

SYNAPSES

*SYstème de surveillaNce Automatisée de la PhySico-chimie
en Estuaire de Seine*

quelles tendances après 10 ans de suivi ?

Jean-Philippe Lemoine, Grégory Allorge, Alexandre Duval,
Cédric Fisson, Romaric Verney, and co!



SYNAPSES

*Système de surveillance Automatisée de la Physico-chimie
en Estuaire de Seine*

quelles tendances après 10 ans de suivi ?

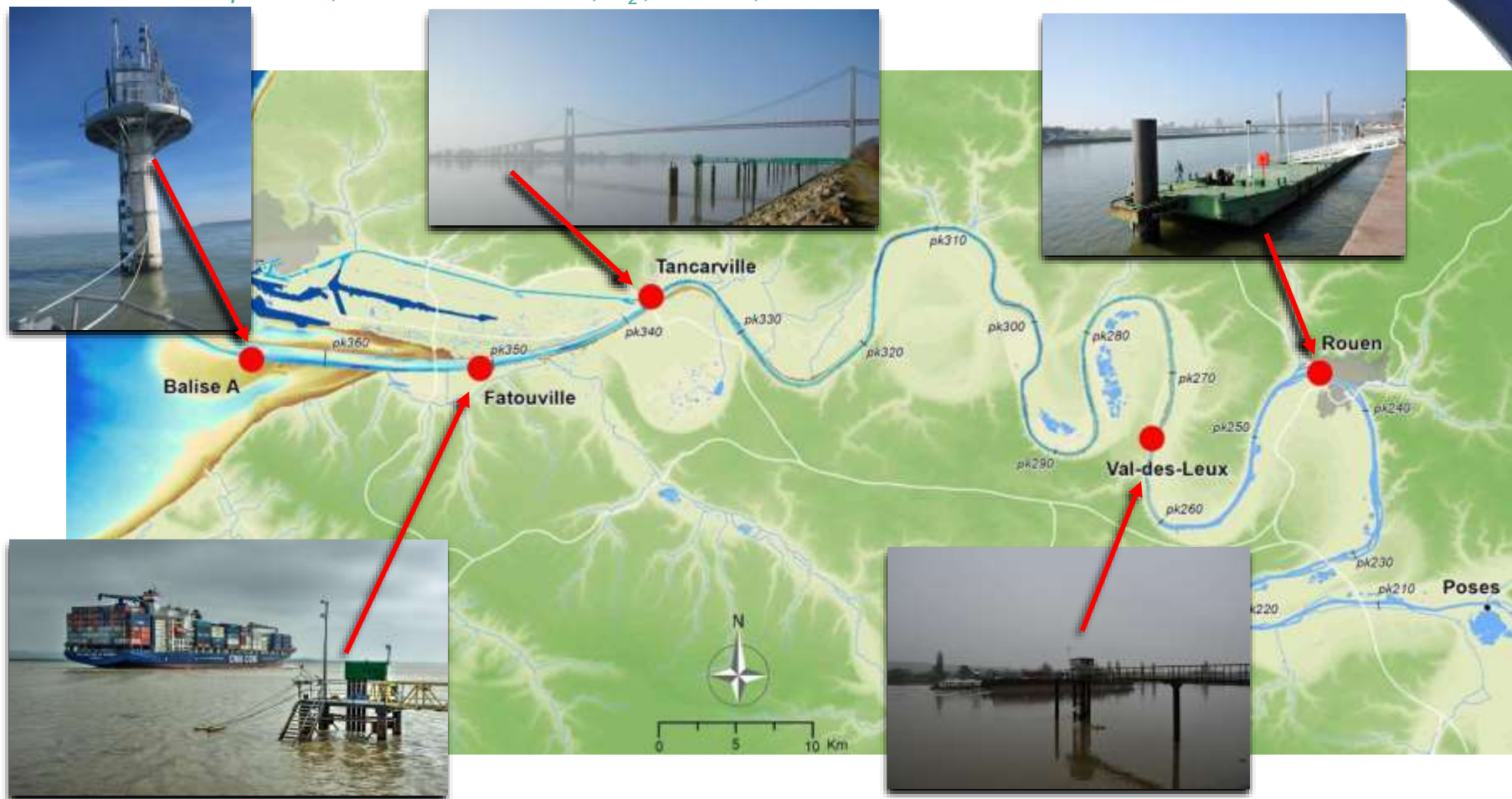
1. *Rappels*
2. *Les forçages pendant les
10 années de suivis*
3. *Les tendances observées*



SYNAPSES

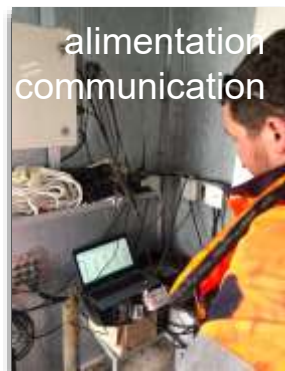
- 1^{eres} mesures en 2011
- 5 stations / 5 paramètres
- 35 millions de mesures disponibles en ligne

température; conductivité/salinité ; O₂; turbidité; fluorescence Chla



SYNAPSES

- 7 sondes à l'eau 24h/24
- 400 hr/an d'un technicien expert

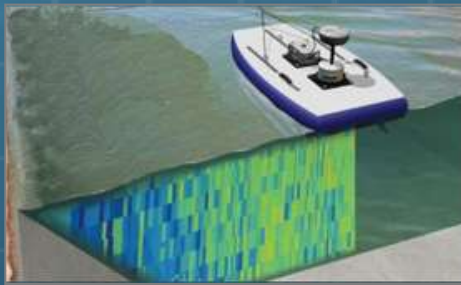


traçabilité des opérations de
maintenance/calibration 

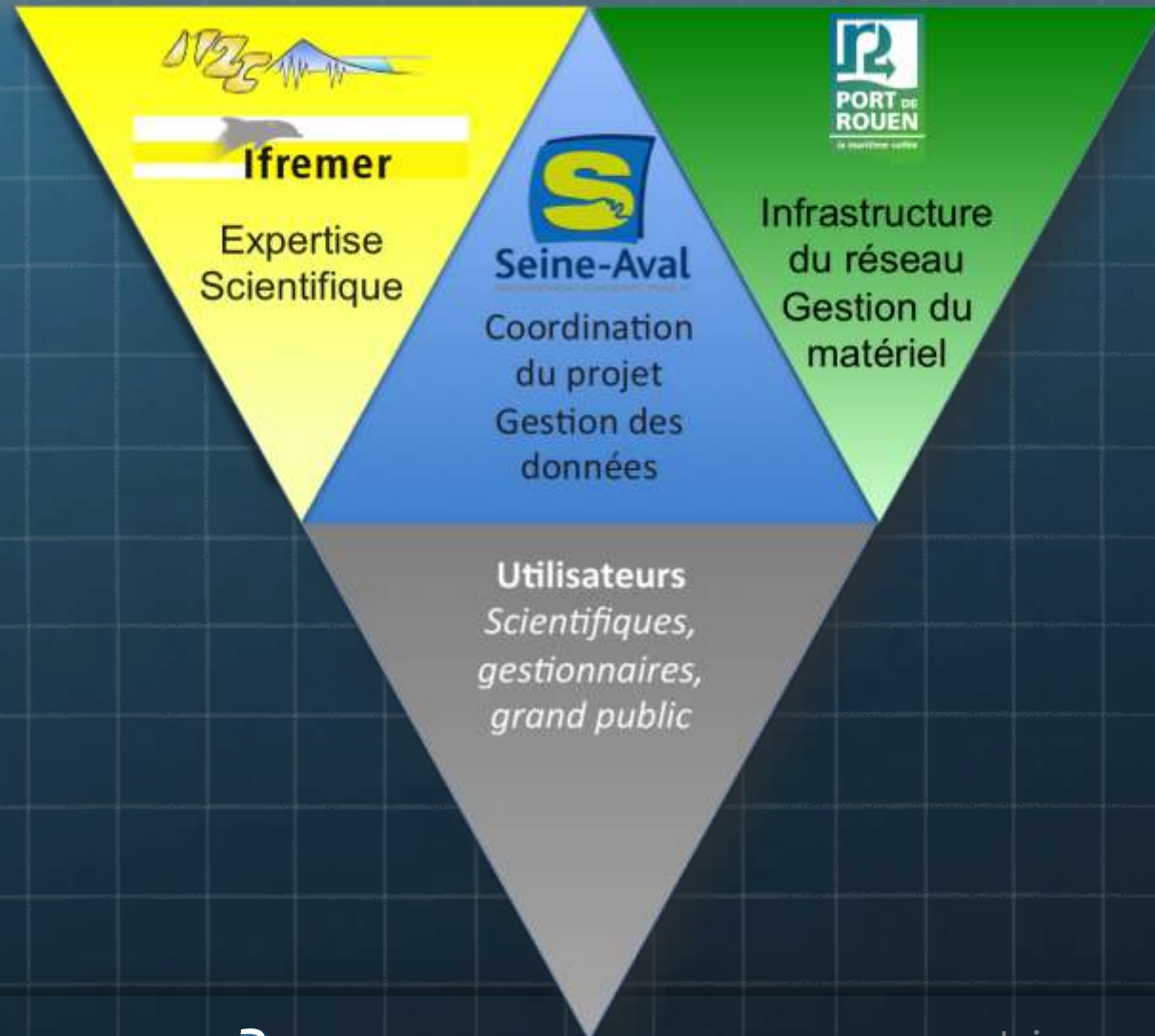
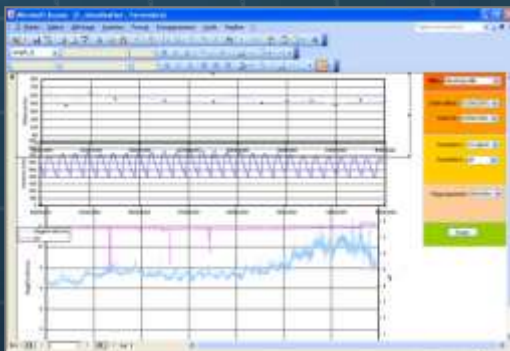
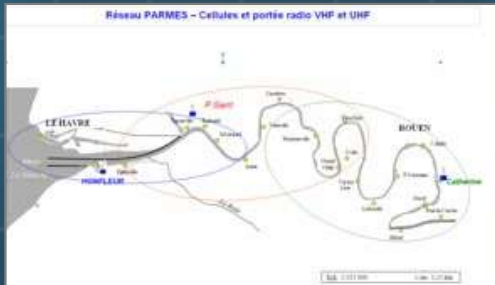


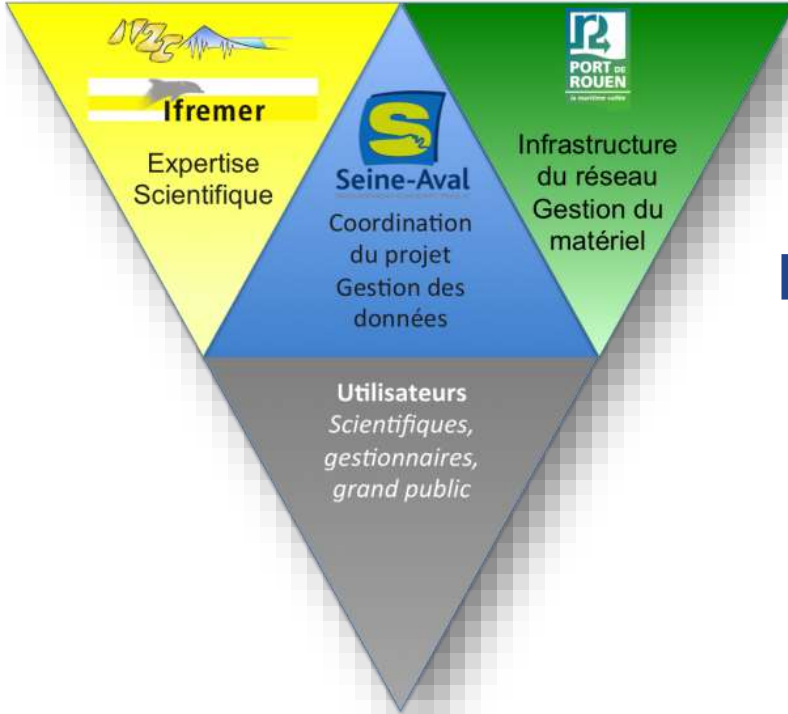


Contexte & Organisation



Réseau PARMES - Cellules et portée radio VHF et UHF





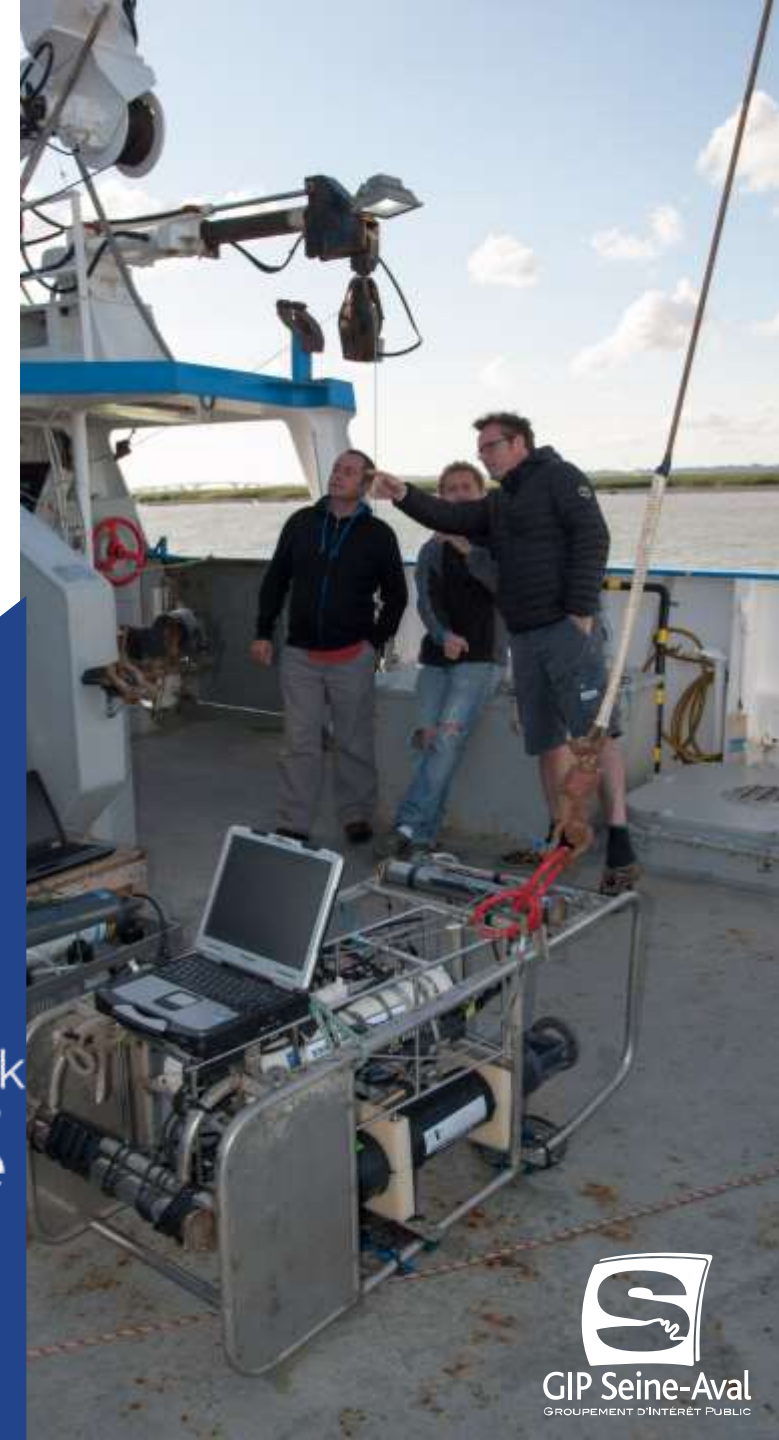
L'accompagnement scientifique *historique et indispensable*

"GT SYNAPSES" : Acquisition des mesures complémentaires (calibration, représentativité) nécessaires à la validation, l'interprétation, l'utilisation des mesures automatisées - Projets

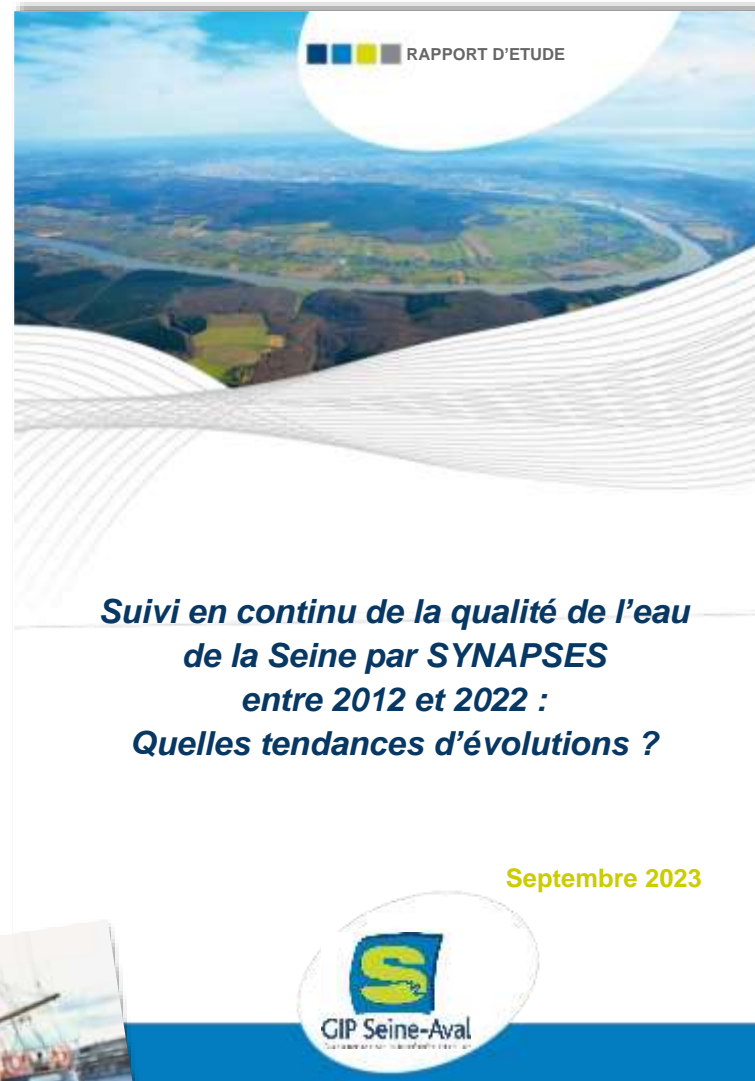
- CAREME (Deloffre 2013)
- SUSPENSE (Druine 2018)
- PHRESQUES (2018)
- RePoses (2025)

SYNAPSES a contribué a de nombreux projets →

ares
meandres
proesse
sartre
biosurveillance
rimes
anphyeco
zoo global
phressee
litterbank
phresques
salin'acqui
seine
morphoseine
fymosed
taranis
consacre
propose
model



Les forçages et les évolutions observées par SYNAPSES

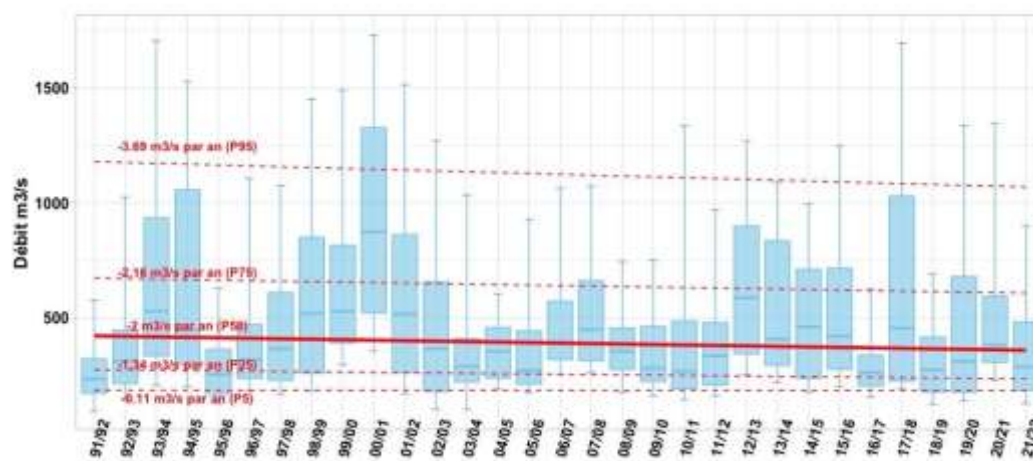
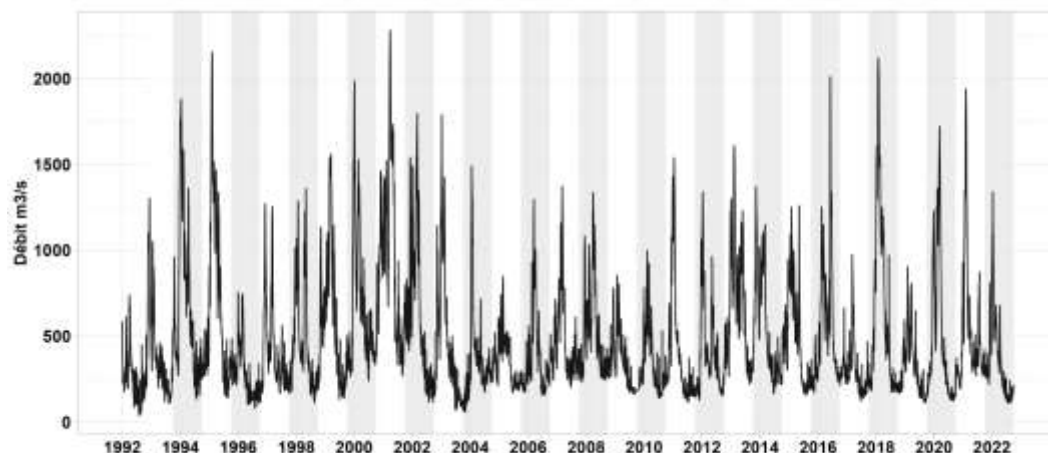


*travail réalisé par Alexandre
Duval (CDD 18mois)*



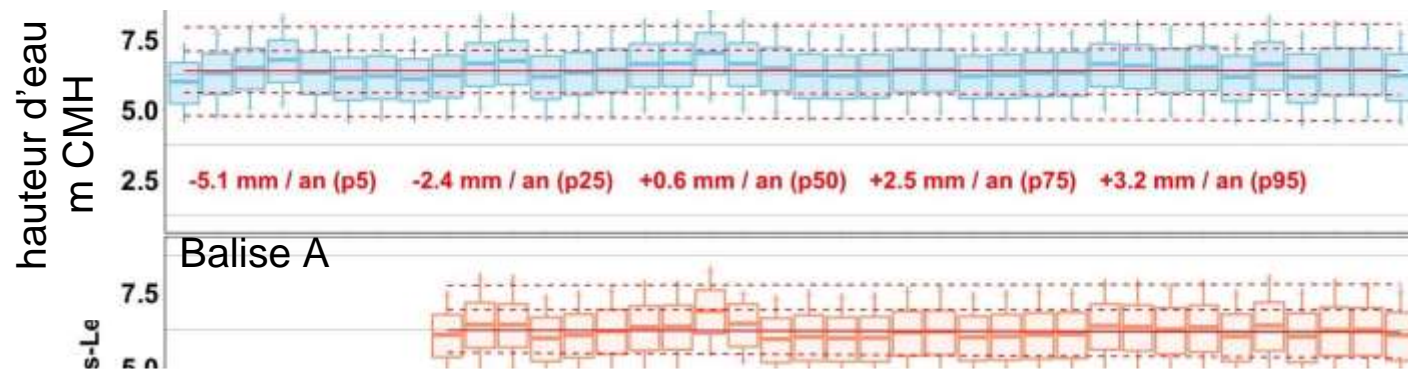
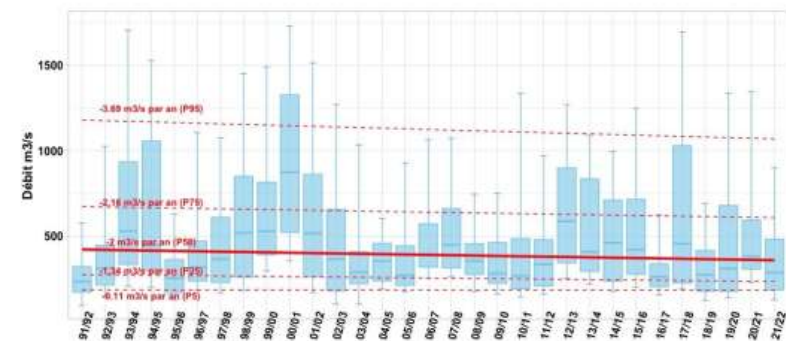
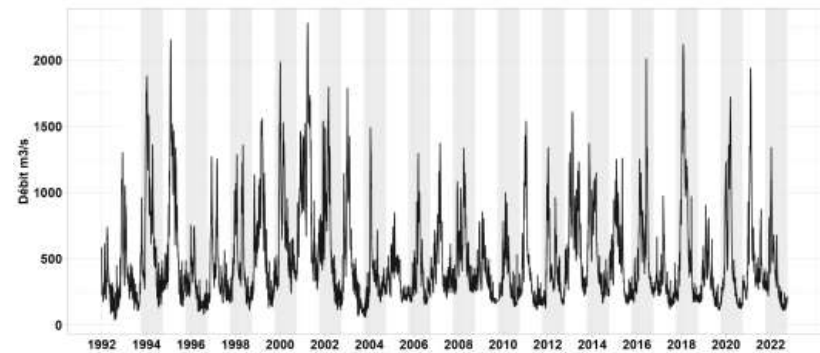
“forçages anthropiques et climatiques”

- Débit de la Seine  diminution
1992-2022 → médiane annuelle : -60m³/s
p95 / crue : - 115m³/s





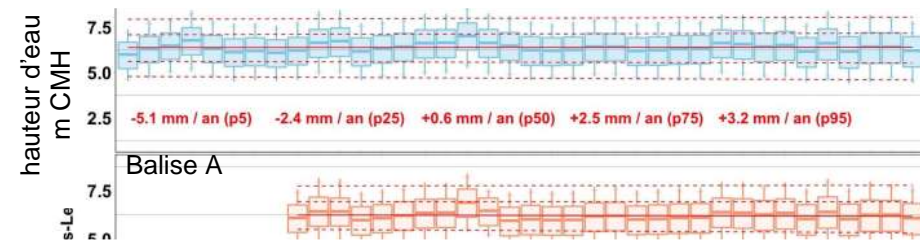
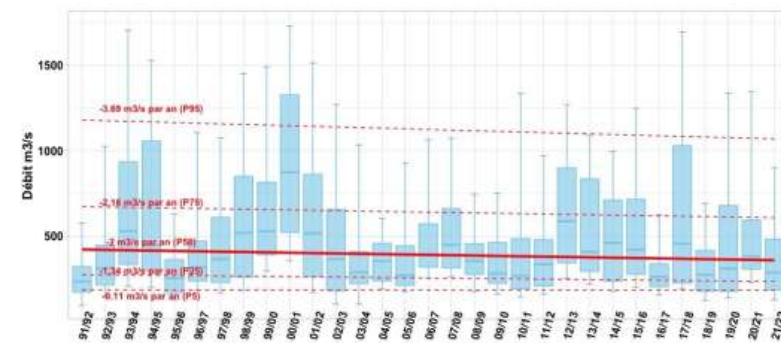
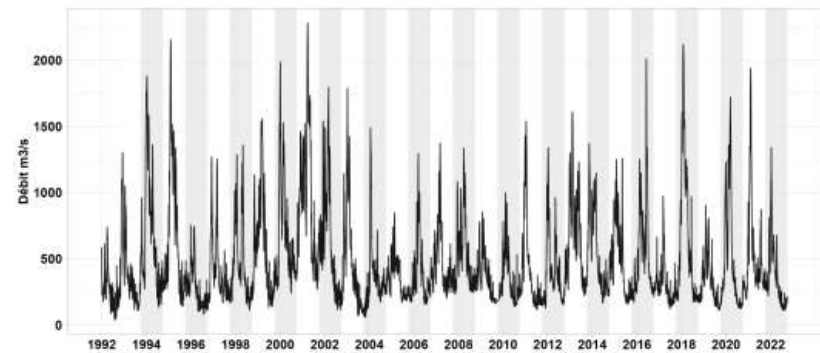
“forçages anthropiques et climatiques”

- Débit de la Seine  diminution
1992-2022 → médiane annuelle : -60m³/s
p95 / crue : - 115m³/s
- Niveau marin  augmentation
1985-2022 → médiane annuelle + 12cm à Balise A



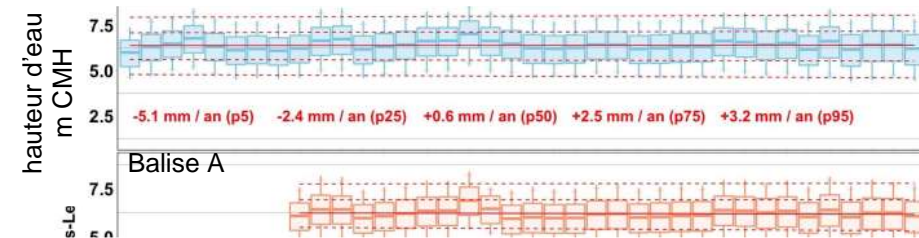
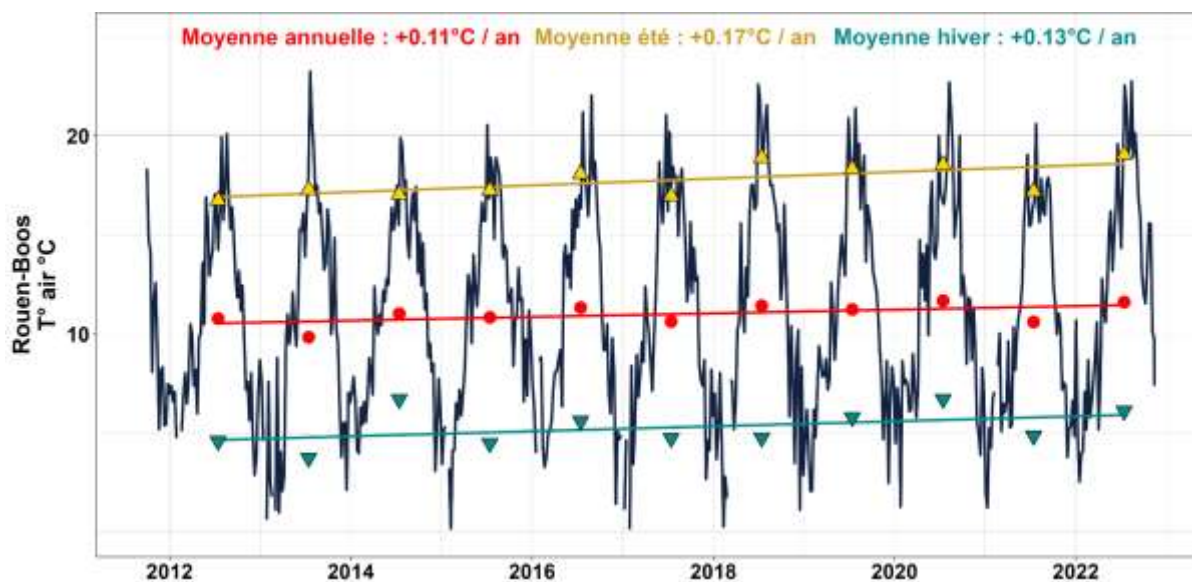
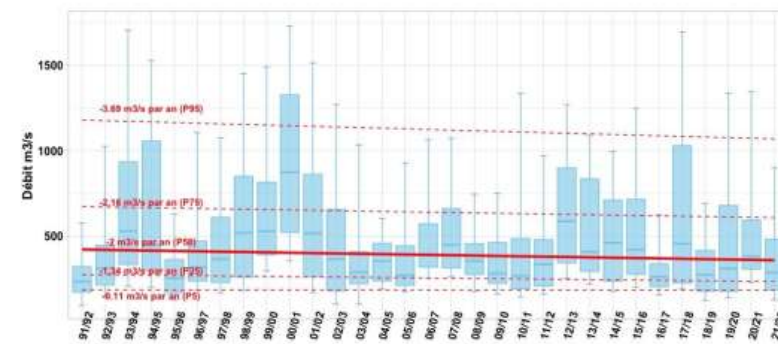
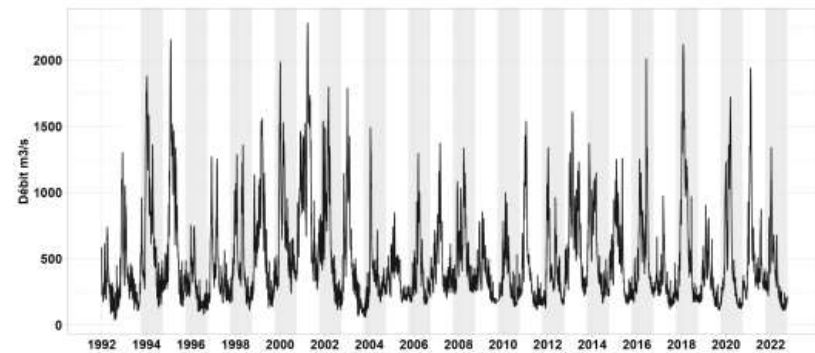
“forçages anthropiques et climatiques”

- Débit de la Seine  diminution
1992-2022 → médiane annuelle : -60m³/s
p95 / crue : - 115m³/s
- Niveau marin  augmentation
1985-2022 → médiane annuelle + 12cm à Balise A
- Vagues augmentation négligeable
(Xynthia, Egon, Eleanor, Ciara)



“forçages anthropiques et climatiques”

- Débit de la Seine  diminution
1992-2022 → médiane annuelle : -60m³/s
p95 / crue : - 115m³/s
- Niveau marin  augmentation
1985-2022 → médiane annuelle + 12cm à Balise A
- Vagues augmentation négligeable
(Xynthia, Egon, Eleanor, Ciara)
- Températures Rouen :  augmentation
2012-2022 → moyenne annuelle de l'air à Boos +1°C



Température de l'air en surface à l'échelle mondiale

Anomalie journalière

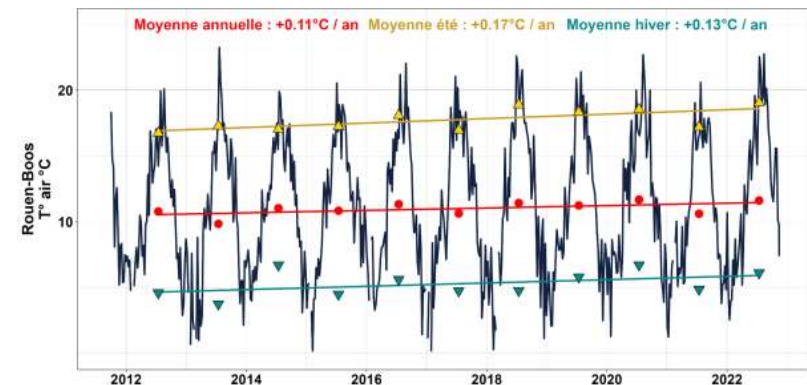
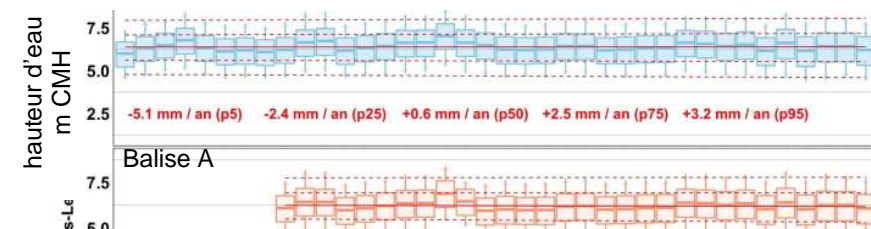
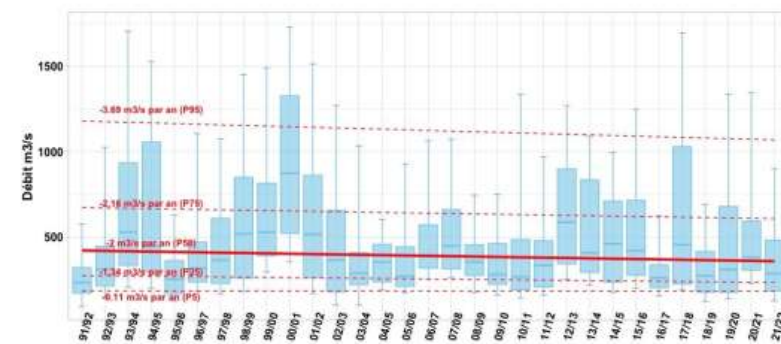
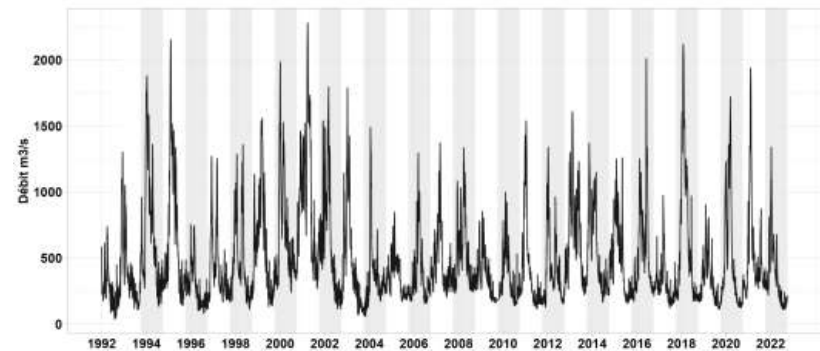
Data: ERA5 1940-2023 • Reference period: 1850-1900 • Credit: C3S/ECMWF



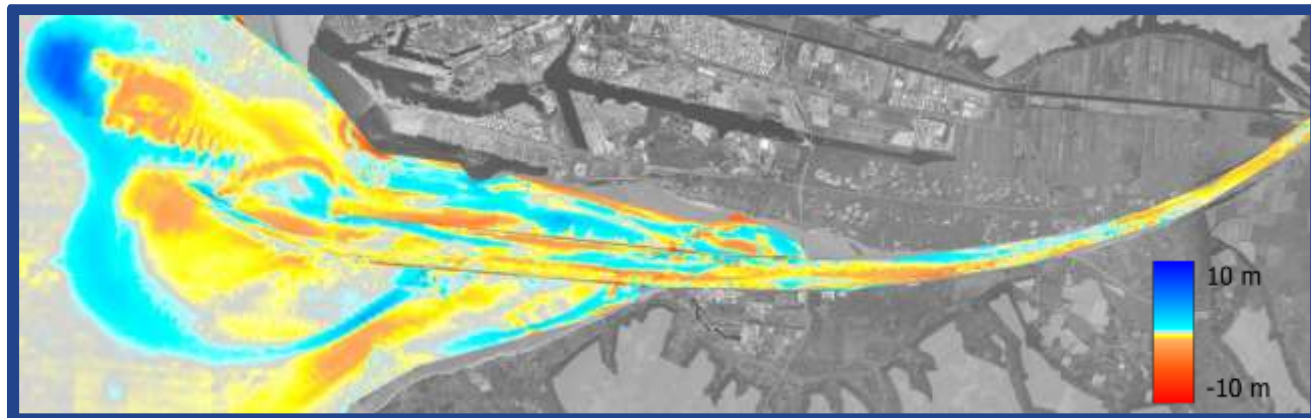
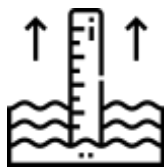
La semaine dernière : premiers jours où la température mondiale a dépassé de +2°C les niveaux préindustriels

“forçages anthropiques et climatiques”

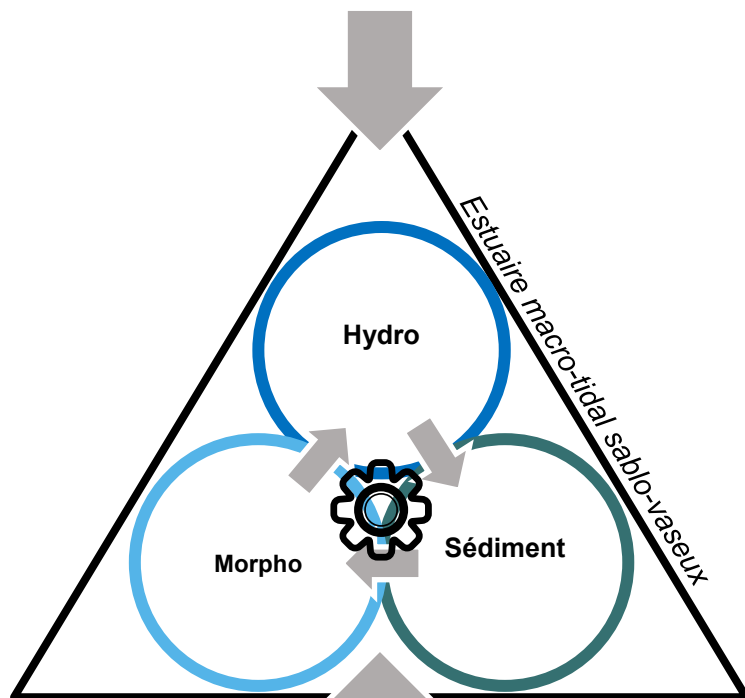
- Débit de la Seine  diminution
1992-2022 → médiane annuelle : -60m³/s
p95 / crue : - 115m³/s
- Niveau marin  augmentation
1985-2022 → médiane annuelle + 12cm à Balise A
- Vagues augmentation négligeable
(Xynthia, Egon, Eleanor, Ciara)
- Températures Rouen :  augmentation
2012-2022 → moyenne annuelle de l'air à Boos +1°C
- Approfondissement du chenal : 11,70m CMH
20 km (17% du chenal - 3,5 Mm³)
- Dragages d'entretien → Bilan sédimentaire négatif
- Changement de site d'immersion : Kannik → Machu



Forçages naturels



différentiel bathymétrique 2022-2011



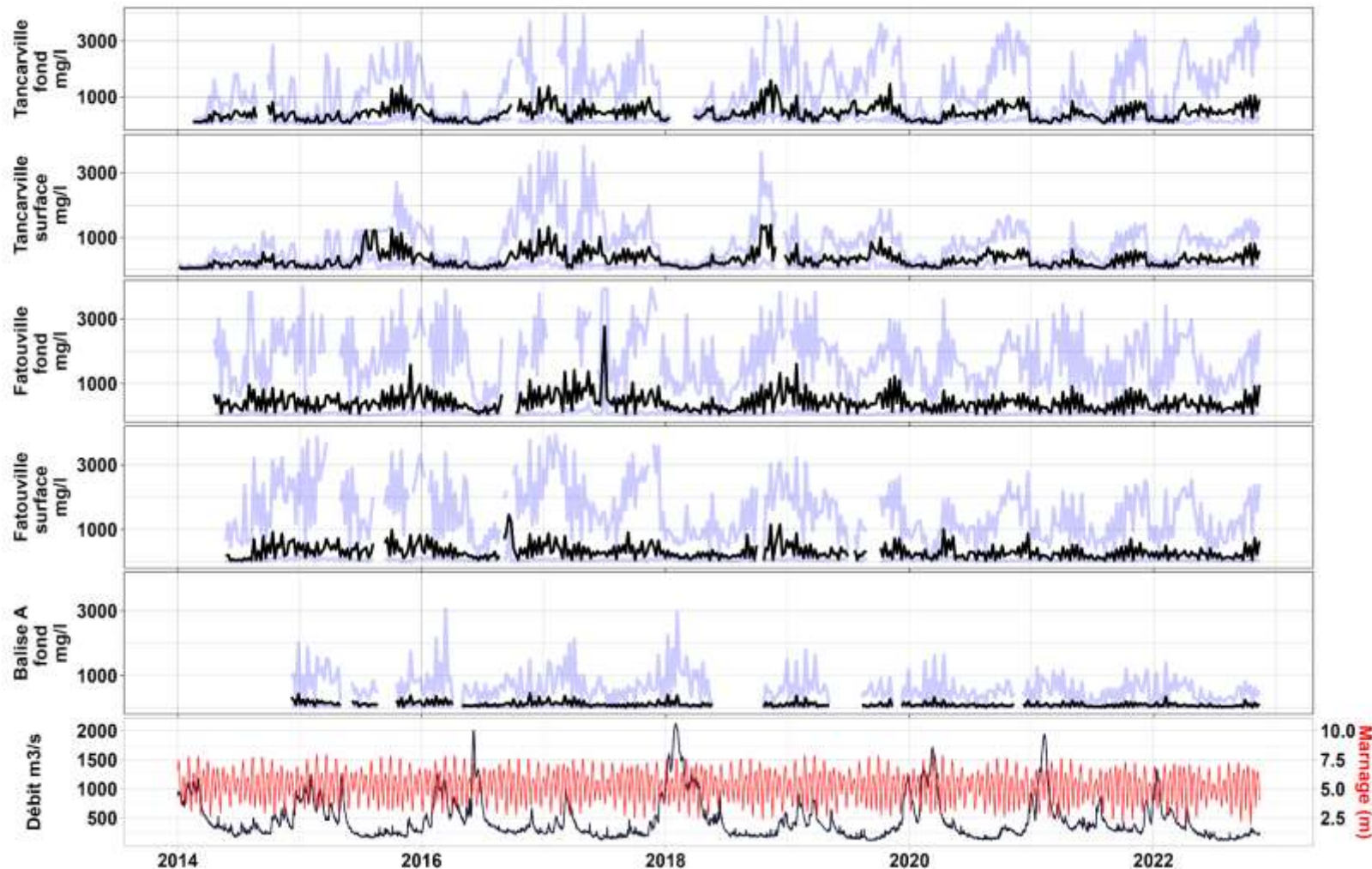
Forçages anthropiques



Approfondissement et entretien

→ *“marinisation”* ?

Turbidité à l'embouchure



site par site : pas de tendance “significative”

Tancarville : +14mg/l /an // Balise A : -16 mg/l /an



Turbidité à l'embouchure

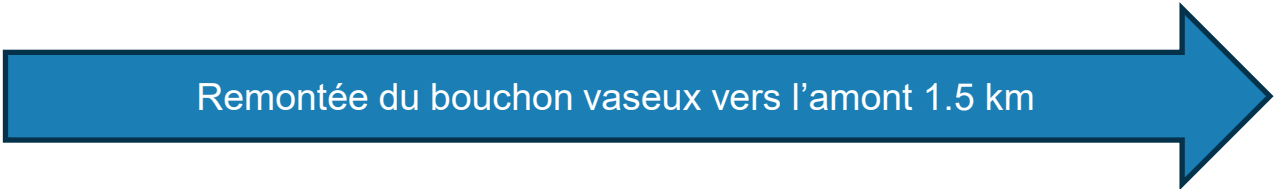
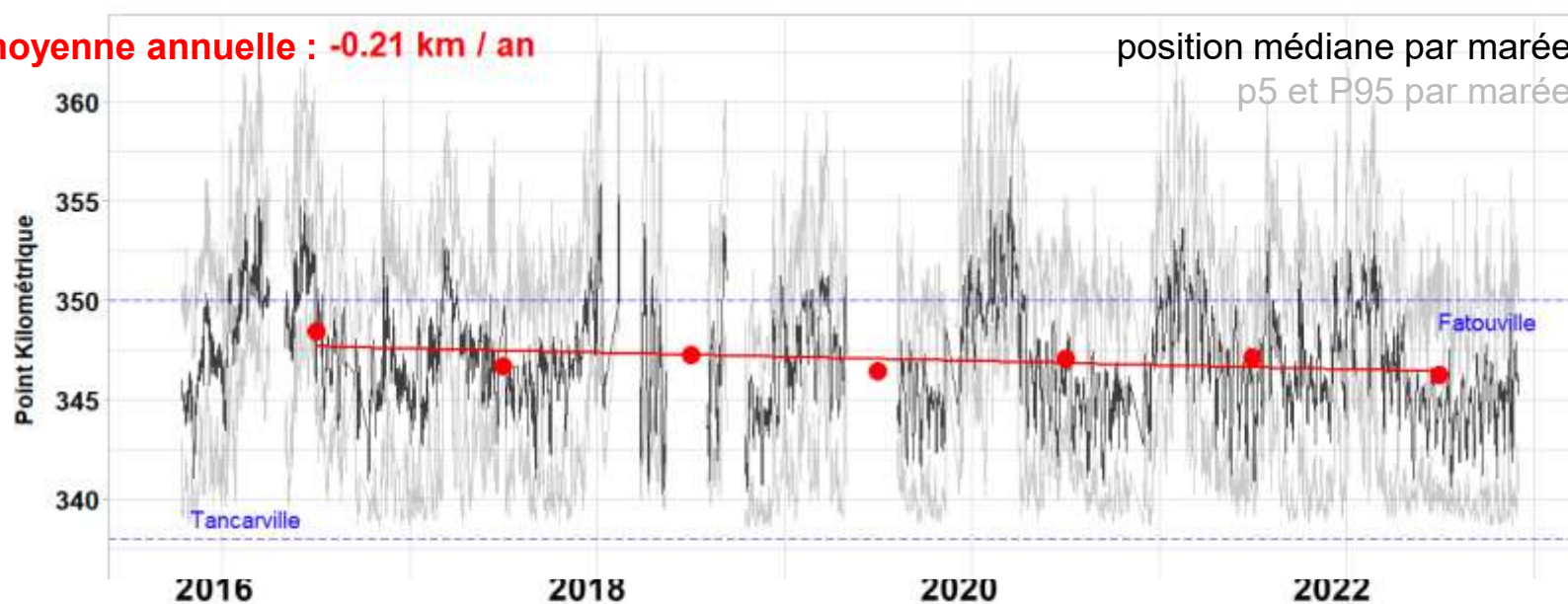
Bouchon vaseux

Indicateur de la position du bouchon vaseux (Verney et al. 2017)
calcul de position du centre de gravité à partir des mesures [MES]*
sur les sites Tancarville, Fatouville, Balise A



vers l'amont
(2016-2022)

position moyenne annuelle : -0.21 km / an



* turbidité convertie en [MES] via Druine, 2018



vers l'amont
(2016-2022)

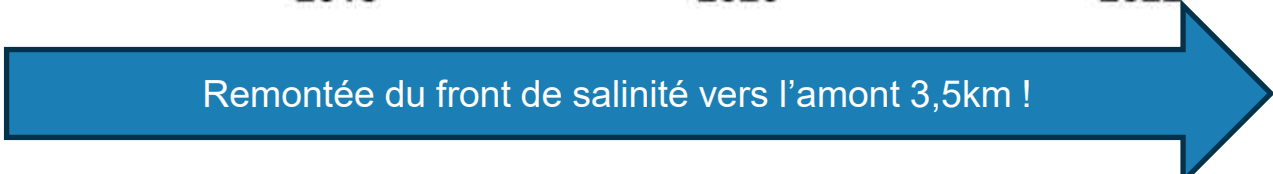
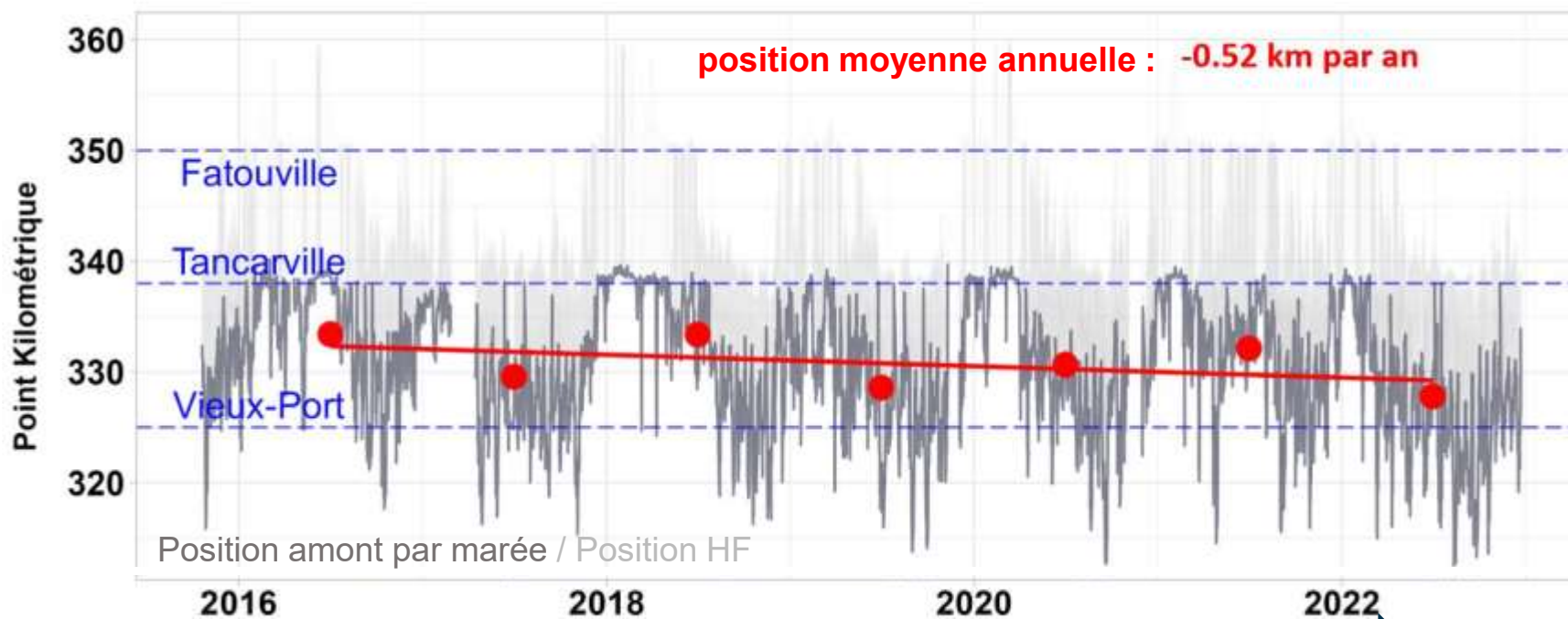
Position du gradient de salinité

Indicateur de la position du front de salinité :

→ hypothèse : variation longitudinale de la salinité : linéaire...

Estimation : interpolation linéaire des mesures salinités SYNAPSES...

Remontée du front de salinité de 0.5 km/an !





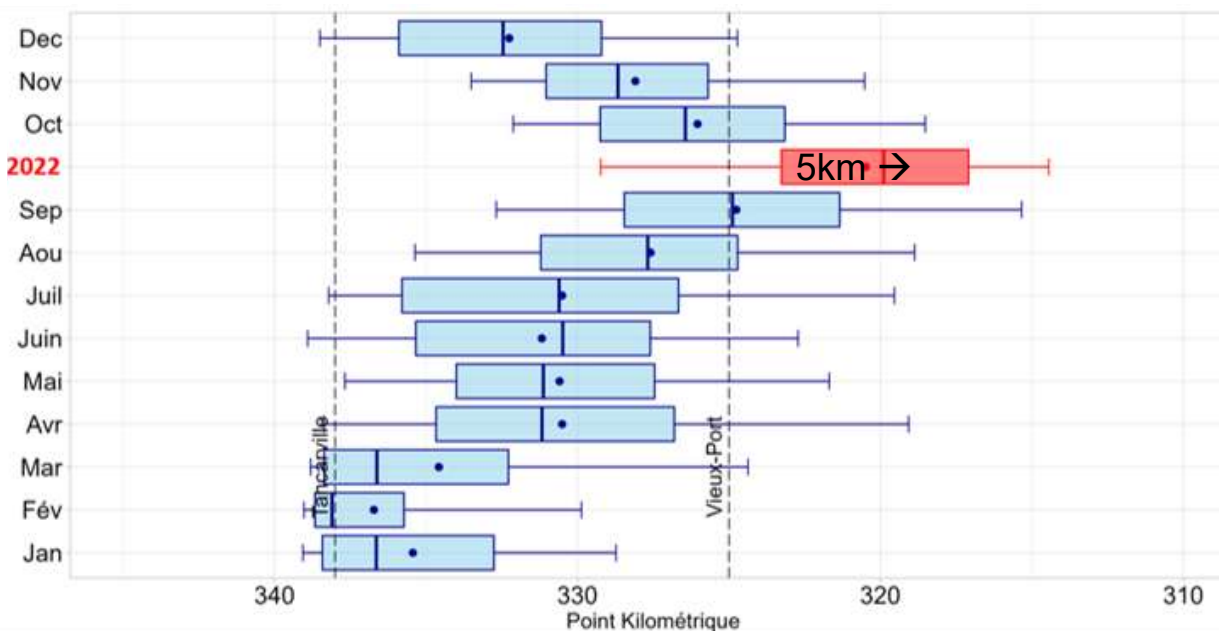
vers l'amont
(2016-2022)

Bilan des 10 ans de mesures

Remontée du front de salinité de 0.5 km/an !

→ avec des remontées exceptionnelles...

Septembre 2022



statistiques mensuelles des positions du front de salinité



Nouvelle station

Vatteville la Rue

- déployée pour suivre l'étiage de 2022
- Pérennisation en 2024



➤ *été 2022 : 3 PSU mesuré à Vatteville*
7 km en amont de la limite officiel 0 PSU située à Vieux Port



GIP Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

HAROPA
PORT



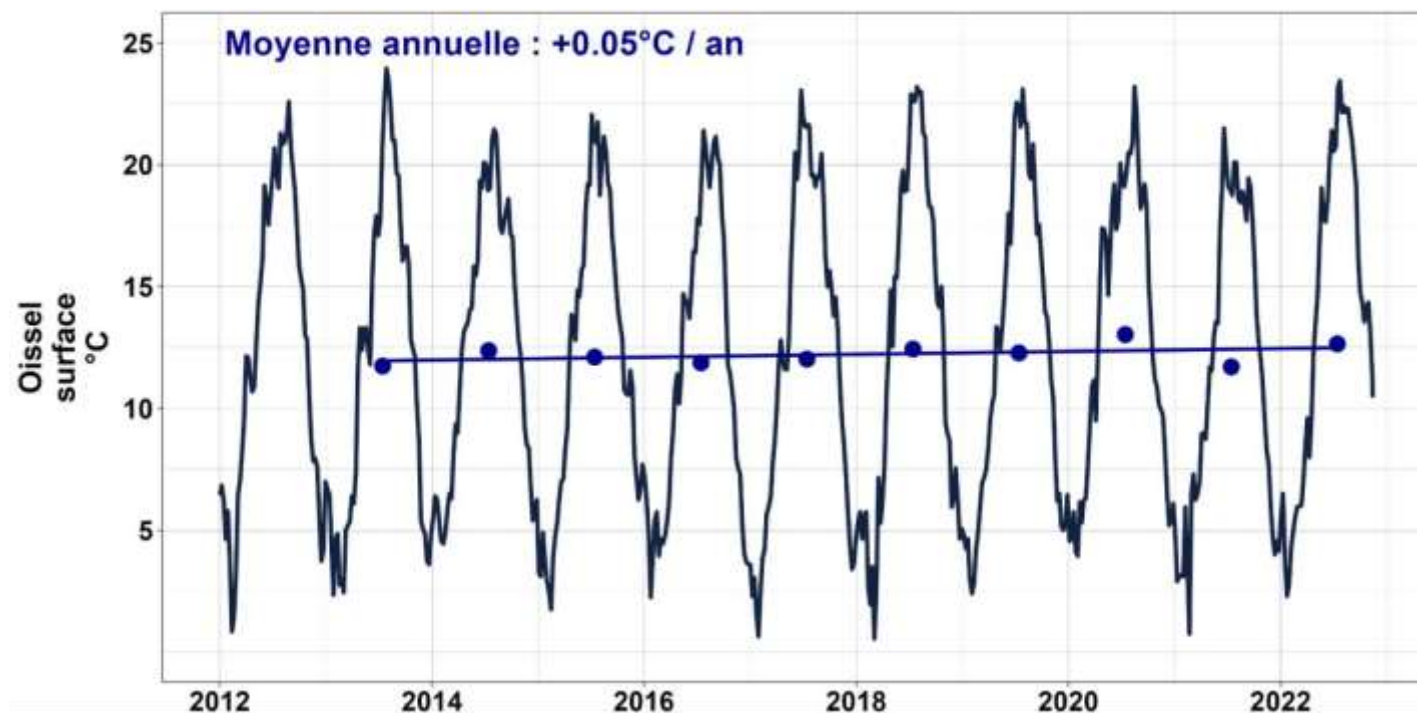
+0.54°C

à Oissel
(2012-2022)

Bilan des 10 ans de mesures

Température de l'eau

+0.05°C/an → +0.5°C entre 2012 et 2022





Selon les secteurs
(2012-2022)

Bilan des 10 ans de mesures

Oxygénation de l'eau des dynamiques variables selon les secteurs

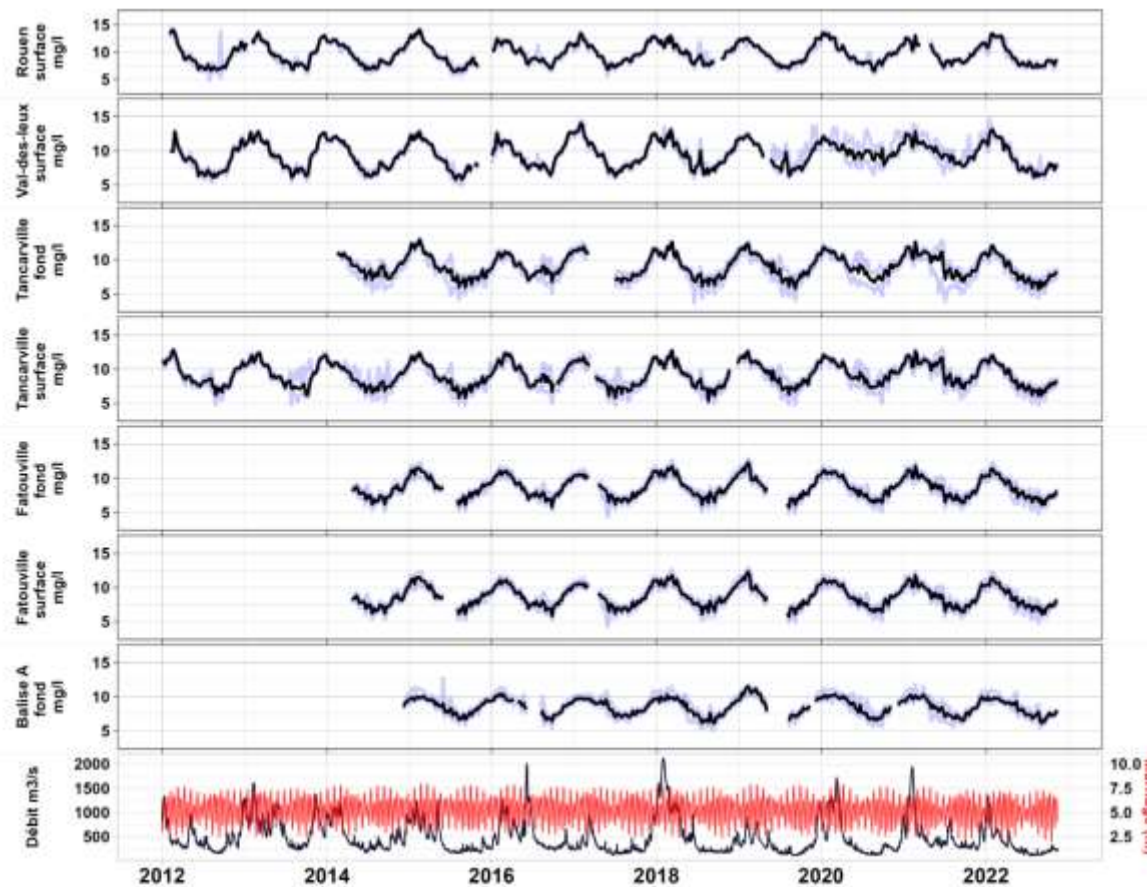


Figure 31 : Évolution des mesures de concentration en oxygène dissous, en mg/l (médianes / semaines). Les enveloppes bleu clair représentent les percentiles 5 et 95, calculés par semaine. Les séries temporelles du débit à Vernon et du marnage au Havre sont également ajoutées.



Selon les secteurs
(2012-2022)

Bilan des 10 ans de mesures

Oxygénation de l'eau des dynamiques variables selon les secteurs

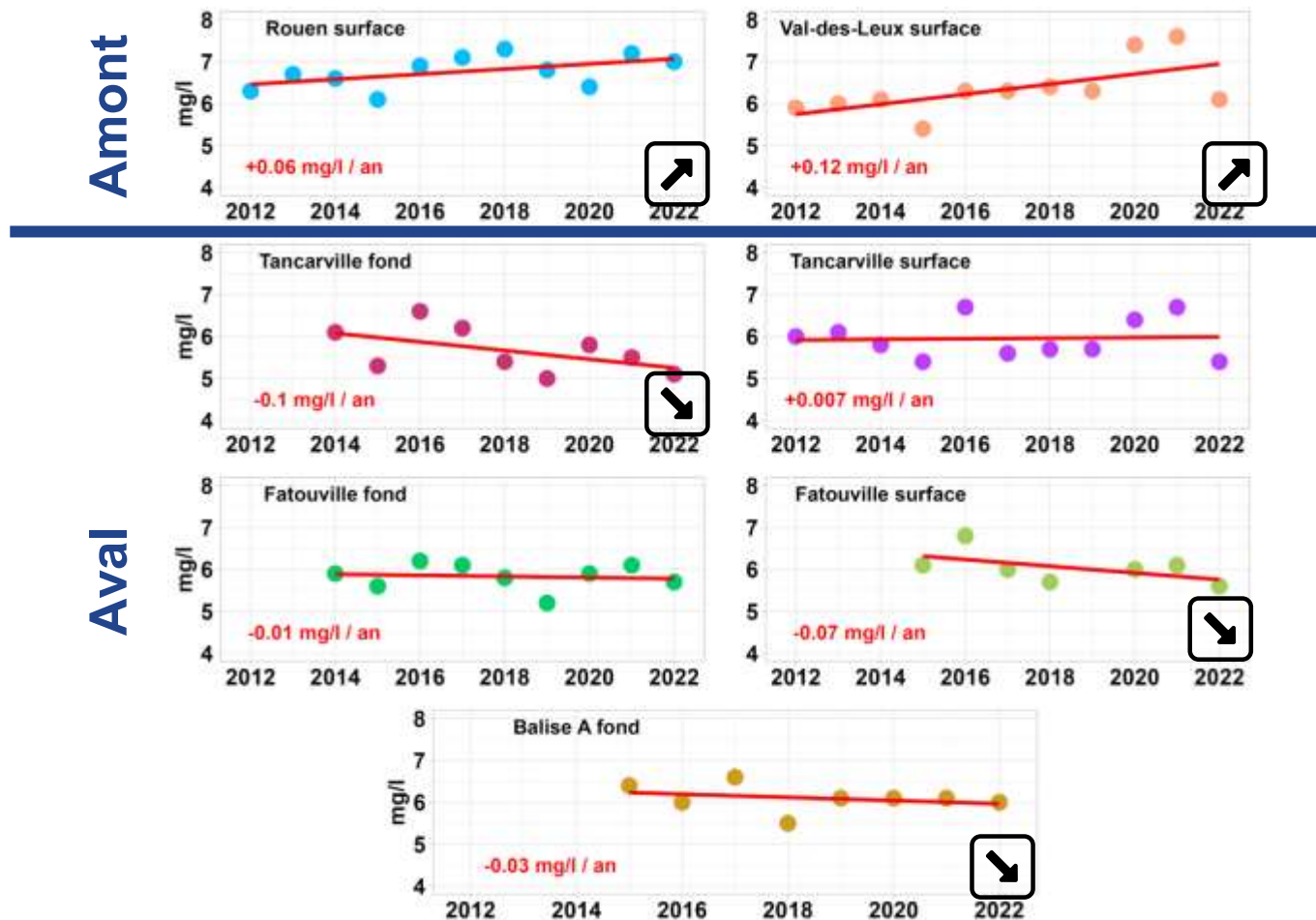


Figure 35 : Percentiles 5 estivaux des mesures d'oxygène dissout et tendances associées. R^2 Rouen = 0.2, R^2 Val-des-Leux = 0.32, R^2 Tancarville fond = 0.17, R^2 Tancarville surface = -0.1, R^2 Fatouville fond = -0.12, R^2 Fatouville surface = 0.15, R^2 Balise A = -0.07.



GIP Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC



7 stations* → ≈ 5 millions de mesures par an
400 hr/an de maintenance et métrologie (HAROPA)



Evolutions visibles
après “seulement”
10 ans



Température
de l'eau



+0.54°C

à Oissel
(2012-2022)

Oxygénation
de l'eau



variable

Selon les secteurs
(2012-2022)

Front de salinité



+3,5km

vers l'amont
(2016-2022)

Bouchon vaseux



+1.5km

vers l'amont
(2016-2022)

Des tendances à préciser
et à consolider !

POUR SUIVRE

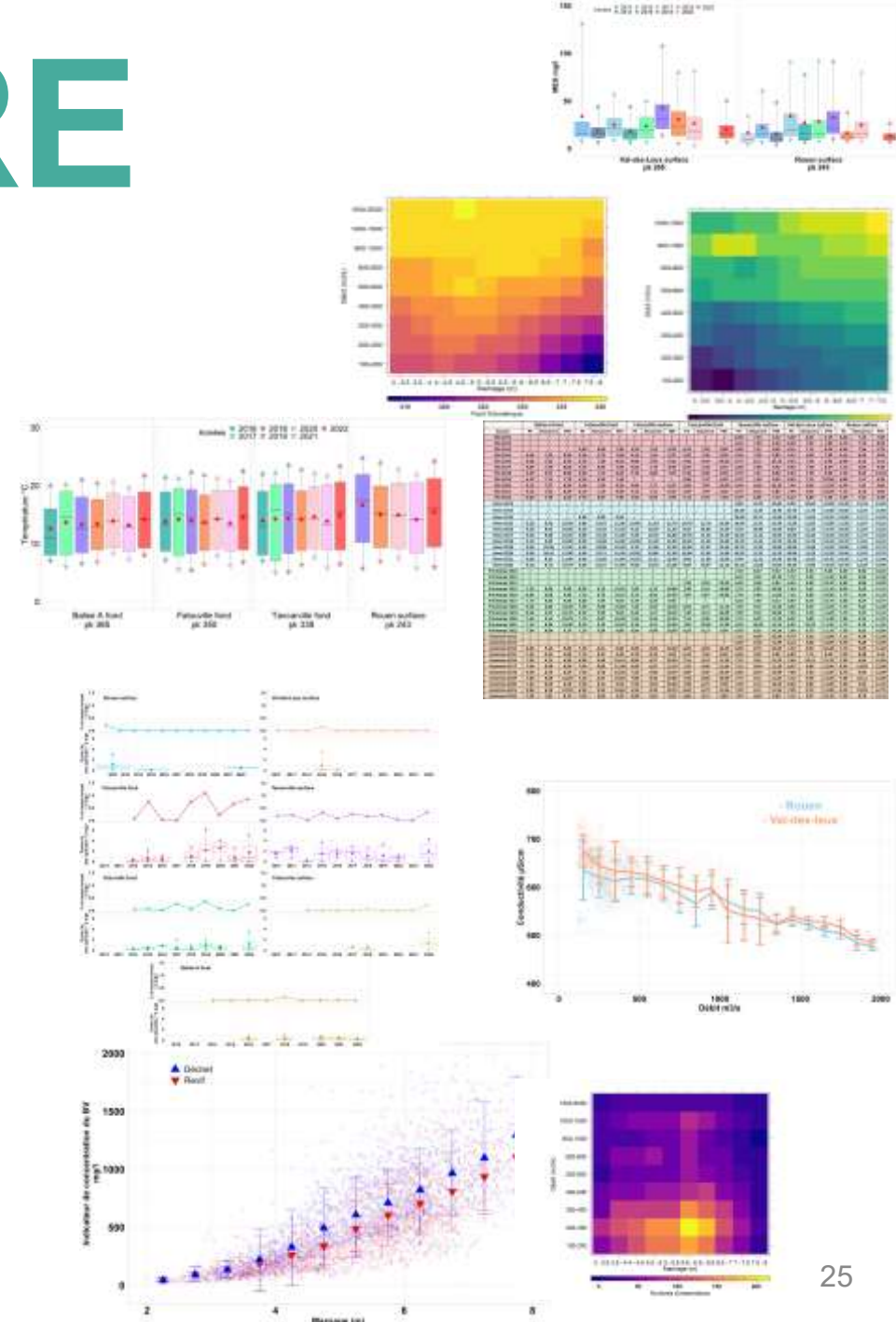
Les mesures

- *nouveaux sites*
- *nouveaux paramètres et analyses*

Les analyses

- *échelles temporelles plus fines*

La valorisation



Future station

- station Poses dans le cadre de PHRESQUES :
 - Prestation confiée à la société Dtek à l'été 2023
 - bouée autonome : énergie + communication
 - Installation prévue d'ici la fin d'année
 - sonde/capteurs identiques à SYNAPSES
 - projets Reposes avec M2C pour calibration/représentativité des mesures





CMA CGM FORT ST GEORGES
MARSEILLE

CMA CGM