La filière d'assainissement quel rôle dans la lutte contre l'antibiorésistance ?

Journée une seule santé : les microbes et l'antibiorésistance en partage -15 juin 2022

Académie d'agriculture de France, Paris 7e

Charlotte ARNAL, Ph.D Virologie
Experte en microbiologie environnementale, Veolia

Direction du Soutien aux Métiers et Performance
Département des Expertises Scientifiques et Technologiques

Sommaire

01

ORIGINES ET IMPACT DE L'ANTIBIORÉSISTANCE
(Origines, Sources, Impacts)

02

RÔLE DES STATIONS D'ÉPURATION ET OBLIGATIONS
(Rôle, Responsabilités, Assainissement et santé publique)

03

COMMENT L'AMR PERSISTE ET SE PROPAGE
(Facteurs clés, Impact des résidus pharmaceutiques)

04

PERFORMANCES DES TRAITEMENTS
(Méthodes de surveillance, Eaux, Boues, Épandage)

05

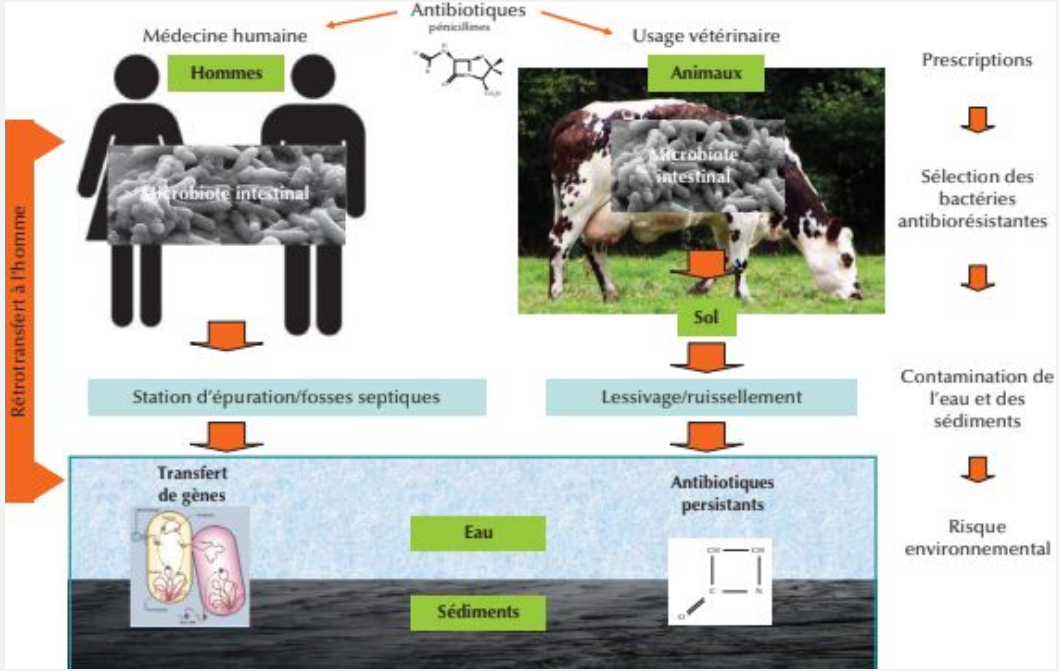
SOLUTIONS & AXES DE RECHERCHE

01-Origines et impacts de l'antibiorésistance

- *Origines et causes*
- *Sources d'émissions*
- *Impact sanitaire et environnemental*

Origine et causes de l'antibiorésistance

Sélection dans le microbiote intestinal, rejet dans les eaux



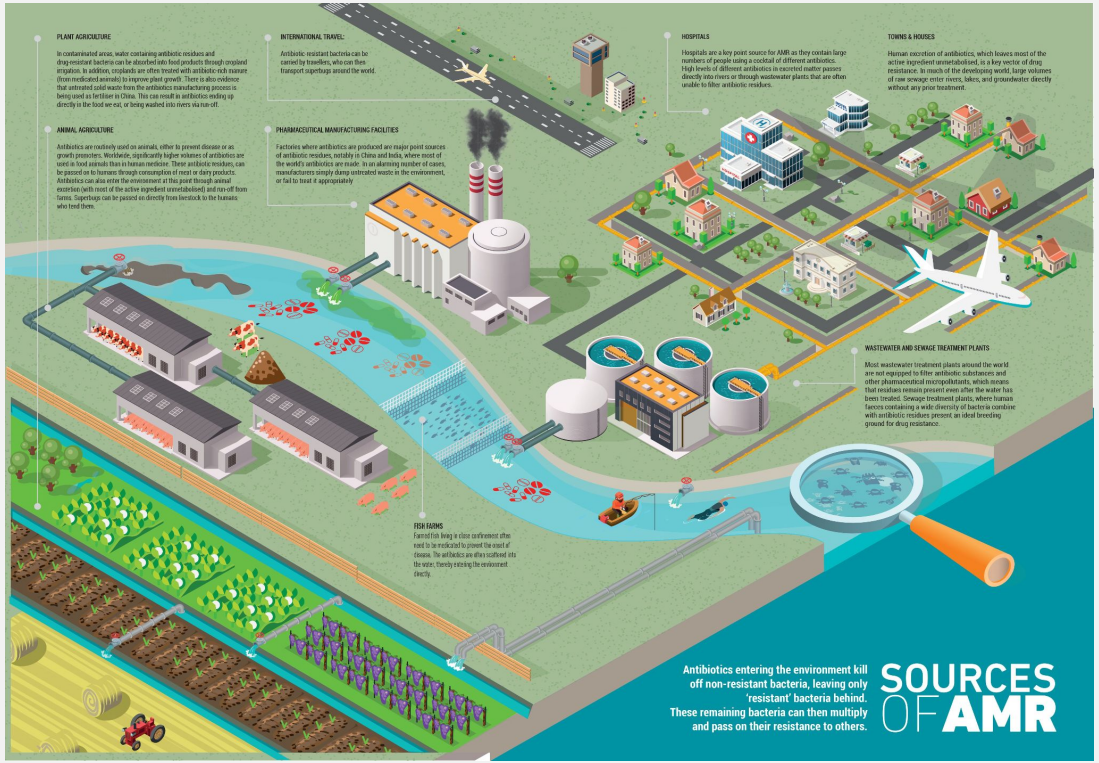
Sources : Petit et al 2017

Causes de l'antibiorésistance :

- Des bactéries qui mutent et développent des mécanismes de défense en réponse à la présence de médicaments (ATB) => bactéries résistantes (BRA), gènes de résistance (GRA)
- Des substances pharmaceutiques mal éliminées (40 à 90%) et / ou transformées par l'organisme et donc rejetées dans les **eaux usées** via les **fèces/ urine** et par des **eaux de ruissellement** (*Cheng et al 2018*)
- Une contamination avérée des milieux à cause de l'urbanisation et des pratiques agricoles
- Manque de connaissance sur le devenir de ces **polluants émergents** dans les milieux (eau, sol) => exposition humaine /animale ?

Sources d'émission de l'antibiorésistance (AMR)

Station d'épuration = organe de traitement et transfert



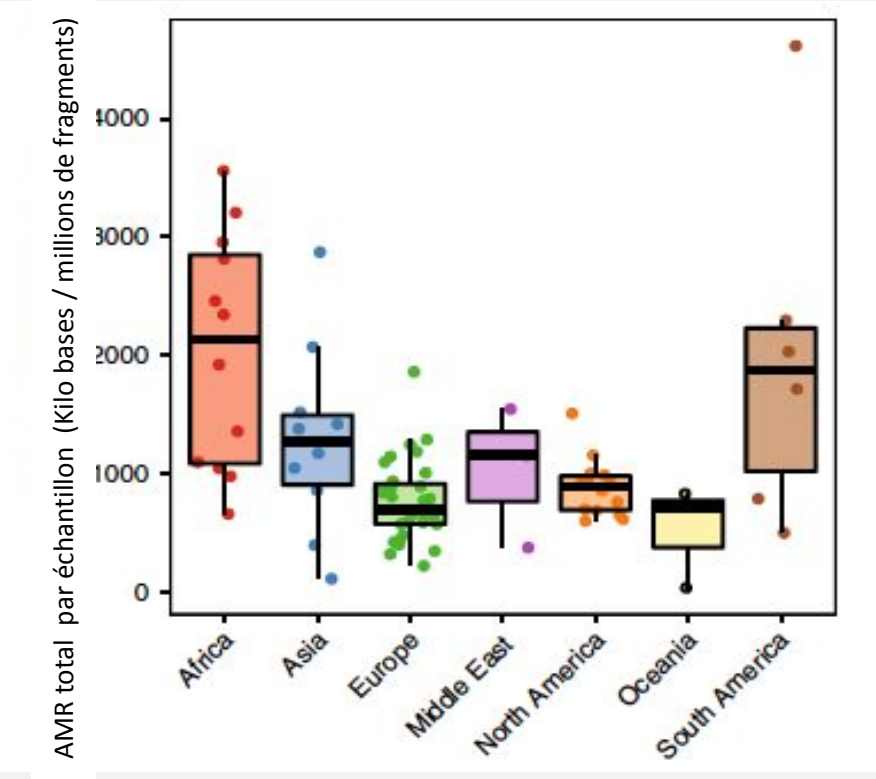
Station de traitements des eaux usées (STEU)

- Collecte des eaux urbaines (domestiques, hospitalières,..) :
  - grande variété de polluants d'origines diverses arrivant sur la STEU
  - présence de micropolluants (ATB), bactéries résistantes (BRA) & gènes de résistance (GRA).
- Charge polluante = reflet des activités et usages locaux *(Wall et al 2016)*
- STEU = point critique de l'antibiorésistance *(Rizzo et al 2013, Zielinski et al 2021)*

Sources : FAO 2016, Paulus et al 2019 (Hollande), Pazda et al 2019 (Pologne), Alexander et al 2020 (Allemagne), Biswal et al 2014 (Canada)

AMR problème environnemental & santé d'envergure mondiale

Accès à l'eau et assainissement : facteur clé pour réduire la propagation



Une problématique de santé mondiale

=> programme conjoint OMS,OIE,FAO

- Lien entre AMR et manque d'accès à l'eau et à l'assainissement
- L'accès à l'eau et à l'assainissement = facteur clé pour réduire la propagation de l'AMR
- Plan d'action européen, des actions à mener par les acteurs de l'eau :
  - Mieux prendre en compte le rôle de l'environnement
  - Développer des outils de surveillance de l'environnement
  - Évaluer et améliorer les technologies de traitement des eaux afin de réduire les rejets

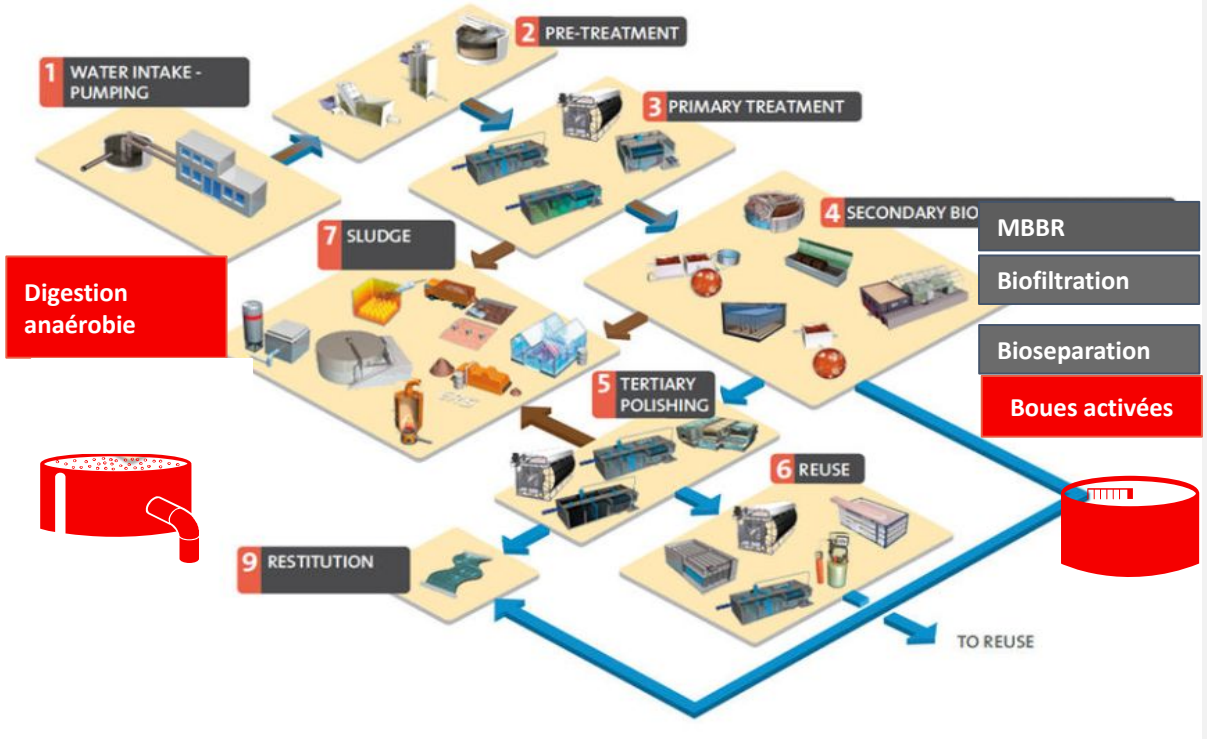
Sources : Hendriksen et. al. 2019; UNEP 2022 , OMS, FAO, OIE 2020; One health action plan 2021 United Nations Environment Programme 2022.

02-Rôle des stations d’épuration et obligations

- *Fonctionnement d’une station d’épuration*
- *Assainissement et santé publique*
- *Responsabilités et obligations*

Zoom sur le fonctionnement d'une station de traitement

Quels sont les points critiques vs l'antibiorésistance?



Comment fonctionne une STEU ?

- Traitement biologique = technologie courante en station de traitement des eaux usées urbaines (boues activées > 80 %)
- Élimination MES, DBO_5, DCO, (N,P)
- Pas de surveillance spécifique de l'antibiorésistance
- Points critiques= traitement boues activées + digestion anaérobie (*Rizzo et al 2013*)

Sources : FAO 2016, Paulus et al 2019 (Hollande), Pazda et al 2019 (Pologne), Alexander et al 2020 (Allemagne), Biswal et al 2014 (Canada)

Réglementation sur l'assainissement (EUT)

Absence de critères spécifiques AMR pour les rejets

Paramètre	Charge brute de pollution organique reçue par la station		Concentration maximale à respecter	OU	Rendement minimum à atteindre	ET	Concentration rédhibitoire
FILE EAU : CAS GÉNÉRAL							
DBO_5	< 120 kg/J DBO_5	< 2 000 EH	35 mg (O_2)/l		60 %		70 mg (O_2)/l
	≥ 120 kg/J DBO_5	≥ 2 000 EH	25 mg (O_2)/l		80 %		50 mg (O_2)/l
DCO	< 120 kg/J DBO_5	< 2 000 EH	200 mg (O_2)/l		60 %		400 mg (O_2)/l
	≥ 120 kg/J DBO_5	≥ 2 000 EH	125 mg (O_2)/l		75 %		250 mg (O_2)/l
MES	< 120 kg/J DBO_5	< 2 000 EH	/		50 %		85 mg/l
	≥ 120 kg/J DBO_5	≥ 2 000 EH	35 mg/l		90 %		85 mg/l
FILE EAU : EN ZONES SENSIBLES À L'AZOTE ET AU PHOSPHORE							
NGL	> 600 et ≤ 6 000 Kg/JDBO_5	> 10 000 EH et ≤100 000 EH	15 mg/l		70 %		-
	> 6 000 kg/JDBO_5	> 100 000 EH	10 mg/l		70 %		-
Ptot	> 600 et ≤ 6 000 Kg/JDBO_5	> 10 000 EH et ≤ 100 000 EH	2 mg/l		80 %		-
	> 6 000 kg/JDBO_5	> 100 000 EH	1 mg/l		80 %		-

- Règles pour préserver les milieux (Dir 91/271/CEE)
- Exigence sur **qualité physico chimique** des rejets d'assainissement et **rendements épuratoires** (surveillance conformité rejet / milieu)

- Des **critères microbiologiques** (*E.coli, Entérocoques*) peuvent être exigés si rejet en **zone à usage sensible** (seuils via **arrêtés préfectoraux de rejet STEU**)
- Pas de surveillance spécifique sur **l'antibiorésistance** ni les **micropolluants** pour les EU (à l'exception de ceux figurant dans le RSDE, DCE)
- Recherche de polluants métalliques, organiques et indicateurs microbiologiques dans les boues traitées avant valorisation agricole (arrêté 8 janvier 1998 ; autres critères microbiologiques pour les composts de boues NFU 44-095)

Assainissement & santé publique

AMR un nouveau défi à relever pour l'assainissement ?

Vth - XIXth

L'âge sombre sanitaire : Le choléra et la peste se déclarent, tuant 25 % de la population européenne **médiévale.**

1848

Le premier **réseau d'égouts** mis en place à Hambourg : le début de **l'âge des Lumières sanitaires**

1870-1914

Développement des **procédés de traitement de base** : décantation primaire, filtres biologiques

Le 14 décembre 1853, la Compagnie Générale des Eaux (CGE) est créée par décret impérial (Veolia).

1914-1965

L'ère du développement du procédé biologique par **boues activées**

1965-2000

Affinement du processus vers des normes dictées par la protection de l'environnement

2000…

Les STEU du futur : de la station d'épuration au **fournisseur de services (système) (énergie, réutilisation, engrais)**

2001

Conception du WBE : Idée de Daughton (2001) et premières études WBE sur des produits chimiques et virus

2016-2022

AMR reconnu comme une nouvelle menace (OMS) : Plan d'action EU, Saisine ANSES 2020 UNEP 2022 , Programme FAO, OIE, OMS 2020

Eaux usées Sentinelle de la santé publique marqueurs antibiorésistance

03- Comment l'AMR persiste et se propage dans une STEU ?

o Persistance et propagation de l'AMR en STEU (Facteurs)
o Niveau de contamination des eaux par des résidus pharmaceutiques
o Relation entre polluant chimique et AMR

Comment l'AMR persiste et se propage dans la STEU

Quels sont les facteurs qui contribuent à l'AMR ?

Charge polluante

Présence d'agents sélectifs

- o Concentration (≙ conc min sélective)
- o Biocides, métaux, détergents…
- o Biodisponibilité
- o Exposition continue

Fonctionnement et conditions

Conditions favorables à la croissance et survie

- o O_2
- o T°C
- o Age de boue
- o pH, DCO …
- o Séquences de traitement

+

Gènes de résistance

Transfert horizontal de gènes

- o Gènes de résistance
- o Bactériophages
- o Éléments génétiquement mobiles

Abondance et diversité microbienne

Persistance & croissance

- o Bactéries pathogènes
- o Densité élevée
- o Croissance/ activité cellulaire
- o Biodiversité
- o Interactions

Sources : Bengtsson-Palme et al 2018, Uluseker et al 2021, Haenni et al. 2021

Source : Sludge Management- Veolia Library

GLOBAL MONITORING OF PHARMACEUTICALS PROJECT

258 RIVIÈRES, 104 PAYS
STEU = principal émetteur
631 substances pharmaceutiques ou produits de transformation détectés (>LOD)
Divers groupes thérapeutiques

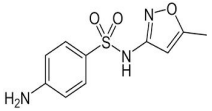
Des résidus pharmaceutiques dans les rivières

Antibiotiques persistants qui favorisent l'AMR

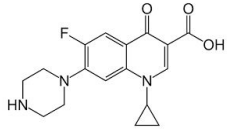
Islande
Seul pays où aucun produit pharmaceutique n'a été détecté

Hong Kong
34 produits pharmaceutiques détectés dans la rivière Kai Tak

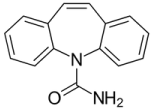
Bolivie
Concentration la plus élevée : 227 µg/L de paracétamol



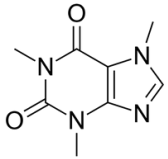
Sulfamethoxazole
antibiotique large spectre



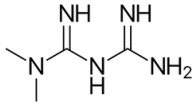
Ciprofloxacine
antibiotique



Carbamazepine
(antiépileptique)
Le plus souvent détecté



Caféine
(mode de vie)
Détecté sur les 7 continents



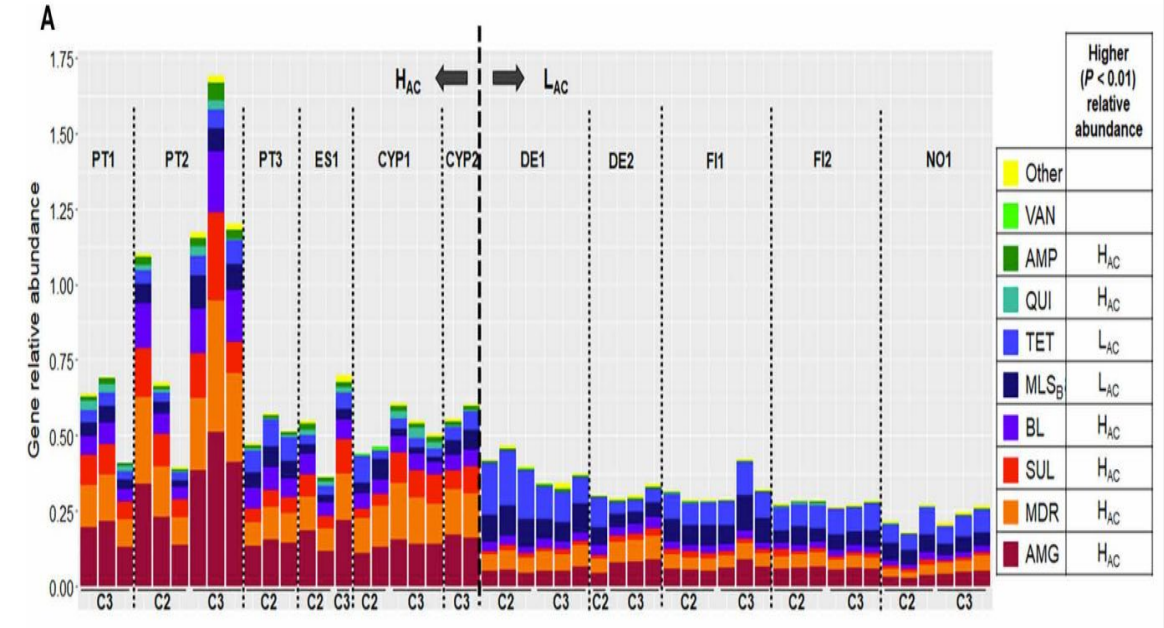
Metformin
(antdiabétique)
Détectée dans 50 % des sites

La pollution pharmaceutique constitue une menace mondiale pour la santé environnementale et humaine, ainsi que pour la réalisation des objectifs de développement durable des Nations Unies

Sources : Wilkinson et al 2022, Aus der Beek et al 2018

Relation entre les polluants chimiques et l'antibiorésistance

Impact de la consommation de médicaments sur l'apparition d'AMR



HAC : Pays à forte consommation d'antibiotiques (Portugal, Chypre, Espagne, Irlande)
LAC : Pays à faible consommation d'antibiotiques (Allemagne, Norvège, Finlande)

Aperçu des gènes de resistance retrouvés dans les bactéries des effluents d'eaux usées en Europe (12 STEU urbaines).

- Lien entre une **consommation élevée d'antibiotiques** et l'abondance des gènes et leur diversité

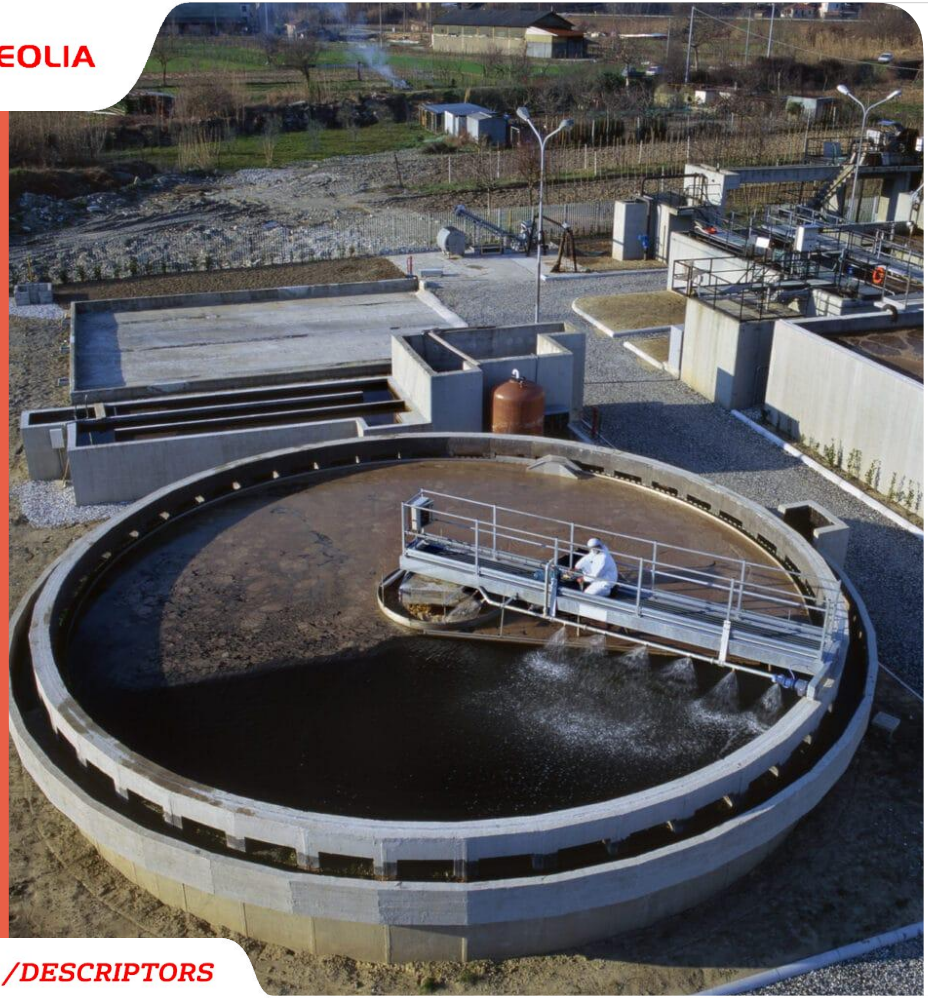
  => Réduire les antibiotiques à la source

- Lien entre une **température** plus **élevée**, la **taille de la station d'épuration , la présence d'hôpitaux** et l'apparition de l'antibiorésistance (non illustré directement).

Source : *Parnamen et al 2019*, StAR***E***-Stopping antibiotic evolution project

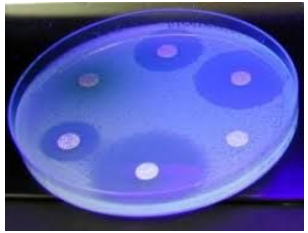
04-Quelle efficacité des traitements ?

- o Méthodes de surveillance
- o Filière traitement eau usées conventionnelles
- o Procédés de traitements unitaires des eaux
- o Dynamique d'évolution des gènes de résistance
- o Traitement des boues
- o Valorisation agricole des boues



Comment détecter l'antibiorésistance dans l'environnement?

Des méthodes R&D, pas encore standardisées

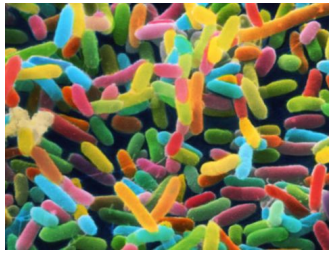


Méthodes par culture
(Identification et numération des bactéries résistante aux antibiotiques, BRA)

Évaluation de la capacité des bactéries à se développer sur un milieu de culture en présence d'un ou de plusieurs antibiotiques (BRA).
=>Abondance relative des bactéries résistantes

Méthodes par biologie moléculaire
PCR conventionnelle ou **haut débit**
(quantification des gènes de résistance, GRA, **Résistome**)

Détection et quantification des gènes spécifiques responsables de la résistance aux antibiotiques
=> Abondance / Expression des différents gènes ciblés (UG/ g ou UG/ biomasse microbienne ARN 16S)

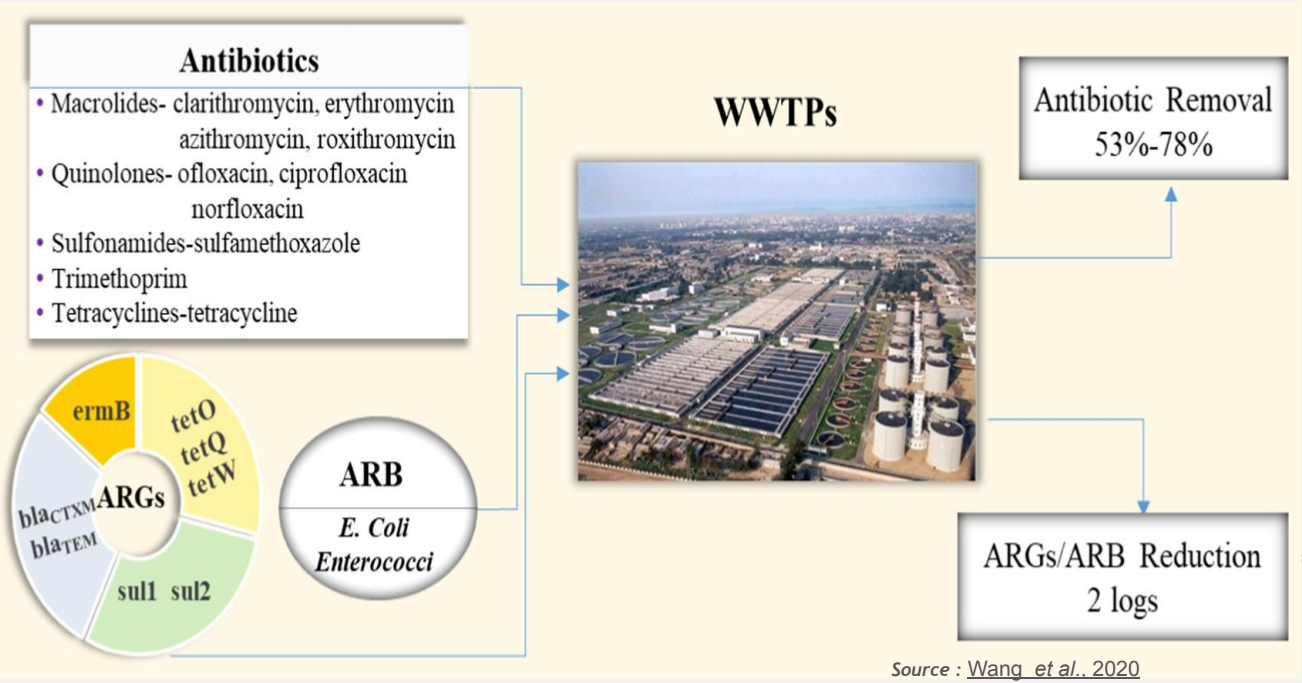


Méthodes par biologie moléculaire
/ Séquençage haut débit
(Identification des communauté microbiennes résistantes proportions,**Métagénomique**)

Détection de toutes les bactéries résistantes (GRA) dans une population.
=> description du résistome

Traitement conventionnel des eaux usées urbaines

Élimination partielle des déterminants AMR dans la file eau



Source : Wang *et al.*, 2020

Efficacité traitement conventionnel (filière eau)

- Traitement biologique : 2 logs de la charge bactérienne (y compris les bactéries AMR) et > 50 % des antibiotiques.
- > 70 gènes testés : la plupart trouvés à l'entrée de STEU, moins de la moitié à la sortie.

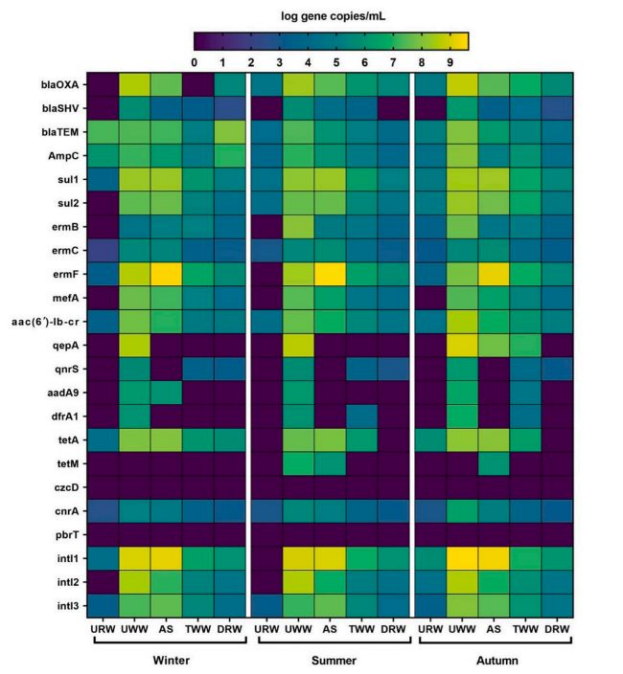
=> STEU toujours considérées comme émettrices

Autres sources : Alexander et al 2020 et Cacace et al 2019 (Allemagne), Goulas et al 2020 (France), Pazda et al 2019 (Pologne), Pallares-Vega et al 2019 et Blaak et al 2021 (Pays-Bas), Ferreira et al 2022 (Portugal).

Dynamiques d'évolution des GRA pendant l'épuration

Un réservoir de gènes irréductibles, quel risque associé?

Exemple de cartographie des gènes



Source : Zielinski et al 2021

Beaucoup de gènes éliminés, mais certains irréductibles voir néoformés

- Quantitatif :
  - Une diminution significative du nombre de gènes après traitement
  - Absence de valeur seuil d'interprétation
- Qualitatif :
  - Certains gènes persistent (non éliminés)
  - D'autres peuvent apparaître (sélection de nouveaux gènes de résistance)

=> Des travaux de R&D complémentaires nécessaires

Technologies tertiaires de traitement des eaux usées

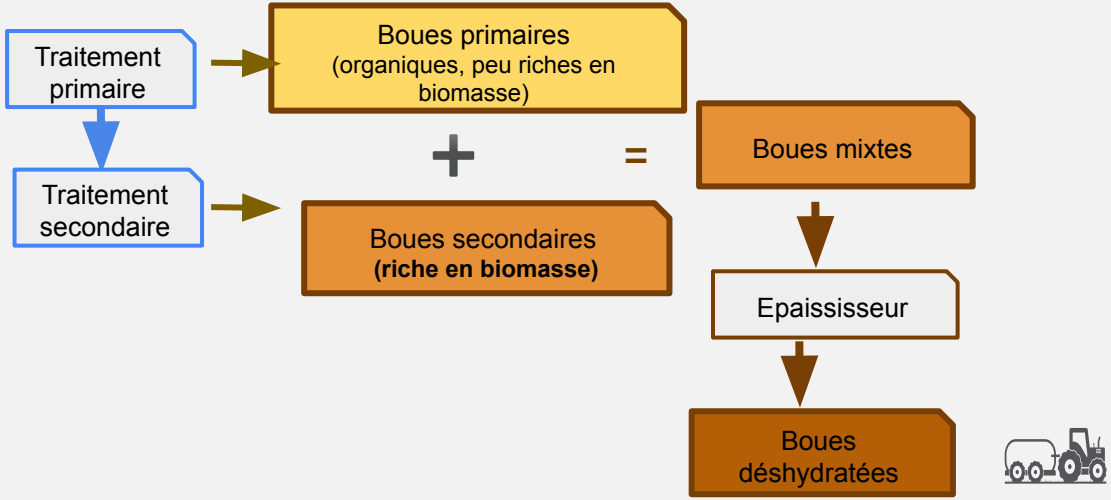
Un arsenal de technologies efficaces à combiner

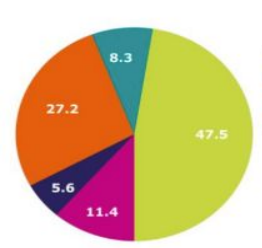
Procédés spécifiques	Résidus pharmaceutiques	Gènes de résistance	Bactéries résistantes	Forces	Faiblesses
Adsorption sur charbon actif	60-90 %(pharmaceutiques, vétérinaire, cosmétique) 80-90 % (Pesticides)			Facilité de mise en oeuvre Adaptable Compact Peu énergivore	Résidus de traitement à traiter Fréquence de renouvellement parfois important (OPEX)
Oxydation avancée (O_3,UV, H_2O_2)	80-100 % (pharmaceutiques, vétérinaire, cosmétique) 60-90 % (Pesticides)	UV : 0,8 -1,21 log Ozonation : 1,68 -2,55 log UV/ Fe/ H_2O_2 : 2,5 -3,8 log	≈ 2 log de coliformes fécaux L'O_3 pourrait favoriser la libération des gènes de résistance (proportion de bactéries avec des gènes de résistance supérieures en sortie)	Compact Facilité de mise en oeuvre Propriétés de désinfection	Formation de sous produits de désinfection CAPEX élevé pour ozonation A combiner avec des technologies de filtration pour éliminer les sous produits
Chloration		1,6 -2,3 log	2 log de coliformes fécaux	Propriétés de désinfection	Formation de sous produits de désinfection
Membranes	MBR : 70-95 % (pharmaceutiques)	MBR : 2,5-5 log	UF > 4,2 log	Barrière vs pathogènes efficace sur grand panel de molécule Pas de génération de sous produits	Pas d'information sur efficacité sur les gènes (ADN) CAPEX élevé lié à la membrane

Sources : Uluseker et al 2021, Wang et al 2020, Zhu et al 2021

Boues générés pendant le traitement des eaux

Une accumulation dans les boues brutes





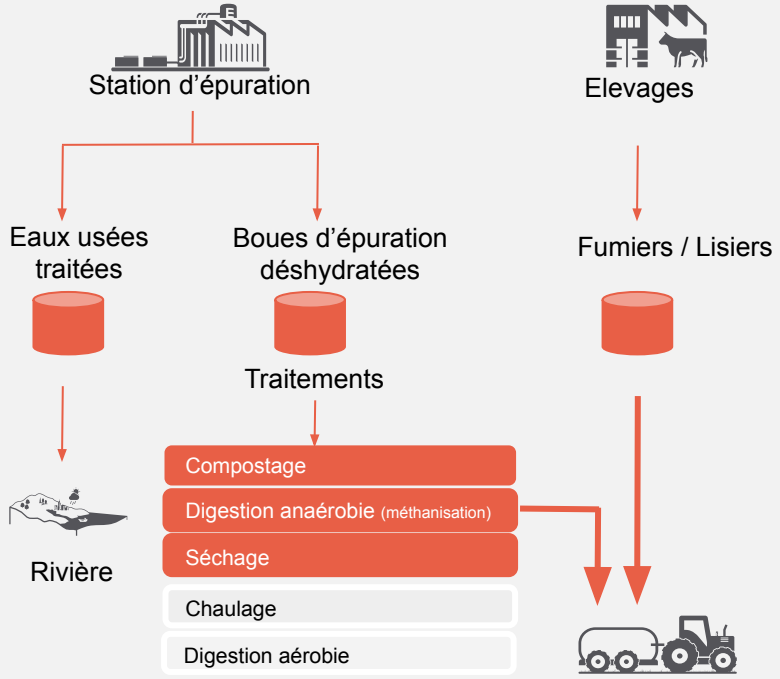
- Agriculture
- Route
- Incinération
- Décharge
- Autres

Boues d'épuration :

- Boues = déchet organique pâteux, compact et fermentescible issues du traitement des EU
- Production ≈ 2 L boues brutes / personne / jour, très liquides 1 à 10 g MS / L
- Europe : 10 Mt de matière sèche par an produite (Eureau 2021, Astee 2020)
- Présence de ressources précieuses valorisables : C (25-35% (DS), N (4-5% MS), P (2-3% MS), O (20-25% MS) résidus (oligo-éléments, métaux,etc).
- Valorisation agronomique prépondérante en Europe (>50%, spécificités nationales)
- Teneurs en bactéries résistantes, gènes de résistance attendues : plus élevées que l'EU (*Uluseker et al 2021*)

Traitements des boues d'épuration

Des traitements efficaces pour réduire les gènes



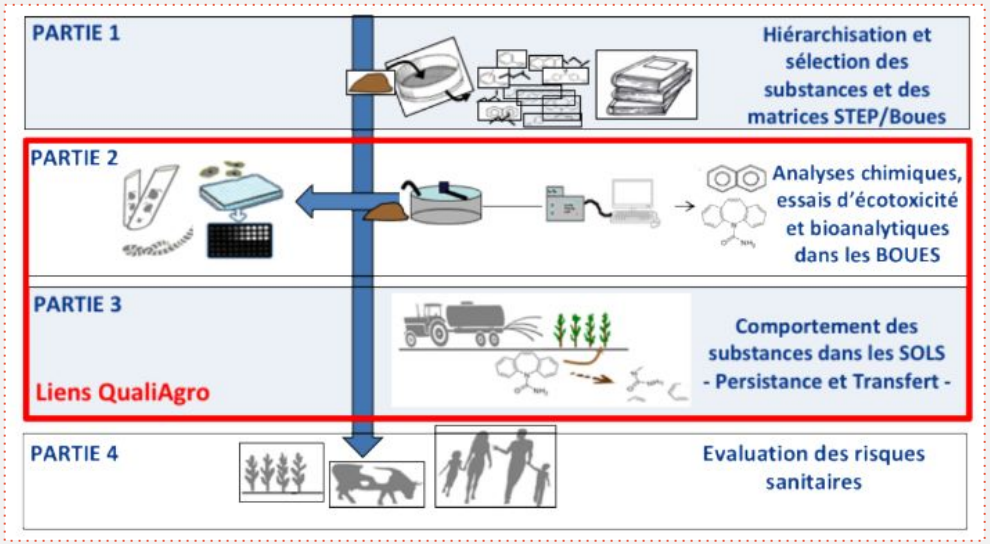
- **Fumiers / lisiers** davantage contaminés que les **boues** (Zhang *et al* 2019, Macedo *et al* 2020, Lima *et al* 2020, *Kampouris et al 2021*)
- Compostage, séchage et digestion anaérobie thermophile performants pour réduire significativement les gènes de résistance dans les boues (*Goulas et al 2020*).
- Epandage: augmente la diversité et l'abondance des gènes de résistance dans les sols.Persistance des gènes variables (jours-mois) selon leur nature.
- Boues traitées: poursuite de l'atténuation des gènes après contact avec les sols : moindre stabilité, pollution transitoire (*Kampouris et al 2021*).

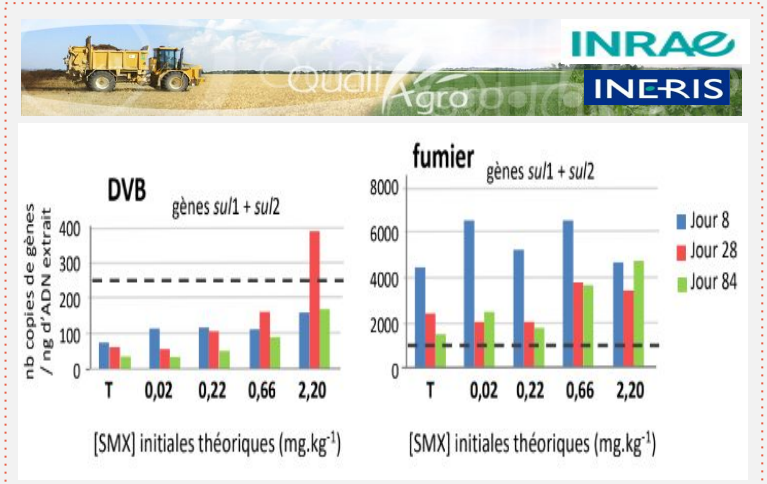
Procédés de traitement des boues	% réduction des gènes (GRA)
Compostage (n=27)	**84 %** (65-93%) selon T°C
Digestion anaérobie (n=28)	**51%** (-2 -77 %) selon T°C
Séchage (n=5)	**98 %**(80-100%)
Digestion aérobie (n=3)	58 % (-403 --93%)

Etude de l’impact de l’épandage sur le fonctionnement des sols

Des gènes abondants .. devenir et impact à étudier

- Programme R&D collaboratif depuis 22 ans (INRAE Grignon -S. Houot) : caractériser la valeur agronomique de composts d'origine urbaine et leurs impacts environnementaux
- Essai au champ et travaux en laboratoire
- Premières données sur l'antibiorésistance : gènes (sut 1,sut2) et éléments mobiles (intégron) abondants dans des composts / fumiers





- Forte abondance de gènes de résistance aux sulfonamides dans les fumiers et composts (présents naturellement dans les sols)
- Augmentation dans le sol après épandage : 0,5 log (boues), 1,5 log (fumier). Puis diminution au cours du temps.
- L’apport de dose croissantes de sulfamethoxazole dans le sol augmente la quantité de gènes et les temps d’exposition longs

=> Poursuivre l'évaluation des impacts (culture, animaux ..)

05- Quelles solutions pour lutter contre l'antibiorésistance?

o Harmonisation des méthodes d'analyse et expression des résultats
o Actions proposées par un opérateur pour lutter contre l'antibiorésistance
o Futurs projets R&D

Des indicateurs communs à intégrer dans les futures études

Harmonisation des méthodes et modalités d'interprétation

Genres bactériens prioritaires (OMS,Anses 2020)

Espèce, groupe ou genre bactérien	ATB ou classe d'ATB concernés par la résistance	Critères de prise en compte				Habitat réservoir principal* (Niche écologique)
		OMS (2017a)			Ajout du GT	
		Priorité 1	Priorité 2	Priorité 3		
Acinetobacter baumannii	Carbapénèmes	■				Animaux et Homme
Pseudomonas aeruginosa	Carbapénèmes	■				Homme, poissons et eaux
Klebsiella pneumoniae	Carbapénèmes, C3G	■				Homme et animaux
Escherichia coli	Carbapénèmes, C3G (indicateur)	■				Homme et animaux
Enterobacter spp.	Carbapénèmes, C3G	■				Homme et animaux
Serratia spp.	Carbapénèmes, C3G	■				Homme et animaux
Proteus spp.	Carbapénèmes, C3G	■				Homme et animaux
Providencia spp.	Carbapénèmes, C3G	■				Homme et animaux
Morganella spp.	Carbapénèmes, C3G	■				Homme et animaux
Enterococcus faecium	Vancomycine		■			Homme et animaux
(*Staphylococcus aureus*)	Méticilline (indicateur)		■			Mammifères et oiseaux
(*Helicobacter pylori*)	Clarithromycine		■			Primates
(*Campylobacter* spp.)	Fluoroquinolones		■			Animaux
Salmonella non typhiques	Fluoroquinolones		■			Animaux
Salmonella non typhiques	C3G (indicateur)				■	Animaux
Salmonella Kentucky	Multi-R (indicateur)				■	Animaux
Shigella spp.	Fluoroquinolones			■		Homme
Aeromonas spp.					■	Eaux douces et animaux associés
Stenotrophomonas maltophilia					■	Sols (dont rhizosphère)
Vibrio spp.					■	Eaux littorale et marine et animaux marins
Flavobacterium spp.					■	Eaux et sols
Clostridium perfringens					■	Homme et animaux Sols et eaux
Clostridioides difficile					■	Homme et animaux
Burkholderia cepacia sensu lato					■	Plantes et sols

Propositions d'indicateurs et modalités d'interprétation (Anses et al 2020)

Indicateur proposé	Méthode de détermination	Résultats et unités	Intérêts	Limites
***E. coli* résistant aux céphalosporines de 3e génération ou *E. coli* BLSE[a]**	Culture sur milieux sélectifs	- Valeur absolue (CFU.L^{-1}) de préférence - Valeur relative par rapport à la concentration d'*E. coli* totaux	- Suivi relativement simple - Indicateurs de vulnérabilité du milieu - Présents dans les sols, eaux, sédiments - Évaluent l'impact anthropique sur l'ABR dans l'environnement - Identifient des hotspots et/ou des périodes à risque de contamination par les BRA d'origine anthropique - Indicateurs utilisés en médecine humaine et vétérinaire	- Ne permettent pas de décrire de nouvelles BRA - Perdent rapidement leur cultivabilité dans l'environnement - Pas de suivi du devenir spatio-temporel à grande échelle
***intI1* ou *sul1*[b]**	qPCR	- Abondance relative (copie de gènes/ADNr 16S) - Nombre de copies.L^{-1} pour les matrices liquides - Nombre de copies.g MS^{-1} pour les matrices solides	- Suivi relativement simple - Informent sur la dynamique de résistance globale - Indicateurs de pression anthropique - Peuvent être couplés avec la recherche de GRA pour apprécier la dynamique de transfert	- N'identifient pas les GRA présents - Méthode non standardisée - Problème possible d'inhibiteurs d'extraction et/ou d'amplification dans certaines matrices environnementales contaminées

Sélection des gènes (Nasreen Hassoun-Kheir 2020)

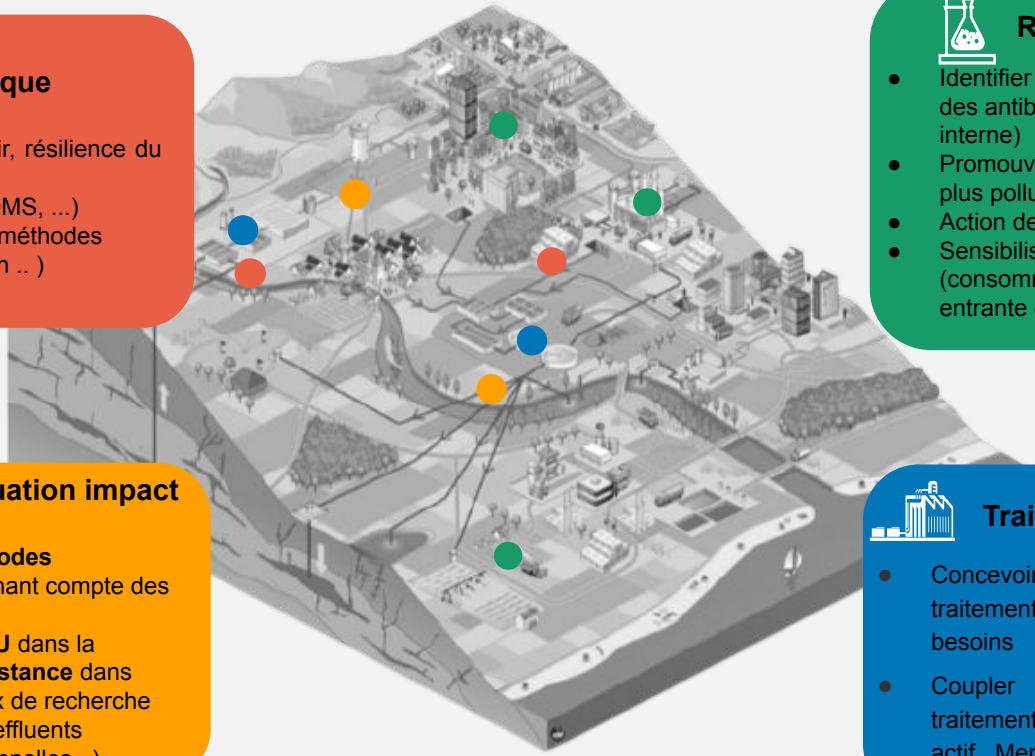
1. *intI1*
2. *sul1 and sul2*
3. *bla-KPC*
4. *bla-OXA*
5. *blaCTX-M*
6. *blaTEM*
7. *blaNDM-1*
8. *blaVIM*
9. *bla-SHV*
10. *qnrS*
11. *aac-(6')-Ib-cr*
12. *vanA*
13. *mecA*
14. *ermB and ermF*
15. *tetM*
16. *aph*

Vision d'un opérateur pour lutter contre l'antibiorésistance

4 typologies d'actions prospectives

Veille Scientifique

- **Etat de l'art** (occurrence, devenir, résilience du milieu, solutions..).
- **Veille institutionnelle** (ANSES, OMS, ...)
- **Travaux harmonisation** des méthodes d'analyses (Promise, LNE, Norman ..)



Réduction à la source

- Identifier des actions de réduction à la source des antibiotiques et biocides (à encourager en interne)
- Promouvoir le traitement des effluents les plus polluants (industries, hôpitaux...)
- Action de protection des ressources
- Sensibilisation aux changements de pratiques (consommateurs) pour limiter la charge entrante dans les STEU

Surveillance et évaluation impact

- Développer et valider des **méthodes analytiques innovantes** en tenant compte des **recommandations externes**
- Mieux **évaluer le rôle des STEU** dans la **dissémination de l'antibiorésistance** dans l'environnement, via des travaux de recherche
- Identifier **les points critiques** (effluents hospitaliers, conditions opérationnelles..).

Traitements adaptés vs besoin

- Concevoir et promouvoir des filières de traitements plus performantes et adaptées aux besoins
- Coupler des procédés et utiliser des traitements tertiaires si nécessaire (Charbon actif, Membranaire, Biologiques..)..

Futurs sujets de recherche AMR et STEU

Comment mieux comprendre... et atténuer le risque?

L'AMR nécessite une collaboration entre experts multidisciplinaires
Certaines briques méthodologiques existent déjà, d'autres doivent être développées

Méthodes de surveillance environnementale	Charge polluante en entrée (polluants émergents)	**Caractériser les efficacités d'élimination (STEU existantes / technologies représentatives) => post traitement ?**	Évaluer l'impact environnemental et sanitaire des activités des STEU
Utilisation rationnelle des antibiotiques, des produits biocides…	**Indicateurs harmonisés (comparaison des résultats)**	Travailler avec des experts scientifiques (process, microbio, chimie, vétérinaire..)	**Modélisation mathématique (épandage, croissance microbienne..)**
Choix d'un traitement avancé (contexte économique et écologique)	Coordination avec les experts de la santé et réglementation pour évaluer les risques et prendre des décisions	**Effet des conditions opérationnelles sur la propagation (pH, T°C, DCO, Âge de boue...)**	Fixer des seuils pour les principales sources ponctuelles (hôpitaux, élevages d'animaux, etc.).

Sources : Uluseker et al 2021, Nayak & Parshionikar et al 2021

Conclusions

Rappel des messages clés

1 RÔLE DES STATIONS D'ÉPURATION

Organe de transfert de l'AMR

Rôle dans la sélection AMR ?

Mission : Éliminer la matière organique, la pollution (C, N, P…)

Non conçues pour éliminer la pollution AMR

2 PERFORMANCES DES TRAITEMENTS

Procédés classiques de traitement des EU: réduction significative de l'AMR (mais reste partielle)

Eau : Combiner les technologie existantes => meilleures efficacités (filtration, UV, ozonation, oxydation avancée)?

Boues : Favoriser les traitements par compostage, séchage et digestion anaérobie thermophile

3 ACTIONS DE RÉDUCTION A LA SOURCE

Inciter à limiter l'utilisation des antibiotiques (+ autres agents sélectifs)

Favoriser si possible les antibiotiques biodégradables

Fixer des seuils pour les sources principales (hôpitaux, agriculture intensive, ...).

4 ACTIONS DE VEILLE & TRAVAUX PROSPECTIFS

Méthodologies : harmonisation surveillance et d'expression des résultats

évaluation des risques AMR à développer (devenir, impact)

Travaux de R&D à mener : Perspective One Health

But : Mieux évaluer le rôle des STEP (facteurs)

Identifier les points critiques

Évaluer la performance des filières ou nouvelles filières (en intégrant de la modélisation).

MERCI POUR VOTRE ATTENTION…