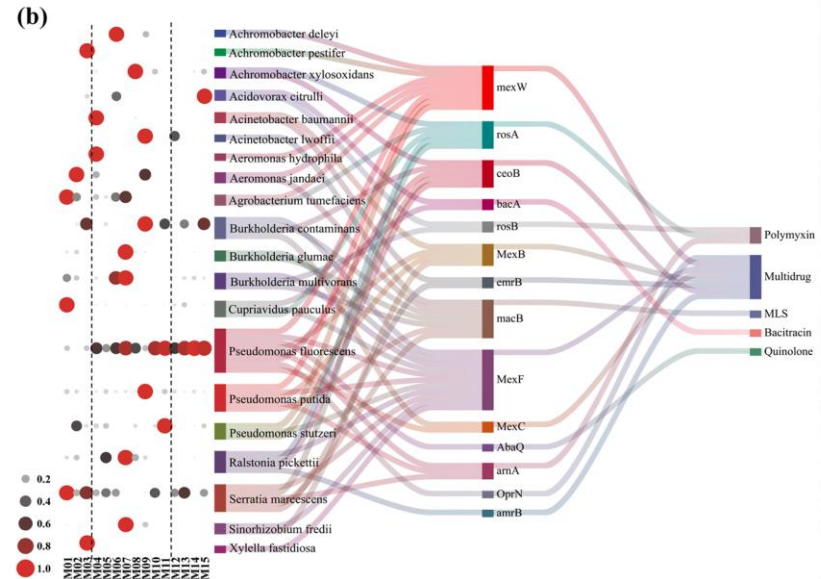
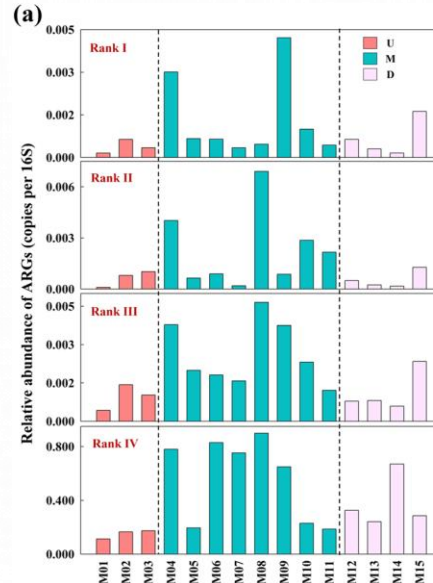
ACTIVITES URBAINES



❖ ARG (antibiotiques) : $\times 10,2$

❖ BRG (biocides) : $\times 5,7$

❖ VFG (virulence) : $\times 5,9$



Source : Li D. *et al.*, Journal of Hazardous Materials. 2025. Doi::10.1016/j.jhazmat.2025.139632.

ACTIVITES URBAINES

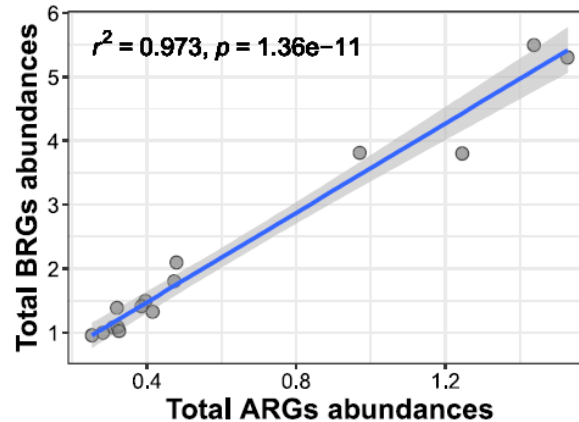


❖ ARG (antibiotiques) : $\times 10,2$

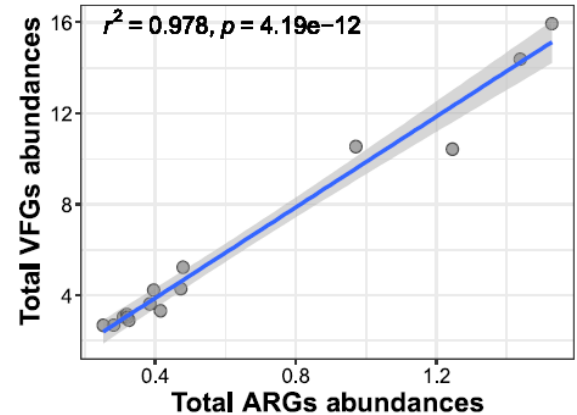
❖ BRG (biocides) : $\times 5,7$

❖ VFG (virulence) : $\times 5,9$

(b)



(c)



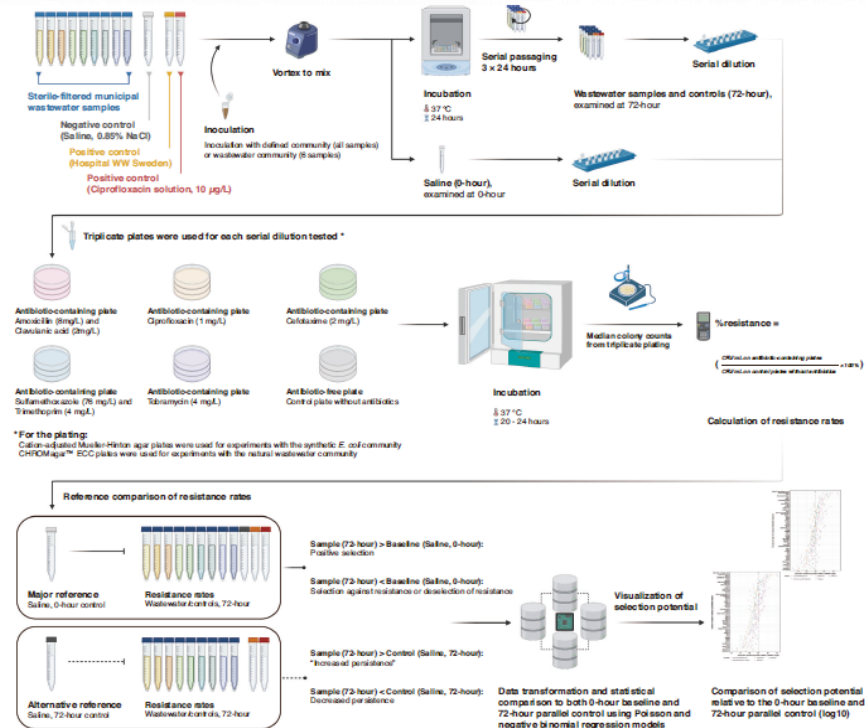
Source : Li D. *et al.*, Journal of Hazardous Materials. 2025. Doi::10.1016/j.jhazmat.2025.139632.

JNI 2026, PARIS

EAUX USEES



- ❖ Objectif : Tester si les eaux usées municipales sélectionnent des bactéries résistantes aux antibiotiques
- ❖ Échantillons : 49 eaux usées non traitées de 47 pays
- ❖ 340 souches d'E. coli (diversité de résistances)
- ❖ Exposition à l'eau usée filtrée stérile, 3 passages (72 heures), test de résistance à 5 antibiotiques (AMC, TMP-SXT, CIP, CTX, TOB)
- ❖ Contrôles :
 - ❖ 2 positifs : ciprofloxacine (10 µg/L) + eau usée d'hôpital suédois.
 - ❖ 1 négatif : 0,85 % NaCl



Source: Yu D. *et al.*, Nature Communication. 2025. Doi: 10.1038/s41467-025-65670-7.

EAUX USEES

- ❖ Sélection positive (≥ 1 antibiotique) : 14 pays
- ❖ Sélection positive les 5 antibiotiques : 9 pays
- ❖ Sélection négative (≥ 1 antibiotique) : 40 pays
- ❖ Sélection négative pour tous les antibiotiques : 8 pays (Ghana, Brésil, Suède, Chine, Corée du Sud, Islande, Madagascar, Arabie Saoudite)

Source : Yu D. *et al.*, Nature Communication. 2025. Doi: 10.1038/s41467-025-651

JNI 2026, PARIS





- ❖ Evidence
 - ❖ Résistance croisée, co-résistance, transcriptionnelle
 - ❖ Approche génotypique et phénotypique
- ❖ Interrogation
 - ❖ Espèces bactériennes
 - ❖ Mécanismes de resistance
- ❖ Phénomène probablement complexe ?
- ❖ Santé humaine ?

Merci de votre attention



La suite, avec la pollution plastique...



Pollution plastique : le troisième facteur du couple antibiotique-bactérie

Brune JOANNARD

*Laboratoire de Bactériologie, Institut des Agents Infectieux,
Hospices Civils de Lyon*



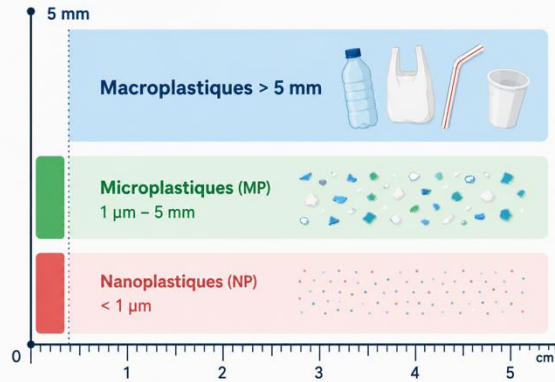
Hospices Civils de Lyon

Liens d'intérêts

- ❖ Je déclare n'avoir aucun lien d'intérêt avec les industries de santé en rapport avec le thème de la présentation (loi du 04/03/2002).



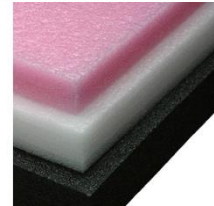
Plastiques



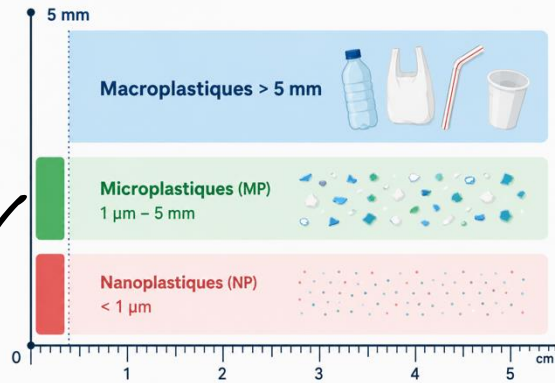
Frias and Nash et al. Mar Pollut Bull (2019)

Browne et al. Integr Environ Assess Manag (2007)

❖ Effets α taille, forme, composition en polymères, additifs chimiques



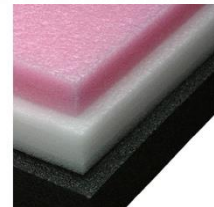
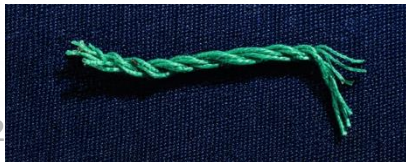
Plastiques



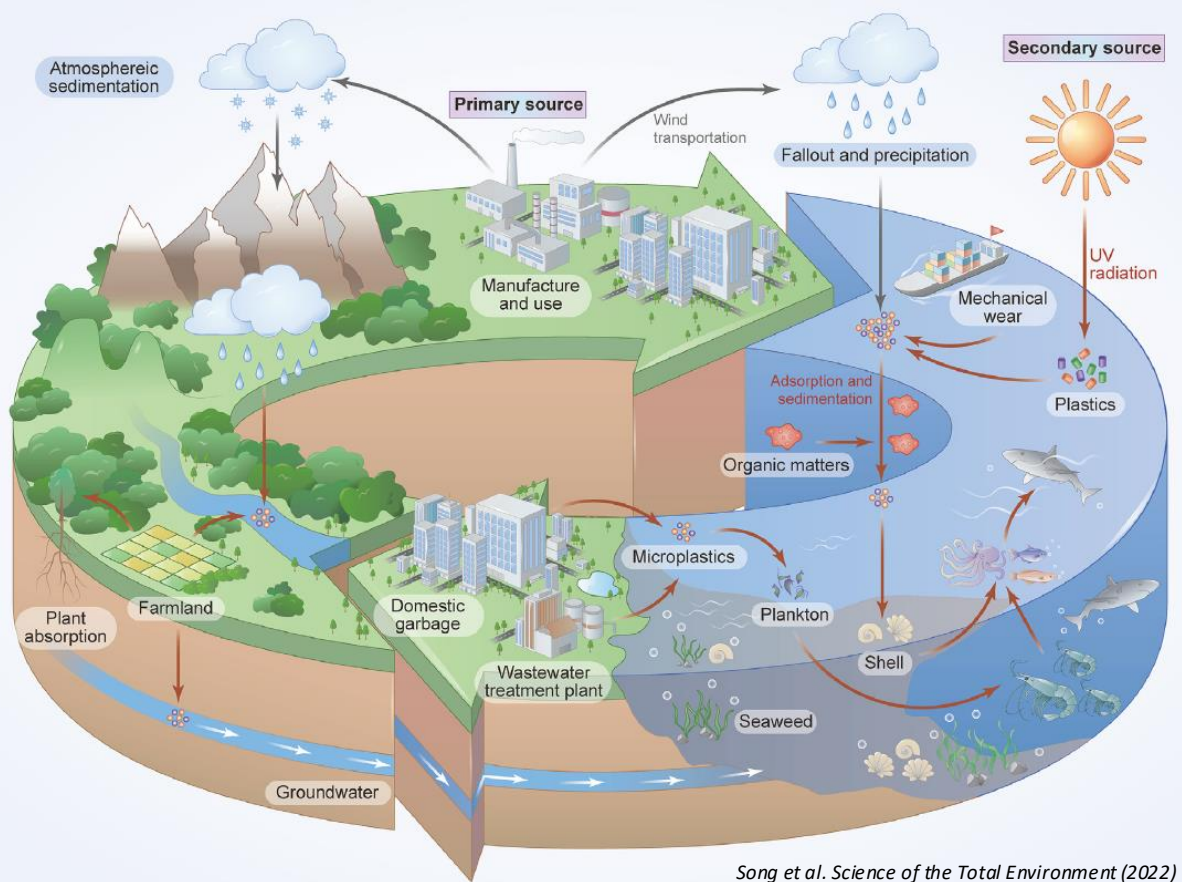
Frias and Nash et al. Mar Pollut Bull (2019)

Browne et al. Integr Environ Assess Manag (2007)

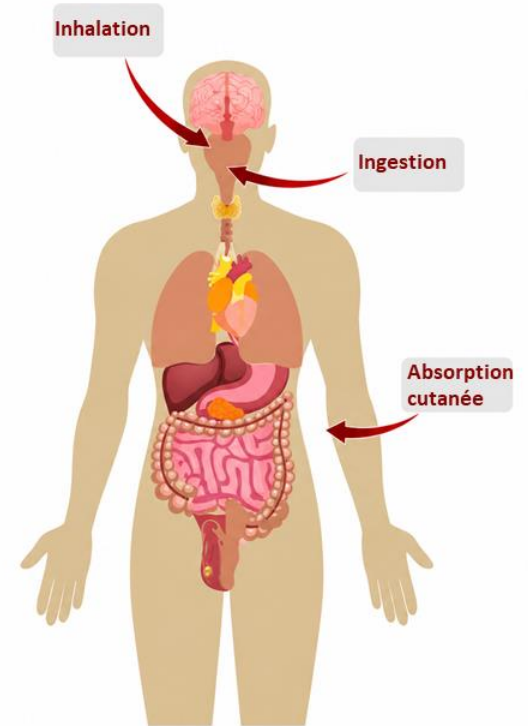
- ❖ Effets α taille, forme, composition en polymères, additifs chimiques
- ❖ **MPs primaires** : fabriqués à l'échelle microscopique
- ❖ **MPs secondaires** : dégradation et fragmentation des objets plastiques dans l'environnement



Cycle du plastique



Song et al. Science of the Total Environment (2022)



Adapté de Bocktor et al. Environmental Sciences Europe (2025)

Cycle du plastique

Microplastiques chez l'homme

24-50 particules/g

11-30 particules/g

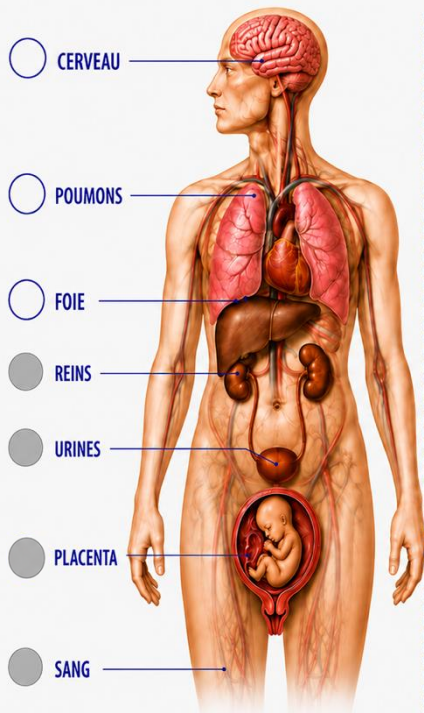
22-5731 µg/g
1-65,28 particules/g

6.67 µg/g
4-20 particules/g

15 particules/g

126.8 µg/g
1 particules/g

4,3 particules/mL



Microplastiques dans l'environnement



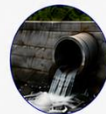
NUAGES

6.7 to 13.9 particules/L



EAUX TRAITÉES

Diminution de 70-80%
des MPs // effluents
urbains



EFFLUENTS URBAINS

1-10³ particules/L



EAUX PROFONDES
(EX : FOSSE DES MARIANNES)

200 to 2200 particules/L



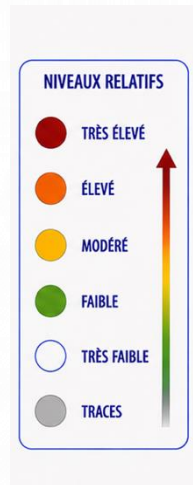
EAUX MARINES

10⁻⁴ to 10⁴ particules/m³



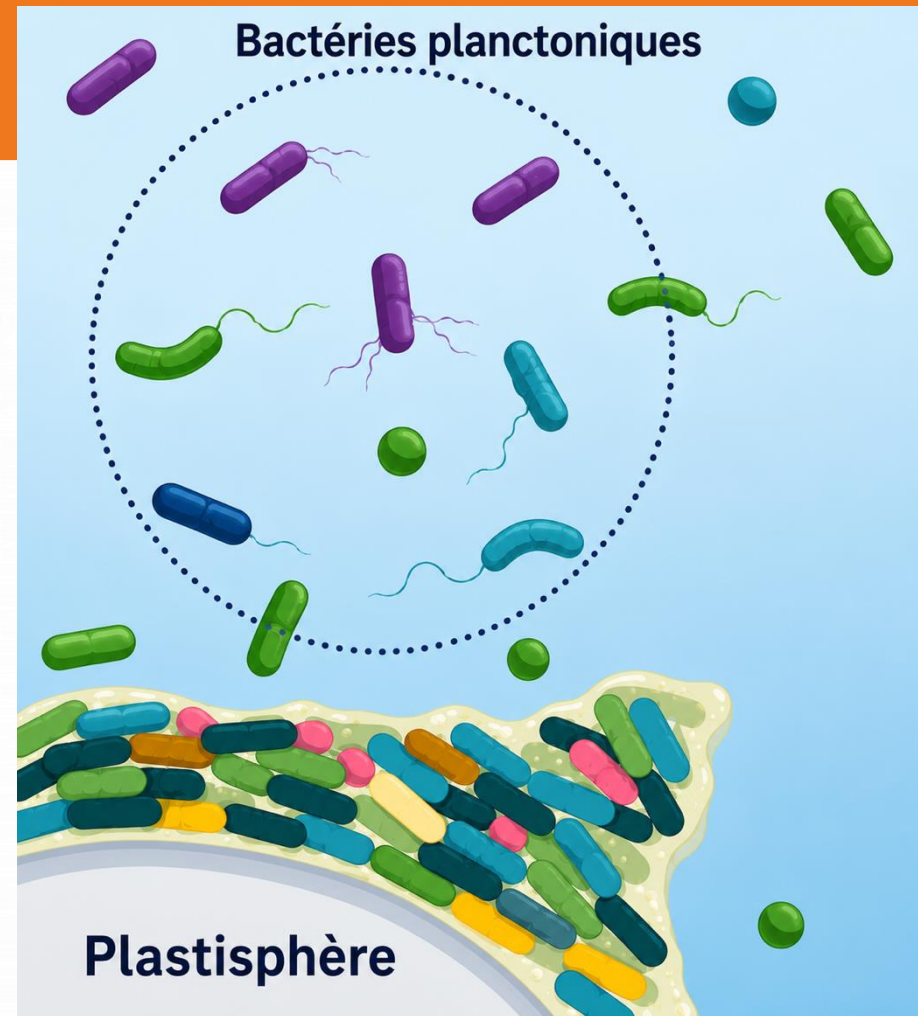
SOL

4-23 x + que dans
l'environnement
aquatique

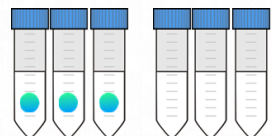


Plastisphère

- ❖ Propriétés physico-chimiques des MPs → attachement des micro-organismes, formation de biofilm
- ❖ Evolution dynamique de la plastisphère : vieillissement, altération chimique et biologique, abrasion mécanique
- ❖ Adsorption d'autres contaminants



Méthodologie



Incubation 3j
→ plusieurs
semaines



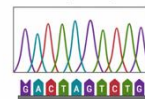
Extraction
ADN



**Etude des communautés
microbiennes**

→ Séquençage amplicon 16S

16S rRNA gene
sequencing



**Etude des gènes de résistances
aux ATB (ARGs) et les
mécanismes de transmission**

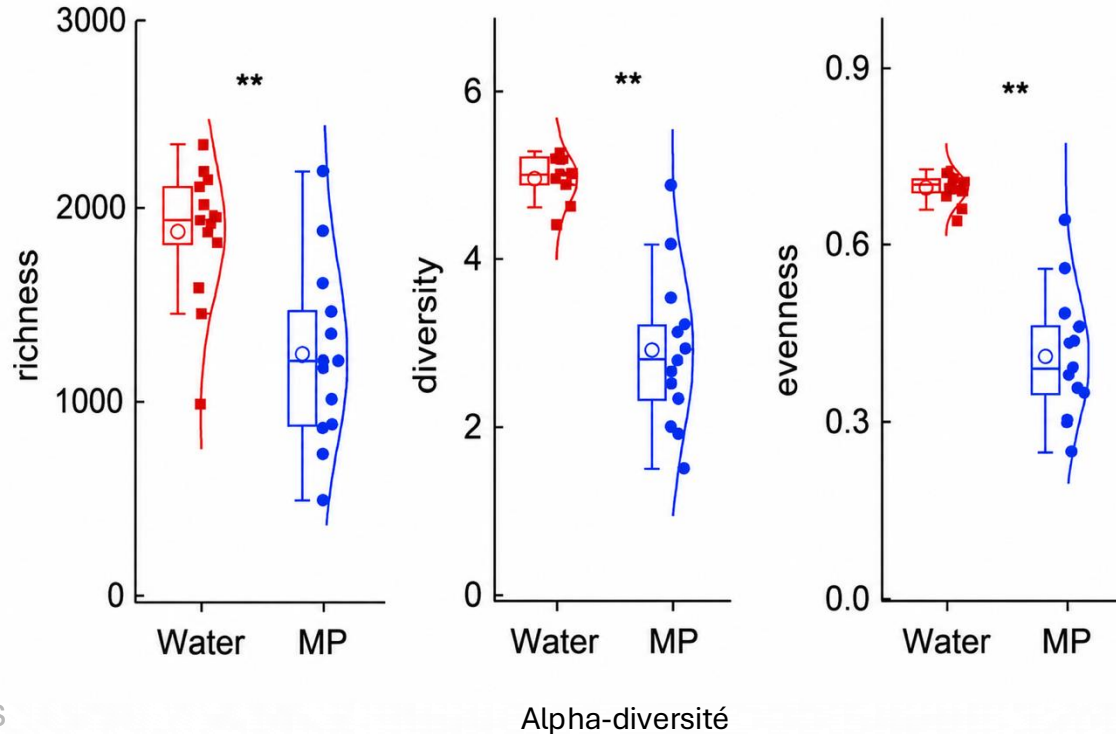
→ PCR spécifiques

→ Séquençage
métagénomique



Effet sur les communautés bactériennes

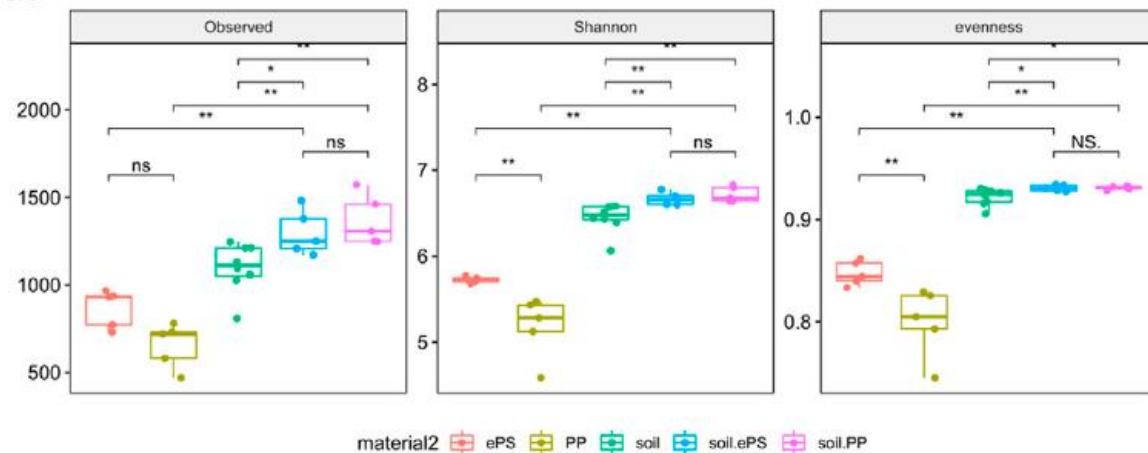
❖ Abaissement de la richesse et diversité microbienne



Effet sur les communautés bactériennes

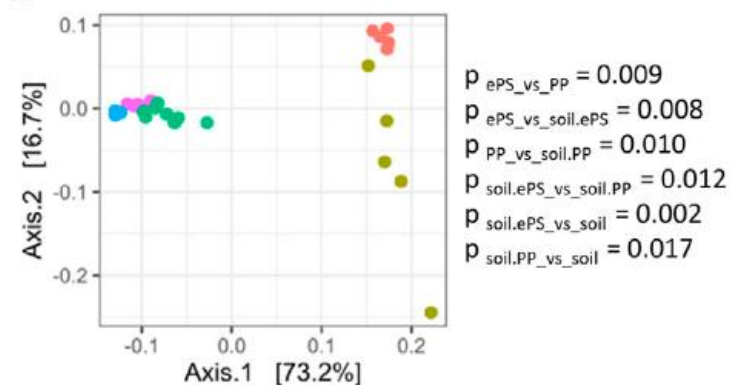
❖ Abaissement de la richesse et diversité microbienne

A



Alpha-diversité

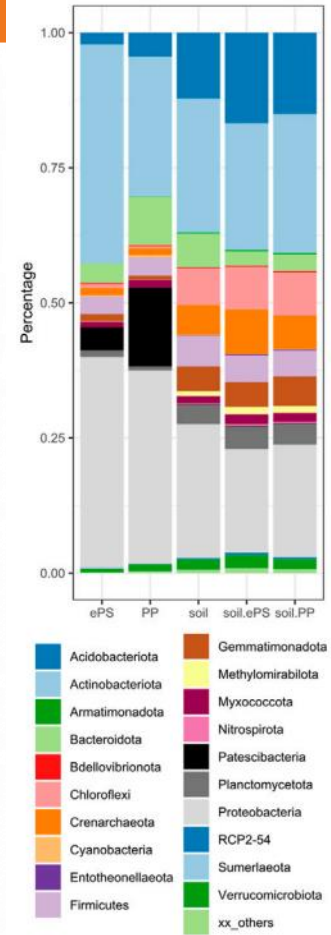
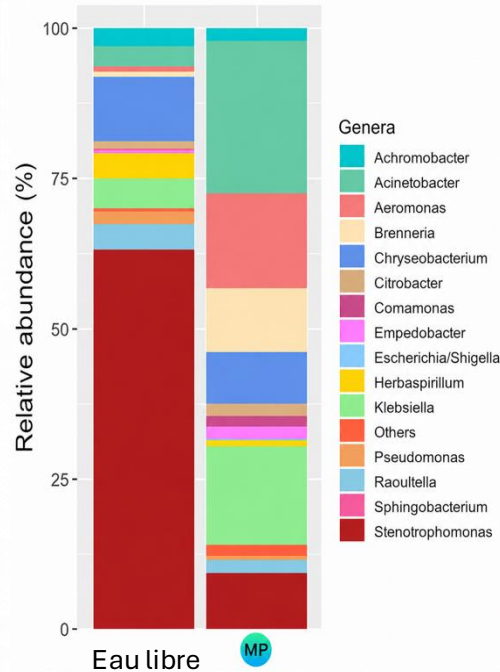
B



Béta-diversité

Effet sur les communautés bactériennes

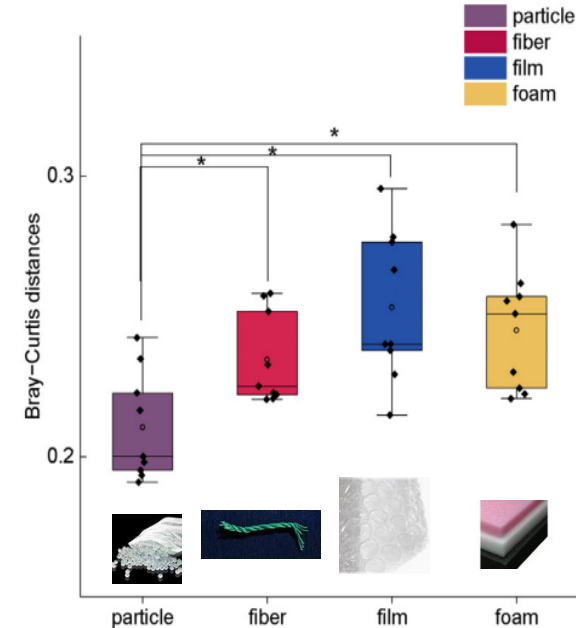
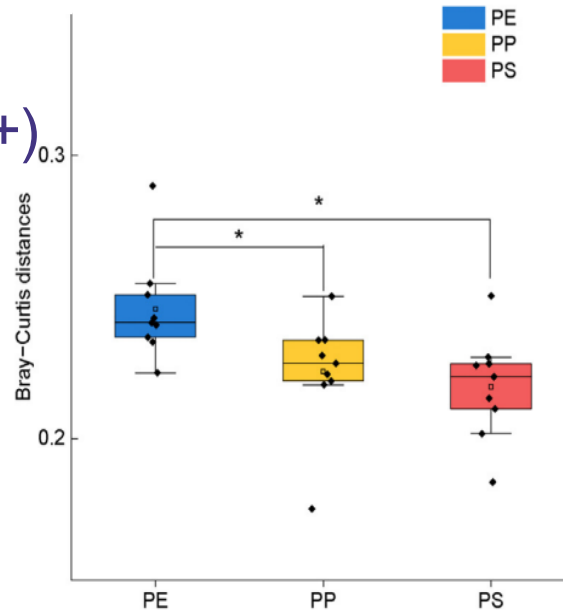
❖ Modification des communautés microbiennes



Effet sur les communautés bactériennes

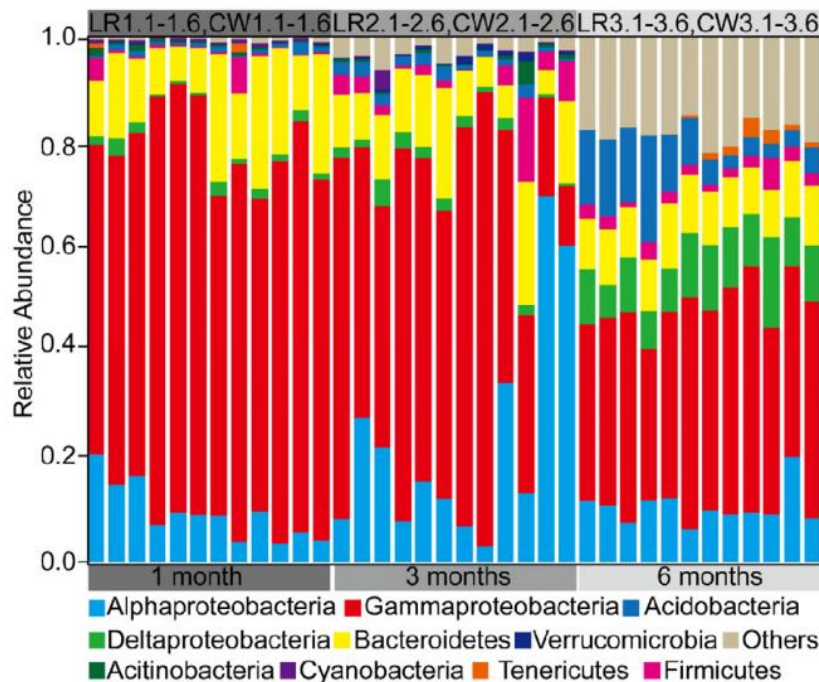
❖ Les effets des microplastiques (MP) sur les microorganismes dépendent de :

- Concentration
- Type de polymère
- Forme (fibres et films++)
- Taille



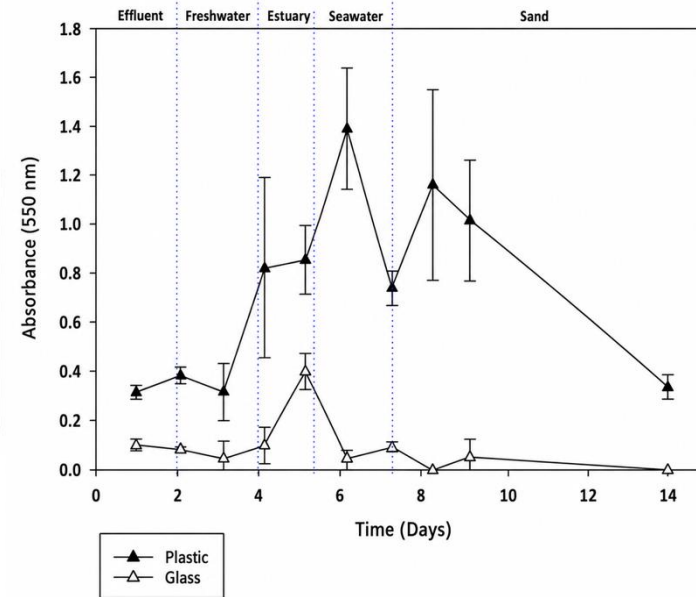
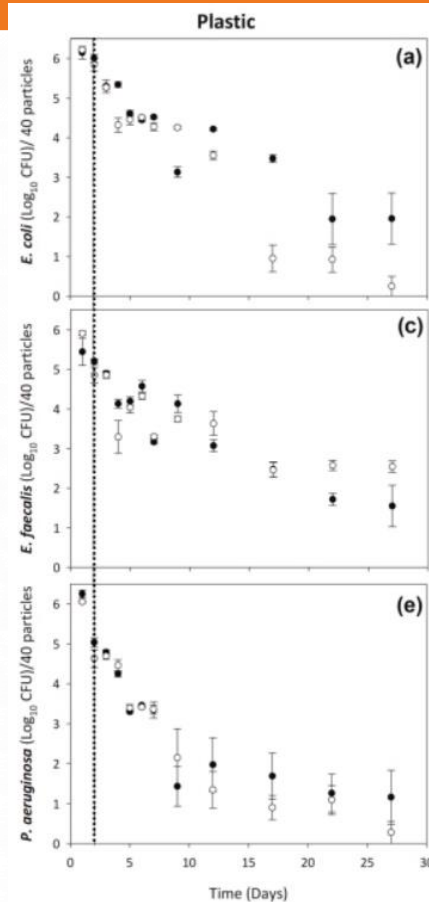
Effet sur les communautés bactériennes : persistance

- ❖ Microbiote significativement distinct après plusieurs semaines/mois d'incubation



Effet sur les communautés bactériennes : viabilité

- ❖ Les bactéries restent viables après plusieurs semaines/mois d'incubation

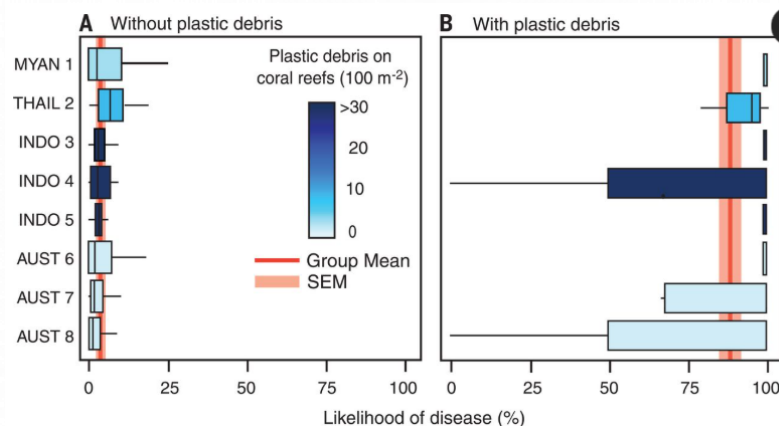


Effet sur les communautés bactériennes : transport

- ❖ Transport des bactéries fixées à la surface vers d'autres environnements
- ❖ MPS aquatiques → mobiles++ (durabilité, faible densité)
- ❖ Vecteurs : insectes, oiseaux, poissons, huitres,...
- ❖ Ex : MPs recouverts d'*Escherichia coli* → retrouvés dans les bivalves

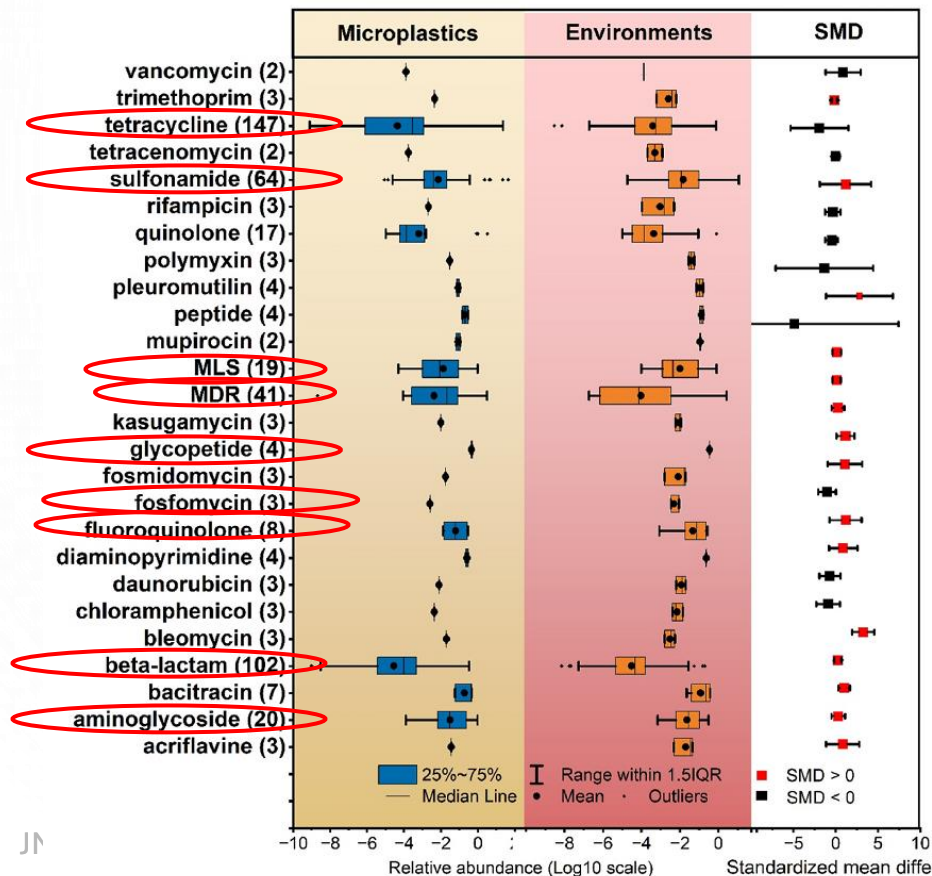
Effet sur les communautés bactériennes : transmission à l'homme

- ❖ Etudes limitées
- ❖ Coraux exposés à des microbilles de PS colonisées par *E. coli* fluorescentes → infection mortalité, propagation



- ❖ Manque études in vitro sur cellules humaines et données expérimentales dose-réponse, mécanismes, vitesses de détachement

Effet sur l'antibiorésistance : enrichissement

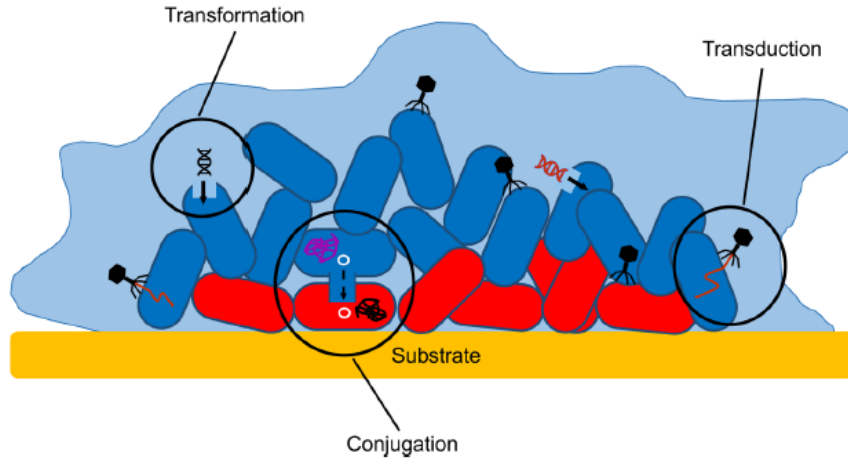


Microplastics versus-	SMDs	95% confidence intervals (CIs)
Non-microplastics	0.19	-0.02, 0.41

- ❖ Plastisphère :
- Enrichissement en ARGs + important
 - Sélection d'ARGs spécifiques

Effet sur l'antibiorésistance : mécanismes

- ❖ **Transferts horizontaux de gènes (HGT)** : conditions favorables du biofilm pour enrichissement et échanges ARGs



- ❖ **Sélection environnementale (biofilm et MP)** → expansion clonale (enrichissement local de bactéries résistantes)

Effet sur l'antibiorésistance : potentialisation

- ❖ Adsorption de polluants : ATB, métaux, biocides, médicaments non antibiotiques
- ❖ [C] sub-inhibitrices en ATB
- ❖ Potentialisation de la sélection environnementale :
 - Co-sélection
 - Exposition différents stress environnementaux → Transfert horizontal de gènes
 - Métaux et biocides : activité antibiotique



MPs + biofilm + ATB adsorbés : micro-environnement idéal pour la sélection d'ARGs et ARBs

Les nanoplastiques, frontière actuelle de la recherche

- ❖ Internalisation des NPs par les bactéries → bactéries transporteuses de NPs
 - Modification métabolisme de la bactérie
 - Diminution de la virulence de la bactérie (down-régulation de gènes de virulence)
 - Diminution quantité bactérienne chez l'hôte
- ❖ Mais : altération SI hôte, provoque stress oxydatif
- ➔ Impact global négatif, du fait du **transport de ces NPs dans le corps humaine par les bactéries**
- ❖ Internalisation ➔ **HGT ?**

Take-home messages

1. Matrice pour formation de biofilm

6. Interactions MPs/bactéries dépendent des propriétés du plastique et de l'environnement

5. Enrichissement et transmission des ARGs (HGT)

4. Transport sur de longues distances



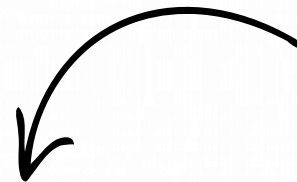
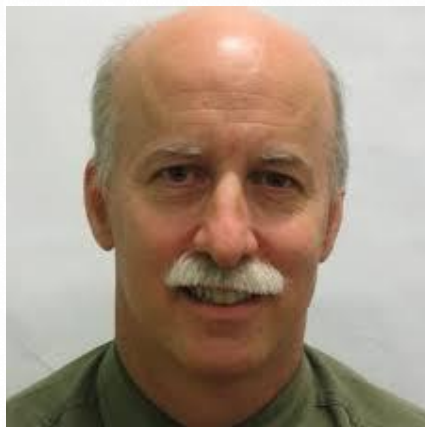
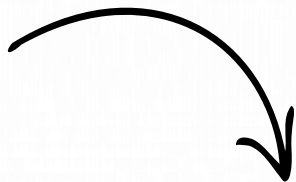
2. Sélection de bactéries (plastique, biofilm, autres polluants) : niche écologique sélective

3. Réservoir favorisant la survie la persistance des bactéries (protection //stress environnementaux)

Hotspot pour ARGs + ARBs dans l'environnement → Risque chez l'homme

Merci de votre attention

Timothy
Vogel



Concepcion
Sanchez-Cid

