

## Campagne de surveillance 2021 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie, le phytoplancton et les macrophytes



### BILAN DES RESULTATS 2021

**Olivier Boutron<sup>1</sup>, Patrick Grillas<sup>1</sup>, Samuel Hilaire<sup>1</sup>, Hugo Fontès<sup>1</sup>,  
Emilie Luna-Laurent<sup>1</sup>, Béatrice Bec<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> La Tour du Valat – Institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes. Arles.

<sup>2</sup> Laboratoire Marbec, Université de Montpellier

# Sommaire

<b>1. Préambule.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Contexte et objectifs .....</b>	<b>4</b>
2.1. La mise en œuvre de la DCE dans les lagunes méditerranéennes.....	4
2.2. Contenu des suivis 2021 et objectifs de ce rapport.....	5
<b>3. Matériels et Méthodes .....</b>	<b>6</b>
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.....	10
a) Etat physico-chimique DCE du compartiment « colonne d'eau ».....	10
b) Etat DCE du compartiment « phytoplancton » .....	11
3.3.3. Intervalles de confiance des indicateurs des états DCE et analyse des tendances	12
3.4. Compartiments « macrophytes » .....	13
3.4.2. Métriques de l'indicateur « macrophytes ».....	14
<b>4. Conditions hydroclimatiques .....</b>	<b>16</b>
<b>5. Résultats : Bilan de la campagne DCE 2021 pour les lagunes oligo et mésohalines</b>	<b>17</b>
5.1. Effet de l'augmentation du nombre de stations sur l'indicateur macrophytes .....	49
5.2. Bilan des résultats concernant l'indicateur macrophytes.....	52
<b>6. Bibliographie .....</b>	<b>54</b>
<b>7. Liste des figures.....</b>	<b>57</b>
<b>8. Liste des tableaux .....</b>	<b>57</b>
<b>9. Annexes .....</b>	<b>58</b>

# 1. Préambule

---

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

**Rédacteurs du rapport** : Olivier Boutron<sup>1</sup>, Patrick Grillas<sup>1</sup>, Samuel Hilaire<sup>1</sup>, Hugo Fontès<sup>1</sup>, Emilie Luna-Laurent<sup>1</sup>, Béatrice Bec<sup>2</sup>

**Relecture** : Anaïs Giraud<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tour du Valat

<sup>2</sup> Université Montpellier – UMR MARBEC

<sup>3</sup> Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse

**Remerciements** : Patrick Rimbault (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 2021 des actions programmées dans le cadre du Suivi des Lagunes oligo- et méso-halines. Il concerne les diagnostics de l'eau, du phytoplancton et des macrophytes sur 7 masses d'eau : Campagnol, Vendres, Bagnas, Murette, Charnier-Scamandre-Crey, La Grand Palun (La Palissade) et Bolmon.

## Citation recommandée :

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.

## 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). 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) :

$$\text{EQR} = \text{valeur de l'indicateur dans les conditions de référence} / \text{valeur de l'indicateur mesuré.}$$

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 mésahalines (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).

## 2.2. Contenu des suivis 2021 et objectifs de ce rapport

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

- Réaliser un suivi estival en 2021 de la physico-chimie de l'eau, du phytoplancton et des macrophytes sur les 7 masses d'eau oligo-mésahalines du suivi DCE.
- Évaluer sur ces 7 masses d'eau l'état DCE de ces compartiments pour la période 2016-2021.

**Les diagnostics pour les nutriments et le phytoplancton** ont été faits selon deux séries de critères (grilles) :

- Les grilles pour les lagunes méditerranéennes de 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 » (MEDDE 2015).
- Les grilles provisoires spécifiques aux lagunes oligo- et mésahalines proposées dans Grillas *et al.* 2016 ; 2017 ; ces grilles apportent un diagnostic complémentaire sur les masses d'eau.

# 3. Matériels et Méthodes

## 3.1. Lagunes suivies

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

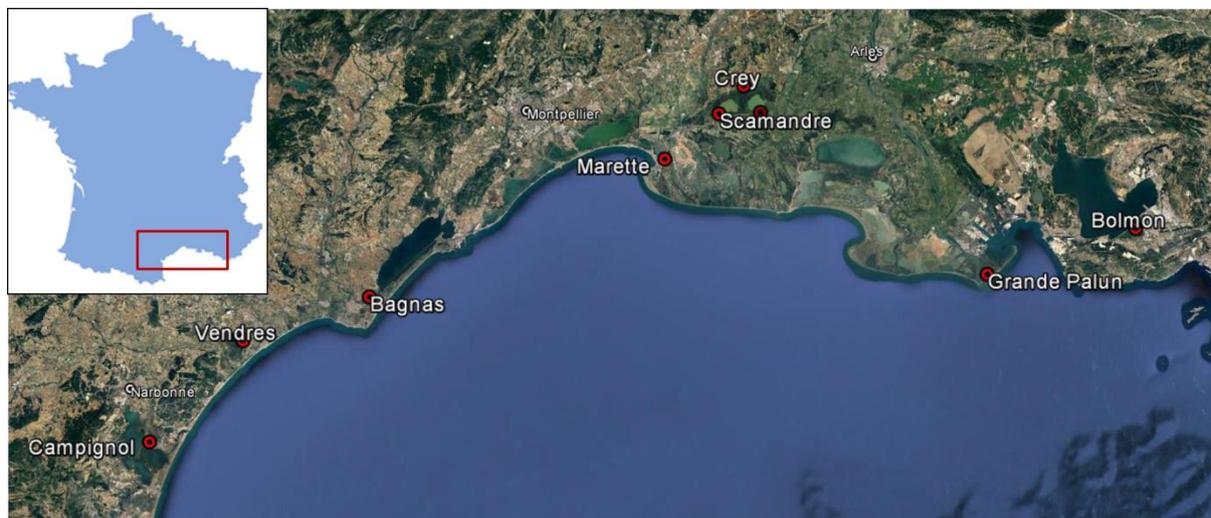


Figure 2. Localisation des lagunes oligo-mésohalines de la façade méditerranéenne.

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, l'état du phytoplancton et des peuplements de macrophytes. Pour ces suivis réalisés en 2021, de nouveaux points de mesure des peuplements de macrophytes ont été introduits pour 4 lagunes (Charnier, Scamandre, Vendres et Bolmon), afin d'estimer la sensibilité de l'estimation de l'état écologique à la densité de points de mesure des macrophytes.

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 2 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 2016 à 2021. Outre les données acquises dans le cadre de cette étude lors de l'été 2021, les diagnostics s'appuient sur les données des suivis estivaux des lagunes en 2017 et 2019 (Grillas *et al.* 2018, Grillas et al., 2020).

**Tableau 1.** Stations suivies en 2021 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.

Masse d'eau DCE	Lagunes	Dates des prélèvements et mesures terrain	Station	X	Y	Première année de suivi
FRDT05b-1	Campagnol	25/06/2021 20/07/2021 11/08/2021	<b>CAM</b>	503756	4772323	2013
			CAM1	503590	4772048	2013
			CAM2	503829	4771951	2013
			CAM3	503550	4771590	2013
			CAM5	503985	4771564	2013
FRDT08-1	Vendres	30/06/2021 22/07/2021 11/08/2021	VDR11	518029	4789344	2013
			VDR2	518792	4787251	2013
			VDR6	518618	4788036	2013
			<b>VDR9</b>	518097	4789552	2013
			VDRa	517693	4789948	2021
			VDRb	518942	4789483	2021
			VDRc	517785	4788777	2021
			VDRd	518434	4788933	2021
			VDRe	519469	4788700	2021
			VDRf	518764	4787670	2021
			VDRg	518087	4787275	2021
			VDRh	518792	4786821	2021
VDRi	517946	4786482	2021			
FRDT09-1	Bagnas	10/06/2021 22/07/2021 10/08/2021	BAN1	541776	4796381	2013
			BAN4	542229	4796595	2013
			BAN5	541880	4797154	2013
			<b>BAN6</b>	542295	4787448	2013
FRDT13e-1	Marette	22/06/2021 09/07/2021 09/08/2021	MARN	594729	4824088	2003
			MARN2	594997	4824088	2013
			<b>MARS</b>	594687	4823239	2003
			MARS5	594978	4823299	2013
FRDT13h-1	Scamandre	11/06/2021 09/07/2021 02/08/2021	SC1	609705	4831926	2013
			SC2	608630	4829951	2013
			<b>SC3</b>	609441	4830878	2013
			SC4	610393	4830500	2013
			SCa	609258	4831759	2021
			SCb	608869	4831298	2021
			SCc	609692	4831248	2021
			SCd	610449	4831203	2021
			SCe	608465	4830749	2021
			SCf	609912	4830614	2021
			SCg	609305	4829915	2021
			SCh	610105	4829962	2021
	Charnier	15/06/2021 09/08/2021	CH1	605836	4829558	2013
			CH2	605114	4831128	2013
CH3			603656	4830296	2013	

Masse d'eau DCE	Lagunes	Dates des prélèvements et mesures terrain	Station	X	Y	Première année de suivi	
			CH4	604238	4829748	2013	
			CHa	604720	4830977	2021	
			CHb	603994	4830683	2021	
			CHc	604506	4830235	2021	
			CHd	605290	4830273	2021	
			CHe	605993	4830360	2021	
			CHf	604895	4829628	2021	
	Crey	11/06/2021 08/07/2021 02/08/2021	CR1	606840	4831015	2013	
			CR2	607217	4831933	2013	
			CR3	606168	4832097	2013	
	FRDT14c-1	Grand Palun	16/06/2021 21/07/2021 06/08/2021	GP1	646052	4802054	2013
				GP2	646812	4801815	2013
				GP3	646840	4801338	2013
<b>GP4</b>				646741	4801449	2009	
GP5				647325	4801318	2013	
FRDT15c-1	Bolmon	23/06/2021 19/07/2021 06/08/2021	BOL1	674675	4807809	2013	
			<b>BOL2</b>	676498	4809035	2009	
			BOL3	677434	4809883	2013	
			BOLa	677371	4810425	2021	
			BOLb	676805	4809759	2021	
			BOLc	677484	4809184	2021	
			BOLd	676174	4809240	2021	
			BOLe	676199	4808466	2021	
			BOLf	675497	4808691	2021	
			BOLg	675548	4808062	2021	
			BOLh	674132	4807714	2021	

## 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 2020-2021 (du 1er septembre 2020 au 31 août 2021) au niveau des six stations Météo suivantes (<https://www.infoclimat.fr/>): Narbonne, Agde-Le Grau, Le Grau-du-Roi, Nîmes-Garons, et Marseille-Marignane ainsi que la station Météo-France Arles-Tour du Valat. A titre de comparaison, les normales ajustées des cumuls annuels de précipitations sont calculées sur 10 années hydrologiques de 2010-2011 à 2020-2011.

## 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 ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), 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 dissout, turbidité, transparence. Ces paramètres sont complétés par les abondances de picophytoplancton (taille < 3  $\mu\text{m}$ ) et de nanophytoplancton (> 3  $\mu\text{m}$ ), 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 matières 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 Murette (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 ( $^{\circ}\text{C}$ ) (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  $60^{\circ}\text{C}$ ) 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) ( $\mu\text{M/L}$ ), de chlorophylle *a* et phéopigments ( $\mu\text{g/L}$ ) 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 50 $\mu\text{l}$  de formol 40% (filtré à 0.2  $\mu\text{m}$ ) dans un tube NUNC, qui a ensuite été congelé, d'abord dans l'azote liquide à  $-196^{\circ}\text{C}$ , puis stocké à  $-80^{\circ}\text{C}$ . 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 2021 (Tableau 1). Seulement deux passages ont été réalisés sur le Charnier, le passage normalement prévu en juillet ayant été annulé à cause des conditions d'accès difficiles suite à la baisse du niveau d'eau.

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 Quadrigé<sup>2</sup> et accessibles à tous *via* le site web Surval ([https://envlit.ifremer.fr/resultats/acces\\_aux\\_donnees/presentation](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 » (MTES, 2018a) et dans le « Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales dans le cadre de la DCE » (MTES, 2018b).

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

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. Le diagnostic de l'état physico-chimique de la colonne d'eau des masses d'eau lagunaires est établi à partir d'une grille à 4 paramètres : NT, PT, NID et PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'OFB (Onema), l'Ifremer et la Tour du Valat ont conduit pour les lagunes oligo-mésohalines à la proposition de grilles de diagnostic pour le phosphore total et l'azote total dans la colonne d'eau et pour le phytoplancton (Sanchez and Grillas, 2014, Grillas *et al.* 2017). En l'absence d'une validation finale des grilles d'évaluation spécifiques, les résultats obtenus sur les paramètres physico-chimiques sur les 7 masses d'eau oligo-mésohalines (salinité moyenne <18) sont interprétés selon deux systèmes :

- Les grilles DCE pour les lagunes poly-euhalines (salinité moyenne > 18 PSU; Tableau 2)
- Les grilles provisoires pour l'azote total et le phosphore total et pour la biomasse phytoplanctonique spécifiques aux lagunes oligo- et mésohalines (Tableau 3).

Pour chaque paramètre, une agrégation spatiale et 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 spatiale** : dans le cas des masses d'eau suivies sur plusieurs stations, les données de chaque paramètre sont agrégées en prenant chaque mois la moyenne des valeurs acquises sur les différentes stations 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 2016 à 2021.
- **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) (MTES, 2018a et 2018b).

**Tableau 2.** Grilles de diagnostic de l'état physico-chimique des masses d'eau ; a) grille DCE pour les masses d'eau lagunaires ; b) grille proposée pour le cas spécifique des lagunes oligo- et mésohalines

a) Grille pour les masses d'eau lagunaires

Paramètre	Unité	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
NID	µmol/L	2	6	10	20	
NT	µmol/L	50	75	100	120	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	µmol/L	0,3	1	1,5	4	
PT	µmol/L	2	3	4	5	

b) Grille proposée pour les lagunes oligo- et mésohalines

Paramètre	Unité	Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
NT	µmol/L	70	95	115	170	
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 » :

- **Biomasse phytoplanctonique** (concentration de chlorophylle a en µg/L),
- **Abondance phytoplanctonique** (nombre de 10<sup>6</sup> cellules/L) :
  - Densité de nanophytoplancton (> 3 µm),
  - Densité de picophytoplancton (< 3 µm).

Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'OFB (Onema), l'Ifremer et la Tour du Valat sur les lagunes « oligo- et mésohalines » ont conduit à la proposition de grilles de diagnostic pour le phytoplancton (Grillas *et al.* 2018) et sont en cours d'étude. Seule la métrique « biomasse » a été adaptée pour les lagunes « oligo- et mésohalines » ; faute de données suffisantes pour l'adapter à ces lagunes, la métrique « abondance » utilisée est la même que pour les lagunes « eu- et polyhalines ».

En l'absence d'une validation finale des grilles d'évaluation spécifiques aux lagunes oligo-mésohalines, les résultats obtenus sur le compartiment « phytoplancton » sur les 7 masses concernées (salinité moyenne <18) sont interprétés selon deux grilles (Tableau 3).

**Tableau 3.** Grilles de diagnostic de l'état du phytoplancton ; (a) grilles DCE pour les masses d'eau lagunaires ; (b) grilles proposées pour le cas spécifique des lagunes oligo- et mésosalines.

a) grille DCE masses d'eau lagunaires		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Référence
Abondance (nb cell./L(X 10 <sup>6</sup> ))	picophyto	20	50	100	500		15
	nanophyto	4	10	20	100		3
Biomasse (oligo-meso)		5	7	10	20		3.33
		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
EQR <sub>A</sub> abondance	picophyto	0.75	0.3	0.15	0.03		
	nanophyto	0.75	0.3	0.15	0.03		
EQR <sub>B</sub> biomasse (oligo-meso)		0.67	0.48	0.33	0.17		
EQR <sub>PHY</sub>		0.71	0.39	0.24	0.10		

b) grille lagunes oligo- mesosalines		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Référence
Abondance (nb cell./L(X 10 <sup>6</sup> ))	picophyto	20	50	100	500		15
	nanophyto	4	10	20	100		3
Biomasse (oligo-meso)		9	15	27	51		6.00
		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
EQR <sub>A</sub> abondance	picophyto	0.75	0.3	0.15	0.03		
	nanophyto	0.75	0.3	0.15	0.03		
EQR <sub>B</sub> biomasse (oligo-meso)		0.67	0.40	0.22	0.12		
EQR <sub>PHY</sub>		0.71	0.35	0.19	0.07		

Pour chaque paramètre, une agrégation spatiale et 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 spatiale** : dans le cas des masses d'eau suivies sur plusieurs stations, les données de chaque paramètre sont agrégées en prenant chaque mois la moyenne des valeurs acquises sur les différentes stations 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 2016 à 2021 ;
- **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). Comme pour les éléments nutritifs, deux grilles d'évaluation ont été utilisées, celle des lagunes eu- et polyhalines et une grille spécifique aux lagunes oligo-et méso-halines (Grillas et al., 2018).
- **Agrégation des paramètres** :
  - la métrique d'abondance (EQR<sub>A</sub>) est obtenue en retenant le minimum des EQR des densités de nanophytoplancton et de picophytoplancton ;
  - l'état du compartiment « phytoplancton » (EQR<sub>PHY</sub>) est obtenu en retenant la moyenne des métriques « abondance » (EQR<sub>A</sub>) et « biomasse » (EQR<sub>B</sub>) (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).

### 3.4. Compartiments « macrophytes »

#### 3.4.1. Protocole de prélèvement

Un protocole de mesure intermédiaire entre ceux utilisés dans les lagunes et les lacs d'eau douce a été développé et un indicateur macrophytes original proposé. Il est basé sur la valeur indicatrice des espèces réparties en 5 groupes le long du gradient d'eutrophisation (Sanchez and Grillas, 2014).

Les peuplements de macrophytes ont été mesurés entre mi-juin et fin juillet 2021 sur 2 ou 3 points sur chaque station (Tableau 4). Ainsi, en plus du point principal où ont été collectés les échantillons d'eau, 1 ou 2 points complémentaires ont été définis en direction des points cardinaux et de la berge la plus proche. Ces points étaient placés à une distance de 200m de la station principale pour les lagunes les plus grandes (plus de 300ha) et à une distance de 100m de la station principale pour les lagunes plus petites.

Tableau 4 : Nombre de points et date des inventaires macrophytes par lagunes (2013-2021)

Masse d'eau DCE	Lagunes	Nombre de stations échantillonnées (et nombre de points par stations) en 2013 et 2017	Nombre de stations échantillonnées (et nombre de points par stations) en 2021	Date (2021)
FRDT05b-1	Campagnol	5 (2)	5 (2)	25 juin
FRDT08-1	Vendres	4 (2)	13 (2)	14 et 30 juin
FRDT09-1	Bagnas	4 (2)	4 (3)	17 juin
FRDT13e-1	Marette	4 (3)	4 (2)	22 juin
FRDT13h-1	Crey	3 (3)	3 (3)	24 juin
	Charnier	4 (3)	10 (2)	15 juin
	Scamandre	4 (3)	12 (2)	6 et 9 juillet
FRDT14c-1	Grand Palun	5 (3)	5 (3)	16 juin
FRDT15c-1	Bolmon	3 (3)	11 (2)	19 juin

L'observation des macrophytes a été effectuée à l'aide d'un râteau depuis un bateau avec le même protocole que celui utilisé par Grillas & David 2010. Cette méthode de mesure dérive de la méthode de référence pour les plans d'eau douce de Dutartre & Bertrin 2009.

Dans chaque station, un point fixe a été installé (ancrage, piquet, etc.) et dans un rayon de 30m autour du point, le recouvrement total des macrophytes a été estimé visuellement lorsque cela était possible (bonne transparence ou macrophytes affleurant la surface). A partir de ce point, un transect de 30m a été établi dans une direction au hasard (souvent dans le sens du vent pour faciliter la manœuvre). Des points de mesure des macrophytes ont été réalisés à l'aide du râteau tous les mètres le long du transect. La manipulation du râteau comporte au moins un demi-tour (180°) sur lui-même au contact du fond.

Le point de départ et d'arrivée de chacun des transects a fait l'objet d'un relevé GPS. La profondeur de l'eau a été mesurée au début, au milieu et à la fin de chaque transect. La transparence de l'eau et la turbidité ont été mesurées au point de départ à l'aide d'un disque de Secchi.

L'abondance des taxons récoltés par ces prélèvements a été évaluée pour chaque espèce selon une gamme de 1 à 5 (Dutartre & Bertrin 2009) (Tableau 5).

**L'abondance totale** des macrophytes par prélèvement est calculée comme la somme des abondances de chaque espèce. L'abondance totale peut dépasser la valeur de 5 lorsque plusieurs taxons sont présents.

**Tableau 5.** Méthode d'évaluation de l'abondance relative des espèces récoltées au râteau

Code	Abondance
1	Quelques fragments
2	Fragments fréquents
3	Fragments sur l'ensemble du râteau
4	Taxon abondant
5	Taxon sur tout l'appareil
X	Présence à proximité du point de Prélèvement

Un recouvrement par espèce et par groupe est calculé. Il s'agit de la somme des coefficients d'abondance par points de mesure, divisé par la valeur maximale possible sur le transect (5 x 30 = 150). Un recouvrement de 100% pour une espèce se traduit par l'attribution d'un coefficient de 5 pour les 30 points d'échantillonnage au sein d'une placette. Les recouvrements par groupes (recouvrements d'espèces cumulés) peuvent donc dépasser 100% et sont donc ramenés à cette valeur maximum.

L'indicateur macrophytes est basé sur la valeur indicatrice des espèces réparties en 5 groupes le long du gradient d'eutrophisation (Sanchez & Grillas 2012, Tableau 6).

**Tableau 6 :** Groupes d'espèces selon leur valeur indicatrice.

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
<i>Zostera noltei</i> <i>Chara galioides</i> <i>Chara tomentosa</i>	<i>Ruppia cirrhosa</i>	<i>Stuckenia pectinata</i> <i>Potamogeton crispus</i> <i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>Monostroma sp.</i>
<i>Chara hispida</i>		<i>Najas marina</i> <i>Nitellopsis obtusa</i> <i>Ceramium sp.</i>	<i>Chaetomorpha sp.</i>	<i>Ulva sp.</i>
<i>Chara globularis</i> <i>Lamprothamnium papulosum</i>		<i>Gracilaria sp.</i>		<i>Cladophora sp.</i>

Une nouvelle espèce a été découverte en 2021 sur l'étang du Crey, il s'agit de *Nitellopsis obtusa*. Cette espèce typique des cortèges à Potamot, Najas et Miriophile a été intégrée dans le groupe 3 (Tableau 6).

### 3.4.2. Métriques de l'indicateur « macrophytes »

L'indicateur macrophytes comprend 3 métriques (Tableau 7).

#### **Métrique 1. Recouvrement cumulé des espèces des groupes 1, 2 et 3 et recouvrement cumulé des espèces des groupes 4 et 5**

La métrique 1 de l'indicateur macrophytes est basée sur le groupement des espèces potentiellement présentes dans ce type de lagunes en fonction de leur valeur indicatrice du niveau d'eutrophisation (Sanchez & Grillas 2012, Tableau 7). Cinq groupes ont été établis regroupés dans la métrique en 2 groupes :

**Groupe 1 à 3:** (1) : tous les charophytes, (2) : *Ruppia cirrhosa* et (3) : les angiospermes à affinité mésotrophe dont *Stuckenia pectinata* (= *Potamogeton pectinatus*), *Potamogeton crispus*, *P. pusillus*, *Myriophyllum spicatum* et les macro-algues rouges potentiellement présentes dans ces lagunes. Ces espèces, résistant à une certaine turbidité et trophie du milieu, ne sont pas capables de surmonter une dégradation continue et poussée de celui-ci (Sfriso *et al.* 2007, Sfriso *et al.* 2009 & Orfanidis *et al.* 2011, Lauret *et al.* 2011).

**Groupe 4 et 5 :** (4) *Ceratophyllum demersum* et les macro-algues du genre *Chaetomorpha* qui sont assez tolérantes à une eutrophisation soutenue du milieu et aux eaux troubles (Veraart *et al.* 2004, Lauret *et al.* 2011), et (5) dont : les macro-algues vertes nitrophiles dont l'abondance élevée est indicatrice d'une augmentation des teneurs en nutriments et donc de l'eutrophisation du milieu (Sfriso *et al.* 2009; Orfanidis *et al.* 2011 & Neto *et al.* 2012).

Valeur de référence Métrique 1 : RV (G1+2+3) > 80%, et RV (G4+5) <30%

**Métrique 2 : Recouvrement total de *Stuckenia pectinata* (*Potamogeton pectinatus*)**

Ce seuil est donné à dire d'expert, considérant que si *Stuckenia pectinata* est une espèce abondante dans les lagunes peu salées, une forte dominance (très fort recouvrement) indique une perturbation du peuplement de macrophytes par l'eutrophisation.

Valeur de référence Métrique 2 : Recouvrement de *Stuckenia pectinata* <65%

**Métrique 3 : Matières en suspensions minérales (MES minérales).**

Cette métrique permet d'intégrer dans l'indicateur « macrophytes » une pondération de la note finale en fonction des causes de la turbidité. Si la turbidité d'origine organique (MES organiques) est un indicateur de l'eutrophisation des lagunes, la turbidité d'origine minérale (MES minérales) est un phénomène naturel lié à la remise en suspension des éléments du substrat par les courants et le vent des lagunes peu profondes. Cette turbidité d'origine minérale tend à réduire le recouvrement des macrophytes caractéristiques des lagunes oligo- et mésohalines (Grillas et al 2017). Il convient alors de remonter le classement des lagunes dont les herbiers sont peu recouvrant du fait de cette turbidité naturelle, non indicatrice d'un état dégradé.

Valeur de référence Métrique 3 : concentration moyenne en MES minérale de la lagune ≥ 10 mg/l

**Tableau 7.** Indicateur macrophytes (Grillas *et al.* 2017) RV (G1+G2+G3) = recouvrement des espèces des groupes 1 à 3 ; RV (G4+G5) = recouvrement des espèces des groupes 4 à 5, indicatrices d'eutrophisation

Métrique RV G1+2+3	MES minérales	Métrique RV <i>S. pectinata</i>	Métrique RV (G4+5)	Classe
[80%-100%]	-	[0-65%]	[0-30%]	Très bon
			]30%-100%]	Bon
		]65%-100%]	[0-30%]	Moyen
			]30%-100%]	Médiocre
[50%-80%[	-	[0-65%]	[0-30%]	Bon
			]30%-100%]	Moyen
		]65%-100%]	[0-30%]	Moyen
			]30%-100%]	Médiocre
[20%-50%[	-	-	[0-30%]	Bon
			]30%-100%]	Moyen
[5%-20%[	≥ 10 mg/l	-	[0-30%]	Bon
			]30%-100%]	Moyen
	< 10 mg/l		[0-30%]	Médiocre
			]30%-100%]	Mauvais
[0%-5[	-	-	-	Mauvais

## 4. Conditions hydroclimatiques

Les cumuls des précipitations annuelles pendant le cycle hydrologique 2020-2021 sont systématiquement en dessous de la moyenne (**cycles 2010 - 2011 à 2020 – 2021**), en particulier pour Narbonne (-215 mm) et Agde (-173 mm) (Tableau 8a,b). D'une manière générale, les précipitations ont essentiellement lieu à l'automne et au printemps, situation caractéristique du climat méditerranéen, sauf pour Agde et Narbonne où les précipitations restent faibles toute l'année (Tableau 8a). A noter que les données de la station du Grau du Roi ne sont pas renseignées depuis 2018.

**Tableau 8.** Précipitations pendant la période d'étude ; a) précipitations mensuelles pendant le cycle hydrologique Septembre 2020 – Août 2021 et b) précipitations annuelles sur la période 2010 - 2011 à 2020 – 2021. Source : [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr).

a) Précipitations mensuelles (mm) 2020-2021	2020				2021								Total Sept-Août
	Septe.	Octo.	Novem.	Décem.	Janvier	février	mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	
Narbonne	40	36	48	28	19	21	29	32	14	17	17	19	<b>321</b>
Agde	25	18	22	17	16	24	21	26	22	23	18	16	<b>247</b>
Le Grau du Roi - Repausset Levant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nîmes-Garons	92	31	28	104	16	40	5	63	48	1	33	31	<b>493</b>
Arles	101	18	45	22	28	22	2	64	32	1	22	12	<b>368</b>
Marseille - Marignane	82	21	103	38	47	26	4	72	65	6	12	14	<b>489</b>

b) Précipitations annuelles (mm) 2010-2020	2010 - 2011	2011 - 2012	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016	2016 - 2017	2017 - 2018	2018 - 2019	2019 - 2020	2020 - 2021	Moyenne
Narbonne	695	453	524	411	698	261	542	787	493	706	321	536
Agde	531,6	504	439	391	541	285	355	488	448	388	247	420
Le Grau du Roi - Repausset	826	682	656	616	839	268	459	-	-	-	-	621
Nîmes-Garons	789	456	622	560	965	438	591	622	492	627	493	605
Arles	491	499	390	560	856	414	435	505	541	476	368	503
Marseille - Marignane	529	401	551	621	670	317	488	467	550	754	489	531

# 5. Résultats : Bilan de la campagne DCE 2021 pour les lagunes oligo et mésahalines

Dans cette section sont synthétisées dans des fiches par masse d'eau leur état d'eutrophisation au regard des critères de la DCE. Ces résultats ne concernent que les points de référence DCE pour les compartiments « colonne d'eau » et « phytoplancton », contrairement au compartiment « macrophytes » où une synthèse des résultats pour l'ensemble des points est présentée. L'ensemble des résultats de ces trois compartiments par point et pour chacune des lagunes est détaillé dans les annexes.

**Tableau 9.** Synthèse des évaluations depuis 2017 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 mésahalines 2021 soumises aux grilles pour les « Lagunes poly et euhalines » et pour les « Lagunes oligo et mésahalines ».

Grilles pour les lagunes poly- et euhalines									
Masse d'eau (code)	Nom de la masse deau	Etat physico-chimique		Etat du phytoplancton		Etat physico-chimique		Etat du phytoplancton	
		2011 - 2017		2014 - 2019		2016 - 2021			
FRDT05b-1	Campagnol	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT08-1	Vendres	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT09-1	Bagnas	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT13e-1	Marette	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red
FRDT13h-1	Crey - Charnier - Scamandre	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT14c-1	Grand Palun	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Green	Red
FRDT15c-1	Bolmon	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Grilles pour les lagunes oligo- et mésahalines									
Masse d'eau (code)	Nom de la masse deau	Etat physico-chimique		Etat du phytoplancton		Etat physico-chimique		Etat du phytoplancton	
		2011 - 2017		2014 - 2019		2016 - 2021			
FRDT05b-1	Campagnol	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Yellow	Red
FRDT08-1	Vendres	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT09-1	Bagnas	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT13e-1	Marette	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Red	Red
FRDT13h-1	Crey - Charnier - Scamandre	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
FRDT14c-1	Grand Palun	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red	Green	Red
FRDT15c-1	Bolmon	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red

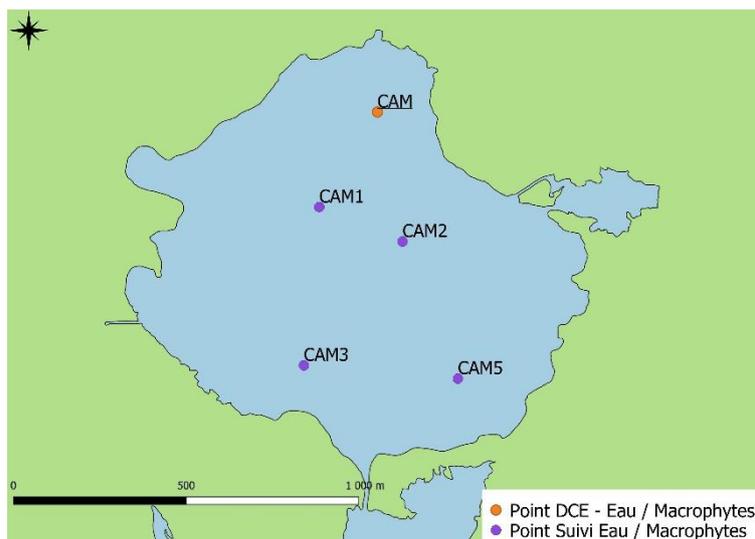


Figure A.1. Localisation des stations de mesure de Campagnol, la station de suivi DCE est soulignée (CAM).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang de Campagnol est diagnostiqué pour la DCE au niveau de la station DCE « CAM » (Figure A.1) située au nord. Quatre stations supplémentaires 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 2019, l'état de la colonne d'eau sur la période 2016-2021 est qualifié de « mauvais » au regard des grilles DCE pour les lagunes ; cet état serait le même avec les grilles pour les lagunes oligo et mésohalines (Tableau A.1). Les critères les plus déclassants restent l'azote inorganique dissous (NID) et, dans une moindre mesure, le phosphore total.

Concernant le phytoplancton, l'état reste qualifié de « mauvais » selon la grille pour les lagunes eu- et polyhalines, et « médiocre » selon la grille pour les lagunes oligo et mésohalines (Tableau A.2).

L'état écologique de la lagune de Campagnol est moyen en ce qui concerne l'indicateur macrophytes (Tableau A.3).

Tableau A.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2021 pour Campagnol soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	23,72	[23,27 – 24,18]	NID	23,72	[23,27 – 24,18]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,77	[0,76 – 0,78]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,77	[0,76 – 0,78]
NT	116,91	[116,34 – 117,47]	NT	116,91	[116,34 – 117,47]
PT	6,22	[6,19 – 6,25]	PT	6,22	[6,19 – 6,25]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau A.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour Campagnol soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,129	[0,126 – 0,131]	Biomasse	0,232	[0,228 – 0,236]
Abondance	0,023	[0,021 – 0,024]	Abondance	0,023	[0,021 – 0,024]
Phytoplancton	0,076	[0,074 – 0,079]	Phytoplancton	0,128	[0,125 – 0,130]

Tableau A.3. Macrophytes : état de la masse d'eau Campagnol en 2021 (stations de suivis DCE macrophytes uniquement)

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe masse d'eau (valeur DCE moyenne)
FRDT05b-1	Campagnol	CAM	15,67	0,00	64,00	12,14	<b>Moyen (0,5)</b>	<b>Moyen (0,5)</b>
		CAM1	35,00	0,00	77,33	12,14	<b>Moyen (0,5)</b>	
		CAM2	39,00	0,00	85,67	12,14	<b>Moyen (0,5)</b>	
		CAM3	60,00	0,00	49,33	12,14	<b>Moyen (0,5)</b>	
		CAM5	15,67	0,00	95,67	12,14	<b>Moyen (0,5)</b>	

L'année 2017 avait révélé une élévation de la concentration en azote et phosphore total par rapport aux données sur la période 2012-2015 (Grillas et al., 2018), qui avait été suivie en 2019 d'un retour à des valeurs plus faibles et comparables aux années antérieures. Cependant, ces concentrations se trouvent à nouveau augmentées en 2021 (Figure A.2). Les concentrations en azote inorganique augmentent également par rapport aux données de 2017 et 2019. Le pic d'azote inorganique, observé courant Juillet en 2019, est atteint en Juin pour l'année 2021. Pour les orthophosphates, les concentrations restent relativement comparables aux observations de 2017 et 2019.

Concernant le phytoplancton, on observe globalement une diminution pour tous les indicateurs (biomasse totale, abondance du pico et nano-phytoplancton) entre 2017 et 2021, mis-à-part une légère augmentation de la biomasse totale entre 2019 et 2021 (Figure A.3).

Le retour de concentrations élevées en azote inorganique est largement responsable de l'état physico-chimique qualifié de « Mauvais » sur la période 2016 – 2021. Lors de précédentes campagnes de suivi DCE, une des hypothèses pour expliquer le mauvais état physico-chimique observé était l'effet aggravant d'une pluviométrie importante qui facilitait le transfert des nutriments dans la lagune. On observe cependant en 2020-2021 que des concentrations élevées sont également observées avec un faible pluviométrie (déficit pluviométrique important observé en 2020-2021, avec 40% de pluie en moins par rapport au cumul moyen pour Narbonne entre 2010 et 2021). Il apparaît ainsi nécessaire de mener des investigations supplémentaires pour mieux comprendre cette dynamique. Dans ce cadre, l'étude sur les Flux Admissibles en cours de réalisation sur Campagnol devrait apporter des éléments quantifiés expliquant cette dynamique observée.

Il demeure important de souligner que la station DCE (CAM) dont les seuls résultats sont utilisés dans cette évaluation est fortement influencée par le canal de drainage de la Réunion, résultant en des concentrations largement augmentées pour le nitrate, l'azote inorganique dissous et l'orthophosphate. Si l'on considère les résultats des autres stations échantillonnées plus au sud de la lagune, et fournies dans les annexes de ce rapport, l'état physico-chimique estimé semble être moins dégradé.

L'état écologique de la lagune de Campagnol est moyen en ce qui concerne l'indicateur macrophytes (Tableau A.3). Cet état est peu variable selon la station considérée, malgré les variations de recouvrement des macrophytes indicateur du bon état écologique des lagunes (groupes 1, 2 et 3). La turbidité minérale >10mg/l rehausse la note pour les stations CAM et CAM5 où le recouvrement en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 est faible (proche de 15%). Le fort recouvrement en macrophytes indicateurs d'eutrophisation (>30%) limite quant à lui la note à moyen pour les stations CAM 1, 2 et 3.

Le recouvrement en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sont relativement stables et assez peu abondants depuis 2013 (autour de 30/40% de recouvrement moyen) contrairement aux macrophytes des groupes 4 et 5 qui semblent avoir progressés en 2021, avec un recouvrement supérieur à 70% (Figure A.5). Cette augmentation est à relier à l'augmentation en azote inorganique dissout dans l'eau (NID), élément nutritif directement disponible pour ces macrophytes.

Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « Campagnol » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau, le phytoplancton et les macrophytes.

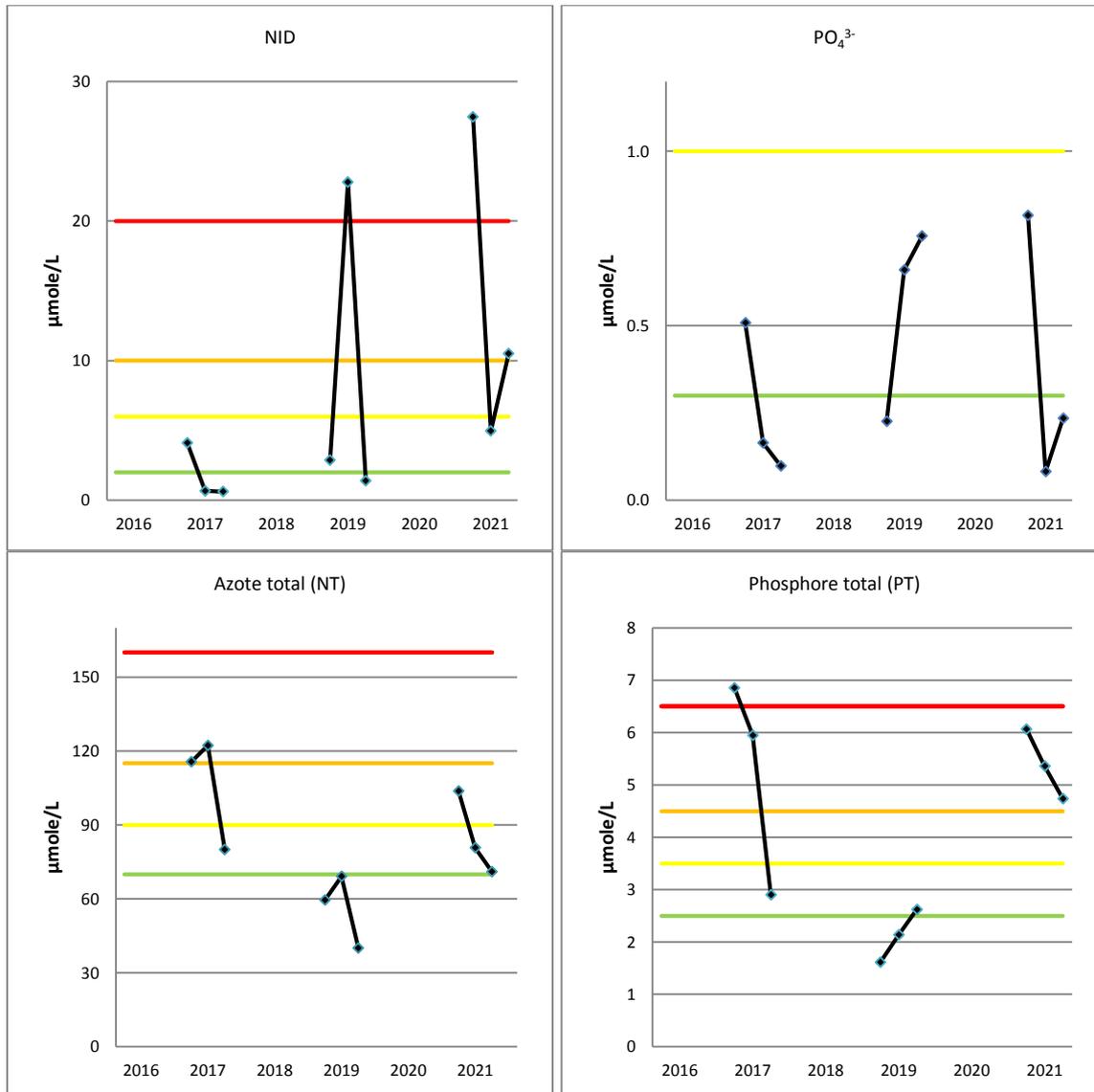


Figure A.2. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2017 à 2021 à Campagnol

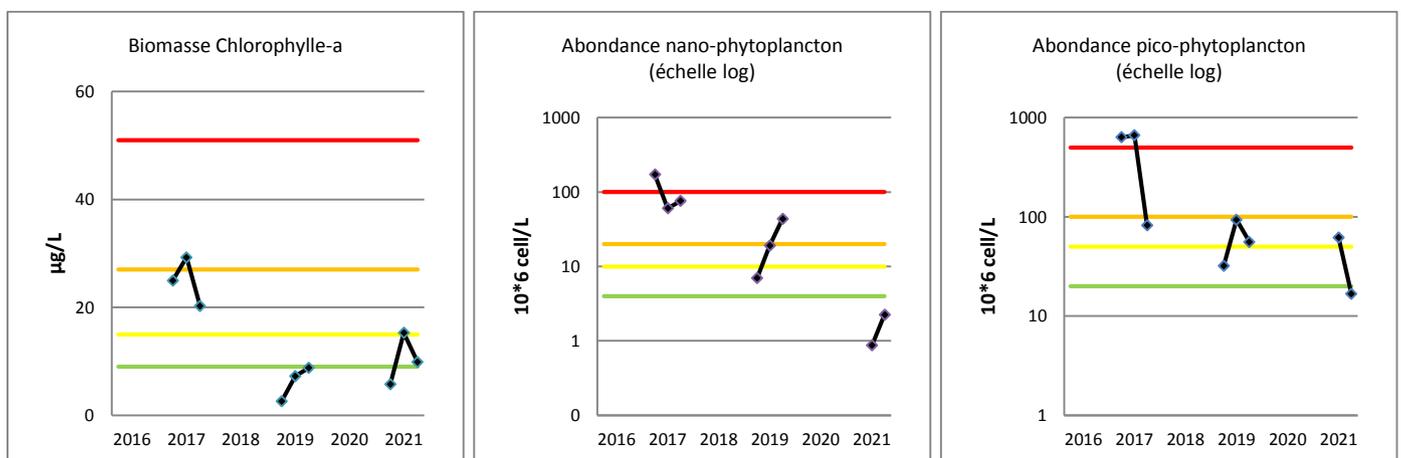


Figure A.3. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2017 à 2021 à Campagnol

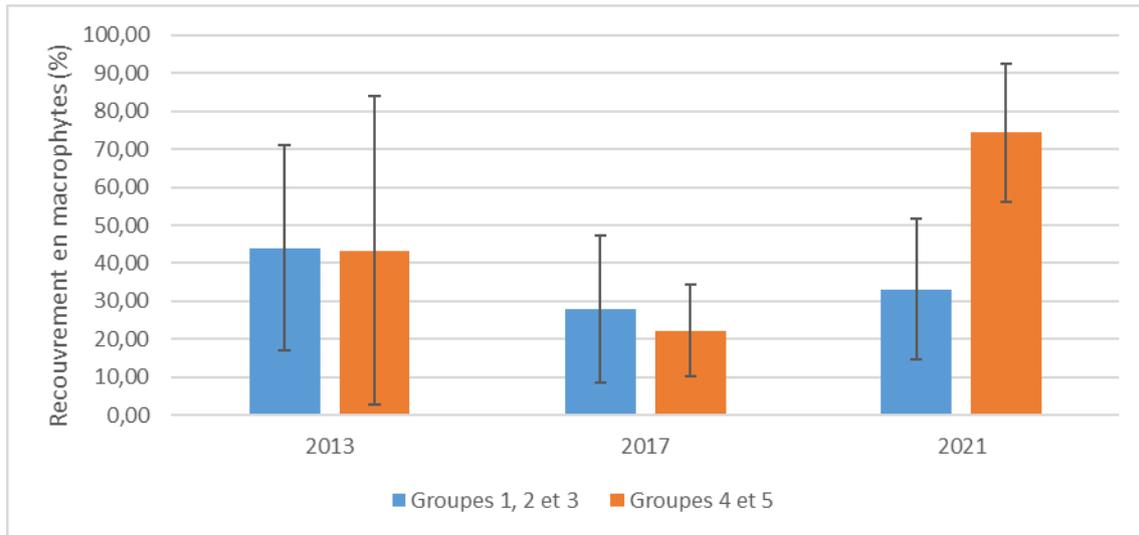


Figure A.4. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour Campagnol depuis 2013 (5 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

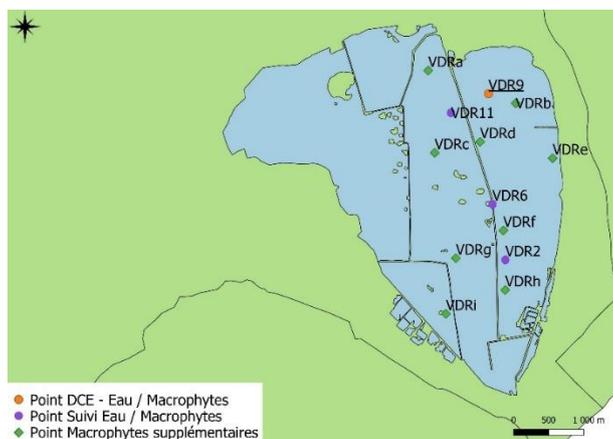


Figure B.1. Localisation des stations de mesure de Vendres, la station de suivi DCE est soulignée (VDR9).

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 (Figure B.1), située au nord. Trois stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 dans le cadre du projet d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésohalines (*étude Onema (OFB)/Ifremer /Tour du Valat/UM2*). En 2021, 9 stations de suivis des macrophytes ont été rajoutées (en vert sur la Figure B.1)

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton sont qualifiés de « mauvais » au regard des grilles DCE pour les lagunes eu- et polyhalines sur la période 2016-2021 (Tableaux B.1 et B.2). Il serait identique avec les grilles pour les lagunes oligo et mésohalines. Les critères les plus déclassants dans la colonne d'eau sont l'azote inorganique dissous (NID), l'azote total (NT) et le Phosphore total (PT). Le phytoplancton, qu'il s'agisse de la biomasse ou de la densité, montre des valeurs très élevées.

Pour les macrophytes, l'état est « médiocre » (Tableau B.3).

Tableau B.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2021 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	90,85	[87,59 – 94,01]	NID	82,43	[87,59 – 94,01]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,24	[2,06 – 2,42]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,31	[2,06 – 2,42]
NT	294,49	[291,58 – 297,39]	NT	286,43	[291,58 – 297,39]
PT	11,89	[11,77 – 12,00]	PT	10,40	[11,77 – 12,00]
<b>Etat physico-chimique</b>			<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau B.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,060	[0,059 – 0,061]	Biomasse	0,108	[0,106 – 0,110]
Abondance	0,007	[0,006 – 0,008]	Abondance	0,007	[0,006 – 0,008]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0,034</b>	<b>[0,033 – 0,035]</b>	<b>Phytoplancton</b>	<b>0,058</b>	<b>[0,057 – 0,059]</b>

Tableau B.3. : Macrophytes : état de la masse d'eau Vendres en 2021 (stations de suivis DCE macrophytes uniquement)

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe masse d'eau DCE (moyenne)
FRDT08-1	Vendres	VDR11	1,33	1,33	0,00	53,05	Mauvais (0,1)	Médiocre (0,35)
		VDR2	87,00	83,67	22,67	53,05	Moyen (0,5)	
		VDR6	49,33	48,67	1,33	53,05	Bon (0,7)	
		VDR9	2,00	2,00	0,00	53,05	Mauvais (0,1)	

Tableau B.4. Macrophytes : état de la masse d'eau Vendres en 2021 (toutes stations, les stations de suivi DCE macrophytes sont notés en gras)

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe masse d'eau DCE (moyenne)
FRDT08-1	Vendres	<b>VDR11</b>	1,33	1,33	0,00	53,05	<b>Mauvais (0,1)</b>	Médiocre (0,39)
		<b>VDR2</b>	87,00	83,67	22,67	53,05	<b>Moyen (0,5)</b>	
		<b>VDR6</b>	49,33	48,67	1,33	53,05	<b>Bon (0,7)</b>	
		<b>VDR9</b>	2,00	2,00	0,00	53,05	<b>Mauvais (0,1)</b>	
		VDRa	0,67	0,67	0,00	53,05	Mauvais (0,1)	
		VDRb	3,67	3,67	0,00	53,05	Mauvais (0,1)	
		VDRc	6,33	6,33	0,00	53,05	Mauvais (0,1)	
		VDRd	19,67	19,67	0,00	53,05	Bon (0,7)	
		VDRe	31,67	5,67	0,00	53,05	Bon (0,7)	
		VDRf	0,00	0,00	0,00	53,05	Mauvais (0,1)	
		VDRg	92,33	92,33	0,00	53,05	Moyen (0,5)	
		VDRh	69,00	69,00	4,67	53,05	Moyen (0,5)	
VDRi	83,33	50,00	0,00	53,05	Très bon (0,9)			

En 2021, les concentrations d'azote total (NT) et de phosphore total (PT) demeurent très élevées (Figure B.2). Les concentrations en NID et en  $PO_4^{3-}$  montrent des tendances similaires, avec un net pic observé en 2019, et un retour en 2021 à des concentrations proches de celles de 2017.

La biomasse de chlorophylle-a et l'abondance de nano- et pico-phytoplancton présentent également des tendances similaires, avec une diminution en continue de 2017 à 2021 (Figure B.3).

Concernant les macrophytes, l'état « médiocre » estimé correspond en réalité à des situations très contrastées au sein de cette lagune. Les stations DCE localisées dans la partie nord de la lagune sont en mauvais état écologique du fait du très faible recouvrement en macrophytes (Tableau B.3 : VDR11 et 9). Ces faibles recouvrements peuvent s'expliquer par la forte concentration en MES minérales, mais également par la forte concentration en nutriments dans l'eau, justifiant la désignation de mauvais état écologique pour ces stations. Les stations DCE situées plus au sud, VDR 2 et 6, connaissent respectivement un état moyen et bon, elles se situent au niveau de plus petits plans d'eau dans la partie sud de la lagune.

La prise en compte des stations complémentaires de suivi des macrophytes ne change pas la classe de cette masse d'eau, ni la logique générale d'une lagune en mauvais état pour la pièce d'eau principale au nord (Tableau B.4). Toutefois, ces stations permettent d'appréhender la situation variable et complexe de l'état écologique de cette lagune, avec l'identification de stations en mauvais état pour certains petits plans d'eau (VDRe et f notamment). Ils permettent également de mettre en évidence le développement d'un herbier de *Ruppia cirrhosa* au sud (station VDRe).

Sur l'ensemble des 4 stations DCE macrophytes suivies depuis 2013, on remarque une certaine stabilité du recouvrement moyen des macrophytes des groupes 1, 2 et 3 (Figure B.4). Les macrophytes des groupes 4 et 5 ont connu quant à eux une diminution notable depuis 2017, signe d'une possible amélioration de l'état écologique de la lagune. Cette diminution serait à relier à la diminution des substances azotées dissoutes dans l'eau (NID) et du phytoplancton.

**Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « Vendres » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques, le phytoplancton et les macrophytes.**

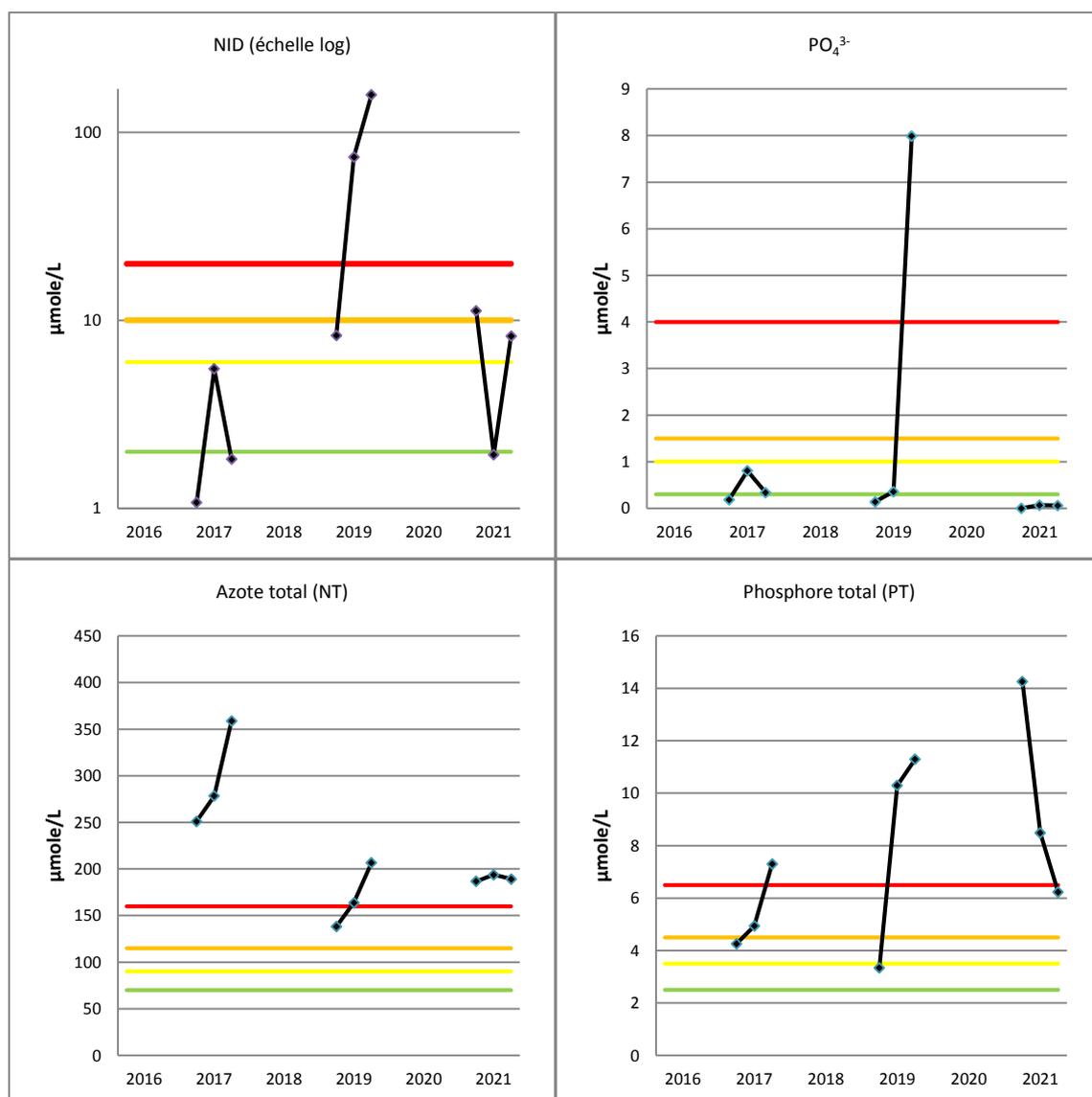


Figure B.2. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2017 à 2021 à Vendres.

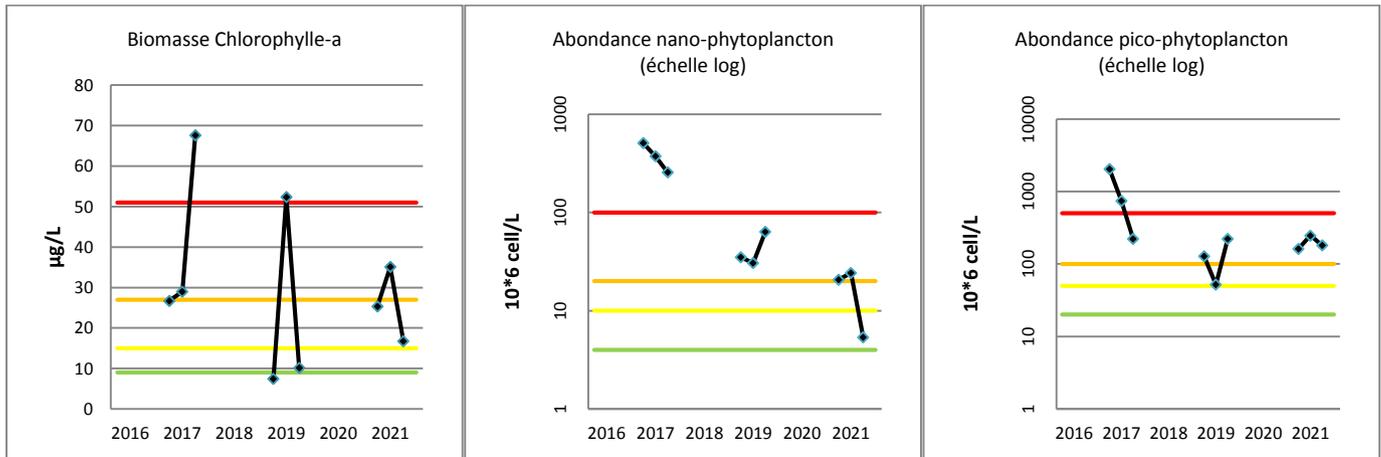


Figure B.3. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 à Vendres.

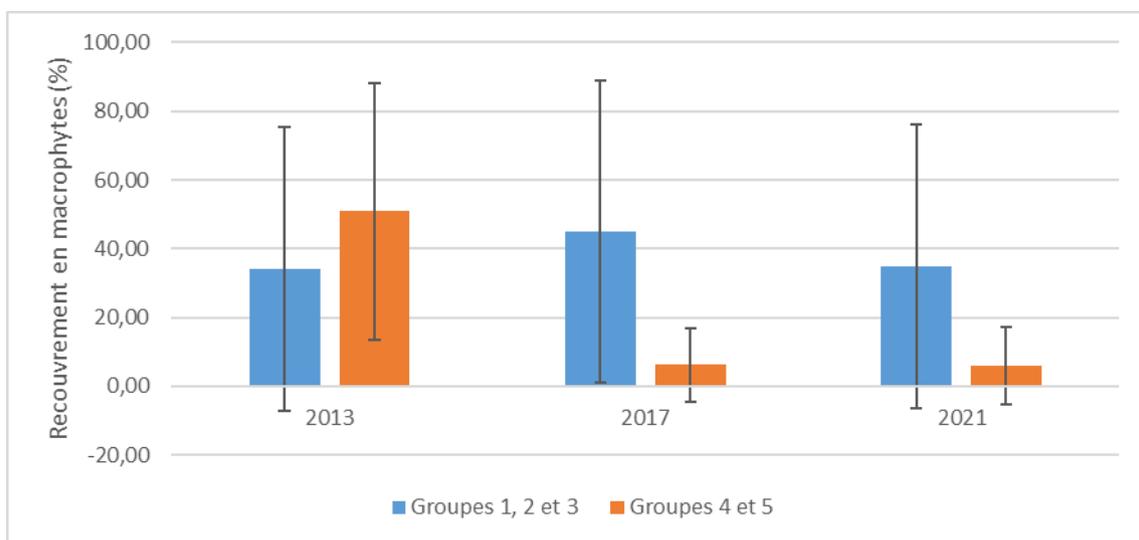


Figure B.4. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour Vendres depuis 2013 (4 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

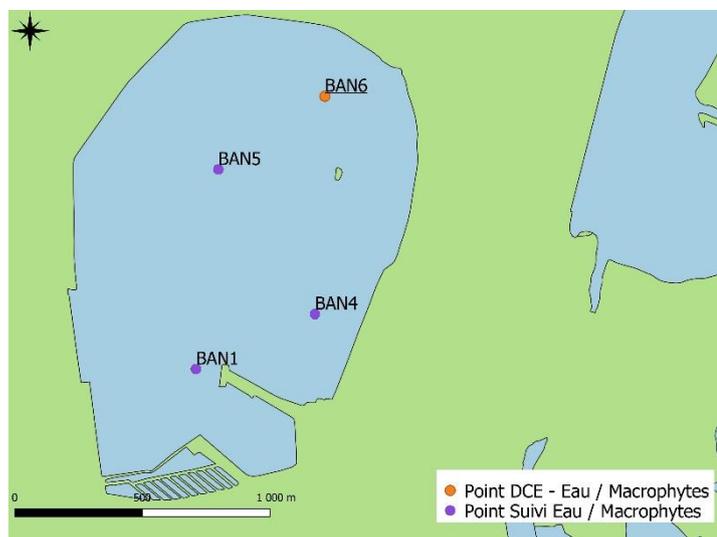


Figure C.1. Localisation des stations de mesure sur l'étang du Bagnas, la station de suivi DCE est soulignée (BAN6).

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 (station BAN6, Figure C.1) située au nord. Trois stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 dans le cadre du projet en cours d'adaptation des outils de diagnostic aux lagunes oligo et mésosalines (*étude Onema (OFB) /Ifremer /Tour du Valat/UM2*).

L'état de la colonne d'eau et le phytoplancton est qualifié de « mauvais » au regard des grilles DCE pour les lagunes eu- et polyhalines comme pour celle pour les lagunes oligo et mésosalines sur la période 2016-2021 (Tableaux C.1 et C.2). Pour la physico-chimie, les critères les plus déclassants dans la colonne d'eau sont l'azote total (NT) et le phosphore total (PT). Pour le phytoplancton, le critère abondance passe de mauvais à médiocre par rapport à 2019, mais le critère biomasse demeure mauvais. L'état écologique du Bagnas est moyen en ce qui concerne l'indicateur macrophytes (Tableau C.3).

Tableau C.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2021 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	4,07	[3,99 – 4,15]	NID	4,07	[3,99 – 4,15]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,085	[2,016 – 2,154]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,085	[2,016 – 2,154]
NT	322,95	[322,12 – 323,78]	NT	322,95	[322,12 – 323,78]
PT	12,82	[12,72 – 12,92]	PT	12,82	[12,72 – 12,92]
<b>Etat physico-chimique</b>			<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau C.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,040	[0,039 – 0,041]	Biomasse	0,072	[0,070 – 0,073]
Abondance	0,065	[0,059 – 0,070]	Abondance	0,065	[0,059 – 0,070]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0,052</b>	<b>[0,050 – 0,055]</b>	<b>Phytoplancton</b>	<b>0,068</b>	<b>[0,065 – 0,071]</b>

Tableau C.3. Macrophytes : état de la masse d'eau du Bagnas en 2021 (stations de suivis DCE macrophytes uniquement).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV <i>S.pectinata</i> (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe masse d'eau DCE (moyenne)
FRDT09-1	Bagnas	BAN1	98,00	98,00	0,00	7,81	Moyen (0,5)	Moyen (0,5)
		BAN4	94,89	94,89	0,00	7,81	Moyen (0,5)	
		BAN5	99,56	99,56	13,33	7,81	Moyen (0,5)	
		BAN6	94,67	94,67	0,00	7,81	Moyen (0,5)	

L'état trophique de l'étang, conditionné principalement par la qualité des eaux du canal du Midi, demeure dégradé. Le caractère confiné de l'étang du Bagnas rend le renouvellement de l'eau difficile, conduisant à une accumulation des nutriments dans la colonne d'eau, mais également dans le compartiment sédiments (ADENA 2019). Par rapport à 2019, on observe en 2021 des valeurs similaires en NT, et une plus grande variation des valeurs de NID, mais avec une valeur moyenne similaire. Les valeurs de PT et de  $\text{PO}_4^{3-}$  ont quant à elles diminué, mais restent supérieures aux valeurs de 2017 (Figure C.2).

En ce qui concerne l'indicateur macrophytes, l'état moyen est représentatif des quatre stations suivies où *S. pectinata* domine largement (Tableau C4). L'imposant herbier de *S. pectinata* du Bagnas se maintient depuis 2017. En 2013 il était quasi inexistant et des macrophytes des groupes 4 et 5 dominaient alors le milieu (Figure C.4). Cette progression spectaculaire du potamot est liée à un changement de la gestion hydrologique, notamment un long assec en 2016.

**Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « Bagnas » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques, les macrophytes et le phytoplancton.**

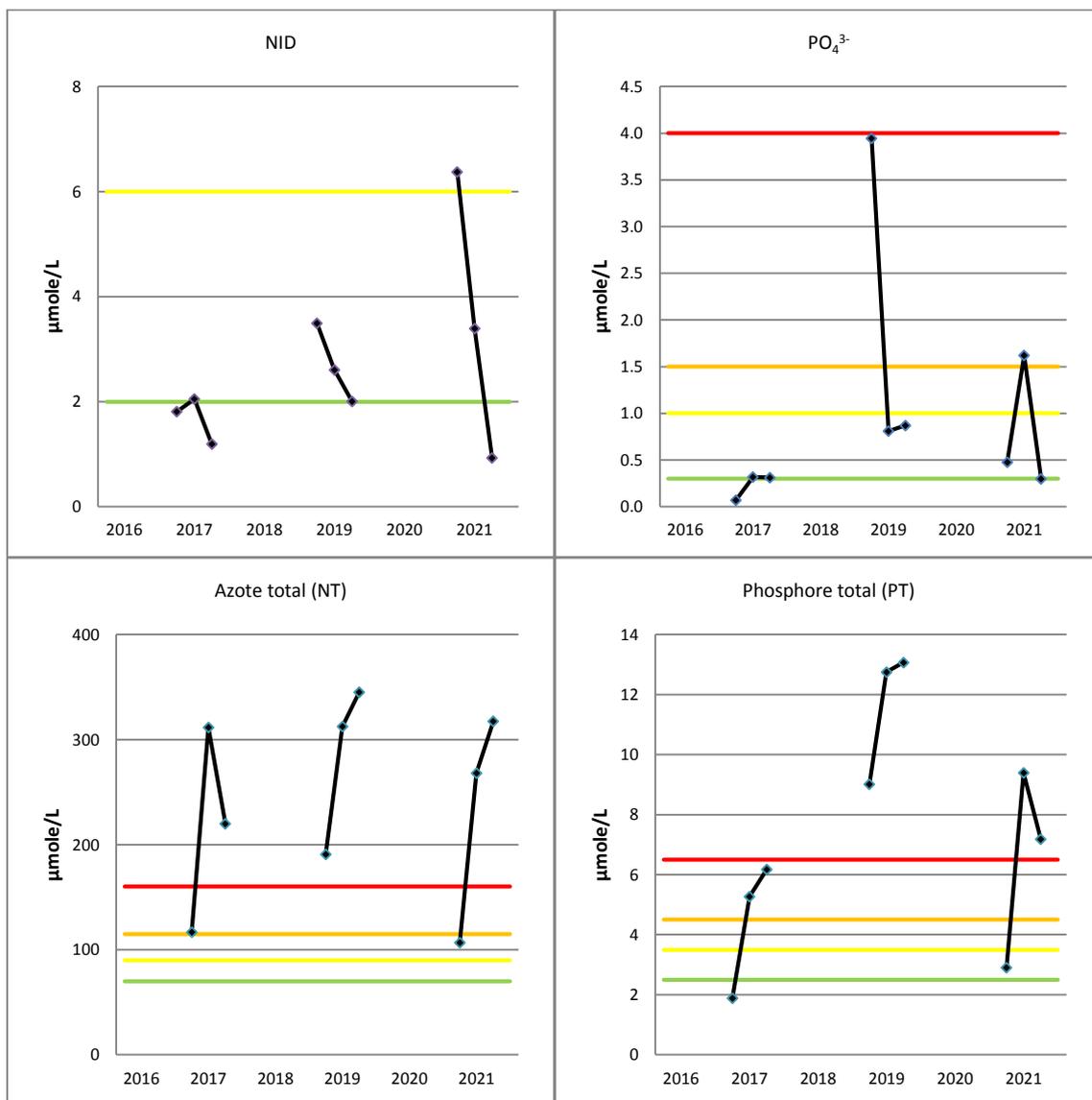


Figure C.2. Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mole/L}$ ) des étés 2017 à 2021 au Bagnas.

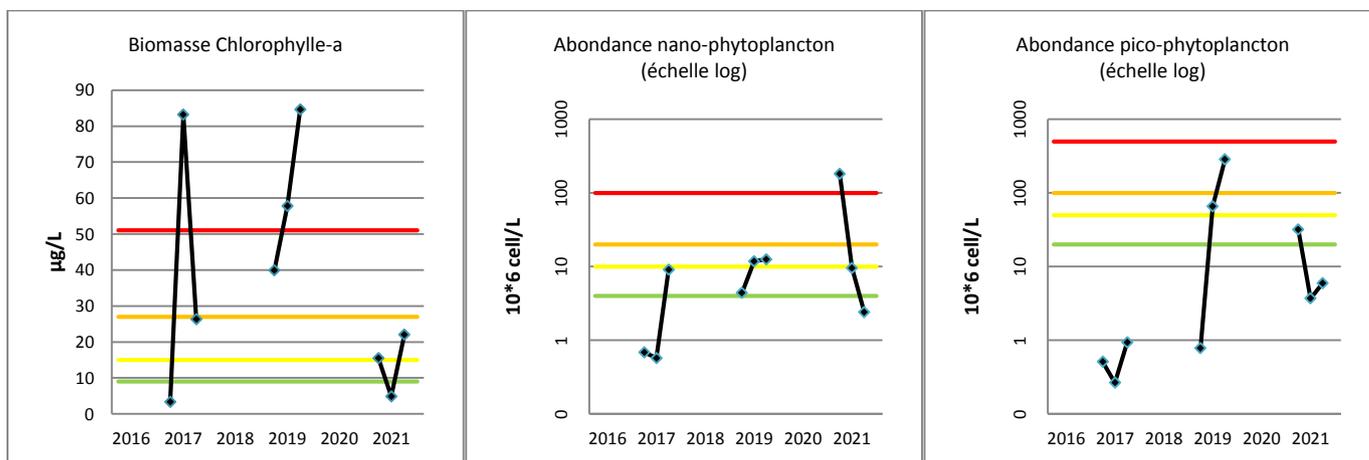


Figure C.3. Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2017 à 2021 au Bagnas.

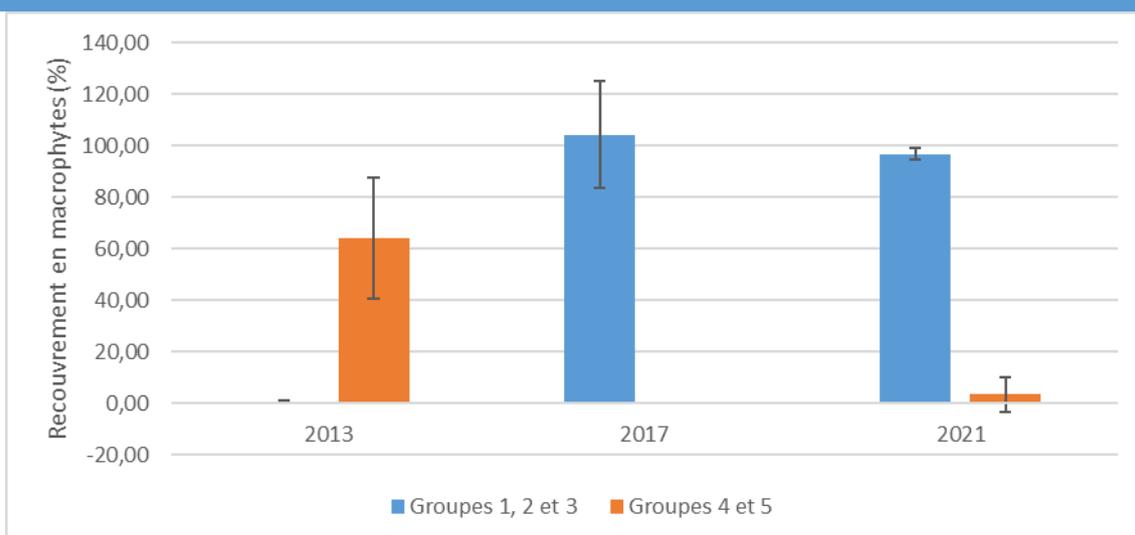


Figure C.4. Evolution du recouvrement cumulé moyen en macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour le Bagnas depuis 2013 (4 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

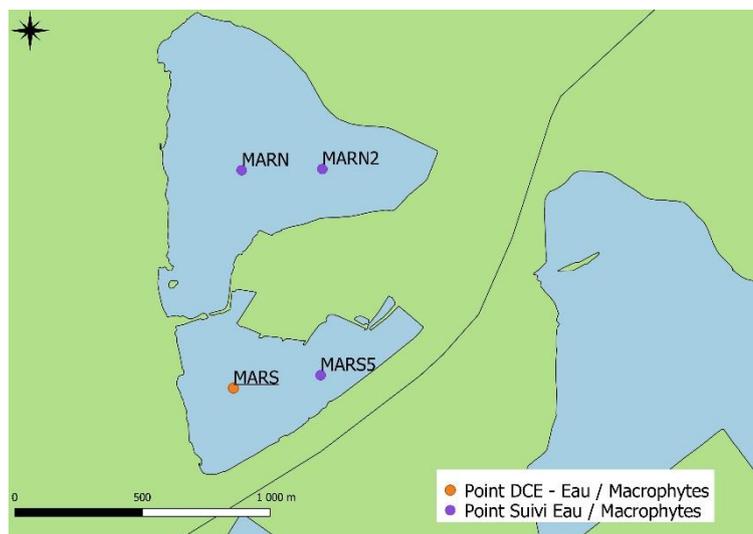


Figure D.1. Localisation des stations de mesure de la Marette Nord et Sud, la station de suivi DCE est soulignée (MARS).

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 située au sud (Figure D1). Trois stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 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 sur la période 2016-2021 est « mauvais » pour la physico-chimie et le phytoplancton au regard des grilles DCE pour les lagunes eu et polyhalines ainsi que pour les grilles pour les lagunes oligo- et mésohalines (Tableaux D1 et D2). Du fait de la quasi absence de macrophytes sur l'ensemble des stations suivies, l'état écologique pour l'indicateur macrophytes est mauvais (Tableau D.3).

Tableau D.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	5,96	[5,91 – 6,02]	NID	5,96	[5,91 – 6,02]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,736	[0,729 – 0,742]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,736	[0,729 – 0,742]
NT	224,11	[221,90 – 226,33]	NT	224,11	[221,90 – 226,33]
PT	14,26	[14,10 – 14,43]	PT	14,26	[14,10 – 14,43]
<b>État physico-chimique</b>			<b>État physico-chimique</b>		

Tableau D.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,069	[0,068 – 0,070]	Biomasse	0,124	[0,122 – 0,127]
Abondance	0,007	[0,006 – 0,008]	Abondance	0,007	[0,006 – 0,008]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0,038</b>	<b>[0,037 – 0,039]</b>	<b>Phytoplancton</b>	<b>0,066</b>	<b>[0,064 – 0,068]</b>

Tableau D.3. Macrophytes : état de la masse d'eau de la Marette en 2021 (stations de suivis DCE macrophytes uniquement).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe masse d'eau DCE (moyenne)
FRDT13e-1	Marette	MARN	0,00	0,00	0,00	56,69	Mauvais (0,1)	Mauvais (0,1)
		MARN2	0,33	0,00	0,00	56,69	Mauvais (0,1)	
		MARS	0,00	0,00	0,00	56,69	Mauvais (0,1)	
		MARS5	0,00	0,00	0,00	56,69	Mauvais (0,1)	

Les concentrations d'azote total (NT) et de phosphore total (PT) demeurent très élevées (Figure D.2), ces deux critères étant une nouvelle fois les plus déclassants pour la physico-chimie. Les formes dissoutes montrent des concentrations plus acceptables : une diminution de la concentration en azote dissous (NID) est observée par rapport à 2017, ce critère passant de médiocre à bon.

La biomasse de chlorophylle-a et l'abondance de pico-phytoplancton, à la hausse depuis 2014, atteignent un nouveau pic en 2021 (Figure D.3). L'état du phytoplancton passe ainsi de médiocre à mauvais, même au regard de la grille des lagunes oligo et mésohalines.

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton reste critique vis-a-vis de l'eutrophisation dans l'ensemble de la Marette. Lors de précédentes campagnes de suivi DCE, une des hypothèses pour expliquer le mauvais état physico-chimique observé était l'effet aggravant d'une pluviométrie importante qui facilitait le transfert des nutriments dans la lagune. On constate cependant en 2020-2021 que des concentrations élevées sont également observées malgré les faibles précipitations de ces dernières années. Il apparaît ainsi nécessaire de mener des investigations supplémentaires pour mieux comprendre cette dynamique.

En ce qui concerne l'indicateur macrophytes, les quatre stations suivies (DCE) connaissent un mauvais état écologique, du fait de l'absence ou du très faible recouvrement en macrophytes, seules quelques espèces indicatrices de l'eutrophisation persistent (Tableau D.3).

Les herbiers des macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sont faibles depuis 2013, et sont quasi-inexistants sur les points inventoriés en 2021 (Figure D.4). Les macrophytes des groupes 4 et 5 étaient également peu abondants en 2013 (recouvrement moyen < 30%) et semblent avoir diminué jusqu'à disparaître des points de suivis. La raréfaction extrême des macrophytes au niveau des points suivis sont à mettre en lien avec l'accroissement conséquent de la biomasse en phytoplancton (biomasse chlorophylle a dans l'eau), qui indique un état d'eutrophisation très avancé, défavorable aux macrophytes. L'augmentation importante du phytoplancton (notamment du nano-phytoplancton et de chlorophylle-a) indique un niveau trophique très élevé, défavorable aux macrophytes, y compris des groupes 4 et 5. L'augmentation de la salinité de la Marette (7.83 en moyenne en 2013, 11.9 en 2017 et 22.2 en 2021), combinée à l'augmentation du niveau trophique pourrait également avoir joué un rôle dans l'effondrement des macrophytes, au profit du phytoplancton.

**Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « Marette » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques, le phytoplancton et les macrophytes.**

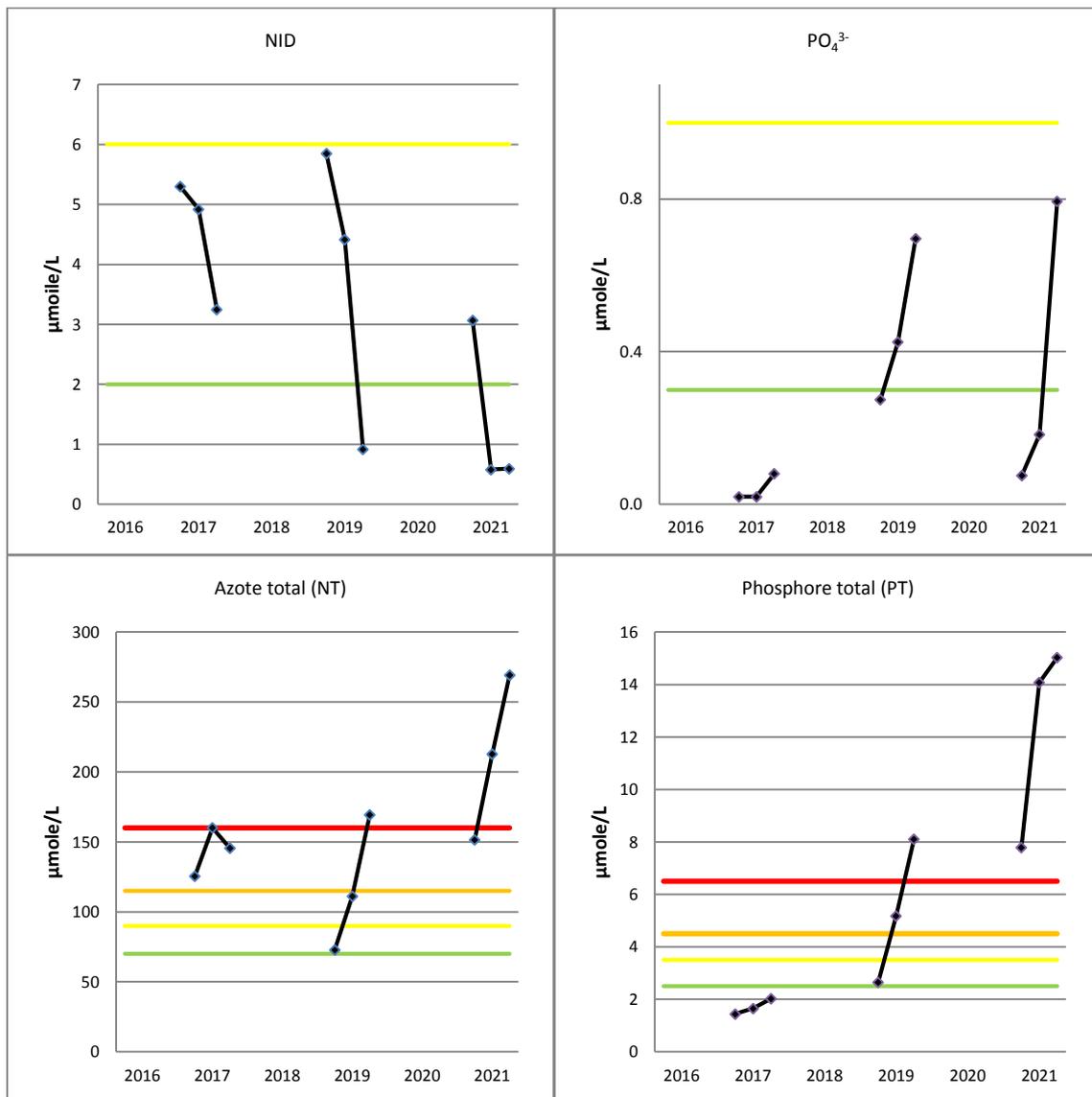


Figure D.2. Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mole/L}$ ) des étés 2017 à 2021 sur la Murette.

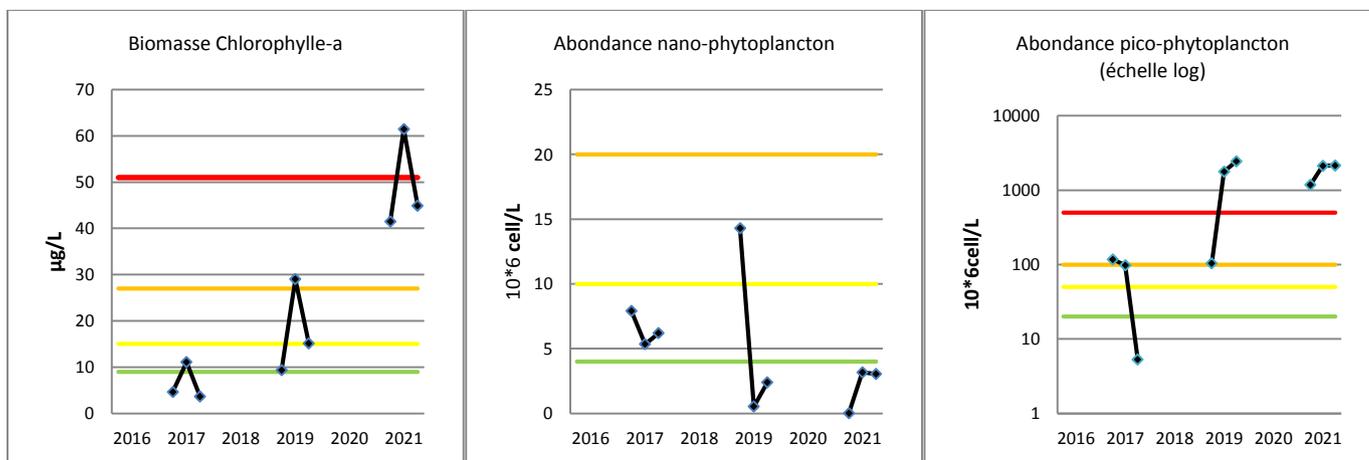


Figure D.3. Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2017 à 2021 à la Murette.

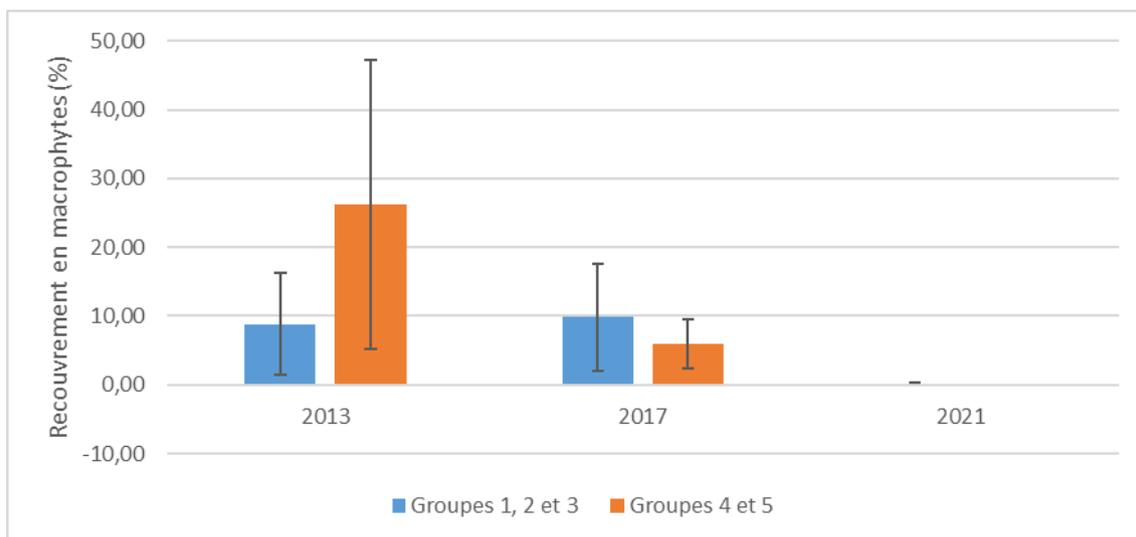


Figure D.4. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en Macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour la Marette depuis 2013 (4 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

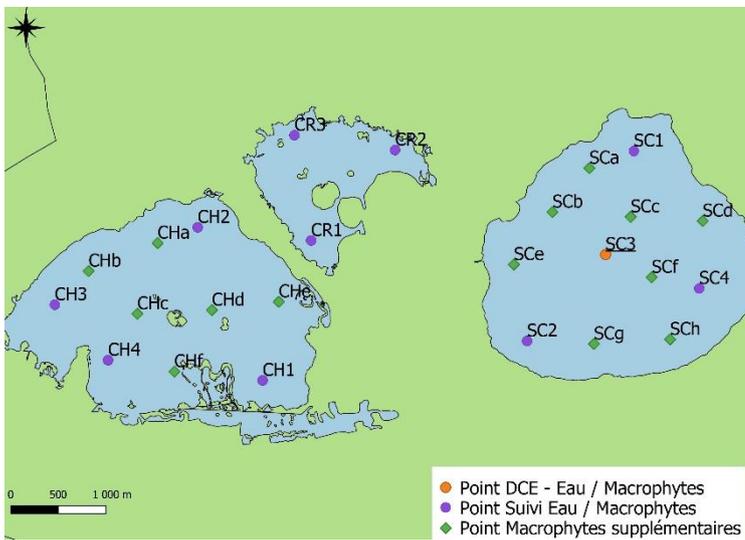


Figure E.1. Localisation des stations de mesure pour l'ensemble Charnier/Crey/Scamandre, la station de suivi DCE est soulignée (SC3).

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 d'une station située au centre de l'étang de Scamandre (SC3, Figure E1). Dix stations supplémentaires réparties sur les 3 étangs sont étudiées depuis 2013 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*). En 2021, 6 et 8 stations ont été rajoutées dans le Charnier et le Scamandre pour le suivi des macrophytes (en vert sur la Figure E.1).

Sur la période 2016-2021, l'état de la colonne d'eau comme celui du phytoplancton est « mauvais » au regard des grilles DCE pour les lagunes eu- et polyhalines (Tableaux E1 et E2). Il aurait été également qualifié de « mauvais » pour la physico-chimie et pour le phytoplancton avec les grilles pour les lagunes oligo et mésohalines (Tableaux E1 et E2). Selon l'indicateur macrophyte, l'état écologique du Scamandre, du Charnier et du Crey est médiocre (Tableau E3).

Tableau E.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	6,23	[6,19 – 6,27]	NID	6,23	[6,19 – 6,27]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,402	[0,393 – 0,412]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,402	[0,393 – 0,412]
NT	252,53	[251,94 – 253,12]	NT	252,53	[251,94 – 253,12]
PT	6,52	[6,49 – 6,56]	PT	6,52	[6,49 – 6,56]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau E.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,061	[0,060 – 0,062]	Biomasse	0,110	[0,109 – 0,112]
Abondance	0,015	[0,014 – 0,016]	Abondance	0,015	[0,014 – 0,016]
Phytoplancton	0,038	[0,037 – 0,039]	Phytoplancton	0,062	[0,061 – 0,063]

Tableau E.3. Macrophytes : état de la masse d'eau du Charnier/Crey/Scamandre en 2021 (stations de suivi DCE macrophytes uniquement).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe lagune (valeur DCE moyenne)	Classe masse d'eau (valeur DCE moyenne)
FRDT13h-1	Scamandre	SC1	13,00	3,00	0,00	53,08	Bon (0,7)	Médiocre (0,25)	Médiocre (0,31)
		SC2	0,00	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		
		SC3	0,33	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		
		SC4	0,00	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		
	Charnier	CH1	0,33	0,33	0,00	34,05	Mauvais (0,1)	Mauvais (0,1)	
		CH2	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CH3	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CH4	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
	Crey	CR1	18,67	18,67	0,00	41,27	Bon (0,7)	Bon (0,7)	
		CR2	62,33	32,67	0,00	41,27	Bon (0,7)		
		CR3	61,33	25,67	0,00	41,27	Bon (0,7)		

Tableau E.4. Macrophytes : état de la masse d'eau du Charnier/Crey/Scamandre en 2021, (toutes stations, les stations de suivi DCE macrophytes sont notées en gras).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe lagune (valeur DCE moyenne)	Classe masse d'eau (valeur DCE moyenne)
FRDT13h-1	Scamandre	<b>SC1</b>	13,00	3,00	0,00	53,08	<b>Bon (0,7)</b>	Médiocre (0,3)	Médiocre (0,27)
		<b>SC2</b>	0,00	0,00	0,00	53,08	<b>Mauvais (0,1)</b>		
		<b>SC3</b>	0,33	0,00	0,00	53,08	<b>Mauvais (0,1)</b>		
		<b>SC4</b>	0,00	0,00	0,00	53,08	<b>Mauvais (0,1)</b>		
		SCa	47,33	0,00	0,00	53,08	Bon (0,7)		
		SCb	43,00	0,33	0,00	53,08	Bon (0,7)		
		SCc	29,00	0,67	0,00	53,08	Bon (0,7)		
		SCd	0,67	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		
		SCe	3,33	0,33	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		
		SCf	0,33	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		
		SCg	0,00	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)		

	Charnier	SCh	0,00	0,00	0,00	53,08	Mauvais (0,1)	Mauvais (0,1)	
		CH1	0,33	0,33	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CH2	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CH3	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CH4	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CHa	1,00	1,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CHb	1,00	1,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CHc	1,33	1,33	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CHd	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CHe	2,00	2,00	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
		CHf	0,67	0,67	0,00	34,05	Mauvais (0,1)		
	Crey	CR1	18,67	18,67	0,00	41,27	Bon (0,7)	Bon (0,7)	
		CR2	62,33	32,67	0,00	41,27	Bon (0,7)		
CR3		61,33	25,67	0,00	41,27	Bon (0,7)			

Une augmentation des concentrations d'orthophosphates est observée en 2021, dont le critère correspondant passe de très bon à bon (Figure E.2). S'agissant de l'azote dissous (NID), les concentrations ne montrent aucune tendance significative. Les concentrations en azote total (NT) et en phosphore total (PT) demeurent très élevées, ce dernier paramètre semblant en légère augmentation avec l'indicateur correspondant qualifié de mauvais même au regard de la grille pour les lagunes oligo et mésohalines.

La biomasse de chlorophylle-a, diminuée en 2019 en passant en dessous de 20 µg/L, se trouve à nouveau augmentée en 2021, atteignant près de 50 µg/L en Août (Figure E.3). L'abondance du pico-phytoplancton montre cependant une diminution importante.

Les trois étangs ici considérés comme une seule masse d'eau présentent de larges différences en termes de caractéristiques physico-chimiques et de phytoplancton (Grillas et al. 2020). Les concentrations en nutriments généralement plus faibles observées à la station DCE du Scamandre (SC3) tendent à sous-estimer le niveau trophique des étangs du Crey et du Charnier. Une analyse propre à chaque étang et considérant l'ensemble des points échantillonnés est présentée en annexe.

Pour l'indicateur macrophyte, l'évaluation générale « médiocre » correspond à des situations assez contrastées selon les lagunes, voire au sein d'une même lagune pour le Scamandre (Tableau E.3).

Au niveau du Scamandre, les stations oscillent entre un état bon et mauvais. Le mauvais état est lié à la quasi absence de macrophytes (SC2, 3 et 4) et l'état bon correspond à des recouvrements plus ou moins importants de macrophytes des groupes 1, 2 et 3 associées à une forte turbidité minérale (SC 1).

Au niveau du Charnier, l'état écologique de l'ensemble des stations suivies est mauvais, du fait de la rareté extrême en macrophytes des groupes 1, 2 et 3.

L'état écologique du Crey est quant à lui bon pour les trois stations suivies du fait du recouvrement important de macrophytes des groupes 1, 2 et 3 (notamment *S. pectinata* et *Chara intermedia*) et des fortes

concentrations en MES minérales. On notera également la découverte de *Nitellopsis obtusa*, une characée rare des milieux mésotrophes en 2021 dans cette lagune.

La prise en compte des points de suivis complémentaires (Tableau E.4) ne change pas la classe de la masse d'eau ni celle des lagunes. Ils confirment le bon état écologique de la partie nord du Scamandre (SCa, b et c), contrairement au reste de la lagune, systématiquement en mauvais état ailleurs, ainsi que le mauvais état du Charnier.

Le recouvrement en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 est très faiblement recouvrant sur les stations DCE depuis 2013 au niveau du Scamandre, ceux des groupes 4 et 5 sont quasi inexistantes en 2017 et 2021 contrairement à 2013 (Figure E.4). Cette diminution va de pair avec une diminution du phytoplancton (chl-a) depuis 2017.

Le recouvrement en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 est très faiblement recouvrant et fluctuants sur les stations DCE depuis 2013 au niveau du Charnier, ceux des groupes 4 et 5 sont quasi inexistantes en 2017 et 2021 contrairement à 2013 (Figure E.5). L'effondrement des macrophytes des groupes 4 et 5 depuis 2013 et des groupes 1, 2 et 3 depuis 2017 sont difficiles à interpréter même s'ils sont à relier à une augmentation notable de l'azote total et du phytoplancton depuis 2013.

Au Crey, le recouvrement en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 est important sur les stations DCE et semble se maintenir en 2021, suite à leur augmentation observée en 2017. Les macrophytes des groupes 4 et 5 sont quasi inexistantes en 2017 et 2021 contrairement à 2013 (Figure E.6). Cette situation semble bien traduire une amélioration de l'état écologique de cette lagune, allant de pair avec une diminution du phytoplancton (Chl-a) depuis 2017. En 2021, le Crey répond aux exigences de la DCE pour les macrophytes.

**Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « Scamandre/Creys/Charnier » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques, les macrophytes et le phytoplancton.**

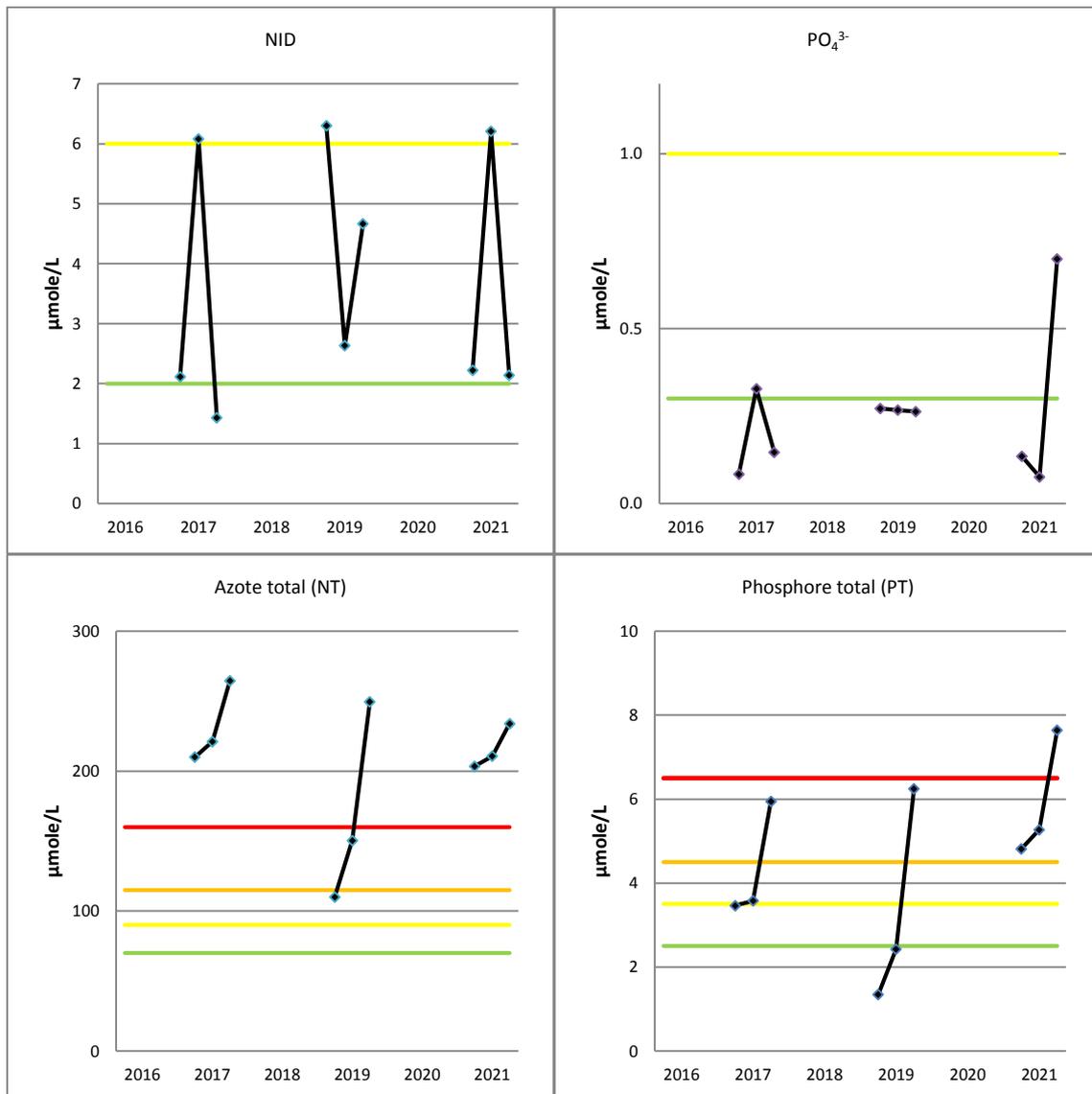


Figure E.2. Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mole/L}$ ) des étés 2017 à 2021 au Scamandre.

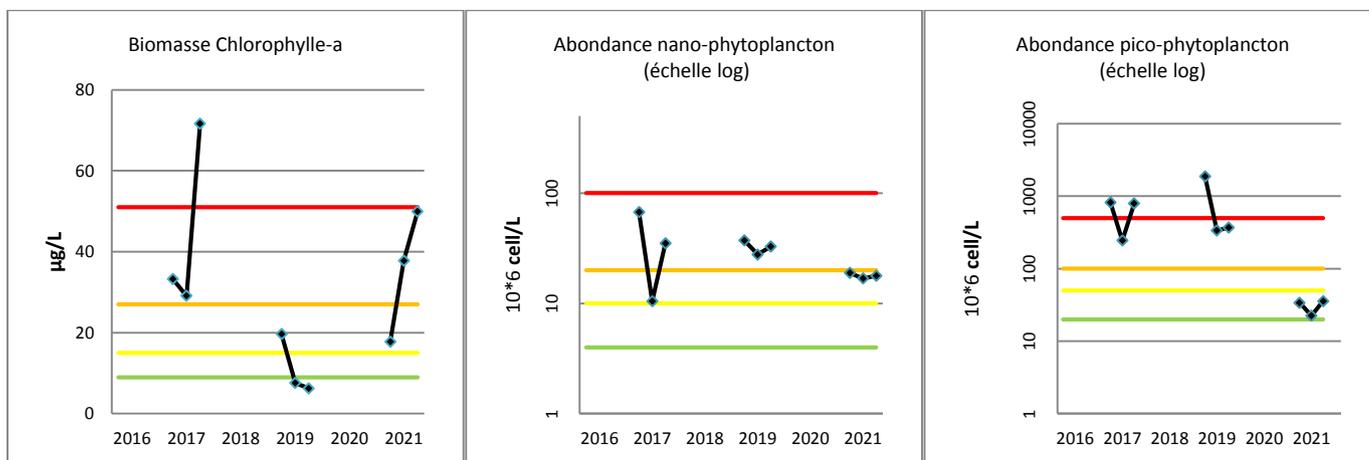


Figure E.3. Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2017 à 2021 au Scamandre.

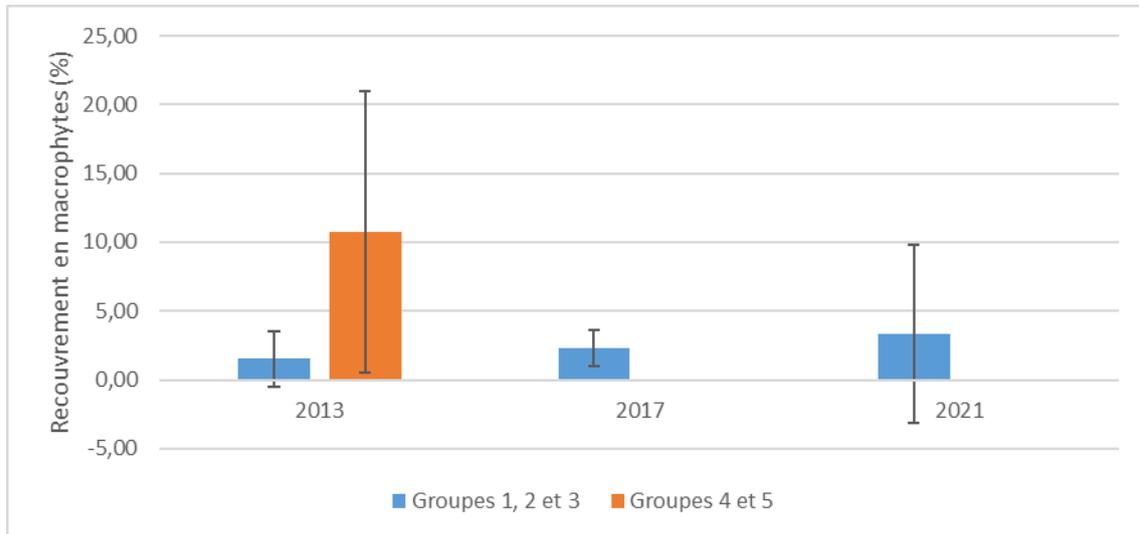


Figure E.4. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en Macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour le Scamandre depuis 2013 (4 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

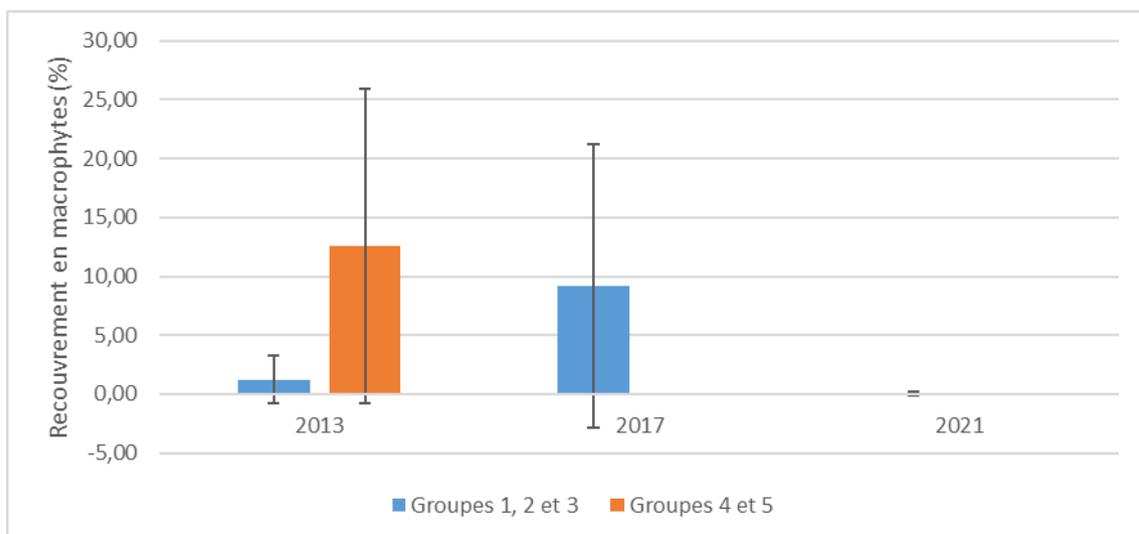


Figure E.5. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en Macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour le Charnier depuis 2013 (4 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

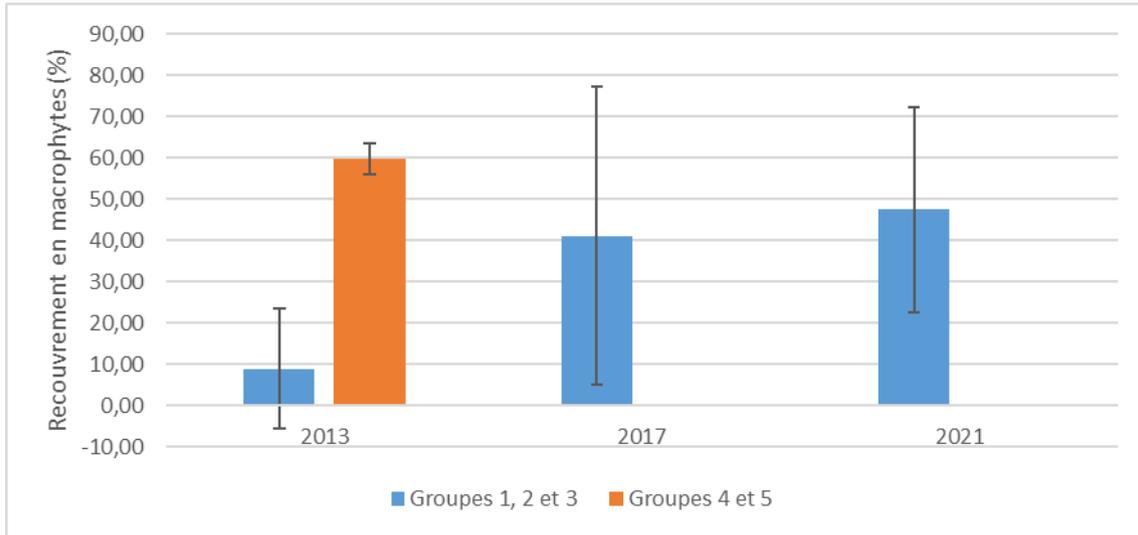


Figure E.6. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en Macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour le Crey depuis 2013 (3 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

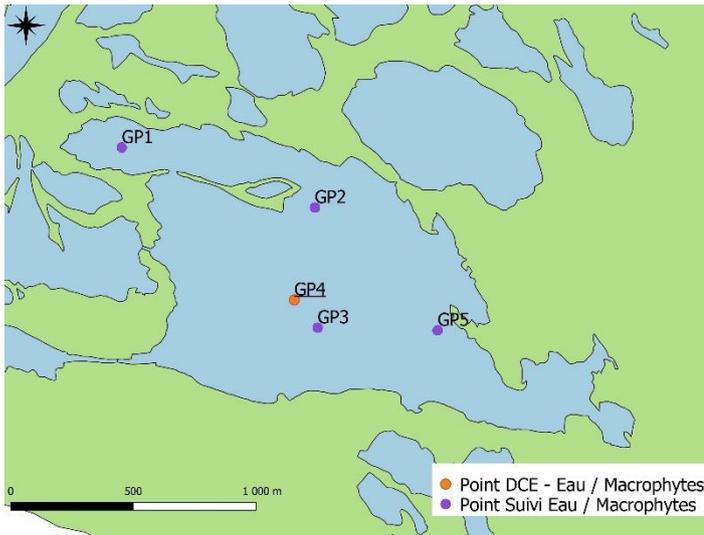


Figure F.1. Localisation des stations de mesure pour la Grand Palun, la station de suivi DCE est soulignée (GP4).

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

L'état de la colonne d'eau est « mauvais » et celui du phytoplancton « bon » au regard des grilles DCE pour les lagunes eu- et polyhalines sur la période 2012-2017 (Tableaux F.1 et F.2). Ces états ne seraient pas différents en utilisant la grille pour les lagunes oligo et mésosalines.

Concernant les macrophytes, l'état est « bon » (Tableau F.3)

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour

Tableau F.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	20,60	[20,22 – 20,99]	NID	20,60	[20,22 – 20,99]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,228	[0,226 – 0,330]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,228	[0,226 – 0,330]
NT	82,23	[81,38 – 83,09]	NT	82,23	[81,38 – 83,09]
PT	3,52	[3,491 – 3,545]	PT	3,52	[3,491 – 3,545]
<b>Etat physico-chimique</b>			<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau F.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9)

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,401	[0,389 – 0,412]	Biomasse	0,722	[0,702 – 0,742]
Abondance	0,683	[0,673 – 0,693]	Abondance	0,683	[0,673 – 0,693]
<b>Phytoplancton</b>	0,542	[0,534 – 0,550]	<b>Phytoplancton</b>	0,702	[0,691 – 0,714]

Tableau F.3. Macrophytes : état pour la Palissade en 2021 (stations de suivis DCE macrophytes uniquement).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV <i>S.pectinata</i> (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Classe masse d'eau (valeur DCE moyenne)
FRDT14c-1	Grand Palun	GP1	96,00	69,78	44,00	19,07	Médiocre (0,3)	Bon (0,62)
		GP2	18,89	14,44	29,56	19,07	Bon (0,7)	
		GP3	12,89	11,78	16,67	19,07	Bon (0,7)	
		GP4	37,56	27,78	11,33	19,07	Bon (0,7)	
		GP5	60,44	20,67	12,89	19,07	Bon (0,7)	

Le critère physico-chimique le plus déclassant demeure l'azote inorganique dissous (NID) : ce résultat reste largement lié au pic important observé en 2017 (Figure F.2), qui résulte en un état de la colonne d'eau caractérisé comme « mauvais ». Il est fort probable que l'influence du Rhône sur cet étang soit la cause des fluctuations en NID observées.

La concentration en orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ) diminue encore en 2021 : l'état correspondant en demeure « très bon ». Par rapport à 2019, la concentration en phosphore total (PT) est légèrement augmentée en 2021, engendrant un changement de l'état correspondant qui passe de « bon » en 2019 à « moyen » en 2021, en considérant aussi bien la grille pour les lagunes eu- et polyhalines que la grille adaptée aux lagunes oligo et mésahalines.

L'abondance du pico-phytoplancton montre une tendance à la hausse entre 2017 et 2021 (Figure F.3). La biomasse de chlorophylle-a, qui avait connu un pic en Juillet 2019, revient à des concentrations plus faibles : l'état du phytoplancton passe ainsi de « médiocre » en 2019 à « bon » en 2021.

L'état écologique de la Palissade est bon selon l'indicateur macrophytes (Tableau F.3). Seule une station suivie possède un état médiocre, du fait de la forte contribution de *S. pectinata* dans le recouvrement des macrophytes des groupes 1, 2 et 3 ainsi que du fort recouvrement des macrophytes des groupes 4 et 5 (44%).

Depuis 2013, le recouvrement en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 est en progression pour la Palissade alors que le recouvrement en macrophytes des groupes 4 et 5 semble plus stable (Figure F.4). Cette situation correspond à une amélioration de l'état écologique de cette lagune pour l'indicateur macrophytes.

**Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « La Palissade » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques.**

**En 2021, la Palissade répond aux exigences de la DCE pour le phytoplancton et les macrophytes.**

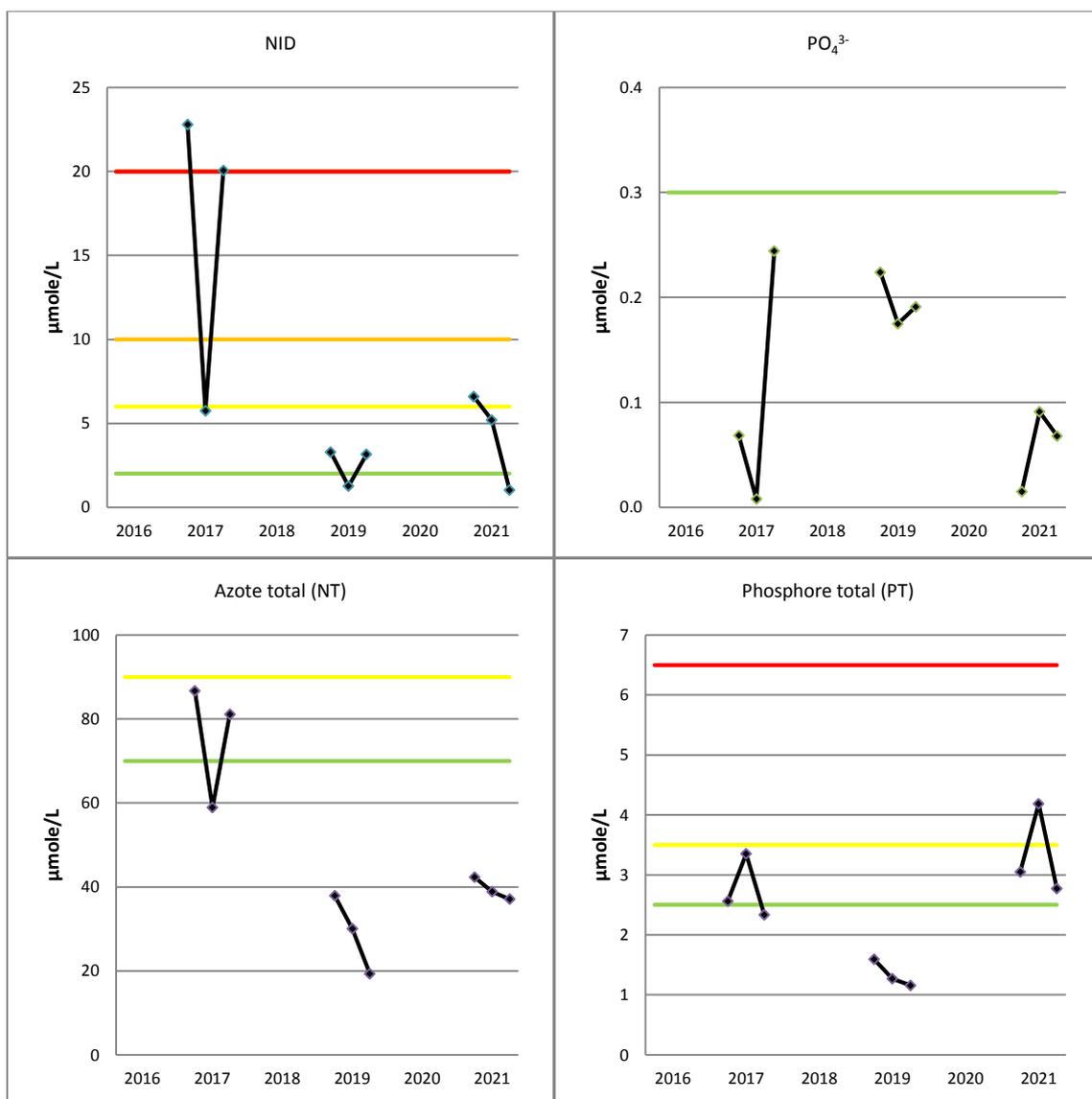


Figure F.2. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2017 à 2021 à la Palissade.

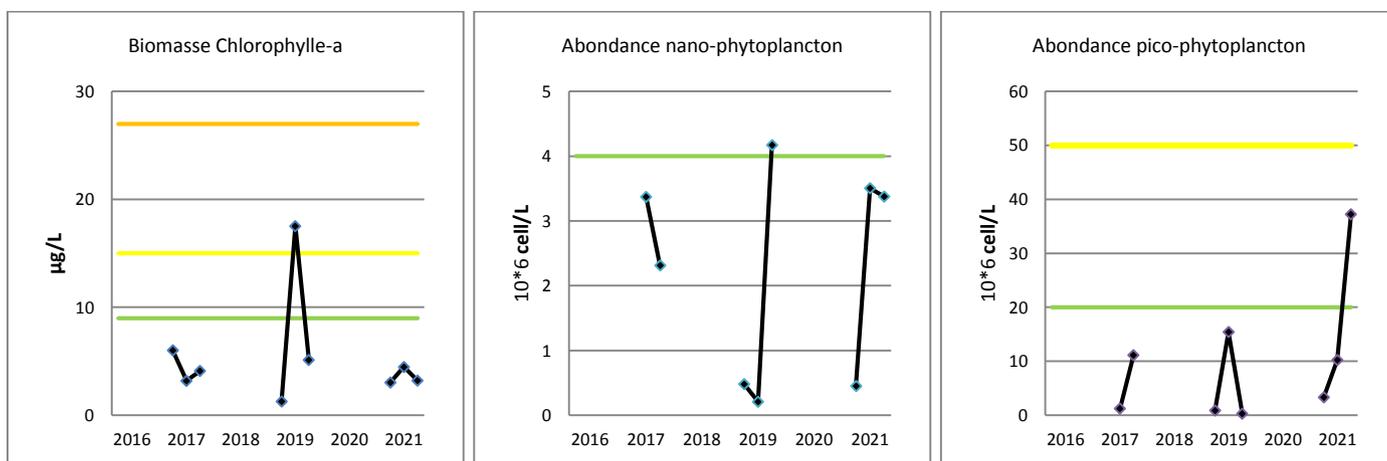


Figure F.3. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2017 à 2021 à la Palissade.

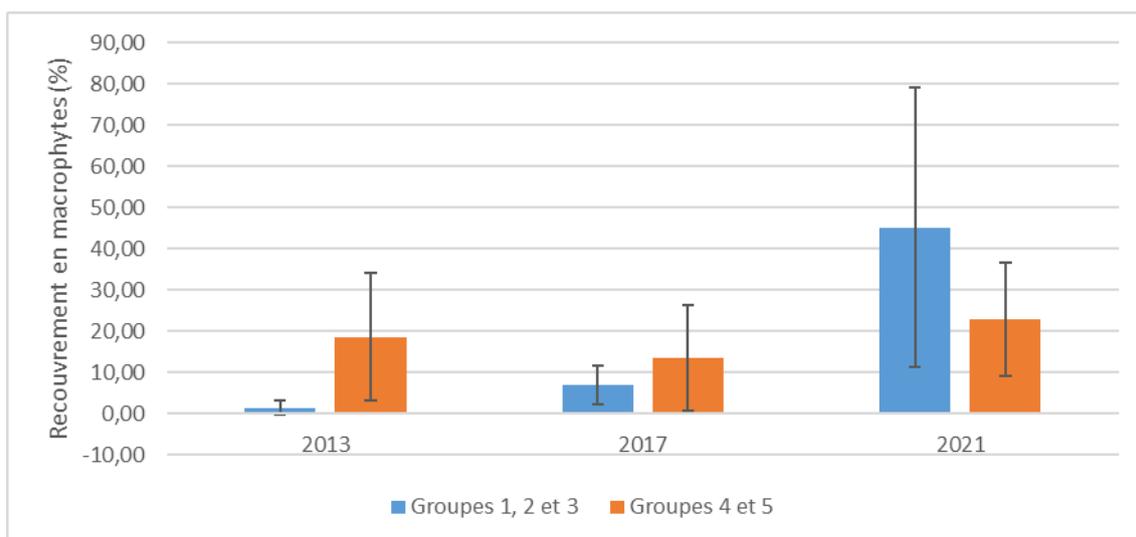


Figure F.4. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en Macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour la Palissade depuis 2013 (5 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

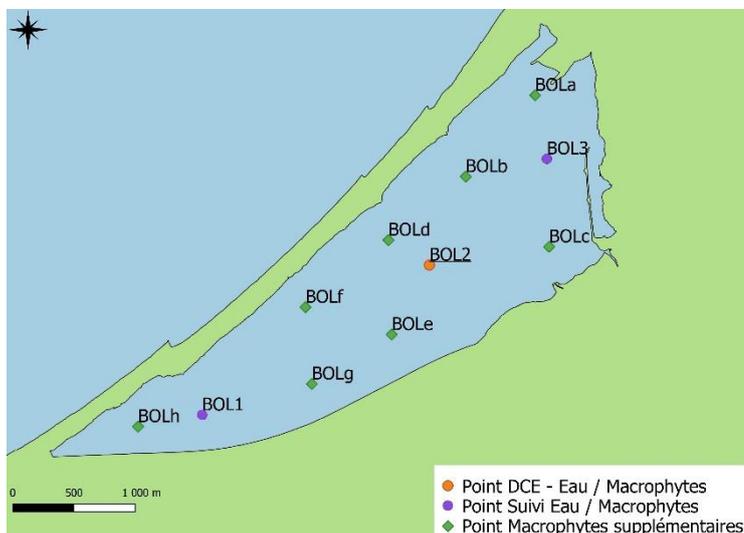


Figure G.1. Localisation des stations de mesure pour le Bolmon, la station de suivi DCE est soulignée (BOL2).

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour l'étang de Bolmon est diagnostiqué pour la DCE au niveau d'une station située au centre (BOL2, Figure G.1). Deux stations supplémentaires sont étudiées depuis 2013 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*). En 2021, 8 stations ont été rajoutées pour le suivi des macrophytes (en vert sur la Figure G.1).

L'état de la colonne d'eau est « mauvais » comme celui du phytoplancton au regard des grilles DCE pour les lagunes eu- et polyhalines sur la période 2016-2021 (Tableaux G.1 et G.2). L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton ne serait pas différent en utilisant la grille pour les lagunes oligo et mésohalines.

L'état écologique du Bolmon est mauvais selon l'indicateur macrophytes (Tableau G.3)

Tableau G.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	53,82	[52,53 – 55,11]	NID	53,82	[52,53 – 55,11]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,598	[0,593 – 0,602]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,598	[0,593 – 0,602]
NT	234,26	[233,47 – 235,04]	NT	234,26	[233,47 – 235,04]
PT	11,68	[11,65 – 11,70]	PT	11,68	[11,65 – 11,70]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau G.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9)

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,041	[0,040 – 0,042]	Biomasse	0,072	[0,072 – 0,075]
Abondance	0,002	[0,001 – 0,003]	Abondance	0,002	[0,001 – 0,003]
Phytoplancton	0,021	[0,020 – 0,022]	Phytoplancton	0,038	[0,037 – 0,039]

Tableau G.3. Macrophytes : état de la masse d'eau du Bolmon en 2021 (stations de suivi DCE macrophytes uniquement).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Classe station (valeur DCE)	Classe masse d'eau (valeur DCE moyenne)
FRDT15c-1	Bolmon	BOL1	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	Mauvais (0,1)
		BOL2	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOL3	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	

Tableau G.4. Macrophytes : état de la masse d'eau du Bolmon en 2021, (toutes stations, les stations de suivi DCE macrophytes sont notées en gras).

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Classe station (valeur DCE)	Classe masse d'eau (valeur DCE moyenne)
FRDT15c-1	Bolmon	<b>BOL1</b>	0,00	0,00	0,00	18,01	<b>Mauvais (0,1)</b>	Mauvais (0,1)
		<b>BOL2</b>	0,00	0,00	0,00	18,01	<b>Mauvais (0,1)</b>	
		<b>BOL3</b>	0,00	0,00	0,00	18,01	<b>Mauvais (0,1)</b>	
		BOLa	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLb	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLc	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLd	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLe	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLf	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLg	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	
		BOLh	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais (0,1)	

A l'azote et au phosphore total, critères physico-chimiques habituellement les plus déclassants dans la colonne d'eau, s'ajoute, en 2021, l'azote inorganique dissous (NID), dont l'état correspondant passe de médiocre à mauvais suite à une concentration atteignant un pic important en Juillet 2021 (Figure G.2).

L'état du phytoplancton demeure également dégradé : si aucune tendance claire n'est visible en termes de biomasse de chlorophylle-a et d'abondance de pico-phytoplancton sur la période 2016-2021, l'abondance de nano-phytoplancton est en augmentation dans l'ensemble des échantillons réalisés en 2021 (Figure G.3). L'état trophique de la lagune reste très dégradé compte tenu de la forte anthropisation du bassin versant et des nombreuses sources de pollution environnantes.

L'état écologique du Bolmon est mauvais selon l'indicateur macrophytes. L'absence totale de macrophytes sur les stations DCE (Tableau G.3) en est responsable. Les huit nouvelles stations de suivi des macrophytes échantillonnées cette année ont permis de confirmer cette situation (Tableau G.4).

L'extrême rareté des macrophytes, tous groupes confondus sur le Bolmon depuis 2013 (Stations DCE) s'illustre en 2021 par une absence totale d'observation. Cette situation s'explique par les fortes concentrations en azote et en phosphore total. L'abondance en phytoplancton (biomasse chlorophylle-a dans l'eau) nous indique que cette lagune se maintient dans un état d'eutrophisation avancé, défavorable à l'expression de macrophytes.

**Sur la période 2016-2021, la masse d'eau « Bolmon » ne répond pas aux exigences de la DCE pour les caractéristiques physico-chimiques, le phytoplancton et les macrophytes.**

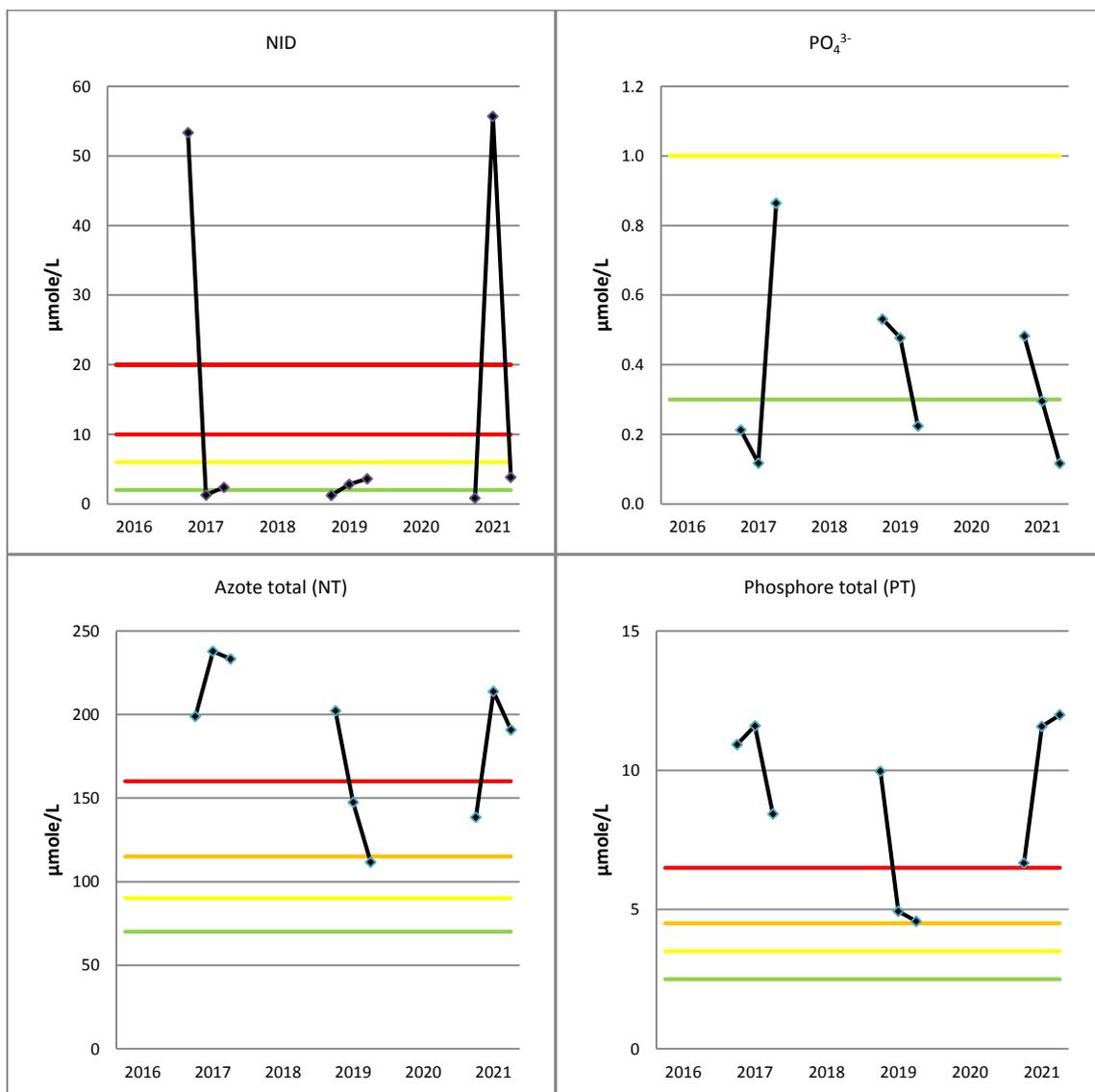


Figure G.2. Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mole/L}$ ) des étés 2017 à 2021 au Bolmon.

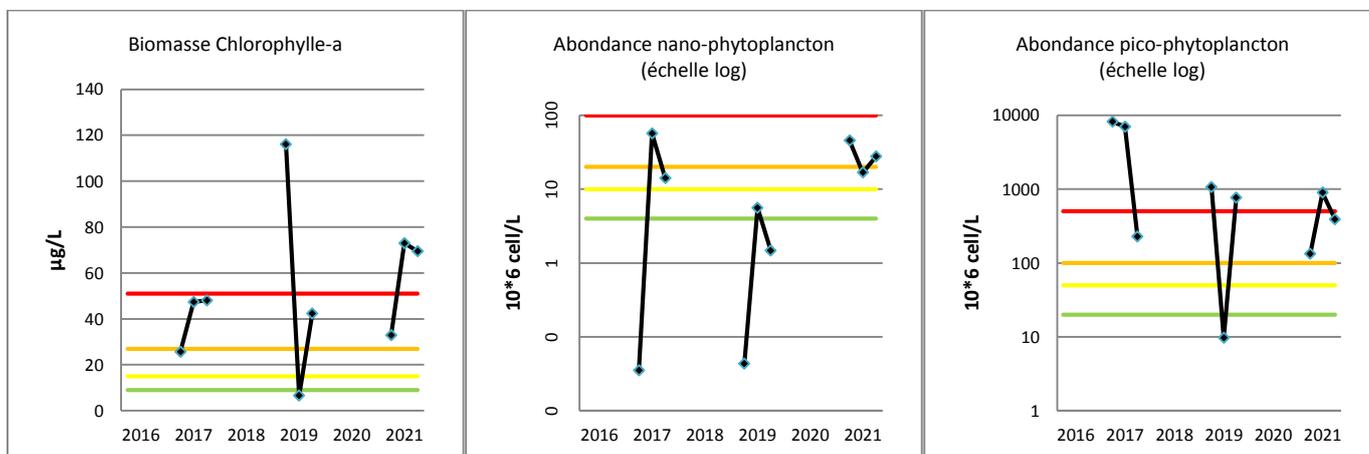


Figure G.3. Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2017 à 2021 au Bolmon.

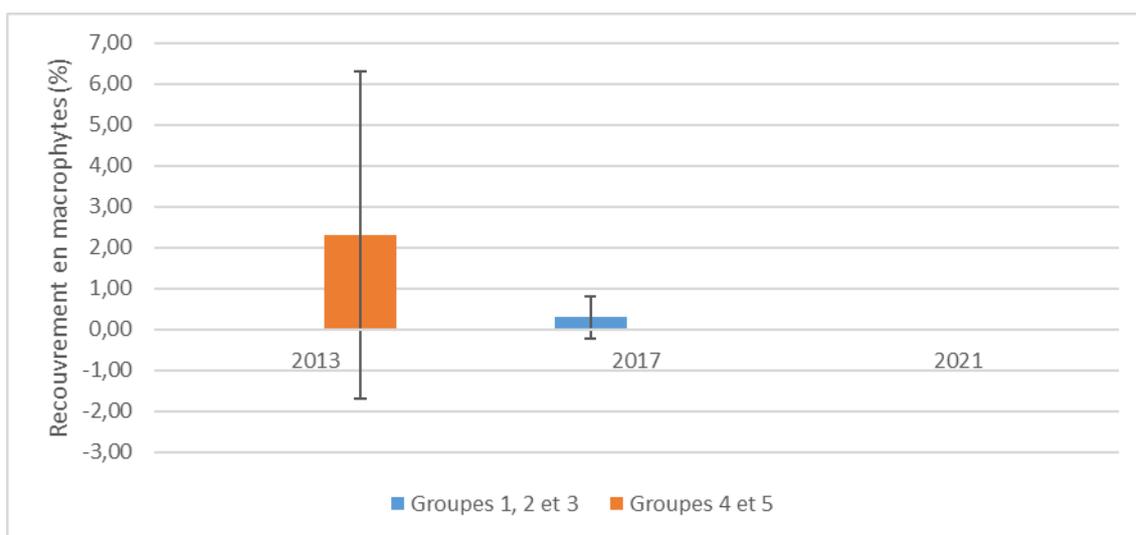


Figure G.4. : Evolution du recouvrement cumulé moyen en Macrophytes des groupes indicateurs du bon état écologique des lagunes (G1, 2 et 3) et en macrophytes indicateur d'eutrophisation (G4 et 5) pour le Bolmon depuis 2013 (3 stations macrophytes DCE suivies). Les barres d'erreurs correspondent à l'écart type.

## 5.1. Effet de l'augmentation du nombre de stations sur l'indicateur macrophytes

Le nombre de stations échantillonnées pour l'indicateur macrophytes a été augmenté pour quatre des neuf lagunes suivies, il s'agit du Bolmon, du Charnier, du Scamandre et de Vendres (Tableau 4).

Nous allons ici évaluer l'effet de cette augmentation sur les métriques de l'indicateur macrophytes, à savoir leur recouvrement en distinguant les macrophytes des groupes 1, 2 et 3 des macrophytes des groupes 4 et 5.

Pour cela, nous comparerons :

- Leur recouvrement moyen,
- L'écart type de leur recouvrement, représentant la dispersion et donc la variabilité de ces valeurs sur l'ensemble des stations,
- L'intervalle de confiance autour du recouvrement moyen en macrophytes dans chaque lagune, indiquant la précision de son estimation. La précision de l'estimation est d'autant plus précise que l'intervalle est petit.

Malgré le passage de 3 à 11 stations suivies pour le Bolmon, aucun macrophyte n'a été observé dans cette lagune en 2021. Dans cette situation, l'augmentation du nombre de stations n'est donc pas informative. Toutefois, elle permet d'augmenter les chances de détection des macrophytes en cas de développement d'un herbier. Dans la mesure où le suivi de ces 11 points n'est pas très chronophage (absence d'observation), nous préconisons pour les prochaines campagnes de conserver ces points dans l'espoir d'un développement futur des herbiers au Bolmon. Dans ce cas, le nombre de points nécessaires à la bonne estimation du recouvrement des herbiers pourra alors être réévalué.

Concernant le Charnier, l'augmentation du nombre de stations (passage de 4 stations suivies à 10 en 2021) s'accompagne, pour les macrophytes des groupes 1, 2 et 3, d'un changement du recouvrement moyen, de l'écart-type et des intervalles de confiances associés à la moyenne. Si ces changements sont réels, ils concernent des faibles valeurs puisque les macrophytes sont très peu recouvrant au sein de chacune des stations suivies (Figure 3). L'augmentation du nombre de points n'a donc pas ici d'influence sur la note finale de la lagune (mauvaise pour toutes les stations suivies). Par ailleurs, aucun macrophyte des groupes 4 et 5 n'a été observé quel que soit le nombre de points. De même que pour le Bolmon, nous préconisons de conserver ces points dans l'espoir d'un développement futur des herbiers au Charnier. Dans ce cas, le nombre de points nécessaires à la bonne estimation du recouvrement des herbiers pourra alors être réévalué.

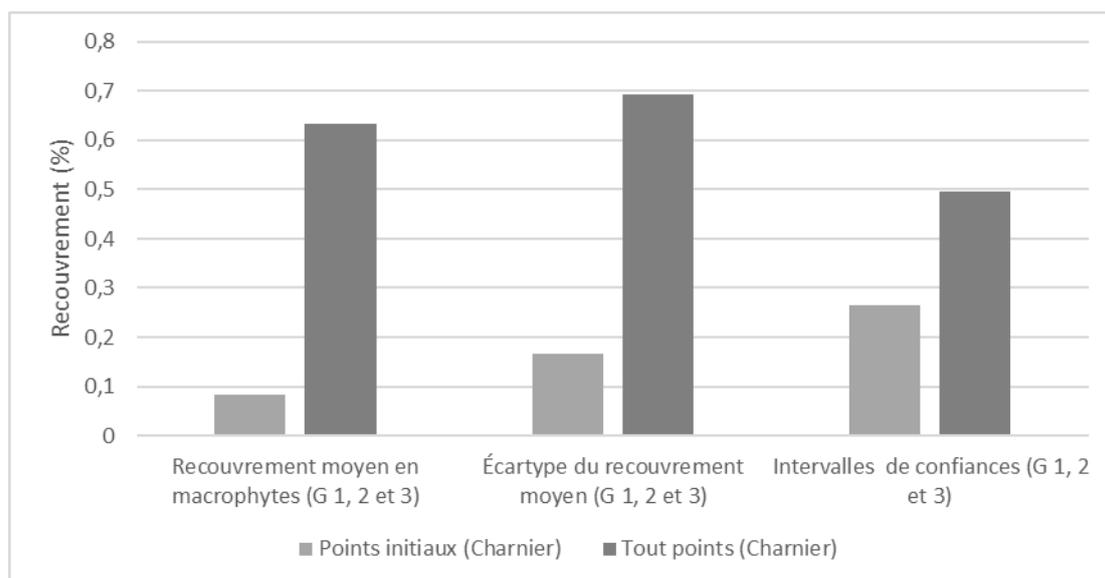


Figure 3 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=10) en 2021 pour le Charnier.

En ce qui concerne le Scamandre, l'augmentation du nombre de stations (passage de 4 stations suivies à 12 en 2021) s'accompagne, pour les macrophytes des groupes 1, 2 et 3, d'une augmentation sensible du recouvrement moyen, de l'écart-type mais pas des intervalles de confiances (Figure 4). L'augmentation du nombre de stations permet ici une amélioration de la prise en compte de la variabilité du recouvrement de ces herbiers, sans impacter la précision de l'estimation (pas de changement notable des intervalles de confiance). Cette meilleure prise en compte induit une modification de la note finale mais n'a pas d'incidence sur l'évaluation globale de la lagune (pas de changement de classe de l'état écologique). Aucun macrophyte des groupes 4 et 5 n'a été observé quel que soit le nombre de points.

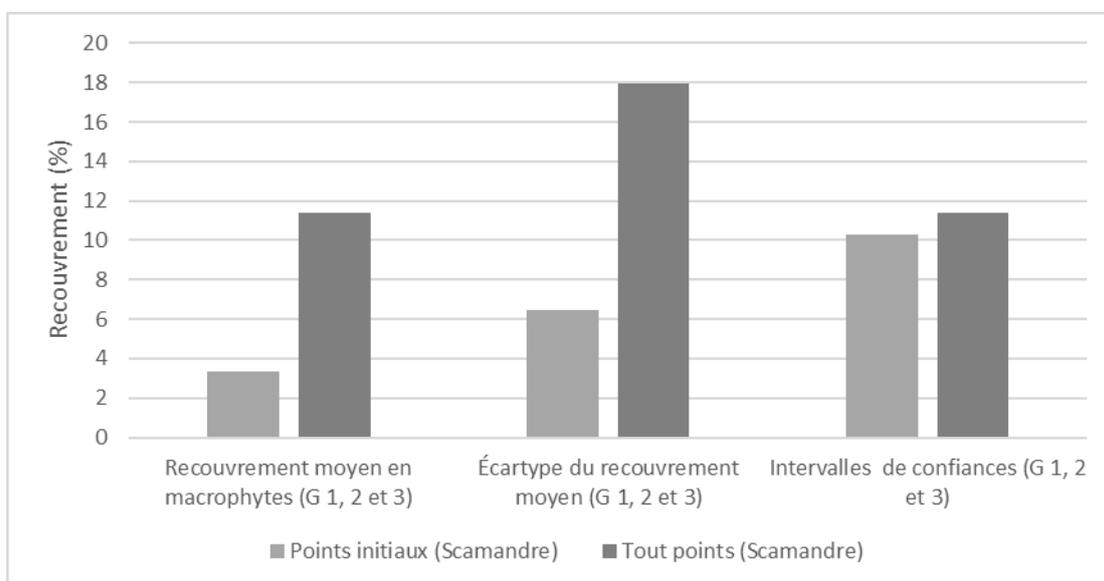


Figure 4 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=12) en 2021 pour le Scamandre.

L'augmentation du nombre de points sur la lagune de Vendres (passage de 4 stations suivies à 13 en 2021) n'a pas d'effet notable sur la valeur du recouvrement moyen estimé ni de son écart type. En revanche, les intervalles de confiance sont sensiblement réduits, traduisant une amélioration de l'estimation du recouvrement moyen des macrophytes (groupes 1, 2 et 3) dans cette lagune (figure 5).

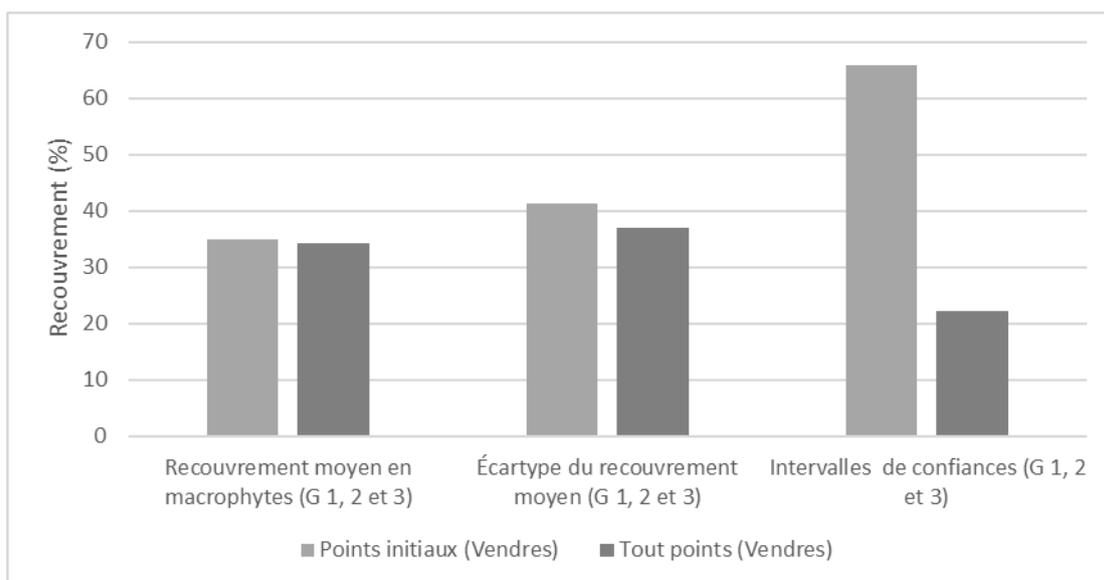


Figure 5 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=12) en 2021 pour Vendres.

En revanche, l'augmentation du nombre de stations suivies va de pair avec une diminution du recouvrement moyen en macrophytes des groupes 4 et 5 ainsi que de son écart type et des intervalles de confiance

associées. L'augmentation du nombre de points change la valeur du paramètre mesuré (recouvrement moyen) et améliore également la précision de son estimation (figure 6).

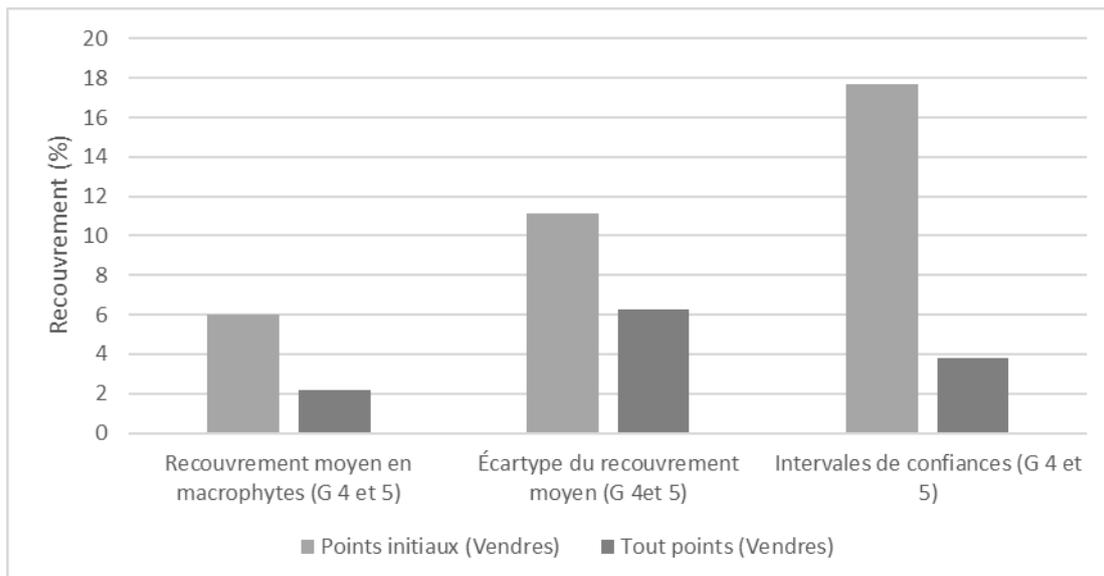


Figure 6 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 4 et 5 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=12) en 2021 pour Vendres.

Toutefois, si l'augmentation du nombre de points induit une modification de la note finale, elle n'implique pas un changement de l'évaluation globale de la lagune (médiocre).

En conclusion l'augmentation du nombre de points pour une partie des lagunes suivies à des effets variables selon les situations : changement de l'estimation du recouvrement moyen en macrophytes, de sa variabilité et/ou des intervalles de confiance (traduisant un changement dans la variabilité des données et la précision de l'estimation). Dans tous les cas, cette augmentation du nombre de points améliore la qualité des données de suivi et nous permet d'augmenter les chances de détection de macrophytes pour les lagunes qui en sont aujourd'hui exemptes. Historiquement, les points de suivi des macrophytes ont été disposés afin de suivre des situations contrastées au sein des lagunes. Aujourd'hui, l'augmentation du nombre de points permet d'avoir une vision plus représentative de l'ensemble de la pièce d'eau, ce qui correspond mieux aux objectifs de suivi de ces milieux. Enfin, dans la mesure où cette pression d'échantillonnage est réalisable et acceptable en termes d'effort de travail, **l'ensemble des points suivi en 2021 pourrait être conservé.**

## 5.2 Bilan des résultats concernant l'indicateur macrophytes

**Tableau 10** : Etat des lagunes pour les macrophytes en 2021, regroupées par masse d'eau, pour l'ensemble des stations macrophytes DCE suivies en 2021. RV (G1+G2+G3) = recouvrement des espèces des groupes 1 à 3 ; RV (G4+G5) = recouvrement des espèces des groupes 4 à 5.

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Valeur classe DCE	Classe Lagune (moyenne)	Classe masse d'eau DCE (moyenne)
FRDT05b-1	Campagnol	CAM	15,67	0,00	64,00	12,14	Moyen	0,5	0,50	Moyen
		CAM1	35,00	0,00	77,33	12,14	Moyen	0,5		
		CAM2	39,00	0,00	85,67	12,14	Moyen	0,5		
		CAM3	60,00	0,00	49,33	12,14	Moyen	0,5		
		CAM5	15,67	0,00	95,67	12,14	Moyen	0,5		
FRDT08-1	Vendres	VDR11	1,33	1,33	0,00	53,05	Mauvais	0,1	0,35	Médiocre
		VDR2	87,00	83,67	22,67	53,05	Moyen	0,5		
		VDR6	49,33	48,67	1,33	53,05	Bon	0,7		
		VDR9	2,00	2,00	0,00	53,05	Mauvais	0,1		
FRDT09-1	Bagnas	BAN1	98,00	98,00	0,00	7,81	Moyen	0,5	0,50	Moyen
		BAN4	94,89	94,89	0,00	7,81	Moyen	0,5		
		BAN5	99,56	99,56	13,33	7,81	Moyen	0,5		
		BAN6	94,67	94,67	0,00	7,81	Moyen	0,5		
FRDT13e-1	Marette	MARN	0,00	0,00	0,00	56,69	Mauvais	0,1	0,10	Mauvais
		MARN2	0,33	0,00	0,00	56,69	Mauvais	0,1		
		MARS	0,00	0,00	0,00	56,69	Mauvais	0,1		
		MARS5	0,00	0,00	0,00	56,69	Mauvais	0,1		
FRDT13h-1	Scamandre	SC1	13,00	3,00	0,00	53,08	Bon	0,7	0,25	Médiocre
		SC2	0,00	0,00	0,00	53,08	Mauvais	0,1		
		SC3	0,33	0,00	0,00	53,08	Mauvais	0,1		

Masse d'eau DCE	Lagunes	Station	RV G1 + G2 + G3 (%)	RV S.pectinata (%)	RV G4+G5 (%)	MES minérale (mg/l)	Notation	Valeur classe DCE	Classe Lagune (moyenne)	Classe masse d'eau DCE (moyenne)
	Charnier	SC4	0,00	0,00	0,00	53,08	Mauvais	0,1	0,10	Mauvais
		CH1	0,33	0,33	0,00	34,05	Mauvais	0,1		
		CH2	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais	0,1		
		CH3	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais	0,1		
		CH4	0,00	0,00	0,00	34,05	Mauvais	0,1		
	Crey	CR1	18,67	18,67	0,00	41,27	Bon	0,7	0,70	Bon
		CR2	62,33	32,67	0,00	41,27	Bon	0,7		
		CR3	61,33	25,67	0,00	41,27	Bon	0,7		
	FRDT14c-1	Grand Palun	GP1	96,00	69,78	44,00	19,07	Médiocre	0,3	0,62
GP2			18,89	14,44	29,56	19,07	Bon	0,7		
GP3			12,89	11,78	16,67	19,07	Bon	0,7		
GP4			37,56	27,78	11,33	19,07	Bon	0,7		
GP5			60,44	20,67	12,89	19,07	Bon	0,7		
FRDT15c-1	Bolmon	BOL1	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais	0,1	0,10	Mauvais
		BOL2	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais	0,1		
		BOL3	0,00	0,00	0,00	18,01	Mauvais	0,1		

## 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., Schwartz 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., Schwartz 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
- 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., Rimbault 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/>
- Dutartre, A. & Bertrin, V., 2009. Méthodologie d'étude des macrophytes en plans d'eau. Mise en œuvre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau. Cemagref, Unité de Recherche Réseaux, Epuration et Qualité des Eaux. Version 3.2, 28 p.
- 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 mésohalines - 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.
- 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 65p.
- Lauret, M., Oheix, J., Derolez, V., & Laugier, T., 2011. Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes lagunaires du Languedoc Roussillon. Réseau de Suivi Lagunaire (Ifremer, Cépralmar, Agence de l'Eau RM&C, Région Languedoc Roussillon). 77 p.
- 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](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>
- Neto, J. M., Gaspar, R., Pereira, L., & Marques, J. C. 2012. Marine Macroalgae Assessment Tool (MarMAT) for intertidal rocky shores. Quality assessment Under the scope of European Water Framework Directive. Ecological Indicators 19, 39-47.
- Orfanidis, S., Panayotidis, P., & Ugland, K. I., 2011. Ecological evaluation Index continuous formula (EEI-c) application : a step forward for functional groups, the formula and reference condition values. Mediterranean Marine Science 12/1 199- 231.
- 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.
- Sanchez, A.E. & Grillas, P., 2012. Indicateur Macrophytes dans les Lagunes Oligo et Mésó-halines. Onema, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, Ifremer et Tour du Valat. 72p.
- Sanchez, A., Grillas, P., 2014. Mise au point d'un indicateur DCE compatible pour les lagunes oligo et mésohalines, 80p.
- 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.
- Sfriso, A., Facca, C., & Ghetti, P. F., 2007. Rapid Quality Index (R-MaQI), bases mainly on macrophyte associations, to assess the ecological status of Mediterranean transitional environments. Chemistry and ecology 23, 493-503.
- Sfriso, A., Facca, C., & Ghetti, P. F., 2009. Validation of the Macrophyte Quality Index (MaQI) set up to assess the ecological status of Italian marine transitional environments. Hydrobiologia 617, 117-141.
- Veraart, J.A., Groot, R.S., Perell, G., Riddiford, N.J. & Roijackers, R., 2004. Selection of (bio) indicators to assess effects of freshwater use in wetlands: a case study of s'Albufera de Mallorca, Spain. Regional Environmental Change 4, 107-117



## 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 <i>et al.</i> , 2015) .....	4
Figure 2. Localisation des lagunes oligo-mésohalines de la façade méditerranéenne. ....	6
Figure 3 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=10) en 2021 pour le Charnier.....	49
Figure 4 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=12) en 2021 pour le Scamandre. ....	50
Figure 5 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 1, 2 et 3 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=12) en 2021 pour Vendres.....	50
Figure 6 : Recouvrement (moyenne, écart type et intervalles de confiance) en macrophytes des groupes 4 et 5 sur les points initiaux (n=4) et tous les points (n=12) en 2021 pour Vendres.....	51

## 8. Liste des tableaux

---

Tableau 1. Stations suivies en 2021 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.....	7
Tableau 2. Grilles de diagnostic de l'état physico-chimique des masses d'eau ; a) grille DCE pour les masses d'eau lagunaires ; b) grille proposée pour le cas spécifique des lagunes oligo- et mésohalines.....	11
Tableau 3. Grilles de diagnostic de l'état du phytoplancton ; (a) grilles DCE pour les masses d'eau lagunaires ; (b) grilles proposées pour le cas spécifique des lagunes oligo- et mésohalines.....	12
Tableau 4 : Nombre de points et date des inventaires macrophytes par lagunes (2013-2021).....	13
Tableau 5. Méthode d'évaluation de l'abondance relative des espèces récoltées au râteau .....	14
Tableau 6 : Groupes d'espèces selon leur valeur indicatrice.....	14
Tableau 7. Indicateur macrophytes (Grillas <i>et al.</i> 2017) RV (G1+G2+G3) = recouvrement des espèces des groupes 1 à 3 ; RV (G4+G5) = recouvrement des espèces des groupes 4 à 5, indicatrices d'eutrophisation .....	15
Tableau 8. Précipitations pendant la période d'étude ; a) précipitations mensuelles pendant le cycle hydrologique Septembre 2020 – Août 2021 et b) précipitations annuelles sur la période 2010 - 2011 à 2020 – 2021. Source : <a href="http://www.infoclimat.fr">www.infoclimat.fr</a> .....	16
Tableau 9. Synthèse des évaluations depuis 2017 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 2021 soumises aux grilles pour les « Lagunes poly et euhalines » et pour les « Lagunes oligo et mésohalines ». ....	17
Tableau 10 : Etat des lagunes pour les macrophytes en 2021, regroupées par masse d'eau, pour l'ensemble des stations suivies en 2021. RV (G1+G2+G3) = recouvrement des espèces des groupes 1 à 3 ; RV (G4+G5) = recouvrement des espèces des groupes 4 à 5. ....	52

## 9. Annexes

---

**Campagne de surveillance 2021 de l'état DCE des lagunes méditerranéennes oligo- et mésohalines françaises pour la physico-chimie, le phytoplancton et les macrophytes**

# **ANNEXES**

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

## Campagnol

Tableau A.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2021 pour Campagnol soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	6,44	[6,30 – 6,58]	<i>NID</i>	6,44	[6,30 – 6,58]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,445	[0,443 – 0,448]	<i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></i>	0,445	[0,443 – 0,448]
NT	111,30	[110,53 – 112,07]	NT	111,30	[110,53 – 112,07]
PT	6,39	[6,32 – 6,45]	PT	6,39	[6,32 – 6,45]
<b>Etat physico-chimique</b>			<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau A.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour Campagnol soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésohalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésohalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,157	[0,153 – 0,160]	Biomasse	0,282	[0,276 – 0,289]
Abondance	0,023	[0,022 – 0,024]	<i>Abondance</i>	0,023	[0,022 – 0,024]
<b>Phytoplancton</b>	0,090	[0,088 – 0,092]	<b>Phytoplancton</b>	0,153	[0,149 – 0,157]

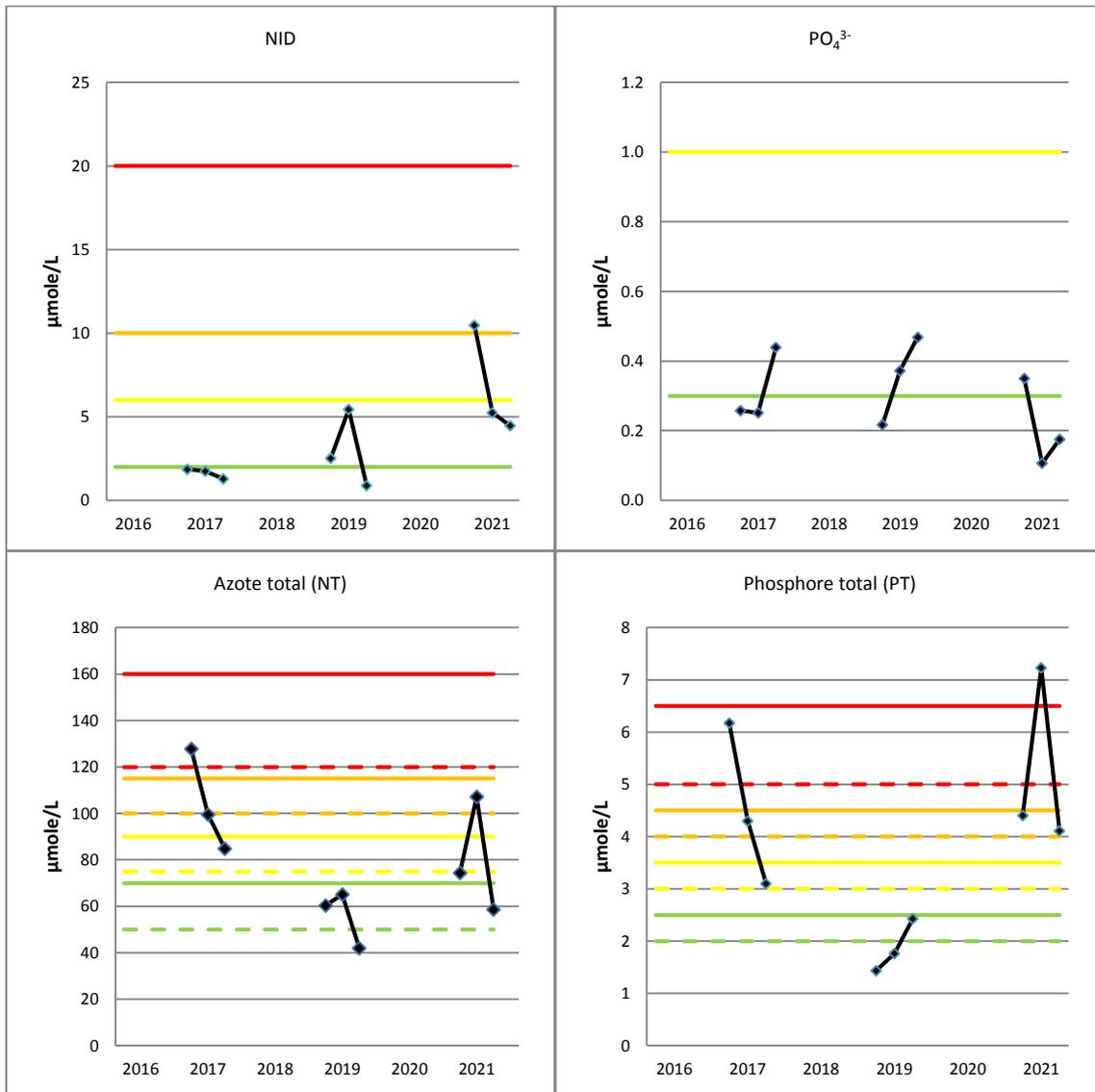


Figure A.3. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 à Campignol

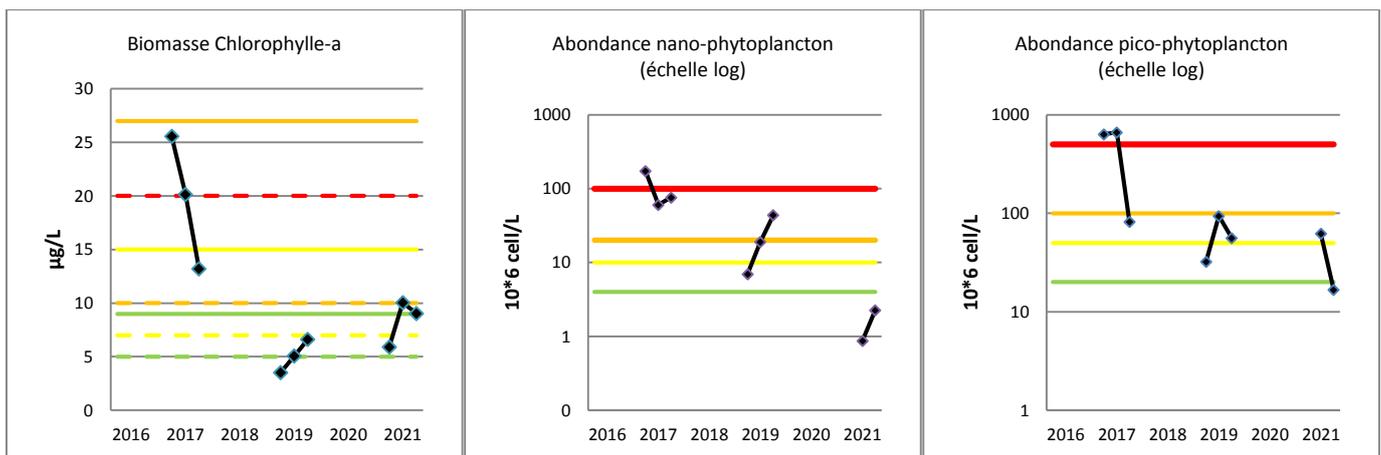


Figure A.4. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 à Campignol

## Vendres

Tableau B.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2021 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	58,55	[57,71 – 59,38]	NID	58,55	[57,71 – 59,38]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,20	[0,362 – 2,033]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,20	[0,362 – 2,033]
NT	297,93	[297,10 – 298,77]	NT	297,93	[297,10 – 298,77]
PT	12,43	[11,60 – 13,27]	PT	12,43	[11,60 – 13,27]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau B.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour Vendres soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,086	[0,083 – 0,089]	Biomasse	0,154	[0,149 – 0,160]
Abondance	0,007	[0,004 – 0,010]	Abondance	0,007	[0,004 – 0,010]
Phytoplancton	0,047	[0,044 – 0,050]	Phytoplancton	0,081	[0,077 – 0,085]

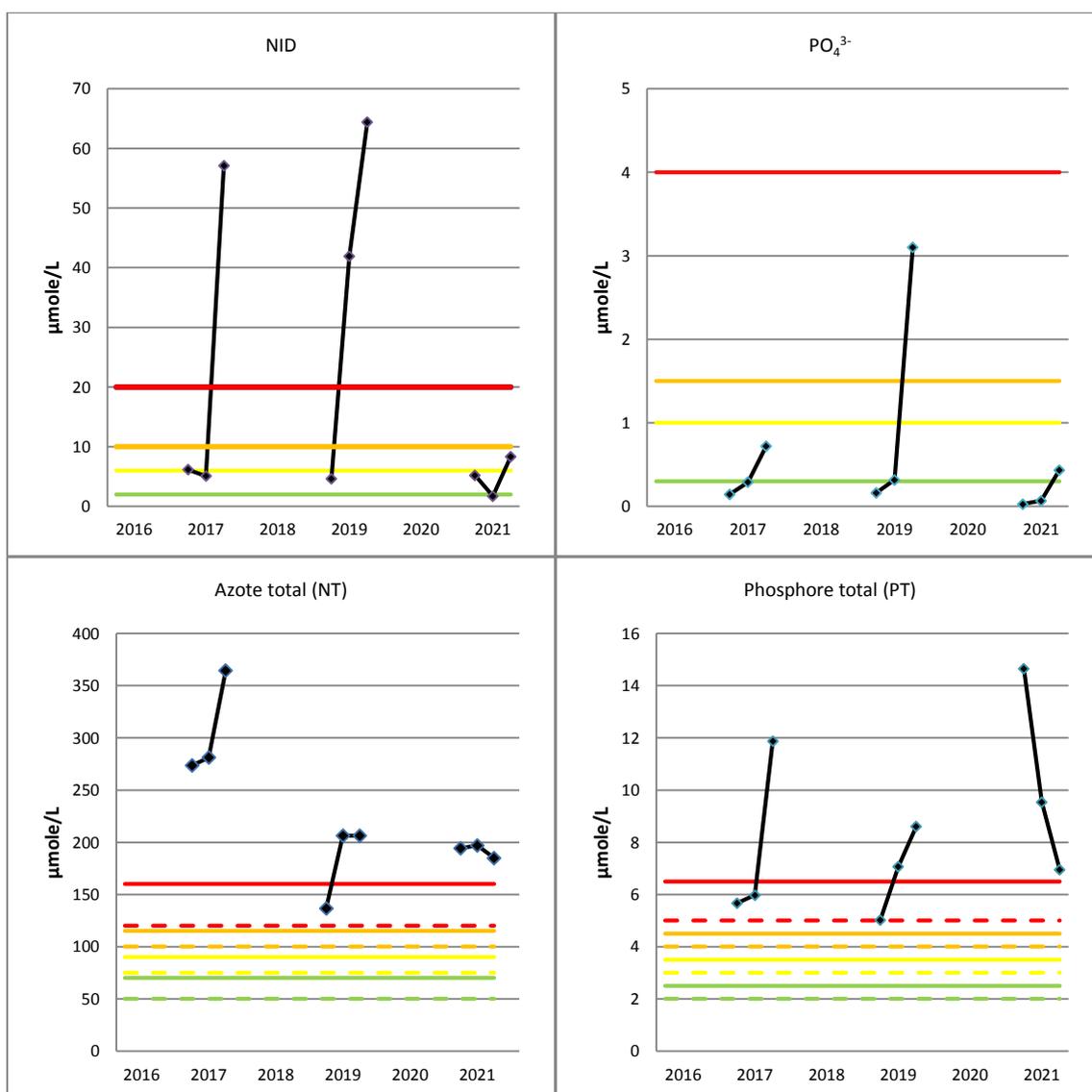


Figure B.3. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 à Vendres.

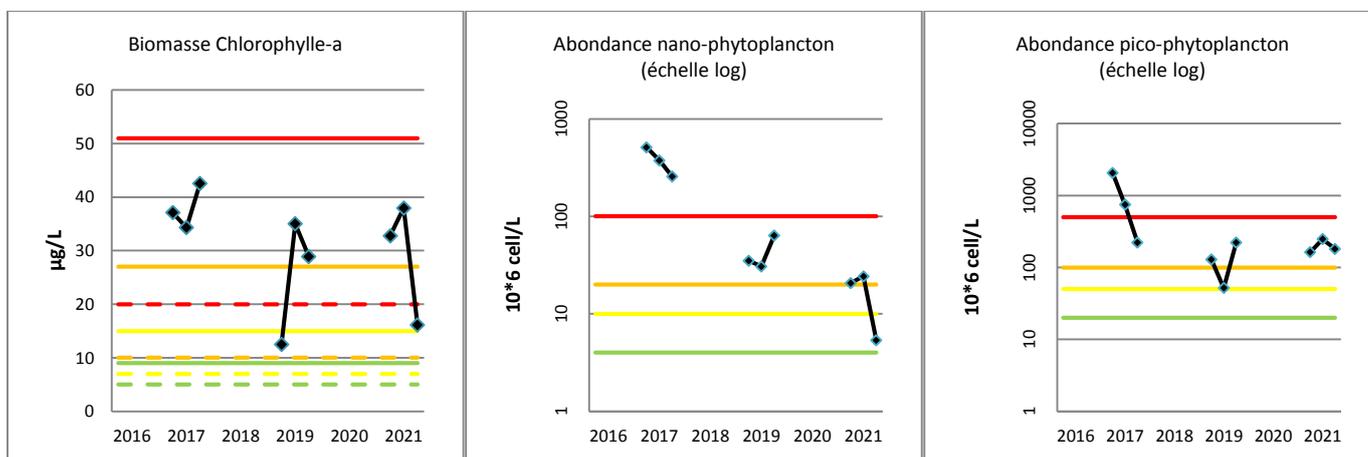


Figure B.4. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 à Vendres.

## Bagnas

Tableau C.1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2021 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	4,33	[4,30 – 4,37]	NID	4,33	[4,30 – 4,37]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,308	[1,280 – 1,335]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,308	[1,280 – 1,335]
NT	320,83	[319,76 – 321,90]	NT	320,83	[319,76 – 321,90]
PT	9,22	[9,15 – 9,29]	PT	9,22	[9,15 – 9,29]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau C.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour le Bagnas soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,081	[0,080 – 0,081]	Biomasse	0,145	[0,144 – 0,147]
Abondance	0,065	[0,060 – 0,070]	Abondance	0,065	[0,060 – 0,070]
Phytoplancton	0,073	[0,070 – 0,075]	Phytoplancton	0,105	[0,102 – 0,108]

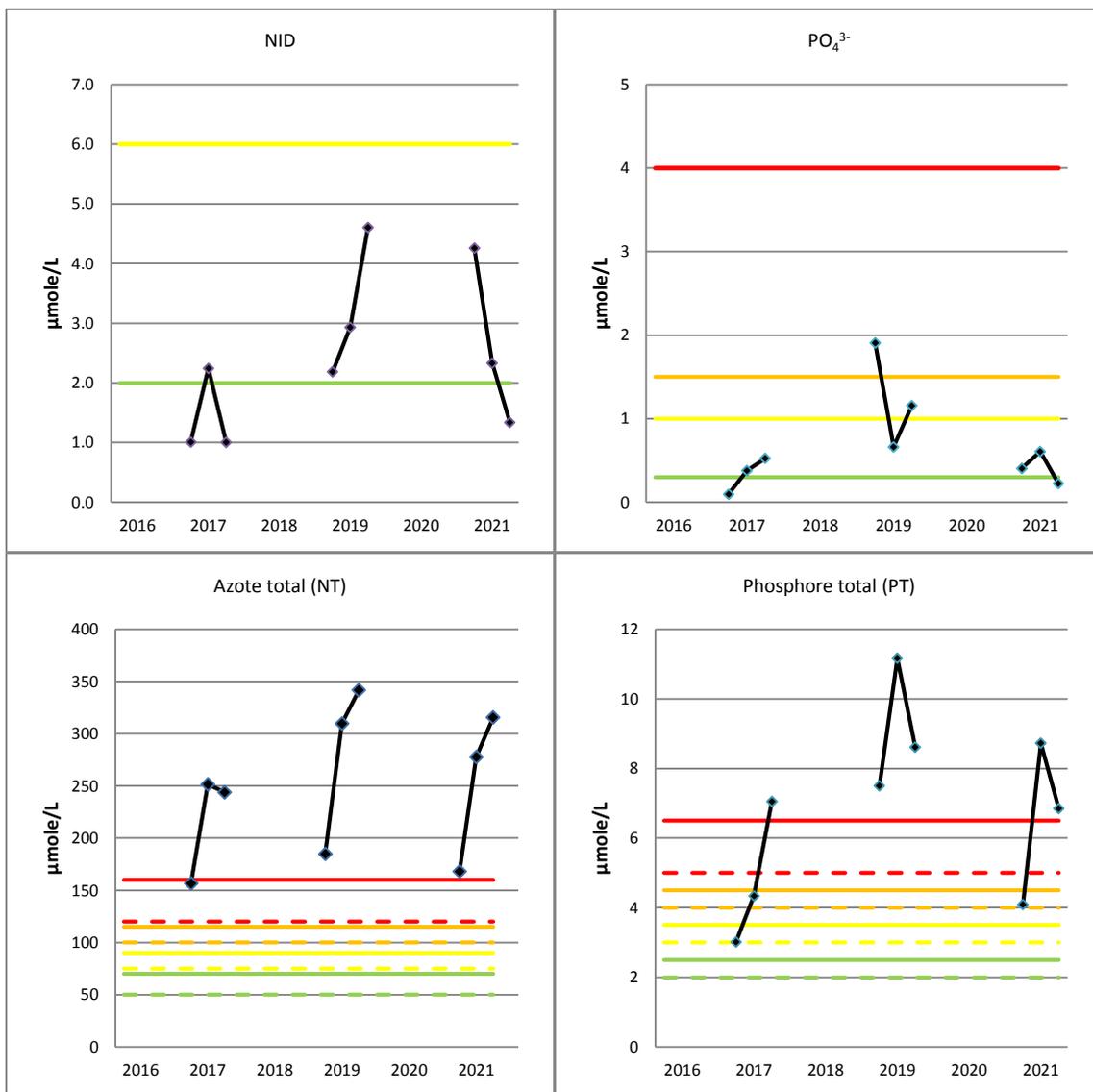


Figure C.3. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 au Bagnas.

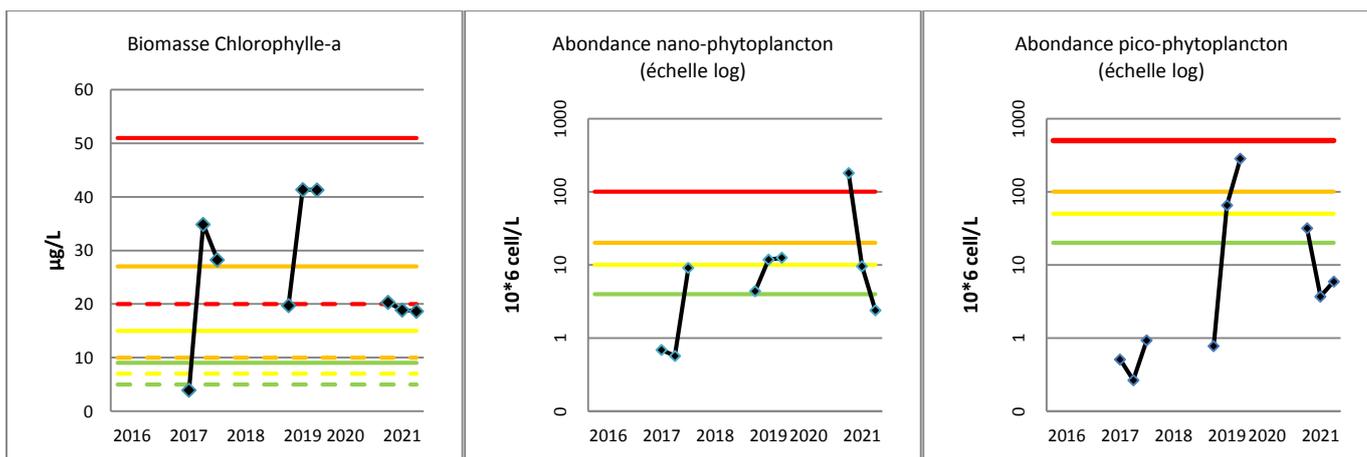


Figure C.4. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 au Bagnas.

Tableau D.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	7,81	[7,68 – 7,93]	NID	7,81	[7,68 – 7,93]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,599	[0,593 – 0,606]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,599	[0,593 – 0,606]
NT	227,18	[225,40 – 228,96]	NT	227,18	[225,40 – 228,96]
PT	13,27	[13,12 – 13,42]	PT	13,27	[13,12 – 13,42]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau D.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la masse d'eau Marette soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,073	[0,072 – 0,074]	Biomasse	0,131	[0,129 – 0,133]
Abondance	0,006	[0,005 – 0,007]	Abondance	0,006	[0,005 – 0,007]
Phytoplancton	0,040	[0,039 – 0,041]	Phytoplancton	0,069	[0,068 – 0,070]

Tableau D.3. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la Marette Nord soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	8,68	[8,59 – 8,77]	NID	8,68	[8,59 – 8,77]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,660	[0,653 – 0,667]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,660	[0,653 – 0,667]
NT	228,92	[227,75 – 230,08]	NT	228,92	[227,75 – 230,08]
PT	12,32	[12,21 – 12,44]	PT	12,32	[12,21 – 12,44]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau D.4. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la Marette Nord soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,075	[0,070 – 0,080]	Biomasse	0,136	[0,126 – 0,146]
Abondance	0,005	[0,002 – 0,007]	Abondance	0,005	[0,002 – 0,007]
Phytoplancton	0,040	[0,036 – 0,044]	Phytoplancton	0,071	[0,064 – 0,077]

Tableau D.5. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la Marette Sud soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	7,44	[7,08 – 7,80]	NID	7,44	[7,08 – 7,80]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,646	[0,288 – 1,005]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,646	[0,288 – 1,005]
NT	225,43	[225,07 – 225,79]	NT	225,43	[225,07 – 225,79]
PT	14,22	[13,86 – 14,58]	PT	14,22	[13,86 – 14,58]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau D.6. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la Marette Sud soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,070	[0,053 – 0,087]	Biomasse	0,127	[0,097 – 0,157]
Abondance	0,007	[0,001 – 0,014]	Abondance	0,007	[0,001 – 0,014]
Phytoplancton	0,039	[0,023 – 0,054]	Phytoplancton	0,067	[0,045 – 0,088]

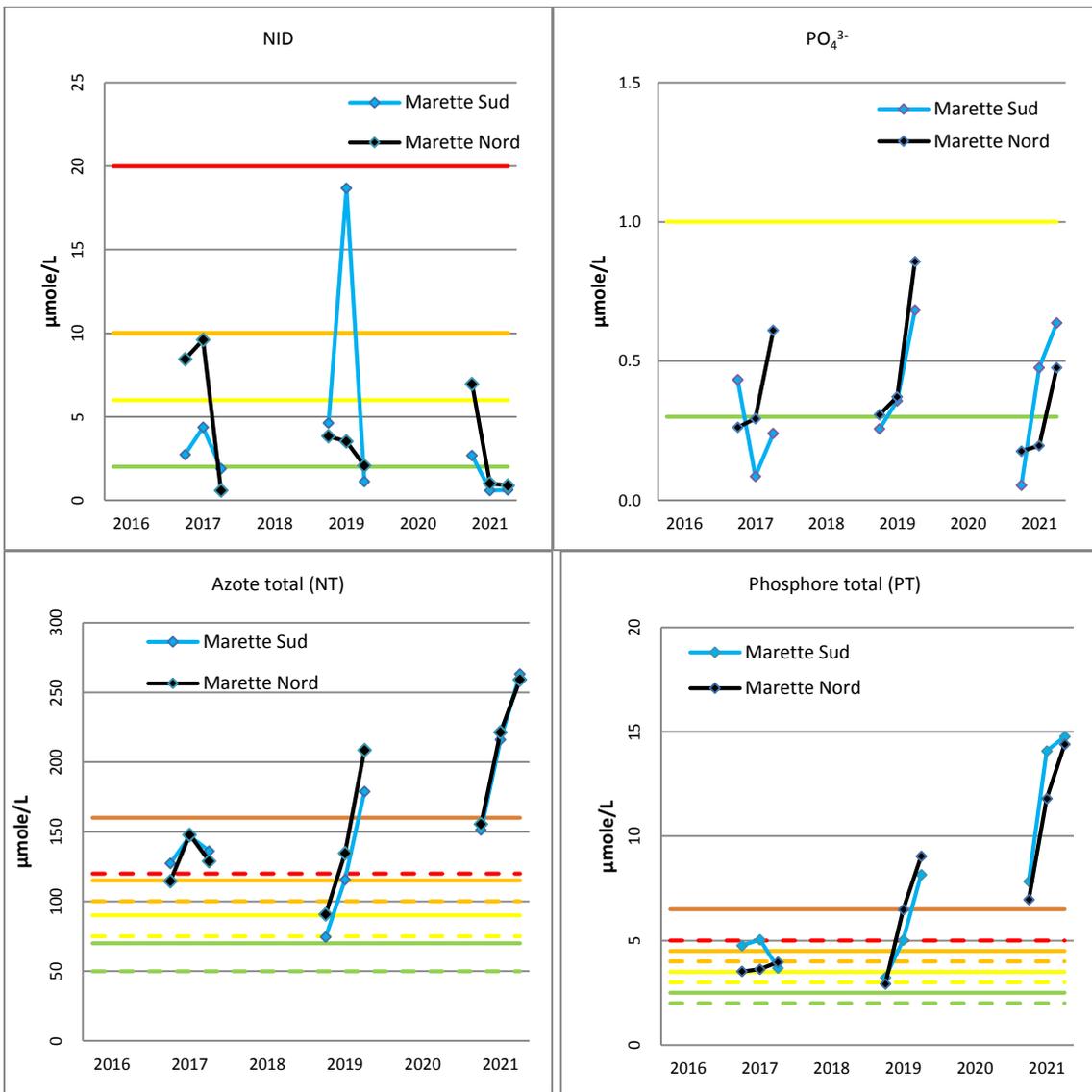


Figure D.3. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 sur la Marette.

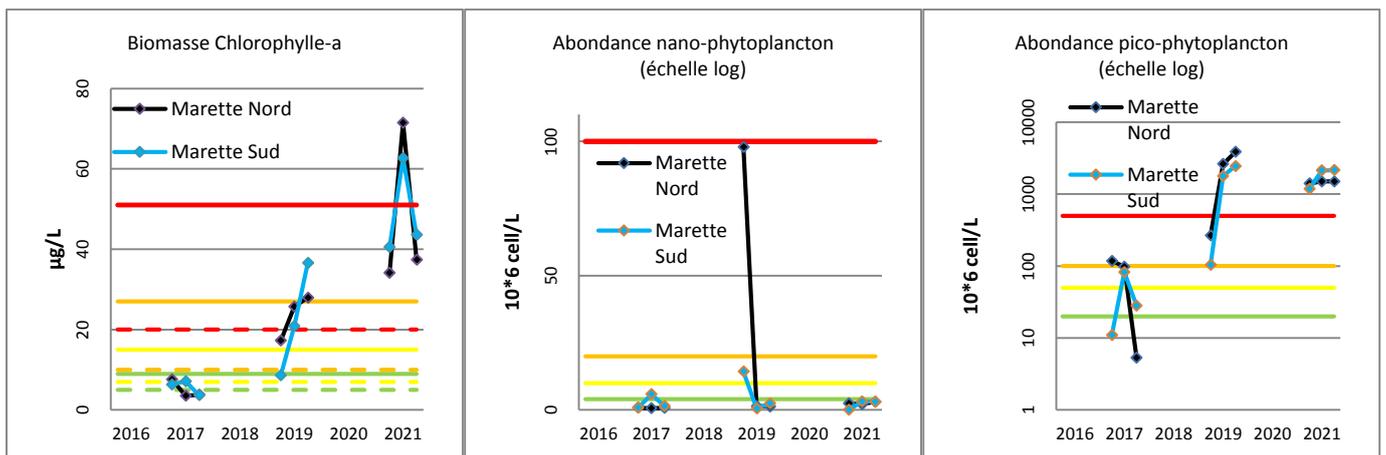


Figure D.4. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 à la Martte.

## Charnier – Crey - Scamandre

Tableau E.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	9,31	[9,01 – 9,61]	NID	9,31	[9,01 – 9,61]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,397	[0,388 – 0,407]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,397	[0,388 – 0,407]
NT	261,67	[260,75 – 262,60]	NT	261,67	[260,75 – 262,60]
PT	6,34	[6,30 – 6,37]	PT	6,34	[6,30 – 6,37]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau E.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la masse d'eau Petite Camargue Scamandre-Charnier soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,080	[0,079 – 0,080]	Biomasse	0,143	[0,143 – 0,144]
Abondance	0,012	[0,010 – 0,012]	Abondance	0,012	[0,010 – 0,012]
Phytoplancton	0,046	[0,045 – 0,047]	Phytoplancton	0,078	[0,077 – 0,079]

Tableau E.3. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour l'étang du Charnier soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	7,42	[7,29 – 7,55]	NID	7,42	[7,29 – 7,55]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,686	[0,672 – 0,700]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,686	[0,672 – 0,700]
NT	257,55	[257,40 – 257,70]	NT	257,55	[257,40 – 257,70]
PT	5,58	[5,58 – 5,60]	PT	5,58	[5,58 – 5,60]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau E.4. Phytoplancton : état DCE 2021 pour l'étang du Charnier soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,071	[0,070 – 0,072]	Biomasse	0,128	[0,127 – 0,129]
Abondance	0,006	[0,005 – 0,007]	Abondance	0,006	[0,005 – 0,007]
Phytoplancton	0,039	[0,038 – 0,040]	Phytoplancton	0,067	[0,066 – 0,070]

Tableau E.5. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour l'étang du Scamandre soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	5,39	[5,33 – 5,45]	NID	5,39	[5,33 – 5,45]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,322	[0,263 – 0,382]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,322	[0,263 – 0,382]
NT	241,53	[241,47 – 241,59]	NT	241,53	[241,47 – 241,59]
PT	6,26	[6,20 – 6,32]	PT	6,26	[6,20 – 6,32]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau E.6. Phytoplancton : état DCE 2021 pour l'étang du Scamandre soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,065	[0,056 – 0,075]	Biomasse	0,118	[0,101 – 0,135]
Abondance	0,015	[0,006 – 0,023]	Abondance	0,015	[0,006 – 0,023]
Phytoplancton	0,040	[0,031 – 0,049]	Phytoplancton	0,066	[0,054 – 0,079]

Tableau E.7. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour l'étang du Crey soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	16,27	[15,63 – 16,92]	NID	16,27	[15,63 – 16,92]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,434	[0,422 – 0,446]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,434	[0,422 – 0,446]
NT	287,18	[285,75 – 288,61]	NT	287,18	[285,75 – 288,61]
PT	6,64	[6,61 – 6,68]	PT	6,64	[6,61 – 6,68]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau E.8. Phytoplancton : état DCE 2021 pour l'étang du Crey soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésosalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésosalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,078	[0,077 – 0,078]	Biomasse	0,140	[0,139 – 0,141]
Abondance	0,018	[0,017 – 0,019]	Abondance	0,018	[0,017 – 0,019]
Phytoplancton	0,048	[0,047 – 0,049]	Phytoplancton	0,079	[0,078 – 0,080]

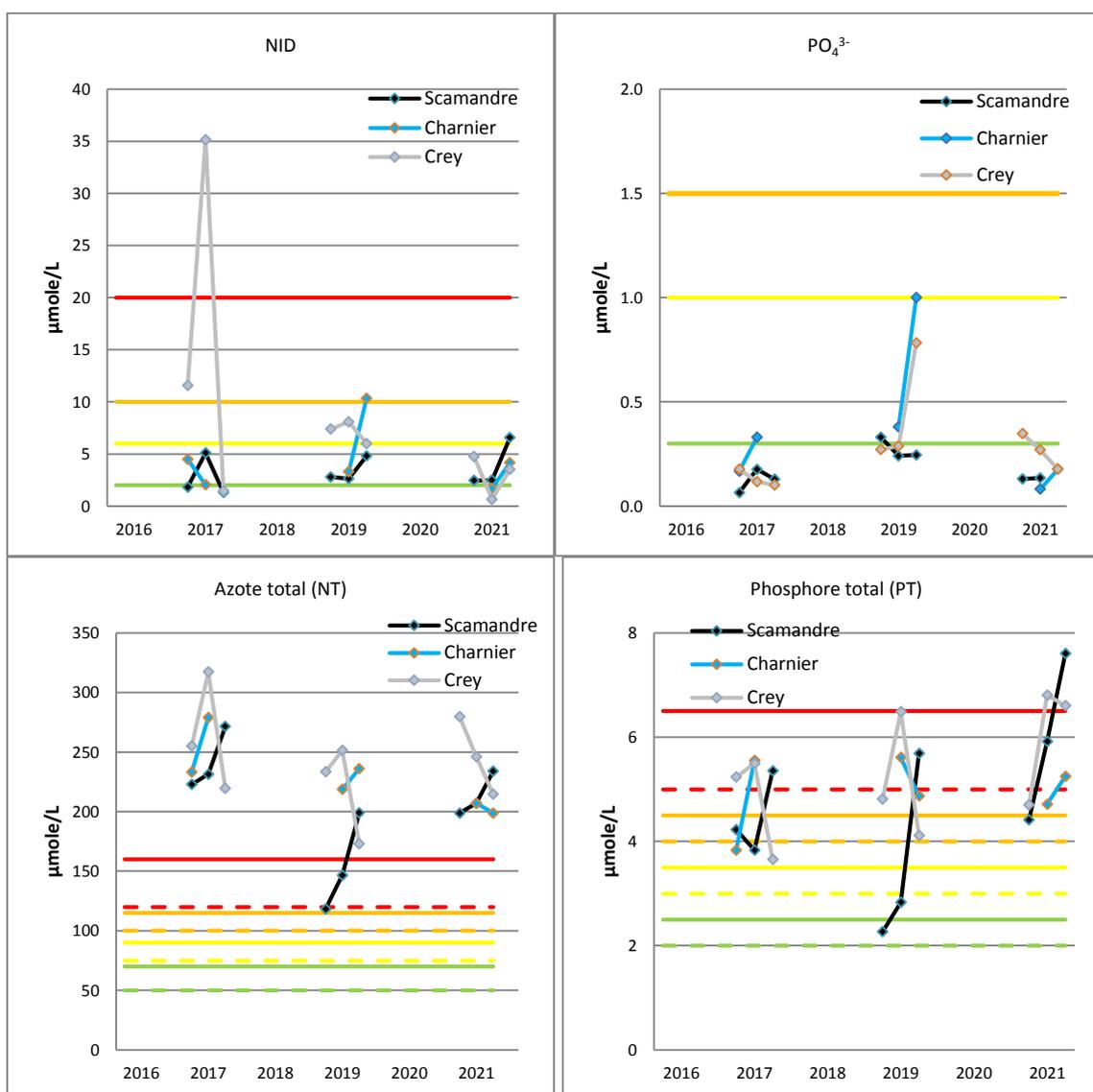


Figure E.5. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 au Scamandre, Charnier et Crey.

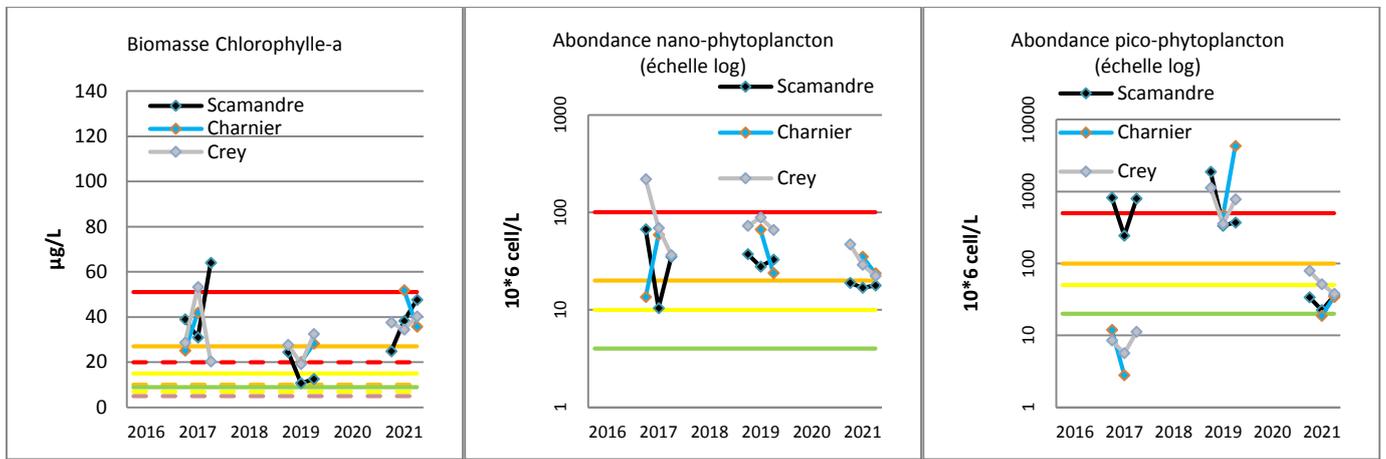


Figure E.6. Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 au Scamandre, Charnier et Crey.

Tableau F.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	18,00	[17,85 – 18,15]	NID	18,00	[17,85 – 18,15]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,280	[0,278 – 0,282]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,280	[0,278 – 0,282]
NT	83,17	[82,61 – 83,73]	NT	83,17	[82,61 – 83,73]
PT	4,40	[4,37 – 4,42]	PT	4,40	[4,37 – 4,42]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau F.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour la Palissade soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9)

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,464	[0,458 – 0,469]	Biomasse	0,835	[0,826 – 0,845]
Abondance	0,683	[0,673 – 0,693]	Abondance	0,683	[0,673 – 0,693]
Phytoplancton	0,573	[0,567 – 0,579]	Phytoplancton	0,759	[0,752 – 0,766]

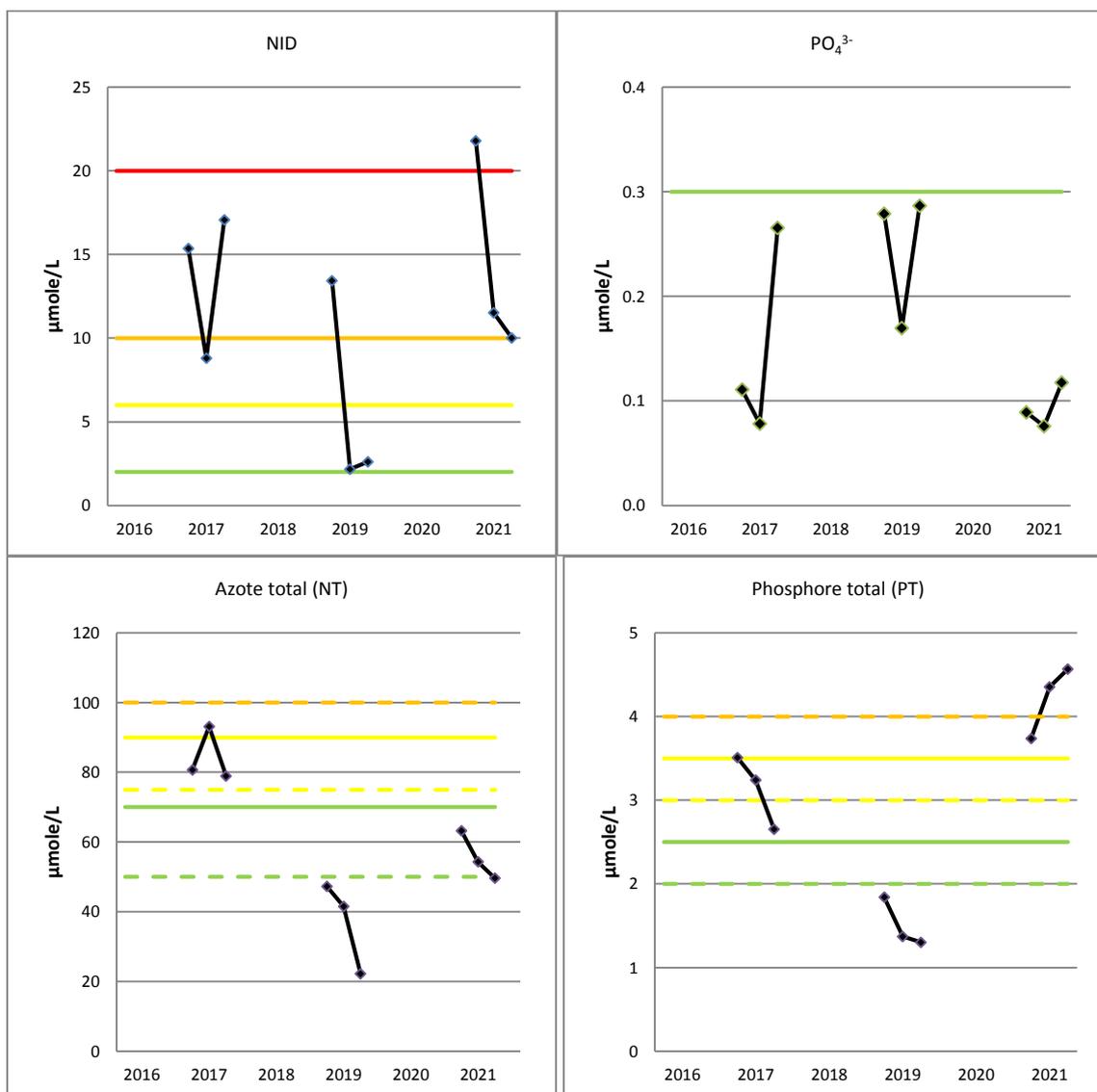


Figure F.3. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 à la Palissade.

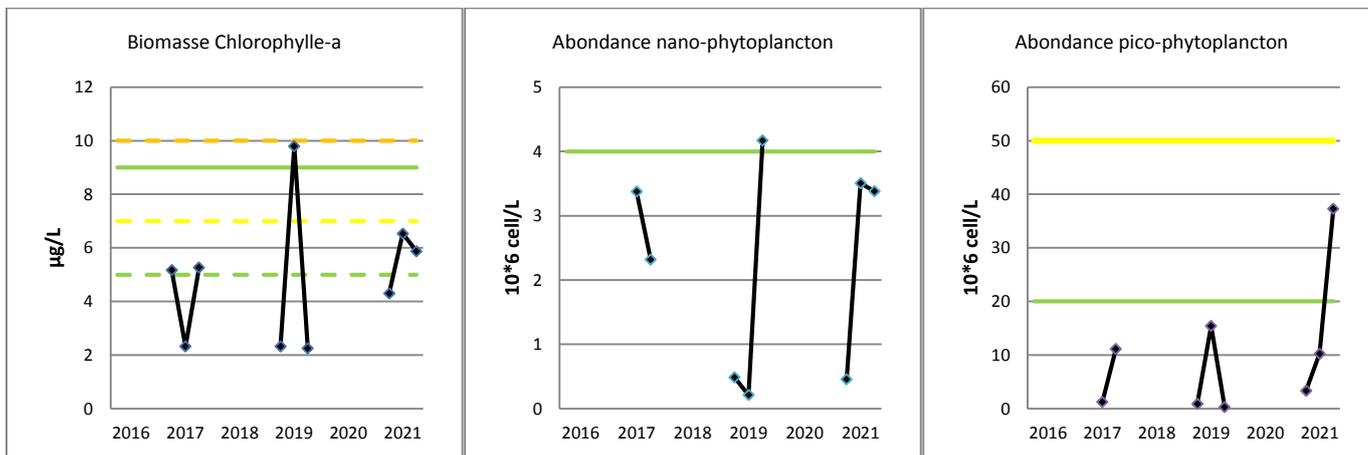


Figure F.4. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 à la Palissade.

## Bolmon

Tableau G.1. Colonne d'eau état physico-chimique DCE 2021 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9).

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	P90 et état	[IC]	Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	22,01	[21,48 – 22,53]	NID	22,01	[21,48 – 22,53]
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,861	[0,855 – 0,867]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	0,861	[0,855 – 0,867]
NT	232,11	[231,24 – 232,98]	NT	232,11	[231,24 – 232,98]
PT	12,43	[12,39 – 12,48]	PT	12,43	[12,39 – 12,48]
Etat physico-chimique			Etat physico-chimique		

Tableau G.2. Phytoplancton : état DCE 2021 pour le Bolmon soumis à la grille « Lagunes poly et euhalines » et à la grille « Lagunes oligo et mésahalines » (N=9)

Grille « Lagunes poly et euhalines »			Grille « Lagunes oligo et mésahalines »		
Paramètre	EQR et état	[IC]	Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0,045	[0,044 – 0,045]	Biomasse	0,081	[0,079 – 0,082]
Abondance	0,002	[0,001 – 0,003]	Abondance	0,002	[0,001 – 0,003]
Phytoplancton	0,023	[0,022 – 0,024]	Phytoplancton	0,041	[0,040 – 0,042]

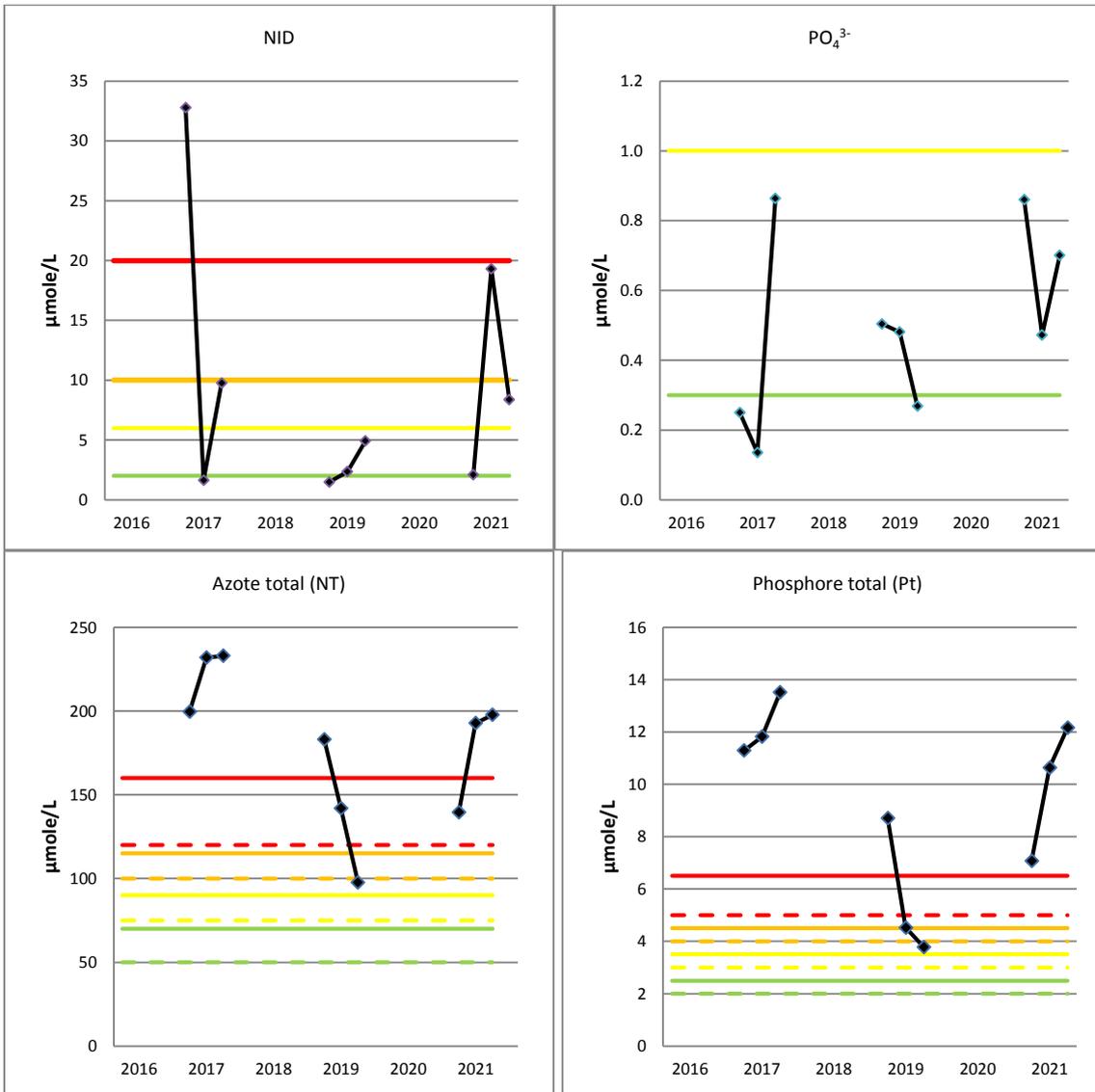


Figure G.3. Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmole/L) des étés 2016 à 2021 au Bolmon.

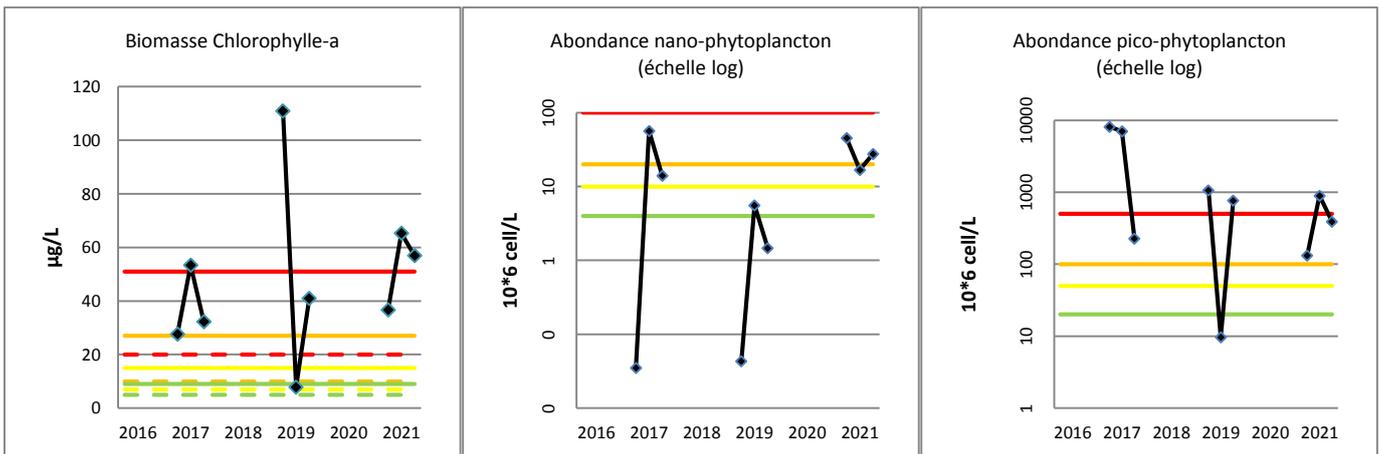


Figure G.4. Concentration de chlorophylle-a (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2016 à 2021 au Bolmon.