Campagne de surveillance 2023 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie et le phytoplancton



BILAN DES RESULTATS 2023

Julie Régis[1], Olivier Boutron[1], Samuel Hilaire[1], Emilie Luna-Laurent[1], Béatrice Bec[2],

[1] La Tour du Valat – Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes. Arles.
[2] Laboratoire Marbec, Université de Montpellier

Sommaire

1. Préambule 3

2. Contexte et objectifs 4

2.1. La mise en œuvre de la DCE dans les lagunes méditerranéennes..... 4
2.2. Contenu des suivis 2023 et objectifs de ce rapport..... 5

3. Matériels et Méthodes 6

3.1. Lagunes suivies..... 6
3.2. Conditions hydroclimatiques..... 8
3.3. Compartiments « colonne d'eau » et « phytoplancton » 8
3.3.1. Protocoles de prélèvements et d'analyses..... 8
3.3.2. Evaluation des états DCE..... 9
a) Etat physico-chimique DCE du compartiment « colonne d'eau » 9
b) Etat DCE du compartiment « phytoplancton » 10
3.3.3. Intervalles de confiance des indicateurs des états DCE et analyse des tendances 11

4. Conditions hydroclimatiques 12

5. Résultats : Bilan de la campagne DCE 2023 pour les lagunes oligo et mésohalines13

6. Bibliographie 35

7. Liste des figures..... 37

8. Liste des tableaux 37

9. Annexes 38

1. Préambule

Ce rapport est le fruit d'un travail réalisé en collaboration avec de multiples intervenants.

Rédacteurs du rapport : Julie Régis[1], Olivier Boutron[1], Samuel Hilaire[1], Emilie Luna-Laurent[1], Béatrice Bec[2]
Relecture : Anaïs Giraud[3]

[1] Tour du Valat
[2] Université Montpellier – UMR MARBEC
[3] Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

Remerciements : Nicole Garcia et Véronique Lagadec (Laboratoire MIO) ; l'ensemble des structures de gestion des lagunes : le Syndicat Mixte pour la Camargue Gardoise, le Parc Naturel Régional de Camargue, le Parc Naturel Régional de la Narbonnaise en Méditerranée, l'Association de Défense de l'Environnement et de la Nature des pays d'Agde, le SIBOJAÏ, le Syndicat Mixte du Delta de l'Aude.

Ce rapport présente le bilan des résultats en 2023 des actions programmées dans le cadre du Suivi des Lagunes oligo- et méso-halines. Il concerne les diagnostics de l'eau et du phytoplancton sur 7 masses d'eau : Campignol, Vendres, Bagnas, Marette, Charnier-Scamandre-Crey, La Grand Palun (La Palissade) et Bolmon.

Citation recommandée :

Régis J., Boutron O., Hilaire S., Luna-Laurent E. & Bec B. 2024. Campagne de surveillance 2023 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie, et le phytoplancton Tour du Valat / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 53 pages.

2. Contexte et objectifs

2.1. La mise en œuvre de la DCE dans les lagunes méditerranéennes

Les lagunes méditerranéennes sont suivies depuis 2006 au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) (Andral et Derolez 2007; Andral et Orsoni 2007; Andral *et al*. 2010a et 2010b; Sargian *et al*. 2013a et 2013b; Derolez *et al.* 2014, 2015, 2019;Herlory et al., 2022). La DCE fixe un cadre pour l'évaluation de l'état des masses d'eau de transition, dont les lagunes méditerranéennes font partie (Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000, transposée en droit français par la loi n°2004-338 du 21 avril 2004).

L'état d'une masse d'eau est la combinaison de son état écologique et de son état chimique (Figure 1). L'état écologique est évalué sur la base d'éléments de qualité biologique et de paramètres hydro-morphologiques et physico-chimiques.

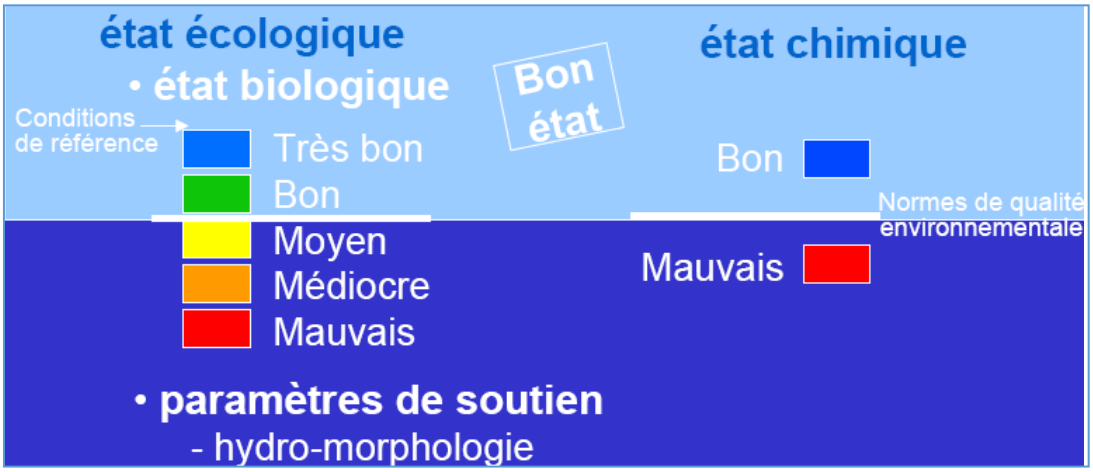

Figure 1. Schéma d'évaluation de l'état des masses d'eau au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (Derolez *et al*., 2015)

Pour chaque élément de qualité biologique, sont déterminées des conditions de référence, qui correspondent aux caractéristiques des peuplements qui seraient obtenues dans un milieu soumis à très peu ou à l'absence de pressions humaines. L'état biologique est mesuré par l'écart aux conditions de référence, sous forme d'un ratio de qualité écologique (Ecological Quality Ratio, EQR) :

EQR = valeur de l'indicateur dans les conditions de référence / valeur de l'indicateur mesuré.

Le classement de l'état biologique est établi selon cinq classes, de Très bon à Mauvais.

L'état chimique est Bon ou Mauvais, selon le respect des normes de qualité environnementale (NQE), définies pour chacune des substances identifiées dans la Directive fille n°2013/39/UE (PE & CUE 2013)
La règle du paramètre le plus déclassant s'applique pour l'état biologique et pour l'état chimique : un seul paramètre n'atteignant pas les seuils de bon état ou des NQE peut occasionner un classement inférieur à Bon de la masse d'eau.

La Directive identifie quatre compartiments biologiques à suivre dans les lagunes :

- le phytoplancton (microalgues),
- les macrophytes (macroalgues et angiospermes),
- la macrofaune benthique,
- et les poissons.

Les paramètres à renseigner concernent l'abondance et la composition spécifique des peuplements ainsi que la biomasse pour le phytoplancton uniquement. En soutien à ces éléments de qualité biologique, un suivi

des paramètres hydro-morphologiques et physico-chimiques est prévu, mais l'hydromorphologie seule ne peut pas dégrader la masse d'eau au-delà de l'état Bon. La physicochimie, quant à elle, ne peut pas dégrader la masse d'eau au-delà de l'état Moyen (un diagnostic de la qualité physico-chimique Mauvais ou Médiocre conduit à classer en état Moyen l'état biologique d'une masse d'eau en état Bon ou Très bon).

Dans ce contexte, des travaux sont menés depuis 2010 par l'Ifremer, la Tour du Valat et l'Inrae, visant à évaluer la pertinence des indicateurs phytoplancton, macrophytes et macrofaune pour les lagunes oligohalines et mésohalines (salinité moyenne < 18 PSU) (Grillas & David 2010 ; Grillas et Derolez 2012 ; Provost *et al.* 2012 ; Sanchez & Grillas 2014 ; Derolez *et al*. 2014 ; Grillas *et al.* 2016 ; 2017 ; 2018 Grillas et al., 2020). Les résultats de ces travaux sont désormais intégrés dans l'arrêté du 9 octobre 2023 (NOR : TREL2325808A) [1].

2.2. Contenu des suivis 2023 et objectifs de ce rapport

Suite aux campagnes de 2006, 2009, 2012, 2015, 2017, 2019 et 2021 une campagne d'évaluation de l'état des masses d'eau côtières et de transition de la façade méditerranéenne a été réalisée en 2023 dans le cadre du programme de surveillance DCE. Ce rapport rend compte des suivis réalisés en 2023 sur 7 masses d'eau lagunaires oligo- et mésohalines du bassin Rhône-Méditerranée et Corse répondant aux objectifs suivants :

- Réaliser un suivi estival en 2023 de la physico-chimie de l'eau et du phytoplancton sur les 7 masses d'eau oligo-mésohalines du suivi DCE.
- Évaluer sur ces 7 masses d'eau l'état DCE de ces compartiments pour la période 2018-2023.

Les diagnostics pour les nutriments et le phytoplancton ont été faits selon les grilles spécifiques aux lagunes oligo- et mésohalines (Arrêté, 9 octobre 2023, NOR : TREL2325808A)

[1] Arrêté modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des article R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement

3. Matériels et Méthodes

3.1. Lagunes suivies

Les neuf lagunes concernées par le projet sont les lagunes oligo-halines : Campignol, La Grand Palun (La Palissade), Crey et Scamandre, et les lagunes méso-halines : Charnier, Bolmon, Bagnas, Marette et Vendres) du littoral français méditerranéen continental (Figure 2).



Figure 2. Localisation des lagunes oligo-mésohalines de la façade méditerranéenne.

Le Tableau 1 liste, pour chacune des 7 masses d'eau et des 9 lagunes concernées, les stations de suivi hydrologique diagnostiquées pour l'état physico-chimique de la colonne d'eau et du phytoplancton.

Les diagnostics DCE de la colonne d'eau et du phytoplancton pour chaque masse d'eau sont établis à partir d'une seule station hydrologique (7 stations DCE au total). Des stations complémentaires ont été établies dans chaque masse d'eau depuis 2013 (Grillas et al. 2020) (Tableau 1). Les résultats des suivis hydrologiques obtenus sur les stations « complémentaires » sont disponibles en Annexe 1 et sont mentionnés en commentaires des résultats.

Les diagnostics de l'état DCE des compartiments colonne d'eau et phytoplancton sont effectués à partir de données acquises sur une période de 6 années consécutives, durée des plans de gestion DCE. Dans le cadre de cette évaluation, la période concernée correspond aux étés 2019 à 2023. Outre les données acquises dans le cadre de cette étude lors de l'été 2023, les diagnostics s'appuient ainsi sur les données des suivis estivaux des lagunes en 2019 et 2021 (Grillas et al., 2020, Boutron et al., 2022).

Tableau 1. Stations suivies en 2023 dans les masses d'eau lagunaires méditerranéennes oligo et mésohalines. Les stations de références pour la DCE et utilisées pour le classement DCE sont indiquées en caractères gras, les autres stations sont suivies à titre complémentaire et n'interviennent pas dans le classement DCE. Seulement deux prélèvements ont été effectués sur la lagune du Bagnas et aucun sur la lagune du Charnier.

Masse d'eau DCE	Lagunes	Dates des prélevements et mesures terrain	Station	X	Y	Première année de suivi
FRDT05b	Campignol	21/06/2023 24/07/2023 01/09/2023	**CAM**	503756	4772323	2013
			CAM1	503590	4772048	2013
			CAM2	503829	4771951	2013
			CAM3	503550	4771590	2013
			CAM5	503985	4771564	2013
FRDT08	Vendres	21/06/2023 24/07/2023 01/09/2023	VDR11	518029	4789344	2013
			VDR2	518792	4787251	2013
			VDR6	518618	4788036	2013
			VDR9	518097	4789552	2013
FRDT09	Bagnas	07/07/2023 08/08/2023	BAN1	541776	4796381	2013
			BAN4	542229	4796595	2013
			BAN5	541880	4797154	2013
			BAN6	542295	4787448	2013
FRDT13e	Marette	22/06/2023 21/07/2023 22/09/2023	MARN	594729	4824088	2003
			MARN2	594997	4824088	2013
			MARS	594687	4823239	2003
			MARS5	594978	4823299	2013
FRDT13h	Scamandre	14/06/2023 19/07/2023 24/08/2023	SC1	609705	4831926	2013
			SC2	608630	4829951	2013
			SC3	609441	4830878	2013
			SC4	610393	4830500	2013
	Charnier	-	CH1	605836	4829558	2013
			CH2	605114	4831128	2013
			CH3	603656	4830296	2013
			CH4	604238	4829748	2013
	Crey	14/06/2023 19/07/2023 24/08/2023	CR1	606840	4831015	2013
			CR2	607217	4831933	2013
			CR3	606168	4832097	2013
FRDT14c	Grand Palun	13/06/2023 11/07/2023 10/08/2023	GP1	646052	4802054	2013
			GP2	646812	4801815	2013
			GP3	646840	4801338	2013
			GP4	646741	4801449	2009
			GP5	647325	4801318	2013
FRDT15c	Bolmon	13/06/2023 11/07/2023 24/08/2023	BOL1	674675	4807809	2013
			BOL2	676498	4809035	2009
			BOL3	677434	4809883	2013

3.2. Conditions hydroclimatiques

Les cumuls des précipitations sont donnés pour les années hydrologiques 2010-2011 (du 1er septembre 2010 au 31 août 2011) à 2022-2023 (du 1er septembre 2022 au 31 août 2023) au niveau des six stations Météo suivantes (https://meteo.data.gouv.fr/) : Narbonne, Béziers, Marseillan, Aigues-Mortes, Nîmes-Garons, et Marseille-Marignane ainsi que la station Météo-France Arles-Tour du Valat. A noter que par rapport aux précédents suivis (Grillas et al., 2020, Boutron *et al.* 2022), les données de la station du Grau du Roi ont été remplacées par la station Aigues-Mortes et les données de la station Agde par la station Marseillan, qui sont plus complètes sur l'ensemble de la période observée. La station Béziers a également été ajoutée pour représenter la zone de l'étang de Vendres, situé entre Narbonne et Marseillan. A titre de comparaison, les normales ajustées des cumuls annuels de précipitations sont calculées sur 10 années hydrologiques de 2010-2011 à 2022-2023.

3.3. Compartiments « colonne d'eau » et « phytoplancton »

3.3.1. Protocoles de prélèvements et d'analyses

Les suivis de la colonne d'eau et du phytoplancton ont été effectués selon les protocoles décrits dans Baehr *et al*. 2013 et Derolez *et al*. 2015 (Encadré 1). Les prélèvements sont effectués de façon mensuelle en juin, juillet et août. Les prélèvements d'eau se font à mi-profondeur pour toutes les stations.

Les analyses statistiques réalisées sur les données acquises de 2001 à 2012 dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire et de la DCE ont permis de confirmer que les suivis estivaux sont suffisants pour mettre en évidence des trajectoires d'évolution de l'état des lagunes vis-à-vis de l'eutrophisation, principale perturbation de l'état biologique des lagunes (Derolez *et al*., 2013). Ces travaux ont également mis à jour les paramètres clés pour le diagnostic de l'état biologique de la colonne d'eau et du phytoplancton : les variables azote total (NT), phosphore total (PT), et chlorophylle *a*, paramètres intégrateurs de l'eutrophisation, et les variables azote inorganique dissout (NID, qui regroupe les nitrites, les nitrates et l'ammonium) et orthophosphates (PO_4^{3-}), indicatrices de pollutions ponctuelles ou d'apports récents. Des paramètres physico-chimiques d'appui ont été mesurés afin de compléter l'interprétation des données : matières en suspension, température, salinité, conductivité, oxygène dissous, turbidité, transparence. Ces paramètres sont complétés par les abondances de picophytoplancton (taille < 3 µm) et de nanophytoplancton (> 3 µm), pour qualifier l'état de la colonne d'eau et du phytoplancton au regard de la DCE.

A ces mesures ont été ajoutées :

- La transparence de l'eau mesurée comme la profondeur de Secchi (disque de Secchi, diamètre 20cm) ;
- La turbidité (AquaFluor Fluorimètre/Turbidimètre) ;
- Les matières en suspension minérales, afin d'identifier la part respective des matières en suspension résultant de la présence dans la colonne d'eau de matière organiques (essentiellement le phytoplancton) et de la remise en suspension du sédiment (minérales).

Pour chaque masse d'eau, les diagnostics sont établis à partir de l'ensemble des stations DCE. Pour la masse d'eau Scamandre/Charnier/Crey (FRDT13h) le diagnostic a également été réalisé pour chacun des plans d'eau. Pour la Marette (FRDT13e), le diagnostic a été établi pour la masse d'eau, et séparément pour ses parties Nord et Sud.

Encadré 1. Méthodes pour la mesure de la colonne d'eau et du phytoplancton
Un flacon d'eau de contenance 1L a été prélevé à chaque station pour les analyses d'eau.

Les mesures physico-chimiques réalisées sur le terrain sont les suivantes :

- Température (ºC) (Conductimètre WWT 315i)
- Profondeur (règle graduée en cm)
- Salinité/Conductivité (Conductimètre WWT 315i)
- % Saturation en oxygène
- Concentration en oxygène (mg/l)
- Transparence de l'eau (Secchi, diamètre 20cm)

- Turbidité (AquaFluor Fluorimètre/Turbidimètre)

De retour au laboratoire, un échantillon de 25ml d'eau a été prélevé et congelé pour l'analyse ultérieure de l'azote et du phosphore total. Le reste de l'eau prélevée a été utilisé pour effectuer deux filtrations. Entre 10 et 200 ml ont été filtrés sur un filtre GFF de diamètre 25 mm et le filtre congelé pour la détermination ultérieure de la charge en chlorophylle a au laboratoire. Entre 50 et 1000 ml ont été filtrés avec un filtre GFF de diamètre 47 mm et le filtre séché à l'étuve (pendant au moins 12h à 60°C) et stocké au sec pour la détermination ultérieure de la matière en suspension (MES). Les filtrations ont été effectuées par l'organisme préleveur (Tour du Valat).

Pour la détermination des sels nutritifs (nitrates, nitrites, phosphate, ammonium, etc) 60ml du filtrat (sur filtre GFF) ont été récupérés pour son analyse ultérieure.

A la fin de la campagne de prélèvements, tous les sous-échantillons et filtres ont été expédiés au laboratoire de l'Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO) de Marseille pour la détermination des concentrations en nutriments dans l'eau (nitrites, nitrates, ammonium, phosphates, azote total et phosphore total) (µM/L), de chlorophylle a et phéopigments (µg/L) et de la matière en suspension (MES) (mg/L). Les MES organiques et minérales ont également été distinguées.

Un échantillon d'eau (1ml) a été récupéré et fixé avec 50µl de formol 40% (filtré à 0.2 µm) dans un tube NUNC, qui a ensuite été congelé, d'abord dans l'azote liquide à -196ºC, puis stocké à -80ºC. La détermination de la biomasse phytoplanctonique (chlorophylle a) et de l'abondance (densités de nanophytoplancton et de picophytoplancton) sont déterminées par le laboratoire MARBEC à Montpellier.

Les données sur la qualité de l'eau ont été récoltées lors de trois sessions de terrain entre juin et septembre 2023 (Tableau 1). Seulement deux passages ont été réalisés sur le Bagnas et aucun passage n'a pu être réalisé sur le Charnier, par une impossibilité d'accès au site (interdiction d'accès de la part du propriétaire).

Les prélèvements ont été réalisés par la Tour du Valat avec un soutien des structures de gestion des lagunes. Les analyses de nutriments dans les eaux ont été réalisées par le laboratoire MIO de l'Université de Marseille. Les analyses de chlorophylle-a et d'abondance de pico- et nano-phytoplancton ont été réalisées par l'Université de Montpellier.

Les données ont été saisies dans la base Quadrige² et accessibles à tous *via* le site web Surval (https://envlit.ifremer.fr/resultats/acces_aux_donnees/presentation, Programme « RSLHYD : Réseau de Suivi des Lagunes méditerranéennes Hydrologie et phytoplancton »).

3.3.2. Evaluation des états DCE

Le diagnostic de l'état des 7 masses d'eau, intégrant l'état physico-chimique de la colonne d'eau et l'état du phytoplancton est établi selon les critères et les grilles DCE préconisés dans l'arrêté ministériel « relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface » (Arrêté, 9 octobre 2023, NOR : TREL2325808A) et dans le « Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales dans le cadre de la DCE » (Arrêté, 9 octobre 2023, NOR : TREL2325808A). Ce sont des grilles spécifiques aux lagunes oligo-mésohalines.

a) Etat physico-chimique DCE du compartiment « colonne d'eau »

Le diagnostic de l'état physico-chimique de la colonne d'eau des masses d'eau lagunaires oligo-mésohalines est établi à partir de la grille (Arrêté, 9 octobre 2023, NOR : TREL2325808A), en considérant les 4 paramètres : NT, PT, NID et PO_4^{3-}.

Pour chaque paramètre, une agrégation temporelle des données est réalisée, puis une agrégation des 4 paramètres est effectuée pour obtenir l'état physico-chimique de la masse d'eau :

- **Agrégation temporelle :** afin de prendre en compte la variabilité interannuelle des paramètres physico-chimiques, une agrégation temporelle des données est effectuée. La donnée prise en compte pour chacun des paramètres correspond à la valeur du percentile 90 (P90) calculé à partir des valeurs moyennes de chaque mois, sur une période de 6 étés consécutifs (durée des plans de gestion DCE). Dans le cadre de cette évaluation, l'agrégation temporelle des données porte sur la période 2018 à 2023.

- **Agrégation des paramètres :** l'état physico-chimique de la masse d'eau est obtenu en sélectionnant la note la plus déclassante des 4 paramètres de la grille. Dans le cadre des évaluations DCE, l'état physico-chimique des masses d'eau est évalué en tant que « paramètre de soutien » aux éléments de qualité biologique.

Pour les évaluations DCE, seuls les seuils « Très bon », « Bon » et « Moyen » sont à définir. Les seuils des états « Médiocre » et « Mauvais » sont cependant utilisés dans ce rapport, car ils permettent de mettre en évidence l'effet des mesures mises en place pour les masses d'eau les plus dégradées, et ainsi de mesurer de façon précoce les évolutions de l'état des lagunes.

Les grilles de diagnostic ci-dessous ont été utilisées (Tableau 2) (Arrêté, 9 octobre 2023, NOR : TREL2325808A).

Tableau 2. Grille de diagnostic de l'état physico-chimique des masses d'eau oligo- et mésohalines.

Paramètre	Unité	Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
NID	µmol/L		2		6		10		20	
NT	µmol/L		70		95		115		170	
PO_4^{3-}	µmol/L		0,3		1		1,5		4	
PT	µmol/L		2,5		3,5		4,5		7	

b) Etat DCE du compartiment « phytoplancton »

En tant qu'élément de qualité de l'état biologique DCE, le compartiment « phytoplancton » est suivi selon deux métriques, « biomasse » et « abondance » (Tableau 3):

- **Biomasse phytoplanctonique** (concentration de chlorophylle *a* en µg/L),

- **Abondance phytoplanctonique** (nombre de 10^6 cellules/L) :
  - Densité de nanophytoplancton (> 3 µm),
  - Densité de picophytoplancton (< 3 µm).

Tableau 3. Grille de diagnostic de l'état du phytoplancton pour des lagunes oligo- et mésohalines.

Paramètre		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais	Référence
Abondance (nb cell./L (x10^6))	picophyto		20		50		100		500		15
	nanophyto		4		10		20		100		3
Biomasse ([Chla] en µg/L)			9		15		27		51		6
		Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais	
EQR_A abondance	picophyto		0,75		0,30		0,15		0,03		
	nanophyto		0,75		0,30		0,15		0,03		
EQR_B biomasse			0,67		0,40		0,22		0,12		
EQR_{PHY}			**0,71**		**0,35**		**0,19**		**0,07**		

Pour chaque paramètre, une agrégation temporelle des données est réalisée. La valeur de chaque métrique est transformée en valeur d'EQR, puis une agrégation des paramètres est effectuée pour obtenir l'état du phytoplancton de la masse d'eau :

- **Agrégation temporelle :** afin de prendre en compte la variabilité interannuelle des paramètres physico-chimiques, une agrégation temporelle des données est effectuée. La donnée prise en compte pour chacun des paramètres correspond à la valeur du percentile 90 calculé à partir des valeurs moyennes de chaque mois, sur une période de 6 étés consécutifs (durée des plans de gestion DCE). Dans le cadre de cette évaluation, l'agrégation temporelle des données porte sur la période 2018 à 2023 ;

- **Transformation en EQR :** la valeur de chaque métrique est rapportée à la valeur de référence, définie à partir des données obtenues sur trois lagunes peu soumises à des pressions anthropiques. L'EQR obtenu prend alors des valeurs comprises entre 0 (état dégradé) et 1 (état de référence).

- **Agrégation des paramètres :**
    - la métrique d'abondance (EQR_A) est obtenue en retenant le minimum des EQR des densités de nanophytoplancton et de picophytoplancton ;

    - l'état du compartiment « phytoplancton » (EQR_{PHY}) est obtenu en retenant la moyenne des métriques « abondance » (EQR_A) et « biomasse » (EQR_B) (Tableau 3).

3.3.3. Intervalles de confiance des indicateurs des états DCE et analyse des tendances

Les intervalles de confiance des états DCE des compartiments « eau » et « phytoplancton » ont été calculés suivant l'approche statistique réalisée dans le cadre du projet OBSLAG (Derolez *et al.* 2017). Les indicateurs n'étant pas fondés sur des moyennes mais sur des percentiles 90 des valeurs estivales, les intervalles de confiance ont été calculés avec la méthode statistique du bootstrap non paramétrique. Cette méthode s'appuie sur le fait de pouvoir, en ré-échantillonnant parmi les données, estimer les caractéristiques du phénomène aléatoire qui a engendré ces données (Efron, 1995).

4. Conditions hydroclimatiques

Pour l'ensemble des stations suivies, la zone de Agde/Marseillan apparaît comme ayant le cumul de précipitations annuelles moyen le plus faible sur les cycles de 2010-2011 à 2022-2023 (Tableau 4). Pour l'ensemble des stations et sur la période de 2010 à 2023, l'année présentant les cumuls les plus forts est 2014-2015 et les cumuls les plus faibles en 2015-2016 (Tableau 4). Les cumuls des précipitations annuelles pendant le cycle hydrologique 2022-2023 sont systématiquement en dessous de la moyenne (cycles 2010 - 2011 à 2022 – 2023), en particulier pour Narbonne (-265 mm) et Béziers (-187 mm) (Tableau 4). D'une manière générale, les précipitations ont essentiellement lieu à l'automne et au printemps, ce qui est caractéristique du climat méditerranéen, sauf pour les cycles hydrologiques de 2020-2021 et 2022-2023 à la station de Narbonne où les précipitations sont restées faibles toute l'année (Figure 3).

Tableau 4 Précipitations annuelles sur la période 2010 - 2011 à 2022 – 2023, échelle de couleur par station, du plus clair (forte pluviométrie) au plus foncé (faible pluviométrie). Source : www.meteo.data.gouv.fr.

Précipitations annuelles (mm) 2010-2023	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023	Moyenne
Narbonne	695,0	453,0	524,0	411,0	698,0	261,0	542,0	787,0	493,0	706,0	355,9	719,4	266,3	531,7
Béziers	543,9	405,2	534,2	350,1	740,5	299,2	568,5	739,3	447,3	678,3	288,4	423,9	298,7	486,0
Agde/Marseillan	531,6	504,0	439,0	391,0	541,0	285,0	355,0	488,0	448,0	388,0	248,0	364,5	330,5	408,7
Le Grau du Roi/Aigues-Mortes	826,0	682,0	656,0	616,0	839,0	268,0	459,0	642,7	382,5	439,8	247,9	490,7	416,8	535,9
Nîmes-Garrons	789,0	456,0	622,0	560,0	965,0	438,0	591,0	622,0	492,0	627,0	490,0	587,0	594,9	602,6
Arles	491,0	499,0	390,0	560,0	856,0	414,0	435,0	505,0	541,0	476,0	368,3	394,2	348,7	482,9
Marseille-Marignane	529,0	401,0	551,0	621,0	670,0	317,0	488,0	467,0	550,0	754,0	488,5	410,6	402,5	511,5

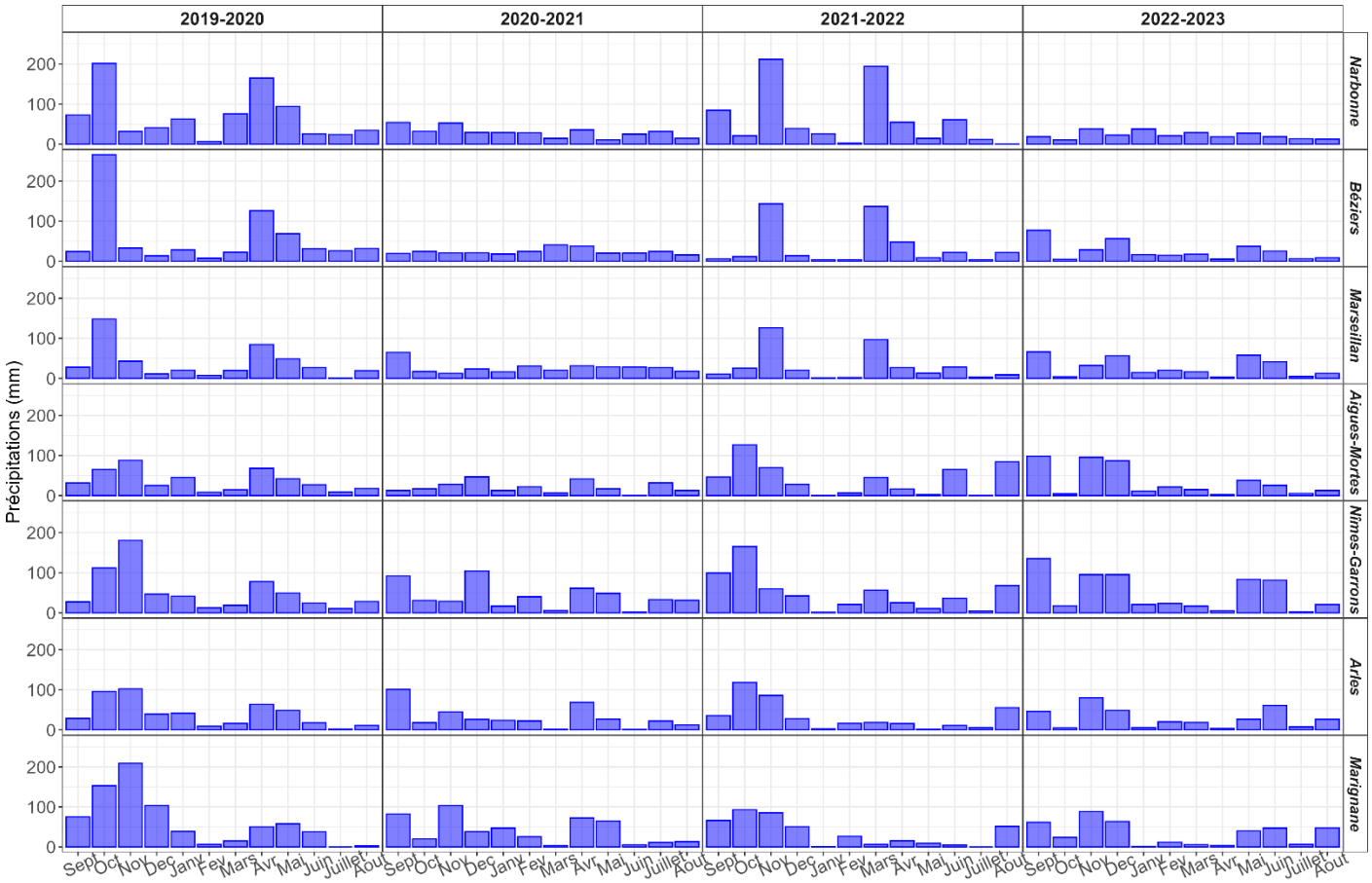

Figure 3 Précipitations mensuelles pendant les cycles hydrologiques 2020 - 2021, 2021 – 2022 et 2022 – 2023 pour les six stations de mesure. Source : www.meteo.data.gouv.fr

5. Résultats : Bilan de la campagne DCE 2023 pour les lagunes oligo et mésohalines

Dans cette section sont synthétisés dans des fiches par masse d'eau les états d'eutrophisation au regard des critères de la DCE pour les lagunes oligo et mésohalines. Ces résultats ne concernent que les points de référence DCE pour les compartiments « colonne d'eau » et « phytoplancton ». L'ensemble des résultats de ces deux compartiments, par point et pour chacune des masses d'eau (voir Tableau 1), est détaillé dans les annexes. Sur la période 2018-2023, l'ensemble des masses d'eau suivies n'atteint pas l'objectif de « bon » état fixé par la DCE (Tableau 5). Par rapport à la précédente évaluation, la qualité d'une masse d'eau (Grand Palun) s'est améliorée de « mauvais » à « moyen ». Pour la lagune de Campignol exclusivement, le paramètre phytoplancton s'est amélioré de « médiocre » à « moyen » sur cette même période.

Tableau 5 Synthèse des évaluations depuis 2019 pour la DCE de l'état physico-chimique de la colonne d'eau et l'état du phytoplancton pour les 7 masses d'eau oligo- et mésohalines soumises aux grilles pour les « Lagunes oligo et mésohalines ».

Grilles pour les lagunes oligo-mésohalines								
Masse d'eau (code)	Nom de la masse d'eau	Etat physico-chimique	Etat du phytoplancton	Etat physico-chimique	Etat du phytoplancton	Etat physico-chimique	Etat du phytoplancton
		2014-2019		2016-2021		2018-2023	
FRDT05b-1	Campignol						
FRDT08-1	Vendres						
FRDT09-1	Bagnas						
FRDT13e-1	Marette						
FRDT13h-1	Crey-Charnier-Scamandre						
FRDT14c-1	Grand Palun						
FRDT15c-1	Bolmon						

Campignol FRDT05b

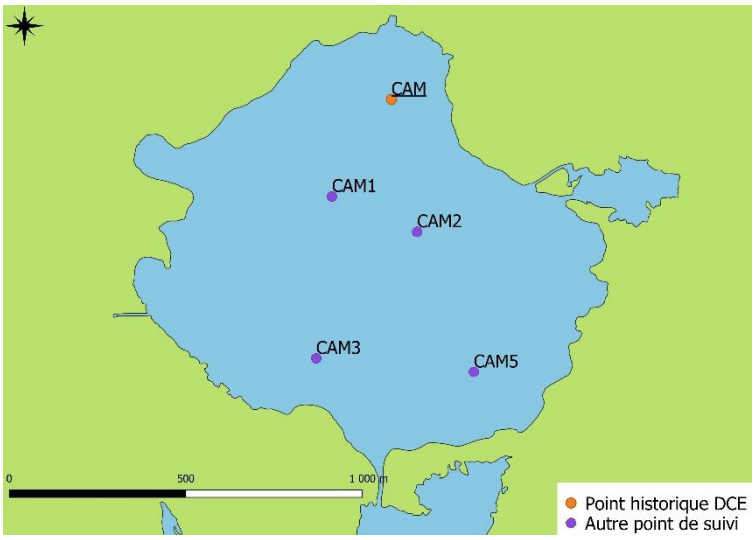

Figure A.4. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) de Campignol, la station de suivi DCE est soulignée (CAM).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang de Campignol est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station DCE « CAM » (en orange Figure A.1) située au nord. Quatre stations supplémentaires (en violet Figure A.1) sont étudiées depuis 2013 dans le cadre de l'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB) /Ifremer /Tour du Valat/UM2).*

Tout comme en 2021, l'état physico-chimique de la colonne d'eau sur la période 2018-2023 est qualifié de « mauvais » au regard de la grille pour les lagunes oligo et mésohalines (Tableau A.1). Le critère le plus déclassant reste l'azote inorganique dissous (NID) bien qu'une amélioration de l'azote totale (NT) soit constatée. Concernant le phytoplancton, l'état s'est amélioré de « médiocre » à « moyen » selon la grille pour les lagunes oligo et mésohalines (Tableau A.2) et le critère le plus déclassant reste l'abondance.

Tableau A.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2023 pour Campignol soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	23,72	[23,26 – 24,18]
PO_4^{3-}	0,77	[0,762 – 0,775]
NT	85,32	[84,77 – 85,87]
PT	5,50	[5,47 – 5,53]
Etat physico-chimique		

Tableau A.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour Campignol soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,454	[0,450 – 0,458]
Abondance	0,113	[0,112 – 0,115]
Phytoplancton	0,284	[0,249 – 0,254]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, après une année 2021 particulièrement dégradée pour les paramètres physico-chimiques de l'azote inorganique dissous et total (NID, NT) ainsi que le phosphore total (PT), les concentrations mesurées en 2023 pour ces métriques se situent au-dessus du seuil « bon »/« moyen » (Figure A.2A). Pour le phosphate (PO_4^{3-}), les concentrations restent relativement comparables aux précédents suivis (Figure A.2A).

Pour le phytoplancton, le paramètre biomasse se maintient au seuil « bon » également mais une augmentation de l'abondance en nano-phytoplancton dépassant le seuil « médiocre », maintient l'état dégradé en 2023 (Figure A.2B et C).

Il est à noter qu'au sein de la chronique 2018-2023, les niveaux mesurés en NID pour 2023 sont les plus faibles relevés. Les années 2021 et 2023 présentent des pluviométries faibles et des résultats des suivis antagonistes pour les paramètres NID, NT et PT. Les précipitations seules ne pouvant expliquer la charge en nutriment au cours de l'été, la présence du canal de drainage de la Réunion situé au nord de la station de mesure de référence (CAM), apparait comme un facteur environnemental supplémentaire à prendre en compte. Les mesures de NID réalisées sur les autres stations complémentaires, situées plus au sud de la lagune (CAM1, CAM2, CAM3, CAM5) indiquent des concentrations plus faibles (Annexes 1, tableau A.1).

Les sédiments, stockant les nutriments issus des phases d'eutrophisation historiques, ont également un rôle clef sur la rémanence des nutriments dans la colonne d'eau. Pour cette lagune l'état des sédiments était de moyen pour le NT et le PT en 2010 (Guillemot et al., 2021). L'étude en cours sur les Flux Admissibles dans Campignol devrait apporter davantage d'éléments quantifiés expliquant cette dynamique.

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « Campignol » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau et le phytoplancton.

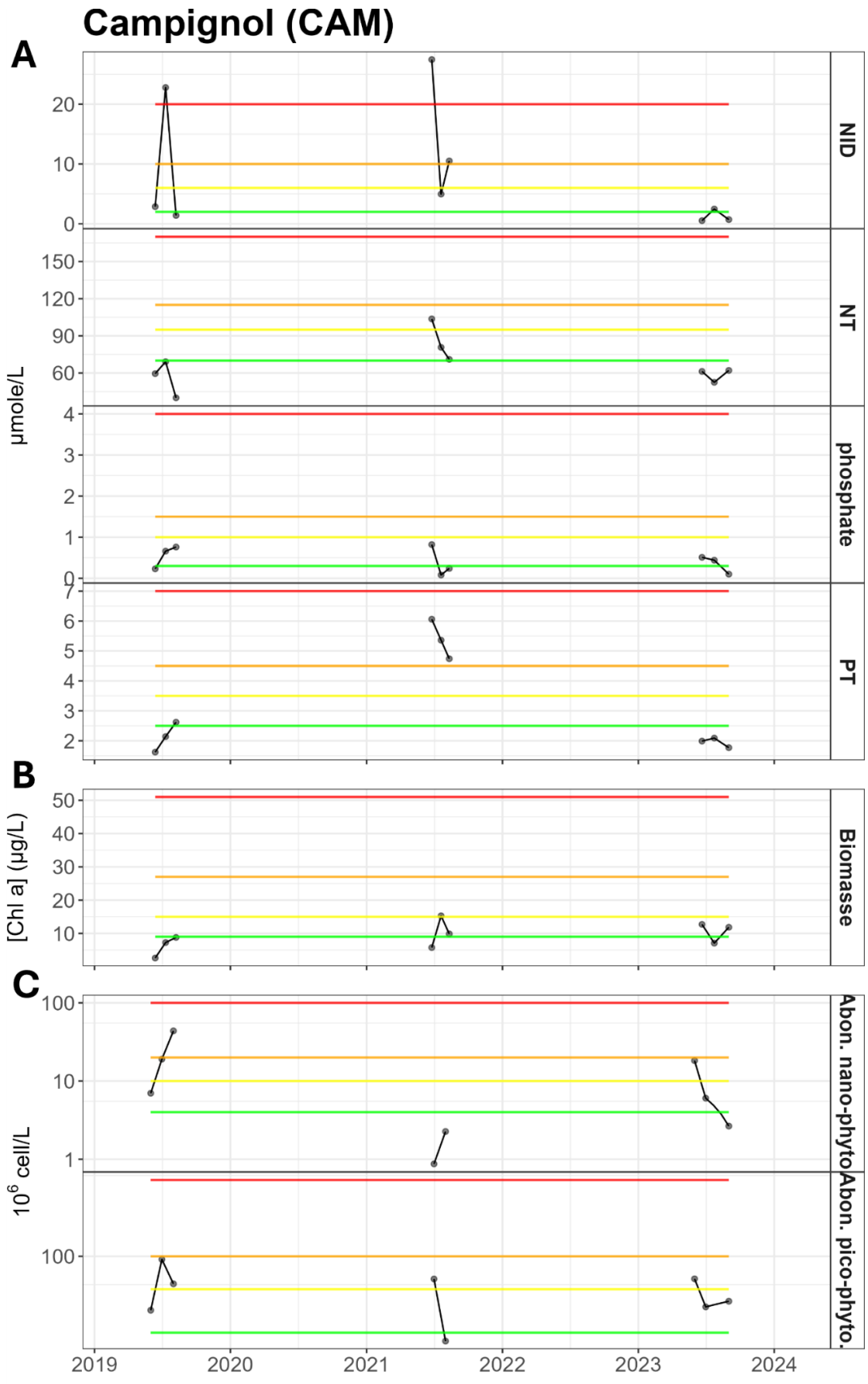

Figure A.2. (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 à Campignol

Vendres FRDT08

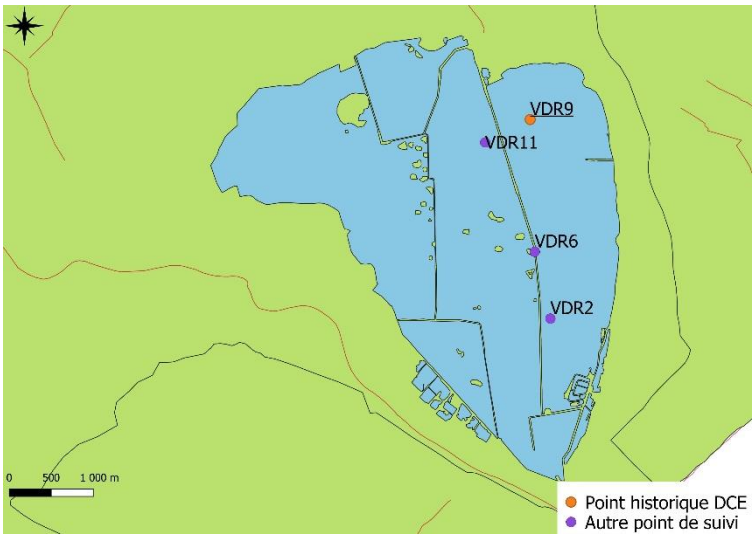

Figure B.1. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) de Vendres, la station de suivi DCE est soulignée (VDR9).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton de l'étang de Vendres est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station « VDR9 » (en orange Figure B.1), située au nord. Trois stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 (en violet sur la Figure B.1) dans le cadre du projet d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB)/Ifremer /Tour du Valat/UM2)*.

L'état physico-chimique de la colonne d'eau et l'état du phytoplancton sont qualifiés de « mauvais » au regard de la grille DCE pour les lagunes oligo et mésohalines sur la période 2018-2023 (Tableau B.1 et B.2). Il n'y a pas d'amélioration des paramètres mesurés entre 2021 et 2023. Les critères les plus déclassants dans la colonne d'eau sont identiques à 2021, à savoir l'azote inorganique dissous (NID), l'azote total (NT) et le phosphore total (PT). Pour le phytoplancton, qu'il s'agisse de la biomasse ou de la densité, les deux paramètres sont en mauvais état.

Tableau B.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2023 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	90,85	[87,59 – 94,10]
PO_4^{3-}	1,89	[1,70 – 2,07]
NT	196,46	[193,54 – 199,38]
PT	11,89	[11,78 – 12,00]
Etat physico-chimique		

Tableau B.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,116	[0,114 – 0,118]
Abondance	0,003	[0,002 – 0,004]
Phytoplancton	0,059	[0,058 – 0,060]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, les concentrations en azote inorganique dissous et total (NID, NT) demeurent très élevées en 2023 sans atteindre les concentrations maximales mesurées en 2019 (Figure B.2A). Les concentrations en phosphate (PO_4^{3-}) affichent des niveaux « bon » et « très bon » en 2021 et en 2023 après un net pic en 2019 (Figure B.2A). Le phosphore total (PT) affiche en 2023 pour la première fois sur cette période, trois valeurs estivales en dessous du seuil « médiocre » (Figure B.2A).

La biomasse de chlorophylle-a qui présentait une tendance à la diminution entre 2017 et 2021 dépasse une nouvelle fois le seuil « mauvais » lors du suivi de juillet 2023. Sur cette période, des pics se produisent systématiquement au mois de juillet (Figure B.3B). Les abondances de nano- et pico-phytoplancton ne suivent pas la même dynamique, sauf pour le suivi estival de 2023 où un pic est également visible au mois de juillet (Figure B.3C).

Les faibles cumuls de pluie printaniers enregistrés par la station Béziers sur les années des suivis 2021 et 2023 ont probablement réduit l'apport de nutriments issus du bassin versant au sein de la lagune. Néanmoins, l'occurrence de deux années « sèches » (38% de déficit de précipitations par rapport à la moyenne de 2010-2011 à 2022-2023) diminue le renouvellement de la masse d'eau et participe à la concentration de nutriments dans la colonne d'eau. La présence d'un canal des eaux de l'Aude (canal de la Matte) peut également jouer sur la charge en nutriments et soutenir l'hyper-productivité au sein de la masse d'eau. L'arrivée de ce canal se situe sur la partie nord de la lagune, proche de la station VDR9 utilisée comme référence pour la DCE et la station VDR11. Une analyse statistique des mesures physico-chimiques de l'eau a montré un contraste important entre le nord et le sud pour la salinité, la biomasse de phytoplancton et les concentrations d'ammonium (Grillas et al 2019). Les mesures effectuées sur les autres stations du suivi complémentaire (VDR11, VDR6, VDR2), présentent en moyenne des niveaux plus faibles pour les paramètres PO_4^{3-} (Annexes 1 Tableau B.1) et le phytoplancton (Annexes 1 Tableau B.2).

Un autre facteur pouvant soutenir l'eutrophisation est la remobilisation de nutriments stockés dans les sédiments. Le dernier suivi de la qualité des sédiments de cette masse d'eau date de 2002 et indique un état « mauvais » vis-à-vis des paramètres NT et PT (Guillemot et al 2021, ADENA 2019).

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « Vendres » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques et le phytoplancton.

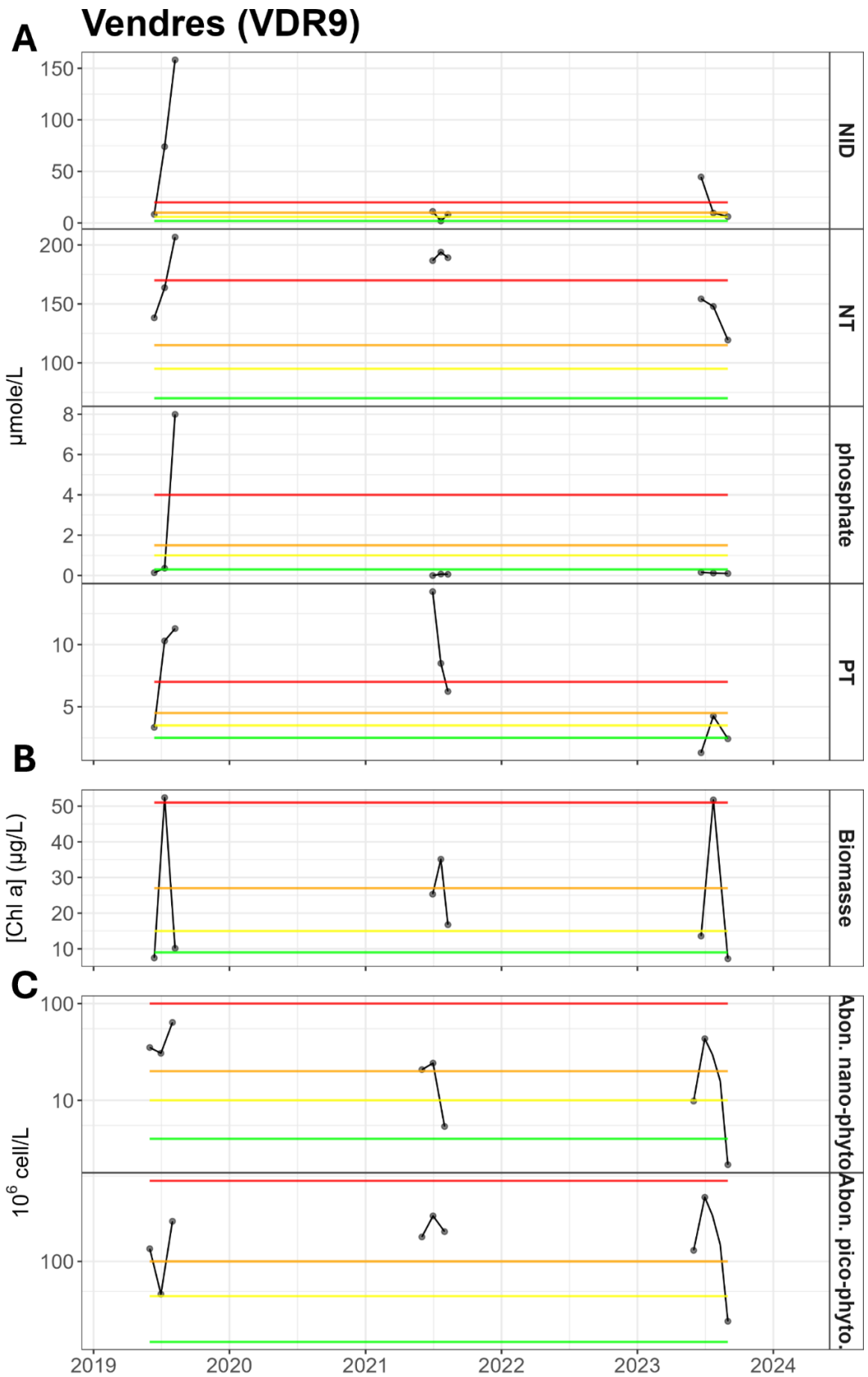

Figure B.2. (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 à Vendres.

Physicochimie 2023

Phytoplancton 2023

Bagnas FRDT09

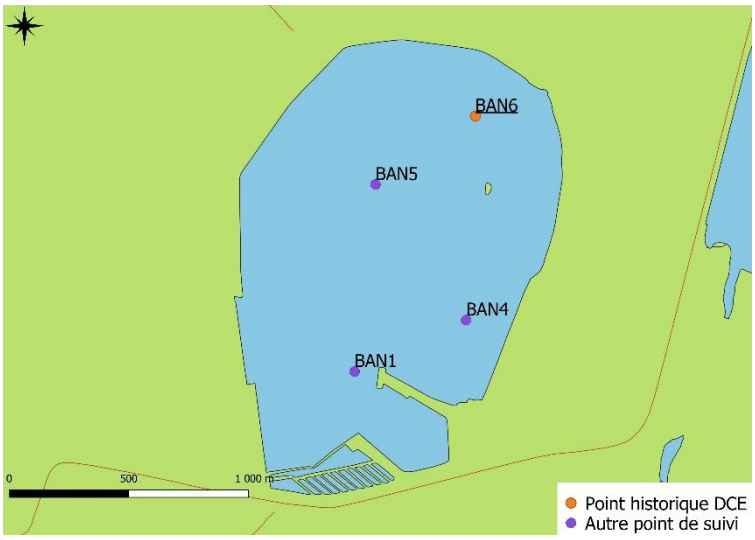

Figure C.1. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) sur l'étang du Bagnas, la station de suivi DCE est soulignée (BAN6).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang du Bagnas est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station DCE « BAN6 » (en orange Figure C.1) située au nord. Trois stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 (en violet sur la Figure C.1) dans le cadre du projet d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB)/Ifremer /Tour du Valat/UM2).*

L'état de la colonne d'eau et le phytoplancton est qualifié de « mauvais » au regard de la grille DCE pour les lagunes oligo et mésohalines sur la période 2018-2023 (Tableaux C.1 et C.2). Pour la physico-chimie dans la colonne d'eau, aucune évolution des critères n'est constatée, les plus déclassants restant l'azote total (NT) et le phosphore total (PT). Pour le phytoplancton, le critère abondance est repassé de « médiocre » à « mauvais » par rapport à la précédente évaluation (période 2016-2021) et le critère biomasse demeure « mauvais ».

Tableau C.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2023 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=8).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	4,36	[4,28 – 4,43]
PO_4^{3-}	2,318	[2,388 – 2,248]
NT	325,73	[324,90 – 326,55]
PT	12,85	[12,72 – 12,95]
Etat physico-chimique		

Tableau C.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=8).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,091	[0,089 – 0,093]
Abondance	0,027	[0,021 – 0,032]
Phytoplancton	0,059	[0,056 – 0,062]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, l'ensemble des paramètres physico-chimiques (NID, NT, PT, PO_4^{3-}) présente une tendance à la diminution (Figure C.2A) et les paramètres du phytoplancton (Biomasse et Abondance), montrent une forte variabilité inter-mensuelle qui masque les tendances (Figure C.2B et C).

Il est à noter que sur l'ensemble de la chronique, l'année 2023 présente les plus faibles concentrations en NT et PT. Les faibles cumuls de pluie printaniers enregistrés par la station Marseillan sur les années des suivis 2021 et 2023 ont probablement réduit l'apport de nutriments issus du bassin versant au sein de la lagune. Néanmoins, l'occurrence de deux années « sèches » (40% de déficit de précipitations par rapport à la moyenne de 2010-2011 à 2022-2023) diminue le renouvellement de la masse d'eau et contribue à la concentration de nutriments dans la colonne d'eau. La présence du canal du Midi sur la partie sud de l'étang conditionne également la charge en nutriments que reçoit la masse d'eau (66% des apports annuels, Guillemot et al 2021).

La charge en nutriments des sédiments, dont l'état en 2002 était de « médiocre » et « mauvais » pour les paramètres NT et PT respectivement peut également jouer sur la rémanence de ces fortes concentrations en NT et PT au sein de la masse d'eau (Guillemot et al 2021, ADENA 2019). Une réévaluation de l'état des sédiments et une meilleure quantification des apports directs et indirects à la lagune apparaissent nécessaires pour mieux comprendre sa dynamique future vis-à-vis de son eutrophisation.

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « Bagnas » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques et le phytoplancton.

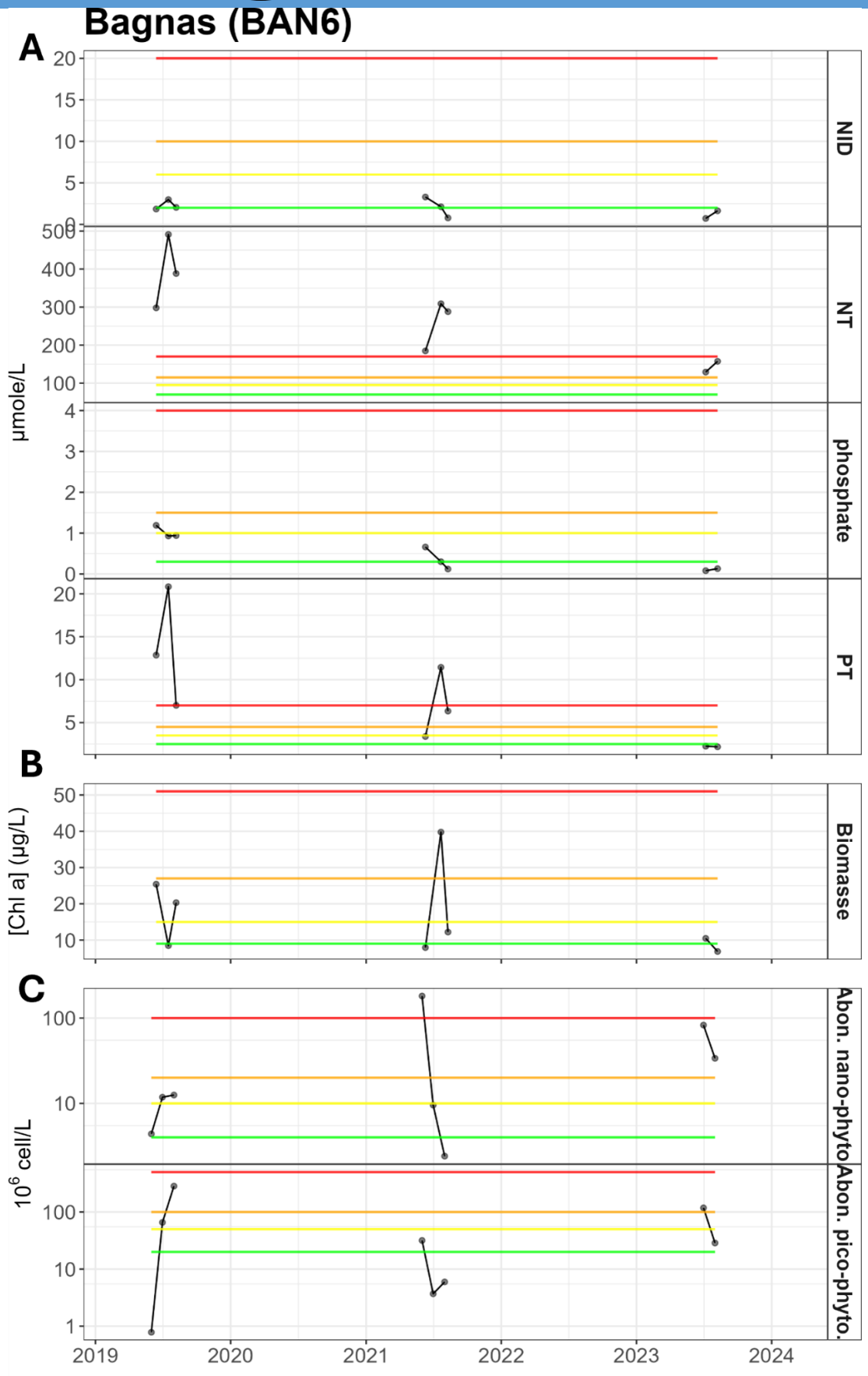

Figure C.2. (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 au Bagnas.

Physicochimie 2023

Phytoplancton 2023

Marette FRDT13e

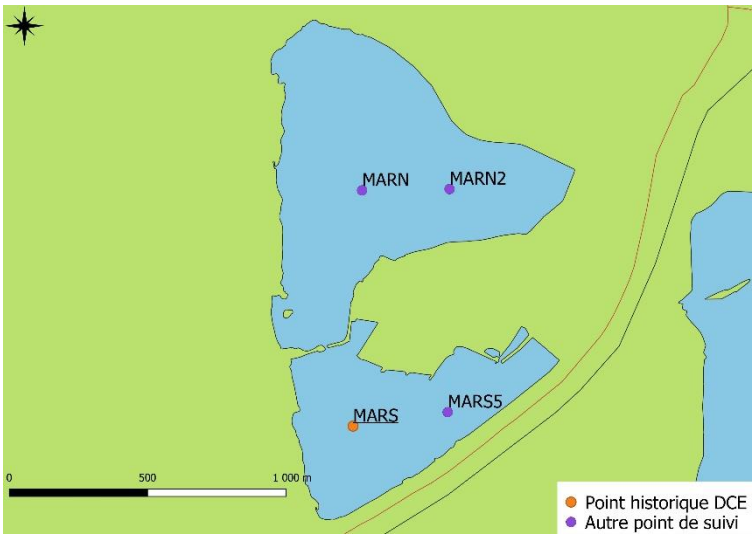

Figure D.1. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) de la Marette Nord et Sud, la station de suivi DCE est soulignée (MARS).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang de la Marette est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station « MARS » (en orange Figure D.1) située au sud. Trois stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 (en violet sur la Figure D.1) dans le cadre du projet en cours d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB) /Ifremer /Tour du Valat/UM2)*.

L'état de la colonne d'eau est « mauvais » pour la physico-chimie et le phytoplancton au regard de la grille DCE pour les lagunes oligo-et mésohalines sur la période 2018-2023 (Tableaux D1 et D2). Sur cette période une dégradation des paramètres azote inorganique dissous (NID) de « bon » à « moyen » et Biomasse de « médiocre » à « mauvais » est constatée.

Tableau D.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	8,37	[8,32 – 8,42]
PO_4^{3-}	0,716	[0,709 – 0,722]
NT	224,11	[221,90 – 226,32]
PT	14,26	[14,09 – 14,44]
Etat physico-chimique		

Tableau D.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,075	[0,072 – 0,078]
Abondance	0,007	[0,006 – 0,008]
Phytoplancton	0,041	[0,040 – 0,043]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, les paramètres les plus déclassants demeurent l'azote total (NT) et le phosphore total (PT). Néanmoins, le paramètre azote inorganique dissous (NID) qui présentait une tendance à la diminution depuis 2013 (Grillas et al. 2019) est de nouveau dans un état « mauvais » en août 2023 (Figure D.2A). Pour le phosphate (PO_4^{3-}), les concentrations restent relativement comparables sur l'ensemble de la période, indiquant une faible disponibilité dans la colonne d'eau (Figure D.2A).

Les paramètres biomasse et abondance présentent une tendance à l'augmentation et affichent les plus hauts niveaux atteints en août 2023 (Figure D.2B et C).

Le lien entre les paramètres physico-chimiques et ceux fixant l'état du phytoplancton indique un milieu fortement eutrophisé avec la mise en place d'un bloom phytoplanctonique au cours de l'été 2023, visible également dans la partie nord de la lagune (Annexes 1 Figure D). La présence des massifs de cascails témoigne que cette eutrophisation n'est pas récente (Guillemot et al 2021) mais ce dernier suivi confirme une tendance à la dégradation.

La faible pluviométrie enregistrée par la station Aigues-mortes sur l'année 2022-2023 (22% de déficit par rapport à la moyenne de 2010-2011 à 2022-2023) ne permet pas de valider l'hypothèse d'un transfert significatif de nutriments dans la lagune par les eaux de ruissellement. La masse d'eau est alimentée au niveau de sa partie centrale principalement par le canal du Rhône à Sète et le chenal maritime, tous deux vecteurs d'apports d'origine urbaine et agricole (Guillemot et al 2021). Les mesures réalisées sur les autres stations du suivi complémentaire (MARN, MARN2 et MARS5), présentent de fortes concentrations en NID (Annexes 1 Tableau D.1) mais les autres paramètres physico-chimiques (NT, PT, PO_4^{3-}) et ceux du phytoplancton (Biomasse et Abondance) sont équivalents (Annexes 1 Tableau D.1 et D.2).

La présence de sédiments chargés en nutriments peut également soutenir l'eutrophisation du milieu. En 2007, l'état du stock en NT dans les sédiments était considéré comme « mauvais » avec une tendance stable entre 2004 et 2007 et pour le PT comme « médiocre » avec une tendance à la dégradation sur la même période (Guillemot et al 2021). Une réévaluation de l'état des sédiments et une quantification des apports directs et indirects à la lagune apparaissent nécessaires pour mieux comprendre sa dynamique future vis-à-vis de son eutrophisation.

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « Marette » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques et le phytoplancton.

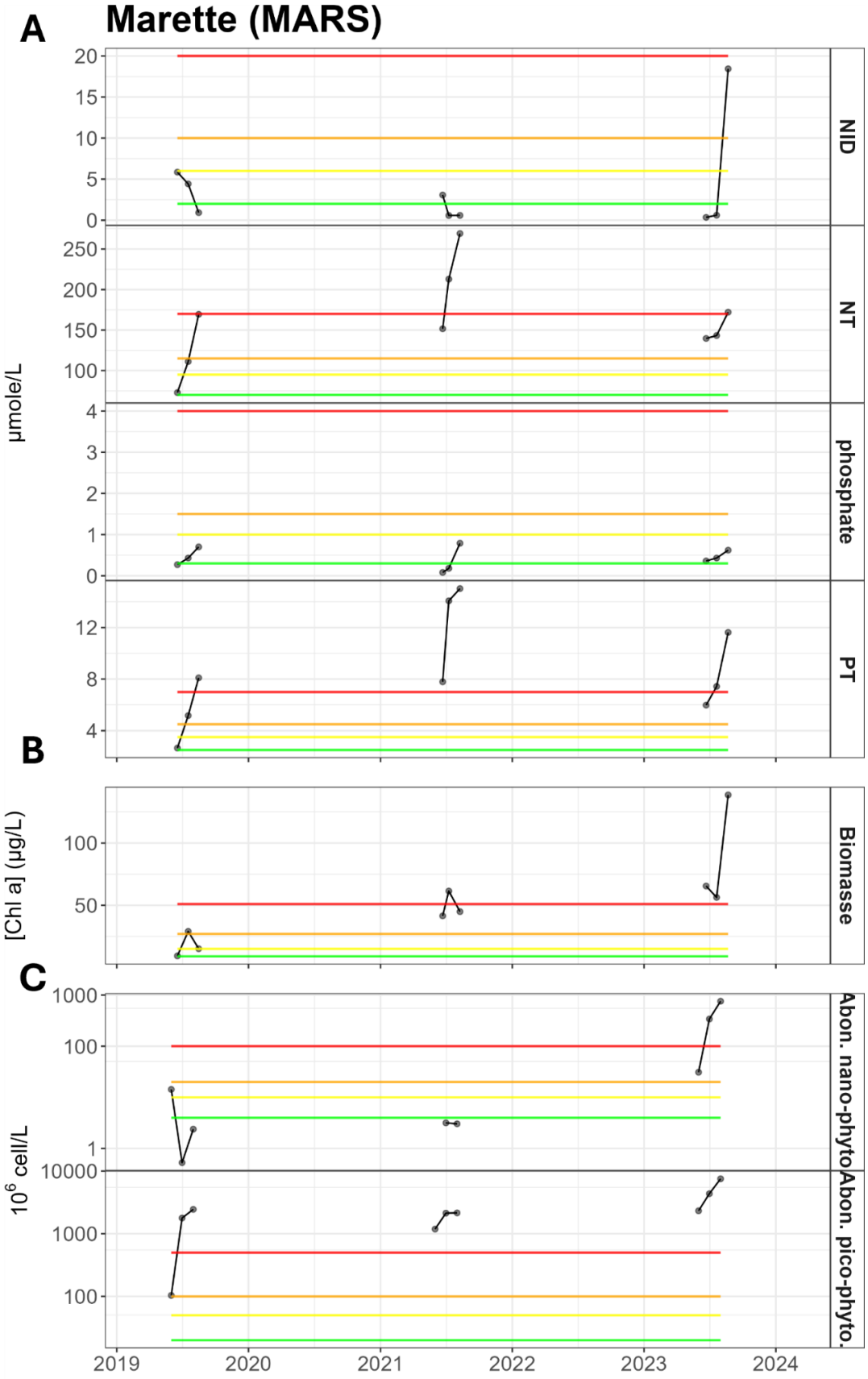

Figure D.2. (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 sur la Marette.

Physicochimie 2023

Phytoplancton 2023

Charnier / Crey / Scamandre FRDT13h

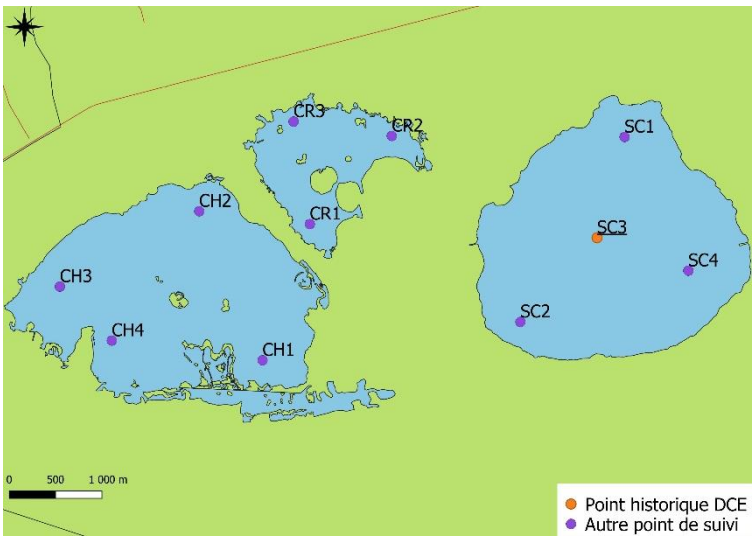

Figure E.1. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) pour l'ensemble Charnier/Crey/Scamandre, la station de suivi DCE est soulignée (SC3).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour la masse d'eau Charnier/Crey/Scamandre est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station « SC3 » (en orange Figure E.1) située au centre de l'étang de Scamandre. Dix stations supplémentaires réparties sur les 3 étangs sont étudiées depuis 2013 (en violet Figure E.1) dans le cadre du projet en cours d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB) /Ifremer /Tour du Valat/UM2)*.

L'état physico-chimique de la colonne d'eau comme celui du phytoplancton est « mauvais » au regard des grilles DCE pour les lagunes oligo et mésohalines sur la période 2018-2023 (Tableaux E.1 et E.2).
Une amélioration du paramètre phosphore total (PT) est constatée entre 2021 et 2023, qui passe de « mauvais » à « médiocre ». Aucune amélioration n'est constatée pour les trois autres paramètres fixant les caractéristiques physico-chimiques et ceux du phytoplancton.

Tableau E.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	6,76	[6,72 – 6,80]
PO_4^{3-}	0,421	[0,411 – 0,431]
NT	237,10	[236,50 – 237,70]
PT	6,52	[6,49 – 6,56]
Etat physico-chimique		

Tableau E.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,087	[0,085 – 0,088]
Abondance	0,022	[0,021 – 0,023]
Phytoplancton	0,054	[0,053 – 0,055]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, les concentrations demeurent trop élevées pour l'azote inorganique (NID), l'azote total (NT) et le phosphore total (PT) (Figure E.2A). Une forte variabilité inter-mensuelle et annuelle de l'ensemble des paramètres physico-chimiques (NID, NT, PT, PO_4^{3-}), ne permet pas d'identifier des tendances significatives sur la période 2018-2023.

En 2023, une augmentation de la biomasse est observée avec un dépassement du seuil « mauvais » pour les concentrations en chlorophylle-a (Figure E.2B). Pour l'abondance, la tendance à la diminution constatée au précédent suivi (2021) se confirme pour le pico-phytoplancton sur la période 2018-2023 (Figure E.2C).

Les trois étangs, regroupés en une seule masse d'eau dans le cadre de la DCE, présentaient des différences en termes de caractéristiques physico-chimiques (NID et PO_4^{3-}) au cours des suivis à partir de la station de référence « SC3 » localisée dans l'étang du Scamandre (Annexes 1 Tableaux E.3, E.4, E.5, E.6) et suivent la même dynamique temporelle pour la biomasse et l'abondance (Annexes 1 Figure précédents (Grillas et al. 2020). Une analyse propre à chaque étang et en considérant l'ensemble des points échantillonnés est présentée en annexe. Pour les étangs du Crey et le Charnier les résultats sont proches de ceux obtenus E).

Faisant partie des masses d'eau suivies les plus confinées, les apports de nutriments se font par le ruissellement du bassin versant fortement agricole et via un réseau de canaux alimenté par le Petit Rhône et le canal du Rhône à Sète (Guillemot et al 2021). La présence de sédiments fortement dégradés est également probable mais l'évaluation du stock sédimentaire de NT et PT n'a pas encore été réalisée. Une estimation de ce stock sédimentaire ainsi que les flux d'eau et de nutriments apportés à cette masse d'eau permettrait d'améliorer la compréhension de son eutrophisation et de soutenir l'étude spécifique en cours sur les flux admissibles.

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « Scamandre/Crey/Charnier » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques et le phytoplancton.

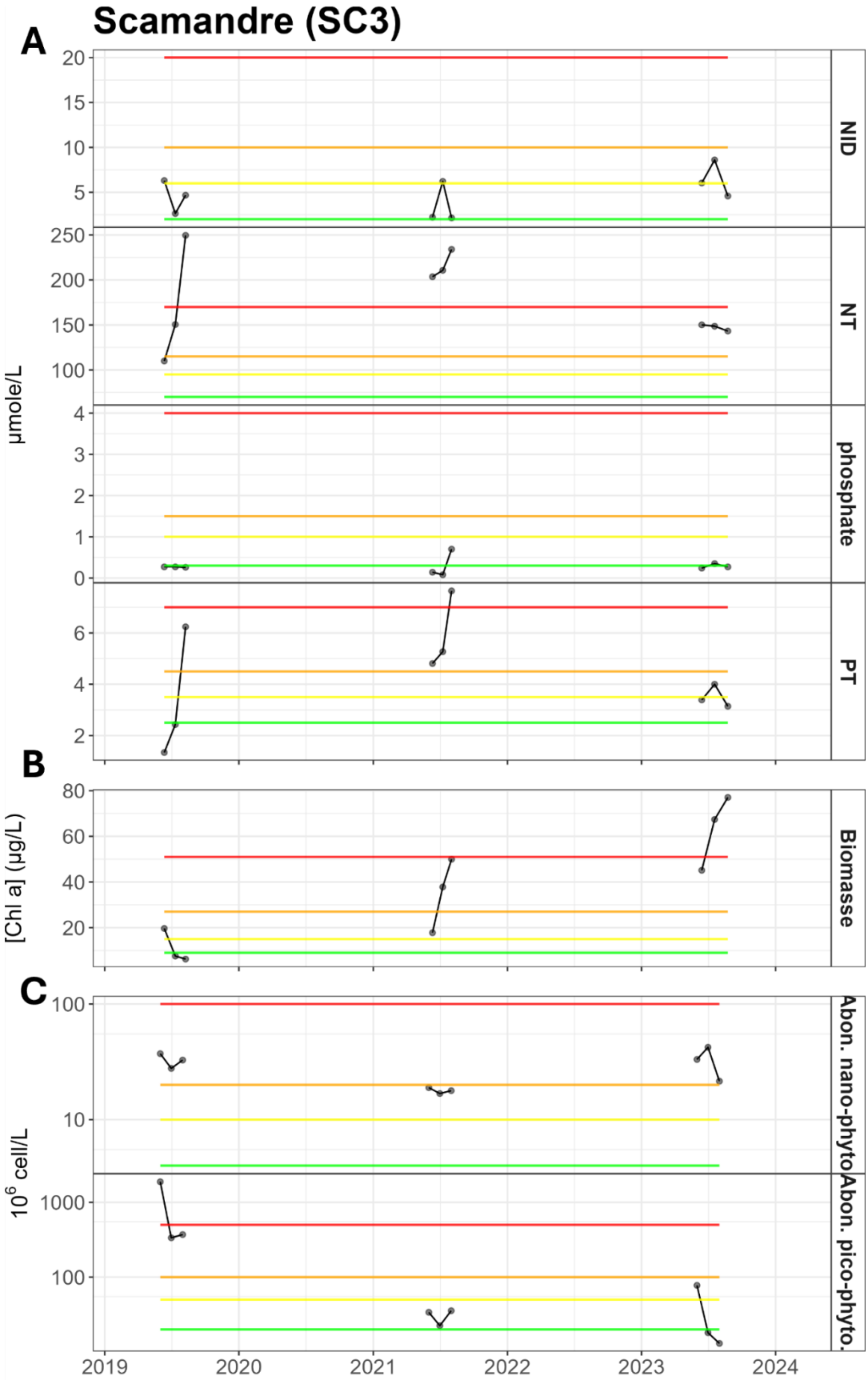

Figure E.2. (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 au Scamandre.

Physicochimie 2023

Phytoplancton 2023

La Palissade FRDT14c

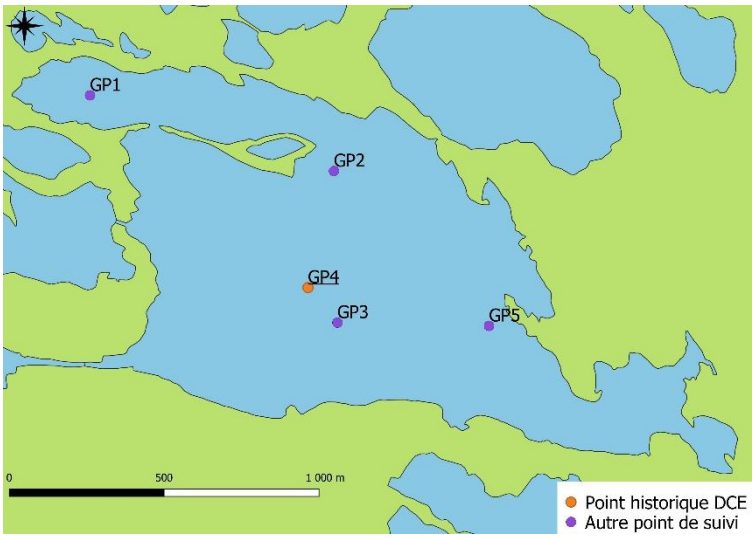

Figure F.1. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) pour la Grand Palun, la station de suivi DCE est soulignée (GP4).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang de la Grand Palun à La Palissade est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station « GP4 » (en orange Figure F.1) située au centre de la masse d'eau. Quatre stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 (en violet Figure F.1) dans le cadre du projet en cours d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB) /Ifremer /Tour du Valat/UM2)*.

L'état de la colonne d'eau est « moyen » et celui du phytoplancton « bon » au regard des grilles DCE pour les lagunes oligo et mésohalines sur la période 2018-2023 (Tableaux F.1 et F.2). L'amélioration du paramètre azote inorganique dissous (NID) de « mauvais » à « moyen » permet à la masse d'eau de gagner 2 classes de qualité sur la physico-chimie en passant de « mauvais » à « moyen » par rapport à la précédente évaluation (période 2016-2021). Le paramètre Biomasse est passé de « très bon » à « moyen » entre 2021 et 2023 sans déclasser l'état du phytoplancton.

Tableau F.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	9,64	[9,26 – 10,02]
PO_4^{3-}	0,198	[0,196 – 0,199]
NT	39,55	[38,68 – 40,42]
PT	3,28	[3,25 – 3,31]
Etat physico-chimique		

Tableau F.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9)

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,398	[0,378 – 0,418]
Abondance	0,559	[0,549 – 0,569]
Phytoplancton	0,479	[0,467 – 0,490]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, le critère physico-chimique le plus dégradant demeure le NID qui présente un pic en juillet 2023, déclassant l'état de la colonne d'eau en « moyen » (Figure F.2A). Le reste des paramètres physico-chimiques (NT, PT et PO_4^{3-}) n'affiche pas de tendances significatives sur l'ensemble du suivi et demeure entre « bon » et « très bon » avec un pic « moyen » en 2021 pour le phosphore total (PT) seulement (Figure F.2A).

Les paramètres biomasse et abondance n'indiquent pas de tendance sur cette période mais un pic de nano phytoplancton est visible en juillet 2023 également (Figure F.2C), qui peut suggérer un épisode de bloom phytoplanctonique à cette période. La turbidité souvent forte de cet étang (faible profondeur et vent fréquent), limite la lumière disponible pour les macrophytes et contribue probablement à des concentrations ponctuellement encore élevées de phytoplancton.

L'état physico-chimique peut être influencé par l'apport des eaux du Rhône via le canal de la Pêcherie (Guillemot et al 2021). Les concentrations de NID mesurées à la station GP5, proche de l'arrivée du canal de la Pêcherie sont régulièrement entre 3 et 10 fois supérieures à celles mesurées sur les autres stations complémentaires (GP1, GP2, GP3) et la station de référence (GP4) (Annexes 1 Tableau F1).

L'évaluation de la qualité chimique des sédiments n'a été réalisée que pour le paramètre PT, jugé « très bon » en 2009 au regard des critères de la DCE. Cette lagune semble limitée par le phosphore qui se trouve rapidement consommé dans la colonne d'eau et apparaît comme la moins dégradée en termes d'eutrophisation.

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « La Palissade » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques mais répond aux exigences de la DCE pour le phytoplancton.

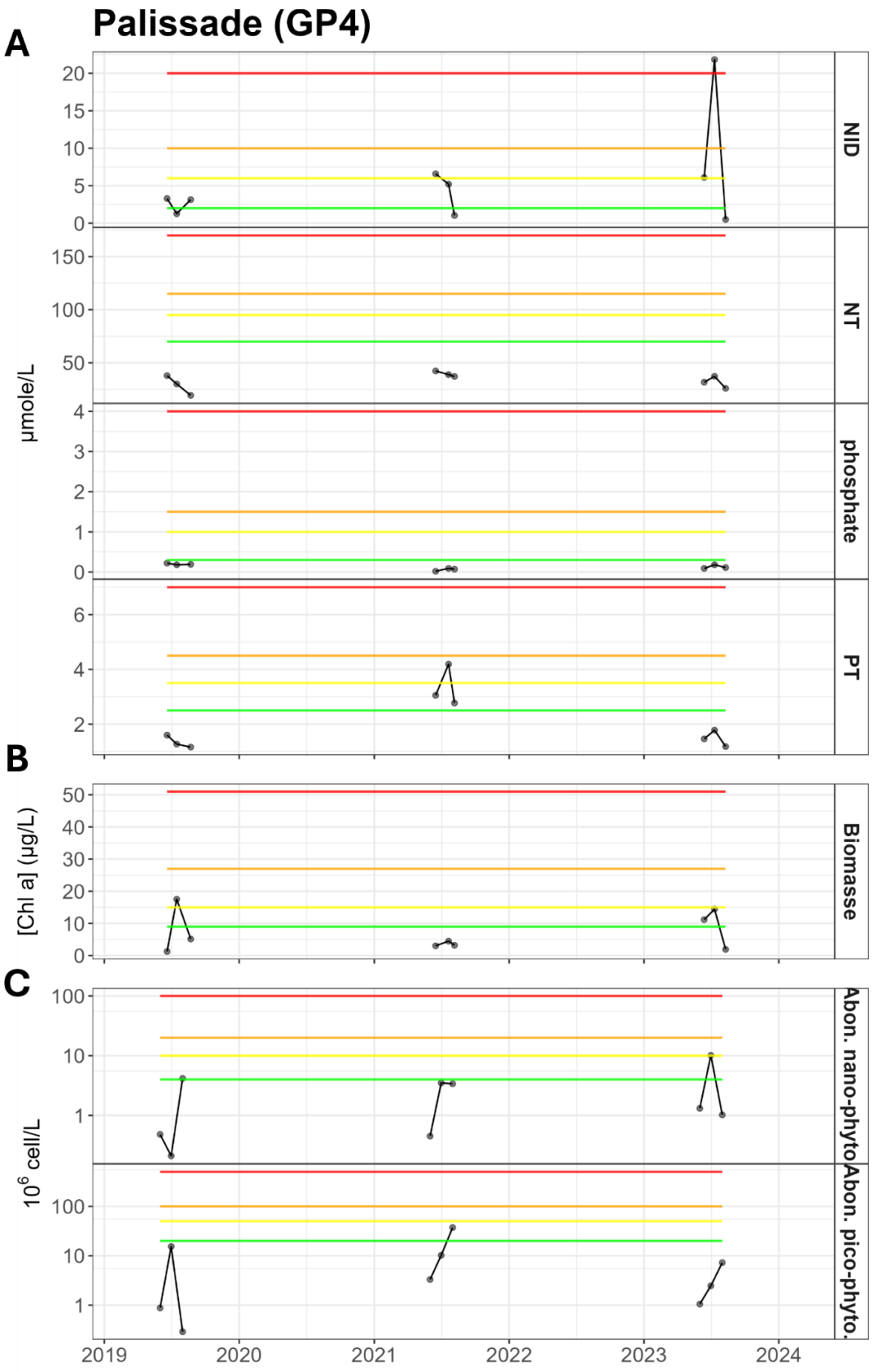

Figure F.2. (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 à la Palissade.

Physicochimie 2023

Phytoplancton 2023

Bolmon FRDT15-c1

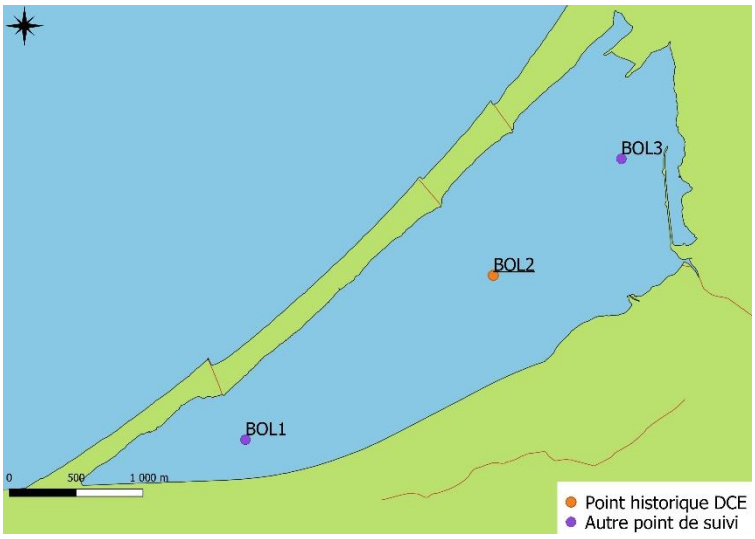

Figure G.1. Localisation des stations de mesure (physico-chimie et phytoplancton) pour le Bolmon, la station de suivi DCE est soulignée (BOL2).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang de Bolmon est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station « BOL2 » (en orange Figure G.1) située au centre. Deux stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 (en violet Figure G.1) dans le cadre du projet en cours d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines *(étude Onema (OFB) /Ifremer /Tour du Valat/UM2).*

L'état physico-chimique de la colonne d'eau comme celui du phytoplancton est « mauvais » au regard des grilles DCE pour les lagunes oligo et mésohalines sur la période 2018-2023 (Tableaux G.1 et G.2). Une amélioration du paramètre azote inorganique dissous (NID) de « mauvais » à « médiocre » est constaté par rapport à la précédente évaluation (période 2016-2021).

Tableau G.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	14,20	[12,93 – 15,48]
PO_4^{3-}	0,492	[0,488 – 0,496]
NT	204,52	[203,73 – 205,30]
PT	11,66	[11,63 – 11,68]
Etat physico-chimique		

Tableau G.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9)

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,059	[0,058 – 0,060]
Abondance	0,013	[0,012 – 0,014]
Phytoplancton	0,036	[0,035 – 0,037]

En complément, au sein de la période de 2018 à 2023, les concentrations mesurées en 2023 sont les plus faibles en azote total (NT) et phosphore total (PT) sur l'ensemble du suivi (Figure G.2A). De même pour le paramètre NID, qui après un pic de fortes concentrations mesurées en juillet 2021, présente un niveau « très bon » en 2023 (Figure G.2A).

L'état du phytoplancton demeure dégradé : les niveaux atteints en 2023 sont aussi élevés et dispersés que les précédents suivis, pour le paramètre biomasse (Figure G.2B) et tendent à augmenter pour les paramètres abondance (Figure G.2C).

L'état trophique de la lagune résulte des apports passés et actuels d'un bassin versant très urbanisé via les eaux de la Cadière (80% de ses apports d'eau, BIOTOPE 2009). Les concentrations mesurées sur les deux autres stations du suivi complémentaire (BOL1 et BOL3) sont également « mauvaises » pour les paramètres NT et PT (Annexes 1, Tableaux G.1) ainsi que la biomasse et l'abondance (Annexes 1, Tableaux G.2).

L'évaluation de la qualité chimique des sédiments n'a été réalisée que pour le paramètre PT, évalué « mauvais » en 2009 au regard des critères de la DCE. Cette masse d'eau combine une forte charge en nutriment dans la colonne d'eau et sédimentaire (PT) qui permet la dominance phytoplanctonique au détriment des communautés de macrophytes.

Sur la période 2018-2023, la masse d'eau « Bolmon » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques et le phytoplancton.

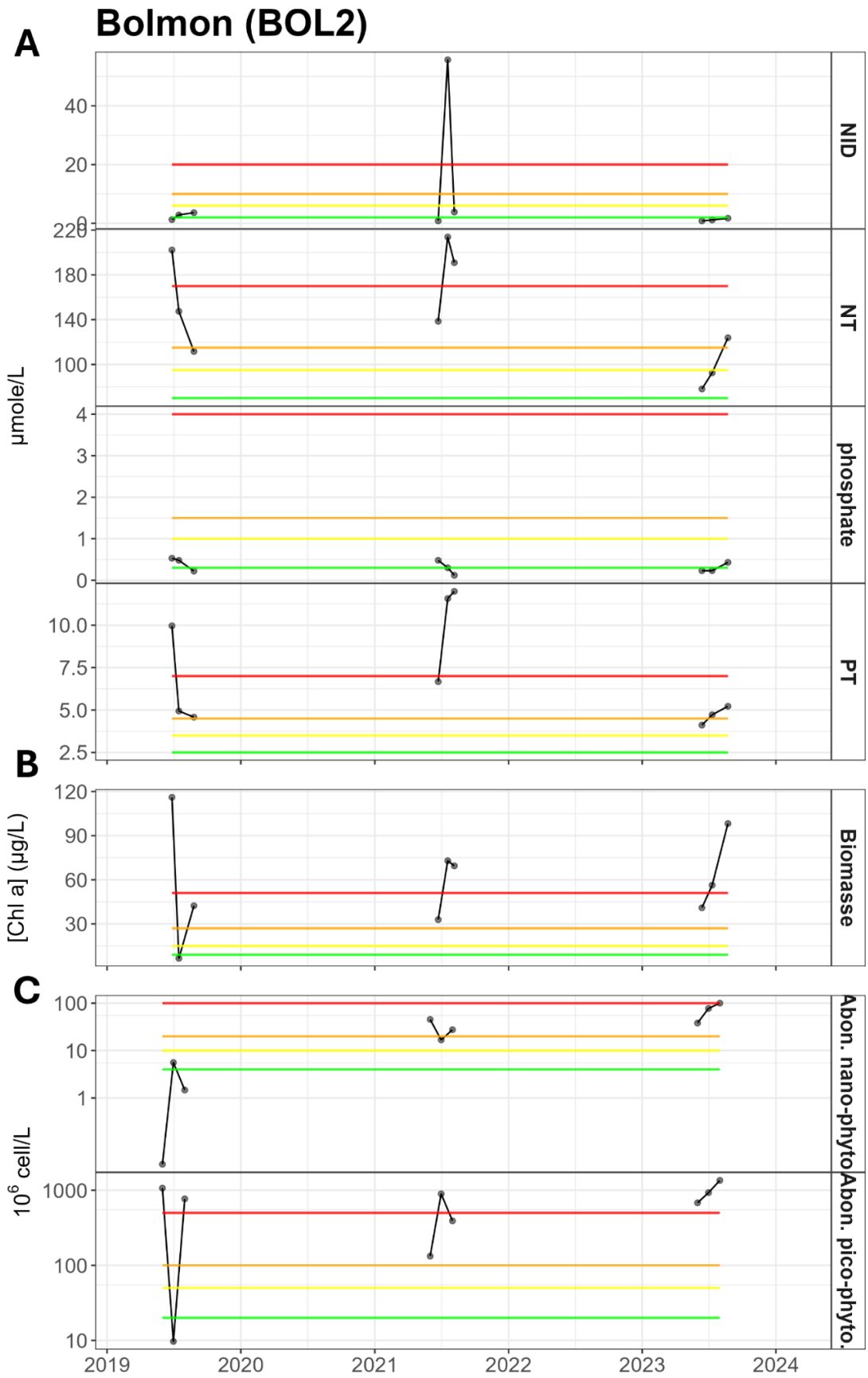

Figure G.5 . (A) Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) concentration en chlorophylle-*a* (µg/L), (C) abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 au Bolmon.

6. Bibliographie

ADENA 2019. Plan de gestion 2019-2029 - Réserve Naturelle Nationale du Bagnas - Site Natura 2000 Etang du Bagnas - Site du Conservatoire du Littoral - Zone humide du Bagnas, 182 pages.

Andral B., Orsoni V. 2007. Directive Cadre Eau - Mise en œuvre du Contrôle de surveillance - Résultats de la campagne 2006 - District Corse. 89p+ annexes.

Andral B., Derolez V. 2007. Directive Cadre Eau - Mise en œuvre du Contrôle de surveillance - Résultats de la campagne 2006 -District Rhône et côtiers méditerranéens. 110p+ annexes.

Andral B., Sargian P., Boissery P., Giraud A., Dutrieux E., Schvartz T., Thorin S., Bouchoucha M., Derolez V., Gonzalez J.L., Laugier T., Miralles F., Munaron D., Sargian P., Sartoretto S., Tomasino C., Amouroux J.-M., Labrune C., Markovic L., Thibaut T., 2010a. Directive Cadre Eau. Contrôles de surveillance/opérationnel. District « Rhône et côtiers méditerranéens ». Campagne DCE 2009. 129 p.

Andral B., Sargian P., Boissery P., Giraud A. Dutrieux E., Schvartz T., Thorin S. Andral B., Bouchoucha M., Derolez V.,Gonzalez J.L., Laugier T., Miralles F.,Munaron D., Sargian P., Sartoretto S., Tomasino C., Chery A., Lejeune P., Pelaprat C., Gobert S., Goffart A. Markovic L., Thibaut T., Blanfune A. , 2010b. Directive Cadre Eau. Directive Cadre Eau. Contrôles de surveillance/opérationnel. District « Corse ». Campagne DCE 2009. 99 p.

Baehr A., Derolez V., Fiandrino A., Le Fur I., Malet N., Messiaen G., Munaron D., Oheix J., Ouisse V., Roque d'Orbcastel E., Bec B., 2013. Bilan méthodologique de l'outil de diagnostic de l'eutrophisation RSL. Quatorze années de résultats en Région Languedoc-Roussillon. 279p

Boutron, O., Grillas, P., Hilaire, S., Fontès, H., Luna-Laurent, E., Bec, B., 2022. Campagne de surveillance 2021 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie, le phytoplancton et les macrophytes. Tour du Valat / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 73 pages.

Derolez V., Ouisse V., Fiandrino A., Munaron D., Bissery C., Kloareg M., 2013.Analyse statistique des données du RSL - Etude des trajectoires écologiques des lagunes entre 2001 et 2012. RST-LER/LR 13-06 . https://archimer.ifremer.fr/doc/00173/28423/ 41 p.

Derolez V., Bec B., Grillas P., Sanchez A.E., Raimbault P. 2014. Abondance et composition du phytoplancton sur les lagunes méditerranéennes oligo et mésohalines. https://archimer.ifremer.fr/doc/00357/46816/

Derolez V., Oheix J., Ouisse V., Munaron D., Fiandrino A., Messiaen G., Hubert-Renaud C., Lamoureux A., Malet N., Fortuné M., Berard L., Mortreux S., Guillou J.L. 2015. Suivi estival des lagunes méditerranéennes françaises. Bilan des résultats 2014. IFREMER. 86p., https://archimer.ifremer.fr/doc/00273/38461/.

Derolez V., Gimard A., Munaron D., Ouisse V., Messiaen G., Fortune M., Poirrier S., Mortreux S., Guillou J.-L., Brun M., Provost C., Hatey E., Bec B., Malet N., Fiandrino A. 2017. OBSLAG 2016 - volet eutrophisation. Etat DCE des lagunes méditerranéennes (eau et phytoplancton, période 2011-2016). Développement d'indicateurs de tendance et de variabilité. RST-LER/LR 17.10 . https://archimer.ifremer.fr/doc/00386/49744/

Derolez V., Bec B., Munaron D., Foucault E., Fiandrino A., Ouisse V., Messiaen G., Hatey E., Connes C., Soudant D., Brun M., Fortuné M., Mortreux S., Serais O., Crottier A., Malet N. 2019. OBSLAG 2018 - volet eutrophisation Lagunes méditerranéennes (période 2013-2018) Etat DCE de la colonne d'eau et du phytoplancton, tendance et variabilité des indicateurs. RST/LER/LR/19.12. https://archimer.ifremer.fr/doc/00507/61862/

Efron B., 1995. Le bootstrap et ses applications. C.I.S.I.A., Saint-Mandé, 217 p.

Grillas P. & David T., 2010. Etude pilote pour une évaluation de l'état des macrophytes des lagunes méditerranéennes oligo et mésohalines. Partenariat Onema/Ifremer. 62 p.

Grillas P. & Derolez V., 2012. Propositions d'indicateurs pour l'évaluation de l'élément de qualité macrophytes pour les lagunes oligohalines dans le cadre de la DCE. Partenariat Onema/Ifremer. 22 p.

Grillas P., Derolez V., Bec B., Ximenès M.C. & Giraud A., 2016. Adaptation des grilles DCE de qualité nutriments et phytoplancton (abondance et biomasse) pour les lagunes oligo et mésoalines - Rapport d'étape. http://archimer.ifremer.fr/doc/00357/46818/.

Grillas P., Sanchez A., Derolez V., Bec B., Ximenès M.C. & Giraud A., 2017. Adaptation des grilles DCE de qualité nutriments, du phytoplancton (abondance et biomasse) et des macrophytes pour les lagunes oligo et mésohalines. 62p.

Grillas P., Hilaire S., Fontès H. & Bec B, 2018. Campagne de surveillance 2017 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie, le phytoplancton et les macrophytes. Amélioration de l'indicateur macrophytes. Tour du Valat / Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 79 pages.Boutron, O., Grillas, P., Hilaire, S., Fontès, H., Luna-Laurent, E., Bec, B., 2022. Campagne de surveillance 2021 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico- chimie, le phytoplancton et les macrophytes. Tour du Valat / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.

Grillas, P., Hilaire, S., Fontès, H., Bec, B., Lefebvre, G., 2020. Campagne de surveillance 2019 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie et le phytoplancton 65.

Guillemot, S., Giraud, A., Astier-Cohu, K., Graille, C., Stroffek, S., Boissery., P., 2021. Etat des eaux lagunaires de Rhône-Méditerranée et de Corse.

Herlory, O., Briand, M.J., Bouchoucha, M., Dérolez, V., Munaron, D., Cimiterra, N., Tomasino, C., Gonzalez, J.-L., Giraud, A., Boissery, P., 2022. Directive Cadre sur l'Eau. Bassin Rhône Méditerranée Corse - Année 2021. Agence de l'Eau RMC / Ifremer.

MEDDE, 2015. Mise en œuvre de la directive-cadre sur l'eau - Pour un bon état des eaux en 2015. Ministère de l'Ecologie, du Développement durable, des transports et du Logement, Paris, 40p., http://sigesaqi.brgm.fr/IMG/pdf/brochure_dce.pdf

MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire) 2018a. Arrêté du 27 juillet 2018 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement, 76 p.

MTES (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire) 2018b. Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales dans le cadre de la DCE. 277 p. https://professionnels.afbiodiversite.fr/sites/default/files/pdf/estuaires/GuideREEEL-DCE-MTES2018.pdf

PE & CUE (Parlement Européen et Conseil de l'Union Européenne) 2013. Directive 2013/39/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 août 2013 modifiant les directives 2000/60/CE et 2008/105/CE en ce qui concerne les substances prioritaires pour la politique dans le domaine de l'eau.

Provost C., Gevrey M., Argillier C., 2012. La macrofaune benthique indicatrice de l'état des lagunes oligohalines méditerranéennes ? Partenariat Onema/Irstea. 37 p.

Sargian P., Andral B., Derolez V., 2013a. Réseaux de surveillance DCE –Campagne 2012 – District «Rhône et côtiers méditerranéens ». 132 p.

Sargian P., Andral B., Derolez V. et al. , 2013b. Réseaux de surveillance DCE –Campagne 2012 – District « Corse ». 109 p.

7. Liste des figures

Figure 1. Schéma d'évaluation de l'état des masses d'eau au titre de la Directive Cadre sur l'Eau (Derolez *et al*., 2015) 4
Figure 2. Localisation des lagunes oligo-mésohalines de la façade méditerranéenne. 6
Figure 3 Précipitations mensuelles pendant les cycles hydrologiques 2020 - 2021, 2021 – 2022 et 2022 – 2023 pour les six stations de mesure. Source : www.meteo.data.gouv.fr 12
Figure A.1. Localisation des stations de mesure de Campignol, la station de suivi DCE est soulignée (CAM). 14
Figure G.5 Concentrations en NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), en chlorophylle-*a* (µg/L), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023 au Bolmon. 34

8. Liste des tableaux

Tableau 1. Stations suivies en 2023 dans les masses d'eau lagunaires méditerranéennes oligo et mésohalines. Les stations de références pour la DCE et utilisées pour le classement DCE sont indiquées en caractères gras, les autres stations sont suivies à titre complémentaire et n'interviennent pas dans le classement DCE. Seulement deux prélèvements ont été effectués sur la lagune du Bagnas et aucun sur la lagune du Charnier. 7
Tableau 2. Grille de diagnostic de l'état physico-chimique des masses d'eau oligo- et mésohalines.....10
Tableau 3. Grille de diagnostic de l'état du phytoplancton pour des lagunes oligo- et mésohalines. 10
Tableau 4 Précipitations annuelles sur la période 2010 - 2011 à 2022 – 2023, échelle de couleur par station, du plus clair (forte pluviométrie) au plus foncé (faible pluviométrie). Source : www.meteo.data.gouv.fr.....12

9. Annexes

Campagne de surveillance 2023 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie et le phytoplancton

ANNEXES

Annexe 1. Résultats des évaluations des lagunes en utilisant toutes les stations de mesure (point DCE et points supplémentaires, voir Tableau 1)

Campignol

Tableau A.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2023 pour Campignol soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	6,44	[6,32 – 6,57]
PO_4^{3-}	0,468	[0,466 – 0,470]
NT	80,98	[79,89 – 82,08]
PT	4,97	[4,90 – 5,04]
Etat physico-chimique		

Tableau A.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour Campignol soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,544	[0,537 – 0,551]
Abondance	0,113	[0,110 – 0,117]
Phytoplancton	0,329	[0,324 – 0,333]

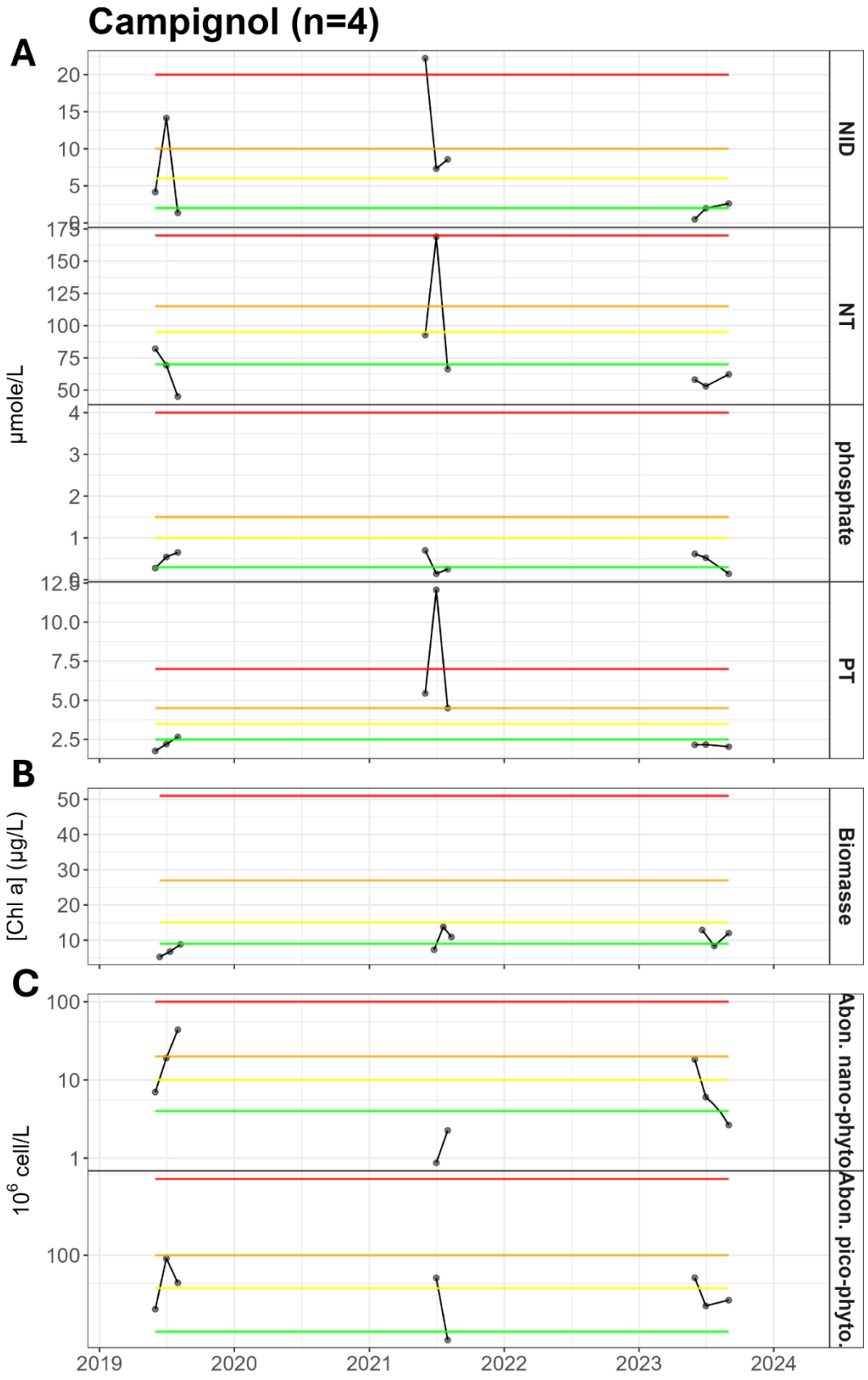

Figure A Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 4 stations de Campignol.

Vendres

Tableau B.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2023 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	46,44	[45,69 – 47,19]
PO_4^{3-}	0,968	[0,028 – 2,22]
NT	206,31	[202,82 – 209,79]
PT	10,56	[9,52 – 11,61]
Etat physico-chimique		

Tableau B.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,154	[0,151 – 0,157]
Abondance	0,055	[0,054 – 0,057]
Phytoplancton	0,105	[0,103 – 0,107]

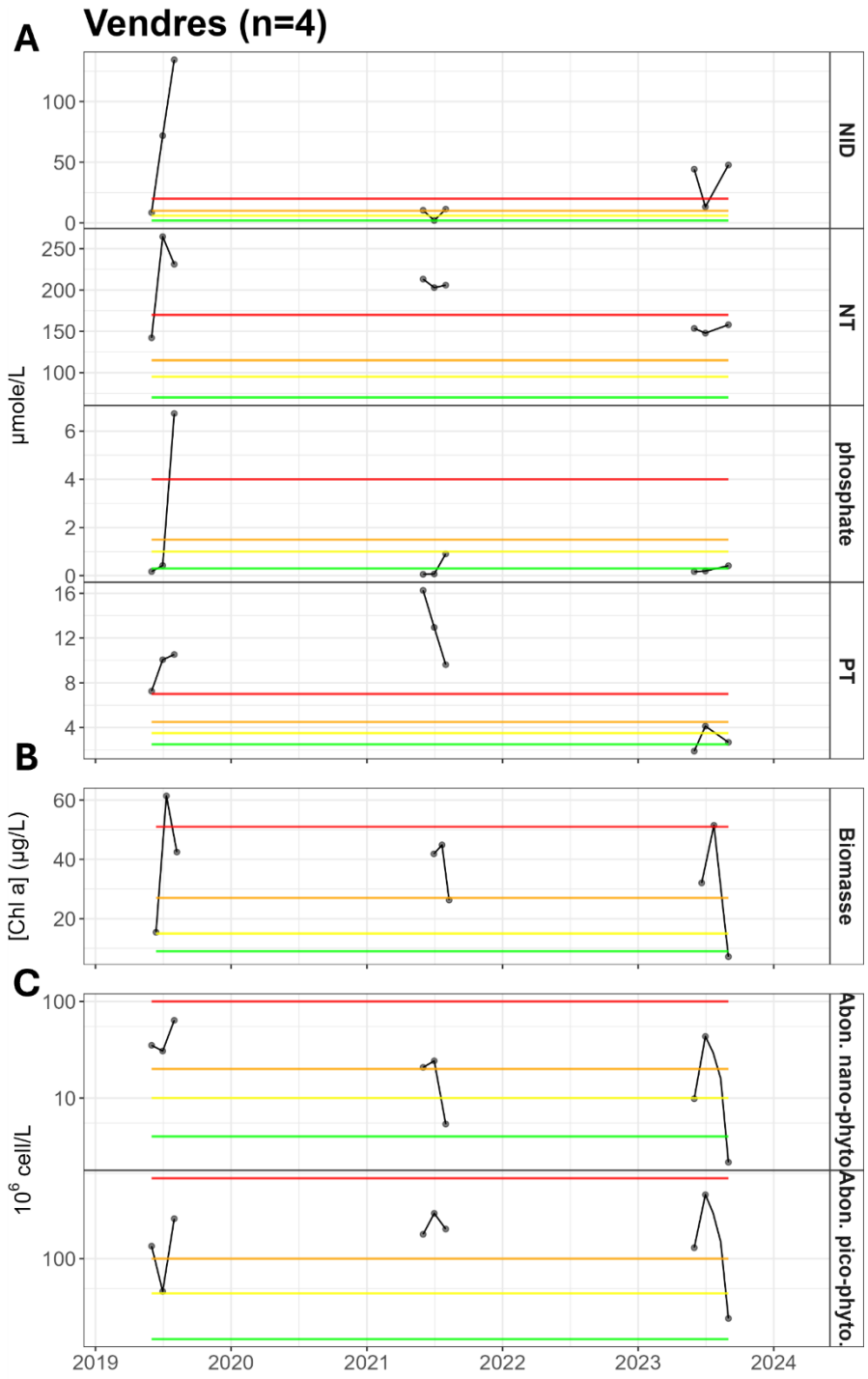

Figure B Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 4 stations de Vendres.

Bagnas

Tableau C.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2023 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=8).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	4,36	[4,32 – 4,40]
PO_4^{3-}	1,383	[1,358 – 1,407]
NT	323,44	[322,23 – 324,65]
PT	9,46	[9,40 – 9,53]
Etat physico-chimique		

Tableau C.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=8).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,145	[0,143 – 0,147]
Abondance	0,027	[0,024 – 0,029]
Phytoplancton	0,086	[0,084 – 0,087]

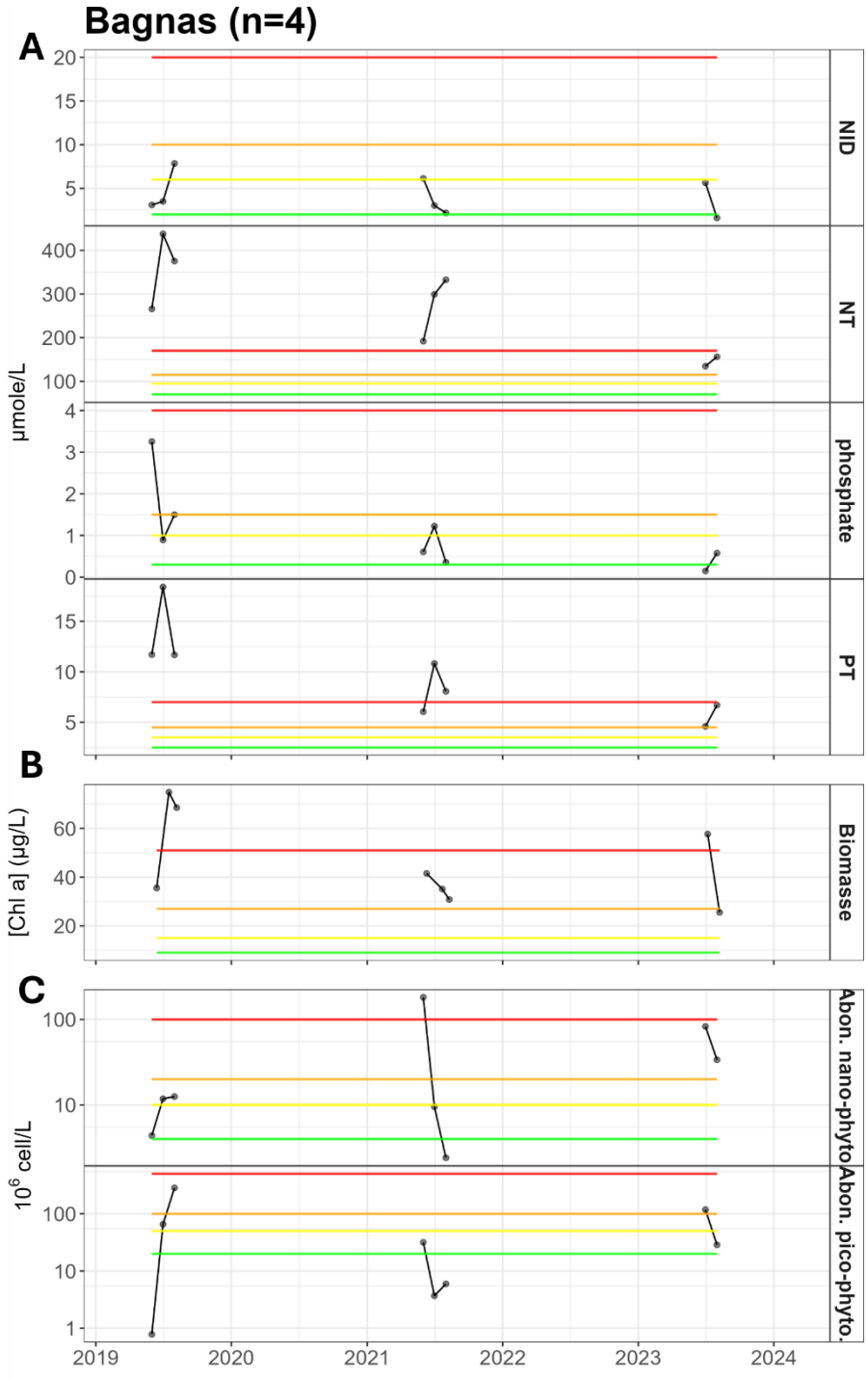

Figure C Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 4 stations du Bagnas.

Marette

Tableau D.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	10,09	[9,96 – 10,22]
PO_4^{3-}	0,599	[0,593 – 0,606]
NT	227,18	[225,56 – 228,80]
PT	13,27	[13,16 – 13,38]
Etat physico-chimique		

Tableau D.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,077	[0,075 – 0,079]
Abondance	0,003	[0,002 – 0,004]
Phytoplancton	0,040	[0,039 – 0,041]

Tableau D.3. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la Marette Nord soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	9,30	[8,98 – 9,62]
PO_4^{3-}	0,70	[0,367 – 1,034]
NT	228,92	[226,55 – 231,29]
PT	12,32	[11,99 – 12,65]
Etat physico-chimique		

Tableau D.4. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la Marette Nord soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,078	[0,043 – 0,112]
Abondance	0,004	[0,001 – 0,007]
Phytoplancton	0,041	[0,015 – 0,067]

Tableau D.5. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la Marette Sud soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	12,18	[11,85 – 12,52]
PO_4^{3-}	0,646	[0,311 – 0,981]
NT	225,43	[225,09 – 225,77]
PT	14,22	[13,88 – 14,56]
Etat physico-chimique		

Tableau D.6. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la Marette Sud soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,076	[0,038 – 0,114]
Abondance	0,003	[0,001 – 0,007]
Phytoplancton	0,040	[0,011 – 0,068]

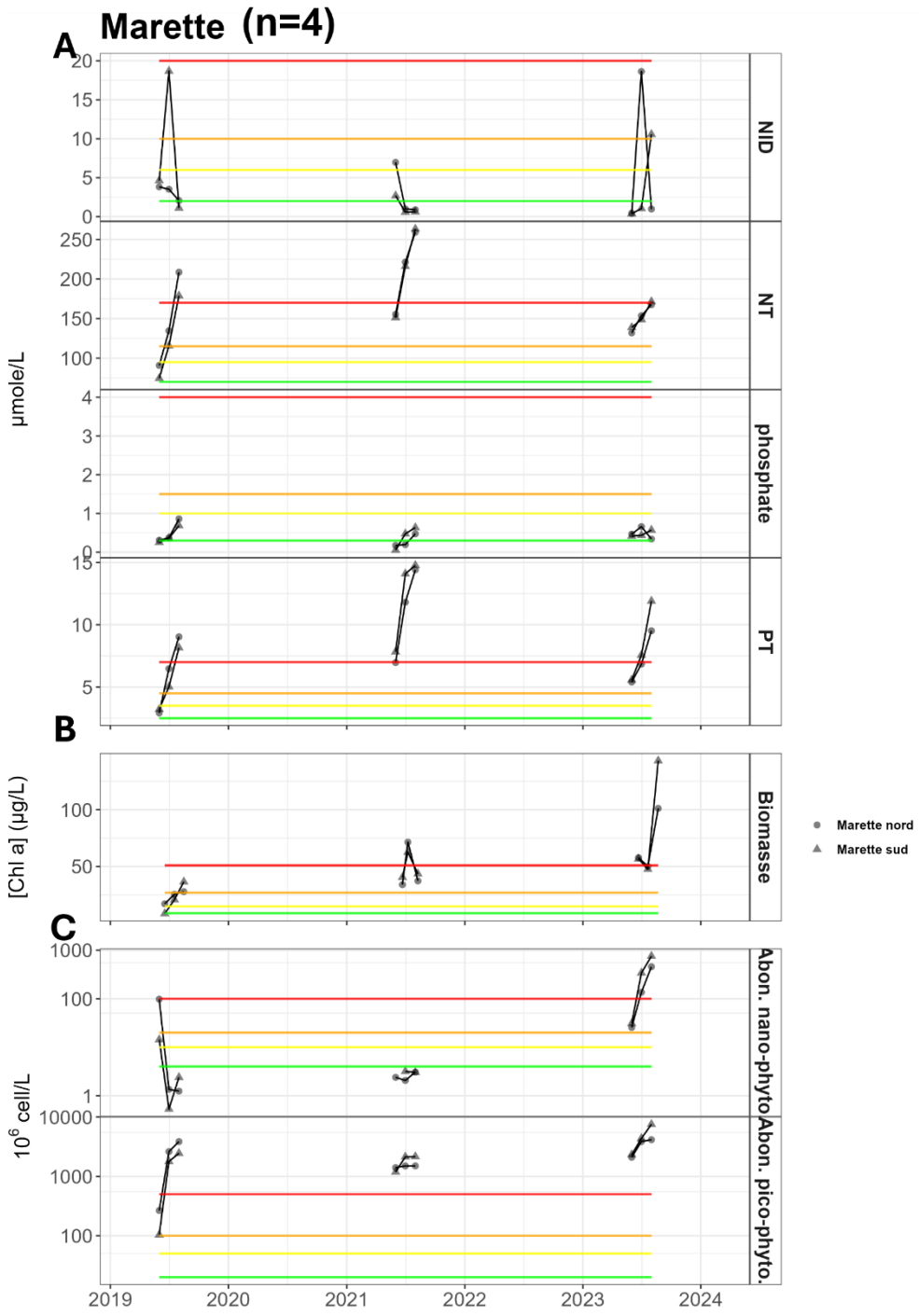

Figure D Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 2 stations de la Marette partie sud et les deux stations de la Marette partie nord.

Charnier – Crey - Scamandre

Tableau E.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	7,30	[7,14 – 7,45]
PO_4^{3-}	0,397	[0,238 – 0,556]
NT	223,79	[218,09 – 229,49]
PT	6,34	[6,27 – 6,40]
Etat physico-chimique		

Tableau E.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,110	[0,091 – 0,130]
Abondance	0,012	[0,001 – 0,023]
Phytoplancton	0,061	[0,046 – 0,076]

Tableau E.3. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour l'étang du Charnier soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=4).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	8,49	[8,34 – 8,63]
PO_4^{3-}	0,81	[0,796 – 0,824]
NT	230,82	[230,08 – 231,55]
PT	5,50	[5,49 -5,51]
Etat physico-chimique		

Tableau E.4. Phytoplancton : état DCE 2023 pour l'étang du Charnier soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=4).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,128	[0,126 – 0,129]
Abondance	0,005	[0,004 – 0,006]
Phytoplancton	0,066	[0,065 – 0,067]

Tableau E.5. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour l'étang du Scamandre soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	5,59	[5,13 – 6,04]
PO_4^{3-}	0,322	[0,204 – 0,440]
NT	212,44	[207,59 – 217,29]
PT	6,26	[6,19 – 6,32]
Etat physico-chimique		

Tableau E.6. Phytoplancton : état DCE 2023 pour l'étang du Scamandre soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,086	[0,060 – 0,112]
Abondance	0,022	[0,009 – 0,035]
Phytoplancton	0,054	[0,034 – 0,074]

Tableau E.7. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour l'étang du Crey soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	8,87	[8,51 – 9,23]
PO_4^{3-}	0,434	[0,213 – 0,655]
NT	257,06	[250,68 – 263,43]
PT	6,64	[6,52 – 6,76]
Etat physico-chimique		

Tableau E.8. Phytoplancton : état DCE 2023 pour l'étang du Crey soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,138	[0,124 – 0,151]
Abondance	0,018	[0,010 – 0,025]
Phytoplancton	0,078	[0,067 – 0,089]

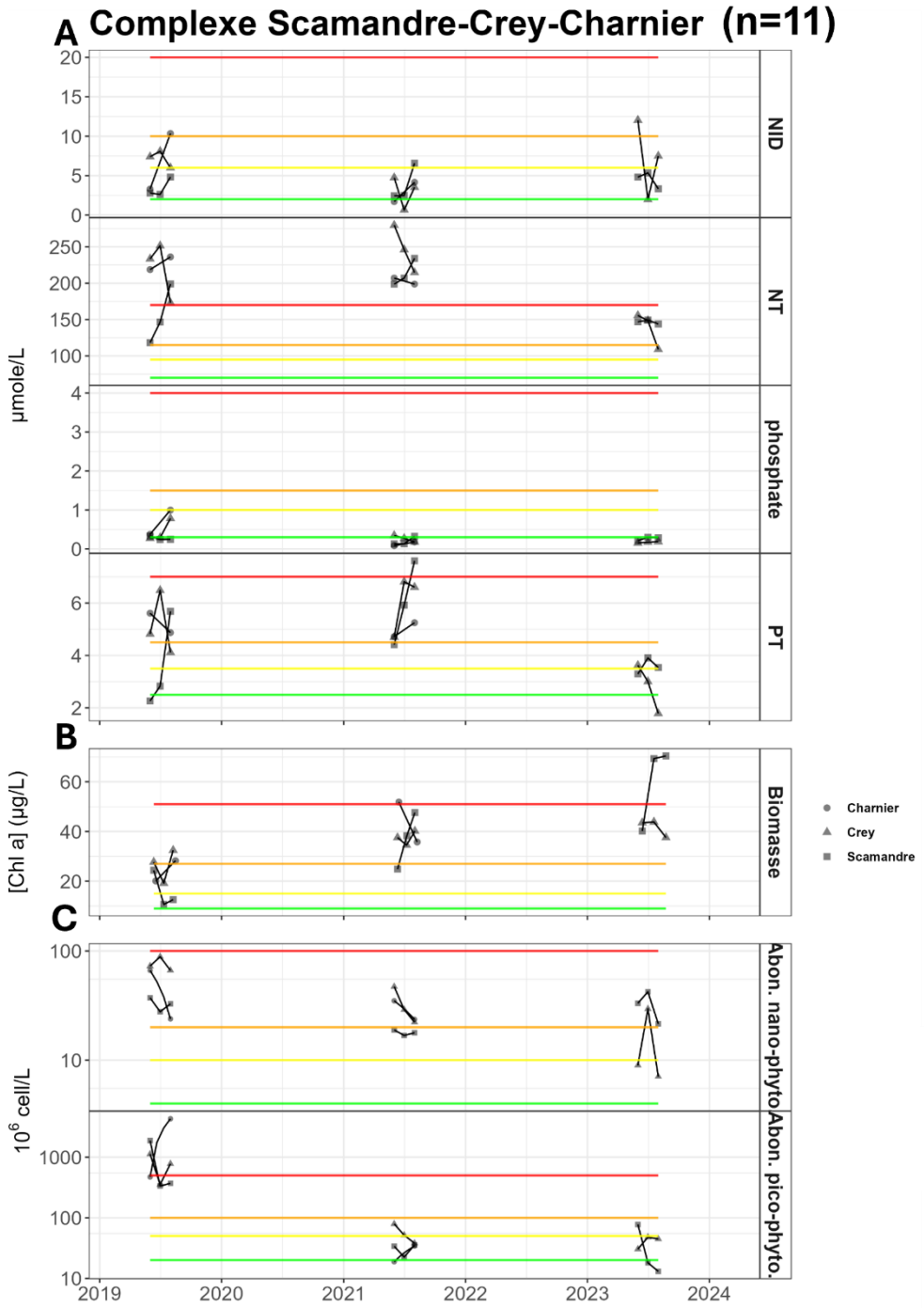

Figure E Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 4 stations du Scamandre, les 4 stations du Charnier et les 3 stations du Crey.

La Palissade

Tableau F.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	15,10	[14,86 – 15,34]
PO_4^{3-}	0,280	[0,279 – 0,282]
NT	56,06	[55,30 – 56,82]
PT	4,40	[4,35 – 4,45]
Etat physico-chimique		

Tableau F.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9)

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,646	[0,636 – 0,656]
Abondance	0,559	[0,547 – 0,571]
Phytoplancton	0,603	[0,593 – 0,612]

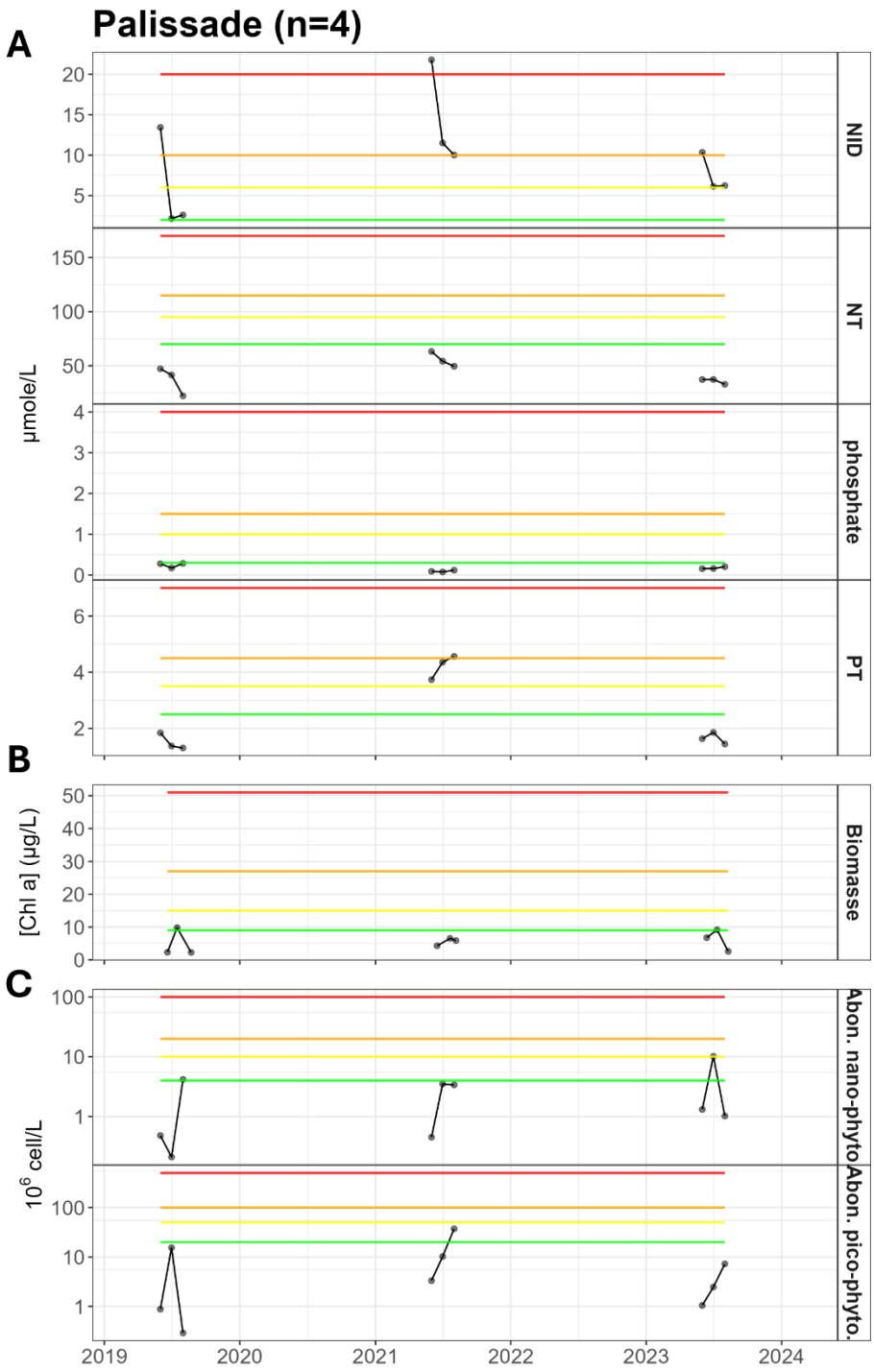

Figure F Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 4 stations de la Palissade.

Bolmon

Tableau G.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2023 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	10,56	[10,13 – 11,00]
PO_4^{3-}	0,733	[0,725 – 0,740]
NT	193,75	[192,62 – 194,88]
PT	10,94	[10,87 – 11,03]
Etat physico-chimique		

Tableau G.2. Phytoplancton : état DCE 2023 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9)

Paramètre		EQR et état	[IC]
Biomasse		0,067	[0,066 – 0,068]
Abondance		0,013	[0,012 – 0,014]
Phytoplancton		0,040	[0,039 – 0,041]

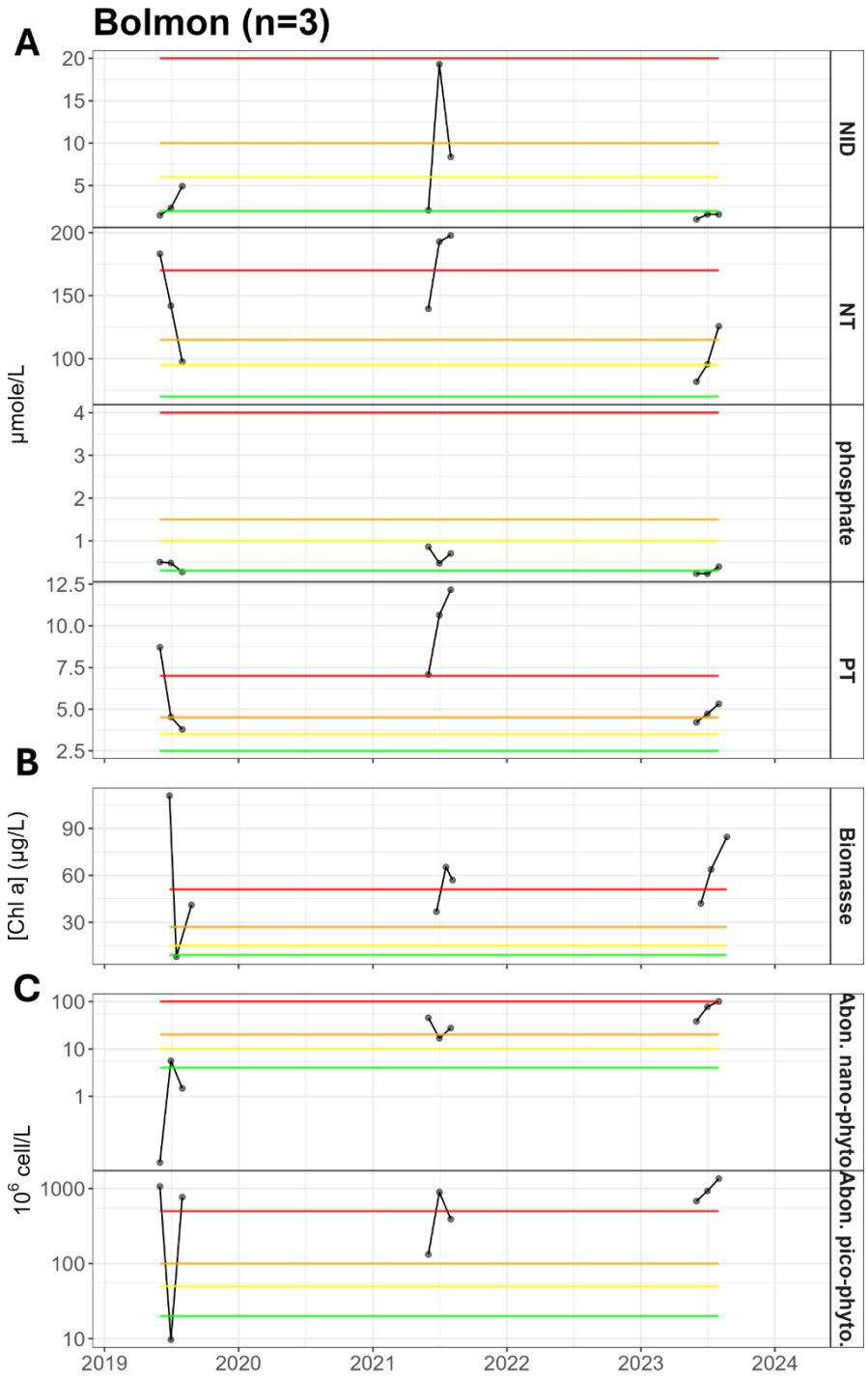

Figure G Concentrations moyennes en (A) NID, PO_4^{3-}, NT et PT (en µmole/L), (B) en chlorophylle-a (µg/L), (C) en abondances de nano-phytoplancton et de pico-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2019 à 2023, calculées à partir des mesures sur les 3 stations du Bolmon.