



Quatre ans de suivis de la qualité chimique et microbiologique de Port Camargue : vers une meilleure compréhension du système portuaire pour une meilleure gestion

Chrystelle MONTIGNY, Patrick MONFORT,
Léa CAUSSE, Cyrine CHOUBA, Sophie DELPOUX, Aurélien DOMEAU,
Rémi FREYDIER, Stefaniya HANTOVA, Mylène MARIE, Mylène TOUBIANA

*HydroSciences, Université Montpellier, CNRS
Plateforme AETE-ISO OSU OREME, Université Montpellier*

Zone côtière Méditerranéenne : espace socio-économique & écologique important



PORTS

zones de refuge pour de nombreuses espèces biologiques
+
zones de fortes pollutions liées à la densité d'activité



**MILIEUX MARINS SEMI-FERMÉS À
L'INTERFACE ENTRE PLUSIEURS
ENVIRONNEMENTS**

FORTES PRESSIONS

Apports de polluants
issus des activités internes
propres aux ports

Apports de polluants
issus des bassins versants et
des zones urbaines

*Utilisation et entretien
des bateaux*

*Activités humaines
(plaisanciers)*

*Activités
humaines*

*Eaux de ruissellements
urbains*

COLLABORATIONS PASSÉES PORT CAMARGUE –HYDROSCIENCES



2012-2015

Projet ECODREGDE–MED :
Thèse Nicolas Briant

Devenir et biodisponibilité du Cu, Zn et TBT dans un environnement portuaire fortement contaminé : la marina de Port Camargue



Behaviour of butyltin compounds in the sediment pore waters of a contaminated marina (Port Camargue, South of France)

Nicolas Briant, Chrystelle Bancon-Montigny^a, Rémi Freydidier, Sophie Delpoux, Françoise Elbaz-Poulichet

^aLaboratoire Hydrosciences UMR 5509, CNRS, Université Montpellier, 163 Rue Auguste Broussonnet, CC 57, 34096, Montpellier, France



Deciphering As and Cu cycling in sediment pore waters in a large marina (Port Camargue, southern France) using a multi-tracer (Fe, Mn, U, Mo) approach

Nicolas Briant, Françoise Elbaz-Poulichet^a, Rémi Freydidier, Chrystelle Bancon-Montigny, Sophie Delpoux

^aLaboratoire Hydrosciences UMR 5509, CNRS, Université Montpellier, 163 Rue Auguste Broussonnet, CC 57, 34096, Montpellier, France



Trace elements in the sediments of a large Mediterranean marina (Port Camargue, France): Levels and contamination history

Nicolas Briant^{a,*}, Chrystelle Bancon-Montigny^a, Françoise Elbaz-Poulichet^a, Rémi Freydidier^a, Sophie Delpoux^a, Daniel Cossa^b

^aLaboratoire Hydrosciences UMR 5509, CNRS, Université Montpellier I & II, IRD, Flux Eglise Bataillon, CC ASE, 34095 Montpellier Cedex 5, France

^bIFREMER, Centre de Méditerranée, BP 330, 83507 La Seyne-sur-mer, France



THÈSE
Pour obtenir le grade de
Docteur

Déposé par Université Montpellier II
Préparée au sein de l'école doctorale SBAGHE - Systèmes
Intégrés en Biologie, Agronomie, Géosciences, Hydrosciences
et Environnement

Et de l'unité de recherche Hydrosciences Montpellier
Spécialité : Eaux Continentales et Sociétés

Présentée par Nicolas BRIANT

DEVENIR ET BIODISPONIBILITÉ DU Cu, Zn ET TBT
DANS UN ENVIRONNEMENT PORTUAIRE
FORTEMENT CONTAMINÉ : LA MARINA DE PORT-
CAMARGUE

Soutenue le 05 décembre 2014 devant le jury composé de :

Françoise ELBAZ-POULICHET	Directrice de thèse, CNRS	Directrice
Olivier BÉGIN-PIRELLI	Maître de Conférences, Aix-Marseille Université	Rapporteur
Cécile GUERIN	Maître de Conférences, Université de Toulouse	Rapporteur
Elina GONZA	Professeure, Université Montpellier I	Présidente
Chrystelle BANCON-MONTIGNY	Maître de Conférences, Université Montpellier II	Invitée
Michel CAVALLIER	Directeur de Port-Camargue	Invité



Science of The Total Environment
Volume 849, 25 November 2022, 157885



Cu isotope records of Cu-based antifouling paints in sediment core profiles from the largest European Marina, The Port Camargue

Nicolas Briant^{a,*}, Rémi Freydidier^b, Daniel F. Araújo^a, Sophie Delpoux^b, Françoise Elbaz-Poulichet^b



2009
Etude de la
contamination des
sédiments du port

COLLABORATIONS ACTUELLES PORT CAMARGUE –HYDROSCIENCES



...depuis novembre 2021



ECODREDGE MED II (READYNOV) : MÉTHODOLOGIES, ESSAIS DE TRAITEMENT/VALORISATION DE SÉDIMENTS FINS DRAGUÉS, ET RÉALISATION D'OUVRAGES EXPÉRIMENTAUX EN TRAVAUX PUBLICS CÔTIERS OU MARITIMES DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX SUIVIS ENVIRONNEMENTAUX ADAPTÉS AUX OPÉRATIONS DE DRAGAGE ET PHÉNOMÈNES NATURELS

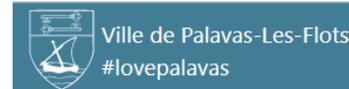
...depuis mars 2018

suivi mensuel

73 CAMPAGNES



*Michel CAVAILLES, Jean-Romain BRUNET
Yan ROUX, Delphine VIGNAUD et les services techniques*



T1

**ACQUISITION
DE DONNÉES**

Détermination de la
qualité/contamination
chimique et
microbiologique

*Suivis spatio-temporels au cours
des cycles saisonniers, touristiques,
travaux de dragage...*

T2

**TRAITEMENT
DE LA BASE
DE DONNÉES**

Détermination des
sources principales
de pollution et du
devenir des polluants

T3

**COMPRÉHENSION
DU FONCTIONNEMENT
DU PORT**

Liens avec la météorologie,
les changements d'usage du
port, la gestion des eaux
usées des bateaux
stationnés dans le port,
l'occupation et la
fréquentation du port...

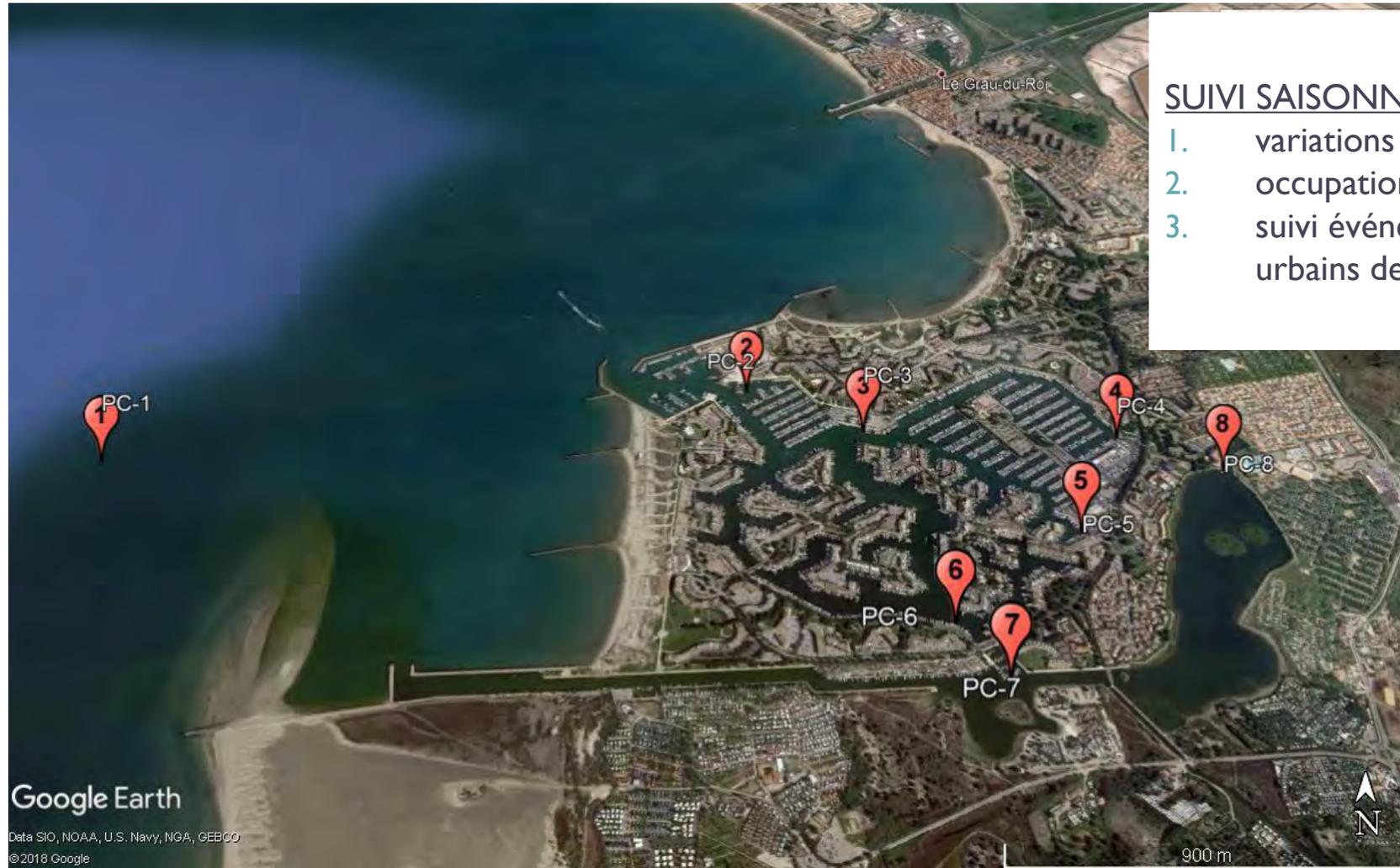
T4

**ORIENTATION
DES CHOIX
DES GESTIONNAIRES
DU SITE**

Limitation des risques
associés aux activités
portuaires

SUIVI SPATIAL :

1. extérieur du port
2. entrée du port
3. milieu du port
4. zone technique I
5. zone technique II
6. Marina
7. Chenal sud
8. Etang de Salonique



SUIVI SAISONNIER : prise en compte

1. variations hydro-climatiques,
2. occupation touristique
3. suivi événementiel des rejets urbains de temps de pluie

- Échantillonnage mensuel : mars à septembre
- Bi-mensuel : mai à octobre

Mars 2018 à septembre 2022 : 75 CAMPAGNES ≈ 600 ECHANTILLONS

Paramètres physicochimiques

pH
Température
O₂ dissous
Salinité
Turbidité

sonde de turbidité par néphélométrie. (Technologie Optique infra) (Ijinus®)



multiparamètre portable HACH® (Hq40d) + sondes LDO101, pH301 & CDC40101



Composés inorganiques

Éléments traces métalliques
Terres rares



Q-ICP-MS, ICAP-TQ, Thermo Scientific



Nutriments

Plateformes AETE et Medimeer
OSU OREME



Composés organiques

Composés entrant dans la composition des peintures antifouling = organoétains TBT



GC-Q-ICP-MS, iCAP Q, Thermo Scientific



GC-ICP-MS (Focus GC Thermo Fisher Scientific-ICP-MS X Series II-Thermo Fisher Scientific®)

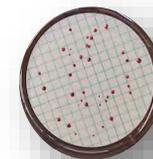


Paramètres microbiologiques

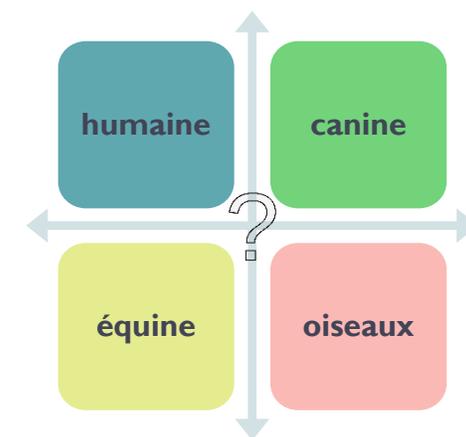
Bactéries Témoins de Contamination Fécale
BTCF

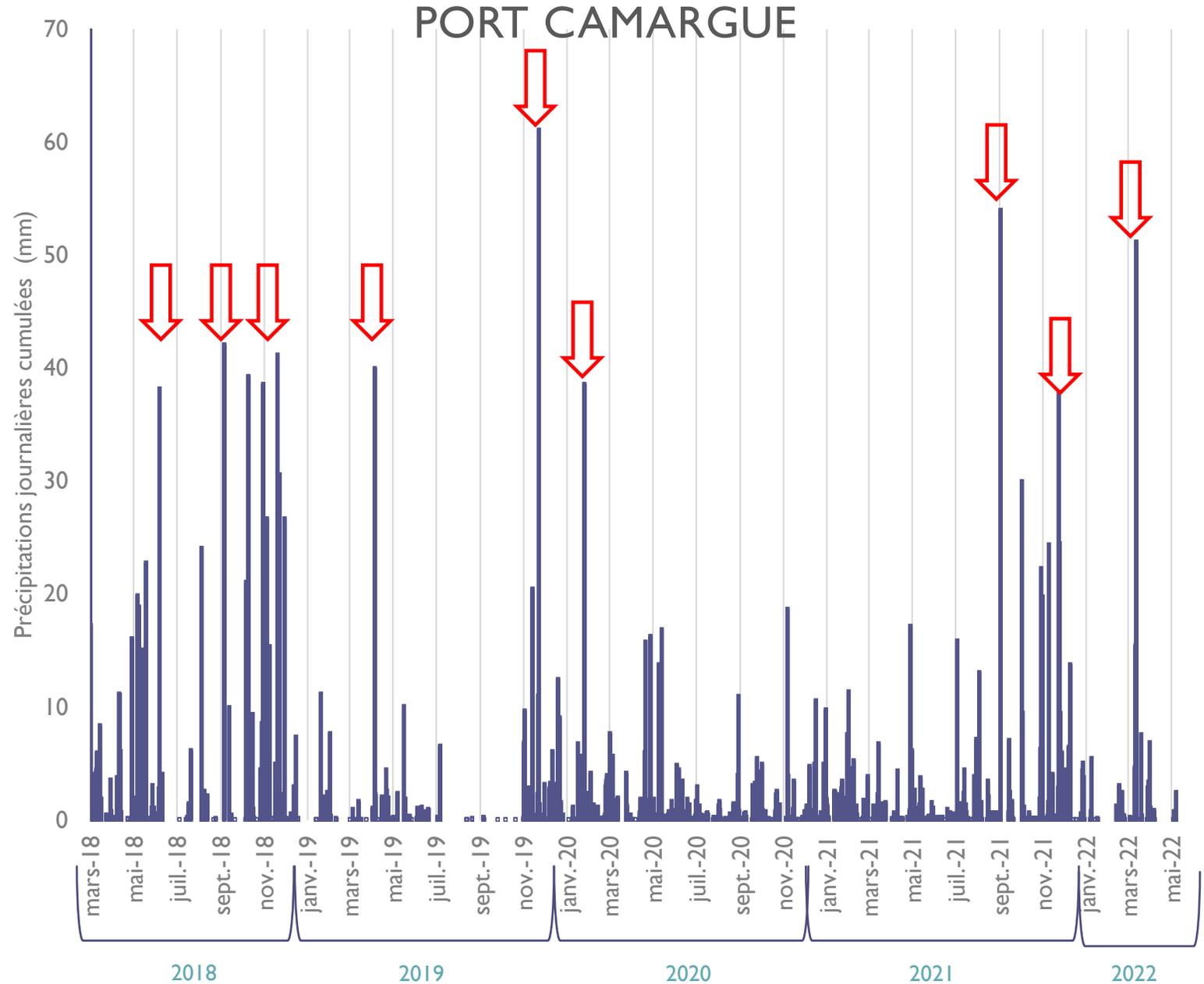
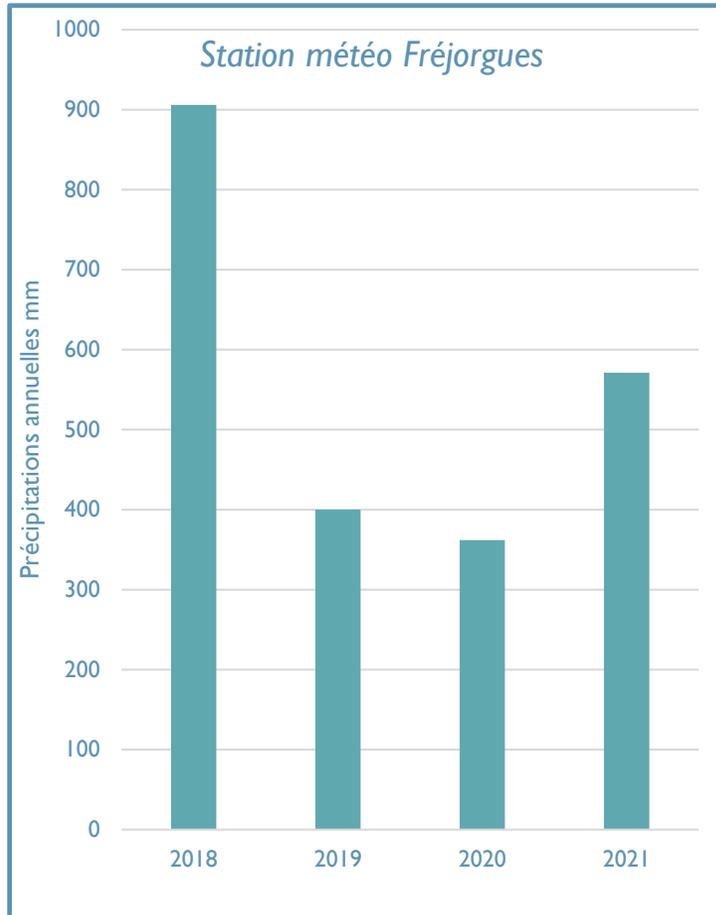
Coliformes thermo-tolérants dont *Escherichia coli*

Entérocoques intestinaux

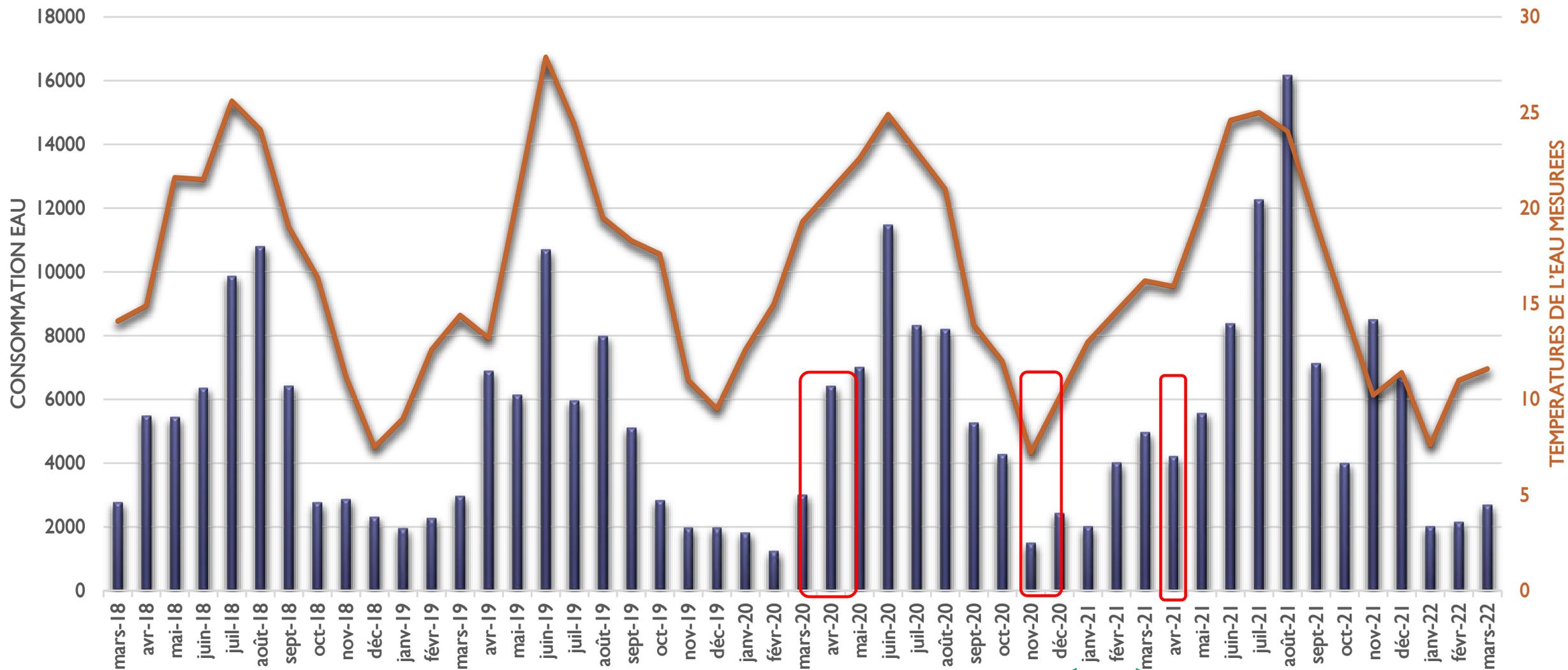


Origine de la contamination microbienne fécale (séquençage ADN)





OCCUPATION DU PORT (consommation d'eau vs température)



Périodes CONFINEMENTS COVID-19

17 mars
11 mai
55 jours

30 oct
15 déc
45 jours

Dragage
Chenal
sud

3 avril
3 mai
28 jours

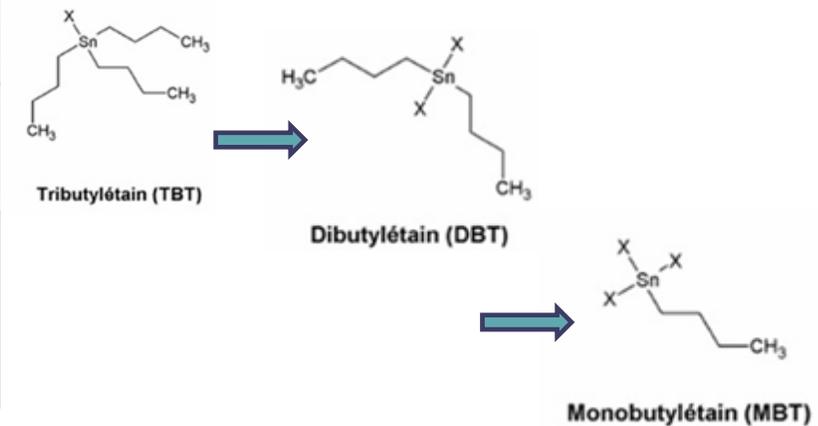
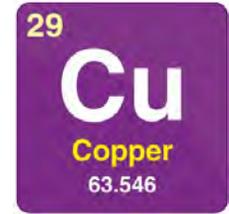
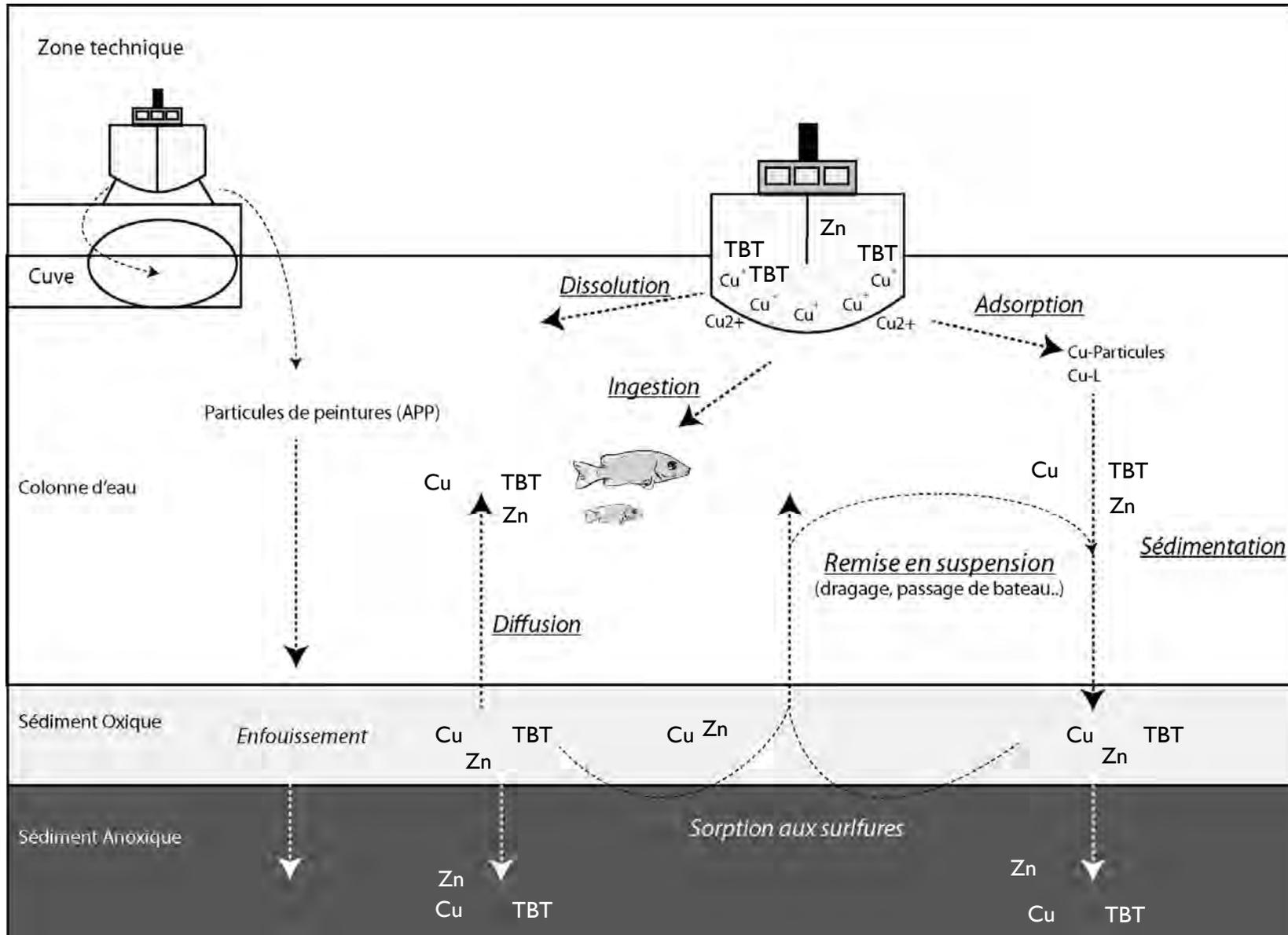


I-QUALITÉ/CONTAMINATION CHIMIQUE DU PORT

CAS DES PEINTURES ANTIFOULING

L'HOMME MÈNE UNE
LUTTE SANS FIN
CONTRE LA FIXATION
D'ORGANISMES MARINS
SUR DES SURFACES
IMMERGÉES DANS L'EAU
DE MER EN GÉNÉRAL,
ET SUR LES COQUES
DES NAVIRES EN
PARTICULIER

Système portuaire





- **1982** : Usage interdit en France bateaux –25 m.
- **2003** : Usage interdit pour tous les navires (surfaces extérieures) battant pavillon de l'UE (sauf Marine Nationale).
- **2008** : Proscription totale des systèmes antisalissures - obligation d'éliminer les revêtements des coques de bateaux contenant du TBT (IMO)



- Directive CE/**2000/60** ; Directive 2008/105/CE ; Directive 2013/39/UE liste des substances prioritaires (SDP) dans le domaine de l'eau :TBT
- Circulaire du 13/07/**2006** : surveillance eaux douces de surface
- Arrêté du 31/01/**2008** - Annexe II : polluants avec seuil de rejet dans l'eau Tributylétain - Triphénylétain et composés

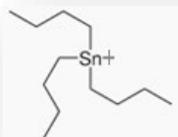
DIRECTIVE 2013/39/UE

NQE = concentration dans l'eau, le biote ou les sédiments ne devant pas être dépassée pour protéger la santé humaine et l'environnement

NQE –MA : [moyennes annuelles]

effets à long terme & effets chroniques

0,0002 µg/L = 0.081 ng(Sn)/L



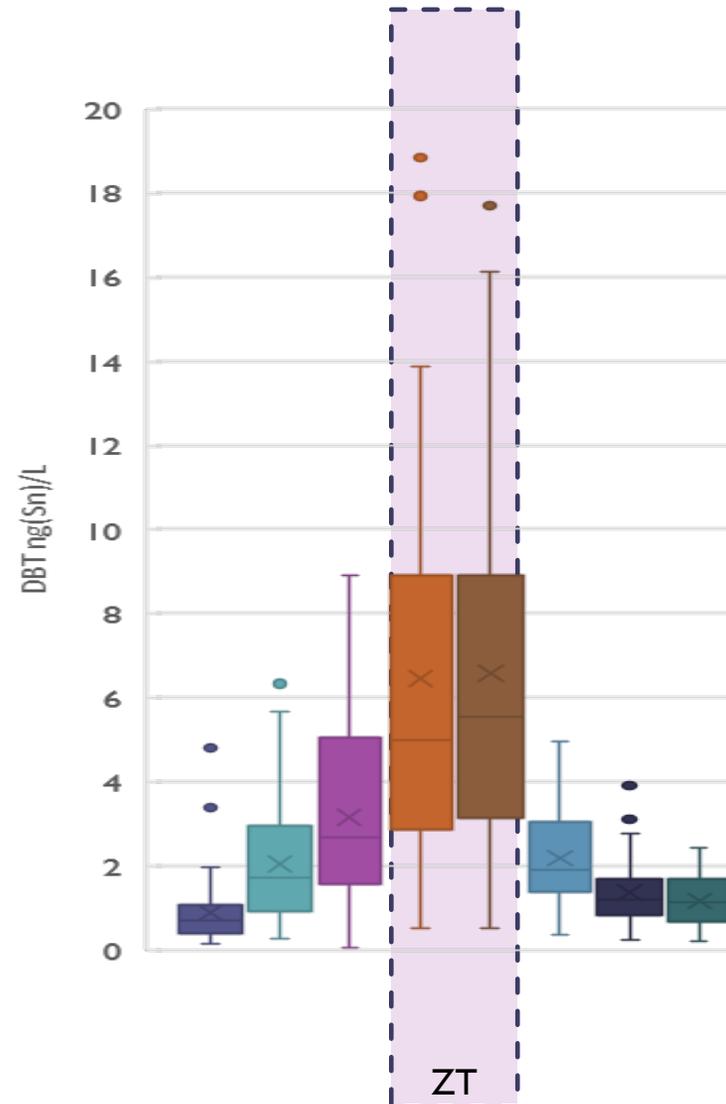
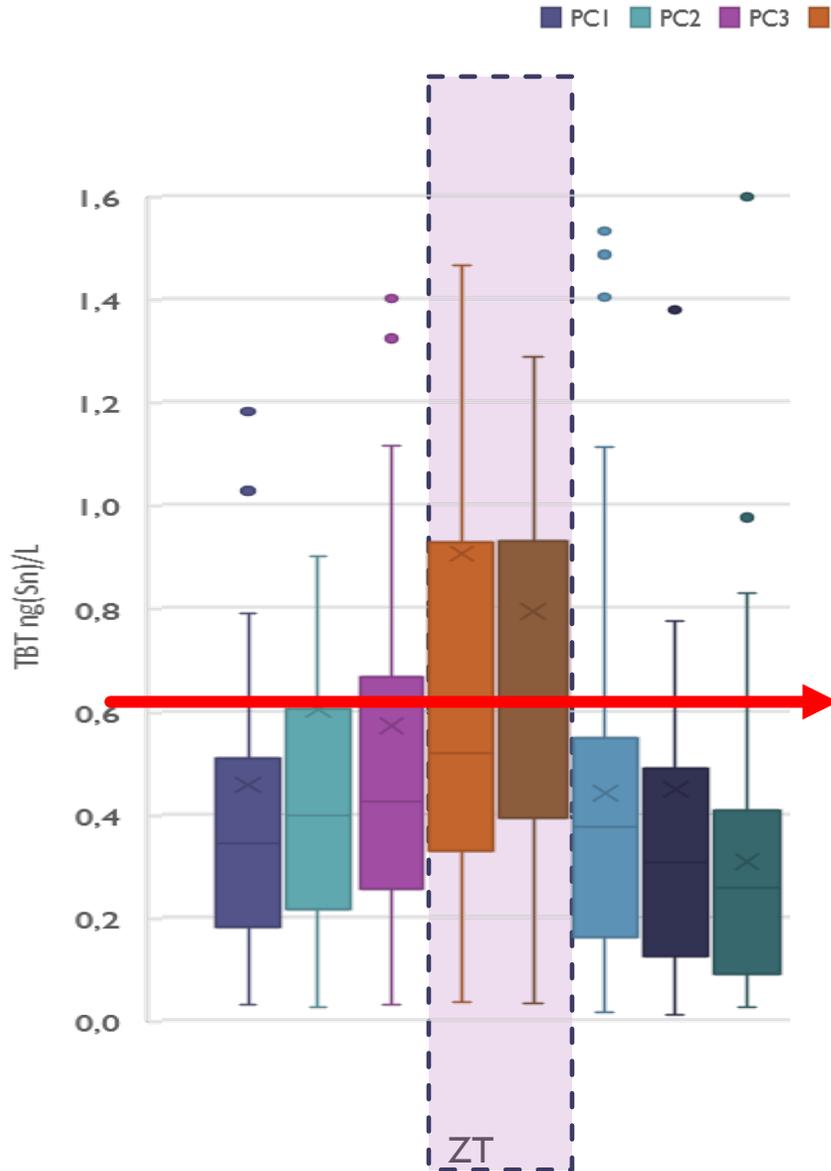
NQE –CMA : [maximales admissibles]

effets écotoxiques directs & aigus

0,0015 µg/L = 0.61 ng(Sn)/L

↪ **En 2015** : rejets réduits de 50 % **Échéance 2021** : disparition totale des masses d'eau

I-Qualité chimique des eaux du port : étude spatiale



TBT & DBT ng(Sn).L⁻¹

NQE -MA :

[moyennes annuelles]

0.082 ngSn L⁻¹

NQE -CMA :

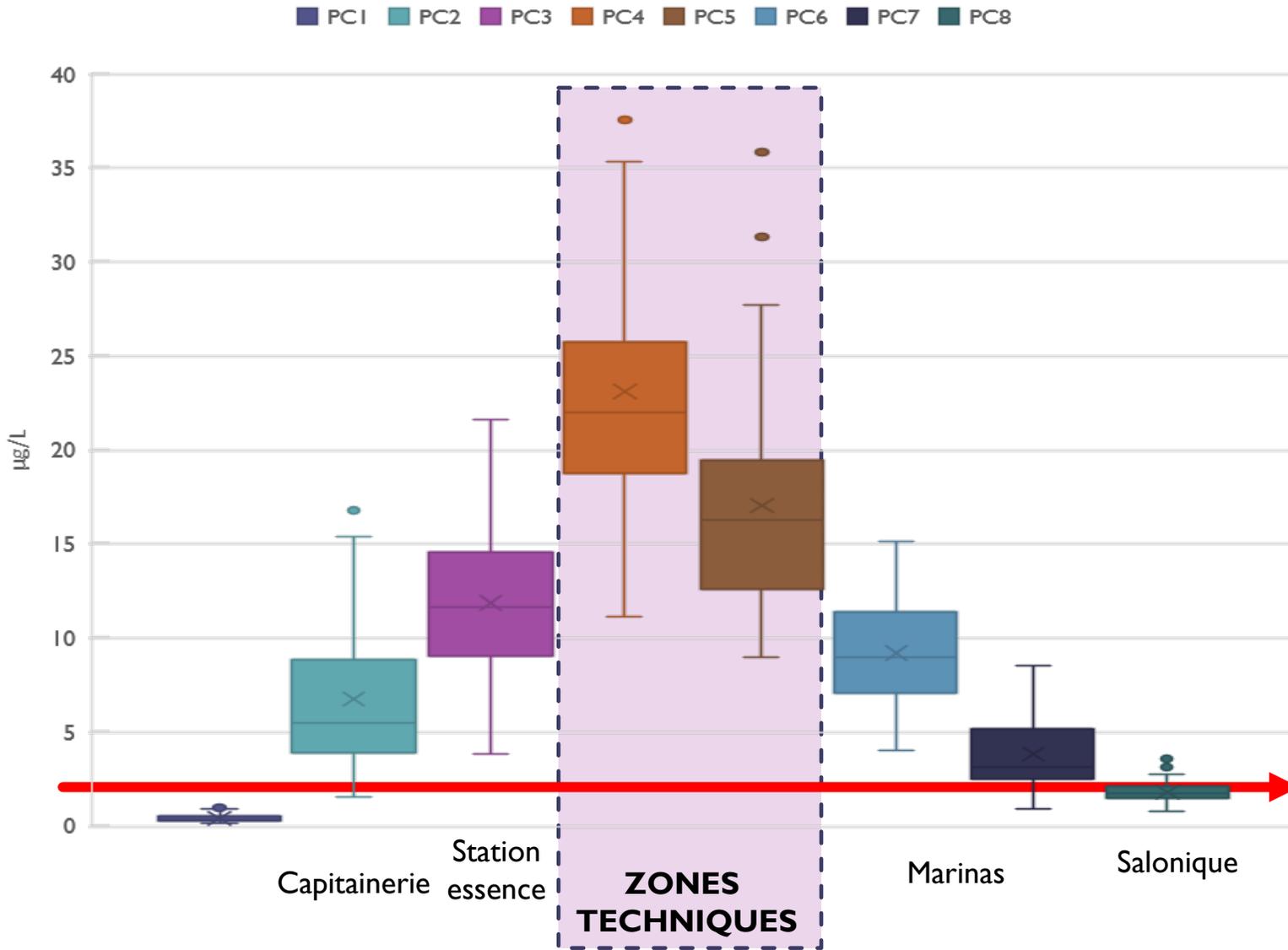
[maximales admissibles]

0.61 ngSn L⁻¹



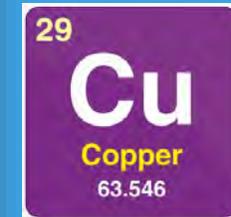
[TBT] > NQE
surtout dans les eaux des
Zones Techniques du port
(PC4 & PC5)

Qualité chimique des eaux du port : étude spatiale



Référence
0,17 à 1,2 µg/L

← 100% des points > NQE ! →

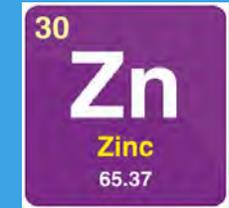
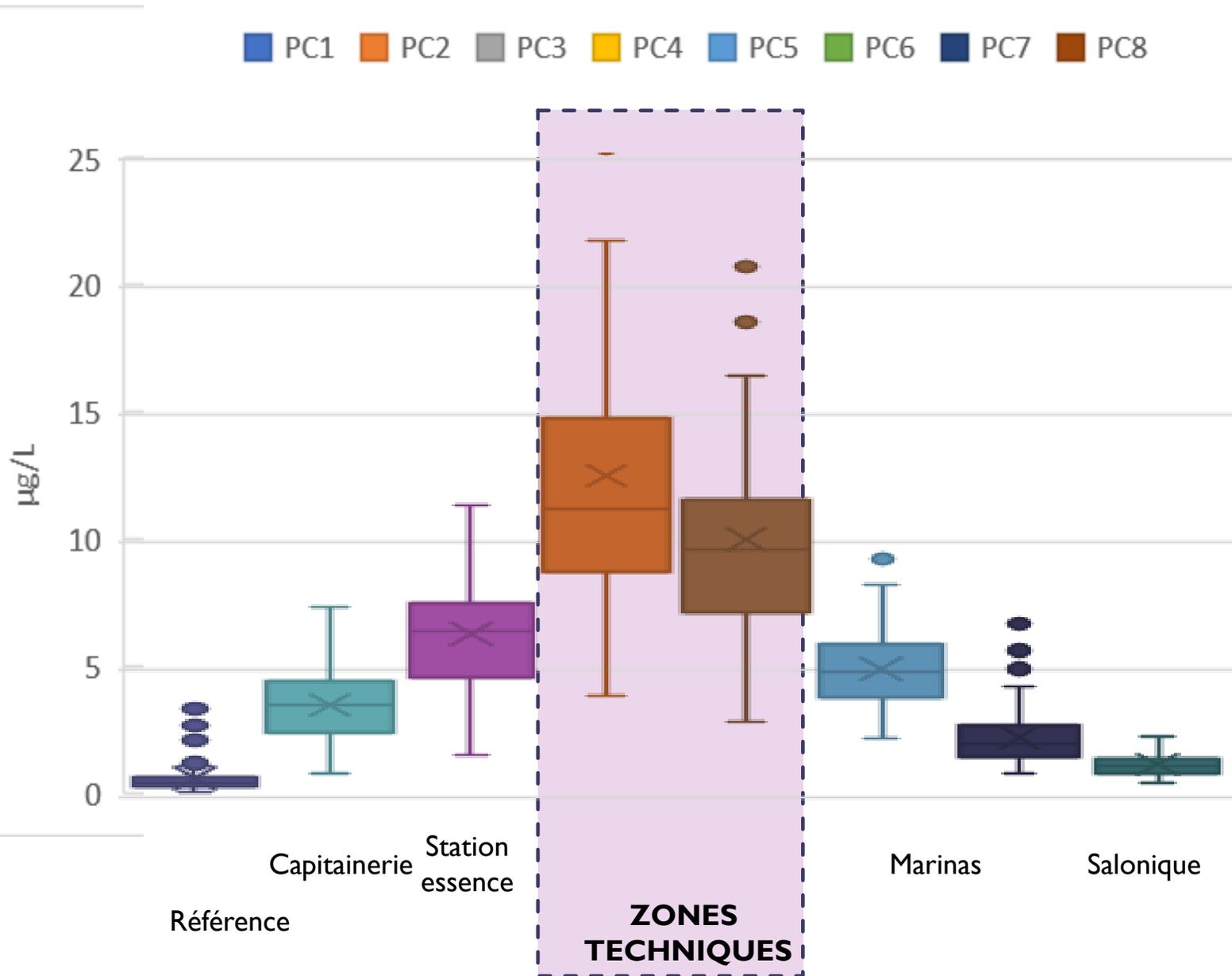


	Norme (µg L ⁻¹)	Réf.
NQEp	2.5	UE (2013)

DCE : Norme de Qualité des Eaux provisoire (NQEp)

⇒ gradient de pollution des eaux croissant de l'entrée au fond du port près des zones techniques ZT (PC4 et PC5)

Qualité chimique des eaux du port : étude spatiale

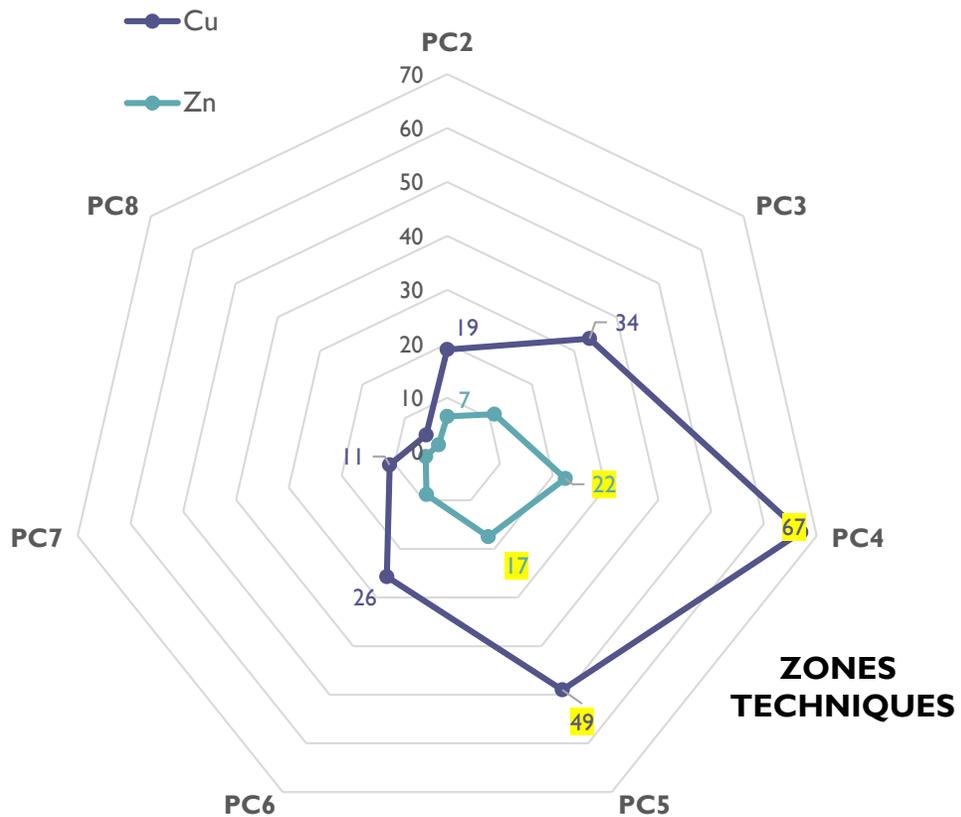


⇒ gradient de pollution des eaux croissant de l'entrée au fond du port près des zones techniques ZT (PC4 et PC5)

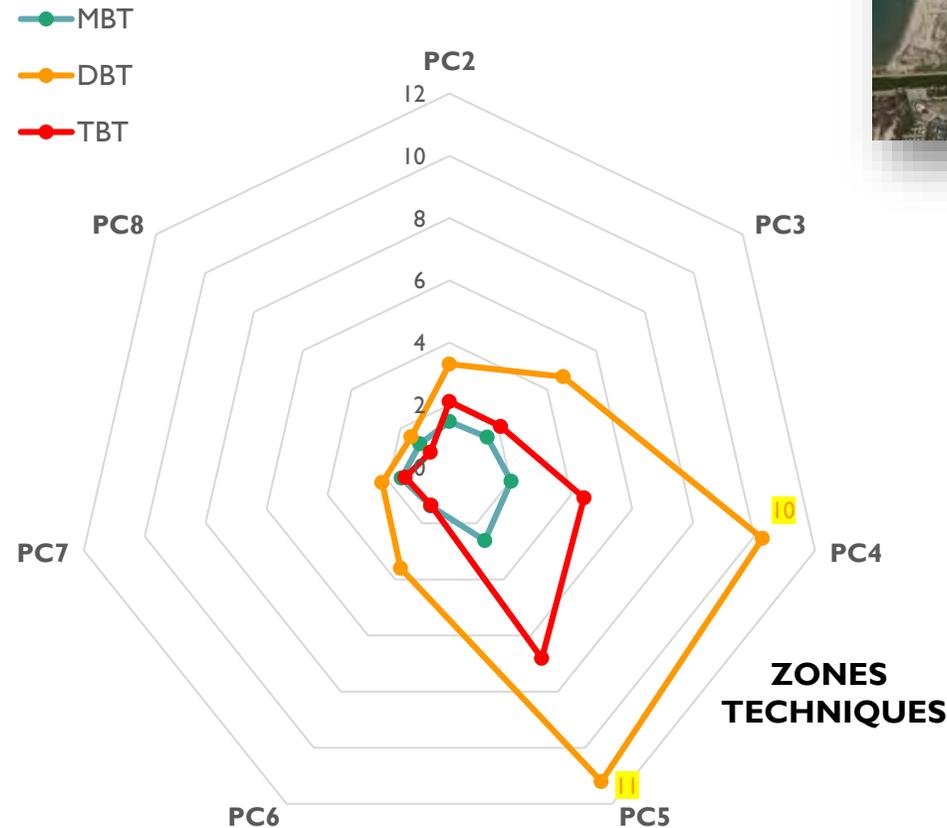
FACTEURS D'ENRICHISSEMENT / RÉFÉRENCE



Cuivre et Zinc



TBT et composés



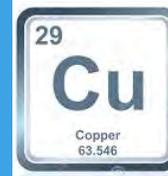
Enrichissements / au point de référence en Cu, Zn et composés du TBT sur l'ensemble du port
 ⇒ navigation et circulation des bateaux

ENRICHISSEMENTS TRÈS ÉLEVÉS dans les zones techniques : pas de corrélation avec les activités de carénages et saisonnières

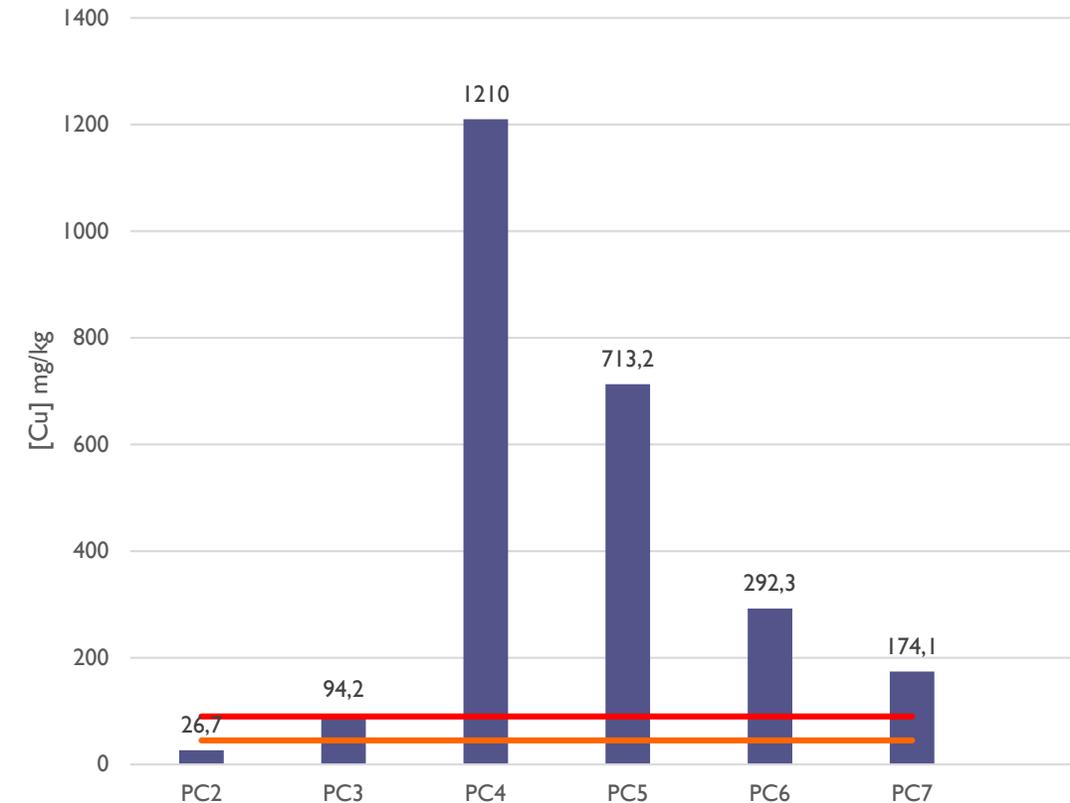


I-Qualité chimique des eaux du port : phase sédimentaire CUIVRE

SÉDIMENTS SURFACES
2010



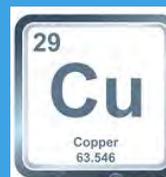
SÉDIMENTS SURFACES
14/05/2018



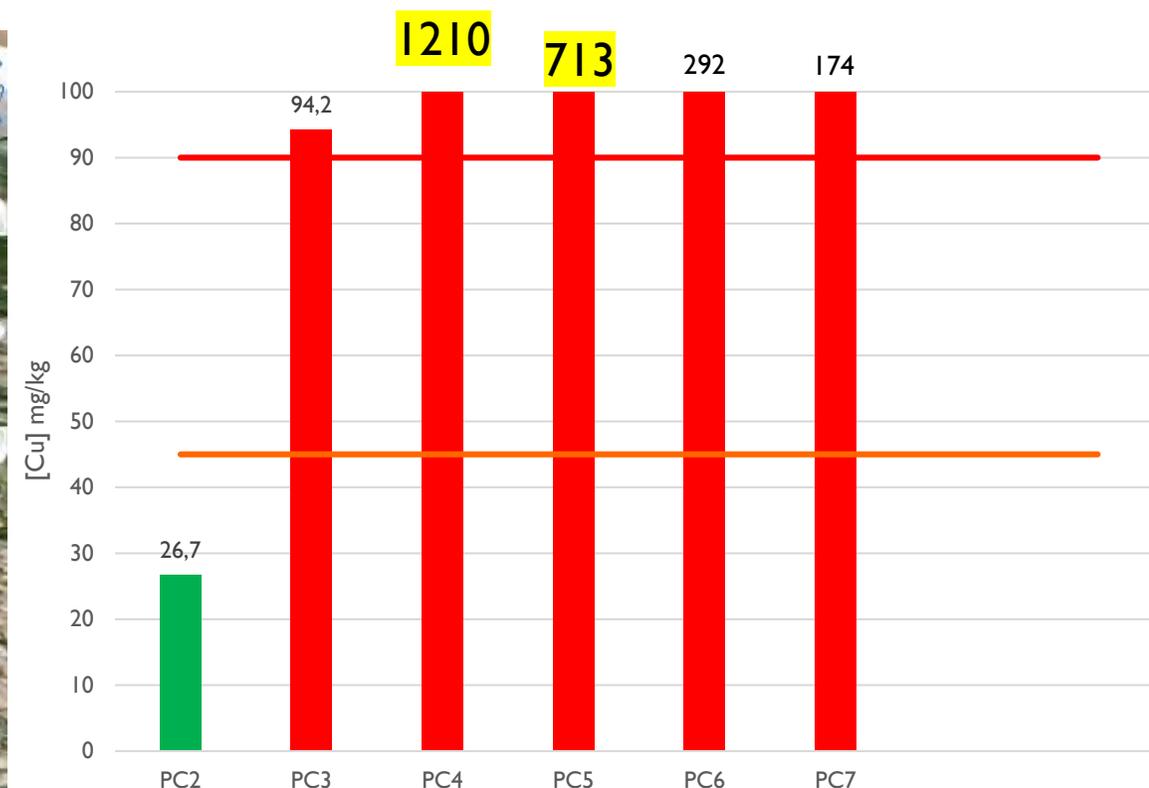
[Cu] < 45 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
45 < [Cu] < 90 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$: Niveau N1
[Cu] > 90 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$: Niveau N2

I-Qualité chimique des eaux du port : phase sédimentaire CUIVRE

SÉDIMENTS SURFACES
2010



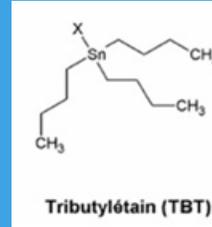
SÉDIMENTS SURFACES
14/05/2018



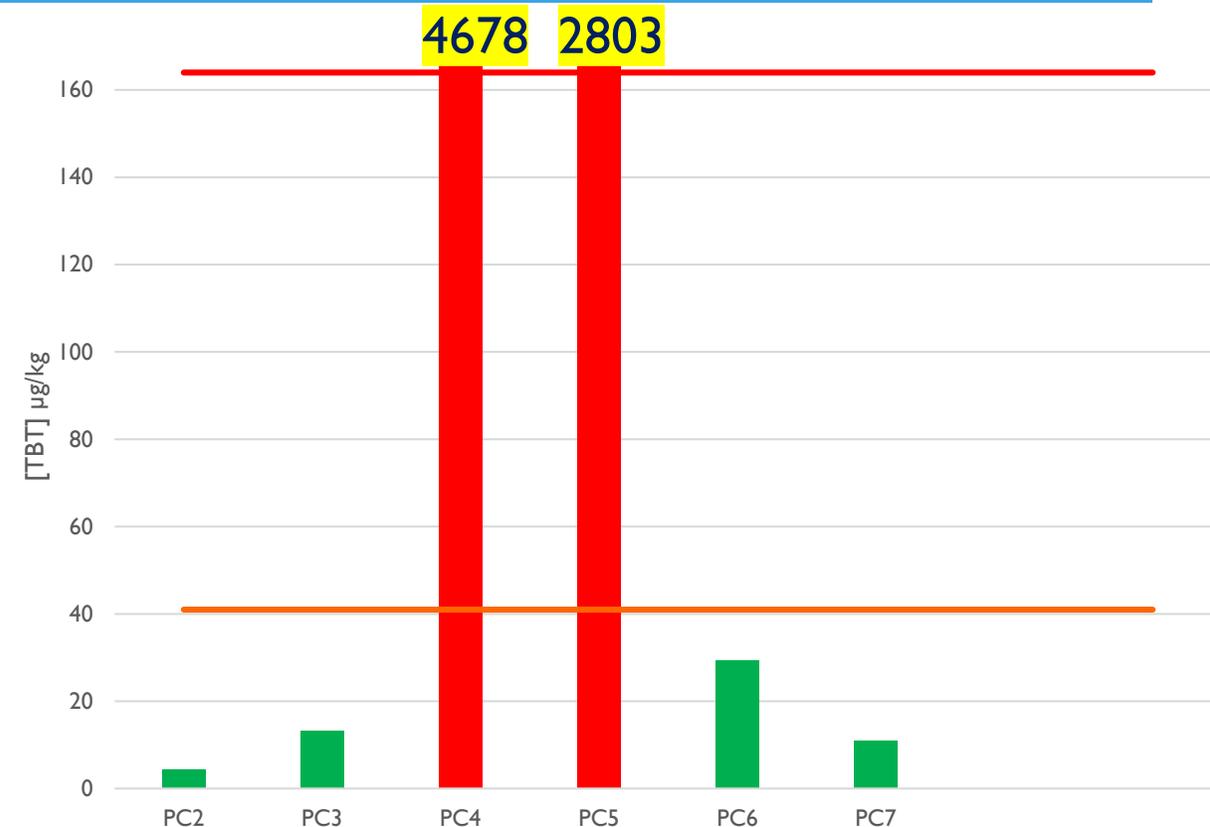
[Cu] < 45 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
45 < [Cu] < 90 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$: Niveau N1
[Cu] > 90 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$: Niveau N2

I-Qualité chimique des eaux du port : phase sédimentaire TBT

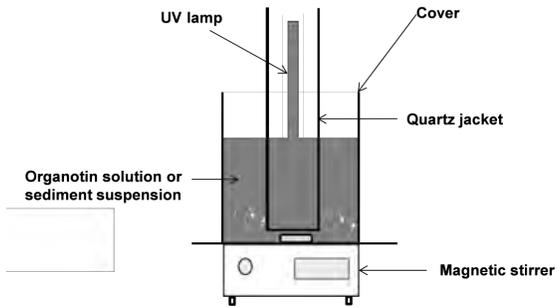
SÉDIMENTS SURFACES
2010



SÉDIMENTS SURFACES
14/05/2018



[TBT] < 41 ng(Sn).g⁻¹
 41 < [TBT] < 164 ng(Sn).g⁻¹ : Niveau N1
 [TBT] > 164 ng(Sn).g⁻¹ : Niveau N2



Traitement
photocatalytique

S. Brosillon



Echantillonneurs
intégratifs passifs
immersés

L. Daridon



Dynamique de la
contamination
l'interface eau-
sédiment

S. Rigaud



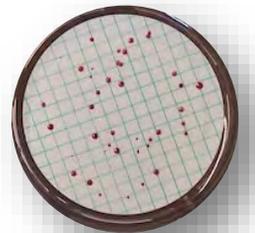
II-QUALITÉ MICROBIOLOGIQUE DES EAUX DU PORT

ÉVALUATION DE LA CONTAMINATION MICROBIENNE D'ORIGINE FÉCALE

- INTERDICTION DE BAINNADE DANS LES EAUX PORTUAIRES, MAIS DES USAGERS DE LA MARINA SE BAINNENT !
- FERMETURES DE PLAGES : LE PORT EST-IL UNE SOURCE DE CONTAMINATION?



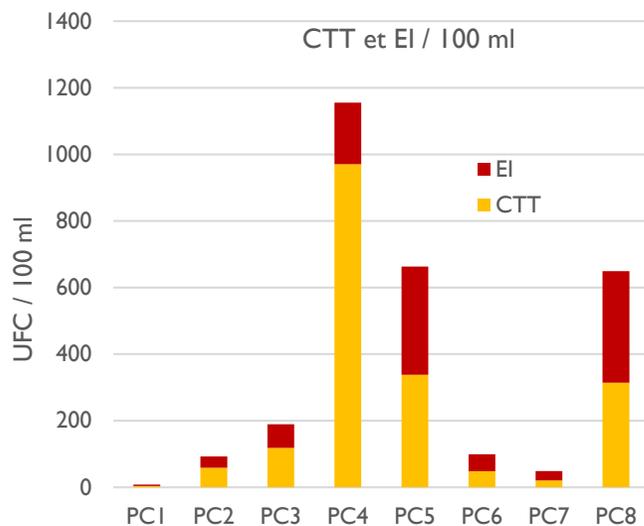
Coliformes thermo-tolérants
dont *Escherichia coli*



Entérocoques intestinaux

II- Qualité microbiologique des eaux du port

Variations spatiales CCT et EI



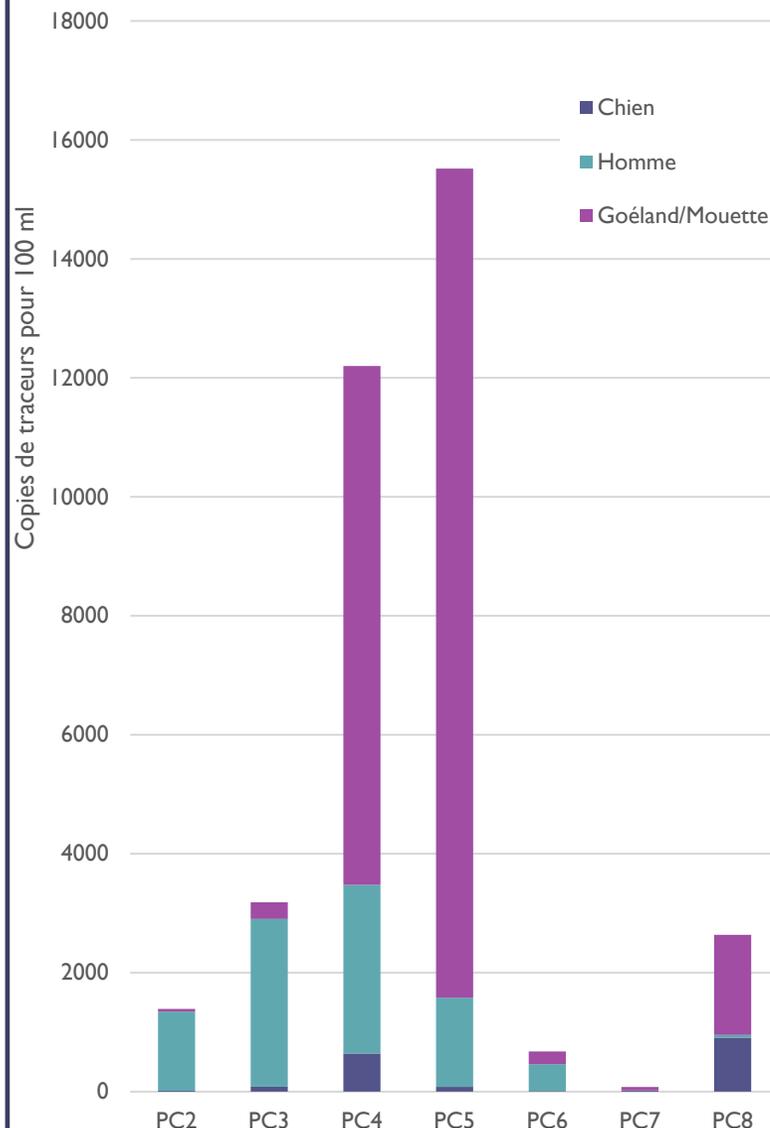
-Eaux du port de bonne qualité en général, **MAIS** contaminations ponctuellement importantes (PC4, 5 et 8)

-Eaux de qualité souvent insuffisante comparée à celle des eaux de baignade

Variations temporelles

⇒ **Corrélation positive** significative des concentrations avec la pluviométrie

Variations spatiales moyennes des traceurs / 100 ml



HUMAINE

- Contamination présente sur l'ensemble du port
- Pas de corrélation avec la fréquentation du port ni avec les pluies
- Augmentations ponctuelles dues à des problèmes de réseau d'assainissement (fuites? accidents?)

CANINE

- Présent surtout à PC4 dans le port et PC8 (zone de promenade de chiens)
- Augmentation après pluies d'automne : lessivage ?

ÉQUINE

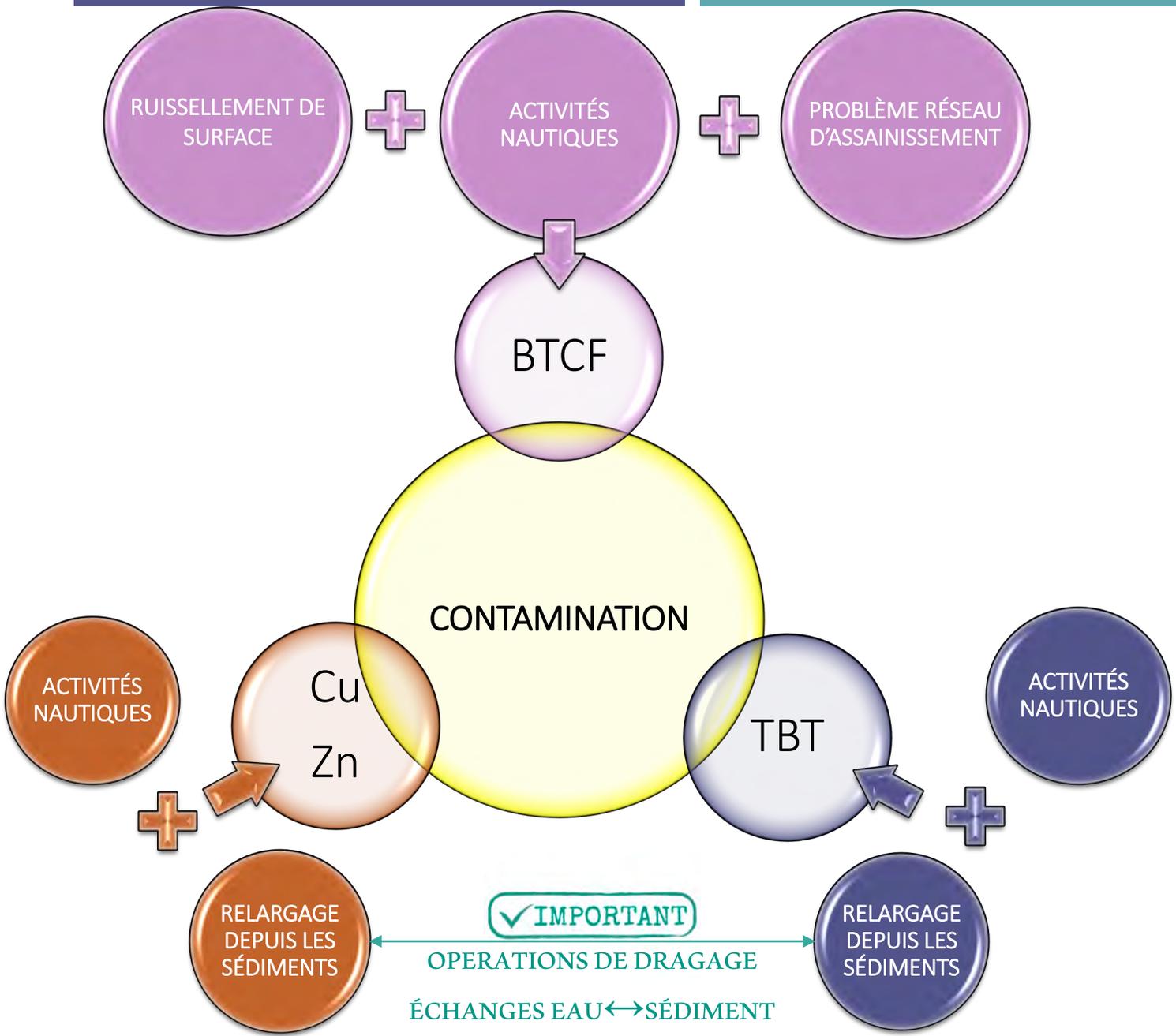
Jamais détecté

Les activités équestres (promenades à cheval (Camargue) n'ont pas d'influence sur la qualité des eaux portuaires

OISEAUX

(MOUETTES/GOÉLANDS)

- Contamination présente surtout à PC5 et PC4
- Corrélation positives avec les précipitations : augmentations importantes après les pluies



LES TRACEURS D'ORIGINE DE LA CONTAMINATION PERMETTENT D'EXPLIQUER UNE GRANDE PARTIE DE LA CONTAMINATION.



Faible contamination fécale constante en dehors des périodes pluvieuses expliquée par une contamination animale (oiseaux chiens) et humaines (marinas et plaisanciers)

Forte contamination d'origine humaine et animale à l'intérieur du port en période de fortes pluies
 ⇒ Problèmes de réseau d'assainissement (fuites éventuelles et accidents ponctuels, lessivage urbains, déversoirs d'orage du réseau)

Contamination importante due aux goélands et mouettes toute l'année au PC5

Contamination oiseau et surtout chien de l'étang de Salonique

ÉTUDES PLURIDISCIPLINAIRES
et multi-acteurs :

SCIENTIFIQUES
(CHIMIE/MICROBIOLOGIE...)

+

GESTIONNAIRES DU PORT

+

ÉQUIPES TECHNIQUES DU PORT

=

PORT-CAMARGUE CONSTITUE
UN VÉRITABLE OBSERVATOIRE
pour l'étude de zones portuaires
du Golfe d'Aigues Mortes

