

Comportement des bactéries face aux mesures de désinfection mise en œuvre sur les réseaux d'eau des ES et EMS

Exemple de *Pseudomonas aeruginosa*

Journée Régionale de formation – CPIAS Centre Val de Loire

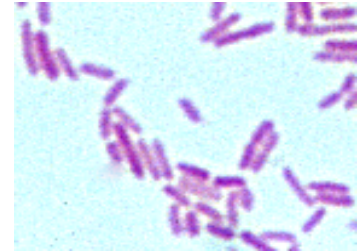
17 juin 2025 - Tours

Didier Hocquet (Univ. Marie et Louis Pasteur – CHU Besançon)



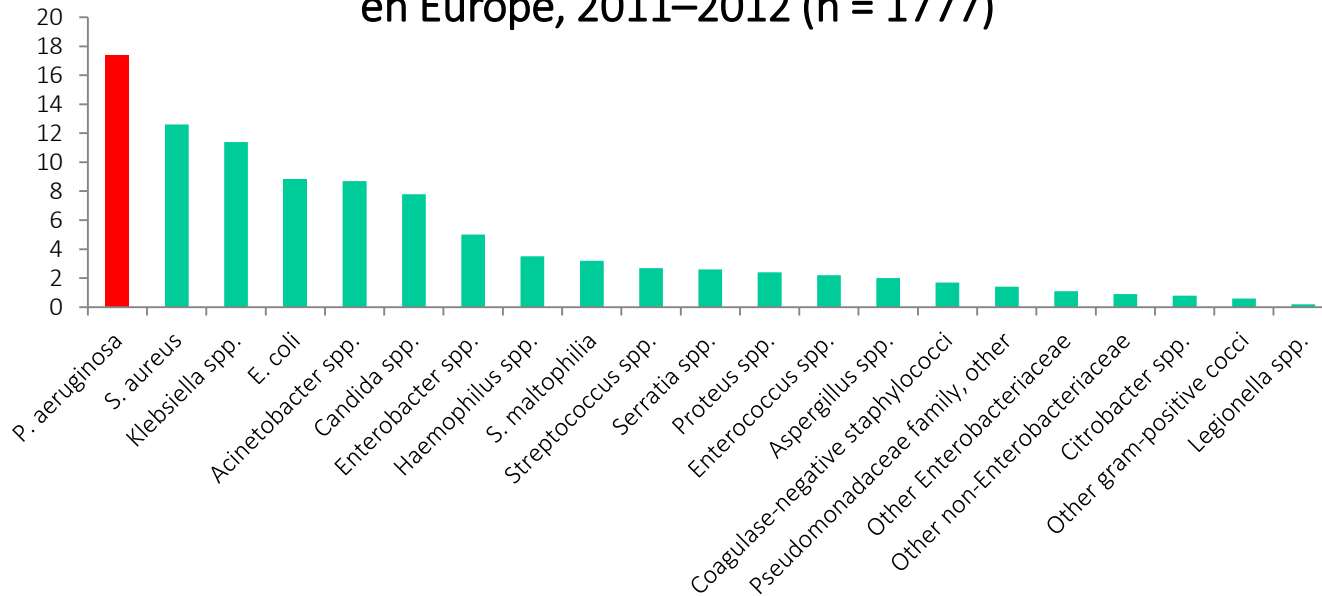
Pseudomonas aeruginosa

- Opportuniste, ubiquitaire
- Réservoirs naturels: sols, eaux (anthropisées)
- Survit/se multiplie dans des conditions très larges
 - Aérobie, anaérobie, microaérophilie
 - Survit entre 10-50°C
 - Se multiplie entre 10-42°C
 - pH 5,4-8,2
- Grand génome 6,6 Mpb
- Grandes capacités métaboliques
- Plasticité génomique



Pathogène majeur à l'hôpital

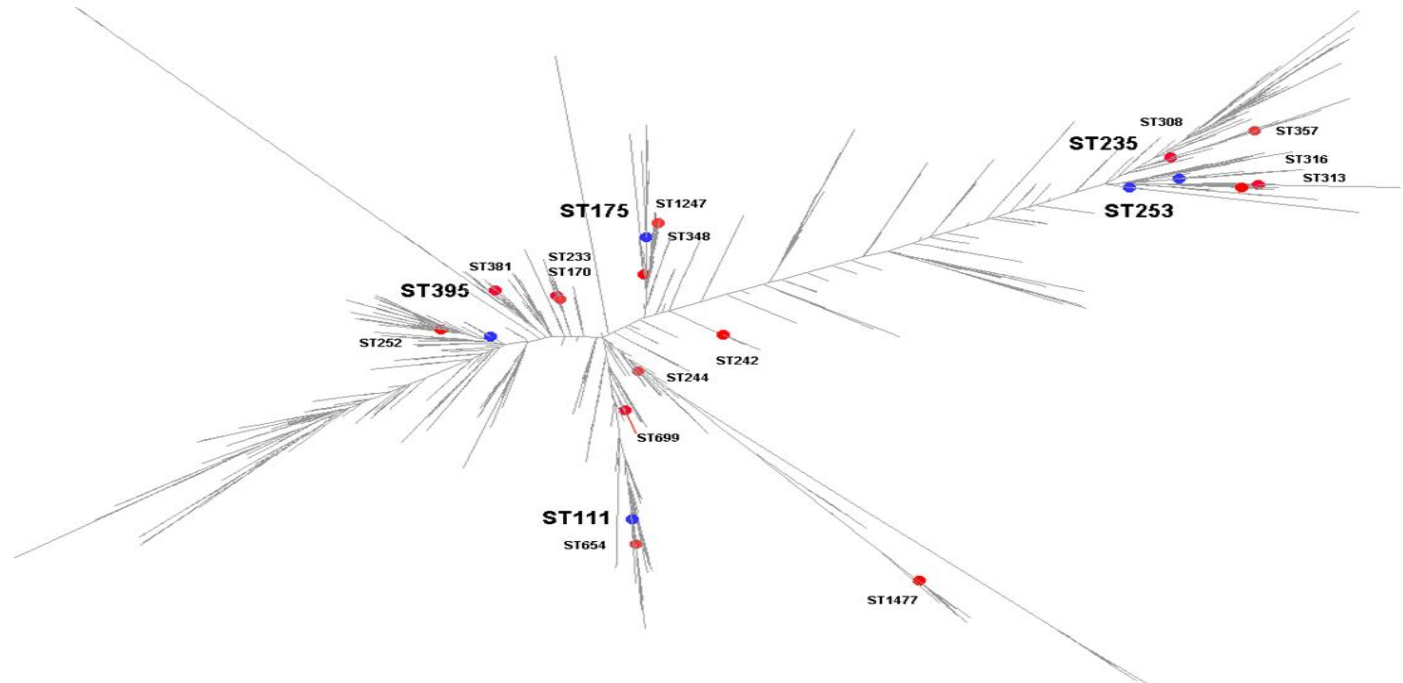
Micro-organismes isolés dans les pneumonies associées
aux soins / infections des voies respiratoires inférieures
en Europe, 2011–2012 (n = 1777)



Micro-organism	Type of hospitalisation							
	Acute care	Medicine	Surgery	Obstetrics	ICU	Rehab	Long term care	Psychiatry
<i>E. coli</i>	21.8	24.8	22.3	35.7	13.1	33.6	33	42.9
<i>S. aureus</i>	15.5	14.5	19.1	9.2	12.3	15.7	22.1	14.8
<i>P. aeruginosa</i>	9	8.4	7.1	1	14	7	8.8	3.8
<i>K. pneumoniae</i>	4.6	4.7	3.8	5.1	6	5.2	4.4	3.3
<i>E. faecalis</i>	4.9	4.6	5.8	11.2	3.9	4.2	3	2.2

Structure de la population de *P. aeruginosa*

- Non clonale
- Quelques clones à haut risque
- ST235, ST111, ST175, ST253, ST395, ST308, ST309...





pseudomonas aeruginosa outbreak



Search

Advanced Create alert Create RSS

User Guide

Save

Email

Send to

Sort by:

Most recent



Display options



MY NCBI FILTERS

8,025 results



Page

1

of 803



RESULTS BY YEAR



TEXT AVAILABILITY



Abstract



Free full text



Full text

ARTICLE ATTRIBUTE



Associated data

ARTICLE TYPE



Books and Documents



Clinical Trial



Meta-Analysis



1

Prevalence and antibiotic susceptibility patterns of uropathogens in men with prostate cancer and benign prostate hyperplasia from Southwestern Nigeria.

Cite

Akinpelu SO, Olasehinde GI, Ikuerowo SO, Akinnola OO.

BMC Microbiol. 2024 Sep 21;24(1):361. doi: 10.1186/s12866-024-03524-w.

Share

PMID: 39306658

Free PMC article.

Certain bacterial species, such as Klebsiella spp, Escherichia coli, **Pseudomonas** spp, Proteus mirabilis, Chlamydia trachomatis have been linked to prostate cancer. ...The results showed the presence of Escherichia coli (50.0%), **Pseudomonas aeruginosa** (18.1%), ...



2

The Frequency of AmpC Overproduction, OprD Downregulation and OprM Efflux Pump Expression in **Pseudomonas aeruginosa**: A Comprehensive Meta-Analysis.

Cite

Alimoghadam S, Eslami A, Alimoghadam R, Mianrood IB, Looha MA, Khodadadi S, Shokouhi S, Darazam IA.

Share

J Glob Antimicrob Resist. 2024 Sep 18:S2213-7165(24)00168-1. doi: 10.1016/j.jgar.2024.08.014. Online ahead of print.

PMID: 39303871 Review.

BACKGROUND: **Pseudomonas aeruginosa** is a major opportunistic pathogen responsible for a wide range of infections. ...This study aims to conduct a comprehensive meta-analysis of studies conducted in Iran to determine the frequency of key antibiotic resistance mechanis ...



3

Molecular epidemiology and carbapenem resistance mechanisms of **Pseudomonas aeruginosa** isolated from a hospital in Fujian, China.

Les questions ?

- Quelle est la proportion de patients positifs (portage, colonisation, infection) à *P. aeruginosa* en réanimation adulte? Et ailleurs?

Incidence de la colonisation : études européennes en réanimation

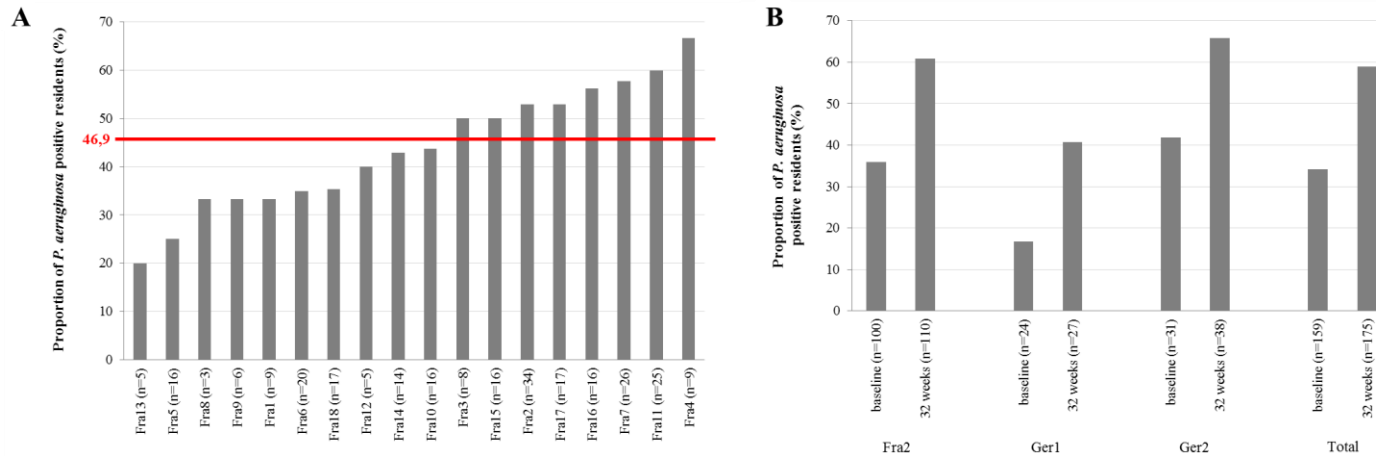
Auteur (pays, année)	Pour 100 patients admis		
	A l'admission	En cours	Total
Couchoud (France, 2023)	5,0	8,0	13,0
Bertrand (France, 2001)	4,0	12,1	16,1
Venier (France, 2009)	5,0	15,0	20,0
Bergmans (Pays-Bas, 1998)	4,4	17,6	22,0
Speijer (Pays-Bas, 1999)	10,0	15,6	25,6
Bonten (Pays-Bas, 1999)	13,0	22	35,0

FRs associés à l'acquisition

History of previous <i>P. aeruginosa</i> colonization or infection at admission	3.78	1.80—7.97	0.001
Cumulative duration of mechanical ventilation (for 10 days longer)	2.56	1.46—4.50	0.001
Cumulative days of antibiotics inactive against <i>P. aeruginosa</i> (ref. ≤ 1 day)	1.85	1.33—2.57	<0.001
Environmental (ICU) characteristics			
Cumulative daily ward NEMS (for 30 points higher)	1.47	1.06—2.03	0.02
Tap water of the room contaminated by <i>P. aeruginosa</i>	1.76	1.09—2.84	0.02

Portage de *P. aeruginosa* en EHPAD

Taux de portage

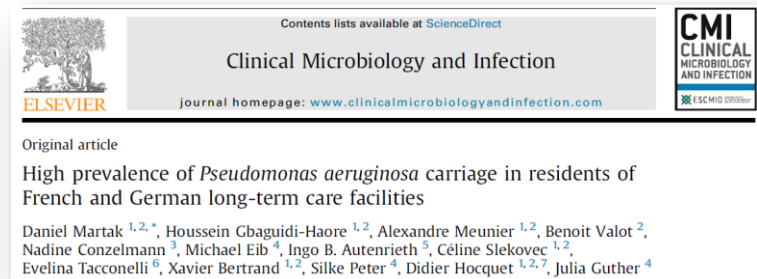


Proportion de résidents positifs au portage intestinal de *P. aeruginosa* pendant la cohorte I et la cohorte II. A. Cohorte I; B. Cohorte II.

- Cohorte I : 46,9% de résidents positifs
- Cohorte II : 34,2% de résidents positifs au 1er prél. – 58,9% après 32 semaines de suivi
- Total : 51,6% des résidents avec >1 prélèvement positif

Facteurs de risque

Age, sexe masculin, incontinence urinaire



Les réponses

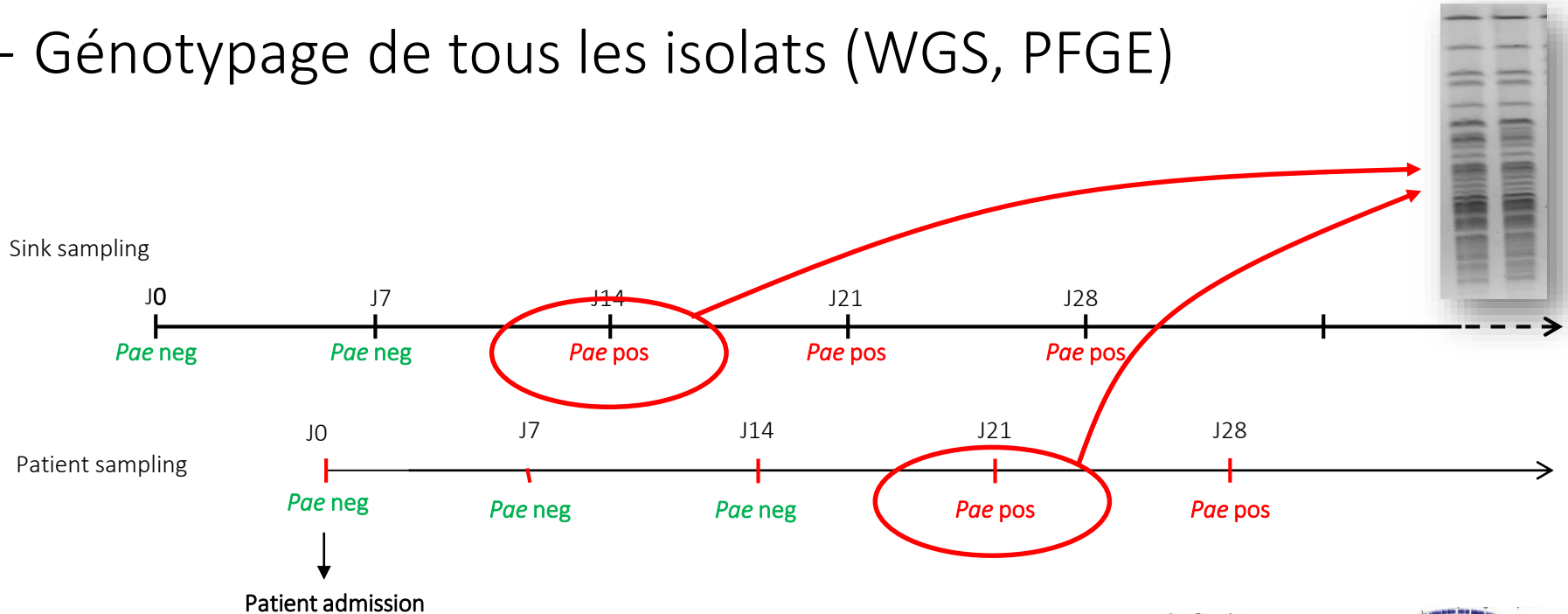
- Quelle est la proportion de patients positifs à *P. aeruginosa* en réanimation adulte?
 - 15 à 35% (50% ou plus si épidémie)
 - 10 à 20% des porteurs développent une infection à PA
 - Importance du dépistage systématique
- Portage encore plus élevé en EHPAD ?

Les questions ?

- Quel est le rôle de l'environnement hydrique dans l'acquisition exogène ?

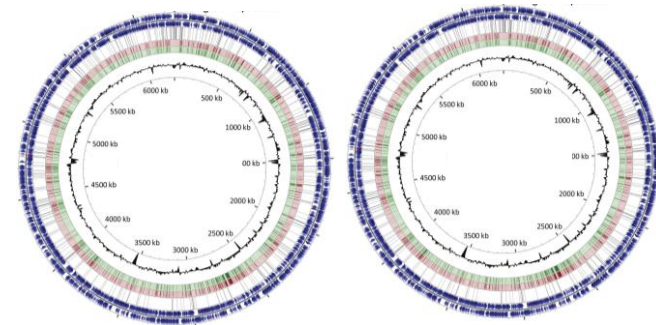
Etablir un lien entre le point d'eau et le patient

- Environnement et patients prélevés chaque semaine
- Génométypage de tous les isolats (WGS, PFGE)



– Limites

- Plusieurs clones dans le biofilm des siphons
- Sensibilité variable du dépistage des patients
- Situation de l'œuf ou de la poule



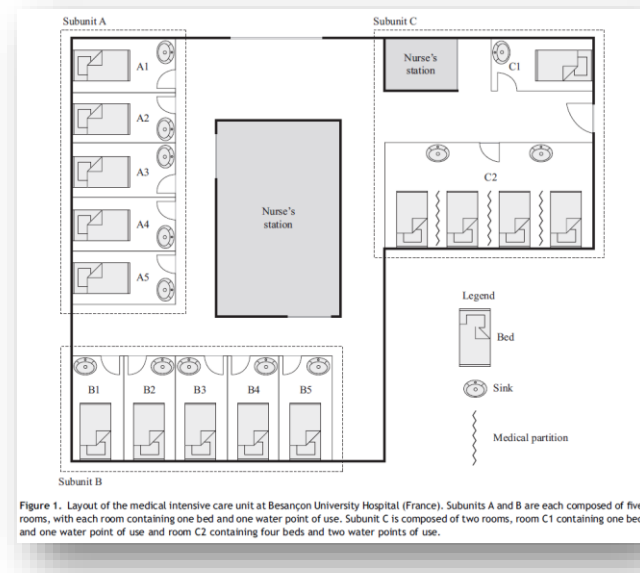
Ex. de la Réa Méd du CHU de Besançon

- 15 lits, 12 chambres avec siphons bloquants
- Points d'eau

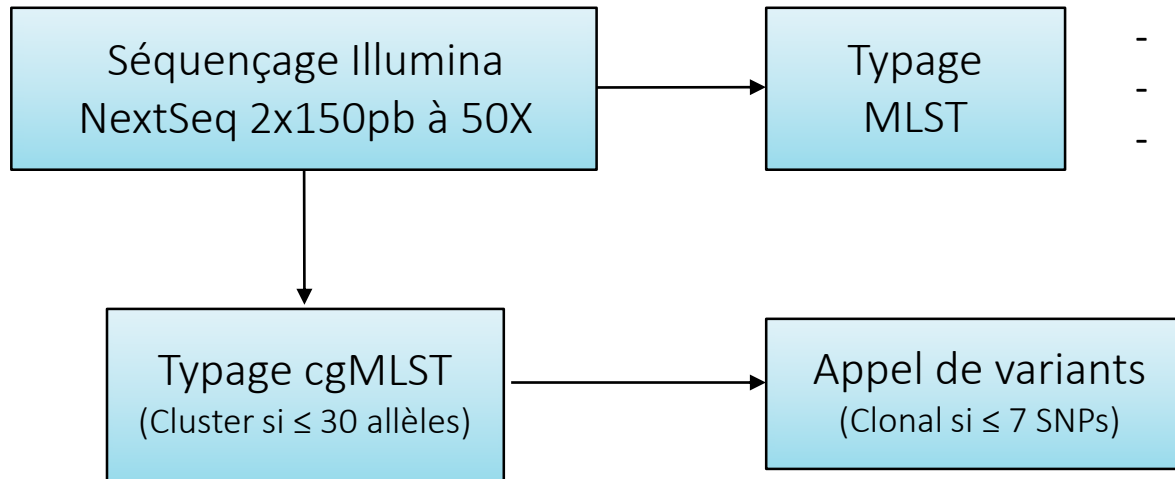
Détersion quotidienne

Désinfection à la javel 2,6% (2x/semaine)

- PS dans le service
- PCC si *P. aeruginosa* toto-résistant ou carba
- 10 mois en 2019 (pré-COVID)
- 2 dépist./sem. + isolats cliniques → **115 *P. aeruginosa* de 65 patients**
- 1 prélèvement siphon/sem. → **404 *P. aeruginosa* environnementaux**

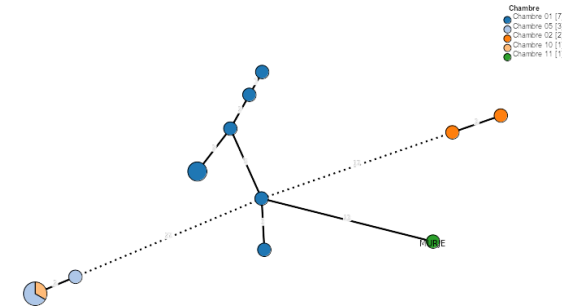


Analyses des génomes



- alignement des reads via KMA
- pyMLST

- freebayes
- alignement sur un génome du ST de NCBI ou un assemblage de la souche la plus ancienne du ST



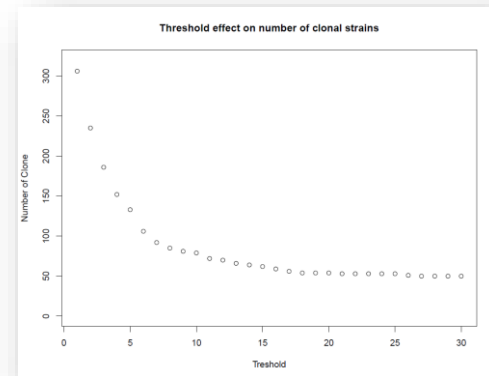
Chiffres clés et définitions

476 patients

- 65 patients positifs à *PA* (11,8%) dont 3 infectés (4,6%)

13 siphons

- 546 prélèvements de siphons
- 282 prélèvements positifs à *PA*
- tous les siphons + à *PA* > 1 fois
- 404 souches isolées (~ 1,45 clones/siphon)



Cluster : Isolats avec ≤ 30 allèles cgMLST d'écart

Isolats clonaux : Isolats avec ≤ 7 SNPs

Lien de transmission : 2 isolats clonaux isolés à ≥ 7 jours d'écart

De la diversité, mais stable dans le temps

62 STs

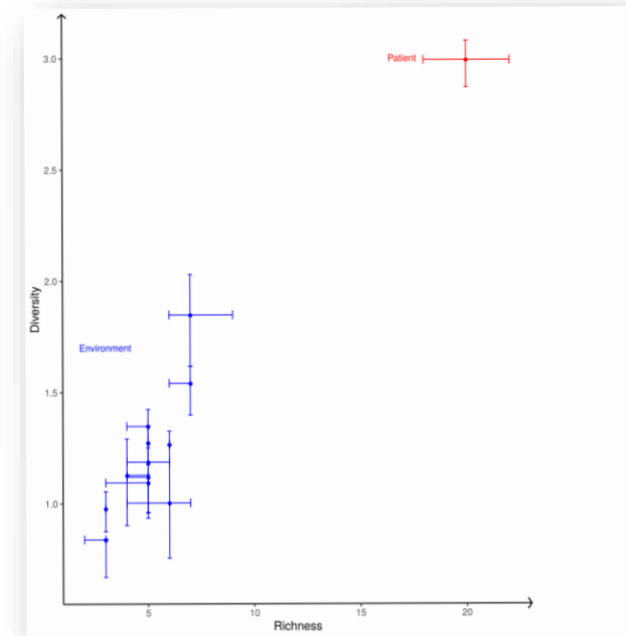
> 50 % des isolats appartiennent à 4 STs
(ST253, ST308, ST309, ST298)

Une flore spécifique dans chaque siphon

Un même ST persiste ~ 8 mois dans un
siphon

Population des souches cliniques

4,1 fois plus riche et 2,6 fois plus diverse
que population PA siphons



Liens de transmission

Beaucoup d'échanges entre les
siphons mais peu entre les patients et
les siphons

- 1 transmission siphon $\rightarrow$ patient
- 7 transmissions patient $\rightarrow$ patient

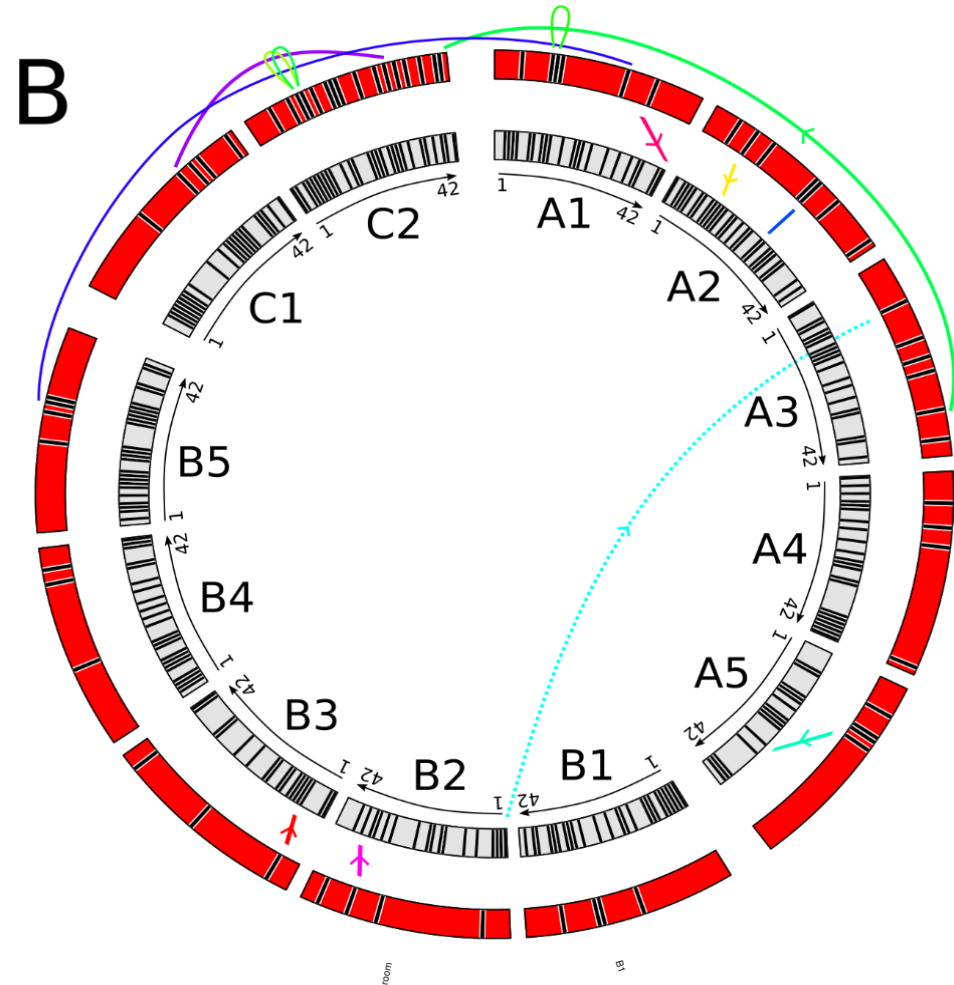


Table I

Details of the transmission of *P. aeruginosa* isolates involving patients in the medical intensive care unit at Besançon University Hospital (France) between January and November 2019

Type of transmission	Isolate (ST, group)	Resistance phenotype	Reservoir 1	Room	Date (2019)	Direction of transmission ^a	Reservoir 2	Room	Date (2019)
Patient-to-patient									
	ST198, group34_1	FQs ^b	Patient43	A1	April 14	Unknown	Patient49	A1	April 18
	ST274, group30_1	Wild type	Patient49 ^c	C2	April 12	Unknown	Patient32 ^c	C2	April 18
	ST1197, group25_1	Wild type	Patient1	C1	August 7	Unknown	Patient13	C2	August 12
	ST1238, group27_1	Wild type	Patient9	B5	July 22	Unknown	Patient48	A1	July 22
	ST3218, group15_1 ^d	Wild type	Patient32 ^c	C2	April 15	Unknown	Patient49 ^c	C2	April 18
	ST3218, group15_1 ^d	Wild type	Patient8	A3	October 14	→	Patient39	C2	October 22
Sink trap to patient									
	ST253, group0_6	Wild type	Sink trap	B2	May 13	→	Patient14	A3	May 24
Patient to sink trap									
	ST27, group21_1	Wild type	Patient36	B3	February 23	→	Sink trap	B3	March 4
	ST234, group33_1	Wild type	Patient5	A5	May 2	→	Sink trap	A5	July 29
	ST253, group0_3	Wild type	Patient17	A1	October 23	→	Sink trap	A1	November 4
	ST308, group1_6	Wild type	Patient54	A2	July 8	→	Sink trap	A2	July 15
	ST309, group2_3	Wild type	Patient10	B2	September 2	→	Sink trap	B2	September 23
	ST671, group32_1	Wild type	Patient19	A2	March 30	→	Sink trap	A2	April 8

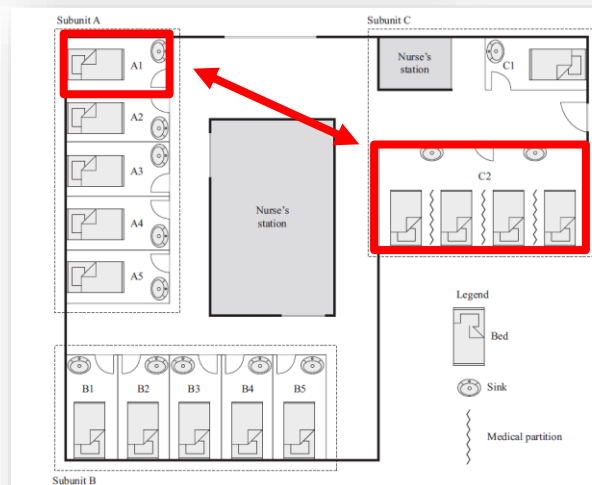
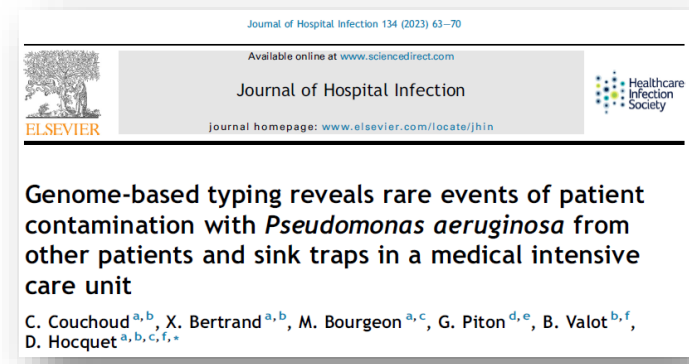


Figure 1. Layout of the medical intensive care unit at Besançon University Hospital (France). Subunits A and B are each composed of five rooms, with each room containing one bed and one water point of use. Subunit C is composed of two rooms, room C1 containing one bed and one water point of use and room C2 containing four beds and two water points of use.

En conclusion (dans le contexte bisontin)

- 1,5 % des patients contaminés par PA de siphons
- 7,7 % des patients contaminés par PA d'un autre patient
- Les précautions (PS + PCC si *PA* totoR ou carba) et mesures de désinfection (détersion 1x/jour et désinfection 2x/semaine) efficaces
- 90,8% des patients contaminés probablement de manière endogène



L'environnement hydrique comme réservoir de contamination des patients ?

Auteur (pays, année)	Prélèvement siphon +ve à PA	Patients + à PA	% *
Couchoud (France, 2023)	282/546 (51,6%)	65/549	1,5
Cholley (France, 2008)	193/224 (86,2%)	1/14	7,1
Rogues (France, 2007)	65/673 (9,5%)	55/484	11,4
Blanc (Suisse, 2004)	21/216 (10%)	36/132	27,3
Reuter (Allemagne, 2002)	150/259 (57,9%)	5/17	29,4
Vallés (Espagne, 2004)	93/149 (62,4%)	16/39	41,0
Trautmann (Allemagne, 2005)	60/143 (41,9%)	8/16	50,0

*Patients colonisés par une souche préalablement isolée dans l'environnement

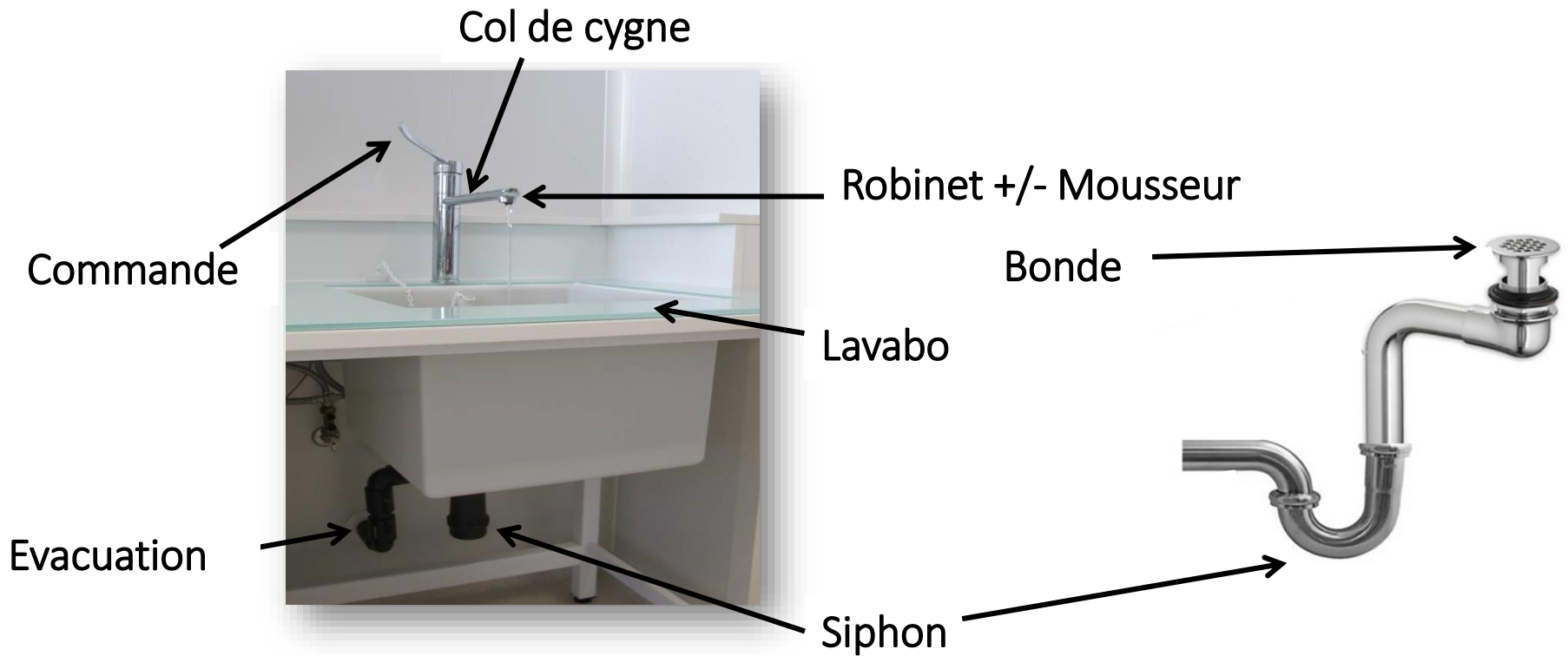
De à 1,5 à 50% sont contaminés par une souche issue du point d'eau

Les réponses

Quel est le rôle de l'environnement hydrique dans l'acquisition exogène ?

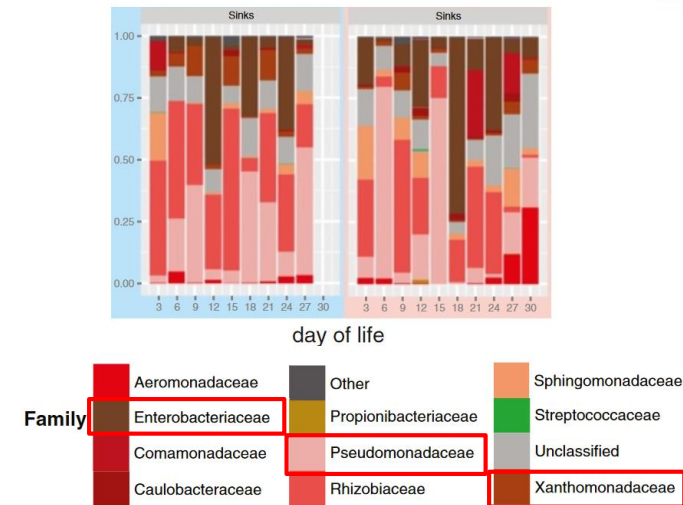
1,5 à 50%...

Anatomie d'un point d'eau



Principales bactéries des évier

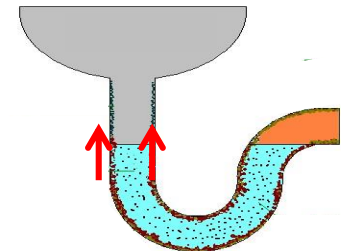
- Principales familles : *Sphingomonadaceae*, *Bradyrhizobiaceae*, *Mycobacteriaceae* et *Comamonadaceae*
- Principaux genres : *Stenotrophomonas*, *Elizabethkingia*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Sphingomonas*, *Aeromonas*, *Klebsiella*, *Rhizobiaceae* et *Delftia*.
- Principales bactéries pathogènes d'origine hydrique : *Mycobacterium avium*, *Legionella pneumophila*, *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Serratia marcescens*



Proportions relatives des principales familles bactériennes retrouvées dans les évier en USIN (Brooks et al., 2014)

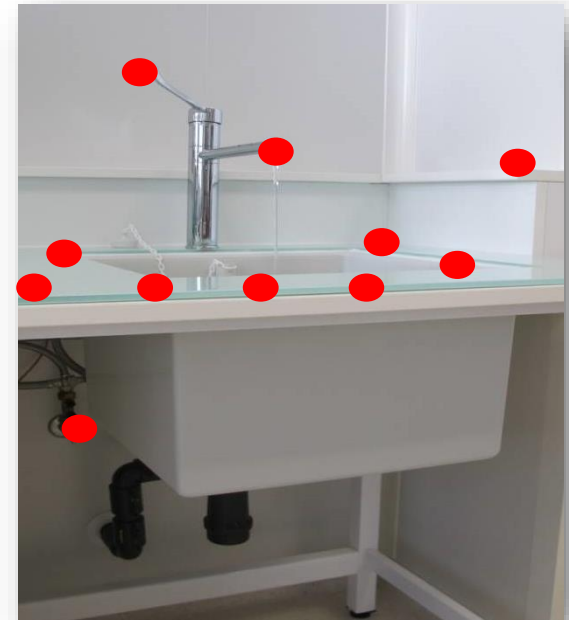
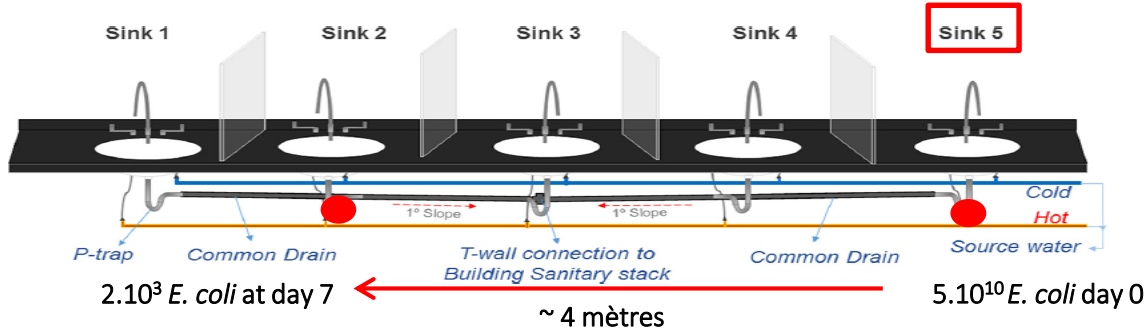
Mécanismes de contamination des siphons

- Inoculation avec des bactéries pathogènes
 - Mains des soignants, fluides patients, eau du réseau
- Conditions de culture idéales
 - Environnement humide
 - Nutriments
 - ~ 20-25°C
 - Biofilm microbien riche et stable (10^9 - 10^{12} CFU/ml)
- Extension du biofilm vers la bonde
 - 1 pouce/jour, ~ 1 semaine pour *E. coli*



Contamination de l'environnement

- Jet sur la bonde → éclaboussure
- Contamination
 - Commande-levier, paillasse (≤ 1 mètre)
 - Robinet, mousseur → persistance
 - Tuyau → autres siphons des lavabos

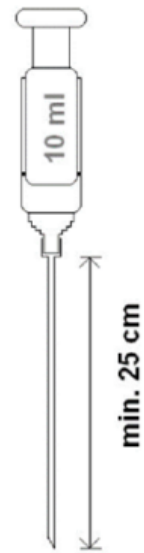


Proportion de siphons positifs à *P. aeruginosa*?

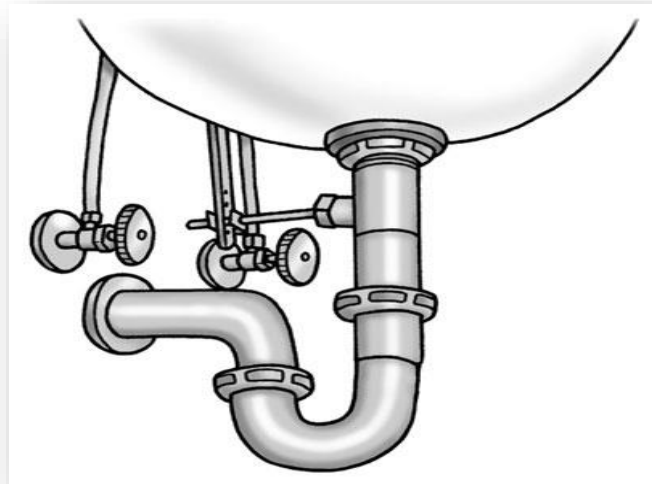
Service	Epidémie	Sampling method	N	% samples +	Référence
Réa	Yes	Ecouvillon	213	12.2	Hota, ICHH 2009
Onco Ped	Yes	Ecouvillon	12	25	Schneider, PIDJ 2012
Hôpital	No	Ecouvillon	210	51	Charron, ICHH 2014
Réa	No	50-ml asp., centrif.	546	52,4	Couchoud, JHI 2023
Onco Ped	Yes	10-ml aspiration	12	58	Schneider, PIDJ 2012
Réa + hémato	No	50-ml asp., centrif.	261	79.3	Varin, IJHEH 2017
Réa	No	10-ml asp., filtration	224	86.2	Cholley, ICM 2008
Réa	No	Ecouvillon	66	100	Levin, JCP 1984

Importante variation (12 to 100%)

- Même hors épidémie
- Variation des méthodes de recueil
- Aspiration, concentration et platage du culot sur des géloses sélectives pour PA



sterile syringe with
25cm cannula

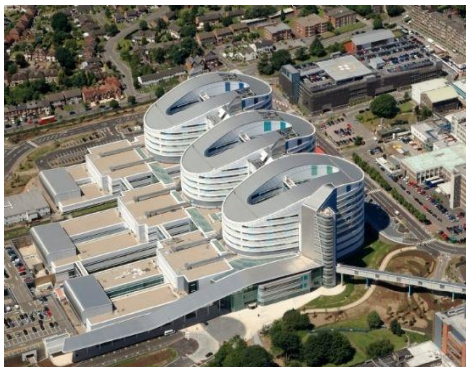


Sources de contamination des points d'eau ?

- Patients, fluides biologiques
- Lavage des mains des soignants
- Mais réseaux d'hôpitaux peuvent être contaminés dès leur ouverture...

BMJ Open Seeking the source of *Pseudomonas aeruginosa* infections in a recently opened hospital: an observational study using whole-genome sequencing

Joshua Quick,^{1,2} Nicola Cumley,² Christopher M Wearn,^{2,3} Marc Niebel,² Chrystala Constantinidou,⁴ Chris M Thomas,¹ Mark J Pallen,⁴ Naiem S Moïemen,^{2,3} Amy Bamford,^{2,3} Beryl Oppenheim,² Nicholas J Loman¹



MICROBIAL GENOMICS

RESEARCH ARTICLE

Petitjean et al., *Microbial Genomics* 2021;7:000629
DOI 10.1099/mgen.0.000629



The rise and the fall of a *Pseudomonas aeruginosa* endemic lineage in a hospital

Marie Petitjean^{1,2}, Paulo Juarez², Alexandre Meunier¹, Etienne Daguindau³, H       Puja², Xavier Bertrand^{1,2}, Benoit Valot^{2,4} and Didier Hocquet^{1,2,4,5,*},†



Les réseaux d'eau potable contiennent-ils *P. aeruginosa* ?

- Mai 2017 – Nov. 2020
- 8 villes - France
- 406 échantillons
- (309 à l'hôpital, 97 en ville)

npj | clean water

Published in partnership with King Fahd University of Petroleum & Minerals

Article

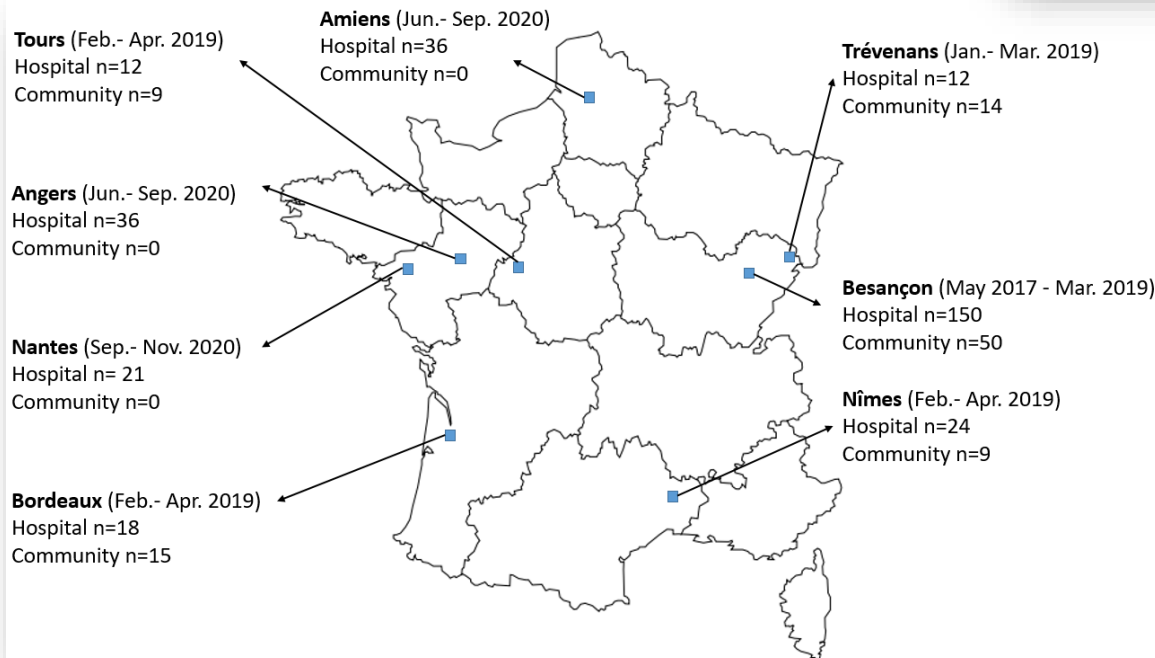


<https://doi.org/10.1038/s41545-024-00323-8>

High-risk clones of *Pseudomonas aeruginosa* contaminate the drinking water networks of French cities

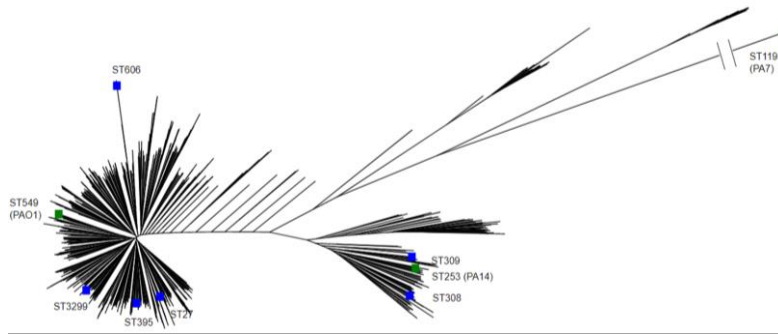
Check for updates

Ani Horikian^{1,14}, Audrey Jeanvoine^{1,2,14}✉, Abdallah Amarache¹, Morgane Tourtet³, Jérôme Ory⁴,
Hélène Boulestreau⁵, Nathalie Van der Mee Marquet⁶, Nadine Lemaître^{7,8}, Matthieu Eveillard^{9,10},
Didier Lepelletier^{11,12}, Xavier Bertrand^{1,2}, Benoît Valot^{1,2} & Didier Hocquet^{1,2,13}

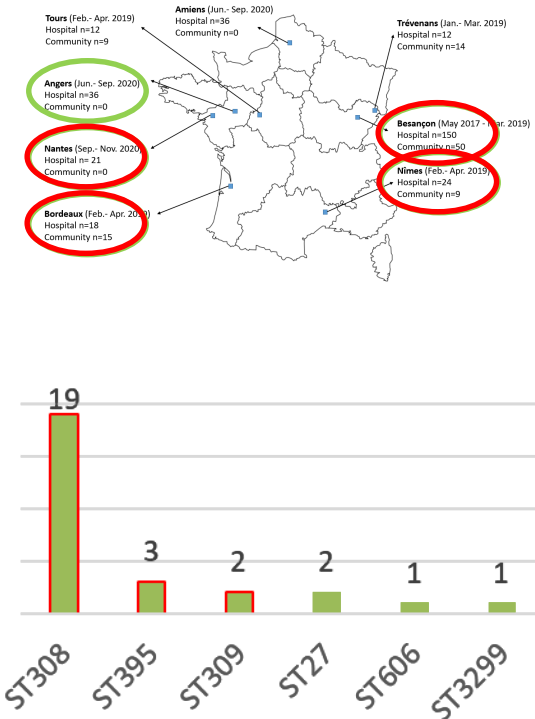


La moitié des réseaux d'eau potable contiennent *P. aeruginosa*

- 5.9% (24/406) d'échantillons positifs (que des VBNC)
- 5 réseaux positifs à *PA*
- 4 réseaux positifs avec des clones à haut risque épidémique

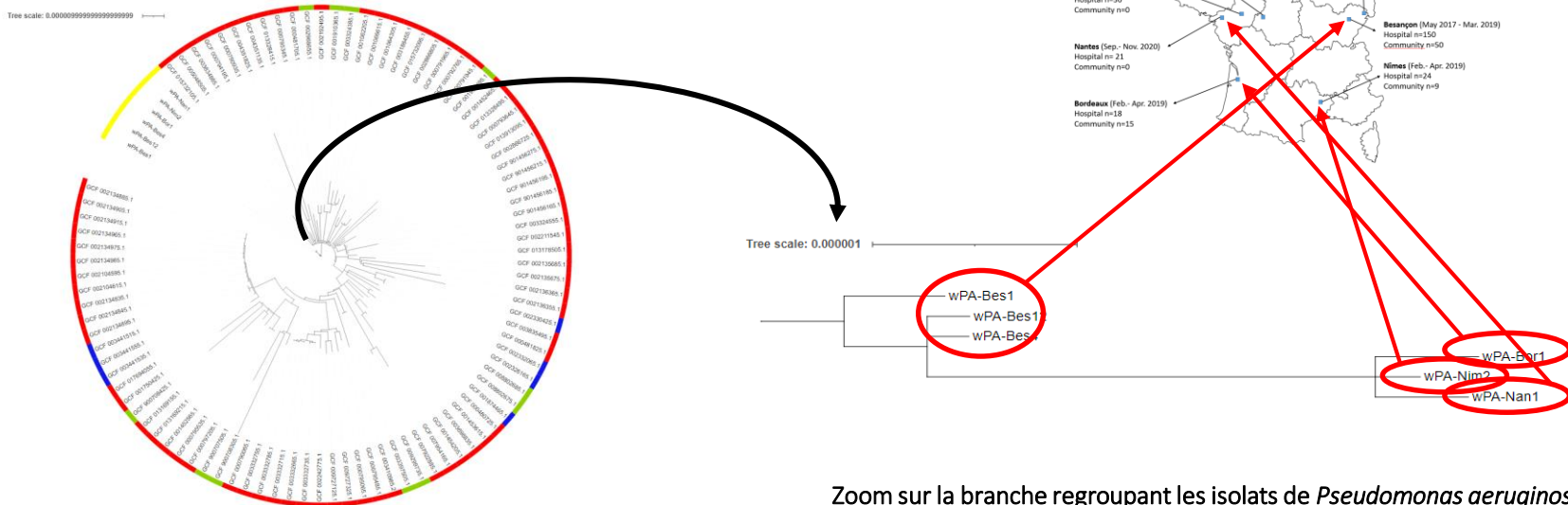


ST distribution of *PA* isolated in hospital and community drinking water network (blue squares) on an unrooted tree built with the data of all known STs of *PA* (n=753) using cgMLST data (3,786 genes).



Les isolats ST308 sont clonaux

15 isolats séquencés (Illumina)

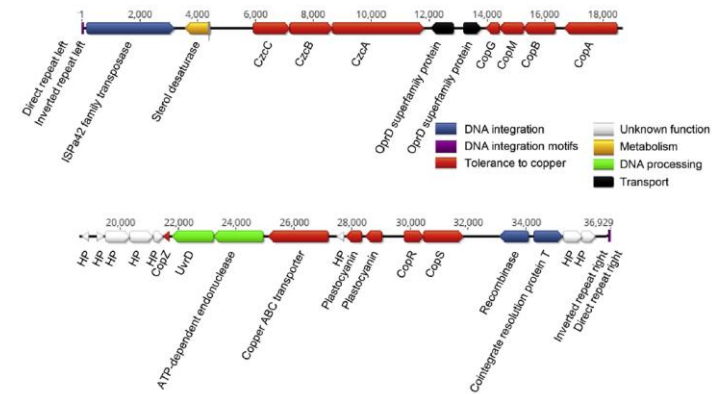
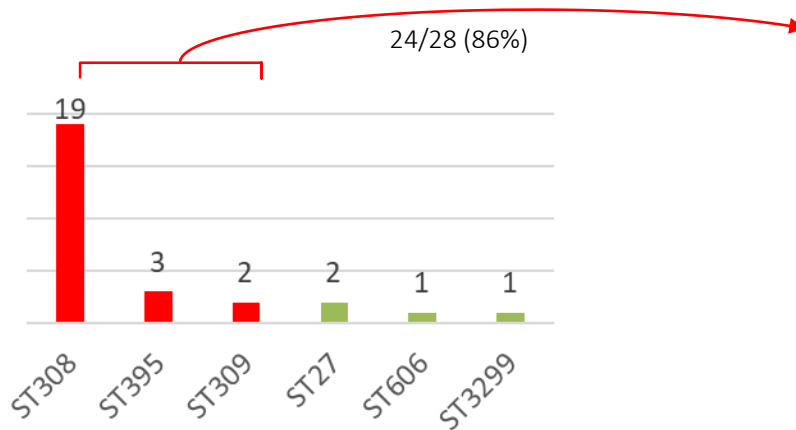


Distribution des isolats de *Pseudomonas aeruginosa* ST308 issus du réseau d'eau potable sur un arbre phylogénétique construit à partir de 95 génomes d'isolats ST308 (NCBI, 2021).

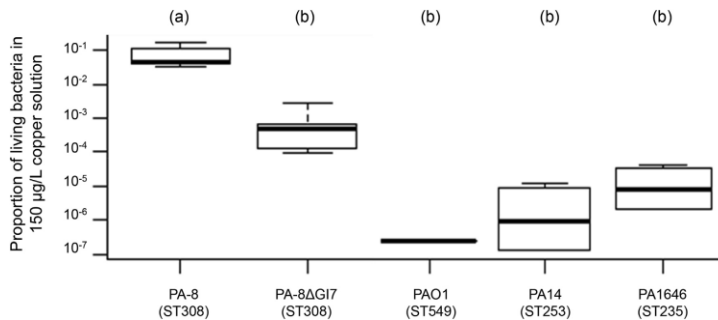
wgMLST avec 2 937 gènes. En rouge : origine humaine ; en bleu : environnement ; en vert : origine inconnue.

Zoom sur la branche regroupant les isolats de *Pseudomonas aeruginosa* ST308 issus des réseaux d'eau potable en France (max, 8 SNPs)

Les PA à haut risque partagent un îlot génomique



Structure de l'île génomique de 37 kb, GI-7, associée à la tolérance au cuivre chez *Pseudomonas aeruginosa* ST308, ST309, ST395.



Survie de *Pseudomonas aeruginosa* ST308 et ST308ΔGI-7 dans une solution contenant du cuivre.

A la recherche d'une source commune

- 4 réseaux contaminés par le clone ST308 (< 8 SNPs)
- Sources d'eau indépendantes
- Fournisseurs d'équipements communs (canalisations, compteurs)

2014 – 2 700 échantillons

23 % des compteurs neufs positifs pour *P. aeruginosa*

14 % des compteurs en métal, 50 % des compteurs en plastique

Banc de calibration identifié comme source probable de *P. aeruginosa*



© 2023 TZW-DVGW



© Ford meter box

Proportion de robinets positifs à *P. aeruginosa*?

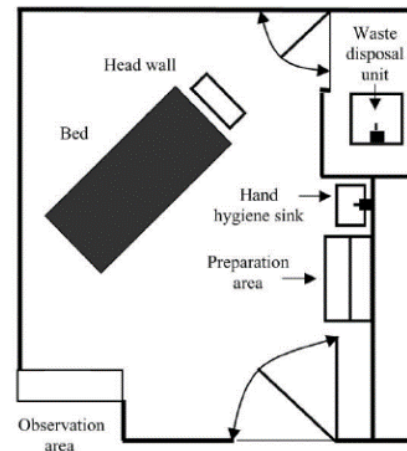
Service	Epidémie	Sampling method	N	% échantillons +	Référence
Hospital	Oui	500-ml (manual faucets)	10	0	Halabi, JHI 2001
ICU	Non	100 ml (manual faucets)	72	68	Trautmann, ICHE 2001
Long stay	Non	Swab (Faucet nozzle)	53	74	Lavenir, JAM 2008
Hospital	Non	100-ml (efaucet)	31	100	Van der Mee-Marquet, JHI 2005

- Variation très importante (0 à 100%)
- Même hors épidémie
- Variation des méthodes de recueil et du design des robinets
- Robinets à commande électrique plus contaminés que robinets manuels
- Persistance de *P. ae* si biofilm installé



Du point d'eau contaminé au patient

- Mains des soignants contaminées avec 1^{er} flush
- Flux d'eau sur la bonde → Eclaboussure (1 m)
 - Environnement et affaires de toilette du patient
 - Patients
- Routes de transmission
 - Peau
 - Yeux
 - Inhalation d'aérosols

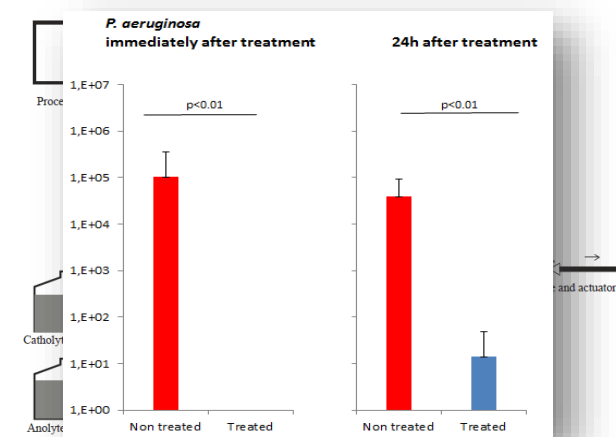
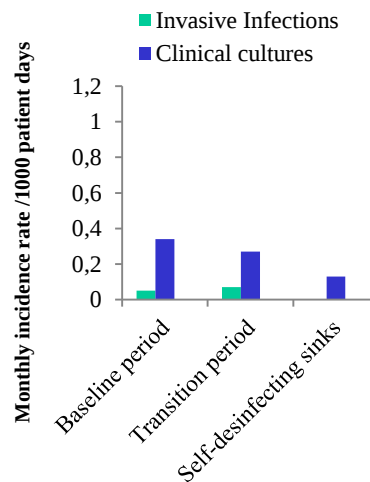


Hota *et al.* ICHE 2009



Que faire si le point d'eau est contaminé ?

- Remplacement des siphons à chaque patient (...recontamination rapide)
- Javel, a. acétique, a. phosphorique (hebdomadaire, préférer siphon bloquant)
- Désinfection automatique électrochimique
- Vapeur, eau bouillante
- Lavabos auto-désinfectant
 - $\geq 80^{\circ}\text{C}$ + ultrasons $\rightarrow$ 7 log-reduction of bacteria
 - Coût > 1,000 €/siphon (MoveoMed, Germany)



Swan JHI 2016

Hota *et al.* ICHE 2009

Bert *et al.* JHI 1998

Fusch *et al.* Acta Ped 2015

Les traitements à haute température sont les plus efficaces contre les BPO

Traitements	Efficacité estimée		Durée du traitement	Coûts	Inconvénients
	Charge bact.	BPO			
Chlore (20 mg/L)	+	—	30 min	\$	• Installation d'une vanne • Chimique
Rinçage à l'eau chaude (47-59°C)	++	—	30 min	\$	• Forte consommation d'eau • Production d'aérosols
Eau bouillante (≥ 90 °C)	++	+	30 min	\$	• Installation d'une vanne • Dégradation des joints
Vapeur (120°C, 3 min)	++	+	15 min	\$\$	• Expertise technique • Onéreux, encombrant, bruyant • Dégradation des joints • Production aérosols et vapeur
Drain autodésinfectant (80-100°C + vibrations)	++	+	Continu	\$\$\$	• Très onéreux • Changement du drain • Alimentation électrique • Vulnérabilité à l'interruption

Efficacité = — : Aucune ; + : modérée ; ++ : bonne.

Merci à Thibault Bourdin

Mesures de contrôle de contamination des points d'eau

➤ Pour de nouveaux bâtiments ou en cas de rénovation

– Choisir les robinets adaptés

- Design interne simple
- Eviter caoutchouc/PVC
- Eviter stagnation de l'eau chaude
- Col de cygne court décentré/bonde (pas de flux direct sur la bonde)
- Pas de mousseur
- Pas de flexible



– Limiter le nombre de lavabos (services *waterless*)

– Procédure de mise en service avant occupation des locaux

- Vidanges, contrôles microbiologiques

RESEARCH

Open Access

Outbreak of *Pseudomonas aeruginosa* producing VIM carbapenemase in an intensive care unit and its termination by implementation of waterless patient care

Gaud Catho^{1*}, R. Martischang¹, F. Boroli², M. N. Chraïti¹, Y. Martin¹, Z. Koyluk Tomsuk², G. Renzi³, J. Schrenzel³, J. Pugin², P. Nordmann^{4,5}, D. S. Blanc^{5,6} and S. Harbarth¹



Conclusion sur *P. aeruginosa* et réseaux d'eau

- Apport du WGS → Epidémiologie complexe
- Variabilité importante en fonction des services et dans le temps
- Mesures de prévention
 - Respect des mesures d'hygiène
 - Maîtrise de l'environnement hydrique, qualité de l'eau utilisée pour les soins
 - Bon usage des antibiotiques car facteurs liés à l'hôte peu modifiables
 - Stratégie probablement à adapter selon le contexte épidémiologique
- Part des infections évitables importante

Merci pour votre attention



UNIVERSITÉ
MARIE & LOUIS
PASTEUR

