

# Evaluation de l'impact des eaux traitées au PFA sur la microflore de la Seine

*Leesuriales*

*11-12 juillet 2022*

**Leesu**

Sadia BAGAGNAN

My Dung JUSSELME

Régis MOILLERON

**SIAAP**

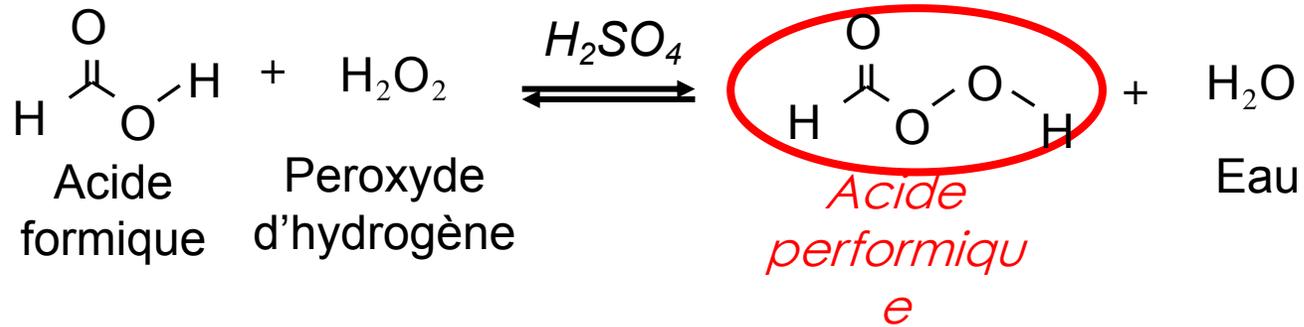
Vincent ROCHER

Sam AZIMI

Sabrina GUERIN

# Introduction Acide performique

- ✓ A agent oxydant puissant (efficace)
- ✓ Utilisation à grande échelle du DésinFix de Kemira® dans plusieurs pays européens (DEX-135)



## Utilisation du PFA lors du traitement des eaux usées :

- § faibles coûts de mise en œuvre et d'exploitation
- § formation négligeable de sous-produits de désinfection (DBP)

- ∅ Absence d'évaluation du PFA par rapport au microbiome des rejets
- ∅ Absence d'étude de l'impact des eaux traitées par le PFA sur les microorganismes du milieu récepteur

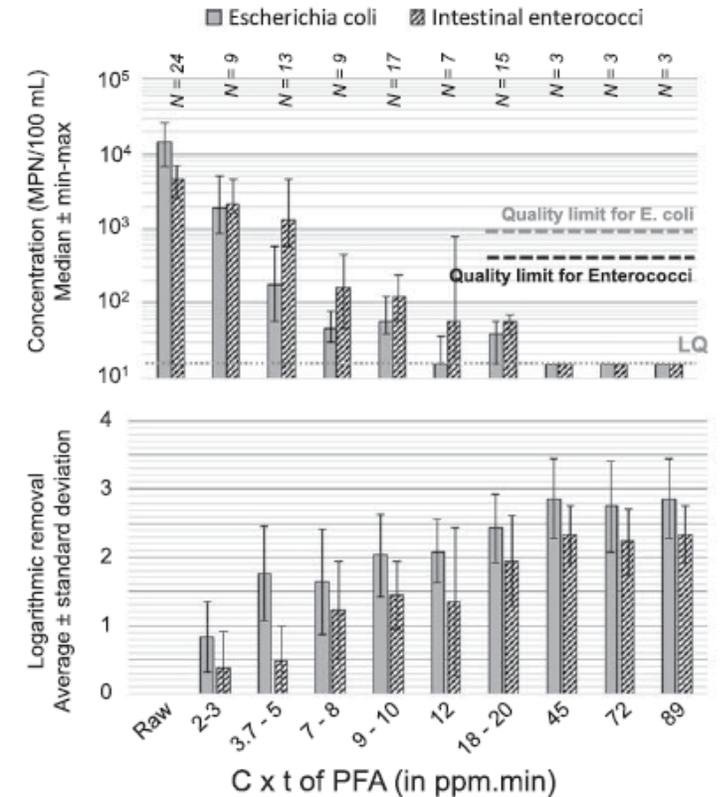


Figure 5 Batch-scale assessment of fecal bacteria disinfection effectiveness by PFA applied to multiple SEV WWTP discharge samples.

(Rocher and Azimi, 2021, Siaap)

# Introduction Microorganismes

## v Communautés microbiennes

processus biogéochimiques/dégradation des polluants et de la matière organique

indicateur du bon fonctionnement des écosystèmes de la rivière sensibles aux changements environnementaux (présence des polluants)

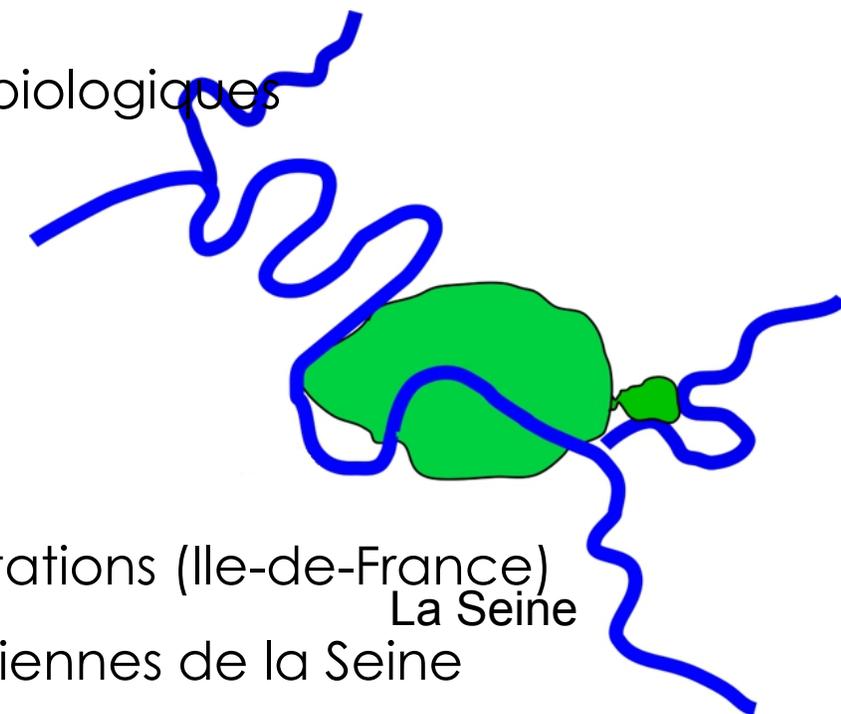
bon candidat prometteur pour les indicateurs biologiques

## v Seine Rivier

second fleuve le plus long de France

776 km de longueur

milieu récepteur important pour les rejets des stations (Ile-de-France)  
La Seine  
très peu d'études sur les communautés microbiennes de la Seine



∅ **Baignade dans la Seine JO de Paris en 2024**

**Mise en place d'un traitement tertiaire des eaux de rejets de STEU avec le PFA pour éliminer les micropolluants et les microorganismes pathogènes**

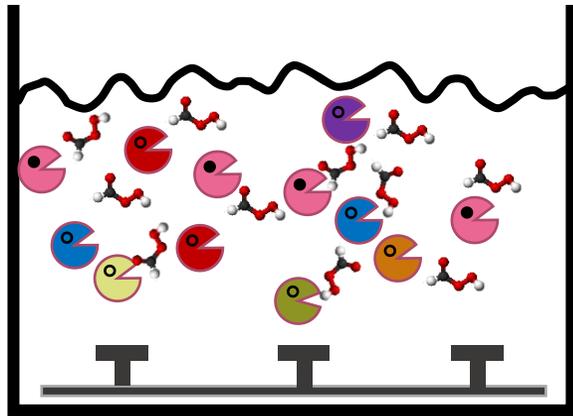


**PARIS 2024**



***Impact des rejets traités avec le PFA sur les microorganismes de l'eau de la Seine à l'échelle de l'agglomération parisienne***

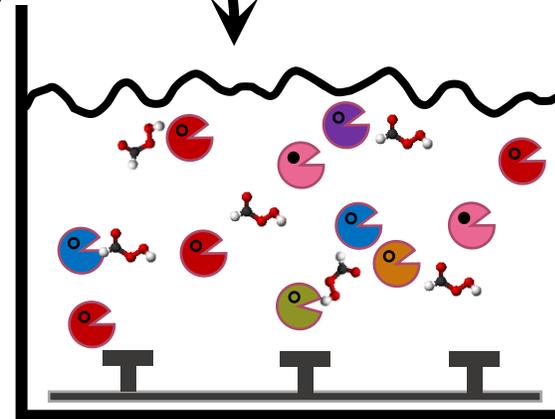
## v Etape 1 : Efficacité PFA



- + Rejet (STEU-Seine Centre)
- + PFA: 0,8; 2 et 4 ppm
- + Temps de contact : 0, 5, 10 min, 15, 30, 45 et 60 min

**Solution A**

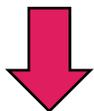
## v Etape 2 : Impact sur le milieu récepteur



- + **Solution A** (10%, v/v)
- + Eau de la Seine (90% v/v)
- + Temps de contact : 0, 5, 10, 15, 30, 45 et 60 min

**Solution B**

- Microorganismes
- Acide performique
- ⊥ Système d'agitation



**Analyse : abondance**



**Analyses : abondance, activité et diversité des microorganismes**

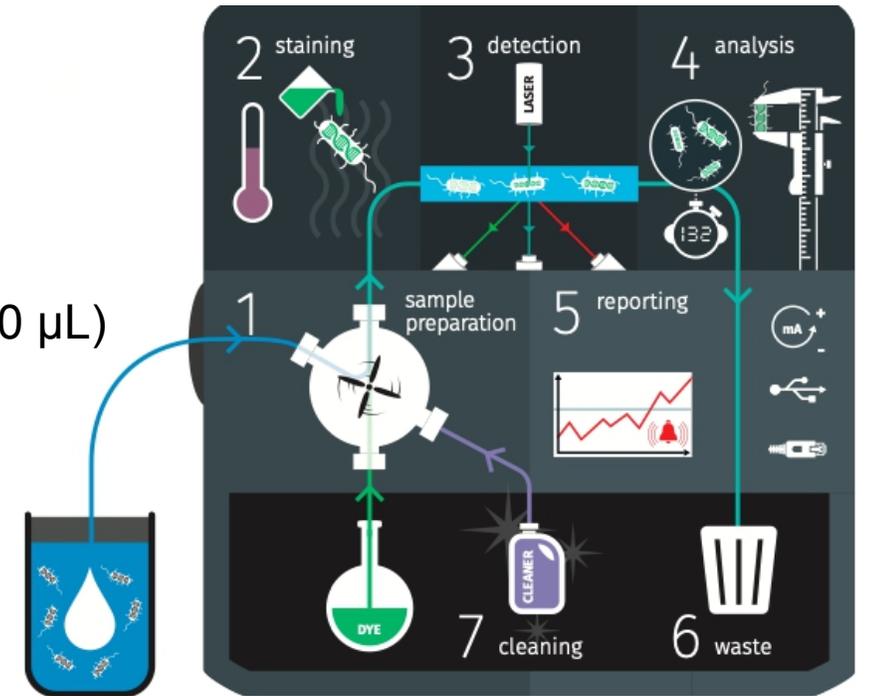
- ∨ **Cytométrie en flux** : technique de comptage des cellules microbiennes en suspension dans un liquide
- ∨ Coloration de l'ADN par deux fluorochromes :

Iodure de propidium    cellules endommagées (DCC)

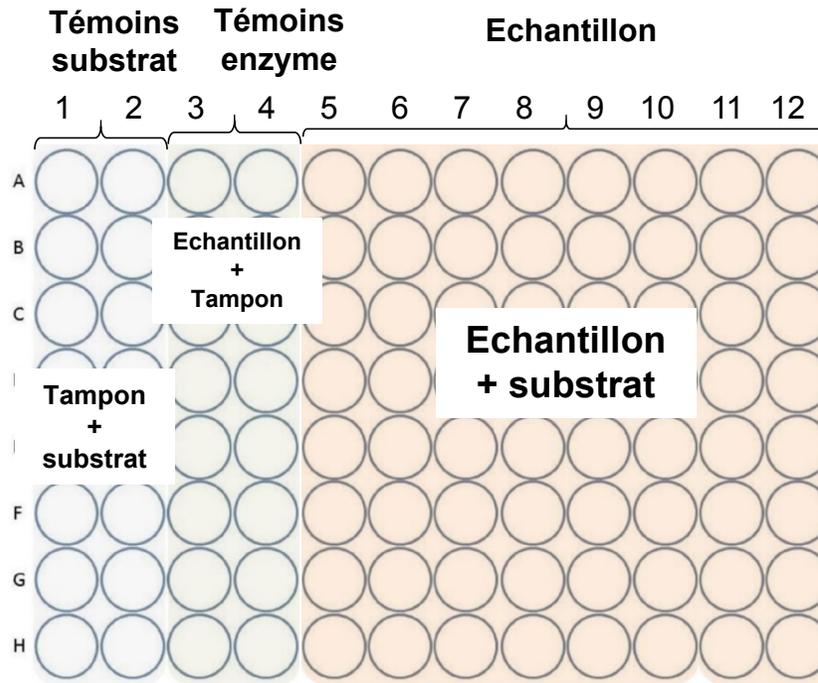
SYBR Green I    cellules totales (TCC)

## Protocole

- ∅ 1 : Remplir un tube (2 mL) avec l'échantillon, volume analysé (90 µL)
- ∅ 2 : Incubation à 37°C pendant 10 min
- ∅ 3 : Détection des cellules par les rayonnements d'émission et d'absorption
- ∅ 4 : Comptage des cellules (< 10 µm)
- ∅ 5 : Rapport
- ∅ 6 : Déchets intégrés
- ∅ 7 : Nettoyage



### v Dosage enzymatique



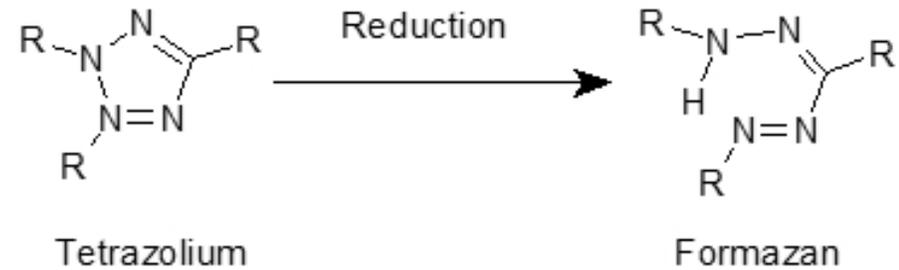
37°C  
2h



Spectrophotomètre à 490nm

### v Biolog® Ecoplate™

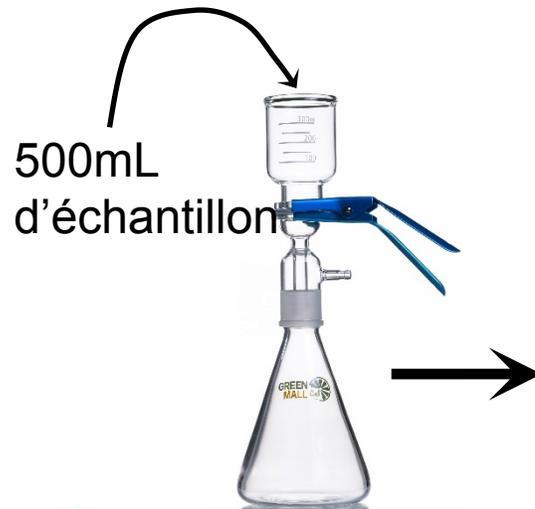
- 31 sources de carbones différentes
- Indicateur coloré (chlorure de tétrazolium) produit dégradé (formazan, violette)



Spectrophotomètre à 570nm



<https://migale.inrae.fr/>



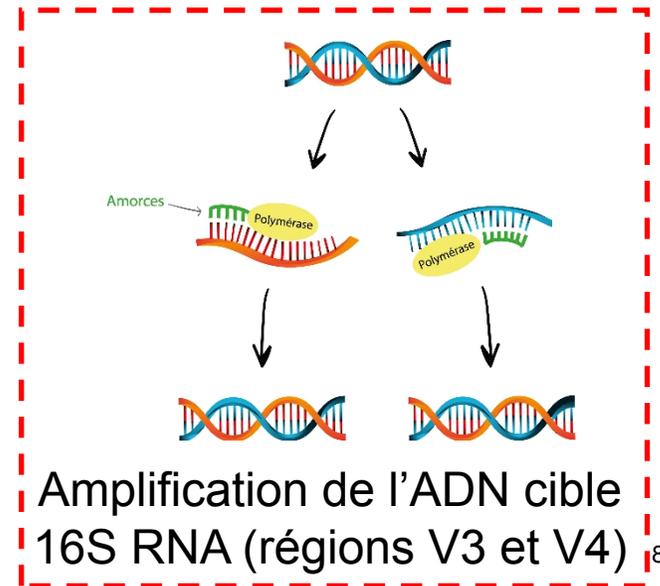
500mL d'échantillon



Système de filtration



Extraction de l'ADN



**Résultats :**

***Efficacité du traitement des rejets avec le PFA***

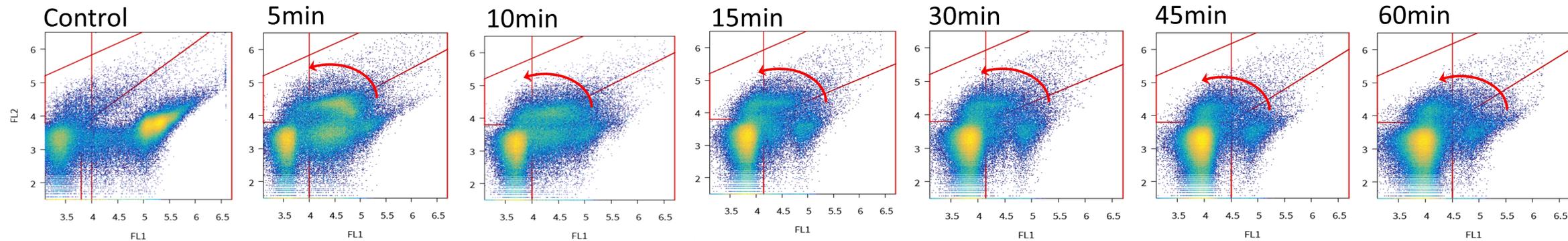
# Résultats

## Abondance microbienne

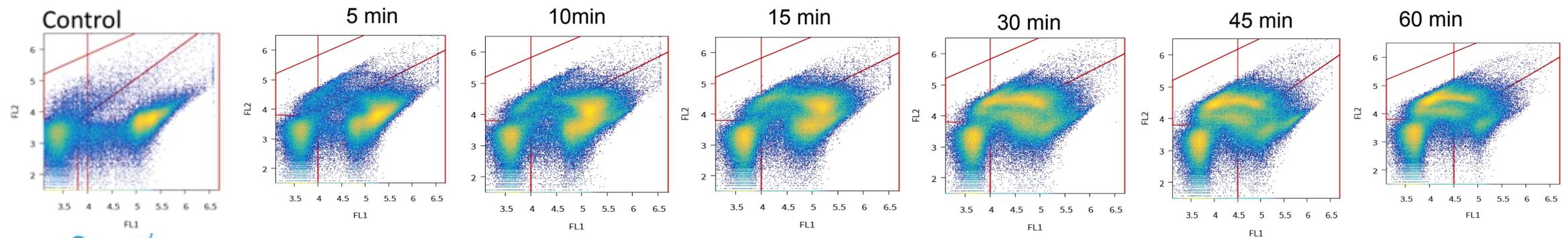
Eau de STEU décantée + PFA 4 mg/l

§ 3 expérimentations

§ 2 mesures/expérimentation

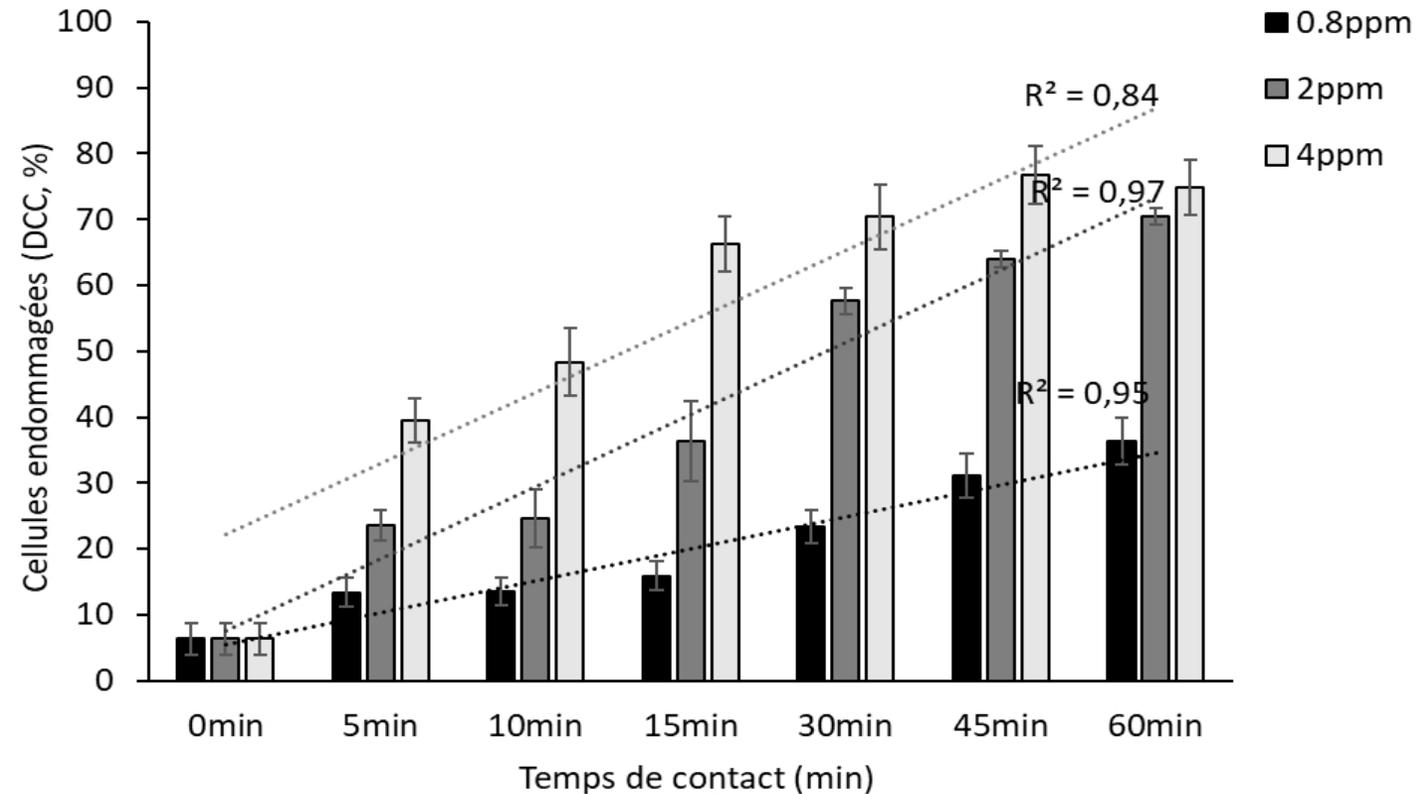


Eau de STEU décantée + PFA 2 mg/l



# Résultats

## Abondance microbienne

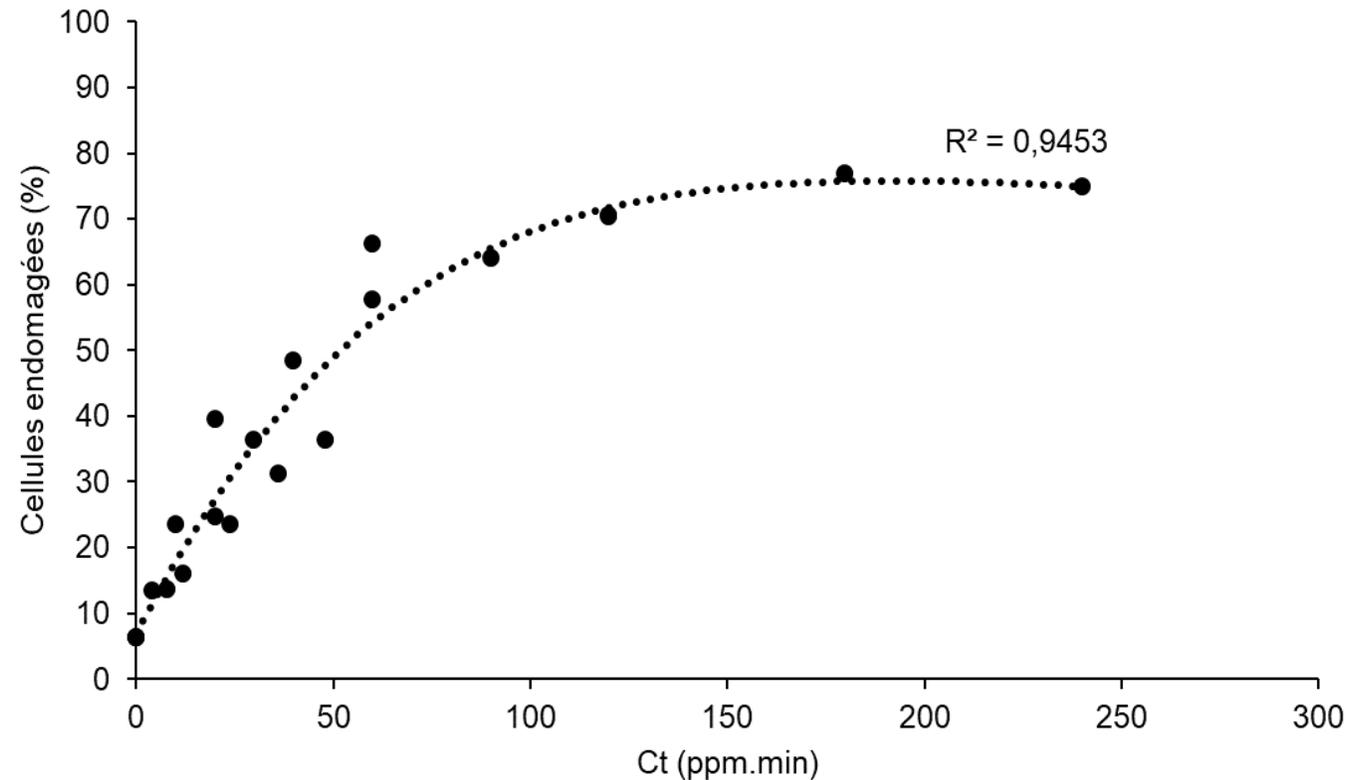


∅ Augmentation de la PFA concentration et temps de contact      Augmentation de nombre des cellules endommagées

∅ 70% et 77% d'abattement dans les conditions 2 mg/l.60min et 4 mg/l.45 min

# Résultats **Abondance microbienne**

Efficacité de la désinfection par PFA (% cellules endommagées)  
en fonction des valeurs de Ct



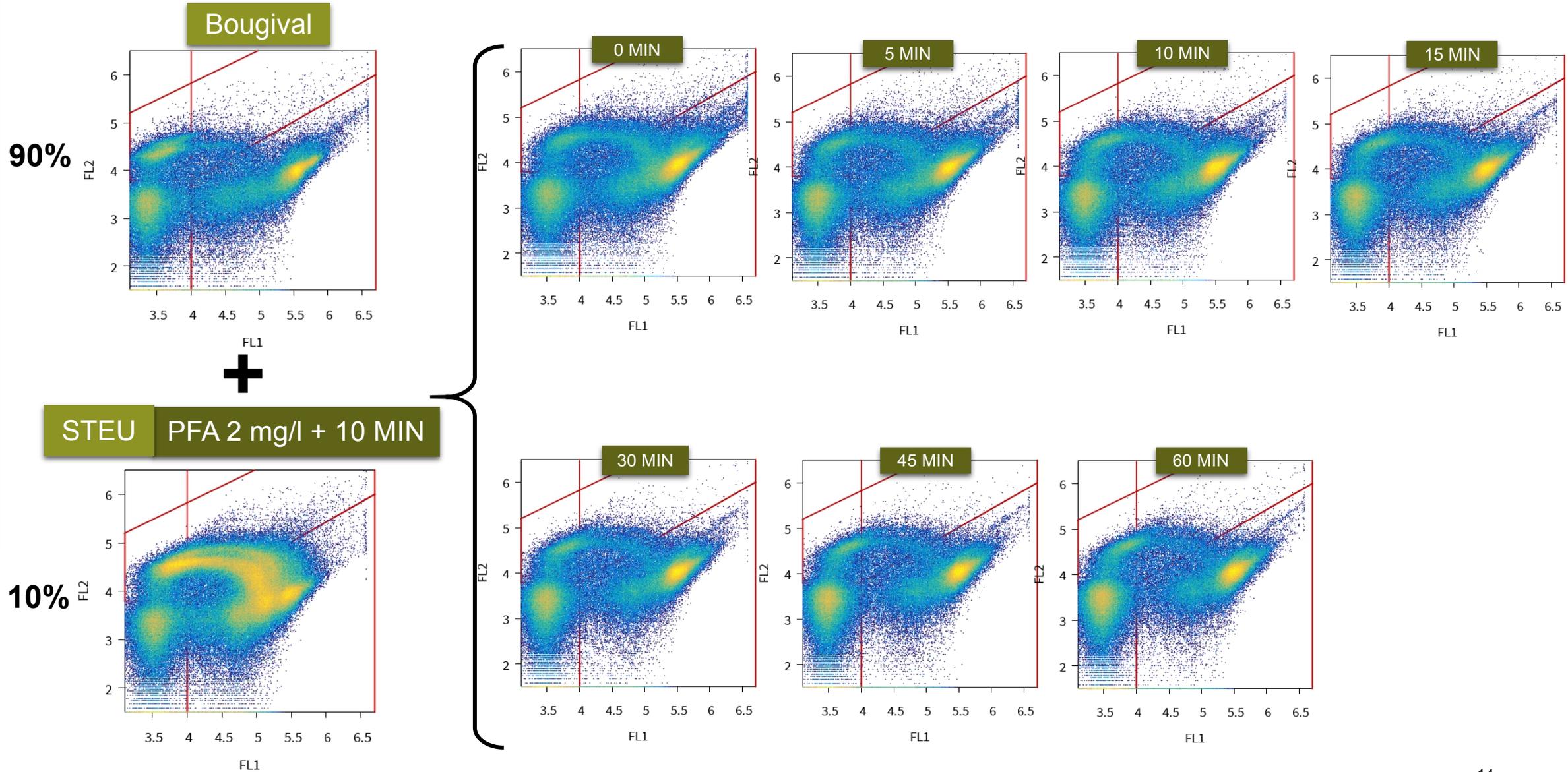
- ∅ Augmentation des valeurs Ct  
Augmentation de l'efficacité du PFA
- ∅ Atteint le plateau à partir de valeur de Ct à 70 mg/L per min avec ~70% d'abattement

## Résultats :

*Effet des eaux traités au PFA sur la microflore  
de la Seine (milieu récepteur)*

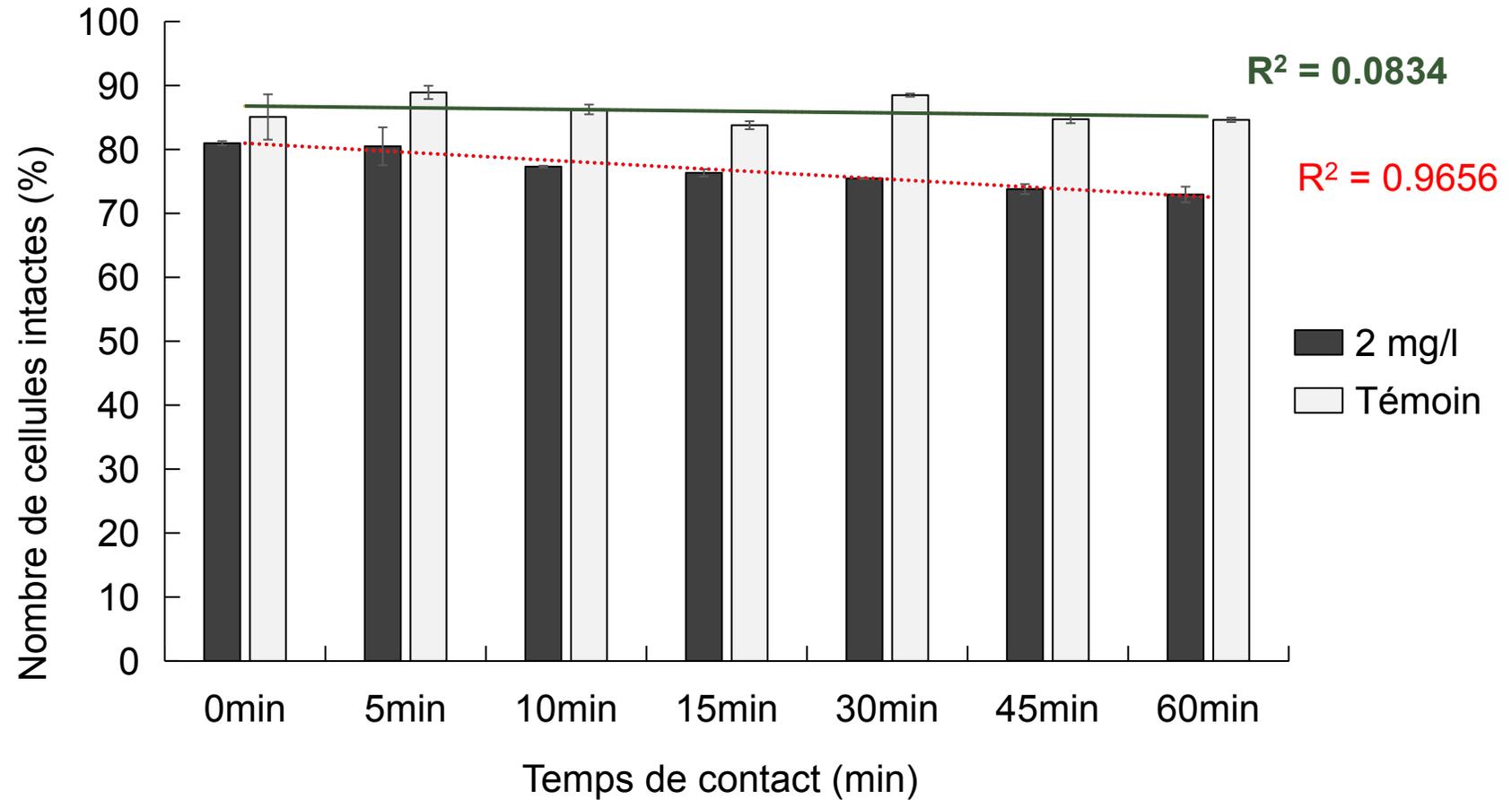
# Résultats

## Abondance microbienne



# Résultats

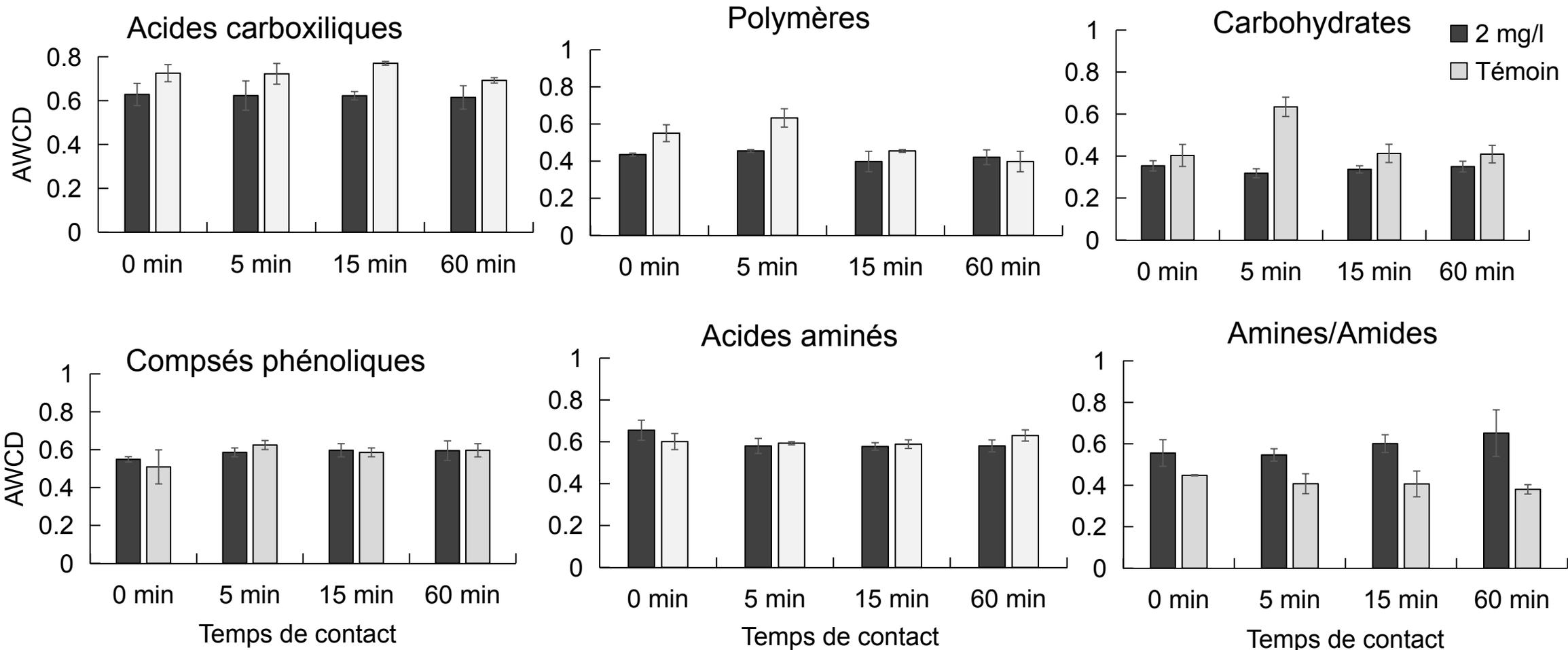
## Abondance microbienne



∅ Abattement ~5% au bout de 15 min

∅ Abattement stable après 15 min de contact

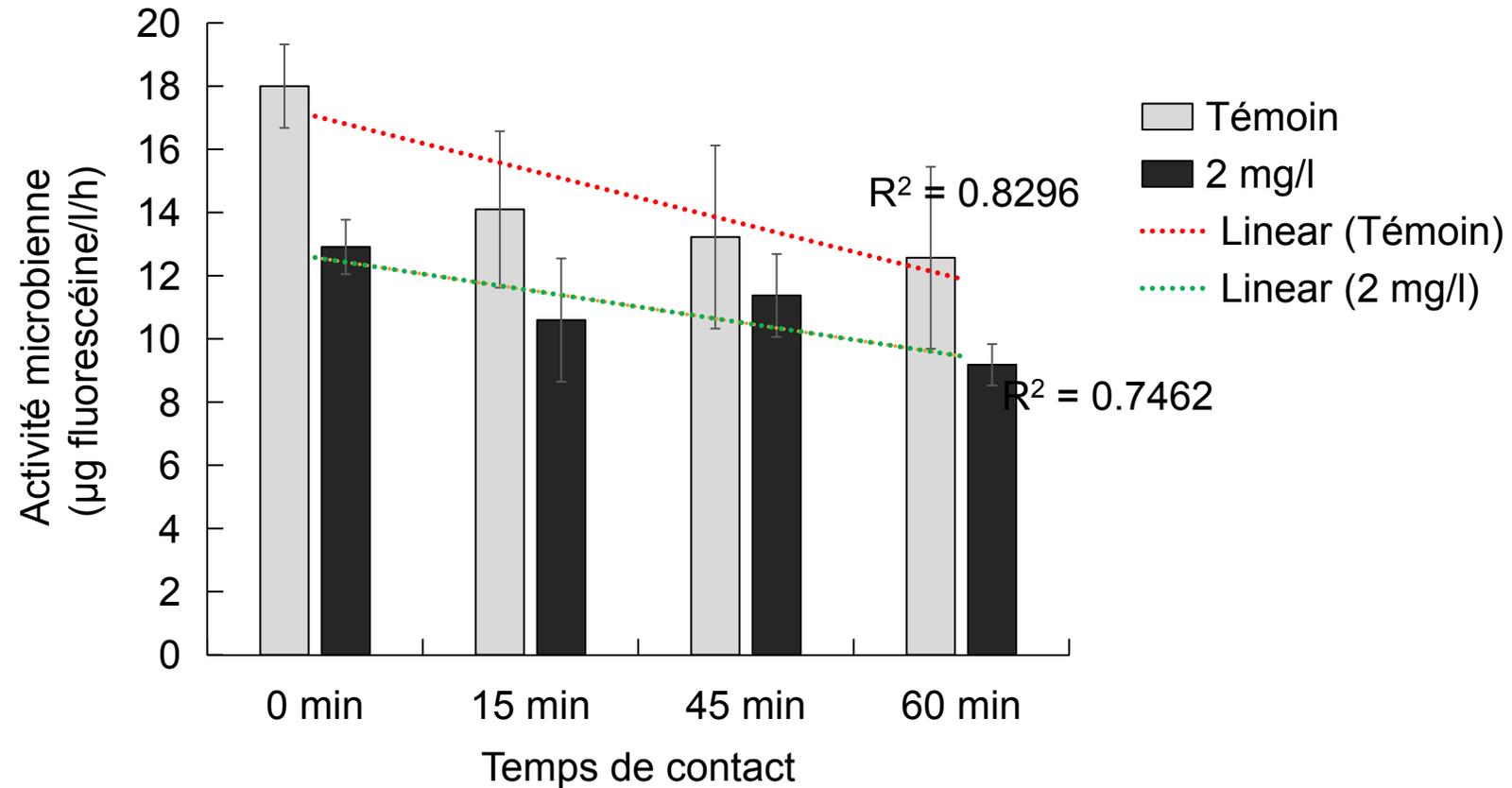
# Résultats Activité microbienne (BIOLOG®)



AWCD : Average well Colour Development



∅ Capacité de dégradation plus faible des substrats : acides carboxyliques, polymères et carbohydrates dans l'eau Seine recevant les STEU traités au PFA

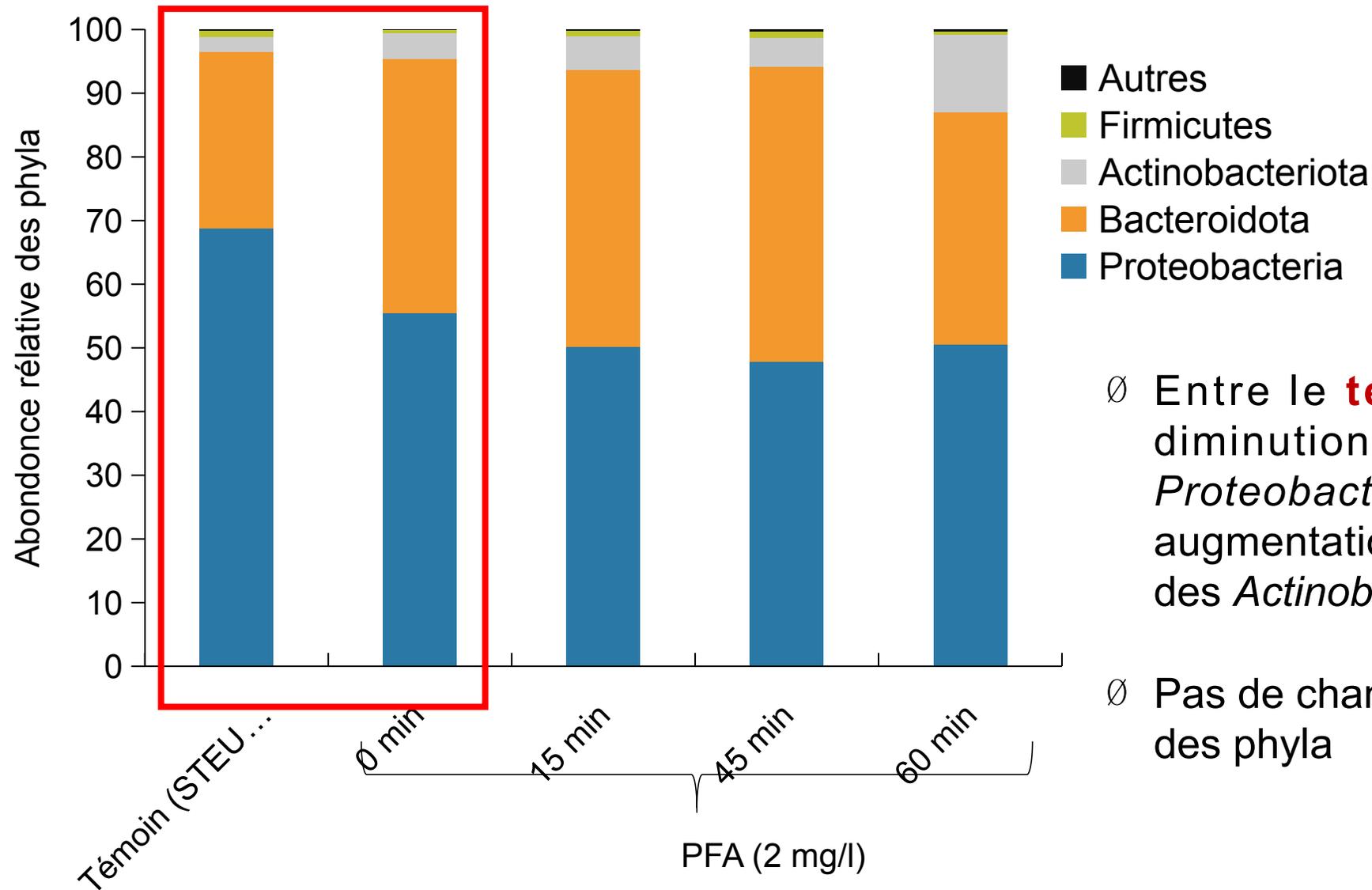


∅ FDA\_PFA 2mg/l < FDA\_Témoin

∅ mais, pas de différence significative observée (test one-way anova)

# Résultats

## Diversité microbienne



# Résultats

## Diversité microbienne

PFA (2mg/l + 10min)

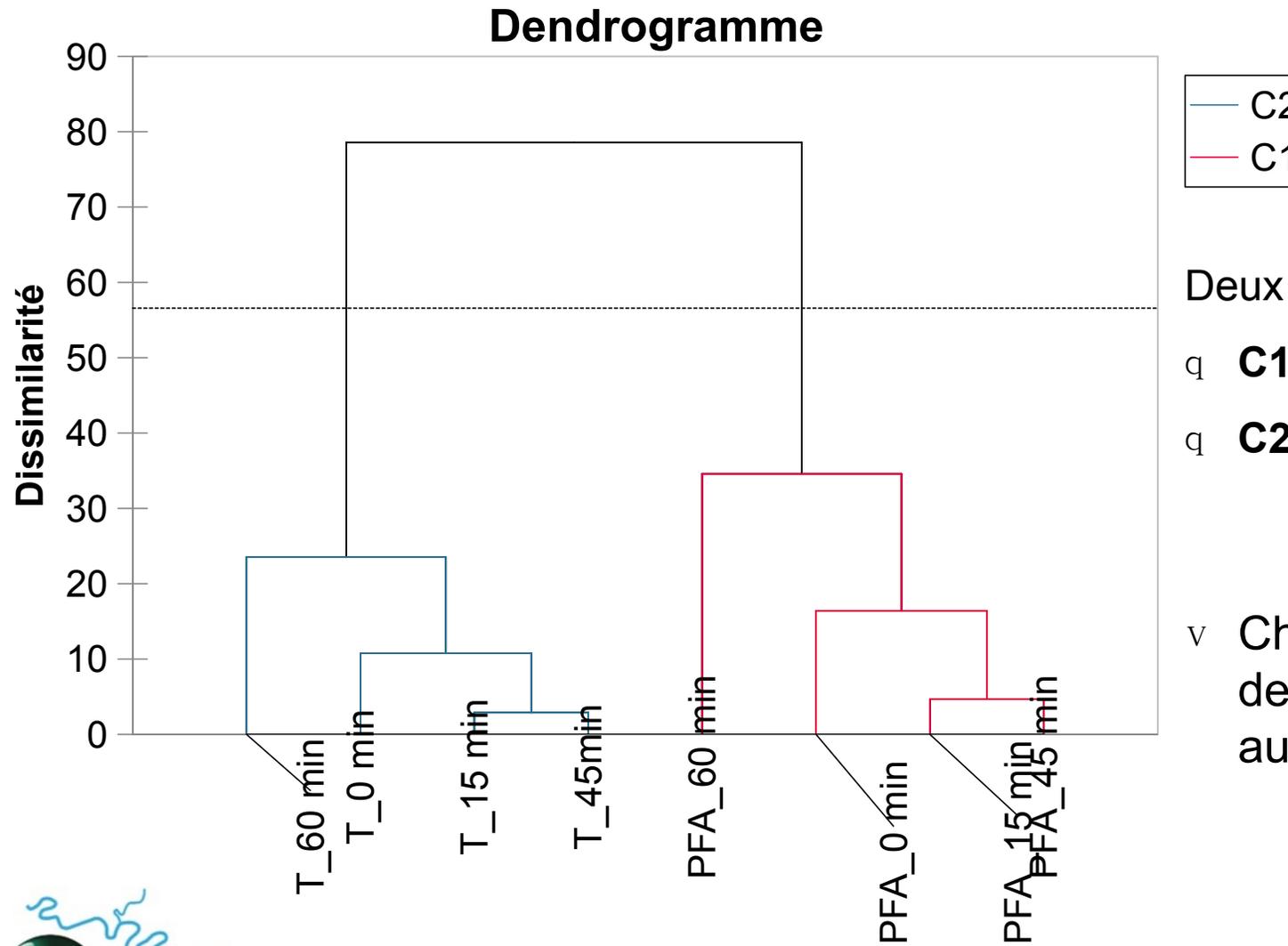
Témoin



Phylum	Classe	Ordre	Famille	Genre	PFA (2mg/l + 10min)				Témoin					
					0 min	15 min	45 min	60 min	0 min	15min	45min	60min		
Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Thermomonas										
				Arenimonas										
		Burkholderiales	Comamonadaceae	Acidovorax										
				Comamonas ***										
				Methylophilaceae	Methylophilaceae	Methylophilaceae								
		Pseudomonadales	Pseudomonadaceae	Oxalobacteraceae	Oxalobacteraceae	Massilia ***								
				Pseudomonas	Pseudomonas	Pseudomonas								
	Aeromonadales	Aeromonadaceae	Moraxellaceae	Moraxellaceae	Acinetobacter *									
			Aeromonas	Aeromonas	Aeromonas *									
	Alphaproteobacteria	Sphingomonadales	Sphingomonadaceae	Sphingomonas	Sphingomonas	Sphingomonas								
				Sphingorhabdus *	Sphingorhabdus *	Sphingorhabdus *								
				Novosphingobium	Novosphingobium	Novosphingobium								
		Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	Pseudorhodobacter	Pseudorhodobacter	Pseudorhodobacter								
				Paracoccus	Paracoccus	Paracoccus								
Caulobacteriales	Caulobacteraceae	Brevundimonas	Brevundimonas	Brevundimonas										
Bacteroidota	Bacteroidia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	Cloacibacterium ***										
				Chryseobacterium	Chryseobacterium									
				Flavobacterium	Flavobacterium									
				Flavobacterium	Flavobacterium									

Diminution de l'abondance de certains genres bactériens durant la phase de traitement

§ Pathogènes: *Aeromonas*, *Comamonas*, *Cloacibacterium*, *Acinetobacter*



Deux groupes se distinguent

q **C1** : Traitement au PFA 2 mg/l

q **C2** : Témoins

v Changement de la composition des communautés bactériennes au niveau genre

Notre résultat	Biblio
	Ct : 1,2ppm x 10min = 12 Abattement <i>E. coli</i> : 4 log ( <i>Ragazzo et al., 2013</i> )
Ct : 4ppm x 60min = 240 Abattement de microflore totale : 0,84 log	Ct : 4ppm x 10 min = 40 Abattement Phage Q $\beta$ (virus) : 0,21 log ( <i>Projet Norovirus, 2022</i> )
	Ct : 4ppm x 45 min = 180 Abattement <i>Coliforme fécal</i> 3 log ( <i>Gehr et al., 2009</i> )
	Ct : 6ppm x 90 min = 540 Abattement <i>Enterococcus</i> : 6 log ( <i>Gehr et al., 2009</i> )

Varie en fonction des espèces microbiennes

Présence potentielle des espèces résistantes au PFA ?

→ Analyse de la diversité microbienne

Effet de la matrice de l'eau de STEU?

→ Analyse de la matrice de l'eau (Fluo3D)

# Discussions Impact des eaux traitées par le PFA sur les microorganismes de la Seine ?

- v Diminution (~5%) des cellules microbiennes au bout de 15 min
  - à *Restant des résidus du PFA jusqu'à 15 min de contact*
  - à *La dégradation complète du PFA au delà de 15 min*
- v Changement de la composition bactérienne de l'eau surface de la Seine avec une diminution des certains genres pathogènes entraînant une faible activité microbienne observée par l'analyse de la Biolog
  - à *Impact potentiel des eaux traitées au PFA sur la composition de leurs communautés bactériennes*

# Perspectives

- ∅ Comparaison les résultats obtenus en conditions laboratoire et ceux obtenus dans le cadre d'une expérimentation en grandeur nature dans le cadre du projet Norovirus.

**Merci pour votre attention!**



