



**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**INRAE**



**ANNECY**

# SOIRÉE SCIENCE & SOCIÉTÉ ANTIBIORÉSISTANCE ET EAU

**9 MARS 2022**



Soutenu par :



En partenariat avec :





## Antibiorésistance et Eau :

**CARACTERISER ET REDUIRE L'IMPACT DE NOS PRATIQUES DE SOIN SUR NOTRE ENVIRONNEMENT .... ET SUR NOTRE SANTE !**

Soirée Science et société  
Mercredi 9 mars | 19h00 - 21h30 | La Turbine

- ➔ Une rencontre entre professionnels de santé et chercheurs dans les domaines de l'eau et de l'environnement, ouverte à toute personne curieuse de découvrir cette thématique.
- ➔ Une rencontre pour faire la passerelle entre santé et environnement, dans une approche de santé unique.
- ➔ Un focus sur l'un des aspects de la lutte contre l'antibiorésistance avec une approche systémique et intégrée : le lien avec l'eau

### 19h00 - Conférence

- ◆ Les enjeux et la problématique du développement de l'antibiorésistance et le lien avec la gestion de l'eau  
Christophe Dagot, Professeur, INSERM & université de Limoges
- ◆ La dissémination des substances pharmaceutiques et biocides dans l'environnement  
Cécile Miège, Directrice de recherche, INRAE Lyon
- ◆ Les impacts sur les communautés microbiennes aquatiques - conséquences sur la dissémination de l'antibiorésistance et des pathogènes  
Stéphane Pesce, Directeur de recherche, INRAE Lyon et Alain Hartmann, Directeur de recherche, INRAE Dijon
- ◆ Les leviers d'action dans les pratiques de soin  
Elodie Brelot, Directrice du Graie

LA TURBINE  
PLACE CHORUS  
ANNECY

Rencontre organisée par

**INRAE**  
la science pour la vie, l'humain, la terre

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES

**laturbine**  
médiathèque, sciences, cinéma

➔ INSCRIPTION  
participation gratuite  
inscription obligatoire

Soutenu par



Projet ANTIBIOTOX  
ANR-17-CE34-0003



En partenariat avec



## 20h00 - Rencontre avec les chercheurs et experts

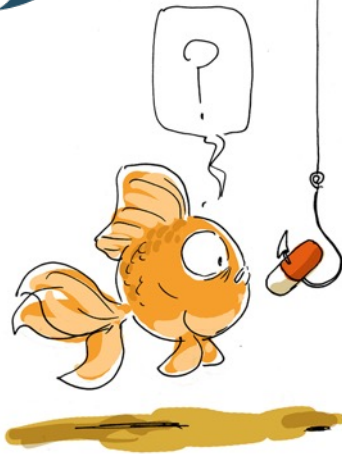
Un temps convivial\*, avec 5 points de rencontre thématiques, où les scientifiques et experts vous accueilleront pour échanger et apporter des précisions, des illustrations sur les connaissances acquises et les leviers d'action communs, entre professionnels de la santé et de la gestion de l'eau

- 1** Comment partager, intégrer, concrétiser et faire vivre une approche One-Health dans les métiers de la santé humaine ?  
Jean-Yves Madec, Docteur vétérinaire, microbiologiste, ANSES Lyon  
Yohann Lacotte, ingénieur de recherche, biologiste, INSERM Limoges  
Elodie Brelot, Dr. Ing. en hydrologie urbaine, directrice du Graie
- 2** Quelles sont les sources et quel devenir des substances pharmaceutiques et biocides dans les milieux aquatiques ?  
Cécile Miège, Directrice de recherche, chimie environnementale, INRAE Lyon  
Jérôme Labanowski, Chargé de recherche, Biogéochimie des milieux aquatiques, CNRS, Université de Poitiers
- 3** Comment les substances pharmaceutiques et biocides impactent les microorganismes dans les milieux aquatiques ? Quels sont les risques pour les écosystèmes ?  
Chloé Bonneau, chercheuse, Ecotoxicologie microbienne aquatique, chercheuse INRAE Lyon  
Stéphane Pesce, Directeur de recherche, Ecotoxicologie microbienne aquatique, INRAE Lyon
- 4** Quelle est la dynamique de l'antibiorésistance et des pathogènes dans les milieux aquatiques et quels sont les risques pour la santé ?  
Christophe Dagot, Professeur, INSERM & université de Limoges  
Alain Hartmann, Directeur de recherche, Microbiologie et ingénierie environnementale, INRAE Dijon



\* avec un buffet apéritif partagé, si les conditions sanitaires le permettent

Inscrivez-vous



# Antibiorésistance

Christophe Dagot  
INSERM Limoges



**Les enjeux et la  
problématique du  
développement de  
l'antibiorésistance  
dans  
l'environnement**

Gestion des eaux

# POMMADE PENICILLINE-SARBACH

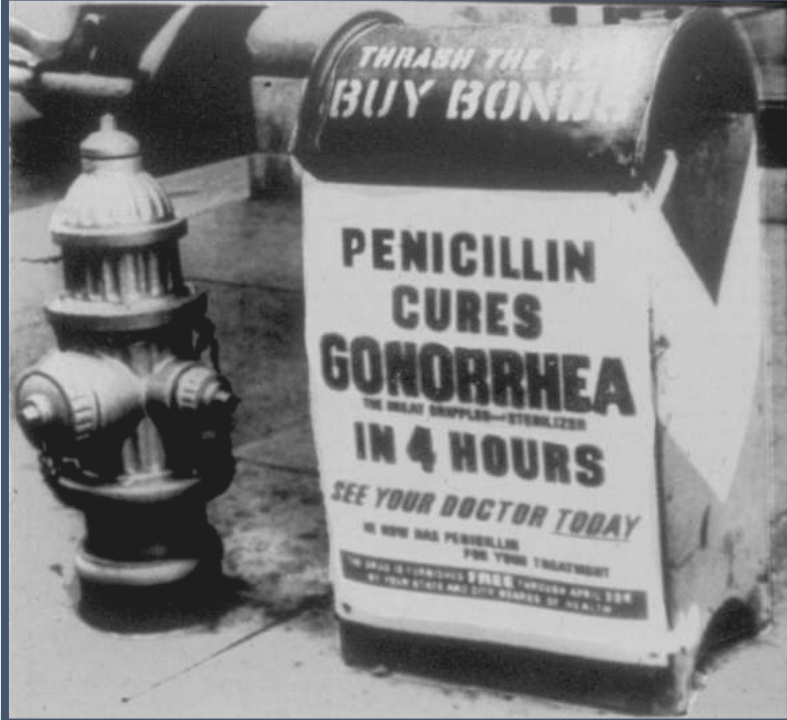
1.000 U.O./gr · 5.000 U.O./gr · 10.000 U.O./gr

ANTIBIOTIQUE



éteint le Mal...

LABORATOIRES SARBACH CHATILLON-SUR-CHALARONNE (AIN)



Thanks to PENICILLIN  
...He Will Come Home!



FROM ORDINARY  
MOLD—  
The Greatest Healing  
Agent of this War!

The war's grim, germ-ridden scenes and the soldiers' agonizing deaths were the impetus for the discovery of penicillin by Dr. Alexander Fleming in 1928. The first penicillin was used in 1941 to treat a wound on a wounded soldier. The war's progress was made possible by the discovery of penicillin. The war's progress was made possible by the discovery of penicillin. The war's progress was made possible by the discovery of penicillin.

When the American people of this war have reached the pages of this paper in a busy book, the grimest moment of World War II may well be the discovery and development of a new antibiotic agent—penicillin. The war's progress was made possible by the discovery of penicillin. The war's progress was made possible by the discovery of penicillin. The war's progress was made possible by the discovery of penicillin.

Schenley Laboratories, Inc.  
Producers of PENICILLIN-Kenney

Les antibiotiques ont transformé la médecine humaine



UN LABORATOIRE DE RECHERCHES A L'USINE SPECIA-RHÔNE-POULENC (Vitry-sur-Seine)

# CAUSES OF ANTIBIOTIC RESISTANCE



Over-prescribing of antibiotics



Patients not taking antibiotics as prescribed



Unnecessary antibiotics used in agriculture



Poor infection control in hospitals and clinics



Poor hygiene and sanitation practices



Lack of rapid laboratory tests



# Antibiotic Resistance

## CAUSES



Over-prescription of Antibiotics



Incomplete Treatment



Over-use of antibiotics in livestock



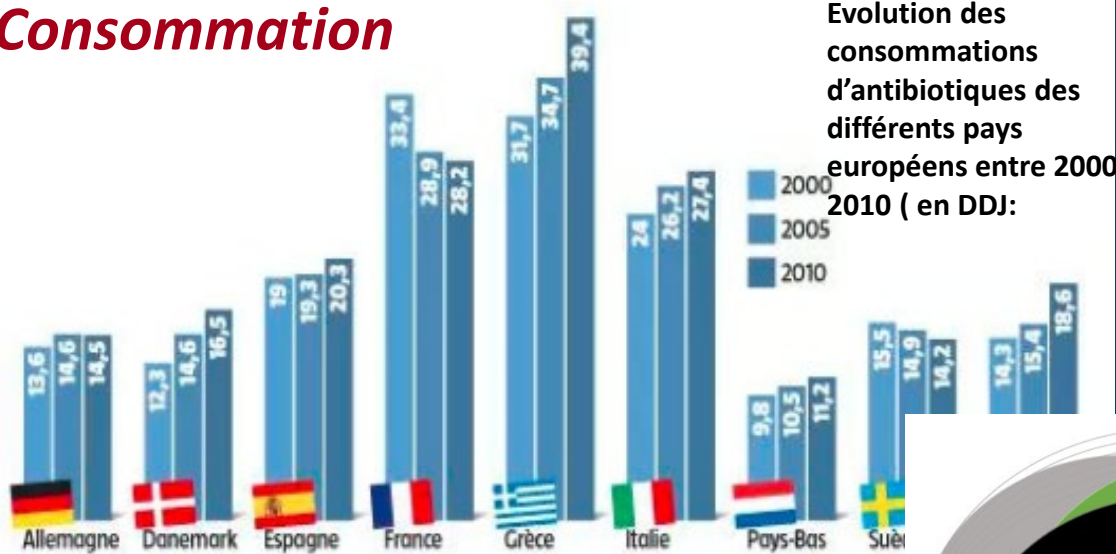
Poor sanitation and lack of hygiene



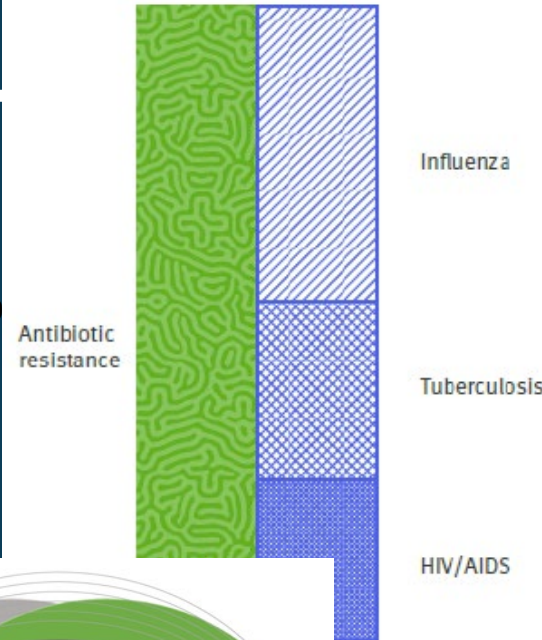
Lack of new antibiotics being developed

# Des inquiétudes

## Consommation



The burden of infections with bacteria resistant to antibiotics on the European population is comparable to that of influenza, tuberculosis and HIV/AIDS combined.



## Planète

PLANÈTE | Climat | Énergies | Ressources naturelles | Biodiversité | Population | Alimentation | Pandémies

### La résistance aux antibiotiques devient préoccupante dans plusieurs pays européens

LE MONDE | 19.11.2012 à 11h45

Par Catherine Vincent

Tous ensemble,  
sauvons  
les antibiotiques

Rapporteurs : Dr Jean CARLET et Pierre LE COZ



## Le Point.fr

ACTUALITÉ | POLITIQUE | ÉCONOMIE | TECHNIQUE  
Actualité | Monde | Société | Médias | Sciences

ACTUALITÉ · Chroniques



Le Point.fr - Publié le 29/09/2010 à 17:00 - Modifié le 29/09/2010 à 17:32

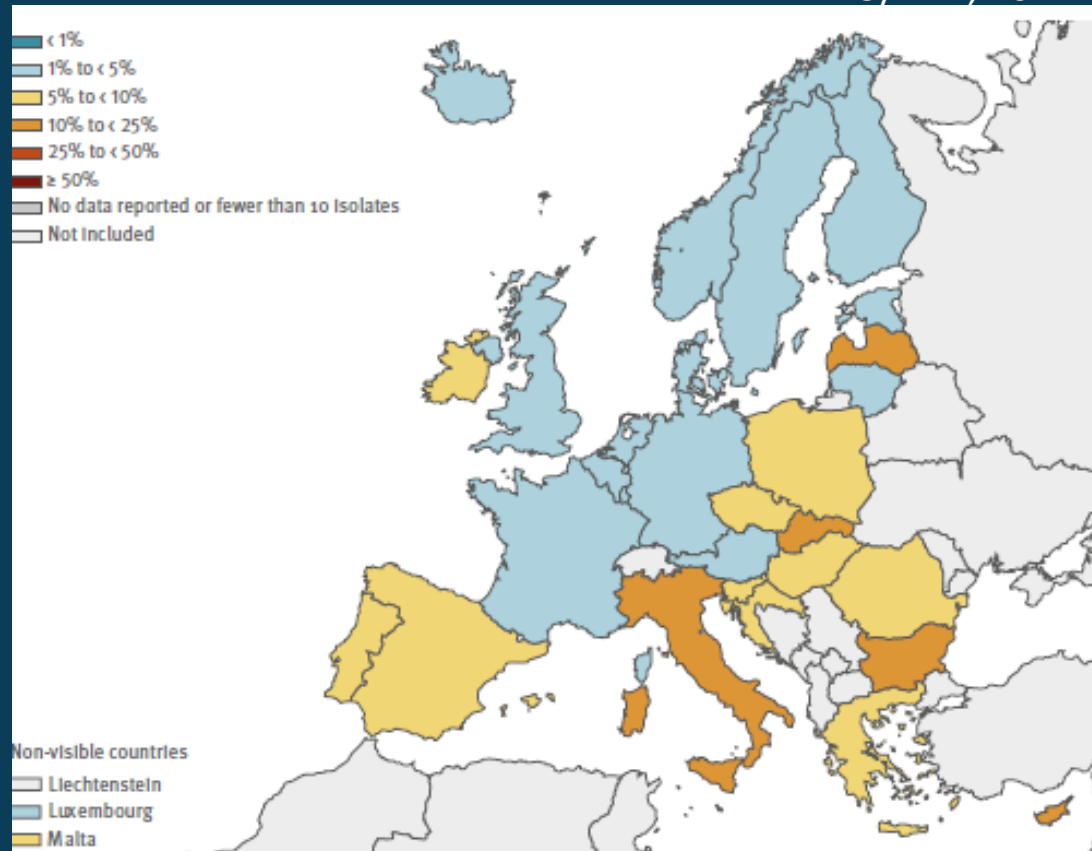
### Ces bactéries qui résistent aux antibiotiques



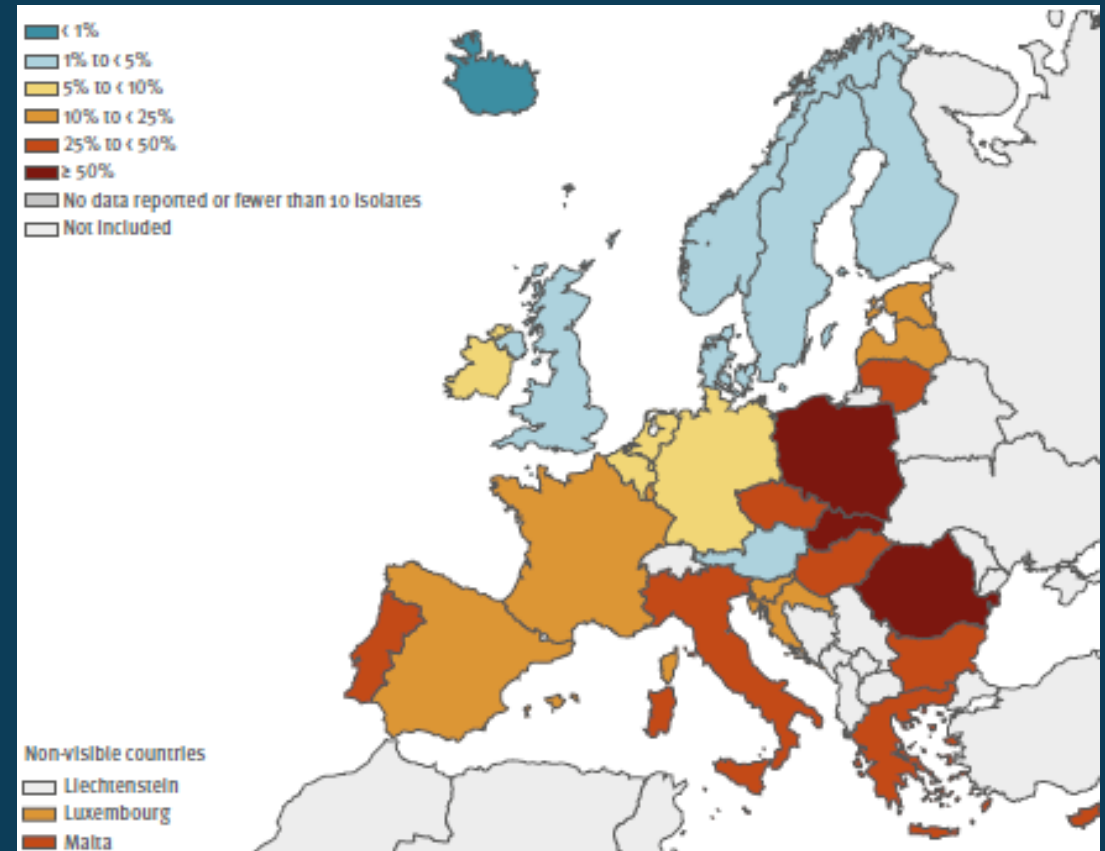
700 000 personnes/an  
dont 25 000  
en Europe  
meurent  
D'INFECTIONS DUES À DES  
BACTÉRIES RÉSISTANTES

# Résistance aux Antibiotiques en Europe en 2017

*E.coli*: Combined resistance to 3CG, FQ & AG, EU/EAA, 2017

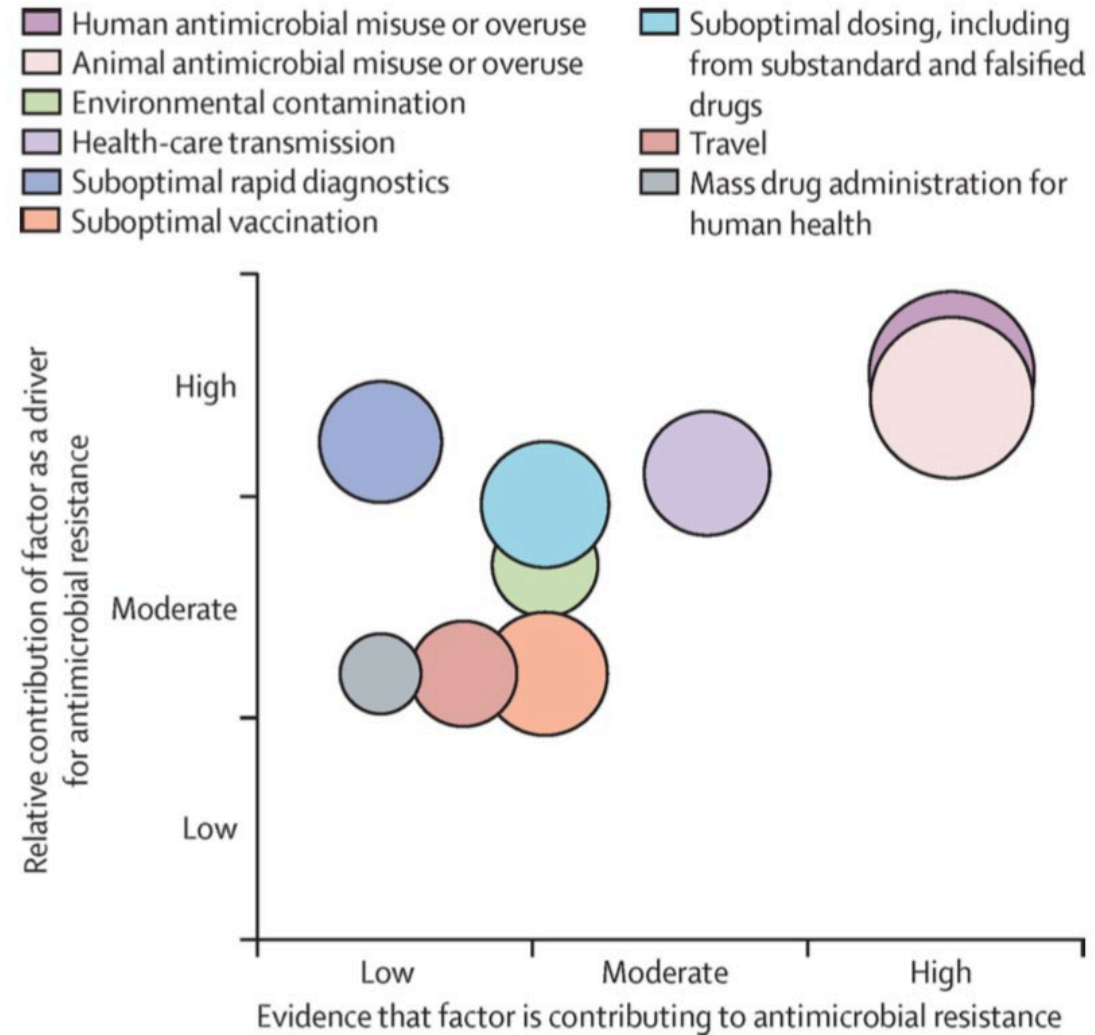


*K.pneumoniae*: Combined resistance to 3CG, FQ & AG EU/EAA, 2017

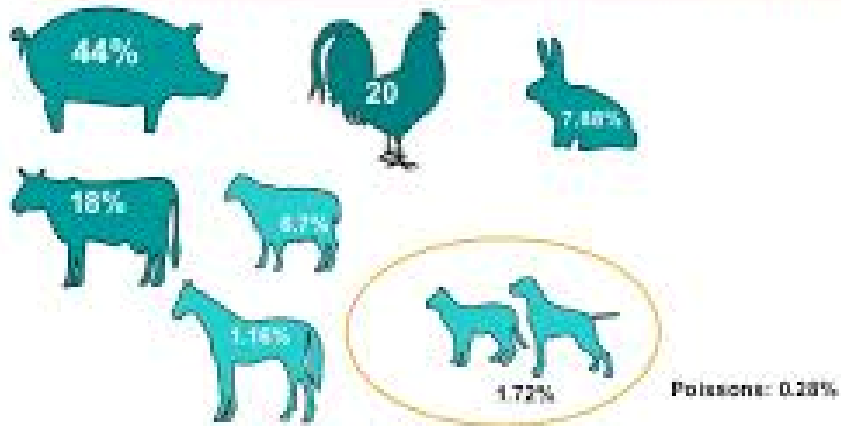




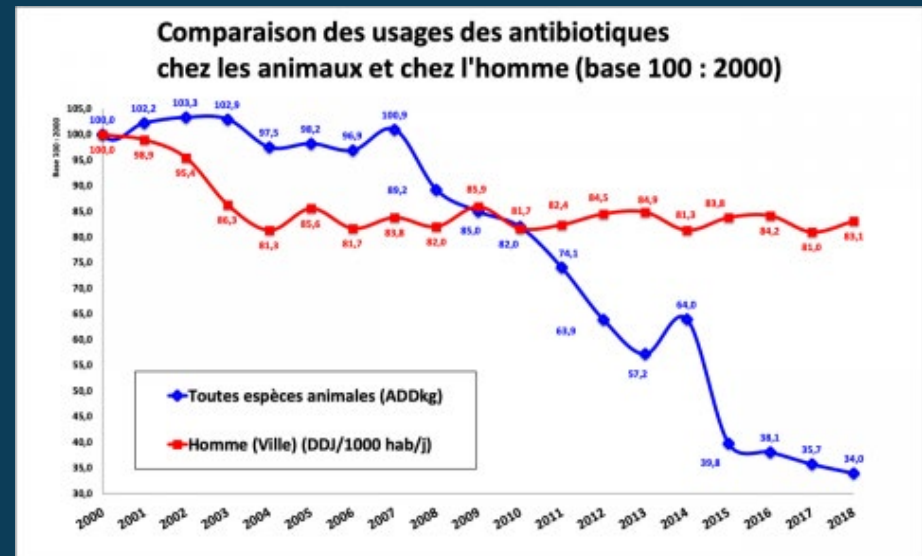
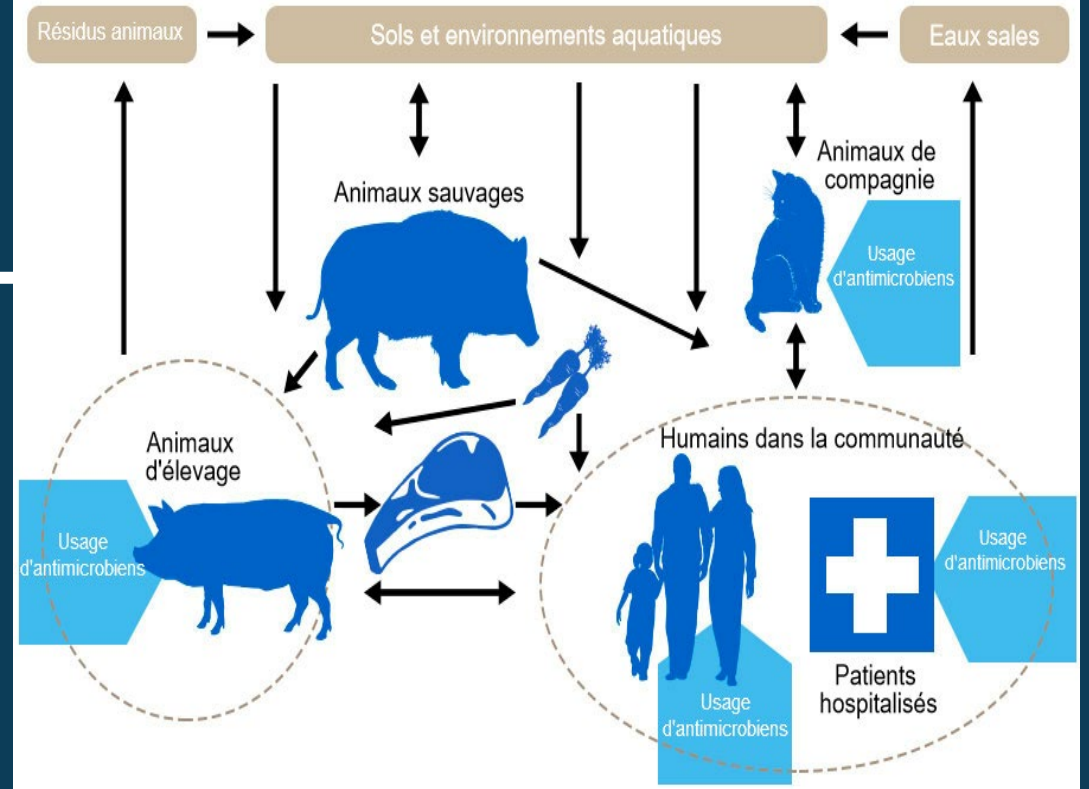
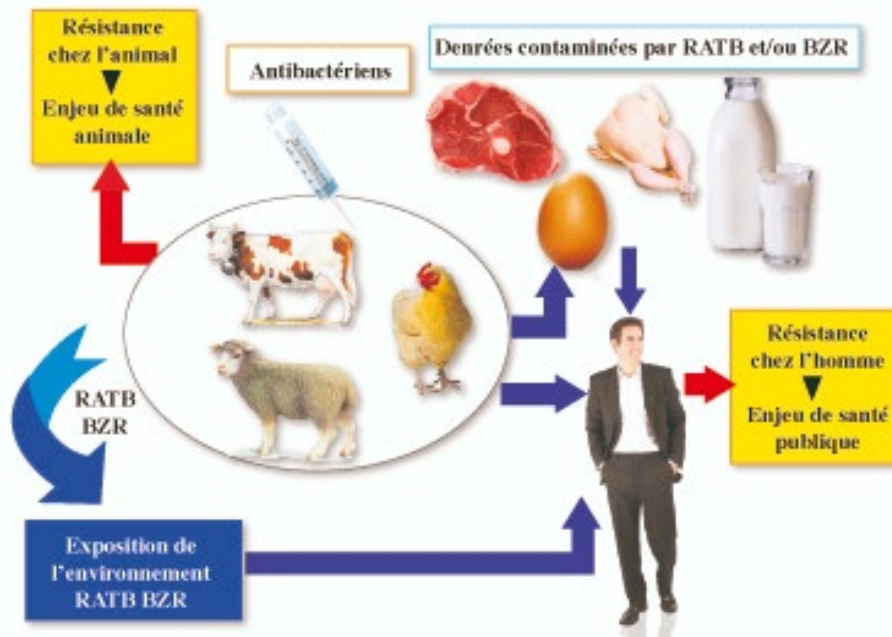
# Drivers de la résistance



# Répartition de la consommation pondérale d'antibiotiques pour les différentes espèces en France 2010



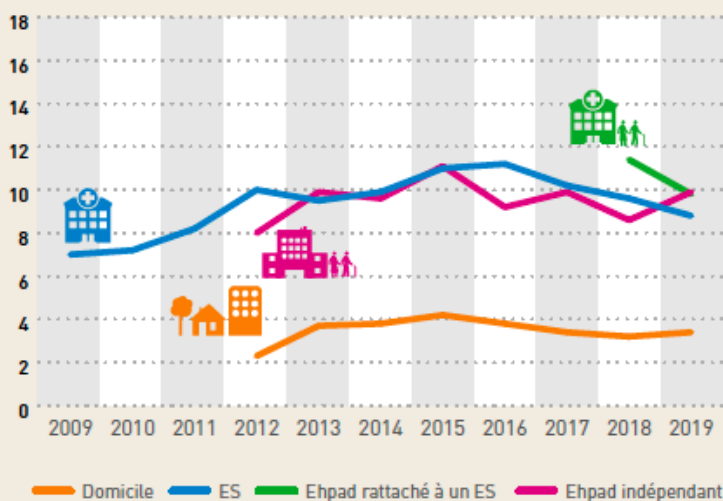
## Le cycle infernal



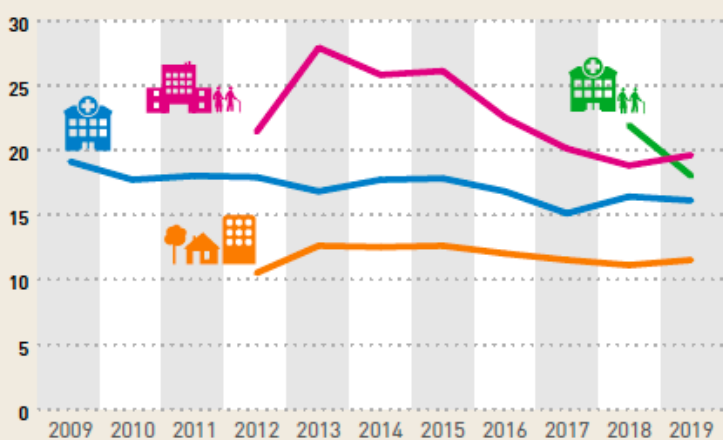
## ÉVOLUTION SUR 10 ANS DE LA RÉSISTANCE AUX ANTIBIOTIQUES CHEZ *E COLI* EN SANTÉ HUMAINE ET ANIMALE

### Chez l'humain

Résistance aux céphalosporines de 3<sup>e</sup> génération (C3G) en %

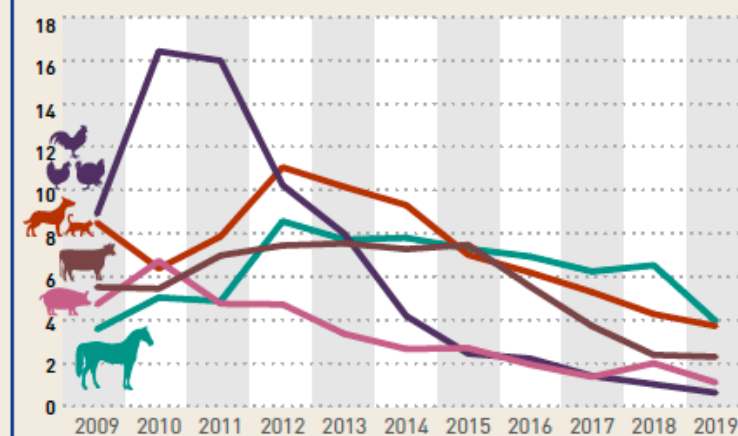


Résistance aux fluoroquinolones (FQ) en %

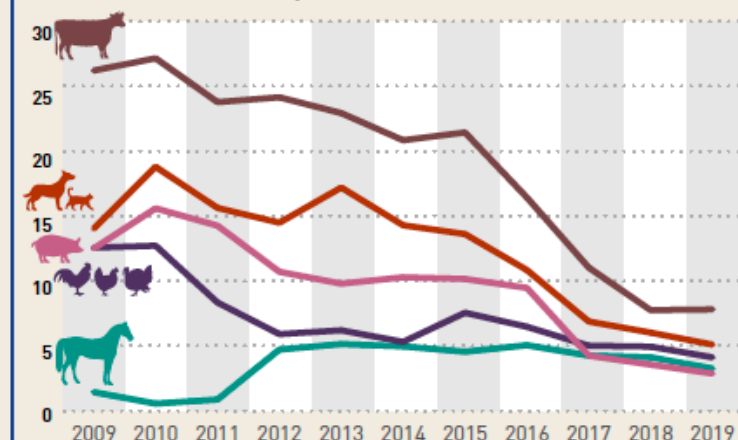


### Chez l'animal

Résistance aux céphalosporines de 3<sup>e</sup> génération (C3G) en %

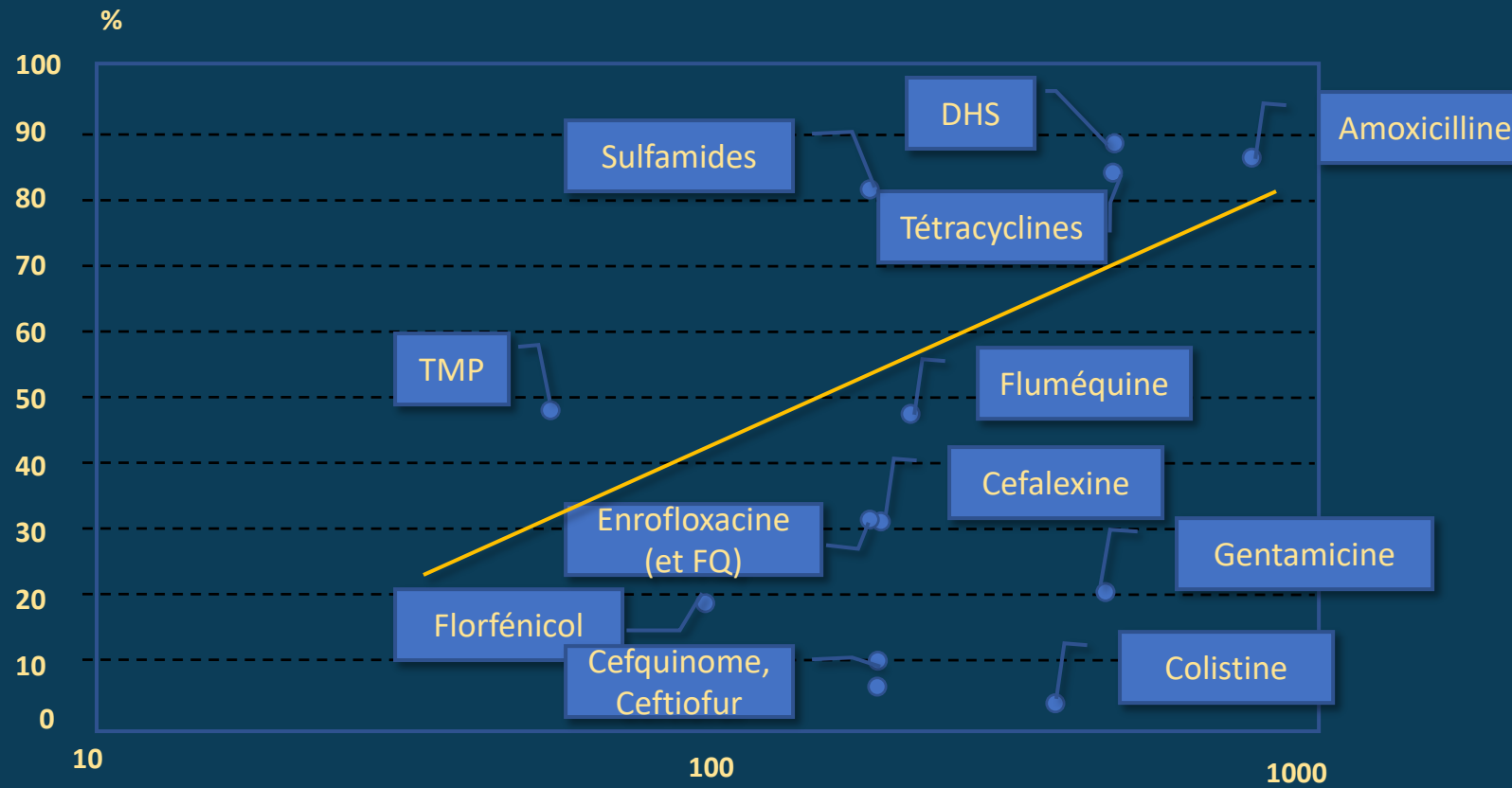


Résistance aux fluoroquinolones (FQ) en %



# Corrélation entre niveau d'exposition et résistance

## Exemple d'*E. coli* chez les bovins



Corrélation marquée entre niveau d'utilisation et antibiorésistance, sauf pour la colistine. Source: Le point vétérinaire

# L'environnement : poubelle *inerte* de gènes de résistance ou source de déterminants génétiques ?

- L'antibiorésistance : une pollution comme les autres ?
- Comment observer ? mesurer ? Prévoir ?
- Caractérisation des relations avec l'environnement ?
- Quels risques pour quelle gestion ?
- Que faire pour limiter la transmission ?
- ...



#### CULTURES VÉGÉTALES

Les sols des cultures sont souvent amendés avec du fumier riche en antibiotiques. Ces antibiotiques favorisent leur croissance. De plus, il a été constaté que des résidus de médicaments vétérinaires sont présents dans les produits agricoles en Chine. Les antibiotiques peuvent finir directement dans l'alimentation de poissons dans les masses d'eau de surface.

#### ELEVAGE

Les antibiotiques sont couramment utilisés pour les animaux d'élevage, soit en prévention prophylactique, soit pour leur capacité à favoriser la croissance. Dans le Monde, l'utilisation vétérinaire pour la production alimentaire d'origine animale est très importante, en particulier pour les traitements médicaux. Ces résidus d'antibiotiques peuvent être transmis aux humains par la consommation de produits animaux. Les antibiotiques peuvent également atteindre l'environnement par les déjections animales (avec le principe actif quasiment pas métabolisé) et les écoulements en provenance des fermes. Les superbactéries peuvent aussi passer directement de l'élevage aux humains dans les fermes raising.

#### VOYAGES À L'ÉTRANGER

Les antibiotiques sont utilisés pour traiter les infections bactériennes. Les voyageurs qui prennent des antibiotiques partout sur la planète.

#### USINES DE PRODUCTION PHARMACEUTIQUE

Tout particulièrement en Inde et en Chine, où la plupart des antibiotiques sont fabriqués, les résidus de médicaments sont traités de manière inadéquate. Dans un nombre alarmant de cas, le fabricant rejette ses déchets non-traités directement dans l'environnement ou ne les traite pas correctement.

#### HÔPITAUX

Étant donné le grand nombre de personnes soignées avec des cocktails de divers antibiotiques, les hôpitaux représentent un environnement propice à la résistance. De grandes usées hospitalières peuvent entrer dans l'environnement par les stations d'épuration qui ne sont pas équipées pour filtrer les résidus d'antibiotiques ou directement dans les cours d'eau.

#### VILLES ET HABITAT

Les déchets humains contiennent des substances actives d'antibiotiques qui représentent un vecteur de transmission de la résistance. Dans la plupart des pays en voie de développement, de larges volumes d'eaux usées non-traitées rejoignent les rivières, les lacs ou les nappes phréatiques.

## CULTURES

## VOYAGES

## HOPITAUX

## VILLES

## ELEVAGE

## PRODUCTION

#### EAUX USÉES ET STATIONS D'ÉPURATION

La plupart des stations de traitement des eaux dans le Monde ne sont pas conçues pour filtrer les antibiotiques ou les résidus de médicaments pharmaceutiques, laissant donc ces résidus dans l'eau après le traitement. Ces stations recueillent les matières fécales humaines, qui contiennent une grande diversité de bactéries, où elles se combinent aux résidus d'antibiotiques, formant ainsi un environnement propice à la résistance.

## STEU

#### AQUACULTURE

Les conditions de confinement dans les élevages de poissons impliquent l'administration de traitements antibiotiques pour prévenir les infections. Ces résidus sont souvent rejetés directement dans l'environnement.

## AQUACULTURE

Une fois dans l'environnement, les antibiotiques tuent les bactéries sensibles en ne laissant que les résistantes. Ces dernières peuvent alors se multiplier et transmettre leur résistance à d'autres.

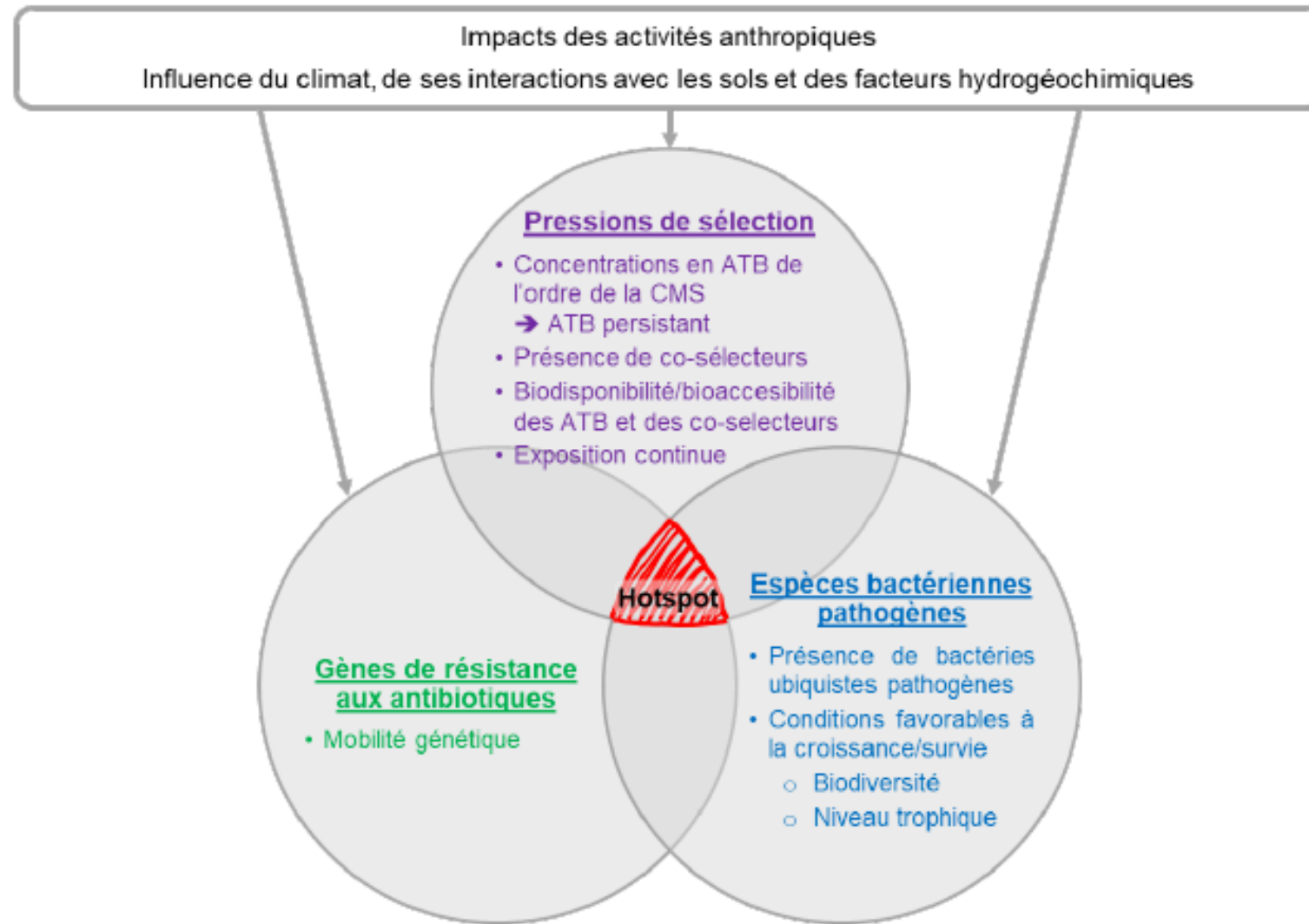
Superbactéries dans la chaîne d'approvisionnement  
Changing market 2016

CAUSES DE L'ANTIBIORÉSISTANCE

## Summary of the major pollution sources affecting AMR in the environment

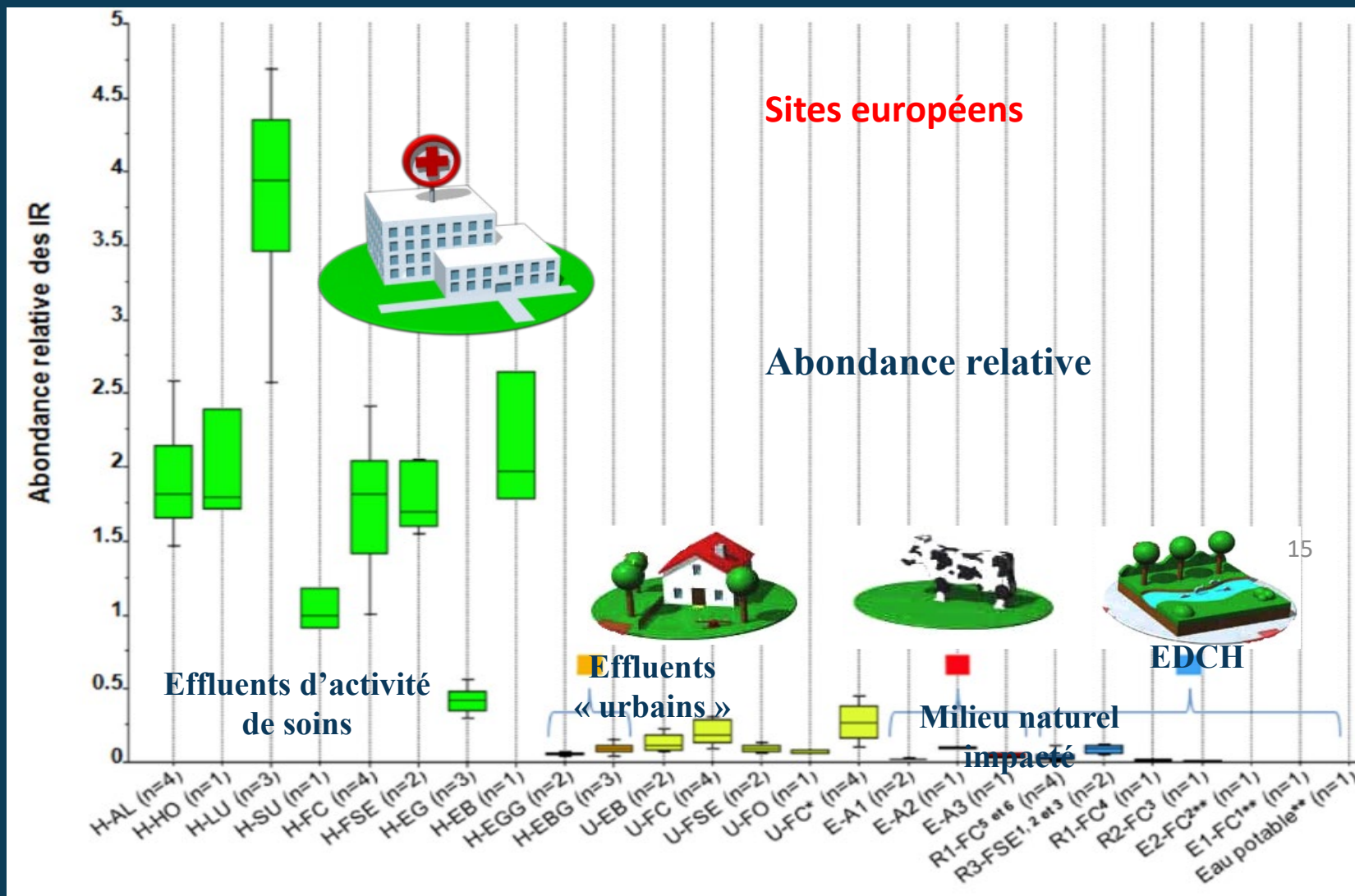
Major sources	Type and nature of potential environmental releases
Poor sanitation, sewage and waste effluent	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preventable use of antimicrobials due to disease burden caused by poor WASH conditions</li><li>• Lack of sanitation or poorly functioning sanitation or fragmented systems (e.g. open defaecation, poorly contained pit latrines, septic tanks and sewers) that contaminate water sources and spread AMR</li><li>• Effluent from septic tanks and wastewater treatment plants</li><li>• Faecal sludge and wastewater biosolids</li><li>• Releases from unused drugs disposed of in toilets, bins or waste dumps</li><li>• Leaching from open waste dumps</li><li>• Urban runoff</li></ul>
Effluent and waste from pharmaceutical manufacturing	<ul style="list-style-type: none"><li>• High concentrations of antimicrobials in untreated effluent</li><li>• Residual antimicrobials in solid wastes discharged from pharmaceutical fermentation processes</li><li>• Resistant microbes in effluent if biological treatment is applied</li></ul>
Effluent and waste from healthcare facilities	<ul style="list-style-type: none"><li>• Antimicrobial products and residues in hospital solid wastes</li><li>• Resistant microbes (including those with more abundant and diverse ARGs) and antimicrobial residues (particularly antimicrobial compounds of last resort) in hospital wastewater/effluent</li></ul>
Use of antimicrobials and manure in crop production	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fungicides, herbicides, heavy metals and antibiotics used in the production of food, feed and raw materials</li><li>• Untreated manure and wastewater that may contain pharmaceutical residues, ARGs and resistant microbes intentionally applied to soil and crops</li><li>• Inappropriate disposal of unused antimicrobials (e.g. fungicides)</li></ul>
Releases, effluent and waste in animal production	<ul style="list-style-type: none"><li>• Manure and effluent from aquatic and terrestrial animal production that may contain pharmaceutical residues, ARGs and resistant microbes</li><li>• Application of antibiotics and parasiticides in aquaculture that go directly into the environment</li><li>• Improper disposal of unused drugs</li></ul>

# La dissémination de l'antibiorésistance

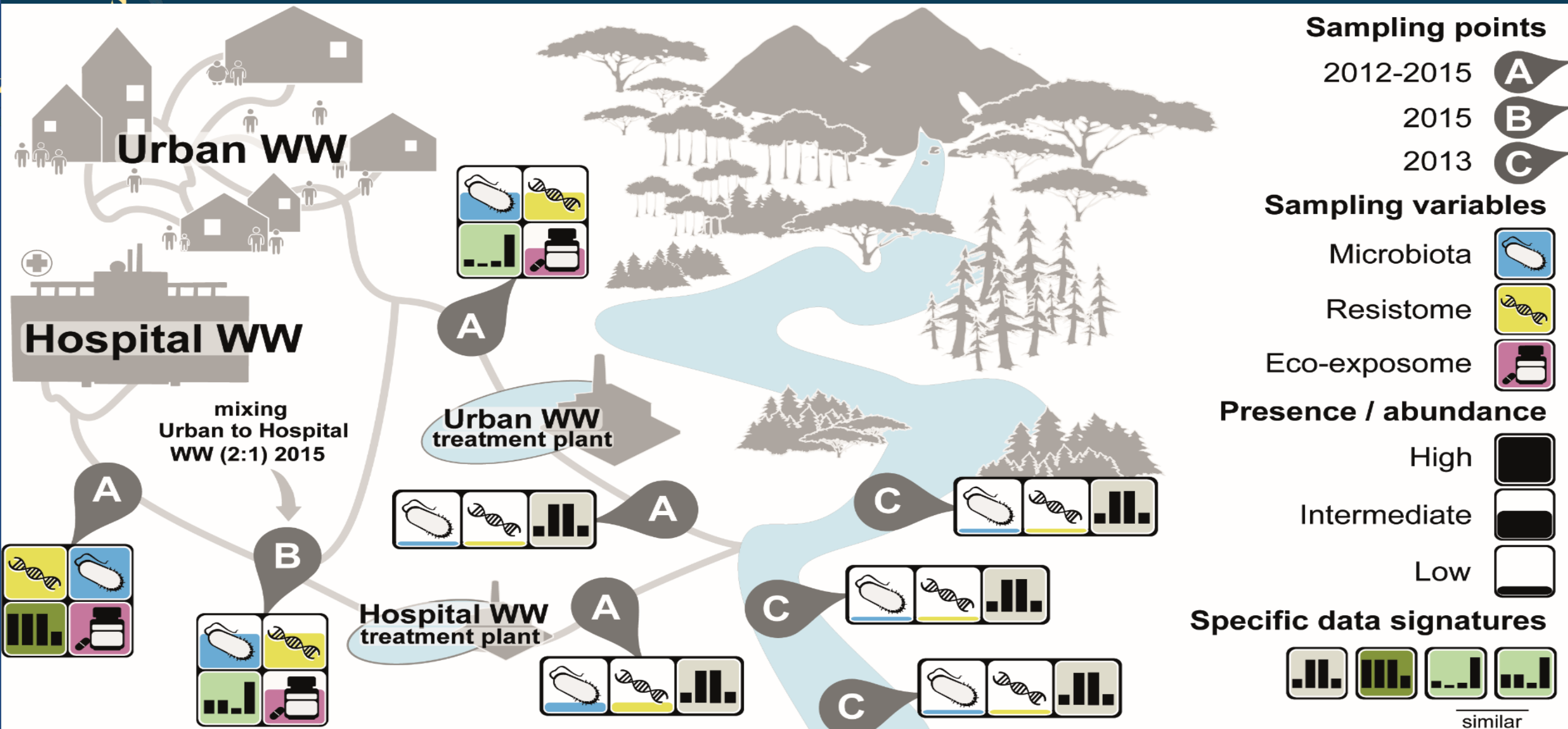




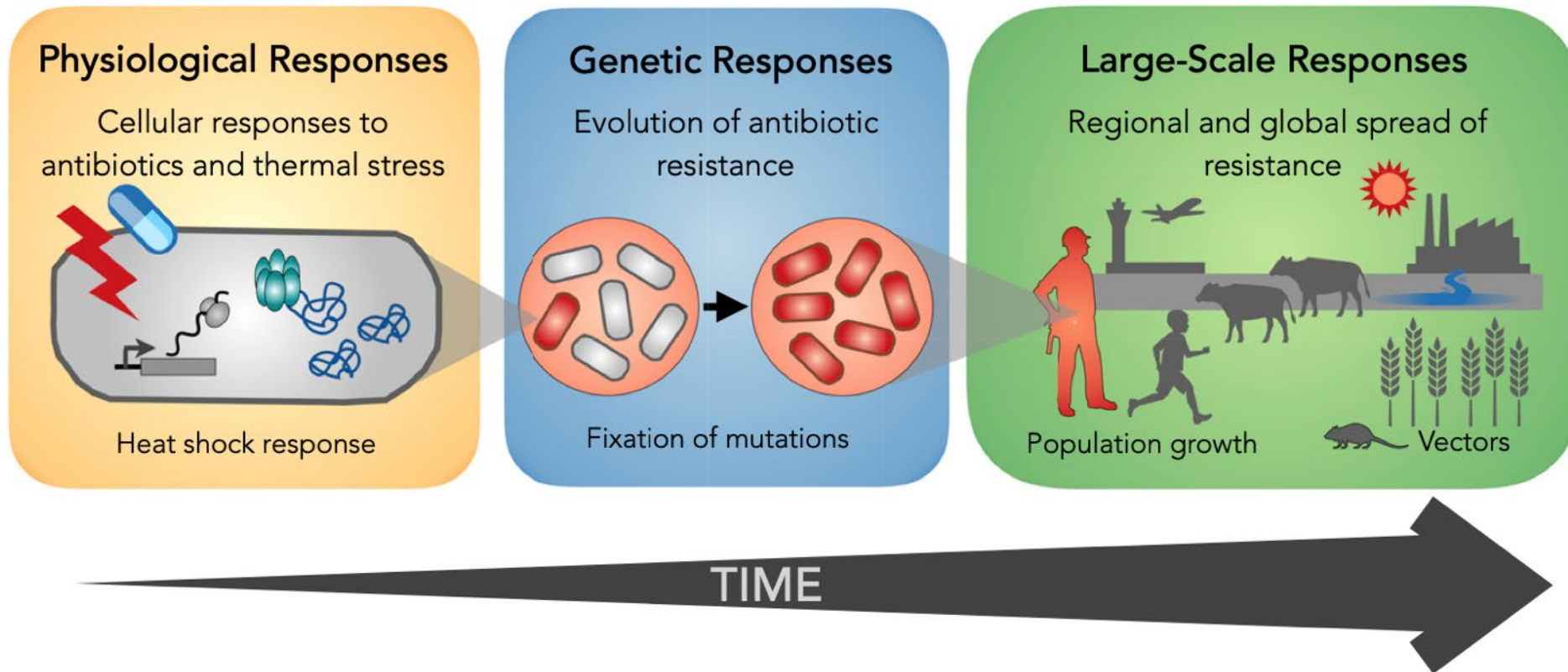
# Exemples sur différents sites



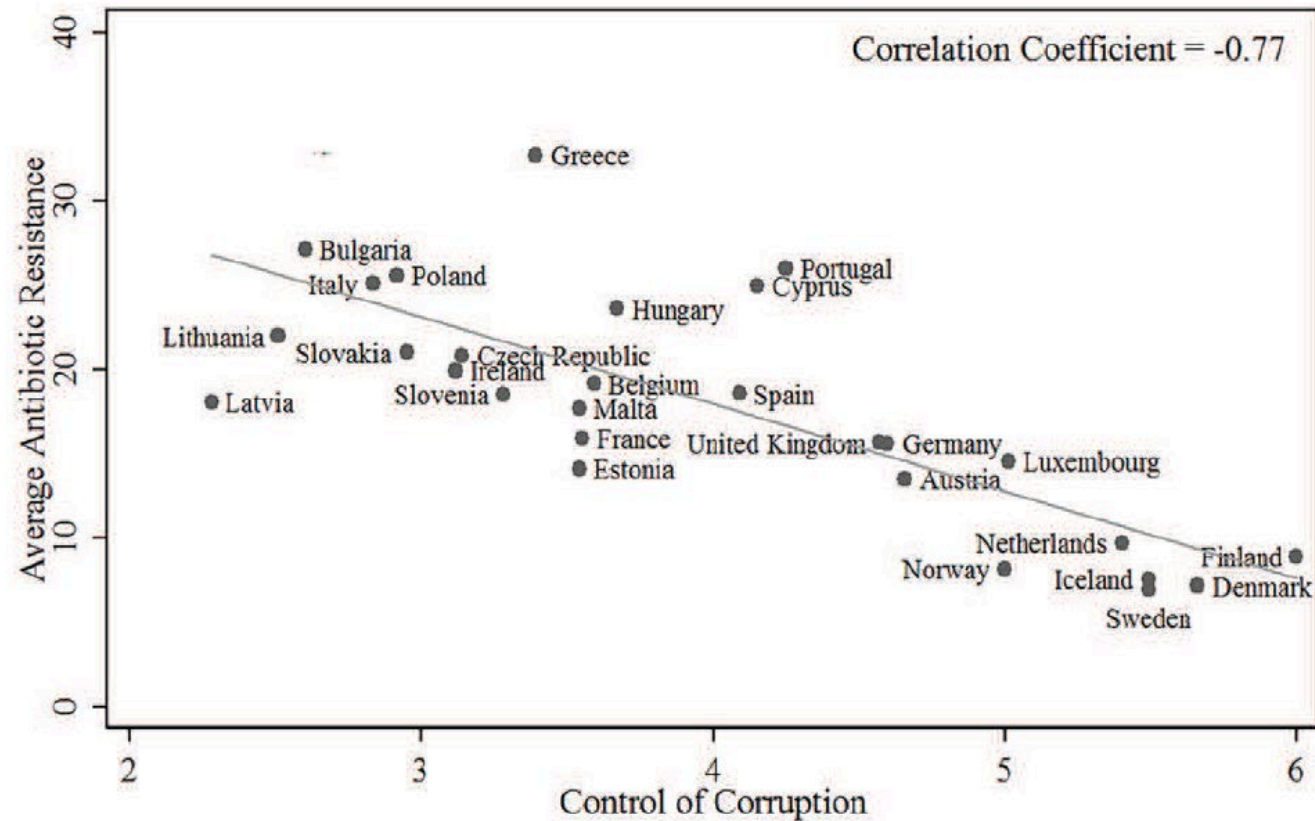
# Exemples sur différents sites



# Impact des changements climatiques : *a deadly combination* (Burnham J.P. 2020)



# Le niveau social *(Collignon P.2015)*

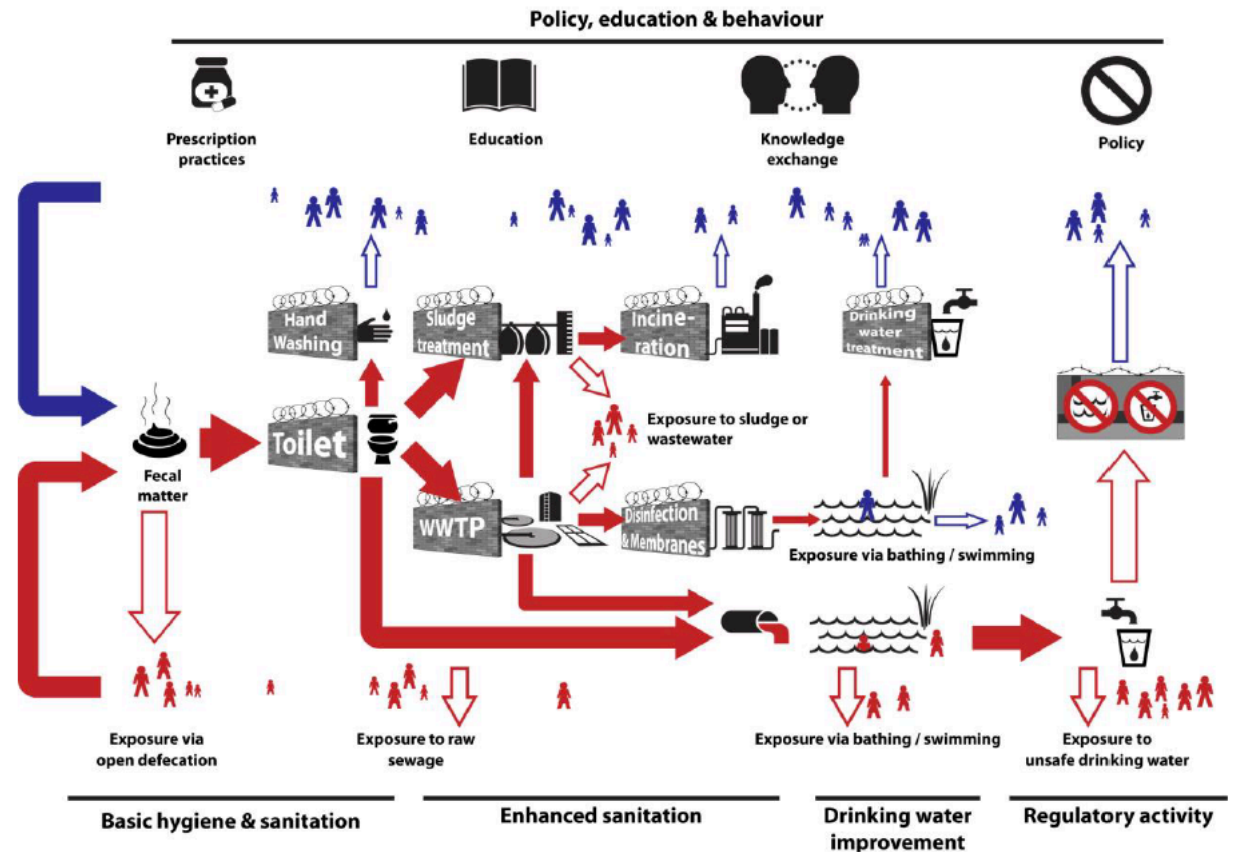


Note: Average antibiotic resistance is from EARS-Net database of the European Centre for Disease Prevention  
The control of corruption indicator is from International Country Risk Guide

# Barrières contre l'antibiorésistance

« Les conséquences de la résistance bactérienne pourraient bien affecter notre quotidien beaucoup plus rapidement encore que les pollutions automobile ou industrielle et le réchauffement climatique »

Antoine Andremont



Promising barriers to environmental dissemination of antimicrobial resistance along the water and sanitation continuum and ultimately to human exposure.

# Lutter contre l'antibiorésistance

## Humaine



## Vétérinaire

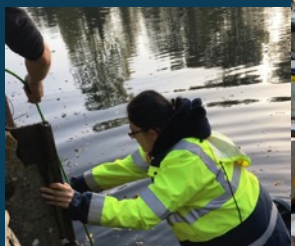
### ÉCOANTIBIO

RÉDUIRE L'UTILISATION DES  
ANTIBIOTIQUES VÉTÉRINAIRES

5 axes - 40 mesures

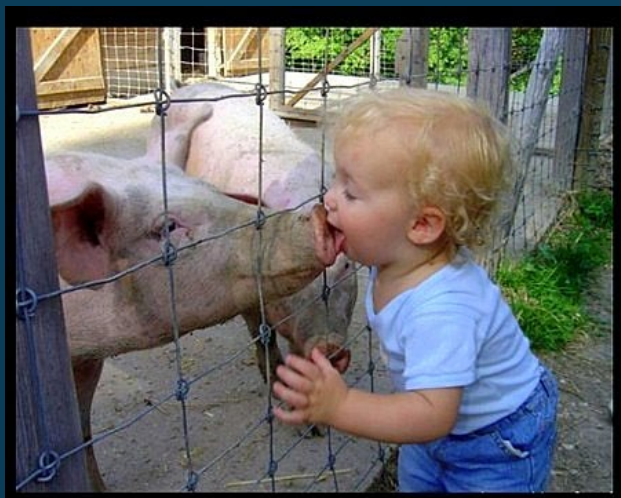


LES ANTIBIOTIQUES  
C'EST PAS AUTOMATIQUE



## Et l'environnement

# Lutter contre l'antibiorésistance



## Approche one-health



The One Health Triad



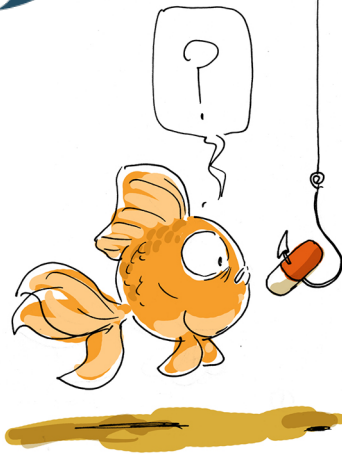


---

**Venez en discuter avec nous !**

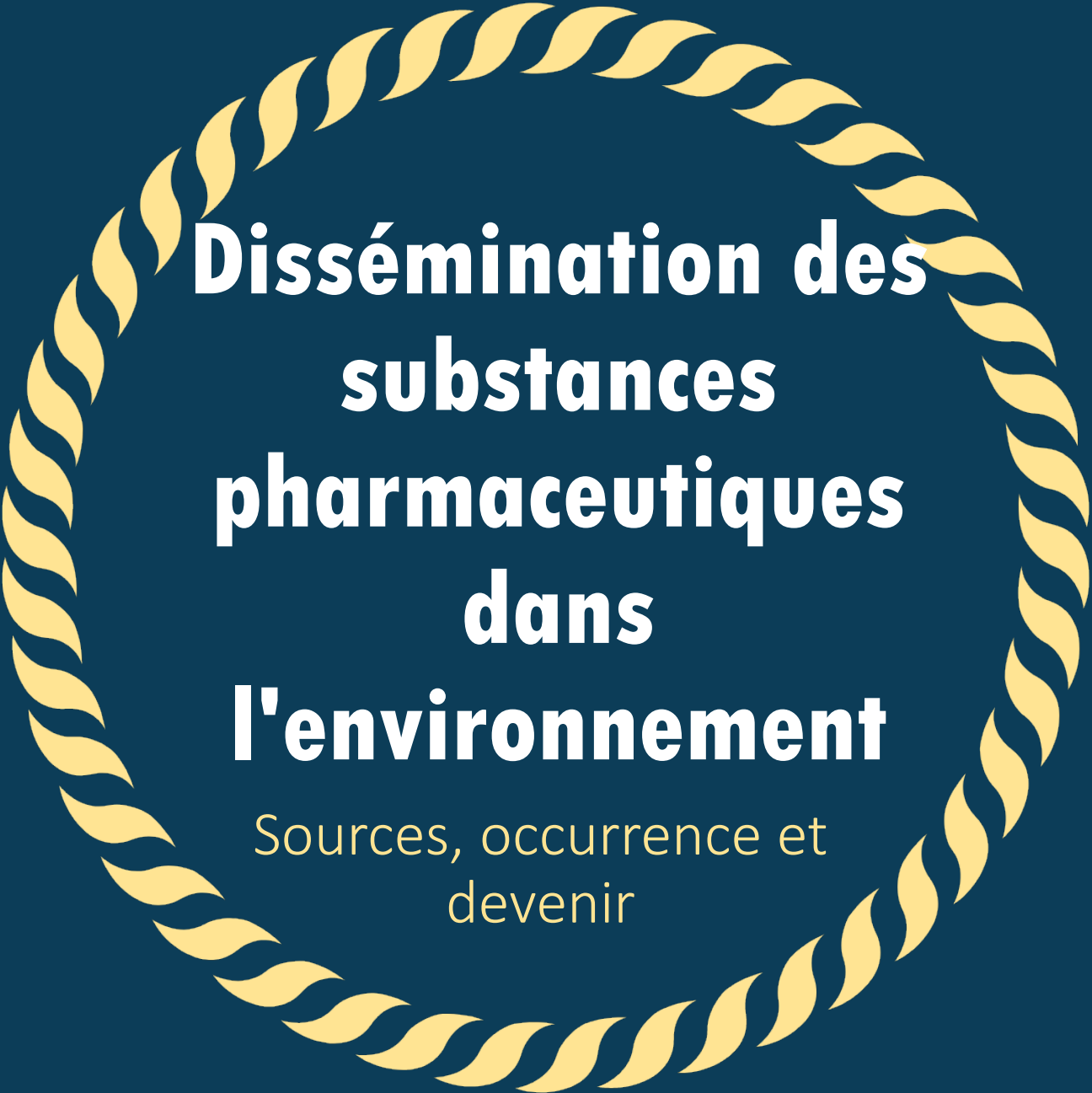






# Dissémination

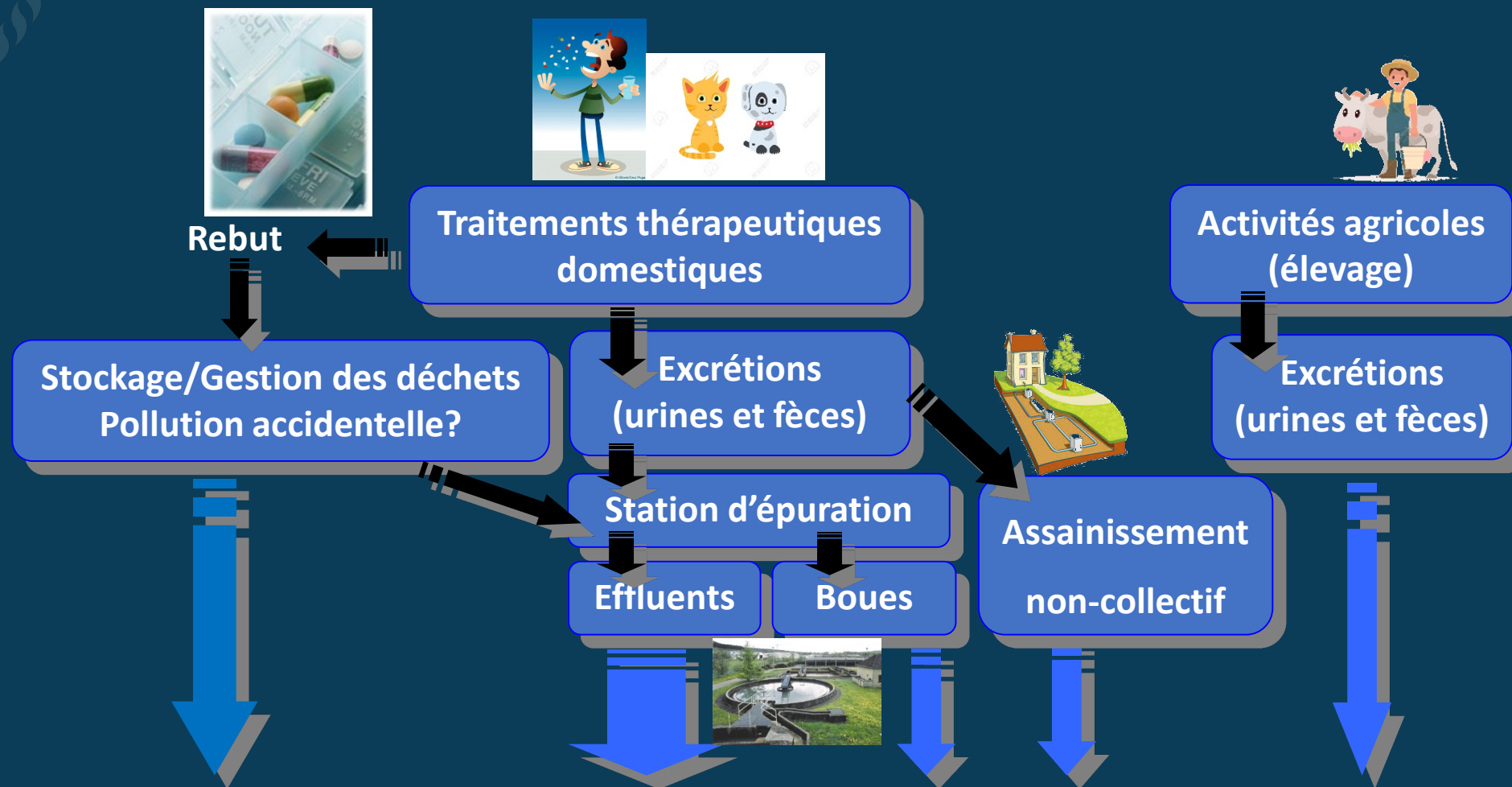
Cécile Miège INRAE  
Jérôme Labanowski Univ. Poitiers



**Dissémination des  
substances  
pharmaceutiques  
dans  
l'environnement**

Sources, occurrence et  
devenir

# Sources de contamination



Transfert vers les sols et milieux aquatiques

# Quelles substances ?

Le Parisien

Environnement

## Les rivières françaises, un bouillon de culture(s) et de médicaments

Deux organismes de surveillance, qui ont examiné 141 composants micropolluants dans les eaux et les sédiments des cours d'eau, alertent sur les résidus de détergents, d'insecticide, d'herbicide ou de médicament.



Loir-et-Cher

## Médicaments, jusqu'au coeur de la rivière

04/12/2012 05:38

Mutations sexuelles, changements de comportements : les résidus de médicaments perturbent sérieusement les milieux aquatiques.

L'imprégnation de molécules pharmaceutiques des milieux aquatiques et terrestres est depuis longtemps observée sur l'ensemble du territoire. De nombreuses recherches sont menées, des campagnes d'évaluation des risques ont été lancées, mais rien ne permet encore une vision globale de ce phénomène excessivement diffus et de ses effets sur l'environnement et sur la



provence-alpes  
Côte d'azur

Chez moi #newsrespond videos direct menu

## Des poissons intoxiqués par des anti-inflammatoires dans la mer Méditerranée

Publié le 01/12/2020 à 16h14 - Mis à jour le 01/12/2020 à 16h34  
Écrit par Aline Métais



Des expériences ont été menées en baie de Cannes sur une espèce de poissons non-migratoire. © Eric Duillière - MAJPPF

SCIENCES ET AVENIR > SANTÉ

SANTÉ

## Nos médicaments polluent les rivières

Par Loïc Chauveau le 09.09.2016 à 18h30, mis à jour le 09.09.2016 à 18h30  
Lecture 5 min.

Si les risques pour l'homme sont considérés comme négligeables, les atteintes à l'environnement pourraient être très importantes, expliquent plus de 250 chercheurs réunis à Paris pour discuter de la pollution des eaux par les médicaments.



Les médicaments que nous ingérons finissent par polluer l'environnement.  
© ISDPIX/SIPA

LE QUOTIDIEN  
DU MEDECIN.fr

Des traces de tamoxifène retrouvées dans l'eau, en bouteille ou au robinet

Accueil > Actus médicales > Santé Publique

## Des traces de tamoxifène retrouvées dans l'eau, en bouteille ou au robinet

PUBLIÉ LE 25/03/2013

3 RÉACTIONS COMMENTER f t in e

Des traces de pesticides et de médicaments ont été décelées dans environ une bouteille d'eau sur cinq, sans toutefois remettre en cause leur potabilité, révèle lundi une étude de « 60 millions de consommateurs » et de la Fondation France Libertés.

Le Monde

Se connecter

Consulter  
le journal

ACTUALITÉS > PRÉSIDENTIELLE 2022 > ÉCONOMIE > VIDÉOS > DÉBATS > CULTURE > M LE MAG > SERVICE

DÉBATS

Partager f t in e

TRIBUNE

par David Servan-Schreiber

## Du Prozac dans l'eau potable, par David Servan-Schreiber

La controverse sur les risques associés aux antidépresseurs éclate à nouveau avec la publication d'une étude scientifique norvégienne suggérant un taux de suicide sept fois plus élevé chez les patients déprimés traités par la paroxétine que chez ceux qui reçoivent un placebo.

Publié le 30 août 2005 à 13h22 - Mis à jour le 25 juillet 2011 à 07h45 | Lecture 2 min.

INRAE  
graiE

Therapeutic class	Name	Concentration in influent (µg/L)						Frequency of quantification in influent (%)		Concentration in effluent (µg/L)						Frequency of quantification in effluent (%)	
		Mean	RSD (%)	Median	Min	Max	n			Mean	RSD (%)	Median	Min	Max	n		
Analgesic-antiinflammato	Dextropropoxyphene	0.0273	20	0.0270	0.0220	0.0330	3	100			0.0523	27	0.0560	0.0370	0.0640	3	100
Analgesic-antiinflammato	Diclofenac	1.34	83	0.997	0.105	4.11	91	81			0.680	82	0.420	0.0350	1.95	101	85
Analgesic-antiinflammato	Ibuprofen	14.6	149	3.20	0.170	83.5	101	97			1.96	177	0.800	0.0020	24.6	109	93
Analgesic-antiinflammato	Ketoprofen	1.03	117	0.340	0.0800	5.70	55	73			0.325	101	0.210	0.0400	1.62	53	73
Analgesic-antiinflammato	Mefenamic acid	1.73	52	1.70	0.136	3.20	41	100			1.14	57	1.00	0.0900	2.40	41	100
Analgesic-antiinflammato	Naproxen	26.4	343	6.00	1.79	611	45	96			1.89	245	0.880	0.170	33.9	53	87
Analgesic-antiinflammato	Paracetamol	80.0	152	26.0	5.53	292	5	100			/	/	/	/	/	/	/
Antibiotic	Azithromycin	0.260					6	100			0.138					6	100
Antibiotic	Ciprofloxacin	0.413	27	0.430	0.180	0.571	20	83			0.0723	27	0.071	0.0450	0.140	29	91
Antibiotic	Clarithromycin	0.647					6	100			0.359					6	100
Antibiotic	Erythromycin	0.108	33	0.113	0.0710	0.141	3	100			0.212	34	0.202	0.145	0.290	3	100
Antibiotic	Levofloxacin	0.552					6	100			0.301					6	100
Antibiotic	Norfloxacin	0.438	12	0.433	0.343	0.515	18	100			0.0608	37	0.0515	0.0390	0.120	26	100
Antibiotic	Roxithromycin	0.0620	62	0.0640	0.0250	0.117	5	100			0.0496	27	0.0450	0.0360	0.069	5	100
Antibiotic	Sulfamethazin	0.333	91	0.210	0.110	0.680	3	43			/	/	/	/	/	/	/
Antibiotic	Sulfamethoxazole	0.342	114	0.157	0.0200	1.25	10	71			0.115	85	0.0700	0.0180	0.320	11	73
Antibiotic	Tetracyclin	0.457	43	0.465	0.240	0.790	6	86			0.282	135	0.115	0.0500	0.850	4	67
Antibiotic	Trimetoprim	0.449	94	0.281	0.0800	1.30	10	100			0.118	120	0.0600	0.0200	0.550	27	93
Anti-epileptic	Carbamazepin	0.968	61	0.732	0.100	1.90	64	100			0.674	68	0.520	0.150	2.30	63	100
Antifongic	Clotrimazole	0.0290	18	0.0310	0.0230	0.0330	3	100			0.0170	52	0.0140	0.0100	0.0270	3	100
Antineoplastic, cytostatic	Tamoxifen	0.170	23	0.153	0.143	0.215	3	19			0.238	49	0.199	0.146	0.369	3	19
Betablocker	Atenolol	0.0300					1	100			0.154	44	0.150	0.0100	0.380	18	100
Betablocker	Bisoprolol	/	/	/	/	/	/	/			0.709	68	0.637	0.303	1.43	18	100
Betablocker	Metoprolol	0.160					1	100			0.338	55	0.373	0.0100	0.688	37	97
Betablocker	Propranolol	0.0747	41	0.0650	0.0500	0.119	4	100			0.341	54	0.381	0.0100	0.615	24	100
Contrast product	Iopromide	4.49	75	5.22	0.0260	7.50	4	57			5.68	71	6.58	0.250	9.30	4	57
Disinfectant	Triclosan	0.380					1	100			0.150	48	0.130	0.0700	0.430	19	100
Hormone	17?-estradiol	0.0074	58	0.0063	0.0015	0.0172	36	100			0.0008	110	0.0006	0.0001	0.0031	9	64
Hormone	17?-ethinylestradiol	0.0042	237	0.0019	0.0004	0.0700	70	91			0.0009	120	0.0005	0.0002	0.0050	33	59
Hormone	17?-estradiol	0.0222	78	0.0186	0.0025	0.125	108	100			0.0028	165	0.0015	0.0003	0.0300	63	74
Hormone	Estriol	0.115	112	0.0695	0.0146	0.660	36	100			0.0131	365	0.0014	0.0004	0.275	33	92
Hormone	Estrone	0.0672	95	0.0600	0.0024	0.670	109	100			0.0209	121	0.0100	0.0006	0.0950	79	93
Lipid regulator	Bezafibrate	2.44	93	2.00	0.100	7.60	25	100			0.816	168	0.250	0.0200	4.80	21	78
Lipid regulator	Gemfibrozil	1.63	69	1.40	0.700	3.00	4	25			0.564	59	0.600	0.0600	1.34	21	70
Metabolite	Carbamazepin-10OH	0.0222					3	100			0.0325					3	100
Metabolite	Carbamazepin-2OH	0.0590					3	100			0.0704					3	100
Metabolite	Carbamazepin-3OH	0.0554					3	100			0.0692					3	100
Metabolite	Carbamazepin-DiOH	1.001					3	100			1.08					3	100
Metabolite	Carbamazepin-EP	0.0392					3	100			0.0401					3	100
Metabolite	Clofibric acid	0.294	55	0.250	0.0												
Metabolite	Erythromycin-H2O	0.545	87	0.455	0.0												
Metabolite	Salicylic acid	212	81	170	16.0												
Personal care product	Galaxolide	2.51	51	3.06	0.79												
Personal care product	Tonalide	0.990	50	1.02	0.210	1.69	8	100			0.162	11	0.160	0.144	0.200	8	100
Vasodilator	Pentoxifyllin	/	/	/	/	/	/	/			0.533	11	0.500	0.500	0.600	3	30

D'après Miège et al. Environmental Pollution, 2009

Therapeutic class	Name	Concentration in influent (µg/L)							Frequency of quantification in influent (%)	Concentration in effluent (µg/L)					Frequency of quantification in effluent (%)
		Mean	RSD (%)	Median	Min	Max	n	Mean		RSD (%)	Median	Min	Max	n	
<b>Anti-inflammatoires</b>		<b>0,03 à 34 µg/L, dans les effluents avec fréquence entre 73 et 100%</b>													
<b>Antibiotiques</b>		<b>0,02 à 0,8 µg/L, dans les effluents avec fréquence entre 67 et 100%</b>													
Anti-epileptic	Carbamazepin	0.968	61	0.732	0.100	1.90	64	100	0.674	68	0.520	0.150	2.30	63	100
Antifongic	Clotrimazole	0.0290	18	0.0310	0.0230	0.0330	3	100	0.0170	52	0.0140	0.0100	0.0270	3	100
Antineoplastic, cytostatic	Tamoxifen	0.170	23	0.153	0.143	0.215	3	19	0.238	49	0.199	0.146	0.369	3	19
Betablocker	Atenolol	0.0300					1	100	0.154	44	0.150	0.0100	0.380	18	100
Betablocker	Bisoprolol	/	/	/	/	/	/	/	0.709	68	0.637	0.303	1.43	18	100
Betablocker	Metoprolol	0.160					1	100	0.338	55	0.373	0.0100	0.688	37	97
Betablocker	Propranolol	0.0747	41	0.0650	0.0500	0.119	4	100	0.341	54	0.381	0.0100	0.615	24	100
Contrast product	Iopromide	4.49	75	5.22	0.0260	7.50	4	57	5.68	71	6.58	0.250	9.30	4	57
Disinfectant	Triclosan	0.380					1	100	0.150	48	0.130	0.0700	0.430	19	100
<b>Hormones</b>		<b>0.0001 à 0.2 µg/L, dans les effluents avec fréquence entre 59 et 93%</b>													
Lipid regulator	Bezafibrate	2.44	93	2.00	0.100	7.60	25	100	0.816	168	0.250	0.0200	4.80	21	78
Lipid regulator	Gemfibrozil	1.63	69	1.40	0.700	3.00	4	25	0.564	59	0.600	0.0600	1.34	21	70
Metabolite	Carbamazepin-10OH	0.0222					3	100	0.0325					3	100
Metabolite	Carbamazepin-2OH	0.0590					3	100	0.0704					3	100
Metabolite	Carbamazepin-3OH	0.0554					3	100	0.0692					3	100
Metabolite	Carbamazepin-DiOH	1.001					3	100	1.08					3	100
Metabolite	Carbamazepin-EP	0.0392					3	100	0.0401					3	100
Metabolite	Clofibrate	0.294	55	0.250	0.0				0.210	11	0.160	0.144	0.200	8	100
Metabolite	Erythromycin-H2O	0.545	87	0.455	0.0				0.162	11	0.160	0.144	0.200	8	100
Metabolite	Salicylic acid	212	81	170	16.0				0.533	11	0.500	0.500	0.600	3	30
Personal care product	Galaxolide	2.51	51	3.06	0.79										
Personal care product	Tonalide	0.990	50	1.02	0.210	1.69	8	100	0.162	11	0.160	0.144	0.200	8	100
Vasodilator	Pentoxifyllin	/	/	/	/	/	/	/	0.533	11	0.500	0.500	0.600	3	30

D'après Miège et al. Environmental Pollution, 2009

# Quelles concentrations dans les rivières ?

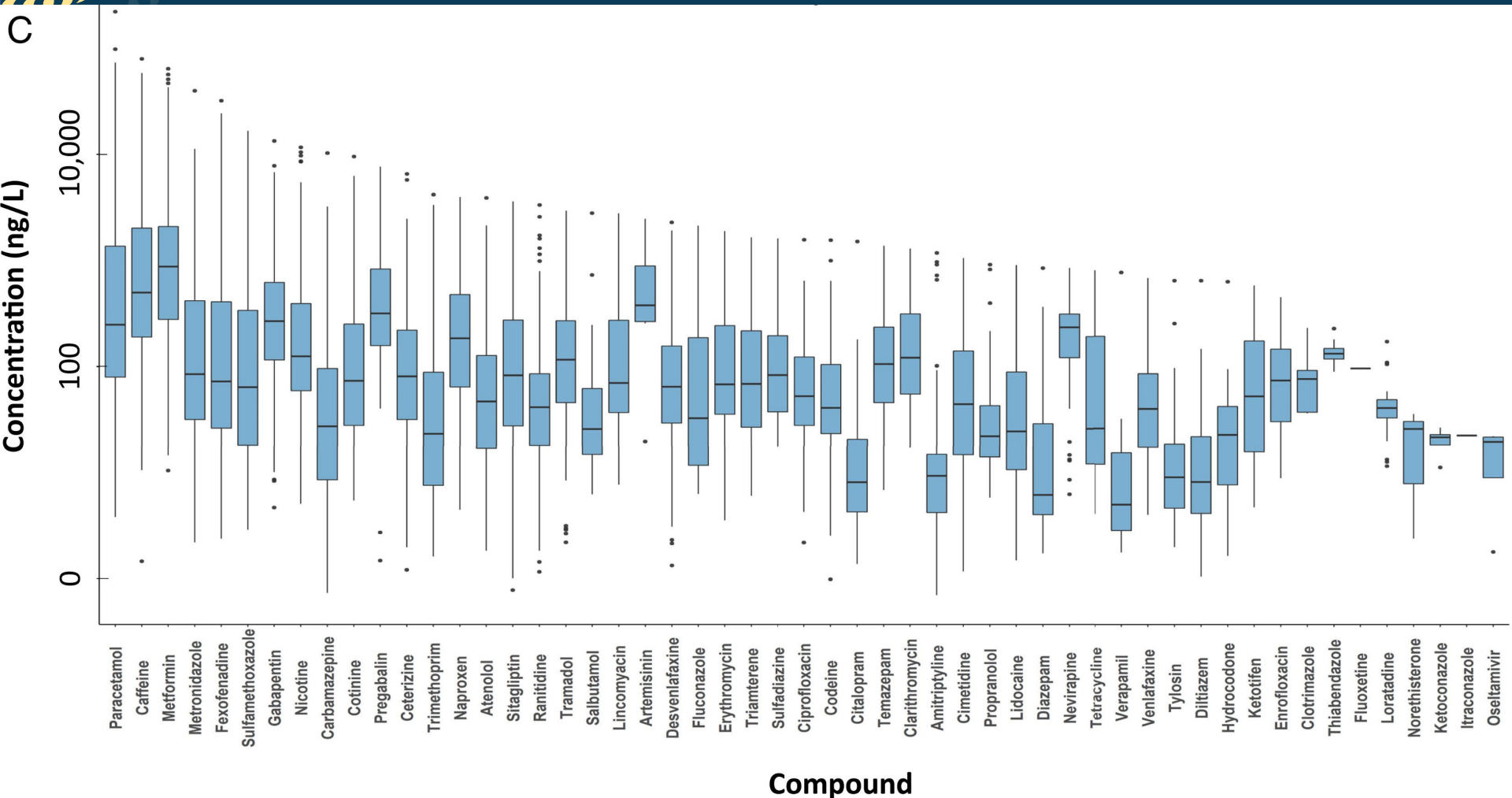


Dans une gélule de 1g de paracétamol  
⇒ 4 000 000 000 000 000 000 000 000  
molécules de paracétamol !  
1 molécule pèse ~900 uma



On les mesure dans l'eau en quantités  
infimes (du ng/L au µg/L)  
=> l'équivalent d'une cuillère à café dans  
une piscine olympique

# Quelles concentrations dans les rivières ?

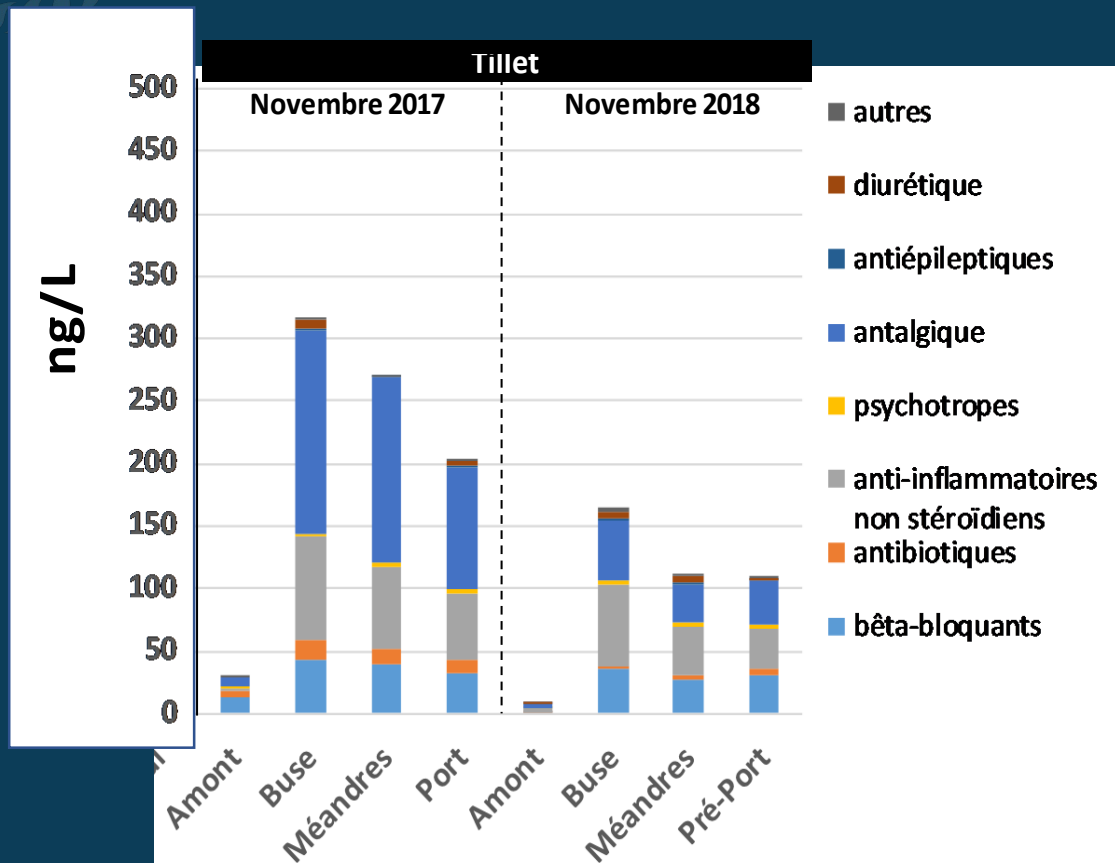


Wilkinson et al.,  
2022, PNAS, vol119,  
n°8

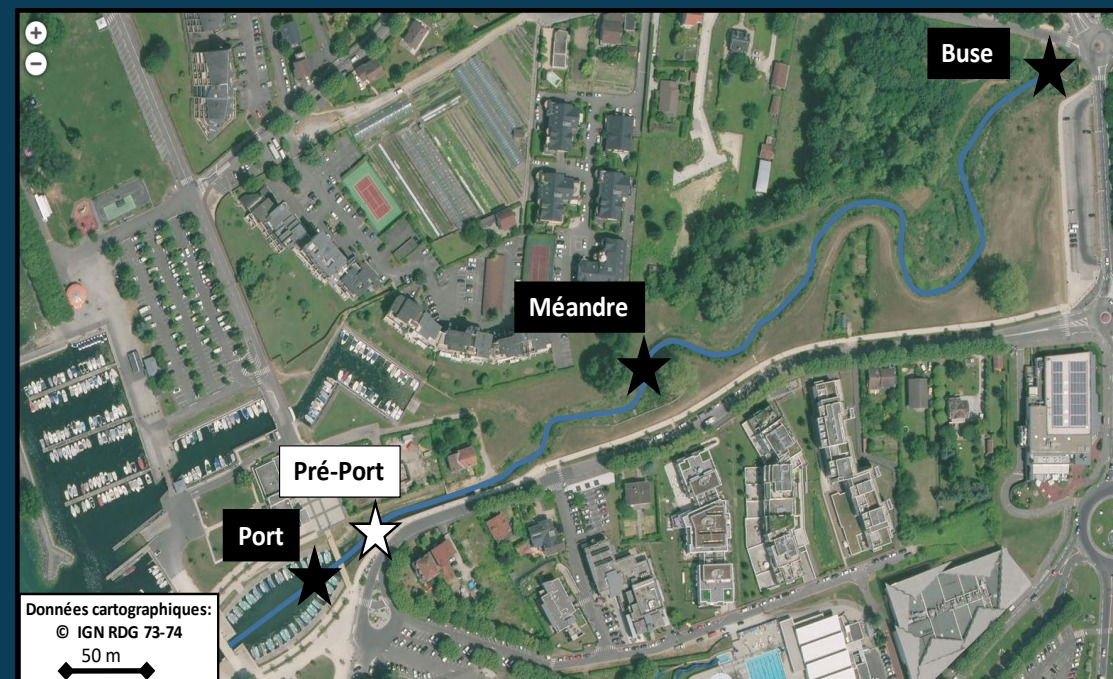
61 substances,  
1052 sites,  
258 rivières,  
104 pays,  
6 continents



# Quelles concentrations dans les rivières ?

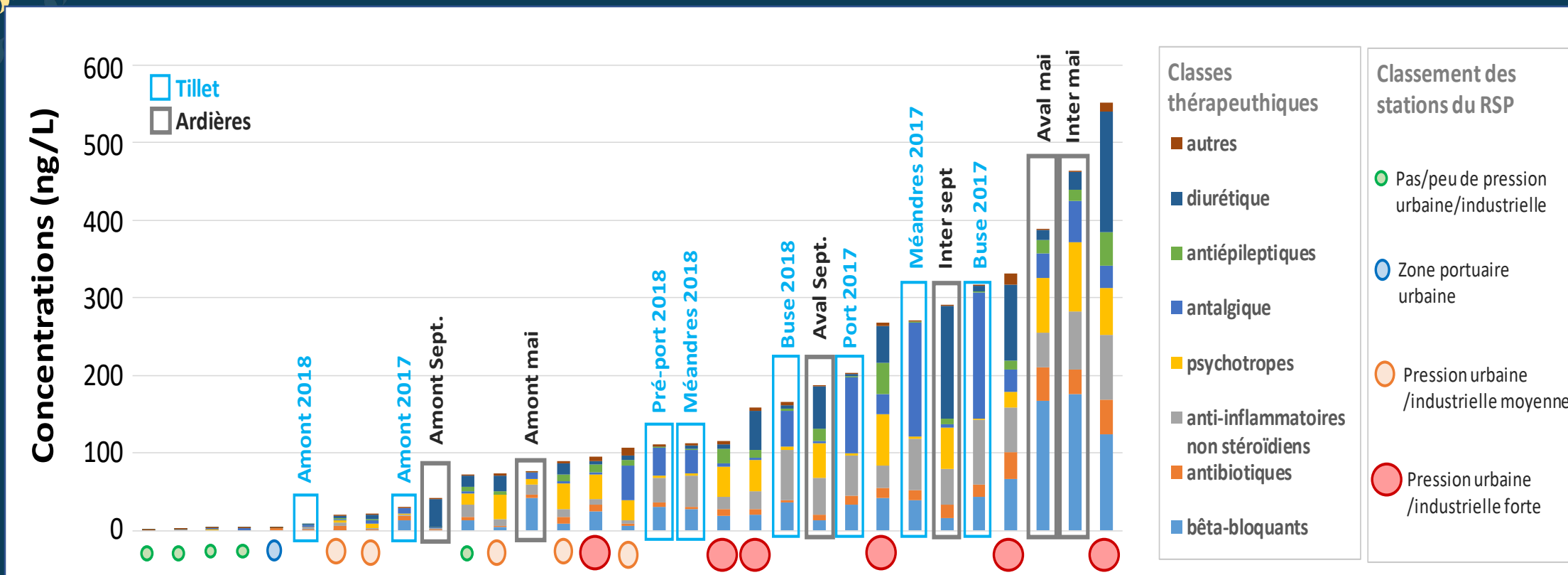


## Tillet, affluent du lac du Bourget (Savoie)



Sur la base de 23 substances recherchées

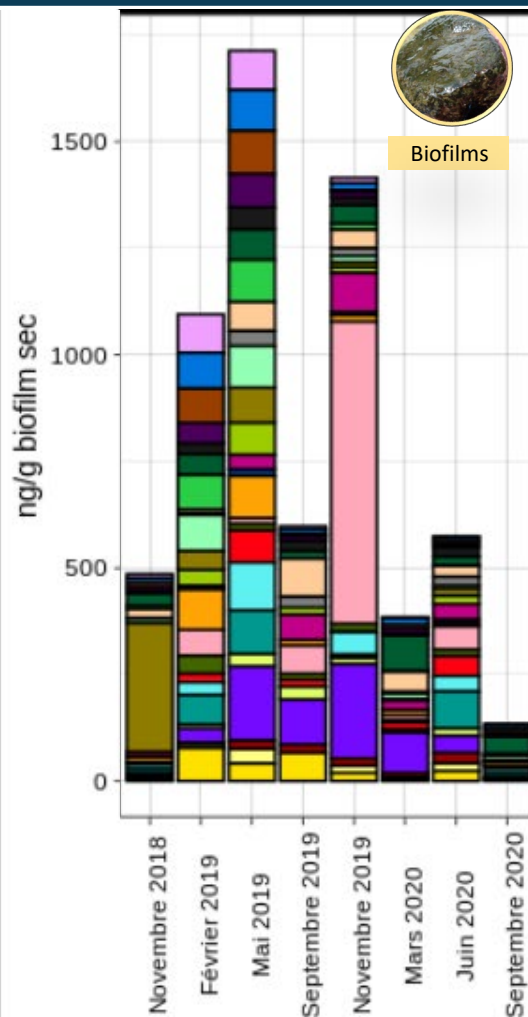
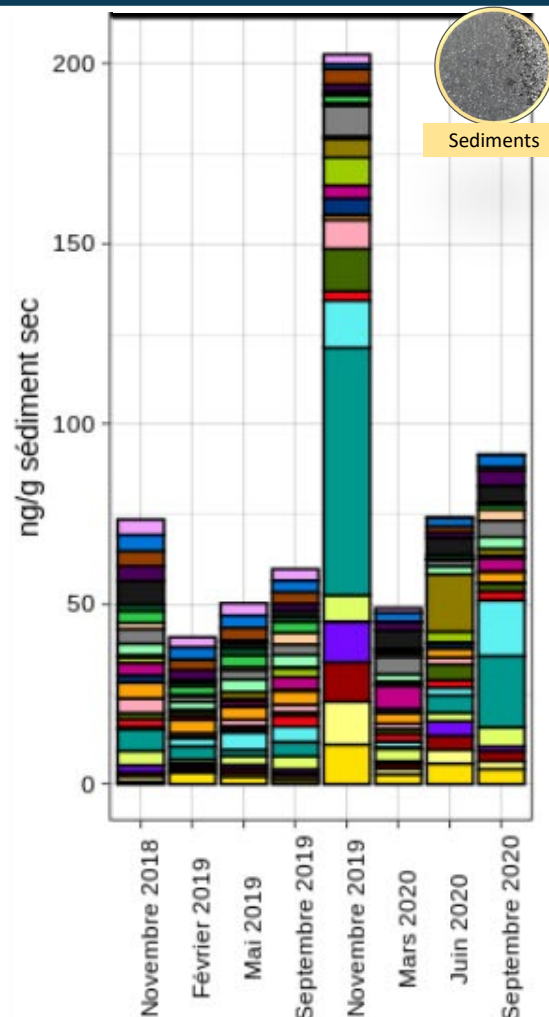
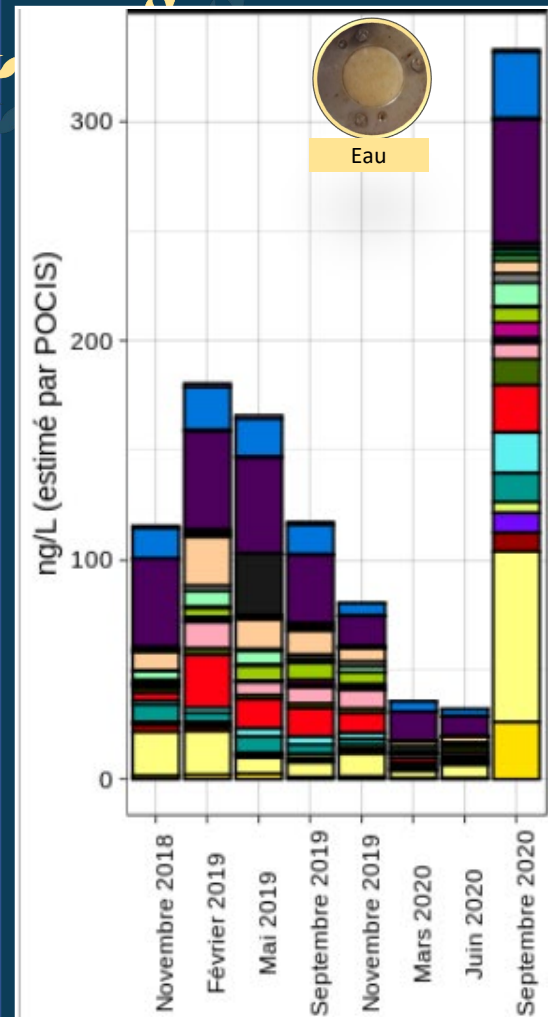
# Quelles concentrations dans les rivières ?



**Sur la base de 23 substances recherchées  
Pour 17 sites du réseau national de surveillance  
prospective (RSP)**

D'après B. Mathon et al., Pertinence des échantillonneurs intégratifs passifs pour la surveillance des milieux aquatiques. Rapport de synthèse 2020. Projet RSP-EIP (2016-2020), Coord. INRAE, co-financement OFB, consortium AQUAREF

# Quelles concentrations dans les autres compartiments du milieu aquatique ?



10_11_epoxy	Cafeine	Diclofenac	Levofloxacine	Roxythromycine
Acide_clofibrique	Carbamazepine	Enrofloxacin	Metronidazole	Sulfamethazine
Amoxicillin	Ciprofloxacine	Erythromycine	Norfloxacine	Sulfamethoxazole
Atenolol	Clarithromycine	Flumequine	Oxytetracycline	Sulfaquinoxaline
Azithromycine	Diazepam	Iohexol	Propranolol	Trimethoprim

Lac Léman

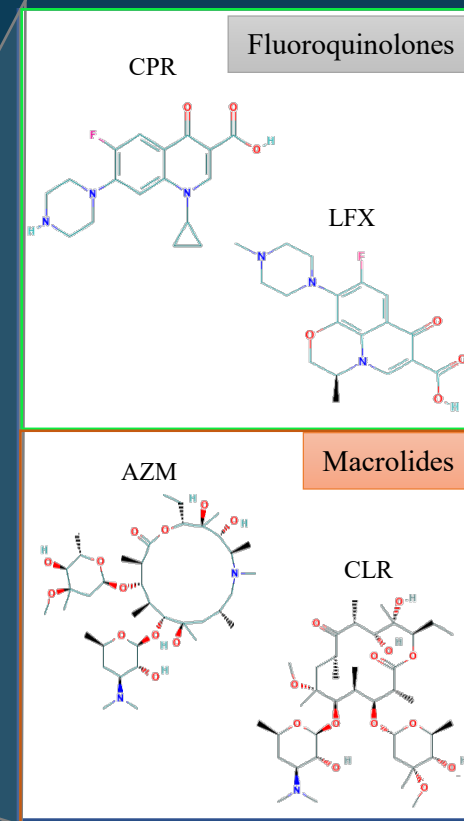
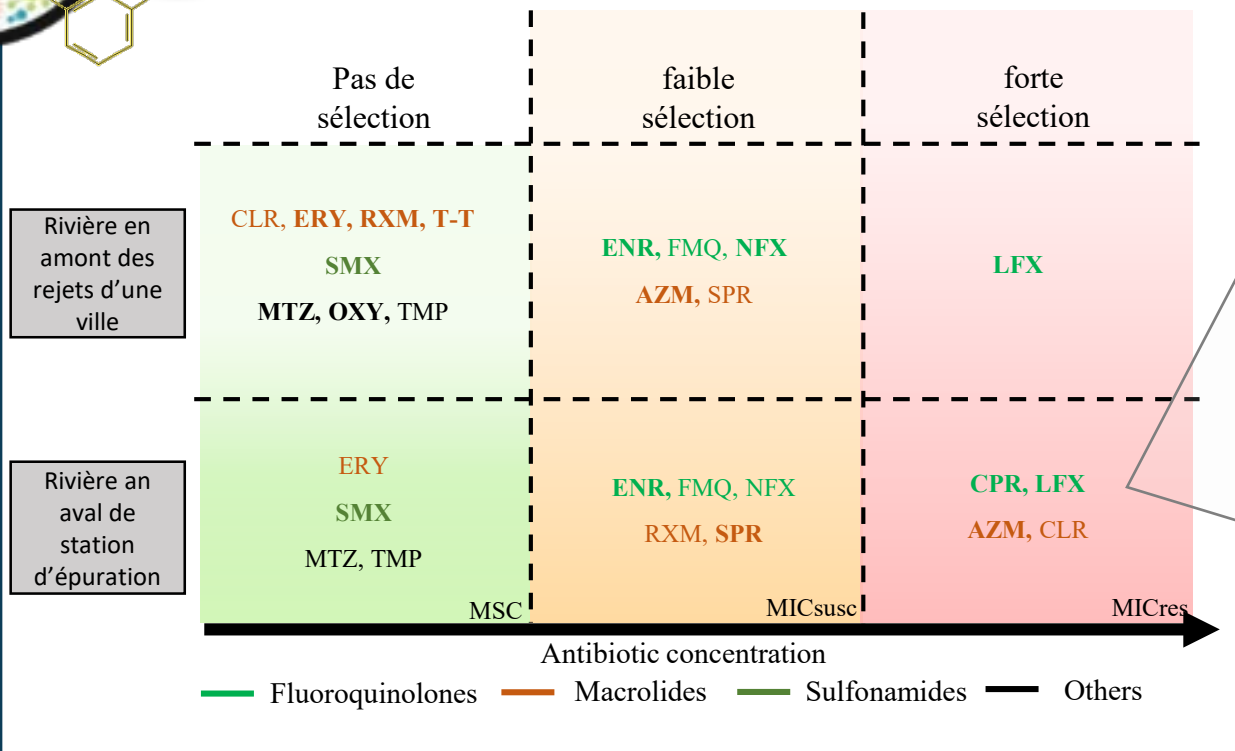


Un même lieu d'exposition ne signifie pas une même contamination pour tout

# A quelles concentrations sont exposées les bactéries de l'environnement ?

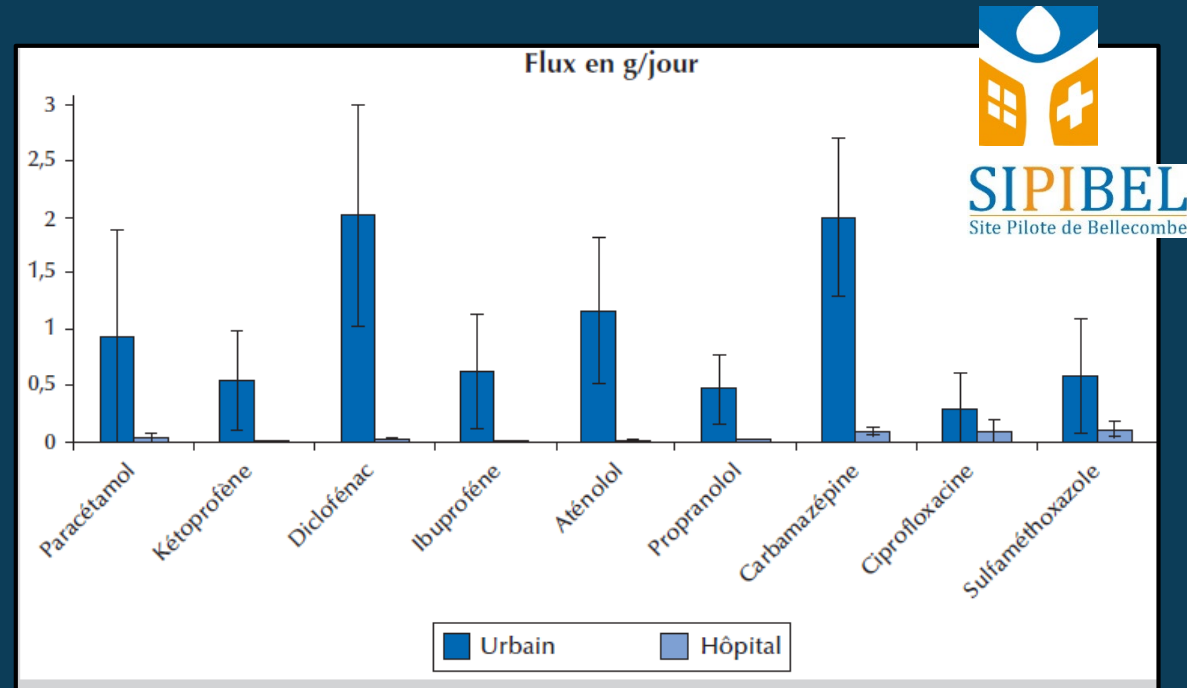
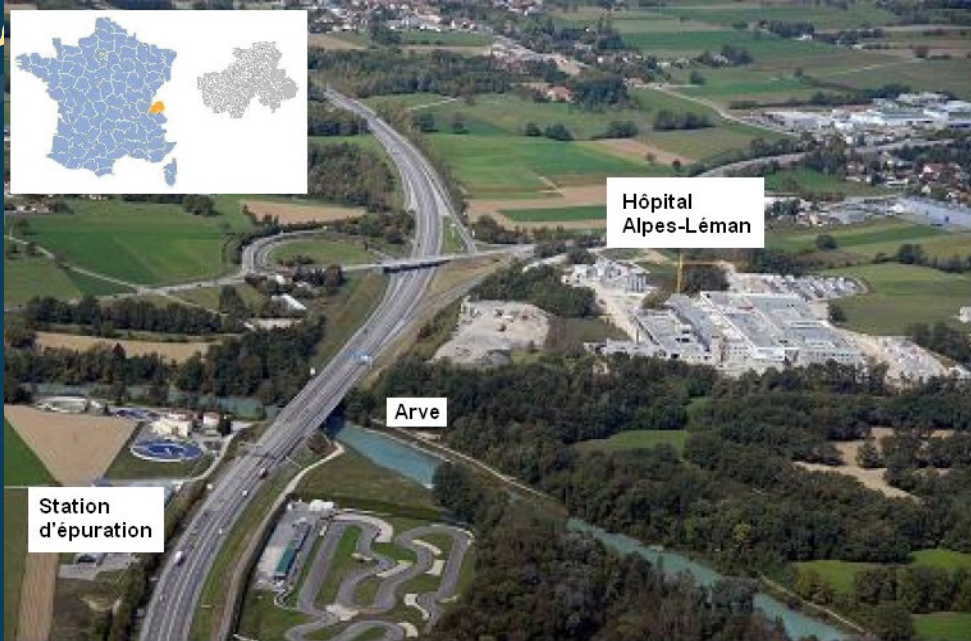


## Réponse des bactéries résistantes



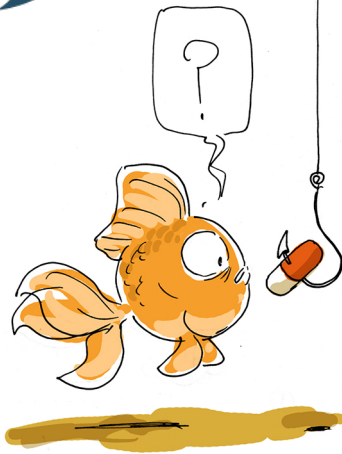
Matviichuk et al. 2022,  
Frontiers in microbiology

# Cassons les clichés : le poids des rejets hospitaliers vs. domestiques



Lecomte et al. 2018,  
Environ Risque Sante – Vol. 17

- ✓ Les apports urbains contribuent à la majorité des flux de résidus de médicaments et de détergents
- ✓ Spécificités des effluents hospitaliers (faibles volumes mais avec de fortes concentrations)



# IMPACTS

**Stéphane Pesce**  
**Alain Hartmann**



**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**INRAE**

**INRAE**  
**graie**

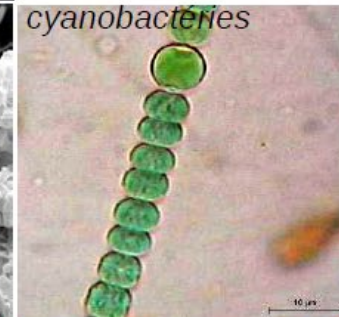
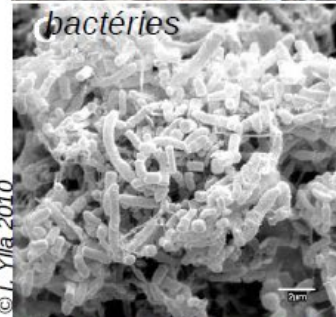
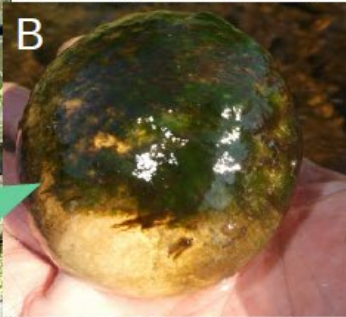
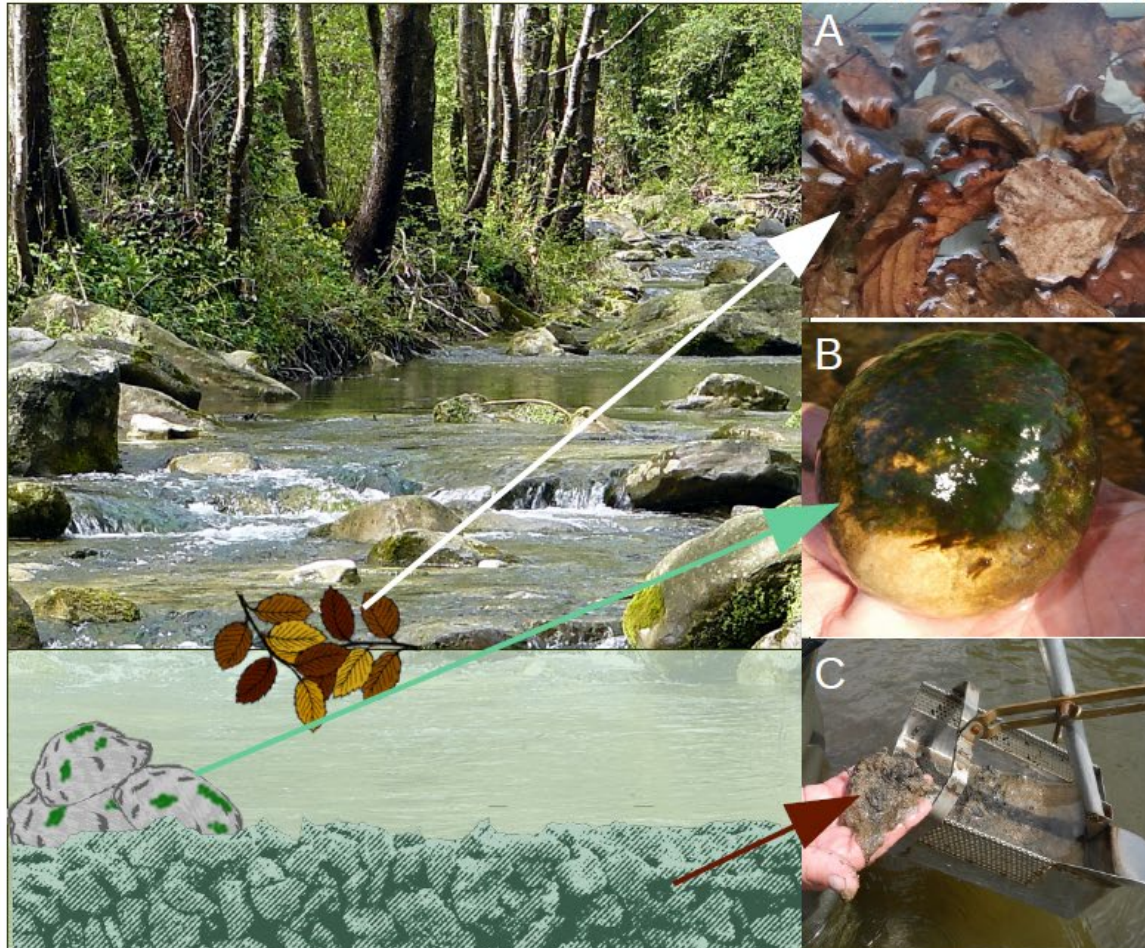


**Impacts sur  
les communautés  
microbiennes  
aquatiques**

Conséquences sur la  
dissémination de  
l'antibiorésistance et  
des pathogènes

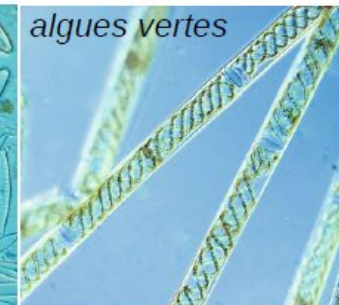
# Qui sont les communautés microbiennes aquatiques ?

## LES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES BENTHIQUES



© I. Ylla 2010

© G. Maisonneuve



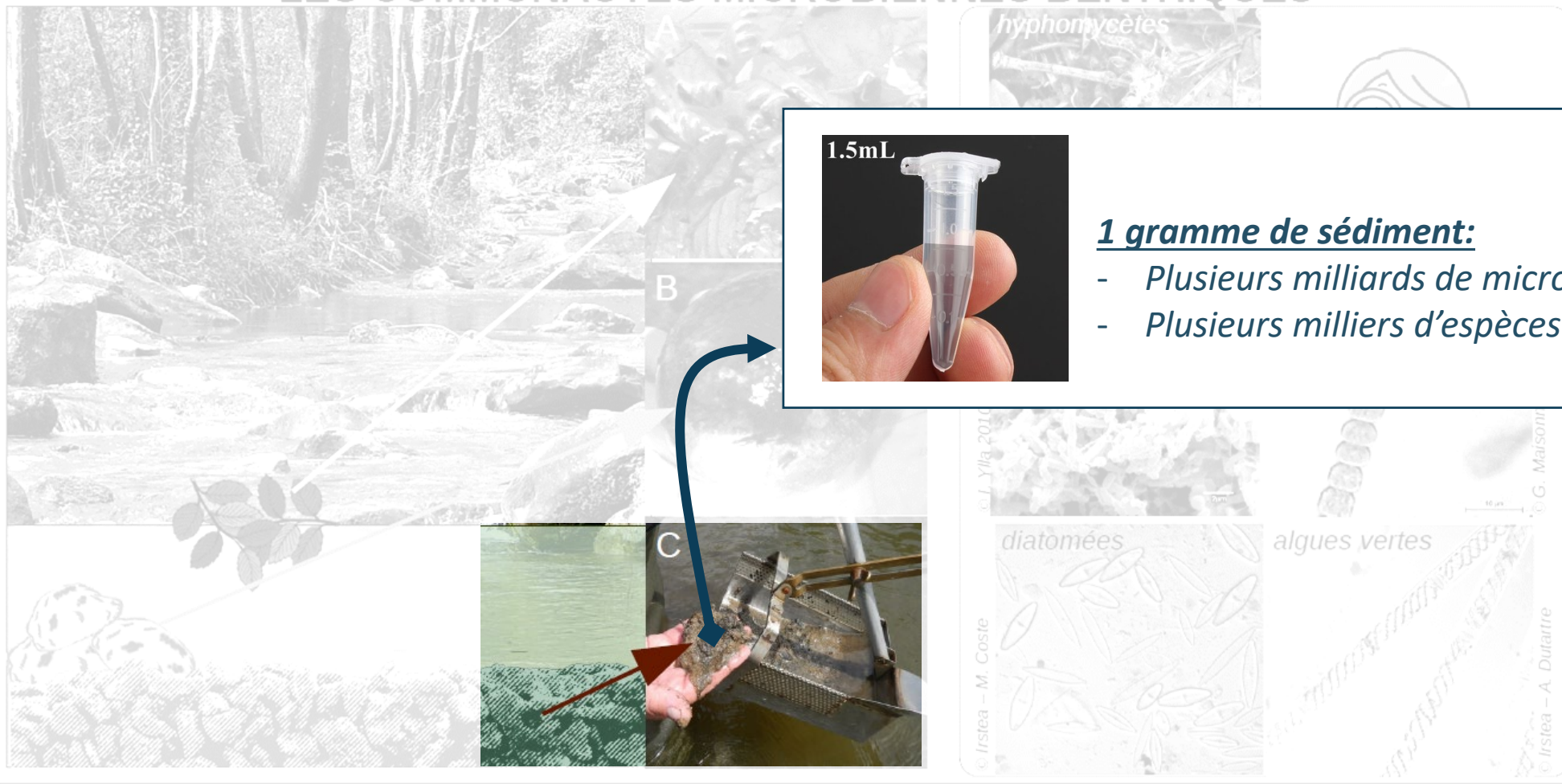
© Irstea - M. Coste

© Irstea - A. Dutarre



# Qui sont les communautés microbiennes aquatiques ?

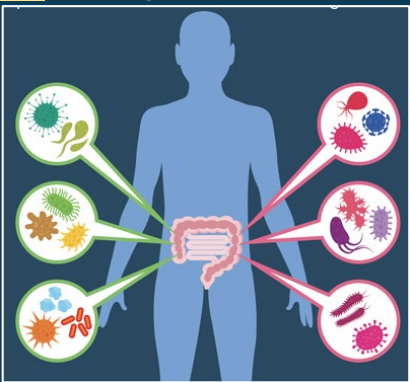
## LES COMMUNAUTÉS MICROBIENNES BENTHIQUES



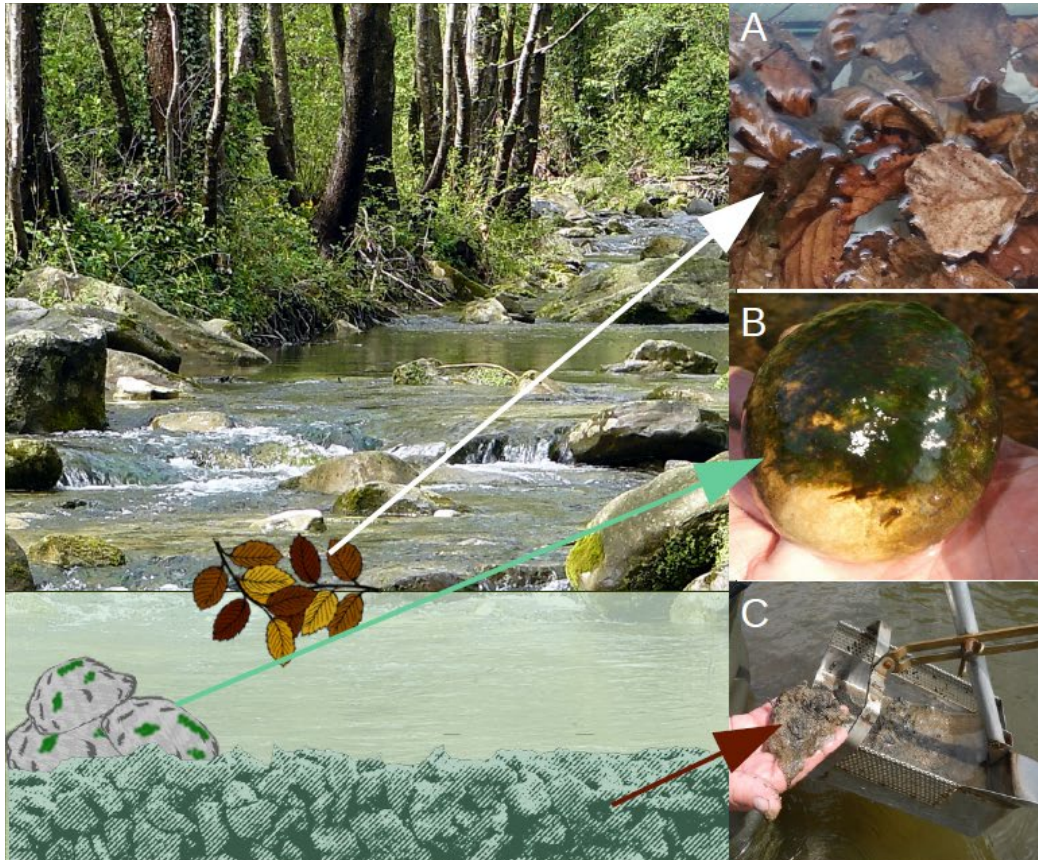
# Ces communautés sont primordiales au bon fonctionnement des écosystèmes aquatiques

A l'instar de la santé humaine (et animale), les microorganismes sont des acteurs majeurs de la santé de l'environnement

*ex. microflore intestinale*



Quelques exemples de fonctions écologiques supportées par les microorganismes



## **Production primaire (photosynthèse):**

- entrée de l'énergie dans le système (base des réseaux alimentaires)

## **Dégradation de matières organiques:**

- apports de nutriments assimilables par les producteurs primaires (P, N...)
- autoépuration des milieux
- production secondaire (biomasse consommable par les animaux)

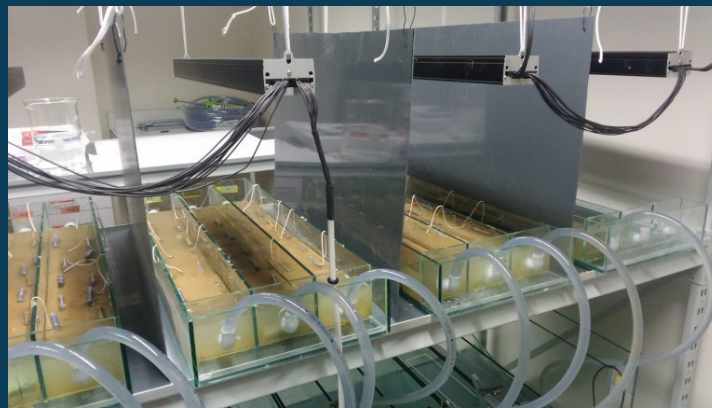
## **Biodégradation des polluants toxiques:**

incluant certains médicaments dont des antibiotiques (ex. sulfonamides)

adaptation bénéfique pour l'environnement...  
mais est-ce le cas pour la santé?

# Ces communautés sont impactées par la présence de substances pharmaceutiques dans le milieu

Des projets de recherche récents ont permis de démontrer que les concentrations environnementales de certaines substances pouvaient impacter la diversité microbienne aquatique et certaines de ces fonctions



Pour en savoir plus, venez nous rencontrer



Chloé Bonneau

## **Production primaire (photosynthèse):**

- entrée de l'énergie dans le système (base des réseaux alimentaires)

## **Dégradation de matières organiques:**

- apports de nutriments assimilables par les producteurs primaires (P, N...)
- autoépuration des milieux
- production secondaire (biomasse consommable par les animaux)

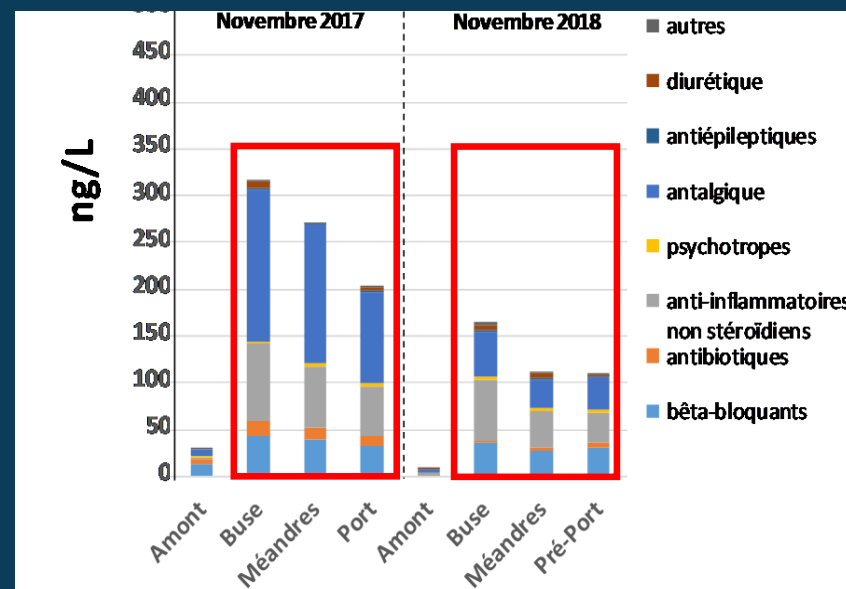
# Ces communautés s'adaptent à la présence de substances pharmaceutiques dans leur environnement

Les communautés prélevées dans des sites contaminés sont moins sensibles à la toxicité de certaines substances

*ex. Rivière Tillet*

*Affluent du lac du Bourget  
à Aix-les-Bains*

**Une contamination avérée dans la zone aval**  
*(ex. 23 substances recherchées dans l'eau en 2017 et 2018)*



# Ces communautés s'adaptent à la présence de substances pharmaceutiques dans leur environnement

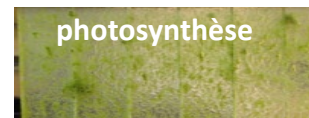
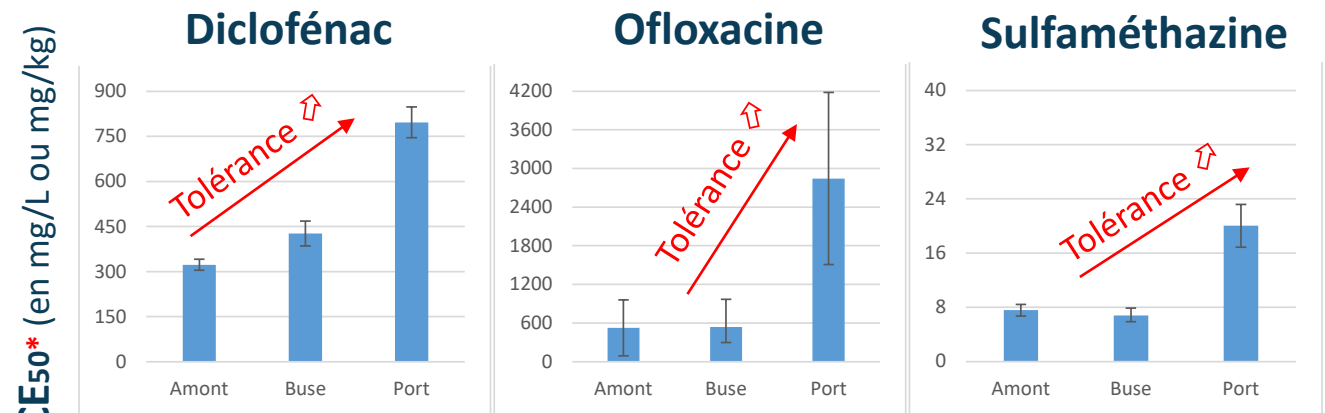
Les communautés prélevées dans des sites contaminés sont moins sensibles à la toxicité de certaines substance

*ex. Rivière Tillet*

*Affluent du lac du Bourget à Aix-les-Bains*



Une augmentation de la tolérance des communautés microbiennes à certaines substances dans la zone aval (mesures effectuées en mars 2021)



\*CE50 = concentration efficace (pour inhiber 50% de l'activité mesurée)

Approche PICT (*Pollution Induced Community Tolerance*)

Venez nous voir pour en savoir plus... 😊

# Ces communautés peuvent aussi contenir des bactéries pathogènes ou multi-résistantes aux antibiotiques

- L'élevage, les amendements organiques ainsi que les systèmes de traitement des eaux usées peuvent être une source de contamination du milieu aquatique par des pathogènes *Listeria monocytogenes*, *Klebsiella pneumoniae* ou des bactéries multi-résistantes comme des *Escherichia coli* résistantes aux céphalosporines de 3ème génération,
- soit par rejet direct (STEU) ou par ruissellement/lessivage à partir de sols contaminés.



*Listeria*



*Enterococcus*



*Escherichia coli*



# Pathogènes humains dans l'environnement et transfert vers le milieu aquatique ou les productions primaires

## Pratiques agricoles

irrigation eaux non traitées  
recyclage matière organique



## Fèces d'animaux

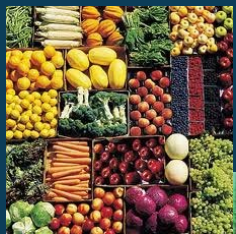


## Sol et Rhizosphère



## Transferts sol/végétation

(Barak and Liang, 2008,  
Solomon *et al.*, 2002)



*L. monocytogenes* (Weis and seeliger, 1975)  
*B. cereus* (Stabb *et al.*, 1994)  
*C. botulinum* (Huss, 1980)  
*S. typhimurium*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*  
(Berg *et al.*, 2005)

## Services écosystémiques Santé humaine



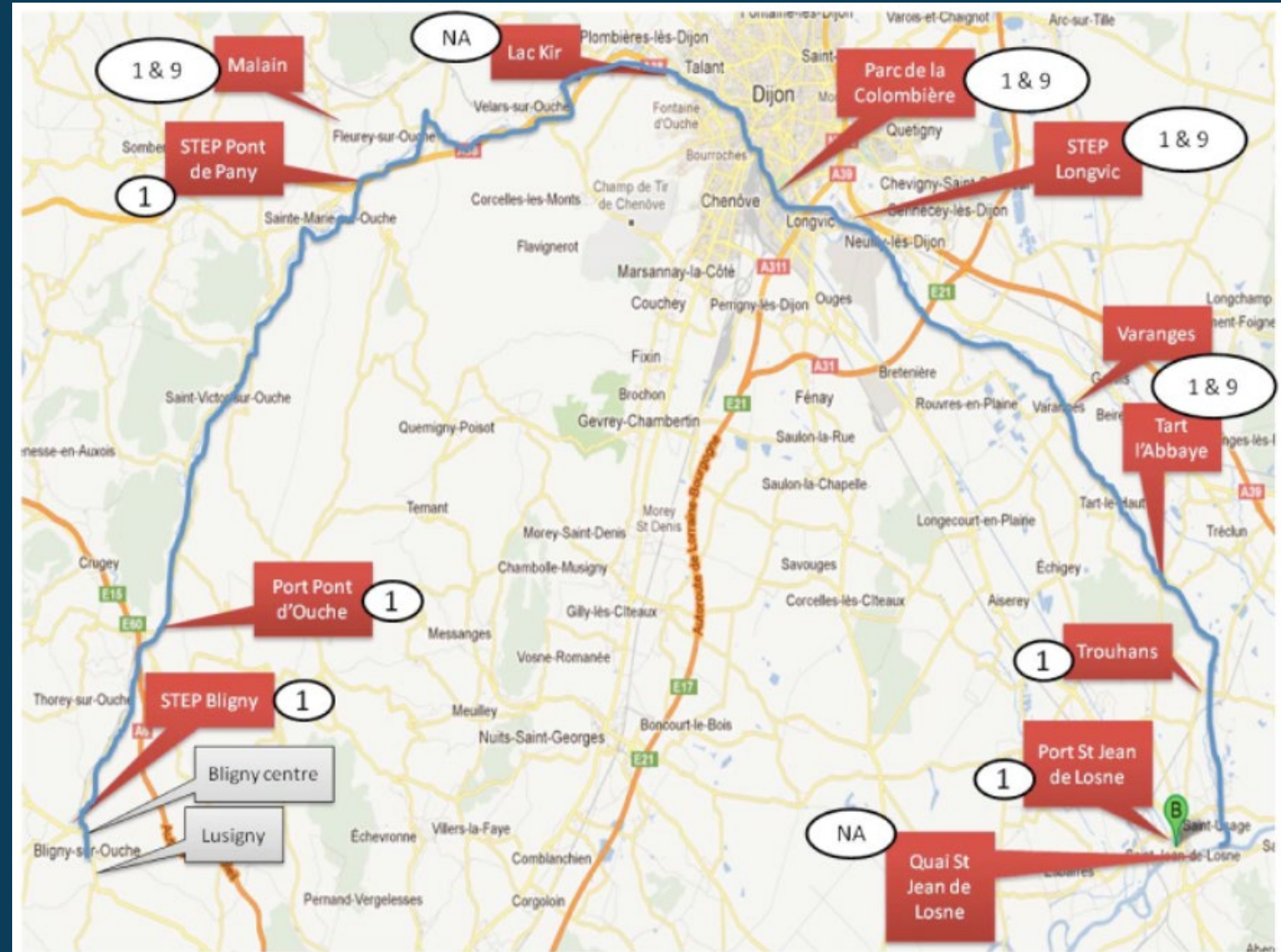
Eaux de surfaces et souterraines

# Présence de souches *d'E. coli* productrices de BLSE type CTX-M dans l'environnement à l'échelle d'un bassin versant

BLSE : beta lactamase à spectre étendu

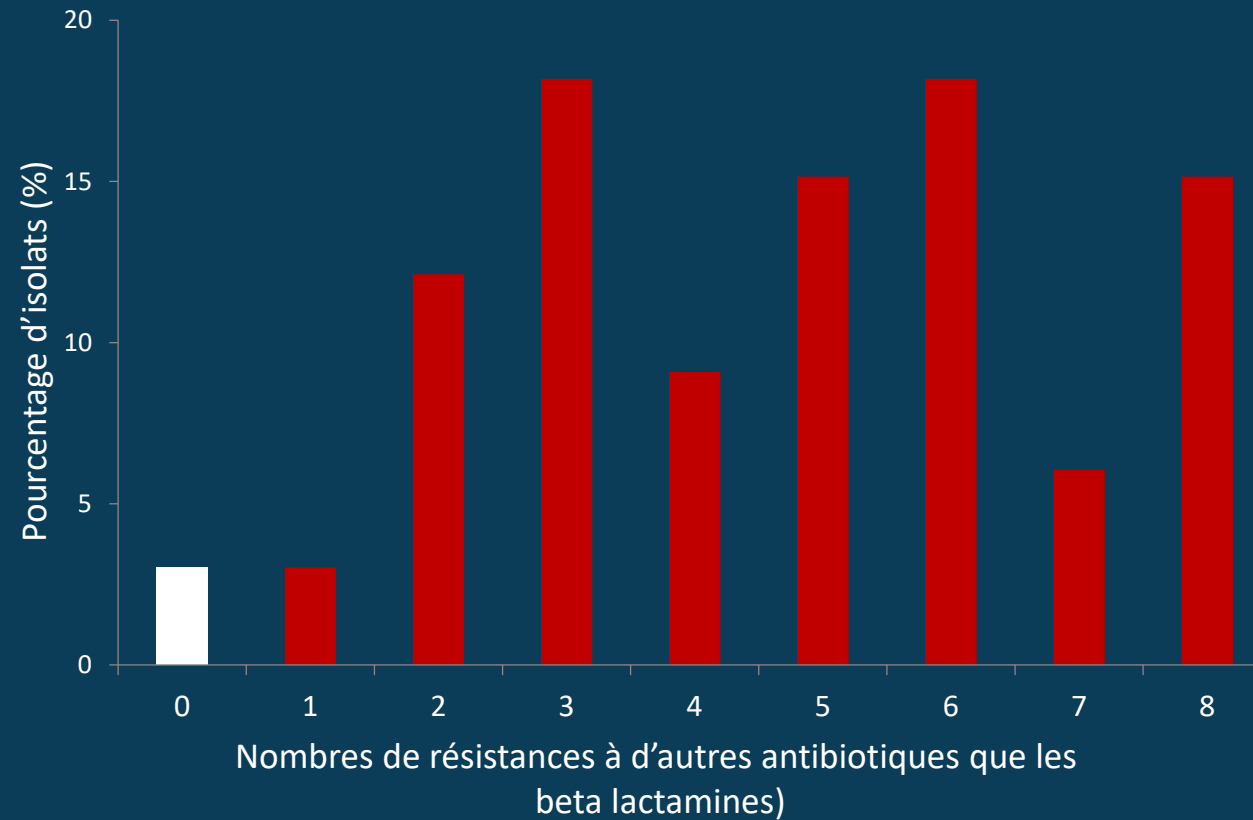
CTX-M : cefotaximase

Nécessite l'utilisation d'antibiotiques de dernier recours (OMS)





# Souches multirésistantes, une menace planétaire selon l'OMS, 10M de morts par an en 2050 ?

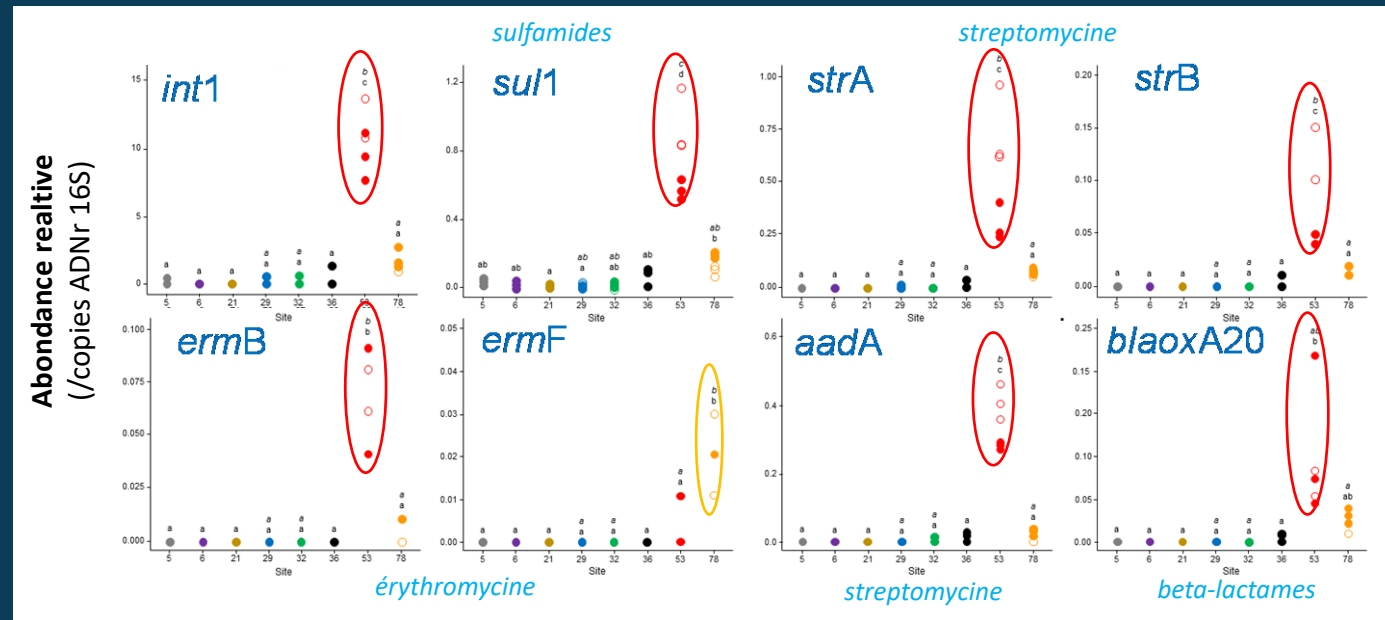
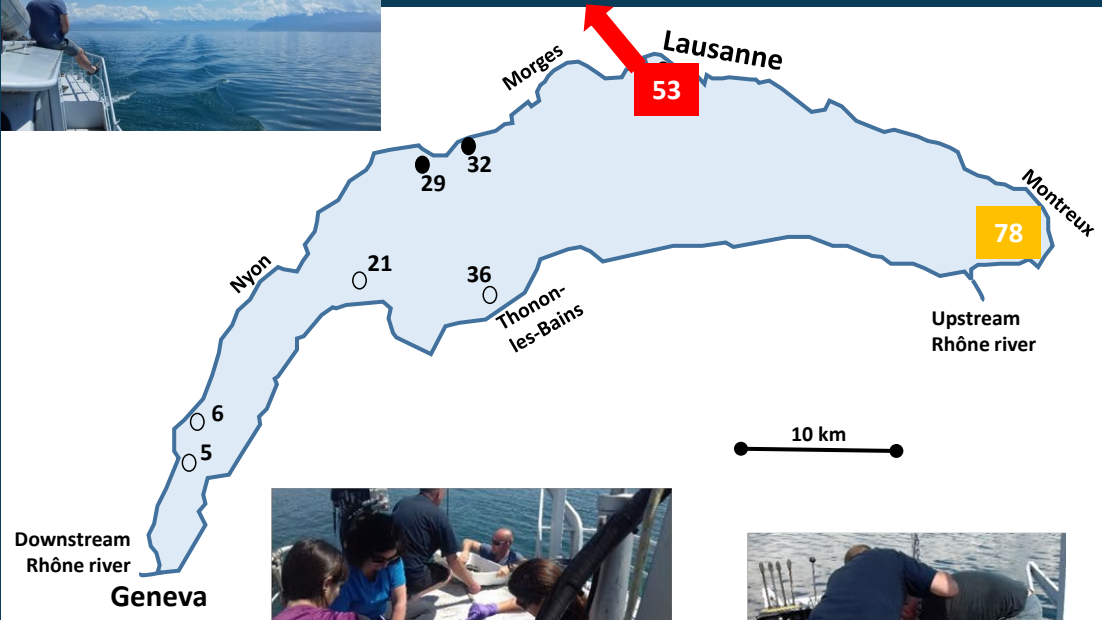


Proportion de souches d'*E. coli* productrices de BLSE de type CTX-M multi-résistantes

# La dissémination des antibiorésistances concerne tous les milieux: cas du lac Léman

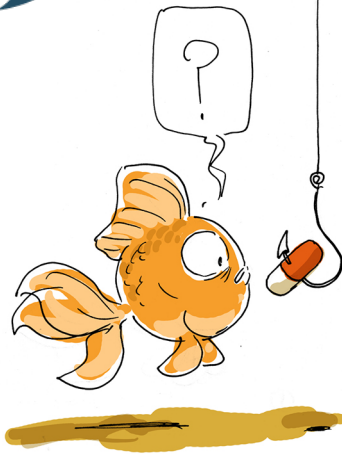
Baie de Vidy: Hotspot de contamination (toxique, organique, microbiologique)

ex. Lac Léman



Accumulation de gènes de résistance dans les sédiments de la **baie de Vidy** et, dans une moindre mesure, près de l'**exutoire du Rhône**

Quels sont les risques sanitaires associés à ce type d'adaptation microbienne ?




# Les leviers

Elodie Brelot

**graie**  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES  
Recherche • Animation • Diffusion

INRAE  
graie



**Les leviers  
d'action dans  
les pratiques  
de soin**

# Le contexte de crise sanitaire / → Le concept de Santé Unique



# ...des interrogations



**Les sources ?**  
**Hôpital VS Urbain**

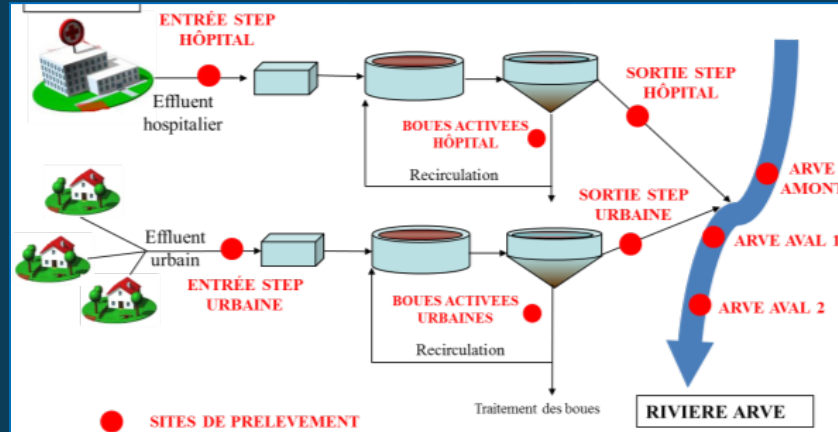
**Le traitement ?**  
**Mélangé ou séparé**

**Les impacts ? Les risques ?**  
**Pour l'environnement et la santé**



**→ Les stratégies de réduction à la source,  
au regard des risques ?**

# Une réponse partenariale



## Programmes d'étude et recherche 2011-2024

### Mobilisation de 32 partenaires

- 11 équipes de recherche
- 6 collectivités
- 1 centre hospitalier
- 2 industriel / gestionnaire – 4 prestataires
- 8 partenaires techniques et financiers

### Production

- 6 programmes de recherche
- 240 campagnes
- 170 paramètres
- → 56 000 données
- 5 thèses
- 30 publications scientifiques
- 17 rapports publics

### Budget et financements

- 5 M€ :
- 3 M€ de financement
- 2 M€ d'autofinancement

RISMEAU

RILACT

DoMinEau

Persist'Env

MediATeS

IRMISE  
Arve Aval

SIPIBEL  
Site Pilote de Bellecombe

graie  
PÔLE  
EAU & TERRITOIRES  
Recherche • Animation • Diffusion

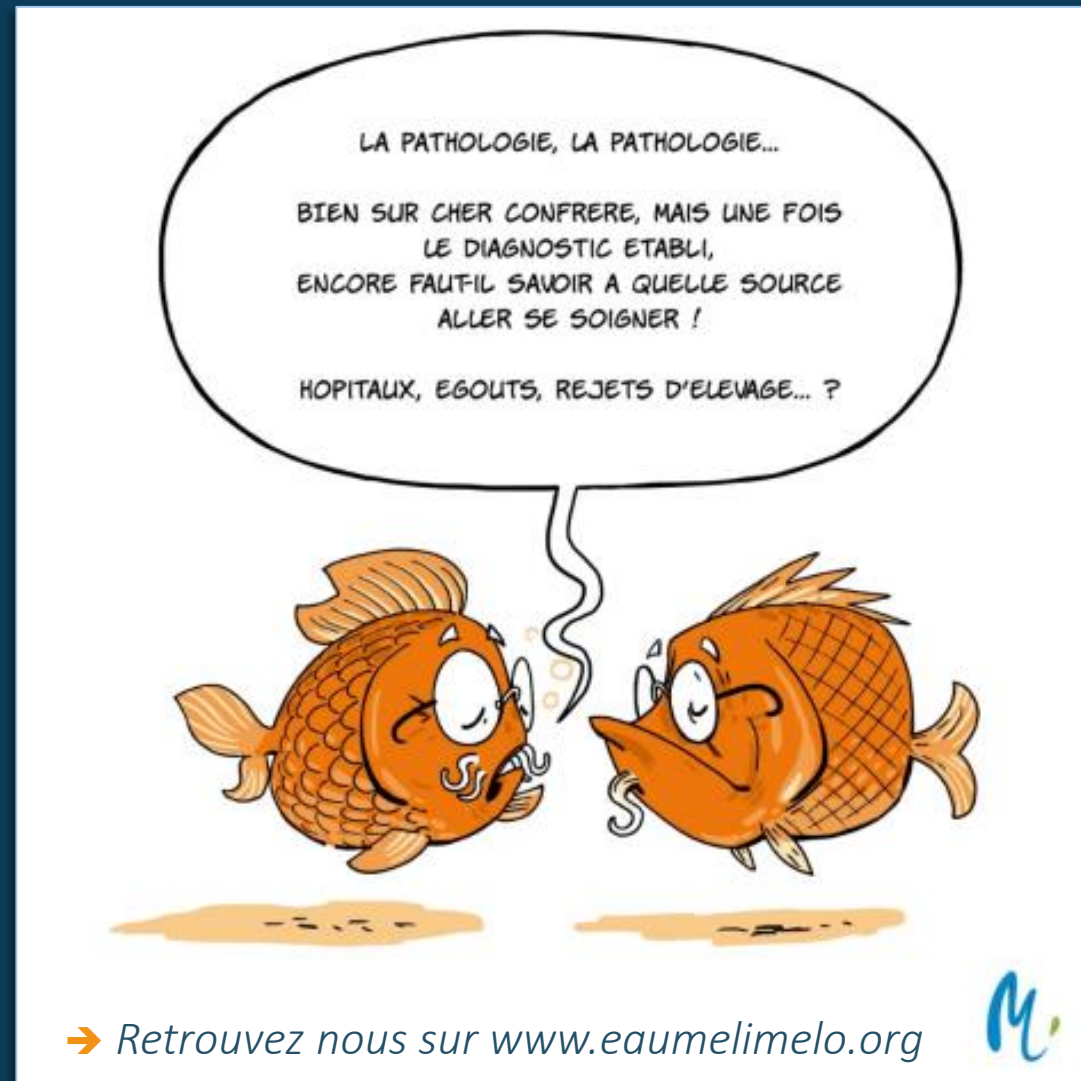
SRB

SM3A

CHAL  
CENTRE HOSPITALIER  
ALPES LEMAN

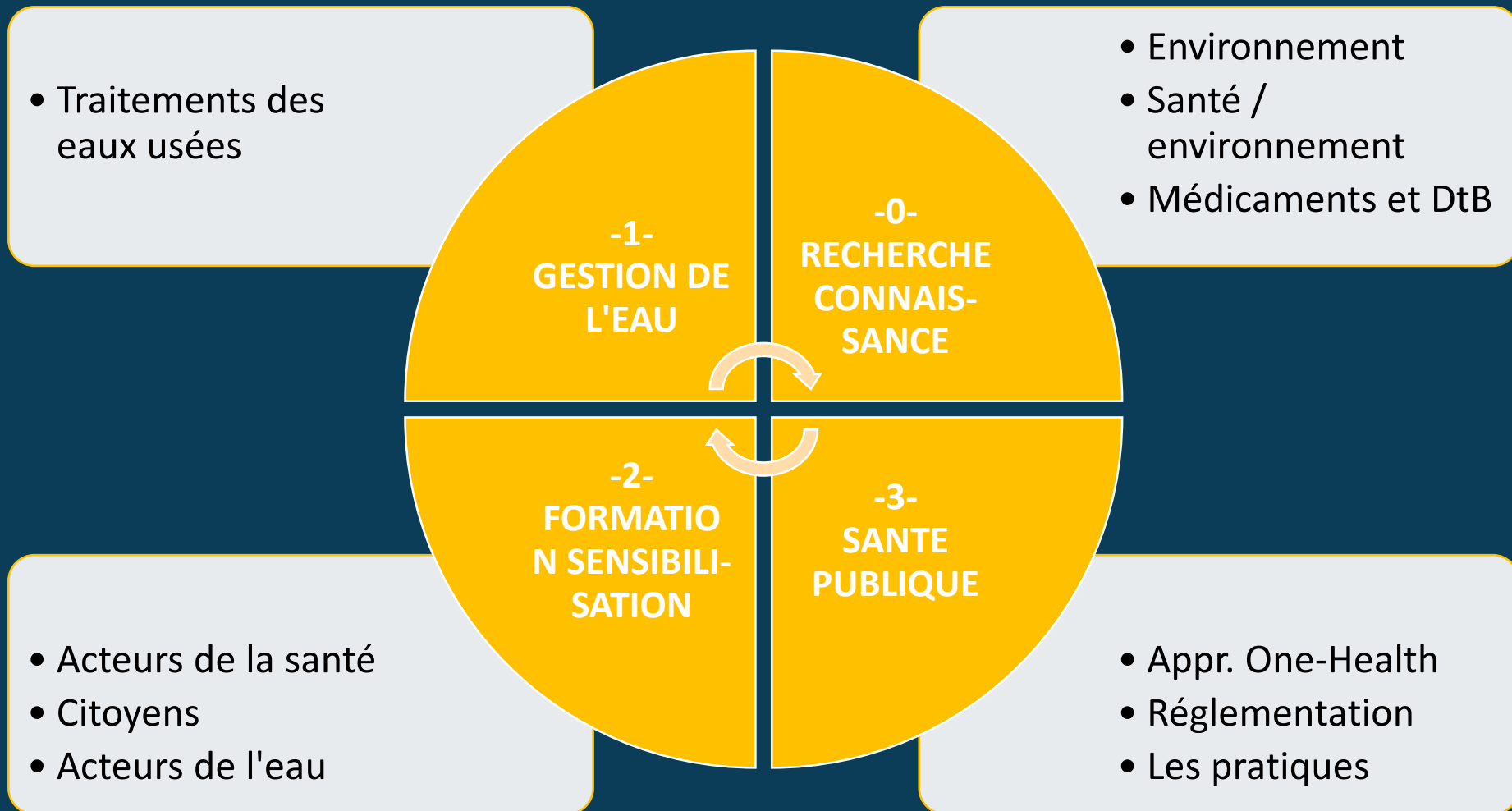
INRAE  
graie

# Quels sont les leviers pour limiter les rejets de micropolluants dans l'eau liés aux pratiques de soin ?





# Quels sont les leviers?



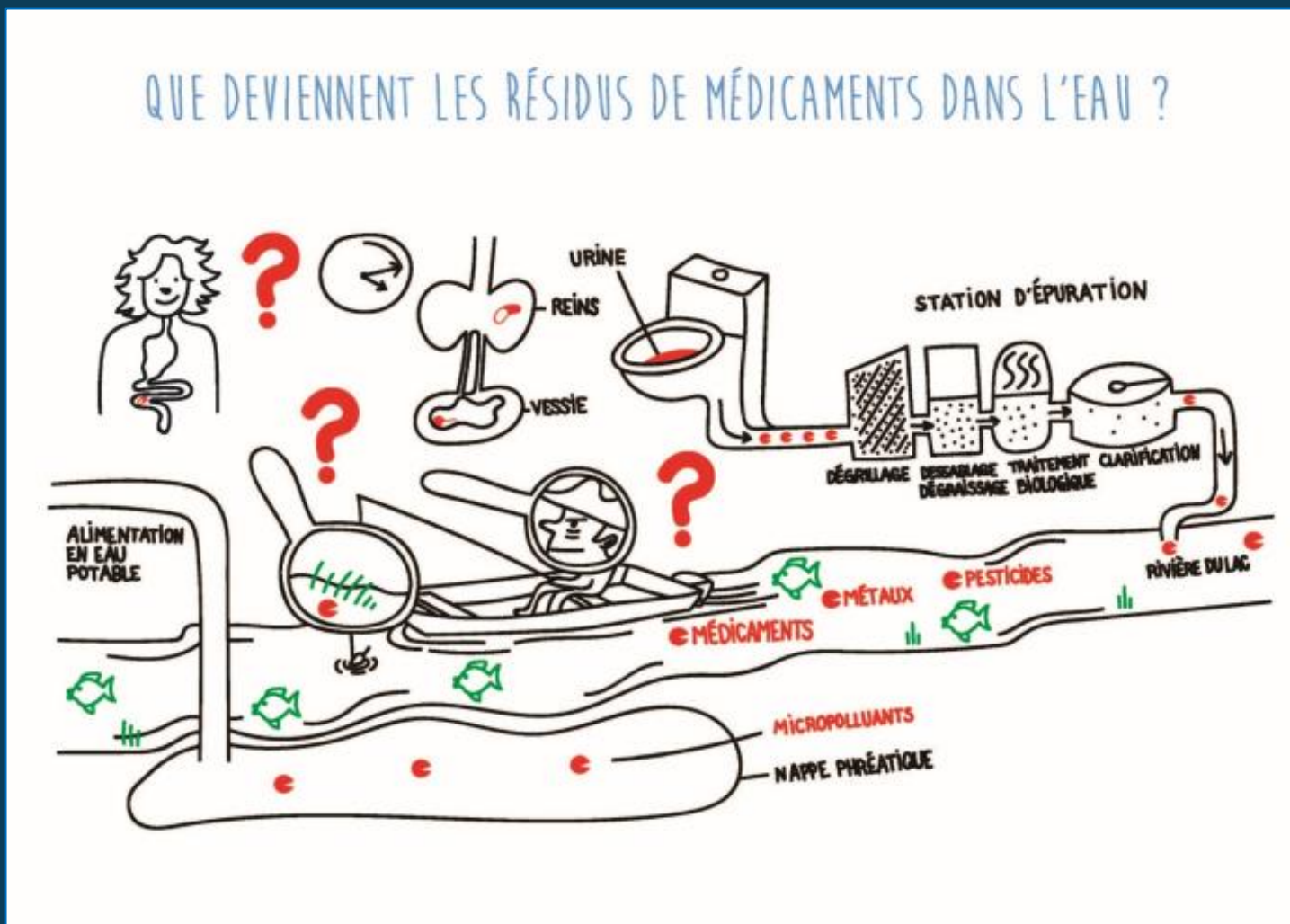
# Levier 1 - Traiter les effluents hospitaliers ... en station d'épuration !

- Les Sources :
  - hôpital pas principal
  - de plus en plus de soins à domicile
- Le traitement en Step :
  - Efficace
  - Mais on ne traite pas tout
  - On sait traiter mais cela a un coût
- Réduire aussi à la source



# Levier 2 – Sensibiliser [www.medicamentsdansleau.org](http://www.medicamentsdansleau.org)

## 7 questions traitées



**LE CADRE – SIPIBEL**  
UN PROJET ANCRÉ SUR UN TERRITOIRE  
DES COMPÉTENCES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

UN DIAGNOSTIC PARTAGÉ POUR ASSEoir  
UNE DÉMARCHE COLLECTIVE DE SENSIBILISATION

**COMPRENDRE**  
POUR MIEUX COMPRENDRE LA QUESTION  
DES MÉDICAMENTS DANS L'EAU

5 QUESTIONS POSÉES : 5 VIDÉOS DESSINÉES  
ET DES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

**AGIR**  
POUR AMORCER LE CHANGEMENT  
FAIRE ÉVOLUER NOS PRATIQUES

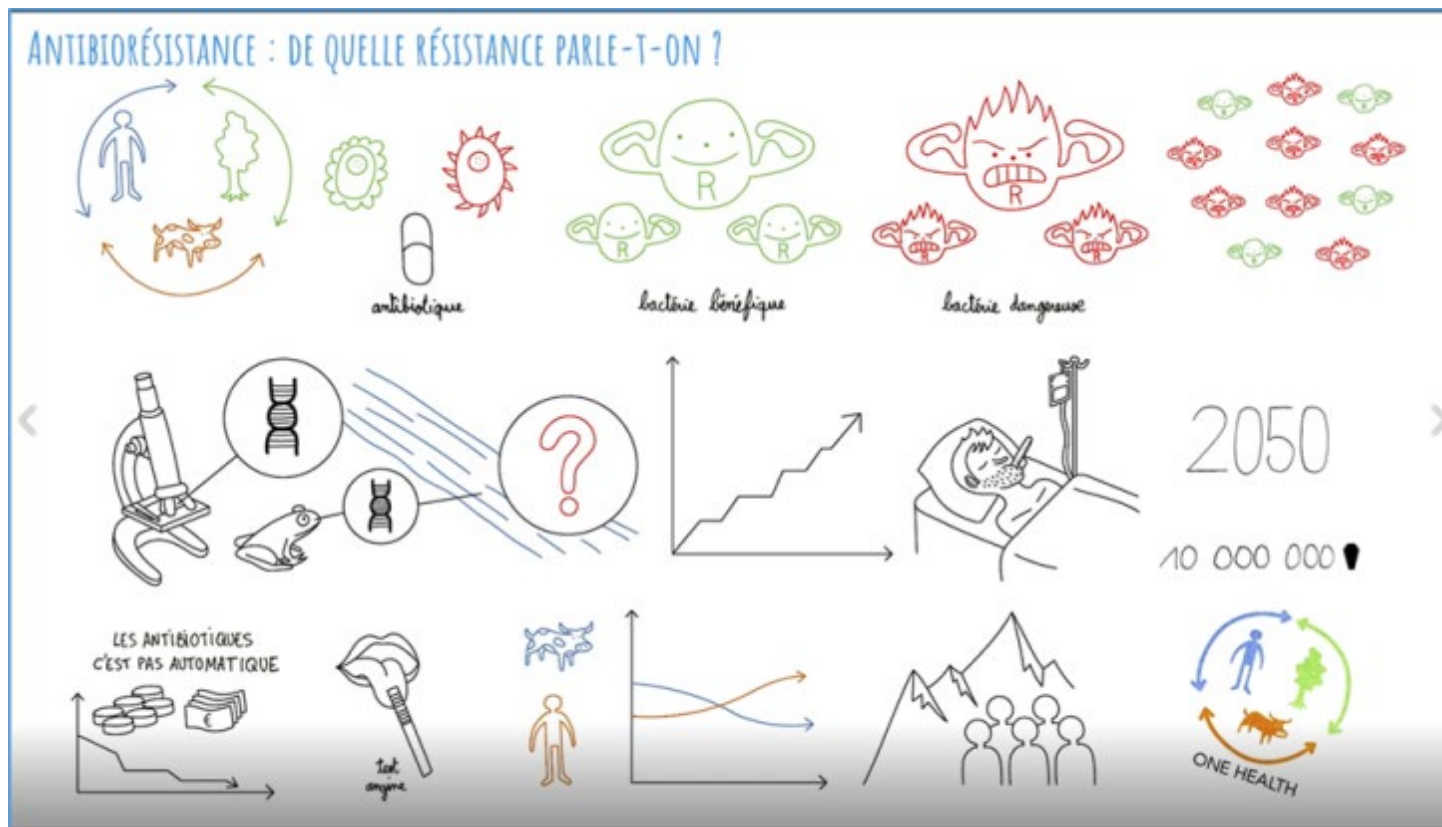
5 MISES EN SITUATION : UNE VIDÉO DESSINÉE  
ET DES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

# Levier 2 - Sensibiliser

## www.medicamentsdansleau.org

### Antibiorésistance : de quelle résistance parle-t-on ?

Cible : chacun d'entre nous en tant que patient potentiel



Santé humaine, santé animale et bon état de l'environnement sont intimement liés : nous n'avons qu'une seule santé !

**LE CADRE – SIIBEL**  
UN PROJET ANCRÉ SUR UN TERRITOIRE  
DES COMPÉTENCES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

RESEARCHER, WATER TECHNICIAN, MEDIC, PHARMACIAN, NURSE

UN DIAGNOSTIC PARTAGÉ POUR ASSOIR  
UNE DÉMARCHE COLLECTIVE DE SENSIBILISATION

**COMPRENDRE**  
POUR MIEUX COMPRENDRE LA QUESTION  
DES MÉDICAMENTS DANS L'EAU

5 QUESTIONS POSÉES : 5 VIDÉOS DESSINÉES  
ET DES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

**AGIR**  
POUR AMORCER LE CHANGEMENT  
FAIRE ÉVOLUER NOS PRATIQUES

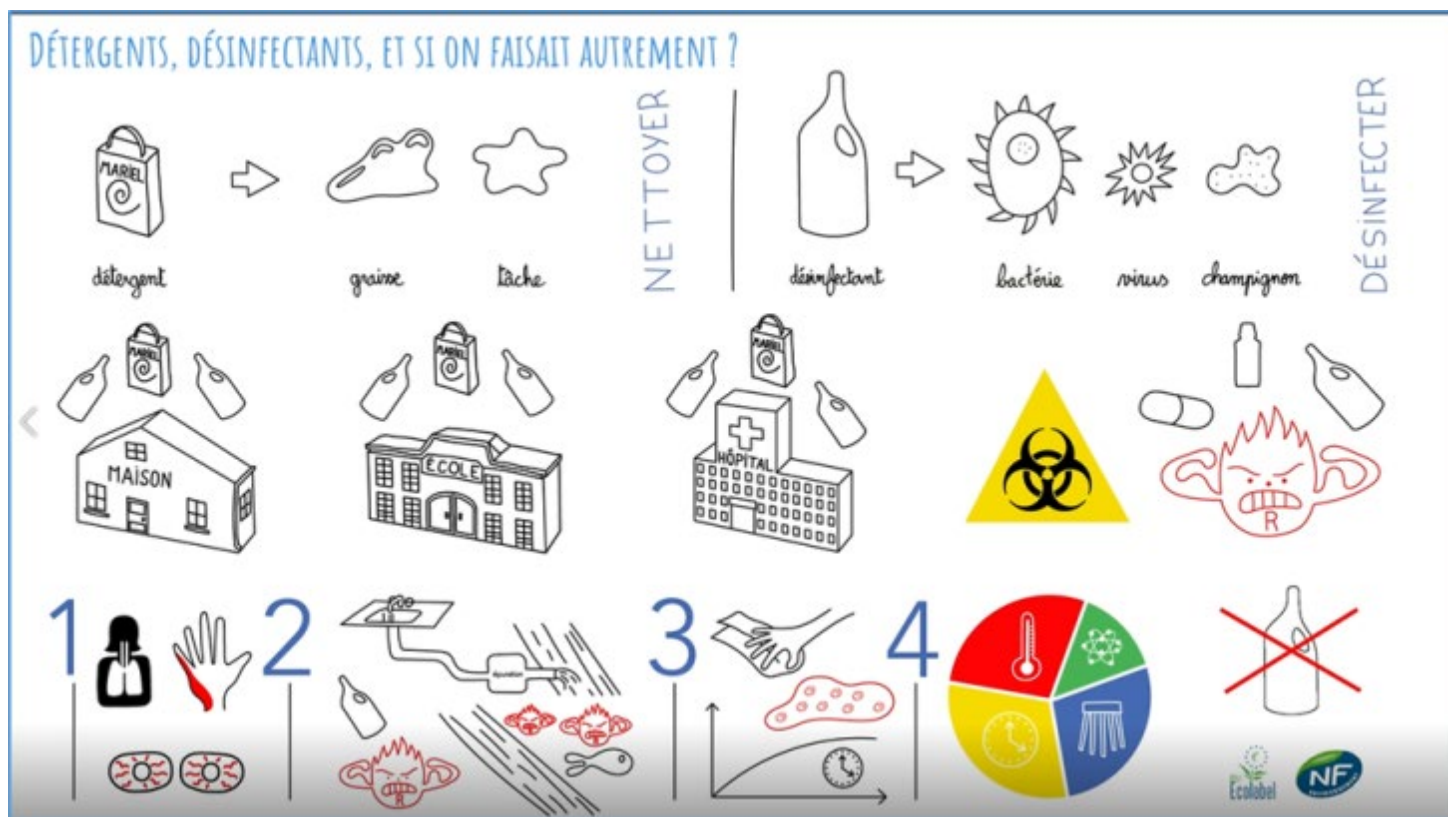
5 MISES EN SITUATION : UNE VIDÉO DESSINÉE  
ET DES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

# Levier 2 - Sensibiliser

## www.medicamentsdansleau.org

### Détergents, désinfectants, et si on faisait autrement ?

Cible : les utilisateurs de détergents et désinfectants



*L'utilisation de produits chimiques peut largement être remplacée par des produits plus naturels, l'huile de coude, la patience ou la chaleur !*

**LE CADRE – SIPIBEL**  
UN PROJET ANCRÉ SUR UN TERRITOIRE  
DES COMPÉTENCES TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

RECHERCHEUR, TECHNICIENNE DE L'EAU, MÉDECIN, PHARMACIENNE, INFIRMIÈRE

UN DIAGNOSTIC PARTAGÉ POUR ASSOIR  
UNE DÉMARCHE COLLECTIVE DE SENSIBILISATION

**COMPRENDRE**  
POUR MIEUX COMPRENDRE LA QUESTION  
DES MÉDICAMENTS DANS L'EAU

5 QUESTIONS POSÉES : 5 VIDÉOS DESSINÉES  
ET DES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

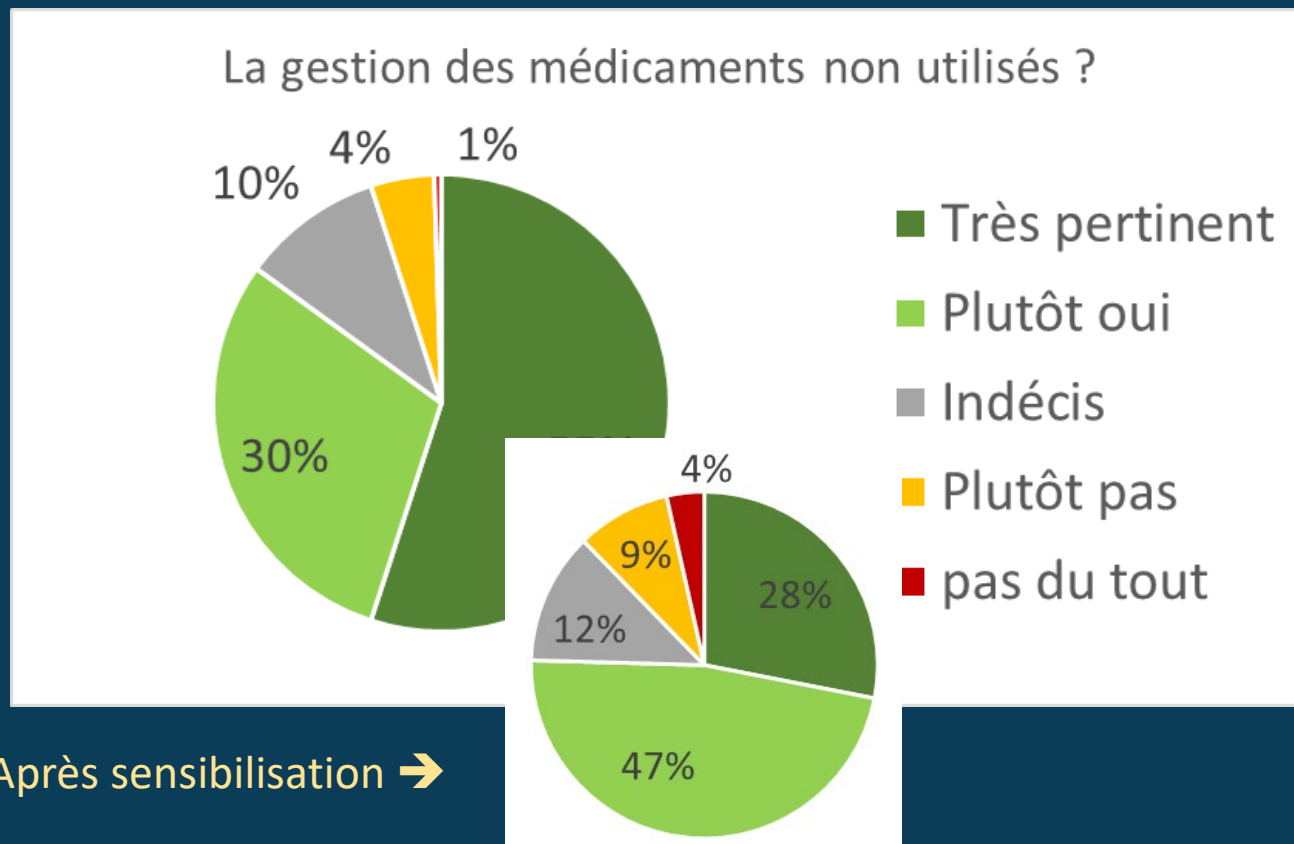
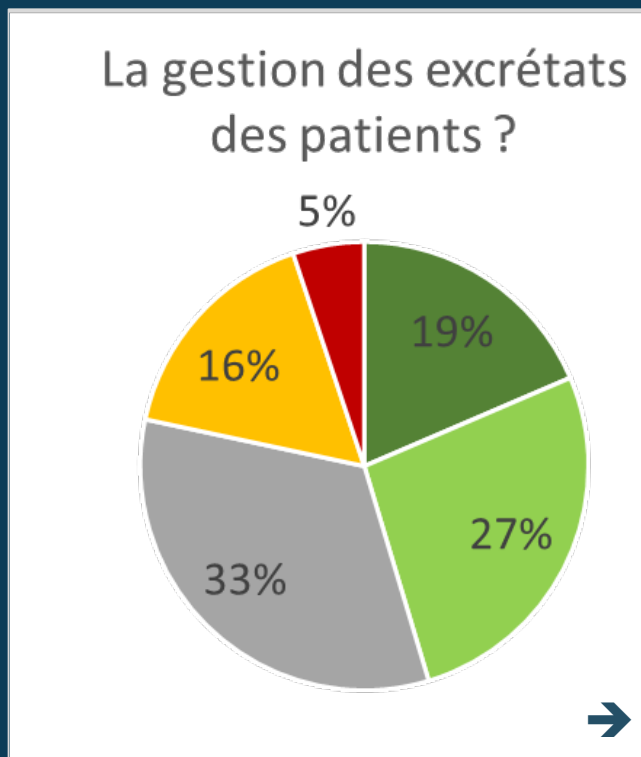
**AGIR**  
POUR AMORCER LE CHANGEMENT  
FAIRE ÉVOLUER NOS PRATIQUES

5 MISES EN SITUATION : UNE VIDÉO DESSINÉE  
ET DES RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

# Levier 2 - Sensibiliser

Quelle est la perception des professionnels de santé ?

"Quelles sont les solutions pertinentes pour limiter les rejets de médicaments ?"



Enquête à l'EHESP – 428 cadres de santé en amont – 63 après sensibilisation

# Levier 3 – Réduire à la source la réglementation

Les médicaments Intervenir sur :

- La connaissance et le partage de la connaissance sur les impacts
- La prescription des médicaments et la substitution
- La distribution à l'unité
- La gestion des MNU en établissement : pas de filière !

→ très directement liés au levier réglementaire ou à l'autorité de santé



# Levier 3 – Réduire à la source

## La gestion des excréta

### 3 types de réactions :

- Ouverts : pourquoi pas
- Fermés : technique et coût
- Outrés : pratiques liées à la dépendance / dignité des patients



### 2 préalables :

- Partager et prioriser les enjeux – identification des situations à risque
- Préciser les rôles des soignants et apporter des réponses techniques, administratives et financières

**Gradient de dépendance**



**Gradient de dignité**

Travail de Anne-Claire Maurice – 45 entretiens



# Levier 3 – Réduire à la source

## Les détergents biocides

### Arguments forts

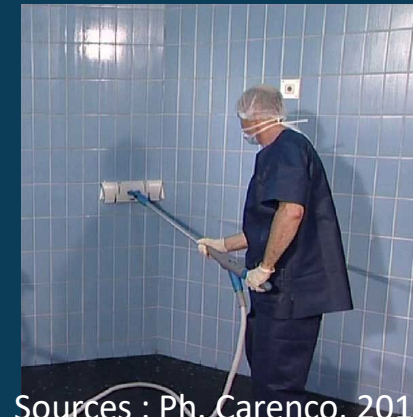
Contacts

Perturbateurs  
endocriniens

Dissémination  
bactéries  
résistantes

Coût

Alternatives  
efficaces



Sources : Ph. Carencio, 2019

**Une démarche probante en PACA / PRSE**  
267 établissements participants

# Et après ?

Que faire ? Quels sont, selon vous, les principaux leviers à mobiliser ?

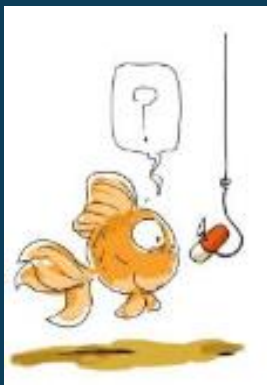
## The One Health Triad



One-Health  
Citoyens  
Politique  
Enfants  
Comportements  
Détergents-Biocides  
Réglementation  
Education  
Communication  
Prescripteurs



# Et après ?



Et vous, qu'allez-vous faire ?

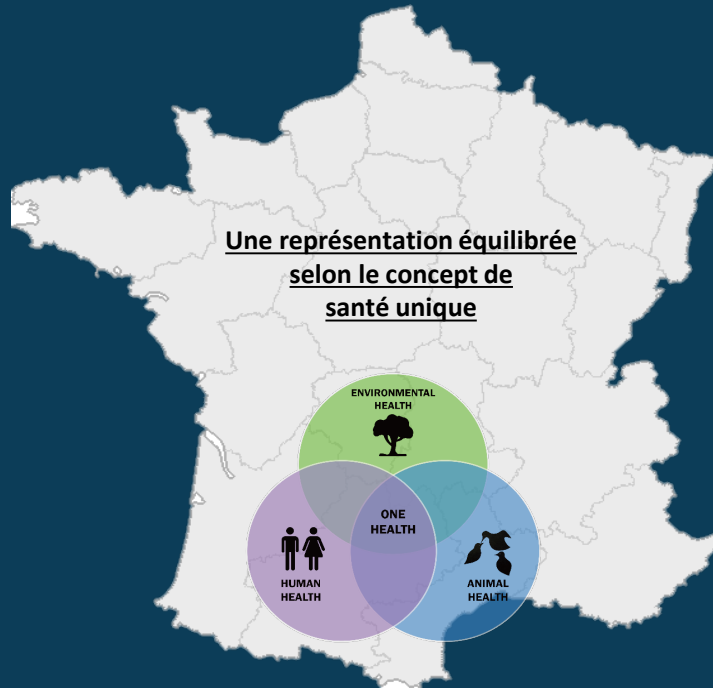
Top 10 20 100 1000



Recherche  
Sensibilisation Citoyens  
**Pratiques-domestiques**  
Communication  
Information Local Education  
Accompagnement au changement Comportements

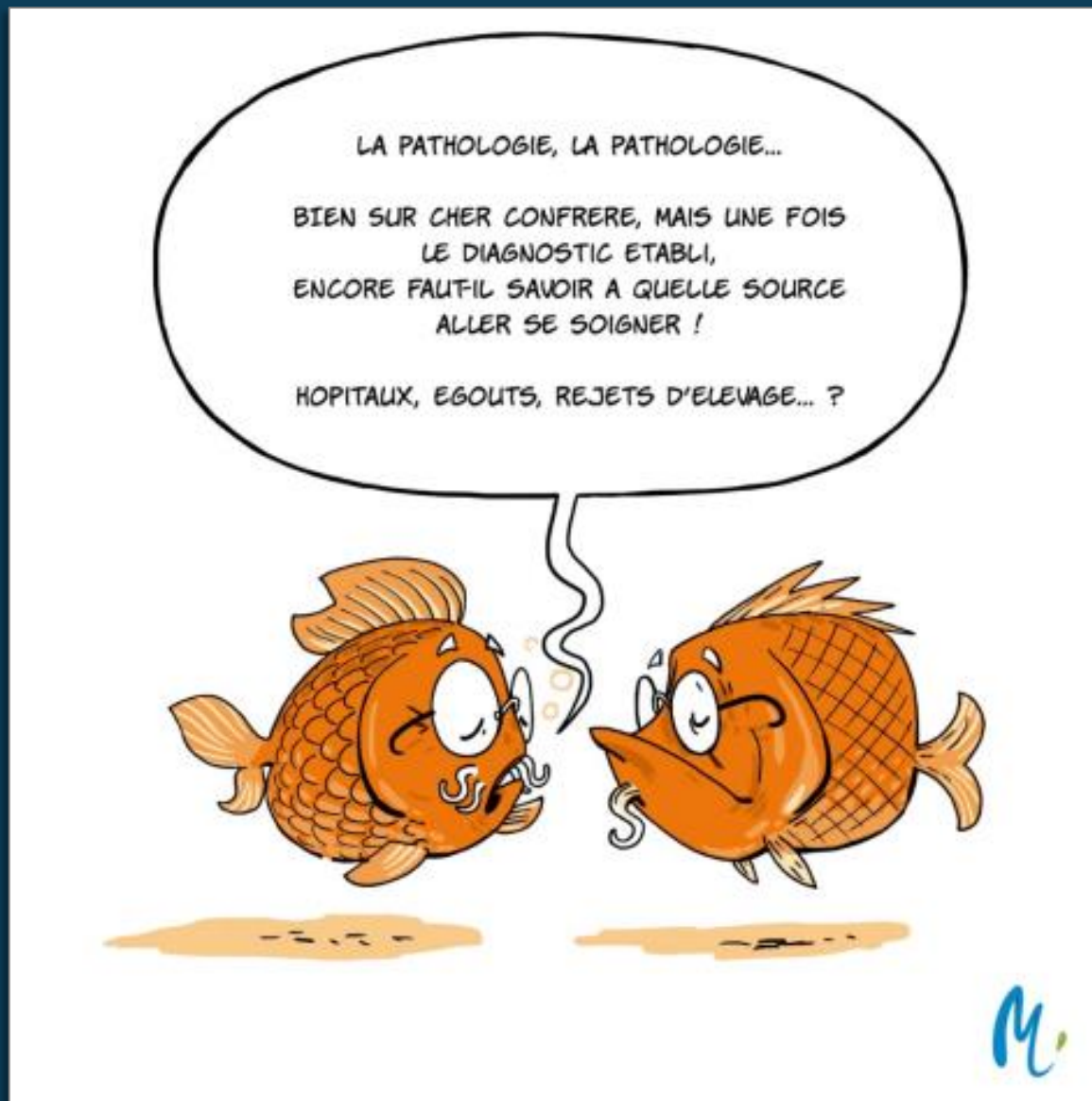
# Et après ! PROMISE

## Création d'un méta-réseau professionnel sur l'antibiorésistance



### 21 réseaux français existants mobilisés





Retrouvez nous sur :

- [www.sipibel.org](http://www.sipibel.org)  
résultats scientifiques
- [www.medicamentsdansleau.org](http://www.medicamentsdansleau.org)  
sensibilisation ciblée
- [www.eaumelimelo.org](http://www.eaumelimelo.org)  
sensibilisation eau
- [www.graie.org](http://www.graie.org)  
Pôle de compétence Eau & territoires  
Animation - Recherche - Diffusion

→ Venez en discuter avec nous !