

OBSLAG Eutrophisation

Variabilité et tendances des indicateurs

V. Derolez¹, B. Bec³, D. Munaron¹, E. Foucault¹, A. Fiandrino¹, V. Ouisse¹, G. Messiaen¹, E. Hatey³, C. Connes², D. Soudant², M. Brun², M. Fortuné¹, S. Mortreux¹, O. Serais¹, A. Crottier¹, N. Malet², A. Giraud⁴



N. Malet/Ifremer



Des lagunes en évolution : nécessité de suivre les incertitudes et les tendances vis-à-vis de l'eutrophisation

Besoin de quantification

Corrélé aux pressions

Comparable aux autres (EU)

Incertitude estimée

Représentatif et sensible

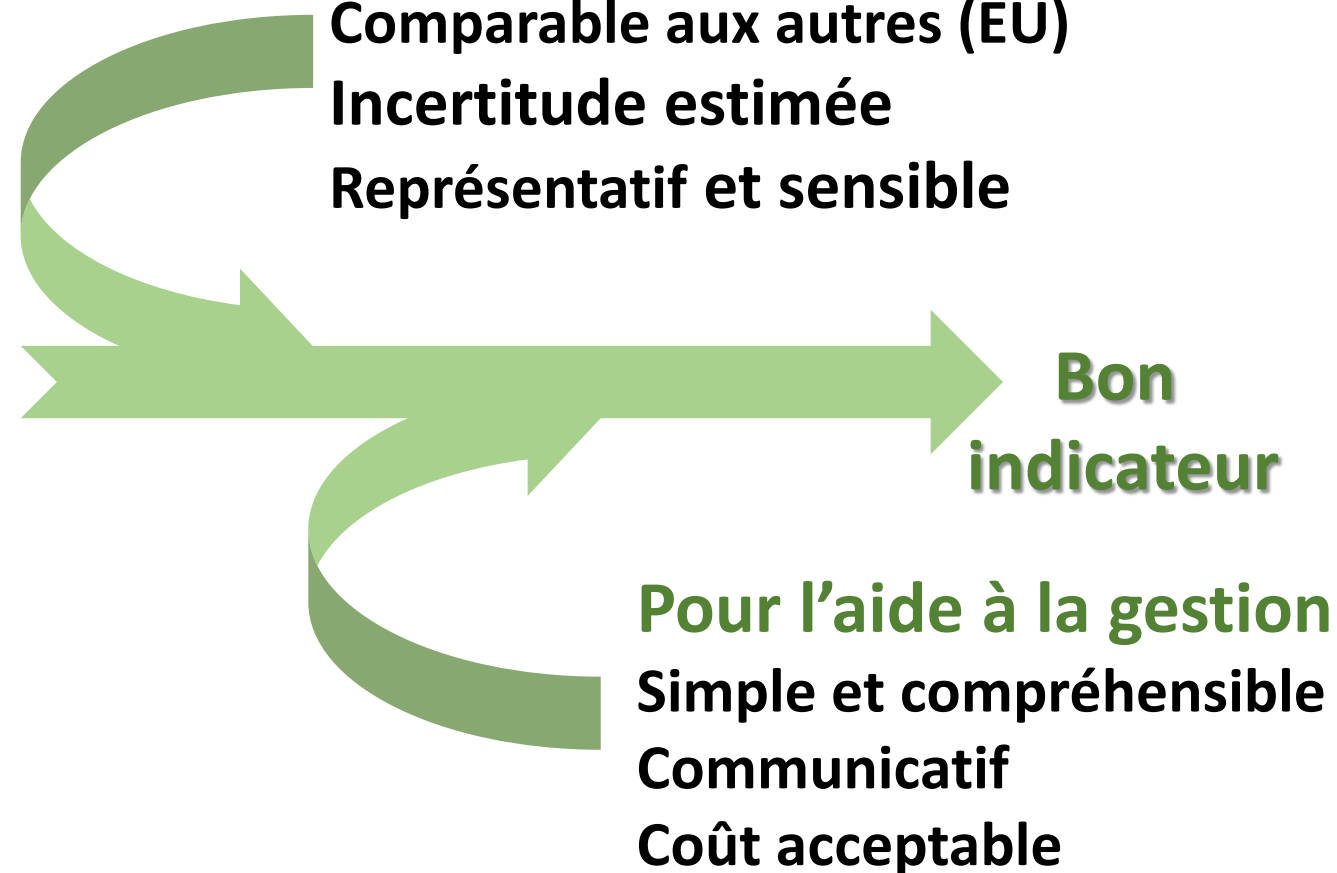
Bon
indicateur

Pour l'aide à la gestion

Simple et compréhensible

Communicatif

Coût acceptable



Des lagunes en évolution : nécessité de suivre les incertitudes et les tendances vis-à-vis de l'eutrophisation

Besoin de quantification

Corrélé aux pressions

Comparable aux autres (EU)

Incertitude estimée

Représentatif et sensible

- **Incertitudes** : nécessité d'estimer le niveau de **confiance et de précision** des résultats (art. 1.3 de la DCE)

• Sensibilité :

- indicateur sensible aux évolutions des niveaux de pressions, permettant **d'évaluer l'efficacité des mesures de gestion**
- Besoin d'indicateurs de tendance, **plus réactifs** que l'état DCE

➔ **trajectoires de restauration**

**Bon
indicateur**

Pour l'aide à la gestion

Simple et compréhensible

Communicatif

Coût acceptable

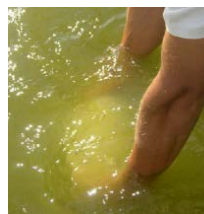
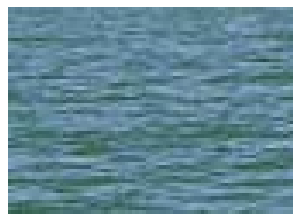
OBServatoire des LAGunes « OBSLAG » eutrophisation (2018)

Objectifs (tous les 2 ans depuis 2014) :

- (1) **Suivi estival 2018** du phytoplancton et de la physico-chimie de l'eau sur les **10 masses d'eau lagunaires du suivi « réseau flux »***
- (2) Construction **d'indicateurs plus sensibles** que les indicateurs DCE, mettant en évidence **la variabilité et les tendances** d'évolution de l'état du phytoplancton et de la colonne d'eau **au sein des plans de gestion** de 6 ans

Suivis :

- **10 masses d'eau** = 13 lagunes poly- & eu-halines (16 stations « DCE » + 6 complémentaires)
- **Colonne d'eau et phytoplancton** = compartiments les plus réactifs des écosystèmes lagunaires



Masse d'eau	Nombre de points
Canet	1
La Palme	1
Bages-Sigean	2
Ayrolle	1
Thau	4+2F
Palavasiens E/O	2+3
Or	2
Berre	1+1F
Biguglia	2

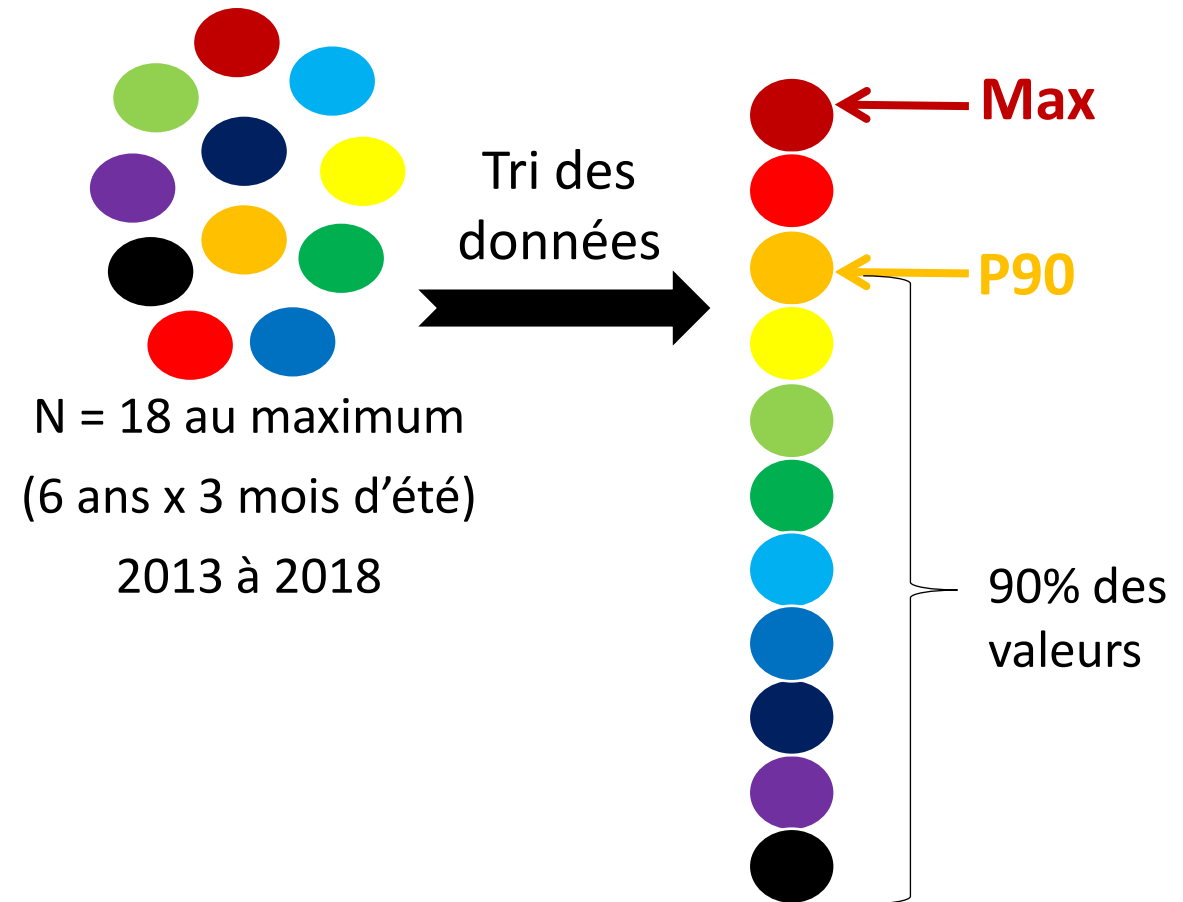
*Suivis DCE eau-phyto : 1 an sur 2 depuis 2015



Les indicateurs DCE nutriments et phytoplancton

Nutriments :

- Paramètres dissous (PO₄, NID) et totaux (NT et PT)
- Suivis sur **6 ans** (cf plan de gestion DCE) → **percentile 90 (P90)**

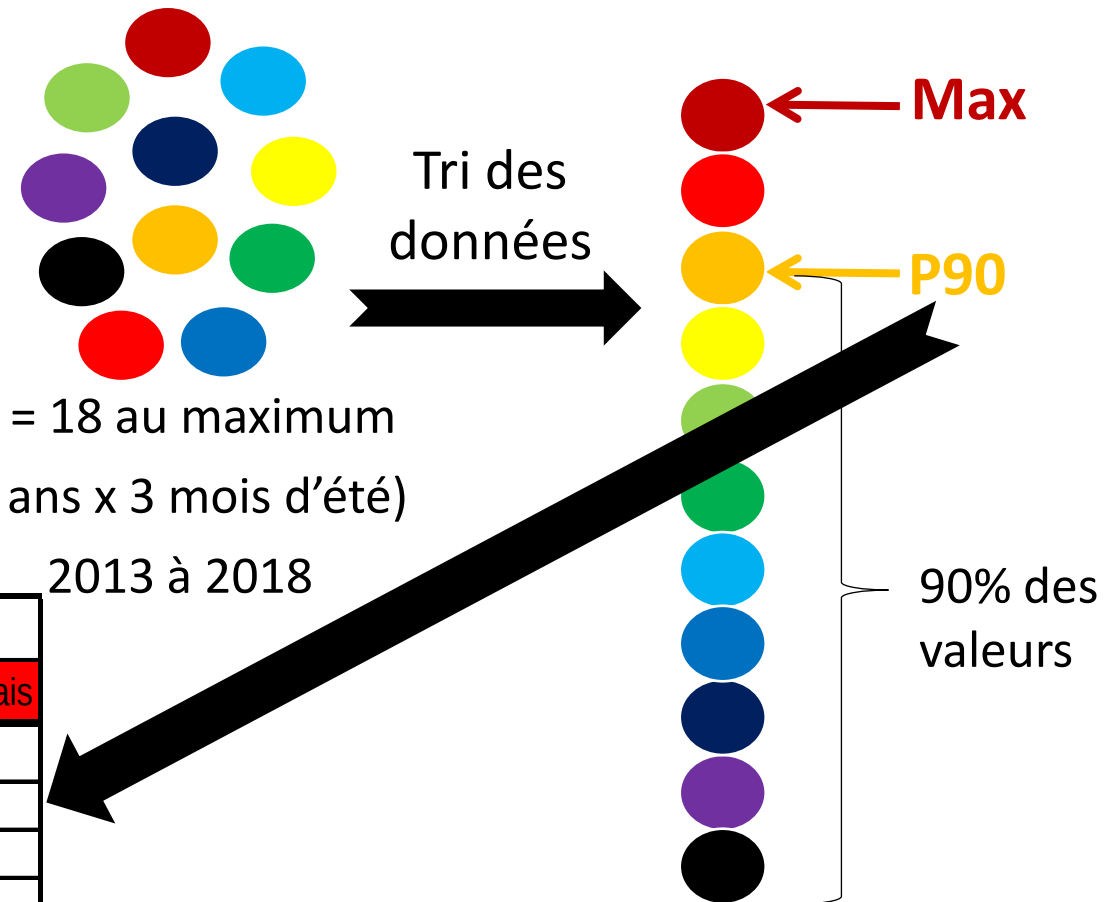




Les indicateurs DCE nutriments et phytoplancton

Nutriments :

- Paramètres dissous (PO₄, NID) et totaux (NT et PT)
- Suivis sur **6 ans** (cf plan de gestion DCE) → **percentile 90 (P90)**
- Paramètre le **plus déclassant**



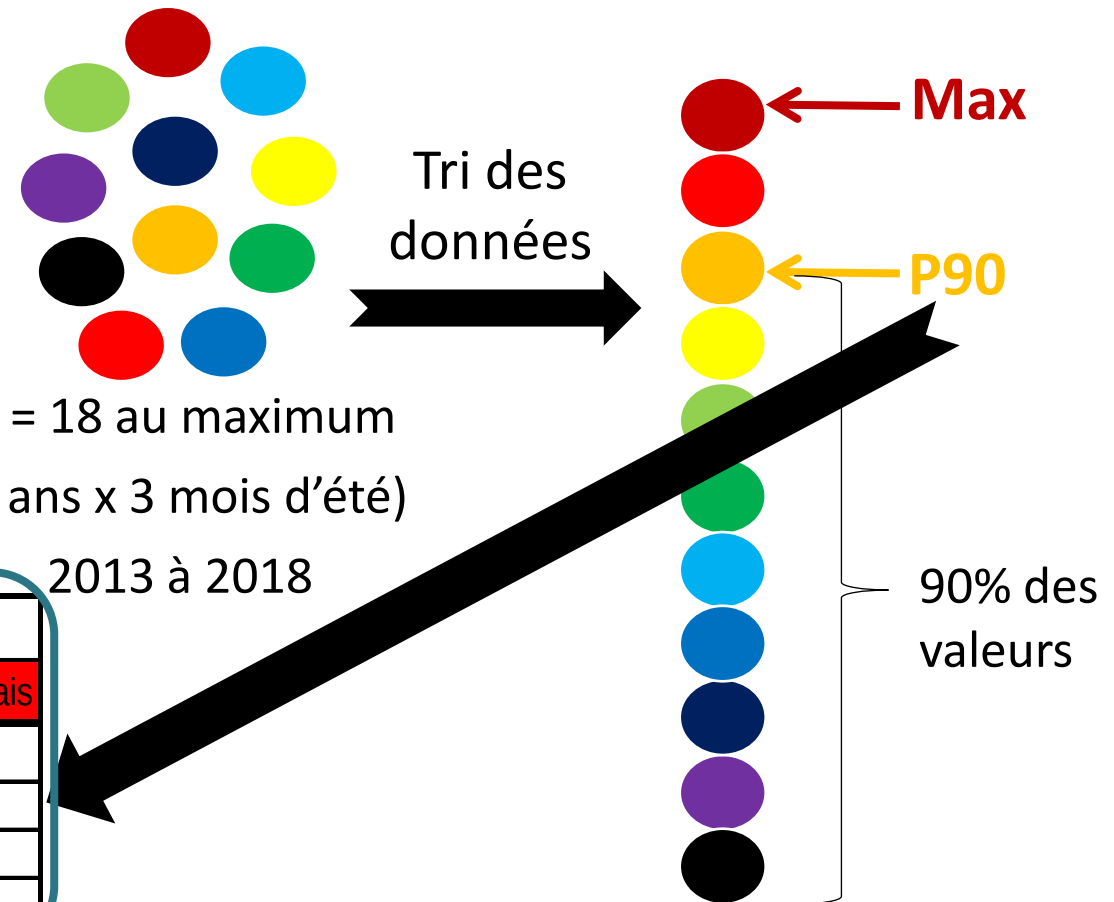
Paramètre	Unité	Etat							
		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre	Mauvais
[PO ₄ ³⁻]	µmol / l		0,3		1		1,5		4
[NID]	µmol / l		2		6		10		20
[NT]	µmol / l		50		75		100		120
[PT]	µmol / l		2		3		4		5



Les indicateurs DCE nutriments et phytoplancton

Nutriments :

- Paramètres dissous (PO₄, NID) et totaux (NT et PT)
- Suivis sur **6 ans** (cf plan de gestion DCE) → **percentile 90 (P90)**
- Paramètre le **plus déclassant**
- Etat DCE : très bon, bon ou **< à bon**



Paramètre	Unité	Etat							
		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre	Mauvais
[PO ₄ ³⁻]	µmol / l		0,3		1		1,5		4
[NID]	µmol / l		2		6		10		20
[NT]	µmol / l		50		75		100		120
[PT]	µmol / l		2		3		4		5



Les indicateurs DCE nutriments et phytoplancton

Phytoplancton :

- Paramètres :
 - **biomasse** (chlorophylle *a*)
 - **abondance** (pico- et nano-phytoplancton)
- P90 comparé aux valeurs de référence → **EQR**

(a)		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais	Référence
abondance (nb cell. / L ($\times 10^6$))	picophytoplancton		20		50		100		500		15
	nanophytoplancton		4		10		20		100		3
biomasse (chlorophylle <i>a</i> en $\mu\text{g/L}$)			5		7		10		20		3.33



Les indicateurs DCE nutriments et phytoplancton

Phytoplancton :

- Paramètres :
 - **biomasse** (chlorophylle *a*)
 - **abondance** (pico- et nano-phytoplancton)
- P90 comparé aux valeurs de référence → **EQR [0 ; 1]**
- Moyenne des EQR biomasse et abondance

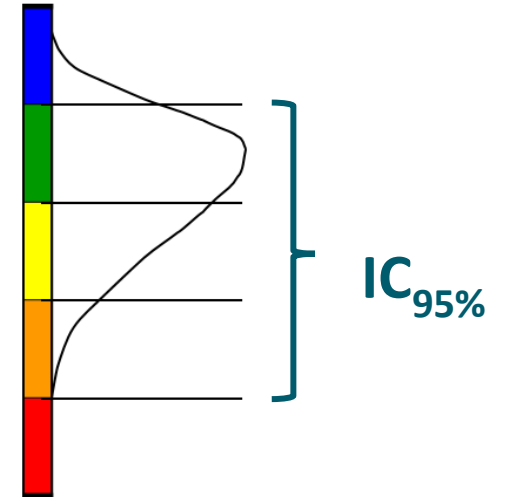
(a)		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais	Référence
abondance (nb cell. / L (x10 ⁶))	picophytoplancton		20		50		100		500		15
	nanophytoplancton		4		10		20		100		3
biomasse (chlorophylle <i>a</i> en µg/L)			5		7		10		20		3.33

Indicateurs de variabilité et de tendance

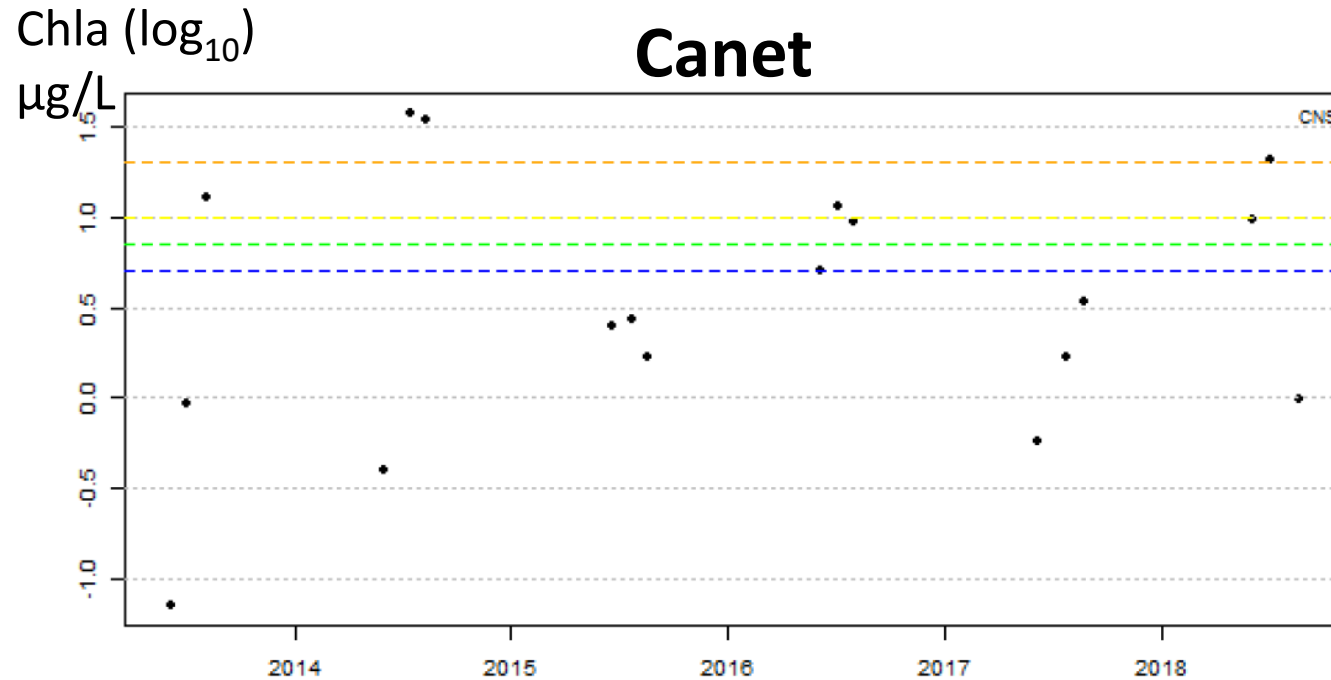
Confiance et précision : bootstrap non paramétrique

- Confiance : probabilité, en %, que la vraie valeur d'un indice statistique soit incluse dans un intervalle
- Précision : mesure de l'incertitude statistique égale à la moitié de la longueur de l'intervalle de confiance
- Intervalle de confiance à 95% :

$$IC_{95\%} = [M - p ; M + p] ; \text{ avec : } M = \text{moyenne estimée}, p = \text{précision}$$



Ex. de niveaux de variabilité mis en évidence sur le phytoplancton



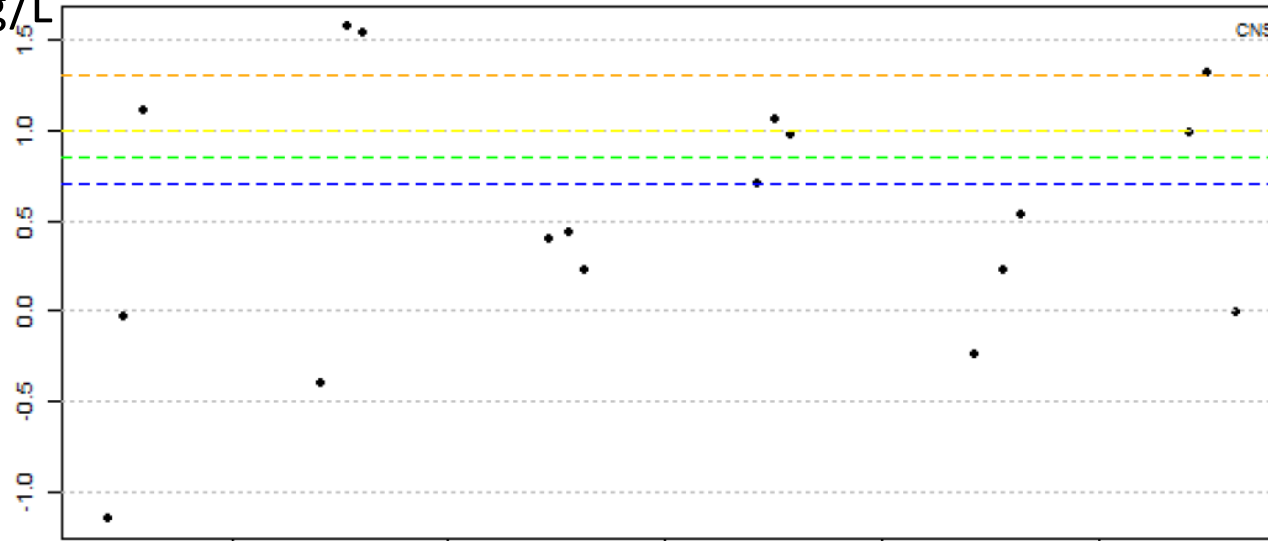
EQR et état	IC	Confiance
0.14	[0.09;0.33]	0-0-1-41-57

- Etat mauvais, confiance à 57%
 - IC s'étend couvre aussi l'état moyen (1%) et médiocre (41%)
- ➔ Forte variabilité

Ex. de niveaux de variabilité mis en évidence sur le phytoplancton

Chla ($\log_{10}$)
 $\mu\text{g/L}$

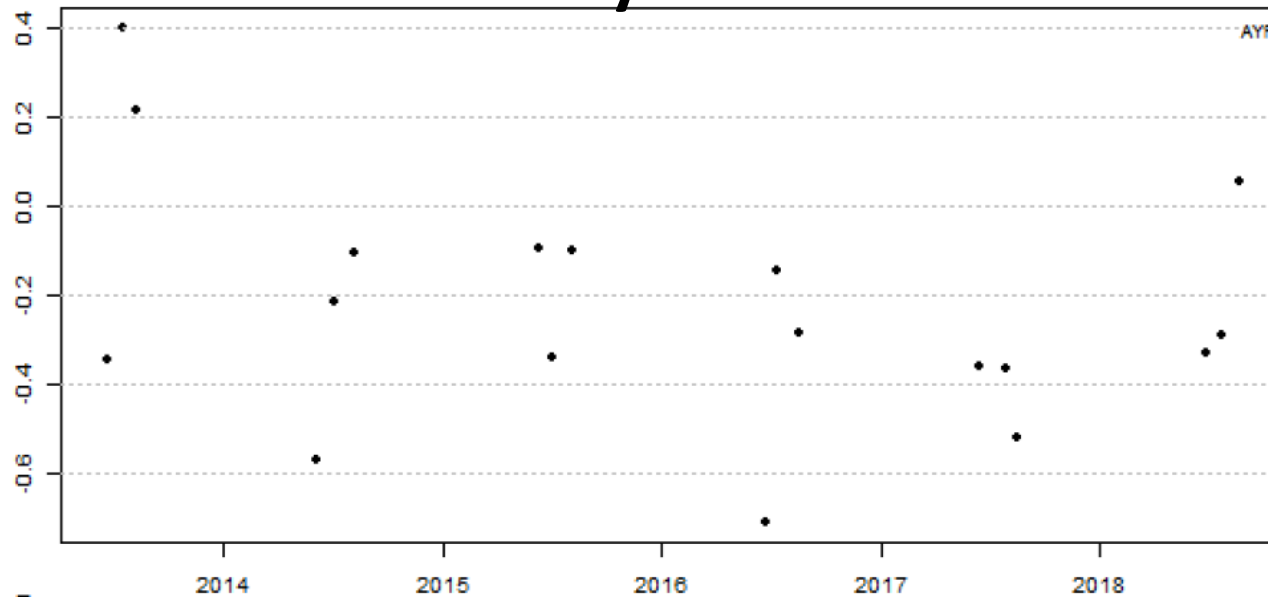
Canet



EQR et état	IC	Confiance
0.14	[0.09;0.33]	0-0-1-41-57

- Etat mauvais, confiance à 57%
 - IC s'étend couvre aussi l'état moyen (1%) et médiocre (41%)
- ➔ Forte variabilité

Ayrolle



EQR et état	IC	Confiance
1	[1;1]	100-0-0-0-0

- Etat très bon, confiance à 100%
- ➔ Faible variabilité

Indicateurs de variabilité et de tendance

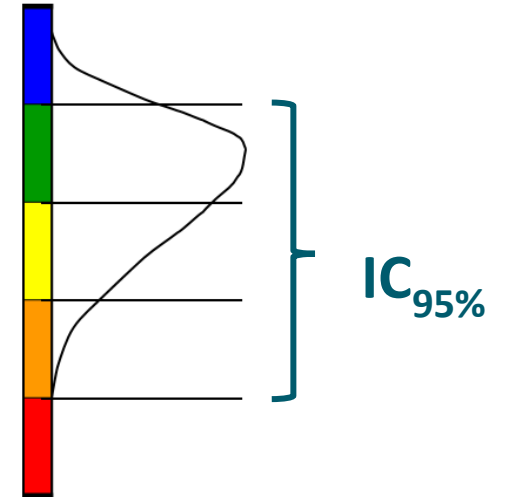
Confiance et précision : bootstrap non paramétrique

- Confiance : probabilité, en %, que la vraie valeur d'un indice statistique soit incluse dans un intervalle
- Précision : mesure de l'incertitude statistique égale à la moitié de la longueur de l'intervalle de confiance
- Intervalle de confiance à 95% :

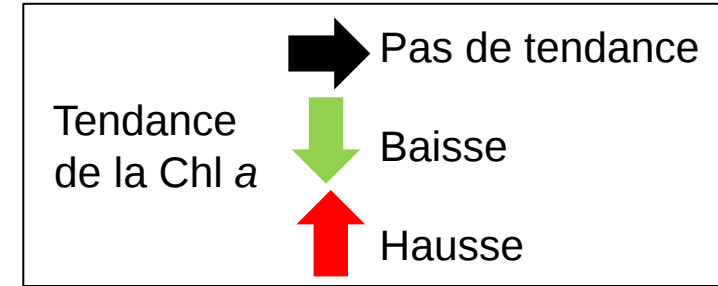
$$IC_{95\%} = [M - p ; M + p] ; \text{ avec : } M = \text{moyenne estimée}, p = \text{précision}$$

Tendance

- Mann Kendall : identification d'une **tendance continue croissante ou décroissante**
- Kruskal-Wallis : **identification d'années** pour lesquelles les valeurs des indicateurs sont significativement différentes des autres



Exemples d'évolutions mises en évidence par l'indicateur de tendance



2005 : dérivation
des rejets (MAERA)

Années	EQR biomasse (valeur de Chl-a en µg/L)	Chl-a Palavasiens -Ouest
2000-2005	0.13 (25.8)	→
2001-2006	0.13 (24.8)	↓ -1.602 µg/L par an
2002-2007	0.26 (12.9)	→
2003-2008	0.26 (12.9)	↓ -0.99 µg/L par an
2004-2009	0.28 (11.8)	↓ -1.178 µg/L par an
2005-2010	0.31 (10.7)	↓ -0.939 µg/L par an
2006-2011	0.58 (5.7)	→
2007-2012	0.61 (5.5)	→
2008-2013	0.56 (6)	→
2009-2014	0.56 (6)	↑ 0.407 µg/L par an
2010-2015	0.52 (6.4)	→
2011-2016	0.52 (6.4)	→
2012-2017	0.49 (6.8)	→
2013-2018	0.49 (6.8)	→

État mauvais
mais ↓ Chl a (-1.6 µg/L/an)

État médiocre
mais ↓ Chl a (-1 µg/L/an)

État bon
mais ↑ Chl a
(+0.4 µg/L/an)

Exemples d'évolutions mises en évidence par l'indicateur de tendance

2005 : dérivation
des rejets (MAERA)

Années	EQR biomasse (valeur de Chl-a en µg/L)	Chl-a Palavasiens -Ouest
2000-2005	0.13 (25.8)	➡
2001-2006	0.13 (24.8)	⬇ -1.602 µg/L par an
2002-2007	0.26 (12.9)	➡
2003-2008	0.26 (12.9)	⬇ -0.99 µg/L par an
2004-2009	0.28 (11.8)	⬇ -1.178 µg/L par an
2005-2010	0.31 (10.7)	⬇ -0.939 µg/L par an
2006-2011	0.58 (5.7)	➡
2007-2012	0.61 (5.5)	➡
2008-2013	0.56 (6)	➡
2009-2014	0.56 (6)	⬆ 0.407 µg/L par an
2010-2015	0.52 (6.4)	➡
2011-2016	0.52 (6.4)	➡
2012-2017	0.49 (6.8)	➡
2013-2018	0.49 (6.8)	➡

Années	EQR biomasse (valeur de Chl-a en µg/L)	Chl-a Palavasiens -Est
2000-2005	0.02 (205.6)	➡
2001-2006	0.02 (203.2)	➡
2002-2007	0.02 (179.1)	⬇ -22.739 µg/L par an
2003-2008	0.02 (145.5)	⬇ -17.735 µg/L par an
2004-2009	0.02 (145.5)	⬇ -12.702 µg/L par an
2005-2010	0.09 (37.8)	⬇ -3.84 µg/L par an
2006-2011	0.14 (23.5)	➡
2007-2012	0.25 (13.1)	➡
2008-2013	0.26 (12.9)	➡
2009-2014	0.21 (15.6)	⬆ 1.8323 µg/L par an
2010-2015	0.13 (25.8)	➡
2011-2016	0.11 (31)	➡
2012-2017	0.14 (23)	➡
2013-2018	0.11 (31)	➡

Tendance de la Chl a

➡

Pas de tendance

⬇

Baisse

⬆

Hausse

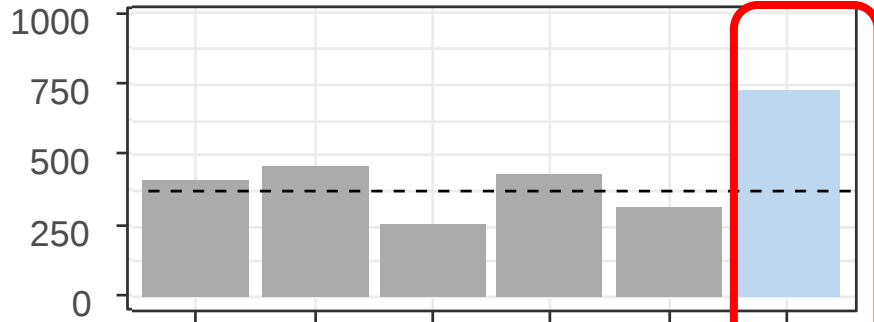
État mauvais
mais ⬇ Chl a
(-14 µg/L/an)

État médiocre
mais ⬆ Chl a
(+2 µg/L/an)

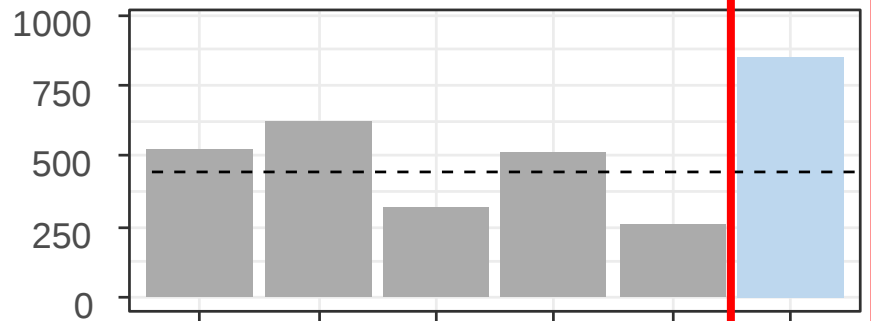
Des conditions météorologiques 2018 exceptionnelles

Pluie
(mm)

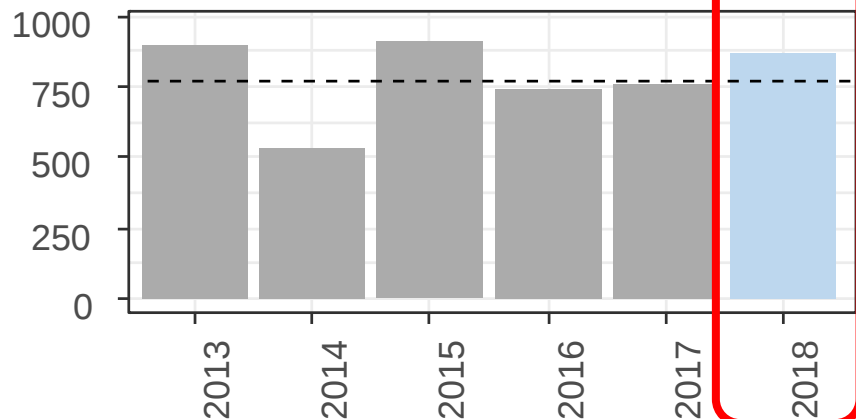
LEUCATE



SETE



SOLENZARA



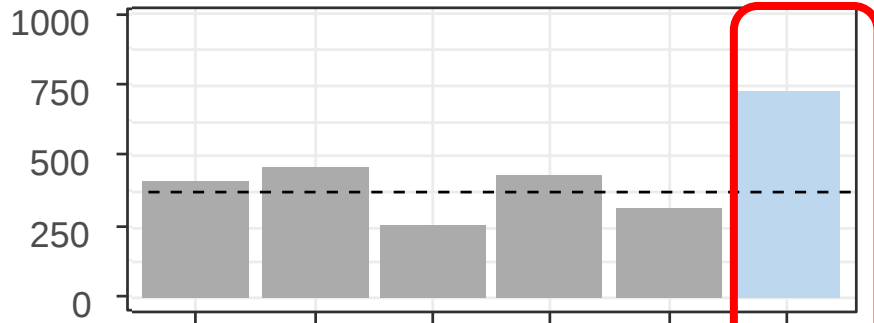
Cumuls pluviométriques

- **2018 excédentaire** par rapport à 2013-2017 en Occitanie et PACA (jusqu'à +47% Leucate (725 mm))
- **Pluies printanières intenses + crues/inondations automnales (Aude)**

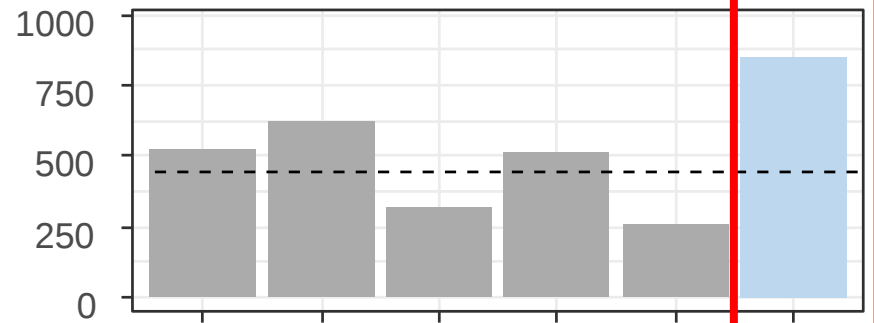
Des conditions météorologiques 2018 exceptionnelles

Pluie
(mm)

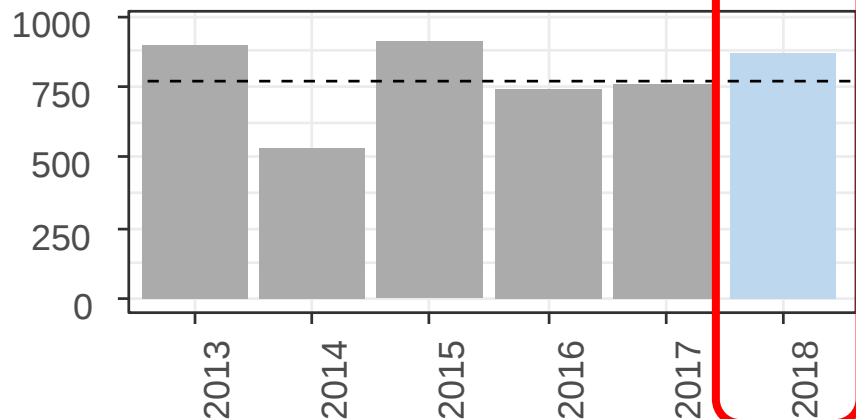
LEUCATE



SETE

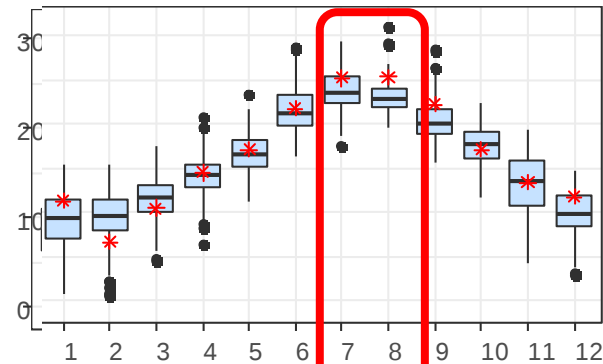


SOLENZARA

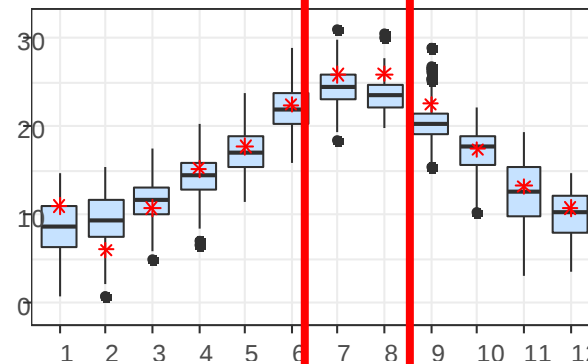


T (°C)

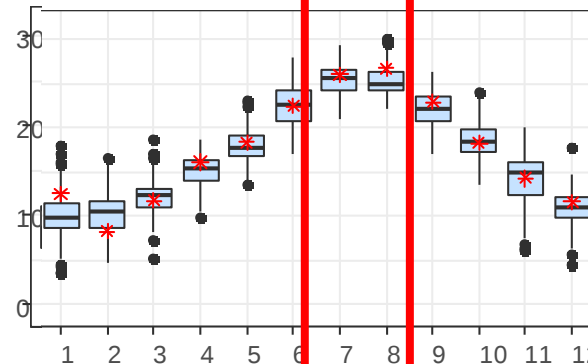
LEUCATE



SETE



SOLENZARA



Mois

Année 2018 : la plus chaude du XX^e siècle

- + 0.5-0.6°C par rapport à 2013-2017
- 2^{ème} été le plus chaud après 2003
- Canicules estivales → T° eau > 29°C en août (Thau, Palavasians, Vaccarès, Berre, Corse)

2013-2018 (eau & phyto) : le bon état est atteint sur 4 masses d'eau

Code de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Etat physico-chimique de la colonne d'eau (2013-2018)	Etat du phyto-plancton (2013-2018)
FRDT 01	Canet		
FRDT 03	La Palme		
FRDT 04	Bages-Sigean		
FRDT 05	Ayrolle		
FRDT 10	Thau		
FRDT 11c	Palavasiens-Ouest		
FRDT 11b	Palavasiens-Est		
FRDT 11a	Or		
FRDT 15a	Berre		
FRET 01	Biguglia		

- **Bon état (eau & phyto) :**
 - La Palme, Bages, Ayrolle et Thau

2013-2018 (eau & phyto) : le bon état est atteint sur 4 masses d'eau et 3 masses d'eau sont en mauvais état

Code de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Etat physico-chimique de la colonne d'eau (2013-2018)	Etat du phyto-plancton (2013-2018)
FRDT 01	Canet		
FRDT 03	La Palme		
FRDT 04	Bages-Sigean		
FRDT 05	Ayrolle		
FRDT 10	Thau		
FRDT 11c	Palavasiens-Ouest		
FRDT 11b	Palavasiens-Est		
FRDT 11a	Or		
FRDT 15a	Berre		
FRET 01	Biguglia		

- **Bon état (eau & phyto) :**
 - La Palme, Bages, Ayrolle et Thau
- **Mauvais état (eau & phyto) :**
 - Canet, Palavasiens-Est, Or
- **L'état du phytoplancton est plus pénalisant** que celui donné par la physico-chimie (abondance de pico-phytoplancton & Chl-*a*)

Tendance à l'amélioration sur la période 2013-2018 pour 3 masses d'eau

Code de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Etat physico-chimique de la colonne d'eau (2013-2018)	Etat du phyto-plancton (2013-2018)
FRDT 01	Canet		
FRDT 03	La Palme		
FRDT 04	Bages-Sigean		
FRDT 05	Ayrolle		
FRDT 10	Thau		
FRDT 11c	Palavasiens-Ouest		
FRDT 11b	Palavasiens-Est	+	
FRDT 11a	Or		
FRDT 15a	Berre	+	
FRET 01	Biguglia		+

- **Tendance à l'amélioration :**
 - Palavasiens-Est (PO4, PT)
 - Berre (NT)
 - Biguglia (picophytoplankton)

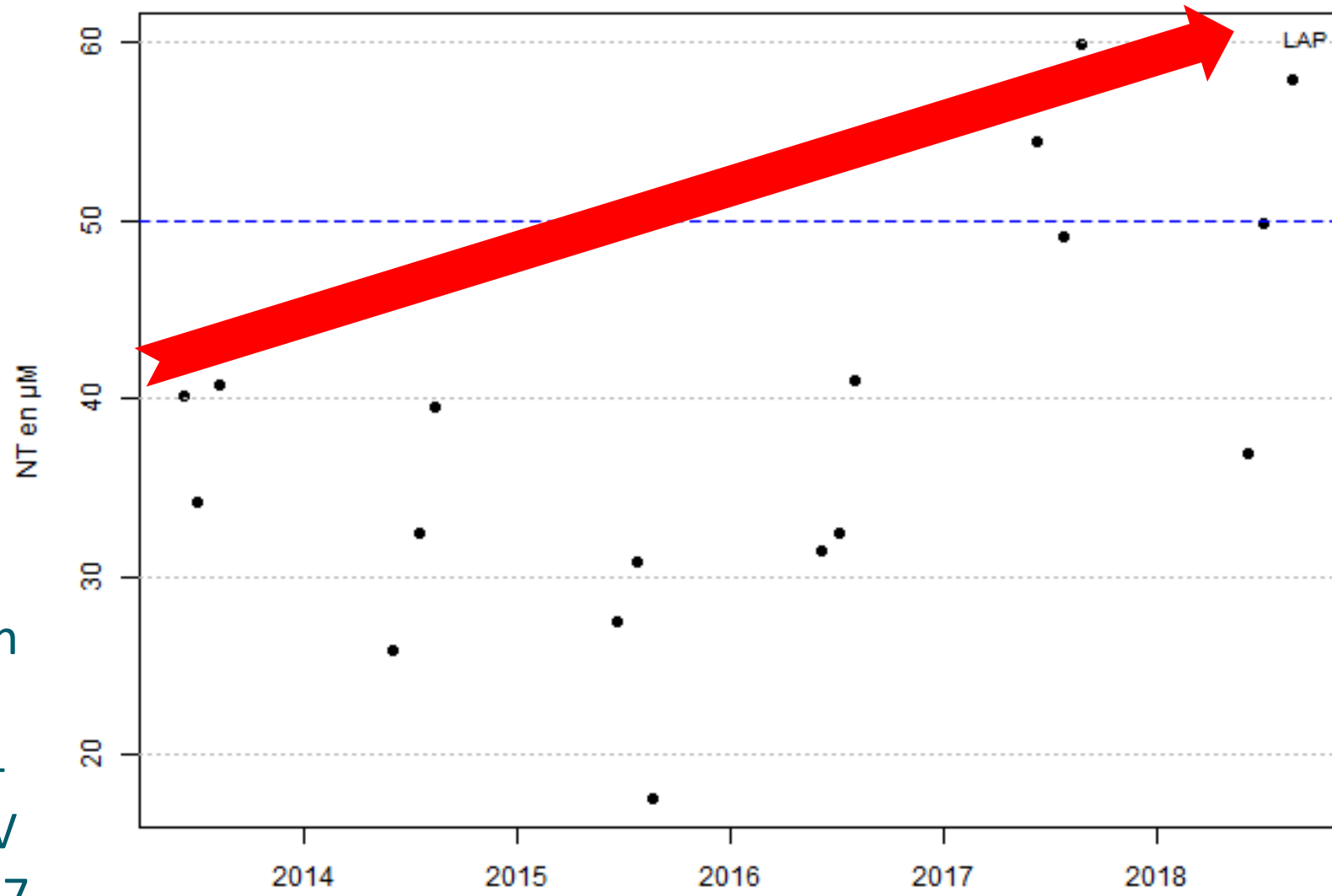
Tendance à l'amélioration sur la période 2013-2018 pour 3 masses d'eau et à la dégradation pour 5 masses d'eau

Code de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Etat physico-chimique de la colonne d'eau (2013-2018)	Etat du phyto-plancton (2013-2018)
FRDT 01	Canet		
FRDT 03	La Palme	—	
FRDT 04	Bages-Sigean		—
FRDT 05	Ayrolle	—	
FRDT 10	Thau	—	
FRDT 11c	Palavasiens-Ouest		
FRDT 11b	Palavasiens-Est	+	
FRDT 11a	Or		
FRDT 15a	Berre	+	
FRET 01	Biguglia	—	+

- **Tendance à l'amélioration :**
 - Palavasiens-Est (PO4, PT)
 - Berre (NT)
 - Biguglia (picophytoplancton)
- **Tendance à la dégradation :**
 - La Palme (NT)
 - Bages (Chl-*a*)
 - Ayrolle (PO4)
 - Thau (NID)
 - Biguglia (PO4, PT, NT)

Malgré un bon état pour La Palme, les teneurs en azote **augmentent**

	P90 et état	Tendance
NID	4.7	➡
PO4	0.2	➡
NT	55.1	⬆ + 3.6 μM/an
PT	0.7	➡

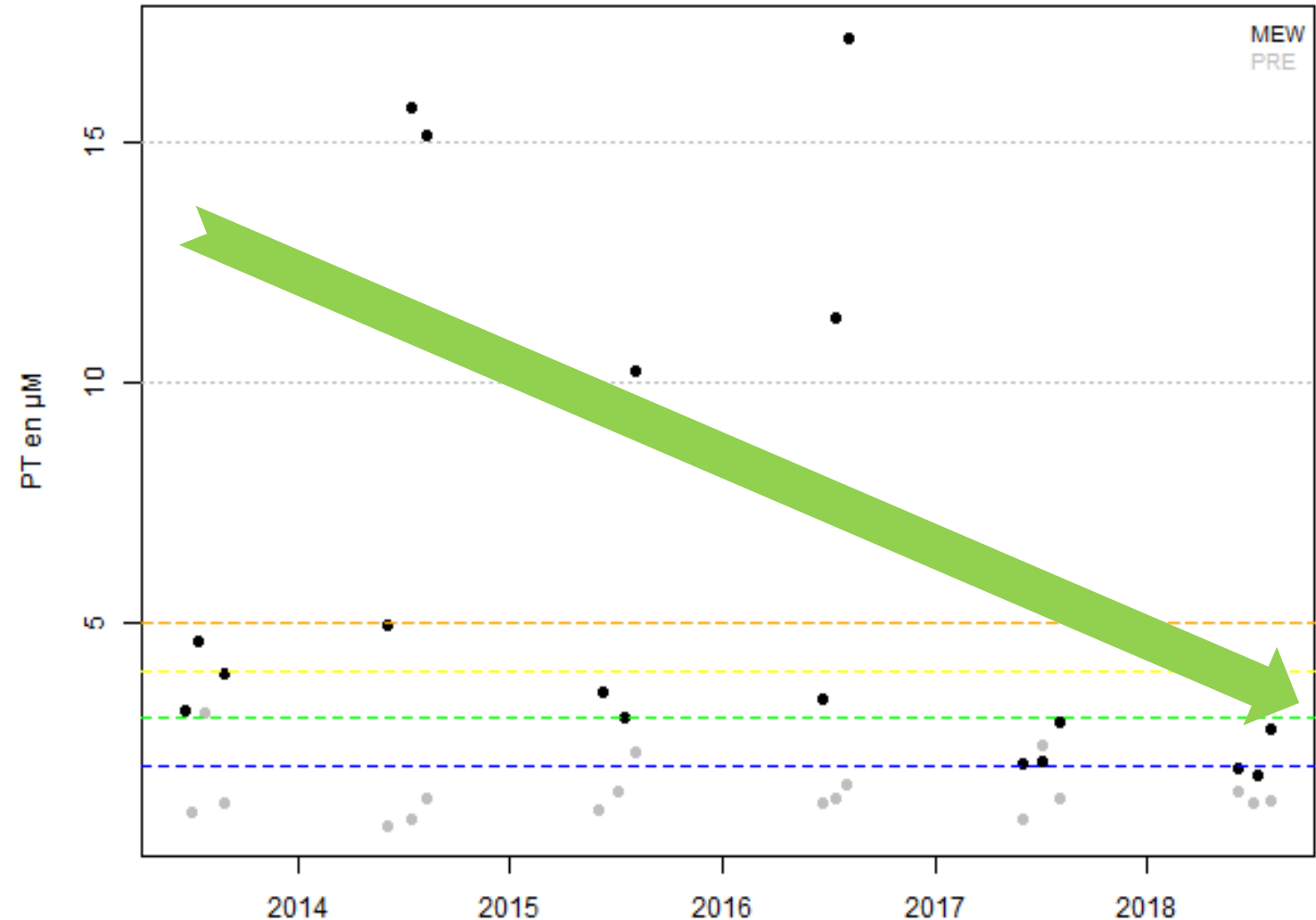


- NT associé au picophytoplancton plus élevé en 2017-2018
- Sensibilité aux conditions hydro-climatiques et aux apports du BV
- Macrophytes en régression (2017-2019, PNRNM)

Malgré un mauvais état pour les Palavasiens-Est, les teneurs en phosphore **diminuent**

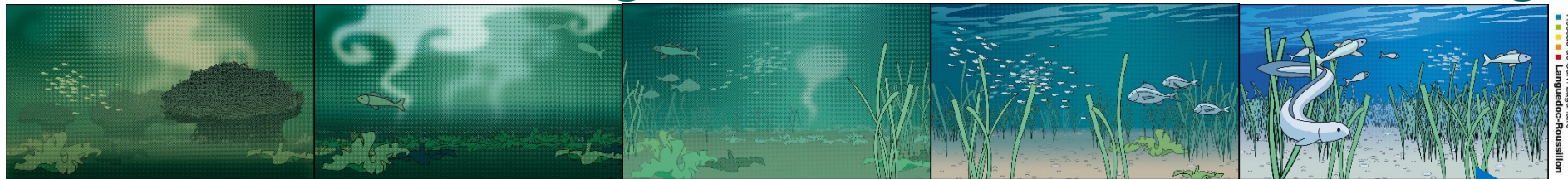
	P90 et état	Tendance
NID	2.5	➡
PO4	2.2	⬇ - 0.22 μM/an
NT	104.5	➡
PT	8.3	⬇ - 0.29 μM/an

- Phosphore quasi-entièrement consommé et devenu limitant pour le phytoplancton en 2017-2018
- Teneurs en phytoplancton restent cependant importantes (état mauvais)



Des informations complémentaires pour les diagnostics

- Les indicateurs DCE appliqués sur les lagunes répondent au besoin du rapportage à l'Europe, qui est réalisé tous les 3 à 6 ans
- **Intérêts des indicateurs de variabilité et de tendance :**
 - Évaluation de la **confiance** accompagnant les diagnostics DCE
 - Indicateurs **sensibles et réactifs** :
 - détection des tendances et des années particulières → **signes précoces** de restauration ou de dégradation pour anticiper les actions
 - mise en évidence des impacts des mesures de gestion, **même si la classe d'état ne change pas**
- **Les stations complémentaires de bordure et de fond peuvent indiquer des dégradations locales et renseignent sur le fonctionnement des lagunes**



- (1) Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes côtiers – Laboratoire Environnement Ressources du Languedoc-Roussillon
- (2) Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes côtiers – Vigies, Nantes
- (3) Université de Montpellier
- (4) Département Océanographie et Dynamique des Ecosystèmes côtiers – Laboratoire Environnement Ressources Provence-Alpes-Côte d’Azur-Corse

Valérie Derolez², Béatrice Bec³, Dominique Munaron¹, Elodie Foucault¹, Annie Fiandrino¹, Vincent Ouisse¹, Grégory Messiaen¹, Elise Hatey³, Coralie Connes⁴, Dominique Soudant², Mélanie Brun², Martine Fortuné¹, Serge Morteux¹, Ophélie Serais¹, Anaïs Crottier¹, Nathalie Malet⁴

Juillet 2019 - RST/LER/LR/19.12

OBSLAG 2018 - volet eutrophisation

Lagunes méditerranéennes (période 2013-2018)

Etat DCE de la colonne d'eau et du phytoplancton, tendance et variabilité des indicateurs



Rapport OBSLAG 2018 sur Archimer :

<https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00507/61862/>

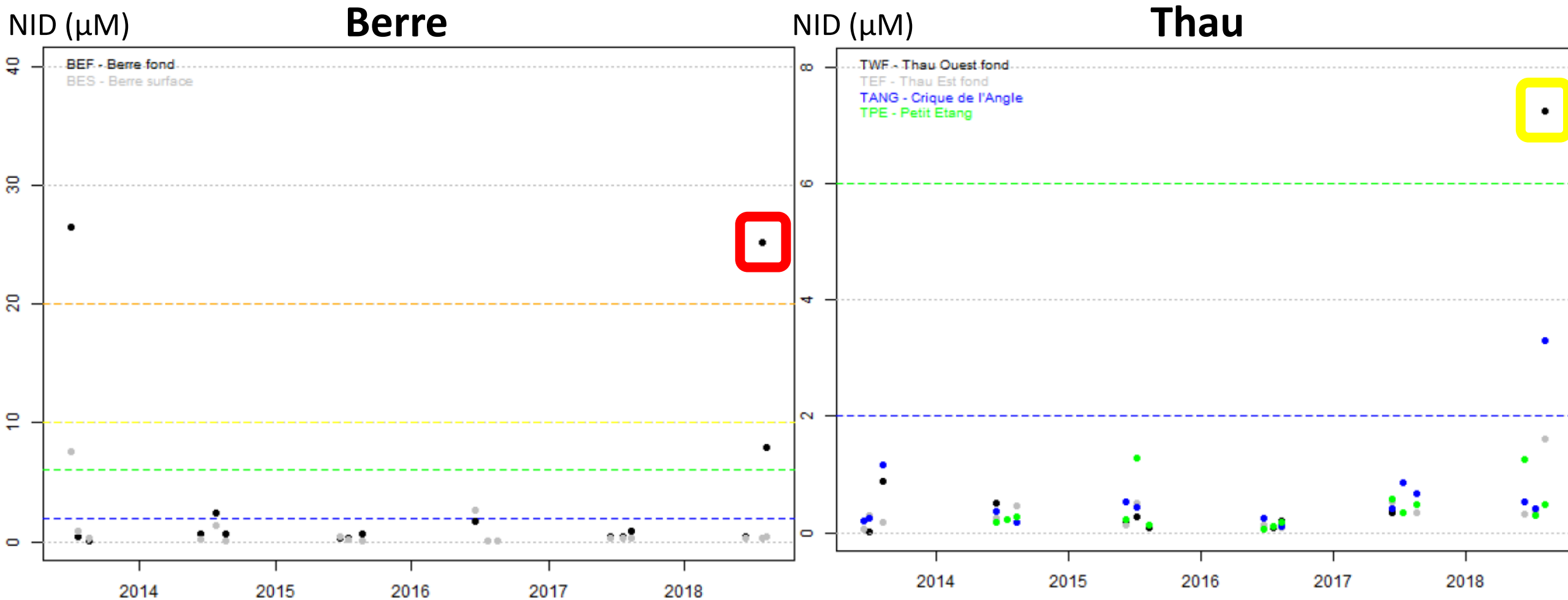


Remerciements



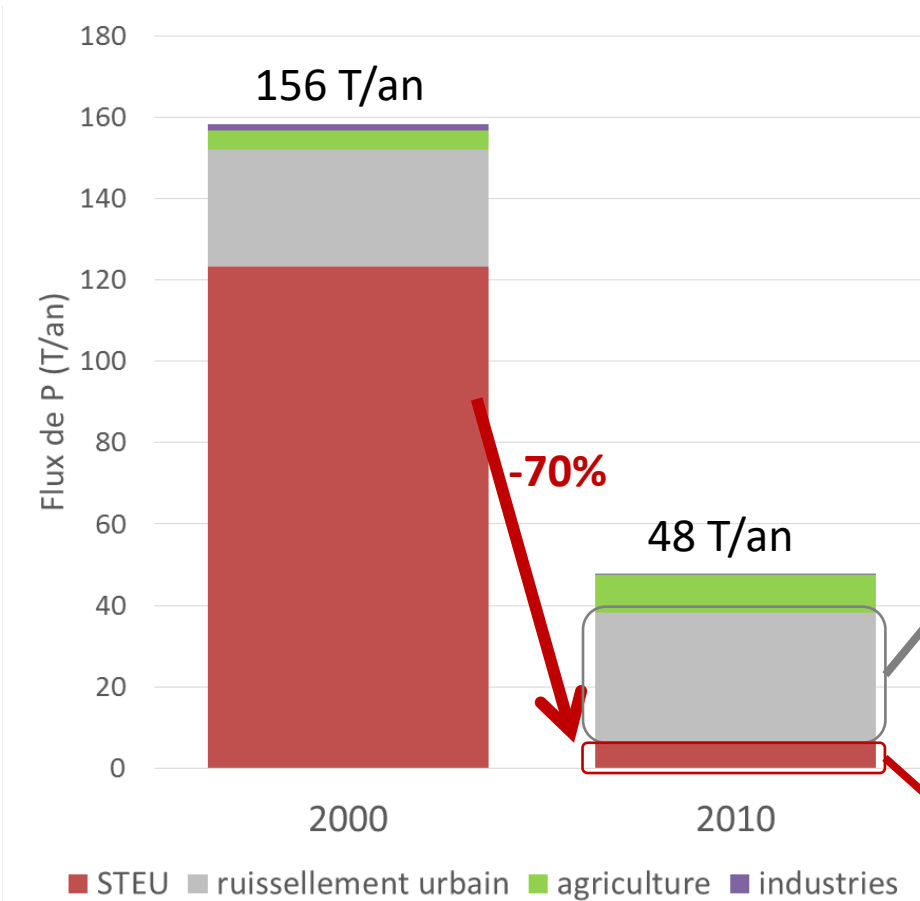
structures de gestion des lagunes

L'effet des anoxies est observé sur les stations de fond (Berre & Thau)



- En août : relargages sédimentaires de nutriments alimentant des blooms de phytoplancton

Des travaux d'assainissement importants depuis 2005



□ **Fin 2005** : déconnexion de la station MAERA → **réduction des apports de 70%P et 83%N**

2011 : raccordement de Palavas
2013 : raccordement de Pérols et Carnon

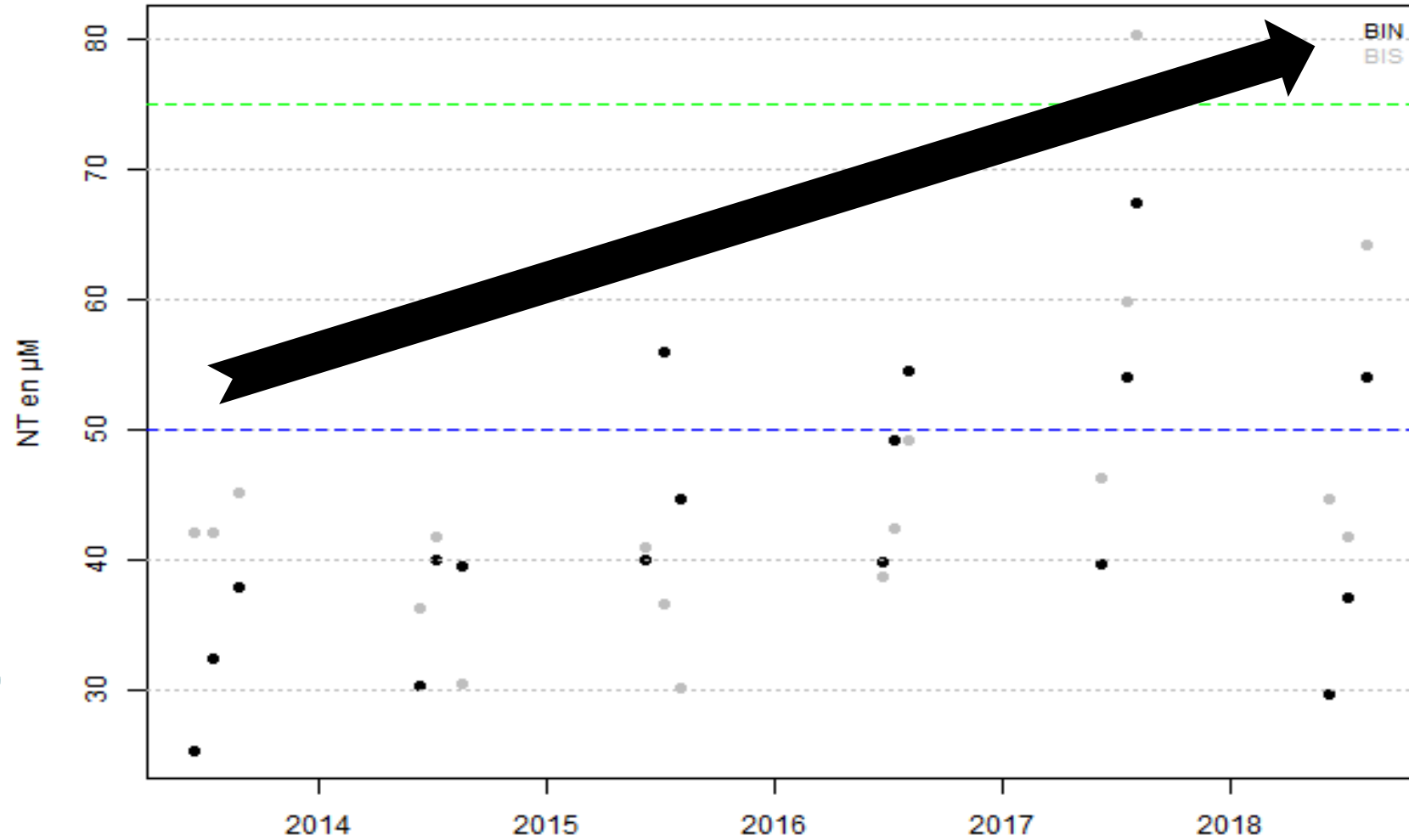
□ **Enjeu sur les apports par temps de pluie**

□ **Rejets directs** : Villeneuve-lès-Maguelone, Vic, Mireval, Frontignan plage

□ **Travaux et raccordements en cours ; apports souterrains & canal**

Malgré un bon état pour Biguglia, la dégradation de la colonne d'eau se confirme

	P90 et état	Tendance
NID	3.6	→
PO4	0.4	↑ + 0.06 μM/an
NT	57.4	↑ + 3.4 μM/an
PT	2.1	↑ + 0.2 μM/an



- Dégradation déjà mise en évidence en 2011-2016 (PO4)
- Etat médiocre du phytoplancton
- Vigilance à maintenir : apports agricoles et urbains