RENCONTRES DE
Santé publique France
9 NOVEMBRE 2026
BEFFROI DE MONTROUGE

Antibiorésistance et Résidus d'antibiotiques dans l'eau

Didier Hocquet

Cette intervention est faite en toute indépendance vis-à-vis de l'organisateur de la manifestation.
Je n'ai pas de conflit d'intérêts en lien avec le sujet traité

Directive (UE) 2024/3019 relative au traitement des eaux résiduaires urbaines

- Art. 1 : […] la protection de l'environnement et de la santé humaine doit être conduite conformément à l'approche « Une seule santé »

- Art. 17 : Pour les agglomérations > 100 000 EH […] la résistance aux antimicrobiens doit être surveillée dans les eaux résiduaires urbaines

Pourquoi mesurer l'antibiorésistance dans l'eau ?

- Evaluer le **risque d'exposition** des populations
- Identifier les **hotspots** d'AMR (efficacité des STEU, rejets environnementaux)
- **Epidémiologie** de l'AMR des populations humaines
- Comprendre l'AMR (**recherche**)

Comment mesurer l'antibiorésistance dans les eaux usées ?

- Quels marqueurs ?
- Quelles méthodes ?
- Quelle fréquence ?
- Où prélever ?

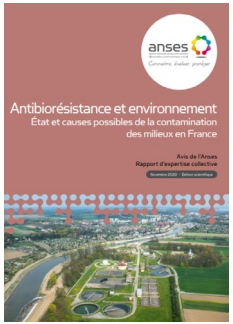
- Des centaines de gènes de résistance
  - $bla_{\text{CTX-M-15}}$, $bla_{\text{OXA-48}}$, $bla_{\text{NDM-1}}$, *vanA* d'intérêt clinique
- Quelles méthodes ?
  - qPCR
  - Métagénomique 16S
  - Métagénomique shotgun

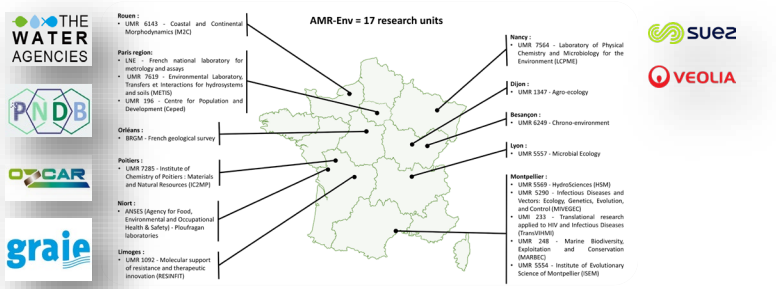
Méthode commune (Europe et +)
Coût efficace

- Quelle fréquence ?
- Où prélever ?

Expertise AMR et environnement en France

- Rapport **Anses** 2020 'Antibiorésistance et environnement'
- Méta-réseau **PROMISE Inserm**
  - Méta-réseau One Health de lutte contre l'antibiorésistance en France
  - Réseau **AMR-Env**
- Membre du groupe **EIONET (EEA)**







European Environment Agency
European Topic Centre
Biodiversity and ecosystems

EIONET

PROMISE
Professional community network on antimicrobial resistance

AMR-Env

Surveillance de la pollution antibiotique en France

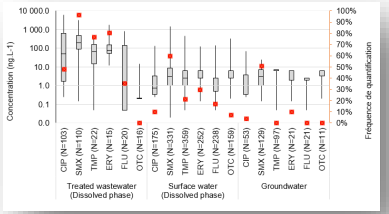
- France (2022)
  - Sulfamethoxazole
  - Ofloxacine
  - Sulfamethazine

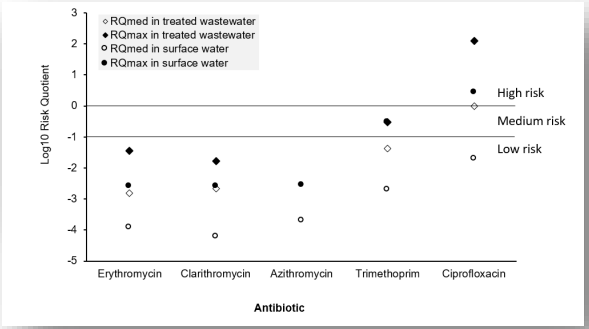
- Watch list européenne (2013, 2018, 2020)
  - Érythromycine
  - Clarithromycine
  - Azithromycine
  - Amoxicilline
  - Ciprofloxacine
  - Sulfaméthoxazole
  - Tétracycline
  - Oxytétracycline

Publications, rapports, base de données de programmes de surveillance (PIREN – Seine, SOKARST, SIPIBEL, NAIADES…)



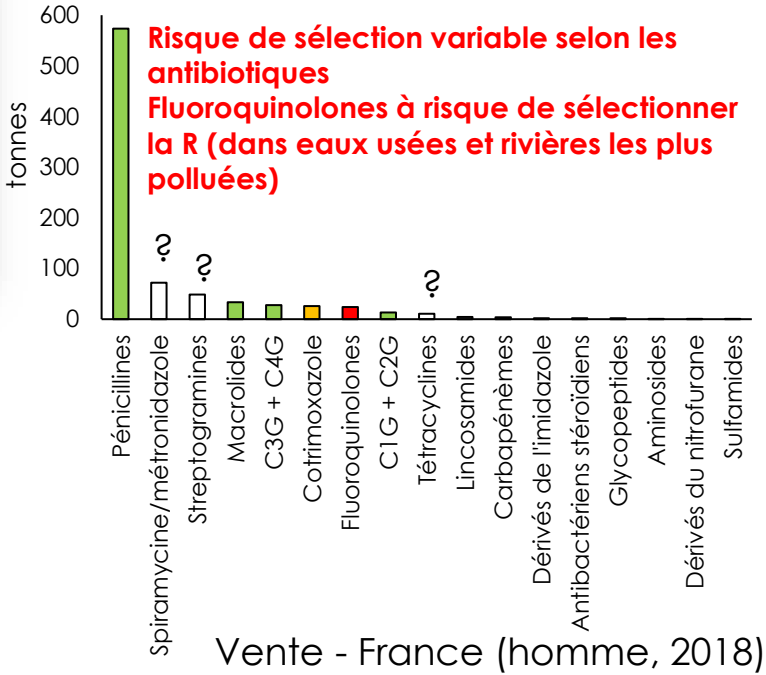
En France : Quels antibiotiques sont à risque de sélectionner la résistance dans l'environnement?





Quotients de risque (RQs) dans l'environnement aquatique en France (Eaux usées traitées et eaux de surface)

Quotients de risque (max ou median)
Conc. mesurées dans l'eau (max. ou méd.)
PNEC^{R}



Vente - France (homme, 2018)

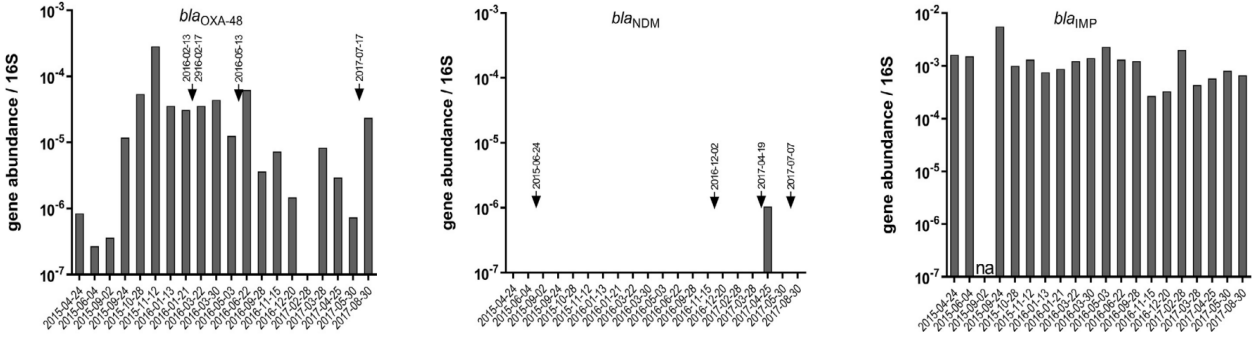
Haenni *et al.* Environ Int 2022
Hayes *et al.* Environ Int 2022

Surveillance des eaux usées pour l'épidémiologie de l'AMR (1)



C.-F. Flach [...] J. Larsson

- Suède, hôpital univ. Göteborg (1950 lits), 2015-2017
- 20 prélèvements sur 24h
- qPCR carbapénémases (eaux usées), isolement CPE (eaux usées et patients)



Pas de corrélation qPCR eaux usées / culture chez patients

Surveillance des eaux usées pour l'épidémiologie de l'AMR (2)

- Royal Preston Hospital, UK (White *et al.* JHI 2016)
  - 16 prélèvements eaux usées → culture sur gélose sélective des bactéries productrices de carbapénèmases
  - Tous + : 6 NDM, 11 GES-5
  - **Aucun patient détecté NDM/GES sur la même période**

Flore propre du réseau d'eaux usées

- Seulement 15 % des amplicons des eaux usées proviennent de selles humaines (Newton *et al.* mBio 2015)

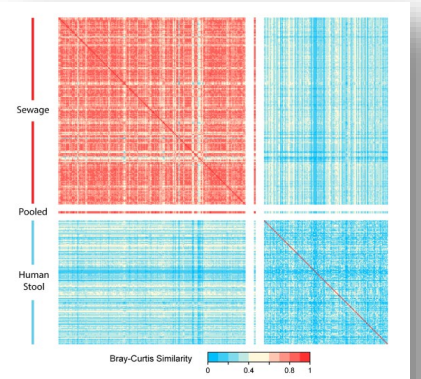
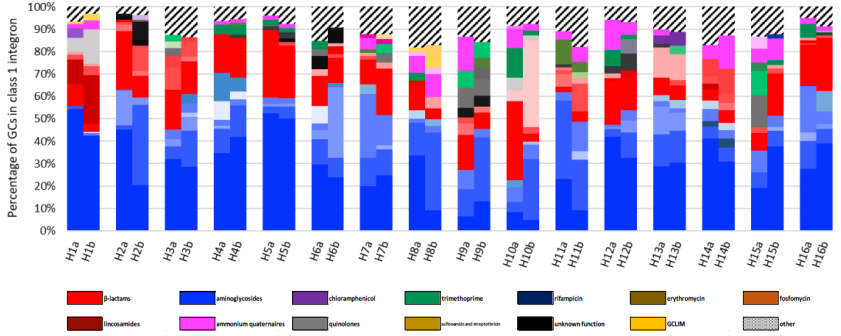


FIG 3 Heat map comparing the human fecal oligotype compositions (Bray-Curtis similarity) among samples for the sewage and human stool data sets. Comparisons for the pooled human stool data set versus all individual samples (labeled as "pooled" on the plot) are shown in the space between the sewage and human stool samples.

Stabilité du resistome des eaux usées

L. Laval, O. Barraud (Univ. Limoges, ms en préparation)

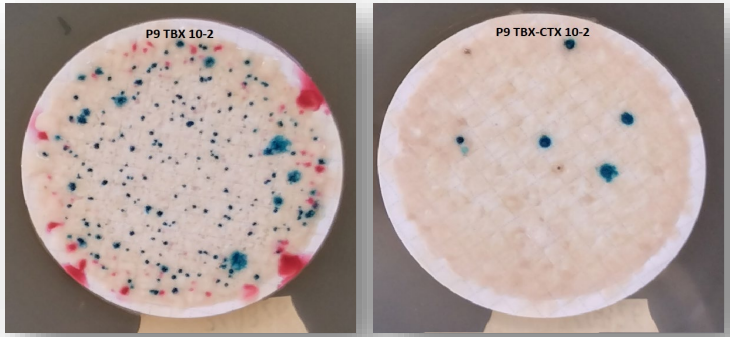
- Prélèvements ponctuels
- WGS-based cassetomics
- 5 CHU, 16 CH, 5 SSR/rehab., 5 cliniques, 2 Ehpad, 1 thermes
- Printemps 2019 (a), automne 2020 (b)



Abondance relative des 10 cassettes génétiques dominantes des intégrons de classe 1 dans les 34 établissements de santé

Quels marqueurs de résistance ? (1)

World Health Organization



- Méthode par culture
- *Escherichia coli* totaux
- *Escherichia coli* BLSE

- *Protocole validé, mondialisé, coût-efficace, permet épidémiologie*

European Environment Agency
European Topic Centre
Biodiversity and ecosystems

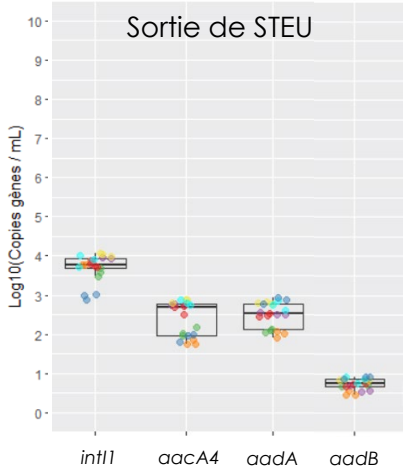
EIONET

Quels marqueurs de résistance ? (2)

- 16S rDNA
- *intI1*
- *aacA4*
- *aadB*
- *aadA*

European Environment Agency
European Topic Centre
Biodiversity and ecosystems

- 16S rDNA
- *intI1*
- *aadA1*
- *ermB*
- **bla_{CTX-M1}**
- ***vanA***



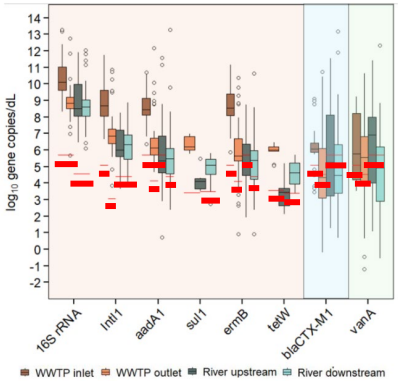


Figure 5. Concentrations of gene targets in samples from all WG members collected at WWTP and river sampling locations.

Déconnexion entre intérêt clinique et performance des marqueurs

Normalisation des méthodes

- Groupe de travail T90 (analyses de l'eau et microbiologie de l'environnement)
- Norme expérimentale XP T 90-303 (2027)
- Détection et quantification de gènes marqueurs de résistance aux antibiotiques par réaction de polymérisation en chaîne (PCR) temps réel ou digitale
- Articulation en cours avec **norme européenne ISO**

Conclusions

- Evaluer le **risque d'exposition** des populations

→ **Surveillance des eaux de baignade**
E. coli, entérocoques

- Identifier les **hotspots** d'AMR
(efficacité des STEU, rejets environnementaux)

→ **Gènes marqueurs + antibiotiques**
qPCR sur 5-6 gènes (entrée, sortie de STEU, eaux de surface, 2 fois/an)
Watch list européenne

- **Epidémiologie** de l'AMR des pop. humaines

→ ***E. coli* totaux et *E. coli* BLSE**
Méthode par culture (OMS Tricycle)

- Comprendre l'AMR (**recherche**)

→ **Métagénomique 16S, shotgun…**

RENCONTRES DE
Santé publique France
9 NOVEMBRE 2026
BEFFROI DE MONTROUGE

Merci pour votre attention

UNIVERSITÉ MARIE & LOUIS PASTEUR

CHRONO ENVIRONNEMENT

CHU BESANÇON FRANCHE-COMTÉ

PROMISE
Professional community network on antimicrobial resistance

AMR-Env