



Juillet 2015 - RST/LER/LR/15.17

---

# Suivi estival des lagunes méditerranéennes françaises

## Bilan des résultats 2014



Fond sableux dans l'étang de Thau (2014). C. Perron. Ifremer



<b>1. PREAMBULE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. CONTEXTE ET OBJECTIFS.....</b>	<b>5</b>
2.1. LA MISE EN ŒUVRE DE LA DCE DANS LES LAGUNES MEDITERRANEENNES.....	5
2.2. CONTENU DES SUIVIS 2014 ET OBJECTIFS DE CE RAPPORT .....	6
<b>3. MATERIEL ET METHODES.....</b>	<b>6</b>
3.1. LAGUNES SUIVIES.....	6
3.2. CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES .....	7
3.3. COMPARTIMENTS « COLONNE D’EAU » ET « PHYTOPLANCTON ».....	7
3.4. COMPARTIMENT « MACROPHYTES » .....	10
3.5. COMPARTIMENT « SEDIMENTS ».....	11
<b>4. CONDITIONS HYDROCLIMATIQUES .....</b>	<b>12</b>
<b>5. FICHES DE DIAGNOSTIC PAR MASSE D’EAU .....</b>	<b>13</b>
<b>6. DISCUSSION ET CONCLUSIONS.....</b>	<b>73</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>75</b>
<b>ANNEXE 1. FORMULE DU PERCENTILE 90 (P90) INTERVENANT DANS LE CALCUL DES INDICATEURS DE L’ETAT PHYSICO-CHIMIQUE ET DU PHYTOPLANCTON.....</b>	<b>79</b>
<b>ANNEXE 2. FORMULES DE CALCUL DES METRIQUES ET DE L’INDICATEUR MACROPHYTES.....</b>	<b>18</b>
<b>ANNEXE 3. RESULTATS DES SUIVIS « COLONNE D’EAU » ET « PHYTOPLANCTON » POUR LES STATIONS HYDROLOGIQUES COMPLEMENTAIRES (<i>EN ITALIQUE</i>) .....</b>	<b>80</b>

## Fiche documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport</b> : RST-LER/LR 15-17		<b>date de publication</b> : <b>Juil 2015</b>
<b>Diffusion</b> : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		<b>nombre de pages</b> : 85
<b>Validé par</b> : Emmanuelle Roque d'orbcastel		<b>bibliographie</b> : Oui
Adresse électronique : <a href="mailto:Emmanuelle.Roque@ifremer.fr">Emmanuelle.Roque@ifremer.fr</a>		<b>illustration(s)</b> : Oui
<b>langue du rapport</b> : F		
<b>Titre : Suivi estival des lagunes méditerranéennes françaises - Bilan des résultats 2014</b>		
Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Rédacteurs et contributeurs</b> : Valérie Derolez, Jocelyne Oheix, Vincent Ouisse, Dominique Munaron, Annie Fiandrino, Grégory Messiaen, Clarisse Hubert-Renard, Alice Lamoureux, Nathalie Malet, Martine Fortuné, Lucas Berard, Serge Mortreux, Jean-Louis Guillou	<b>Destinataire</b> : Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse	
<b>Résumé :</b> <p>Le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL), qui permettait d'évaluer l'état vis-à-vis de l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon, a pris fin en 2013. Une campagne DCE d'évaluation de l'état des masses d'eau côtières et de transition de la façade méditerranéenne est programmée en 2015. Ce rapport rend compte des suivis réalisés par Ifremer en 2014 sur 22 masses d'eau lagunaires du bassin Rhône-Méditerranée et Corse (financement AERMC).</p> <p>Un diagnostic de l'état des masses d'eau, intégrant l'état physico-chimique de la colonne d'eau et l'état du phytoplancton est établi pour les 22 masses d'eau (dont 4 oligo-mésahalines), à partir des données acquises sur la période 2009-2014, selon les critères et les grilles DCE. Trois masses d'eau (Thau, Palavasiens-Ouest et Ponant) font également l'objet d'un diagnostic de l'état des macrophytes selon les méthodes DCE. En complément à ces diagnostics, des prélèvements de sédiments ont été réalisés sur la lagune de Thau afin d'évaluer les teneurs en azote total, phosphore total et en matière organique.</p> <p>Les diagnostics établis selon les grilles DCE pour les lagunes poly-euhalines méditerranéennes, permettent de qualifier deux tiers des 18 masses d'eau suivies en « bon » ou « très bon » état pour le compartiment « phytoplancton » sur les périodes estivales de 2009 à 2014. Les paramètres physico-chimiques « de soutien » mesurés dans la colonne d'eau pour les 18 masses d'eau poly-euhalines sur la période 2009-2014 sont plus déclassants, avec seulement 8 masses d'eau au-dessus du seuil du bon état.</p> <p>Les états du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques des quatre masses d'eau oligo-mésahalines (Campagnol, Vendres, Bagnas et Murette), interprétés à titre indicatif au regard des grilles de diagnostic DCE en vigueur pour les lagunes poly-euhalines, conduisent à qualifier ces lagunes en état médiocre à mauvais. Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésahalines permettront de mieux situer la qualité de ces masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Une étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM doit fournir, pour fin 2015, des indicateurs et grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton adaptés à ce type de masses d'eau lagunaires.</p> <p>L'état du compartiment « macrophytes », évalué en 2014 au regard des critères DCE permet de mettre en évidence une tendance à l'amélioration sur les Palavasiens-Ouest et sur Thau par rapport au diagnostic précédent. Les deux masses d'eau affichent encore un état moyen du compartiment macrophytes en 2014, mais le bon état sur Thau est quasiment atteint. En revanche, l'état des macrophytes sur Ponant est qualifié de médiocre au regard des grilles DCE et les suivis ne permettent pas de mettre en évidence d'amélioration depuis le diagnostic de 2010.</p>		
<b>Mots-clés</b> : Directive Cadre sur l'Eau (DCE), lagunes, masses d'eau de transition, phytoplancton, macrophytes, sédiments.		



# 1. Préambule

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

**Rédacteurs du rapport :** Valérie Derolez, Jocelyne Oheix, Vincent Ouisse, Dominique Munaron, Annie Fiandrino, Grégory Messiaen, Clarisse Hubert-Renard, Alice Lamoureux, Nathalie Malet, Martine Fortuné, Lucas Bérard, Serge Mortreux, Jean-Louis Guillou.

**Remerciements :** l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse ; l'ensemble des personnels des Laboratoires-Environnement-Ressources du Languedoc-Roussillon (LER/LR) et de Corse (LER/PAC/CO) ; Béatrice Bec et Elise Hatey (Université Montpellier – MARBEC) ; Michel Lauret (GRAAL), Daniel Babre, Naema Bouarfa et Gaël Sénécal (CIRAD Montpellier) ; P2A-développement ; la Région Languedoc-Roussillon ; le Cépralmar ; la Tour du Valat ; l'ensemble des structures de gestion des lagunes : le Syndicat Mixte du Bassin de Thau, le Syndicat Mixte des Etangs Littoraux, le Syndicat Mixte du Bassin de l'Or, le Syndicat Mixte RIVAGE, 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 Syndicat Mixte de Gestion Intégrée, Prospective et Restauration de l'Etang de Berre, la Réserve Nationale de Camargue, le Syndicat Mixte pour la protection et la Gestion de la Camargue Gardoise, le Syndicat Mixte du Delta de l'Aude, le Syndicat Mixte du Bassin Versant du Réart, Perpignan Méditerranée et la Réserve Naturelle de l'Etang de Biguglia.

## 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). 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.

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

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

Le classement de l'état biologique est établi selon cinq classes, du très bon au mauvais.

L'état chimique est bon ou mauvais, selon le respect des normes de qualité environnementale, définies pour chacune des substances identifiées dans la Directive fille n°2013/39/UE.

La règle du paramètre le plus déclassant s'applique pour l'état biologique et pour l'état chimique : un seul paramètre en-dessous des normes 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 physico-chimie, 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).

## **2.2. Contenu des suivis 2014 et objectifs de ce rapport**

Le Réseau de Suivi Lagunaire (RSL), qui permettait d'évaluer l'état vis-à-vis de l'eutrophisation des lagunes du Languedoc-Roussillon, a pris fin en 2013 (Ifremer, 2014). Une campagne DCE d'évaluation de l'état des masses d'eau côtières et de transition de la façade méditerranéenne est programmée en 2015. Ce rapport rend compte des suivis réalisés en 2014 sur 22 masses d'eau lagunaires du bassin Rhône-Méditerranée et Corse.

Un diagnostic de l'état des masses d'eau, intégrant l'état physico-chimique de la colonne d'eau et l'état du phytoplancton est établi pour les 22 masses d'eau, à partir des données acquises sur la période 2009-2014, selon les critères et les grilles DCE. Trois masses d'eau (Thau, Palavasien-Ouest et Ponant) font également l'objet d'un diagnostic de l'état des macrophytes selon les méthodes DCE. Les diagnostics se font selon les grilles préconisées dans le projet d'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).

En complément à ces diagnostics, des prélèvements de sédiments ont été réalisés sur la lagune de Thau afin d'évaluer les teneurs en azote total, phosphore total et en matière organique.

## **3. Matériel et méthodes**

### **3.1. Lagunes suivies**

Le Tableau 1 liste, pour chacune des 22 masses d'eau et des 27 lagunes, les stations de suivi hydrologique diagnostiquées pour l'état physico-chimique de la colonne d'eau et l'état du phytoplancton et le nombre de stations benthiques suivies pour l'état des macrophytes (et du sédiment sur Thau).

Les diagnostics de la colonne d'eau et du phytoplancton sont établis à partir d'une ou deux stations hydrologiques représentatives de chaque masse d'eau. L'optimisation du nombre de stations et la sélection de stations représentatives pour les diagnostics DCE ont été consolidées sur la base de 14 années de résultats acquis dans le cadre du RSL (Baehr *et al.*, 2013). Les résultats obtenus sur les stations hydrologiques « complémentaires » sont disponibles en Annexe 3 et sont mentionnés en commentaires des résultats, lorsqu'ils mettent en évidence des phénomènes particuliers.

**Tableau 1.** Stations hydrologiques et benthiques suivies en 2014 dans les masses d'eau lagunaires méditerranéennes. *En gris italique : stations pour lesquelles les données n'interviennent pas dans le classement DCE (suivies à titre complémentaire). En bleu : lagunes oligo et mésahalines (salinité moyenne < 18).*

Code masse d'eau DCE	Lagune	Stations hydrologiques suivies	Nombre de stations benthiques suivies
FRDT01	Canet	CNS	
FRDT02	Salses-Leucate	LEN, LES, <i>LER</i>	
FRDT03	La Palme	LAP	
FRDT04	Bages-Sigean	BGN, BGS	
FRDT05	Ayrolle	AYR	
<i>FRDT05b</i>	<i>Campagnol</i>	<i>CAM</i>	
FRDT06a	Gruissan	GRU	
<i>FRDT08</i>	<i>Vendres</i>	<i>VDR</i>	
<i>FRDT09</i>	<i>Bagnas</i>	<i>BAN</i>	
FRDT10	Thau	TES, TWS, <i>TEF, TPE, TWF, TANG</i>	36
FRDT11c Palavasiens-Ouest	Ingril	INN, <i>INS</i>	14
	Vic	VIC	14
	Pierre-Blanche	<i>PBE</i>	10
FRDT11b Palavasiens-Est	Prévoist	PRE	
	Méjean	MEW, <i>MEE</i>	
	Amel	<i>ARN</i>	
	Grec	<i>GRC</i>	
FRDT11a	Or	ORE, ORW	
FRDT12	Ponant	PON	6
<i>FRDT13e</i>	<i>Marette</i>	<i>MARS, MARN</i>	
FRDT13c	Médard	MED	
FRDT14a	Vaccarès	VCS	
FRDT15a	Berre	BES, <i>BEF</i>	
FRET01	Biguglia	BIN, BIS	
FRET02	Diana	DIA	
FRET03	Urbino	URB	
FRET04	Palo	PAL	

### 3.2. Conditions hydroclimatiques

Les cumuls des précipitations sont donnés pour les années hydrologiques 2008-2009 (du 1<sup>er</sup> septembre 2008 au 31 août 2009) à 2013-2014 (du 1<sup>er</sup> septembre 2013 au 31 août 2014) au niveau des sept stations Météo-France suivantes : Perpignan, Leucate, Narbonne, Sète, Montpellier, Arles et Solenzara. A titre de comparaison, les normales ajustées des cumuls annuels de précipitations sont calculées sur 13 années hydrologiques de 1995-1996 à 2007-2008.

### 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 l'étude « Bilan méthodologique de l'outil de diagnostic de l'eutrophisation du RSL - Quatorze années de résultats en Région Languedoc-Roussillon » (Baehr *et al.*, 2013). Les prélèvements sont effectués de façon mensuelle en juin, juillet et août. Les prélèvements d'eau sont effectués en « sub-surface » pour toutes les stations (0-1 m ou à mi-profondeur pour les lagunes de profondeur

inférieure à 3 m), et également au fond (à + 1 m du fond) pour Berre (station BEF) et Thau (stations TWF et TEF).

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 ( $N_t$ ), phosphore total ( $P_t$ ), et chlorophylle *a*, paramètres intégrateurs de l'eutrophisation, et les variables azote inorganique dissout (NID, qui regroupe les nitrites, les nitrates et l'ammonium) et orthophosphates ( $PO_4^{3-}$ ), indicatrices de pollutions ponctuelles ou d'apports récents. Ces cinq paramètres sont complétés par les abondances de picophytoplancton (diamètre < 3  $\mu m$ ) et de nanophytoplancton (> 3  $\mu m$ ), pour qualifier l'état de la colonne d'eau et du phytoplancton au regard de la DCE.

Pour chaque masse d'eau, les diagnostics sont établis à partir des « stations DCE », pour les prélèvements effectués en surface (Tableau 1), les résultats obtenus sur les stations hydrologiques « complémentaires » sont mentionnés dans les commentaires, lorsqu'ils mettent en évidence des phénomènes particuliers.

Des paramètres physico-chimiques d'appui ont été mesurés afin de compléter l'interprétation des données : température, salinité, oxygène dissout, turbidité, silicates.

Les prélèvements ont été réalisés en grande partie par le LER/LR et le LER/PAC/CO, avec un soutien des structures de gestion des lagunes. Les analyses de nutriments dans les eaux ont été réalisées par le LER/LR, accrédité par le COFRAC (accréditation n° 1-1655, pour le programme 100.1, « Analyses physico-chimiques des eaux »), depuis le 21/01/2014. Les analyses de chlorophylle *a* et d'abondance de picophytoplancton et nanophytoplancton ont été réalisées par le laboratoire ECOSYM de Montpellier. Les méthodes d'analyses sont détaillées dans le rapport d'A. Baehr *et al.*, 2013.

Les données sont saisies dans la base Quadrige<sup>2</sup>.

Les résultats obtenus sur les 18 masses d'eau lagunaires poly-euhalines (salinité moyenne > 18) sont interprétés selon les grilles DCE des paragraphes ci-dessous (§ 3.3.2 et 3.3.3). Les quatre masses d'eau oligo-mésahalines (Campagnol, Vendres, Bagnas, Marette) sont interprétées à titre indicatif selon ces mêmes grilles, mais les résultats ne sont pas commentés. Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésahalines permettront en effet de mieux situer la qualité de ces quatre masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Onema, l'Ifremer et la Tour du Valat sur ce type de lagunes ont conduit à la proposition d'indicateurs et de grilles de diagnostic des macrophytes adaptés à ces milieux (Sanchez et Grillas, 2014). Elles aboutiront fin 2015 avec l'élaboration d'indicateurs et de grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton (étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM2).

### 3.3.2. Compartiment « colonne d'eau » : état physico-chimique DCE

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 :  $N_t$ ,  $P_t$ , NID et  $PO_4^{3-}$ . 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<sup>1</sup> (P90 : formule en Annexe 2) 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 2009 à 2014 ;

- **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. La grille de diagnostic ci-dessous est utilisée (Tableau 2) (MEDDE, 2015).

**Tableau 2.** Grille de diagnostic DCE de l'état physico-chimique des masses d'eau lagunaires.

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

### 3.3.3. Compartiment « phytoplancton » : état DCE du 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 cellules/L x 10<sup>6</sup>) :
  - densité de nanophytoplancton (> 3 µm),
  - densité de picophytoplancton (< 3 µm).

Pour chaque paramètre, une agrégation spatiale et temporelle des données est réalisée. La valeur de chaque métrique est transformée et 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 2009 à 2014 ;
- **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 (Leucate, La Palme, Ayrolle). L'EQR obtenu prend alors des valeurs comprises entre 0 (état dégradé) et 1 (état de référence) ;
- **agrégation des paramètres** :

<sup>1</sup> Au contraire de la valeur maximale, le percentile 90 (P90) permet d'ôter du jeu de données les valeurs extrêmes qui pourraient être dues à des dégradations très ponctuelles.

- la métrique d'abondance ( $EQR_A$ ) est obtenue en retenant le minimum des EQR des densités de nanophytoplancton et de picophytoplancton,
- l'état du compartiment « phytoplancton » ( $EQR_{PHY}$ ) est obtenu en retenant la moyenne des métriques « abondance » ( $EQR_A$ ) et « biomasse » ( $EQR_B$ ) (Tableau 3).

**Tableau 3.** Grille de diagnostic DCE de l'état du phytoplancton des masses d'eau lagunaires : (a) seuils des métriques et valeurs de référence ; (b) seuils des EQR.

(a)		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	Référence
abondance (nb cell. / L (x10 <sup>6</sup> ))	picophytoplancton	20	50	100	500		15
	nanophytoplancton	4	10	20	100		3
biomasse (chlorophylle a en µg/L)		5	7	10	20		3.33
(b)		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
EQR <sub>A</sub> abondance	picophytoplancton	0.75	0.3	0.15	0.03		
	nanophytoplancton	0.75	0.3	0.15	0.03		
EQR <sub>B</sub> biomasse		0.67	0.48	0.33	0.17		
EQR <sub>PHY</sub>		0.71	0.39	0.24	0.10		

### 3.4. Compartiment « macrophytes »

Les macrophytes de substrat meuble dans les lagunes poly et euhalines (salinité moyenne < 18) peuvent être séparés en deux « groupes d'espèces », fondés sur leur forme de vie et sur la qualité du milieu associée :

- les phanérogames marines (à l'exception de l'espèce *Potamogeton pectinatus*) et les algues polluo-sensibles : peuplements souvent fixés. Ces espèces représentent les espèces de l'équilibre maximal d'une lagune et sont qualifiées d'**espèces de référence**. Ce sont les espèces formant des peuplements de référence pour étudier la qualité du milieu,
- les algues opportunistes, sous forme de peuplements dérivants.

L'évolution vers des écosystèmes dégradés se traduit par une succession de communautés de macrophytes, où les espèces de référence sont remplacées par des espèces opportunistes ou dérivantes, caractéristiques d'une perte de la qualité de l'écosystème. La disparition des espèces de référence peut témoigner d'une eutrophisation des eaux (enrichissement en éléments nutritifs), donc d'une pollution du milieu, et constitue un indicateur d'un mauvais état de la masse d'eau.

#### 3.4.1. Protocole de prélèvements et d'analyses

##### ❖ Principe de la méthode

Pour aboutir à l'abondance relative des espèces de référence, trois étapes d'observation sont nécessaires (Lauret *et al.*, 2011) :

- estimation du recouvrement total par les macrophytes (pourcentage de la surface couverte par les macrophytes sur la surface explorée),
- identification des groupes de macrophytes homogènes dans leur composition et estimation du pourcentage relatif de chaque groupe par rapport à l'ensemble de la couverture végétale,
- estimation de l'abondance relative des espèces prépondérantes au sein de chaque groupe (avec une attention particulière pour les espèces de référence).

## ❖ Stratégie temporelle et spatiale

Le suivi de la végétation est effectué une fois tous les trois ans, au printemps, lors de la période de développement maximal des macrophytes et avant les mortalités estivales.

Le nombre de stations par lagune est fonction de la surface de la lagune : une station tous les 100 à 200 ha pour les lagunes supérieures à 1 000 ha et une station tous les 50 ha pour les lagunes de surface inférieure. Les stations sont positionnées sur la base d'un maillage régulier préétabli (échantillonnage régulier aléatoire).

En 2014, les macrophytes des lagunes de Thau (Figure 2), du Ponant (Figure 3) et des étangs Palavasiens-ouest (Figure 4) ont été diagnostiqués.

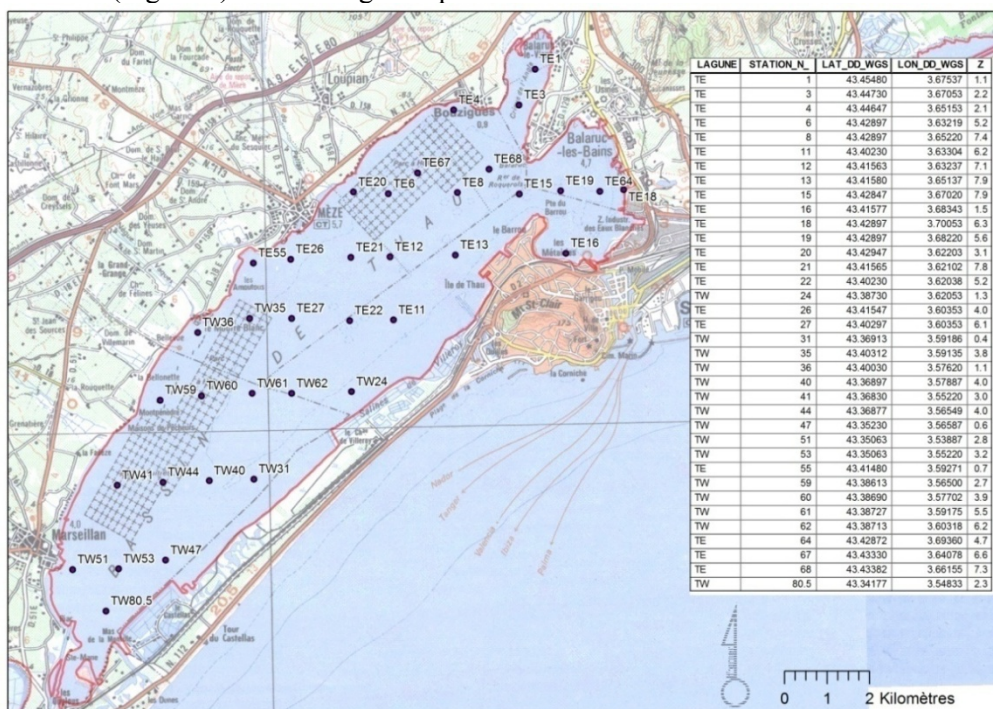


Figure 2. Stations diagnostiquées pour les macrophytes et les sédiments sur Thau en 2014.

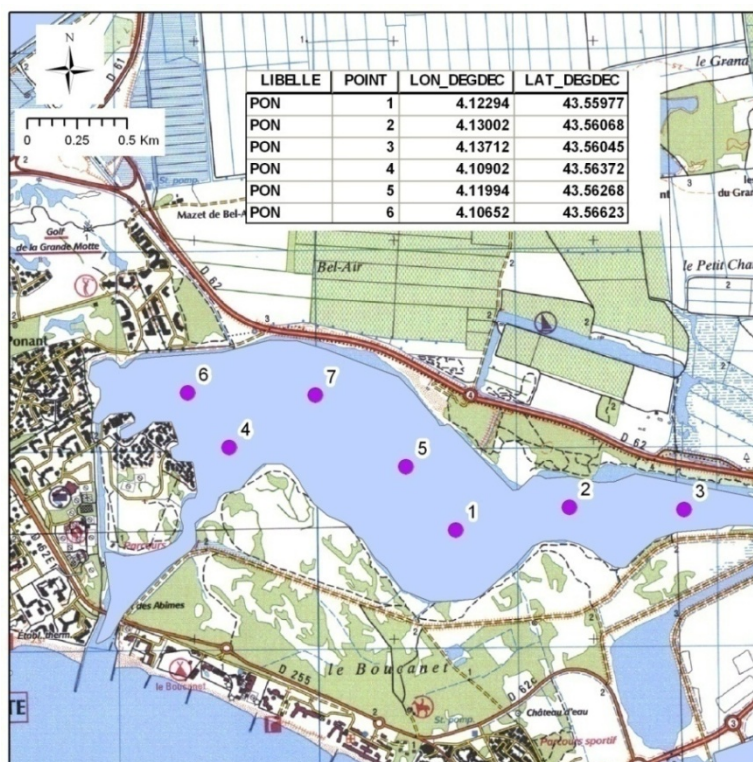


Figure 3. Stations diagnostiquées pour les macrophytes sur l'étang du Ponant en 2014.

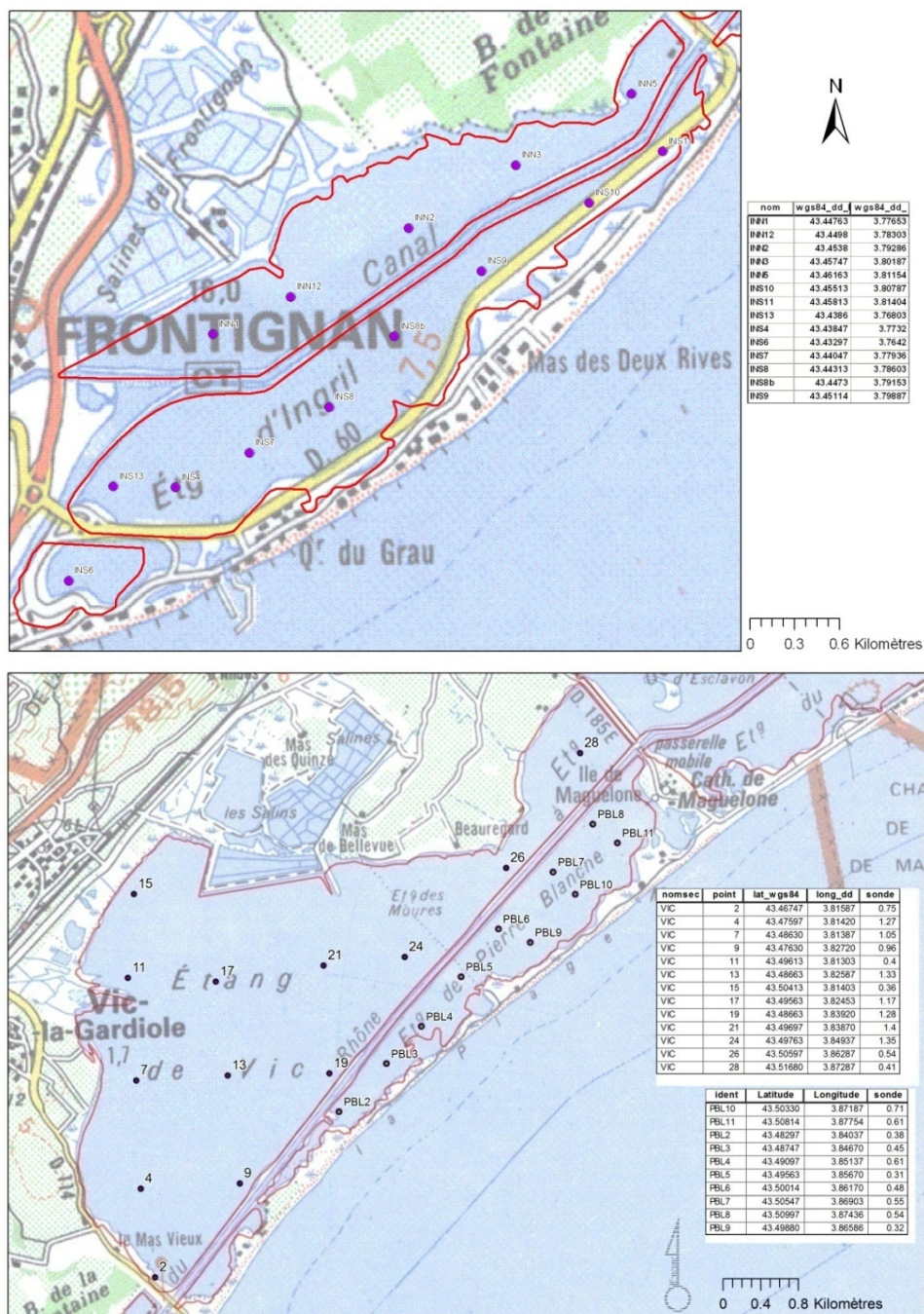
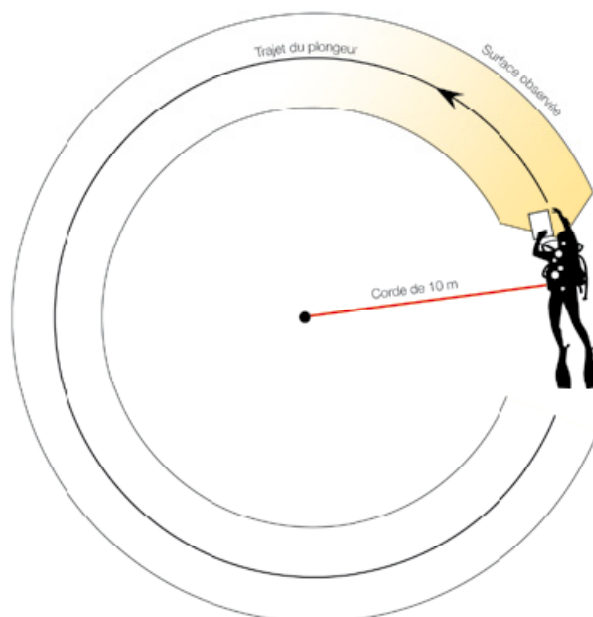


Figure 4. Stations diagnostiquées pour les macrophytes sur les étangs Palavasiens-ouest en 2014.

#### ❖ Mise en œuvre

L'observation des macrophytes est réalisée depuis la surface pour les zones peu profondes (à pied ou depuis un bateau) et en plongée pour les zones les plus profondes. La trajectoire du plongeur s'effectue en cercle autour du bateau. Le rayon de ce cercle est déterminé par une corde de 10 m fixée au mouillage du bateau. Avec une visibilité d'un mètre de chaque côté du parcours, cela représente une surface observée d'environ 120 m<sup>2</sup> (Figure 5). Cette étape est réalisée par deux observateurs différents, afin de pouvoir comparer les observations.



**Figure 5.** Trajectoire suivie en plongée pour l'observation des macrophytes d'une station DCE benthique.

Les actions suivantes sont réalisées au niveau de chaque station :

- remplissage d'une fiche qui permet de décrire les fonds (au niveau des groupes d'espèces),
- prélèvement des espèces de macrophytes représentant un groupe homogène. Cet échantillon, placé dans un sac numéroté correspondant au groupe, doit être représentatif de l'abondance relative des espèces prépondérantes dans le groupe,
- en surface : commentaires des informations recueillies sur la fiche, examen des espèces récoltées avec l'expert et renseignement des noms d'espèces au verso de la fiche.

Si la reconnaissance de l'espèce nécessite un examen microscopique, les échantillons sont conservés en flacons étiquetés pour une détermination ultérieure en laboratoire.

Pour les observations effectuées depuis la surface (sans plongée), une surface équivalente à celle explorée en plongée est examinée, soit 120 m<sup>2</sup>.

La somme des pourcentages relatifs des groupes présents doit toujours être égale à 100 %.

#### 3.4.2. Diagnostic DCE du compartiment « macrophytes »

##### ❖ Métriques

Les métriques prises en compte pour le diagnostic de l'état DCE des macrophytes sont les suivantes (MEDDE, 2013) :

- métrique « RR » : recouvrement relatif de la végétation par les espèces « de référence » (liste dans le Tableau 4), en pourcentage,
- métrique « RT » : recouvrement du fond par les macro-végétaux (ou recouvrement total), en pourcentage,
- métrique « RS » : richesse spécifique moyenne (nombre d'espèces).

Lorsque le recouvrement total (« RT ») est inférieur à 5%, on considère qu'on ne peut pas faire d'appréciation correcte de la composition du peuplement : la métrique « RR » de composition n'est pas calculée.

**Tableau 4.** Liste des espèces « de référence » pour le diagnostic DCE des macrophytes.

Acetabularia acetabulum	Lamprothamnium papulosum
Antithamnion cruciatum	Laurencia microcladia
Bryopsis hypnoides	Laurencia obtusa
Bryopsis plumosa	Lomentaria clavellosa
Centroceras clavulatum	Nitophyllum punctatum
Ceramium ciliatum	Osmundea pinnatifida
Ceramium diaphanum	Polysiphonia denudata
Ceramium gracillimum	Polysiphonia mottei
Ceramium tenerrimum	Polysiphonia opaca
Chondracanthus acicularis	Polysiphonia sertularioides
Chondria dasyphylla	Pterosiphonia parasitica
Chylocladia verticillata	Pterosiphonia pennata
Cladostephus spongiosus	Pterothamnion plumula
Cymodocea nodosa	Ruppia cirrhosa
Cystoseira barbata	Ruppia maritima
Cystoseira compressa	Spyridia filamentosa
Cystoseira fimbriata	Valonia aegagropila
Dictyota dichotoma	Valonia utricularis
Dictyota spiralis	Zostera marina
Gelidium crinale	Zostera noltii
Gymnogongrus griffithsiae	

#### ❖ Indicateur et grille de qualité

Pour les métriques « RR » et « RT », les valeurs de référence sont définies à dire d'experts et avec des données de lagunes « de référence », caractérisées par l'absence de pressions anthropiques significatives et où les apports en eau douce sont peu chargés en nutriments. Elles sont établies à 100% de recouvrement. Les conditions de référence correspondent ainsi à une couverture végétale de 100%, composée d'un peuplement d'espèces, toutes faisant partie de la liste des espèces de référence. Dans les conditions de référence, les EQR de composition, d'abondance et l'EQR macrophyte sont égaux à 1.

Les seuils des classes sont ensuite définis à dire d'expert et les EQR correspondants sont définis par des classes d'amplitude égale (pas de 0,2), pour l'EQR<sub>a</sub>, l'EQR<sub>c</sub> et l'EQR<sub>MAC</sub> (Tableau 5).

**Tableau 5.** Etat DCE du compartiment macrophytes en fonction des valeurs de l'EQR<sub>MAC</sub>.

EQR macrophytes « EQR <sub>MAC</sub> »	Etat DCE
[1 – 0,8]	Très Bon
]0,8 – 0,6]	Bon
]0,6 – 0,4]	Moyen
]0,4 – 0,2]	Médiocre
]0,2 – 0]	Mauvais

La métrique « RR » constitue l'indice de composition des macrophytes (EQR<sub>c</sub>).

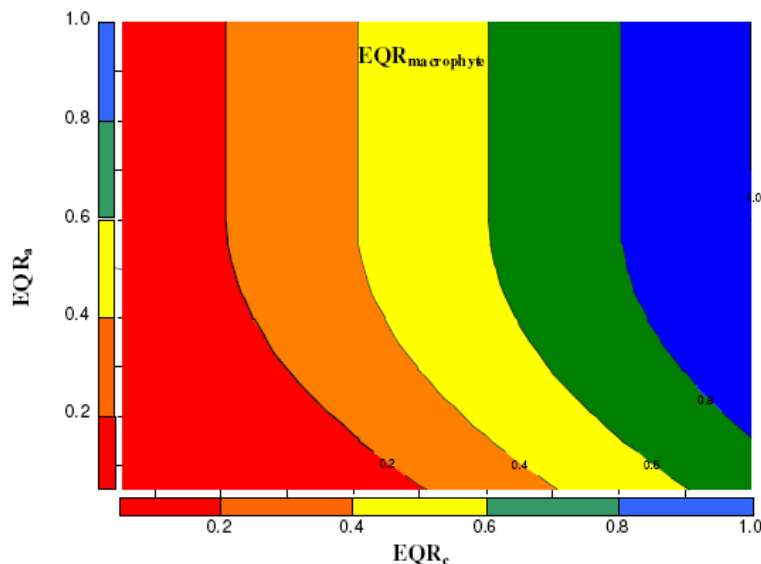
La métrique « RT » constitue un indice d'abondance (EQR<sub>a</sub>).

La métrique RS (RS<3 ou RS≥3) intervient sur le calcul de l'EQR macrophytes uniquement dans les cas où RR=0 (distinction de l'état médiocre et mauvais).

L'indicateur final de l'état des macrophytes (EQR macrophytes = EQR<sub>MAC</sub>) résulte de la combinaison de l'EQR<sub>c</sub> de composition et de l'EQR<sub>a</sub> d'abondance. Il est basé sur le principe suivant :

- c'est la présence d'espèces de référence, donc la composition, qui définit essentiellement la qualité de la masse d'eau pour les macrophytes. Cette qualité est d'autant plus fortement déclassée que l'abondance n'est pas satisfaisante (à partir de EQR<sub>a</sub><0,6 (recouvrement total RT<50%), soit à partir de la classe de qualité « moyen »),

- le principe du déclassement de l'indice de composition par l'indice d'abondance fonctionne selon le graphique ci-dessous (Figure 6). Pour des EQRa supérieurs ou égaux à 0,6 (classe de qualité très bon et bon), la classe de qualité macrophytes est égale à celle de la composition ( $EQR_{MAC} = EQR_c$ ). Pour des EQRa inférieurs à 0,6, il y a un effet de déclassement progressif et qui s'accroît (fonction polynomiale) au fur et à mesure que l'on s'écarte du seuil bon-moyen de l'EQRa (voir ci-dessous les formules).



**Figure 6.** Evolution de l' $EQR_{MAC}$  en fonction de l' $EQR_c$  et l' $EQRa$ .

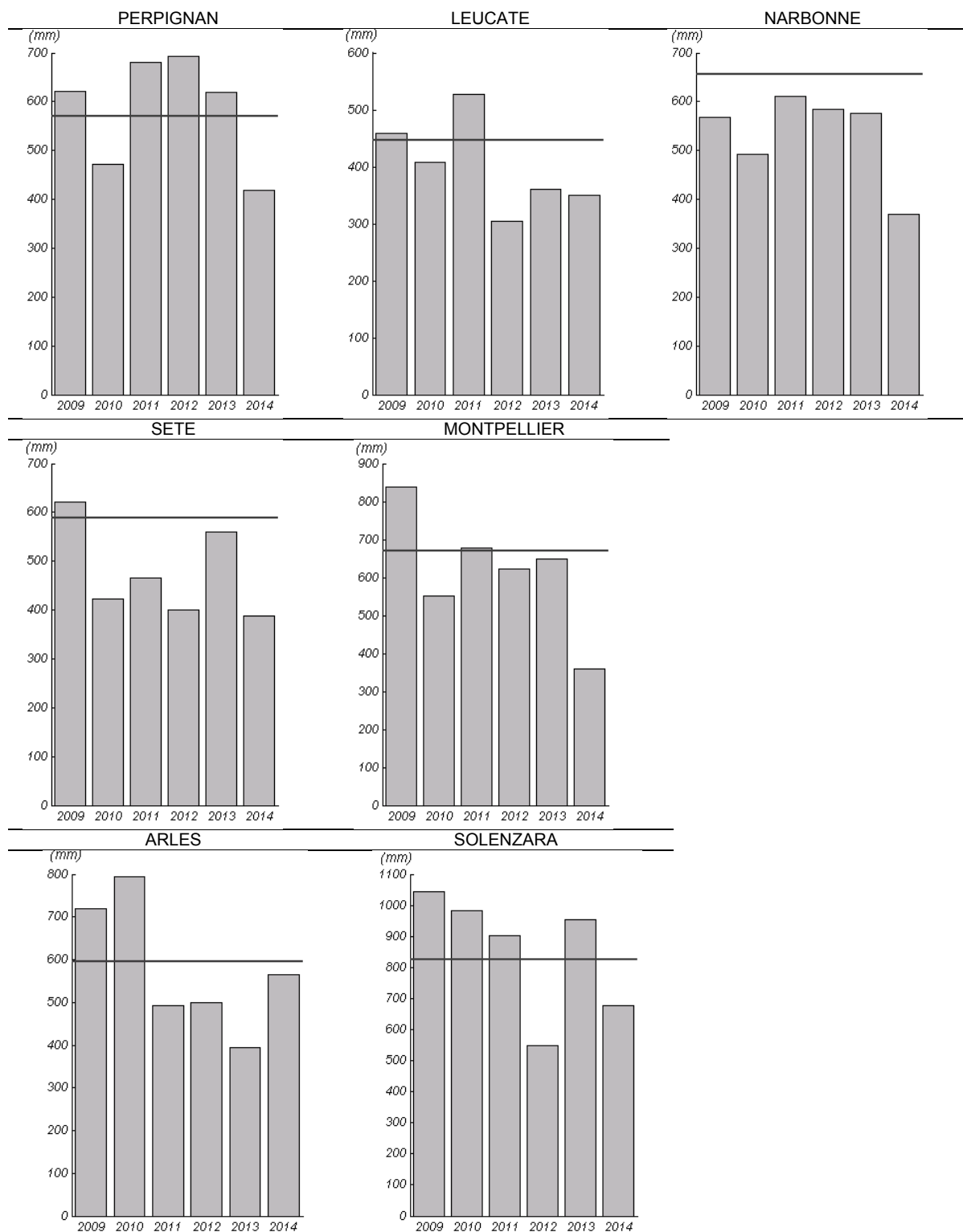
Le calcul de l'EQR d'un site (station benthique ou masse d'eau) se fait en appliquant les formules disponibles dans l'Annexe 2. Dans le cas d'une application sur une masse d'eau (plusieurs points), ce sont les valeurs des moyennes arithmétiques des métriques (RT, RR et RS) sur l'ensemble des stations qui sont utilisées.

### 3.5. Compartiment « sédiments »

Les suivis des sédiments ont été effectués selon les protocoles décrits dans l'étude « Bilan méthodologique de l'outil de diagnostic de l'eutrophisation du RSL - Quatorze années de résultats en Région Languedoc-Roussillon » (Baehr *et al.*, 2013). Les prélèvements ont été réalisés par le LER-LR au niveau de 36 stations benthiques dans la lagune de Thau, au niveau des 5 premiers centimètres de sédiments (Figure 2). Les analyses de granulométrie et de teneurs en matière organique, azote total et phosphore total ont été réalisées par le laboratoire du CIRAD Montpellier. Les résultats présentés concernent essentiellement ces deux derniers paramètres, plus directement influencés par les apports anthropiques.

## 4. Conditions hydroclimatiques

Les cumuls de précipitations des années hydrologiques 2008-2009 à 2013-2014 pour sept stations Météo-France couvrant la façade des lagunes méditerranéennes étudiées sont donnés dans la Figure 7. Les normales ajustées des cumuls annuels de précipitations calculées sur les 13 années hydrologiques précédentes (1995-1996 à 2007-2008) sont données à titre de comparaison.



**Figure 7.** Cumuls de précipitations des années hydrologiques 2008-2009 à 2013-2014 au niveau des stations Météo France de Perpignan, Leucate, Narbonne, Sète, Montpellier, Arles et Solenzara. Le trait représente la normale ajustée du cumul de précipitations sur la période 1995-1996 à 2007-2008.



On remarque que les stations météorologiques de Solenzara en Corse (maximum 1 000 mm/an), de Montpellier et d'Arles sont en moyenne plus arrosées que celles de l'ouest de la façade méditerranéenne. La station de Leucate présente les cumuls les plus faibles au cours de la période 2009 à 2014 (maximum ~ 500 mm/an). La période de 2009 à 2014 correspond à des années hydrologiques relativement sèches en comparaison aux valeurs des normales de chaque station, en particulier pour les stations de Narbonne, Sète, Arles, Montpellier et Leucate (de 6 à 4 années avec des cumuls inférieurs à la normale, sur les 6 années étudiées). L'année hydrologique 2013-2014 présente d'ailleurs les cumuls les plus faibles de la période pour 4 des 7 stations (Narbonne, Perpignan, Sète et Montpellier).

## 5. Fiches de diagnostic par masse d'eau

Les résultats des diagnostics de l'état des compartiments « colonne d'eau », « phytoplancton » et, le cas échéant, des compartiments « macrophytes » et « sédiments », sont présentés sous forme de « fiche » pour chaque masse d'eau dans les pages suivantes :

Code de la masse d'eau DCE	Nom de la masse d'eau DCE	Page
FRDT 01	Canet	20
FRDT 02	Salses-Leucate	22
FRDT 03	La Palme	24
FRDT 04	Bages-Sigean	26
FRDT 05	Ayrolle	28
FRDT 05b	Campagnol	30
FRDT 06a	Gruissan	32
FRDT 08	Vendres	34
FRDT 09	Bagnas	36
FRDT 10	Thau	38
FRDT 11c	Palavasiens-Ouest	44
FRDT 11b	Palavasiens-Est	48
FRDT 11a	Or	50
FRDT 12	Ponant	52
FRDT 13e	Marette	56
FRDT 13c	Médard	58
FRDT14a	Vaccarès	60
FRDT 15a	Berre	62
FRET 01	Biguglia	64
FRET 02	Diana	66
FRET 03	Urbino	68
FRET 04	Palo	70

Pour chaque masse d'eau, les informations suivantes sont données pour qualifier l'état physico-chimique et l'état du phytoplancton :

### ❖ Résultats concernant l'état physico-chimique

- **N** : nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur, sur la période 2009 à 2014,
- « **P90 et état** » : résultat du calcul du percentile 90 en  $\mu\text{mol/L}$  pour chacun des 4 paramètres : Nt, Pt, NID et PO43-. La couleur de la case indique l'état de la masse d'eau obtenu pour chaque paramètre avec la grille de diagnostic DCE (Tableau 2),
- **IC** : intervalle de confiance à 95% de l'indice (P90), obtenu par l'application de la méthode de ré-échantillonnage du « bootstrap »<sup>2</sup>, en utilisant le mois comme élément

<sup>2</sup> L'intervalle de confiance mesure le degré de précision que l'on a sur les estimations issues d'un échantillon. La méthode du bootstrap non paramétrique s'appuie sur le fait de pouvoir, en ré-échantillonnant dans les données proprement dites, estimer les caractéristiques du phénomène aléatoire qui a engendré ces données (Efron, 1995). Cette méthode permet de s'affranchir de la nécessité pour la population de respecter une distribution selon une loi normale.

stratifiant afin de tenir compte de la saisonnalité des phénomènes (pour éviter de ne ré-échantillonner par exemple que des données obtenues au mois d'août) (Belin *et al.*, 2014). L'IC permet de rendre compte de la variabilité temporelle de l'indicateur, au cours de la période de diagnostic ;

- « **Etat physico-chimique** » : la couleur de la case indique l'état physico-chimique de la masse d'eau obtenu.
- **graphiques** : pour chaque paramètre, les valeurs obtenues chaque mois en juin, juillet et août, de 2009 à 2014, sont représentées pour la (ou les) station(s) de la masse d'eau. Les seuils de la grille de diagnostic sont visualisés sous forme de lignes rouges (pas de ligne : toutes les valeurs sont inférieures au seuil « très bon »).

#### ❖ Résultats concernant l'état du phytoplancton

- **N** : nombre de valeurs disponibles pour le calcul de l'indicateur, sur la période 2009 à 2014,
- « **EQR et état** » : valeur de l'EQR pour les métriques de « biomasse » et d'« abondance » et pour l'indicateur « phytoplancton ». La couleur de la case indique l'état de la masse d'eau obtenu, pour chaque paramètre et pour l'indicateur, avec la grille de diagnostic DCE (Tableau 3),
- **IC** : obtenu par l'application de la méthode de ré-échantillonnage du « bootstrap »<sup>3</sup>, en utilisant le mois comme élément stratifiant afin de tenir compte de la saisonnalité des phénomènes (pour éviter de ne ré-échantillonner par exemple que des données obtenues au mois d'août) (Belin *et al.*, 2014). L'IC permet de rendre compte de la variabilité temporelle de l'indicateur, au cours de la période de diagnostic ;
- **graphiques** : pour chaque métrique (biomasse, abondance de picophytoplancton et de nanophytoplancton), les valeurs obtenues chaque mois en juin, juillet et août, de 2009 à 2014, sont représentées pour la (ou les) station(s) de la masse d'eau. Les seuils de la grille de diagnostic sont visualisés sous forme de lignes rouges (pas de ligne : toutes les valeurs sont inférieures au seuil « très bon »).

**Un bilan des diagnostics DCE effectués sur les 22 masses d'eau lagunaires méditerranéennes est disponible p. 73 dans le Tableau 6.**

---

<sup>3</sup> L'intervalle de confiance mesure le degré de précision que l'on a sur les estimations issues d'un échantillon. La méthode du bootstrap non paramétrique s'appuie sur le fait de pouvoir, en ré-échantillonnant dans les données proprement dites, estimer les caractéristiques du phénomène aléatoire qui a engendré ces données (Efron, 1995). Cette méthode permet de s'affranchir de la nécessité pour la population de respecter une distribution selon une loi normale.



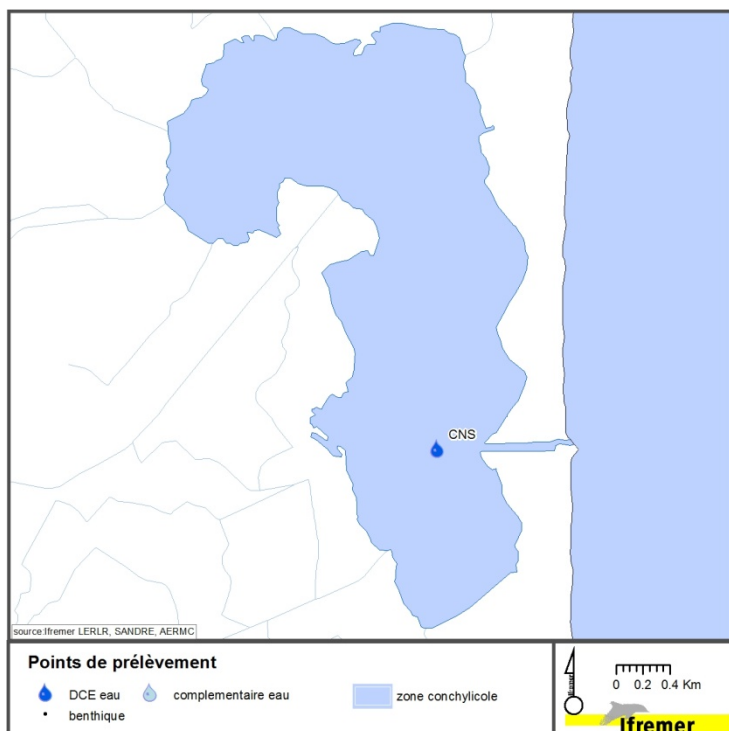


Figure 01-1. Localisation des stations de suivi sur Canet.

Tableau 01-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Canet (N=9).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	26.4	[0.6 ; 83.2]
PO4	13.6	[9.7 ; 17.9]
NT	156.4	[125.7 ; 168.7]
PT	25.4	[20.2 ; 25.8]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 01-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Canet (N=9).

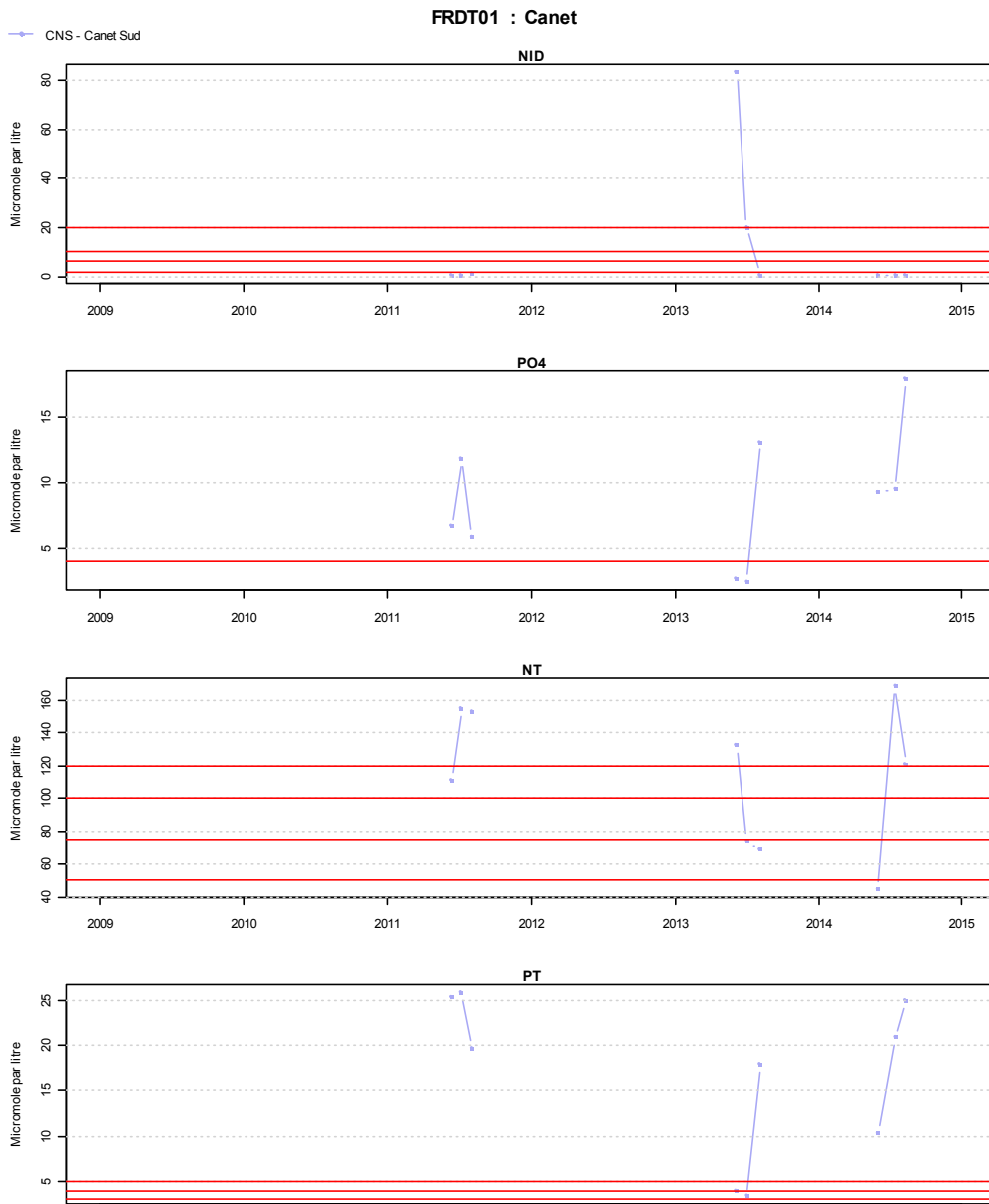
Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.05	[0.05 ; 0.09]
Abondance	0.01	[0 ; 0.03]
<b>Phytoplancton</b>	0.03	[0.03 ; 0.05]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

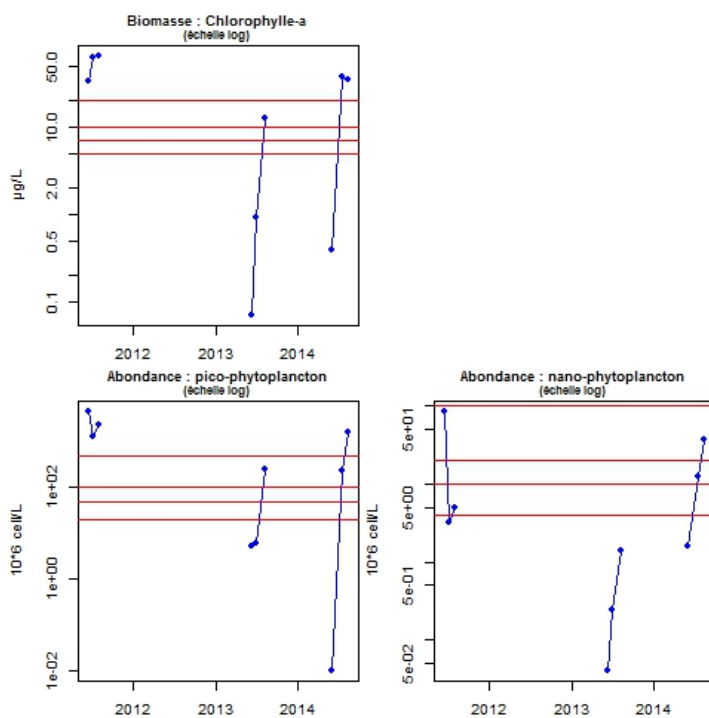
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton dans la lagune de Canet est diagnostiqué au niveau de la station « CNS », située au sud de la lagune (Figure 01-1). Cet état est « mauvais » sur la période 2009-2014 (Tableaux 01-1 et 01-2). Ce diagnostic s'appuie sur trois années de diagnostic (2011, 2013 et 2014). Les concentrations en azote et phosphore dans la colonne d'eau restent relativement élevées avec des variations qui peuvent être importantes durant l'été (épisodes pluvieux pour l'azote et/ou forte chaleur pour les phosphates) (Figures 01-2). La teneur en chlorophylle *a* dans la colonne d'eau, influencée par les concentrations en nutriments, reste supérieure à 10 µg/L au moins une fois chaque année (Figure 01-3). La biomasse phytoplanctonique est composée de cellules de nano et de pico-phytoplancton durant cette période, pendant laquelle il est difficile de mettre en évidence une tendance d'évolution.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Canet » ne répond pas aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**



**Figure 01-2** (en haut). Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2011, 2013 et 2014 à Canet.



**Figure 01-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2011, 2013 et 2014 à Canet (échelle logarithmique).

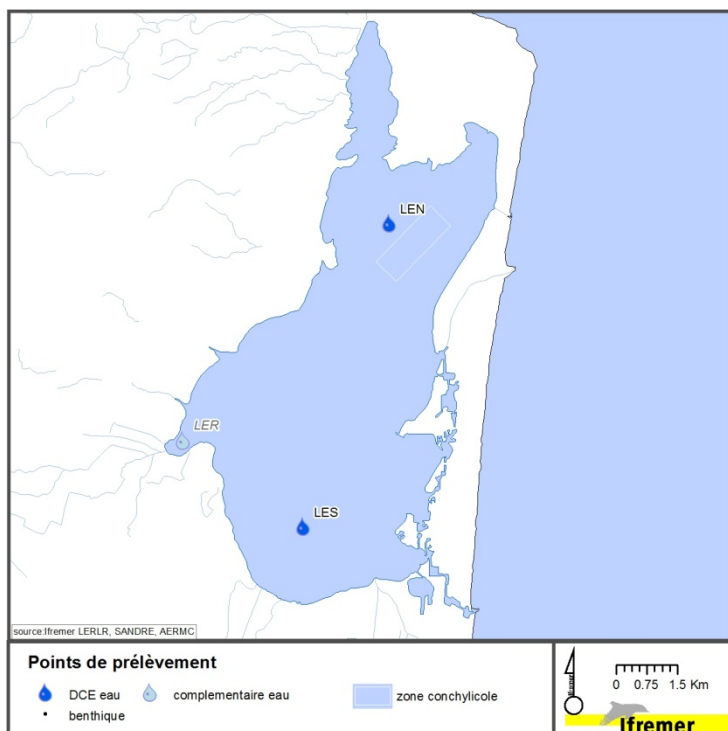


Figure 02-1. Localisation des stations de suivi sur Leucate.

Tableau 02-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Leucate (N=17).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	0.7	[0.4 ; 1.9]
PO4	0.1	[0 ; 0.1]
NT	24	[22.7 ; 32.7]
PT	0.6	[0.5 ; 0.9]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 02-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Leucate (N=17).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	1	[1 ; 1]
Abondance	0.6	[0.32 ; 0.77]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.8</b>	<b>[0.66 ; 0.88]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton dans la lagune de Salses-Leucate est diagnostiqué pour la DCE au niveau des stations « LEN » et « LES » (Figure 02-1) (les données acquises au niveau de la station « LER » sont présentés en Annexe 3). L'état est qualifié de « bon » au regard des grilles DCE sur la période 2009-2014 (Tableaux 02-1 et 02-2). Sur cette période, l'état physico-chimique de la colonne d'eau et du phytoplancton semble assez stable (Figure 02-2). Les concentrations en formes dissoutes et totales dans la colonne d'eau sont faibles au niveau des stations Leucate Nord et Sud, excepté en 2009 où la concentration en NID a exceptionnellement dépassé les 2  $\mu\text{mol/L}$  (seuil inférieur du très bon état). Dans l'ensemble, la biomasse ainsi que l'abondance nano et pico-phytoplanctonique restent faibles sur la période étudiée pour les stations LES et LEN (Figure 02-3). En revanche, au niveau de la station LER, les concentrations en 2009, 2010, 2011 et 2013 et la biomasse en 2011 dépassent ponctuellement les seuils du bon état.

De manière générale, ces résultats mettent en évidence le bon fonctionnement de la lagune de Leucate vis-à-vis de l'eutrophisation. Le suivi de la station Roquette indique néanmoins que certaines zones de la lagune restent très sensibles aux perturbations anthropiques.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Salses-Leucate » répond aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**

FRDT02 : Etang de Salses-Leucate

LEN - Leucate Nord    LES - Leucate Sud

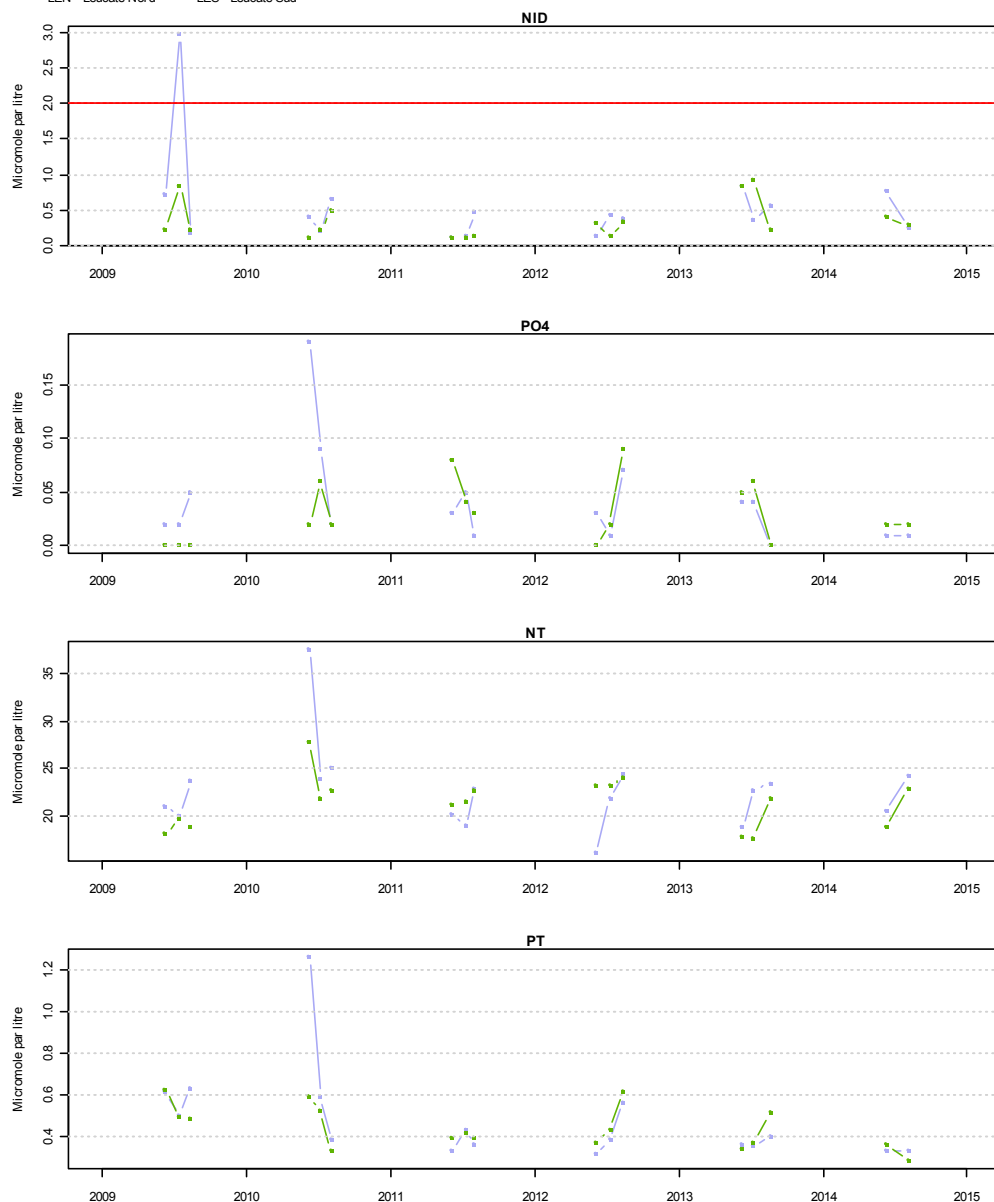


Figure 02-2 (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations LEN et LES de Salses-Leucate.

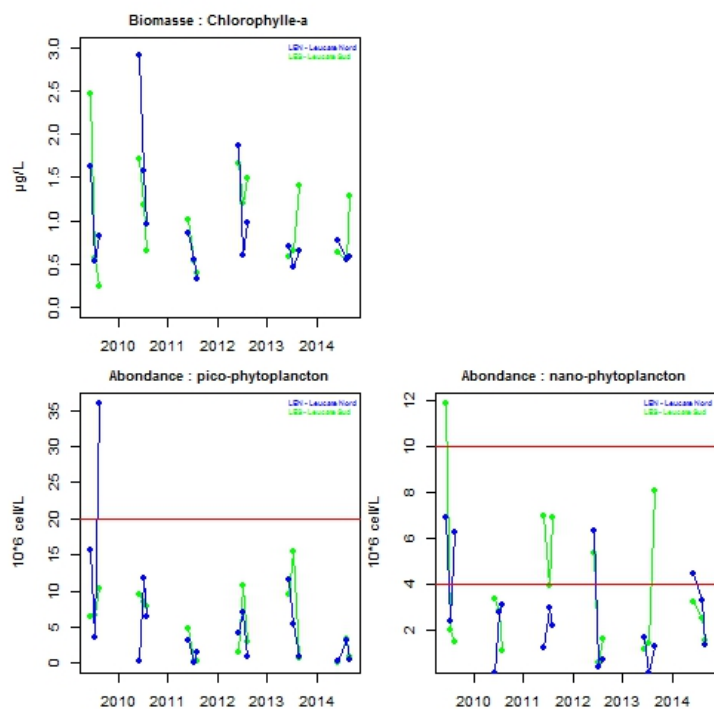


Figure 02-3 (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations LEN et LES de Salses-Leucate.

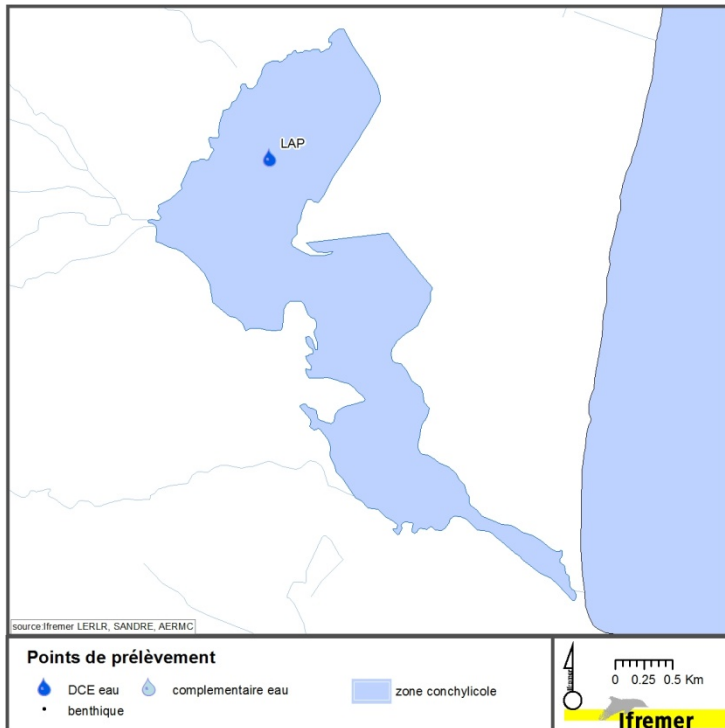


Figure 03-1. Localisation des stations de suivi sur La Palme.

Tableau 03-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour La Palme (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	5	[1.7 ; 9.5]
PO4	0.1	[0.1 ; 0.2]
NT	54.8	[44.6 ; 59.9]
PT	0.9	[0.7 ; 1.3]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 03-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour La Palme (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	1	[0.31 ; 1]
Abondance	0.3	[0.1 ; 1]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.65</b>	<b>[0.31 ; 1]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Le diagnostic de la masse d'eau « La Palme » est établi à partir des suivis réalisés sur une station hydrologique située au centre du bassin nord (Figure 03-1). Sur cette lagune, qui constitue un site de référence pour les masses d'eau de transition au titre de la DCE, le compartiment « Phytoplancton » (Tableau 03-2) et les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (Tableau 03-1) affichent un bon état sur la période 2009-2014.

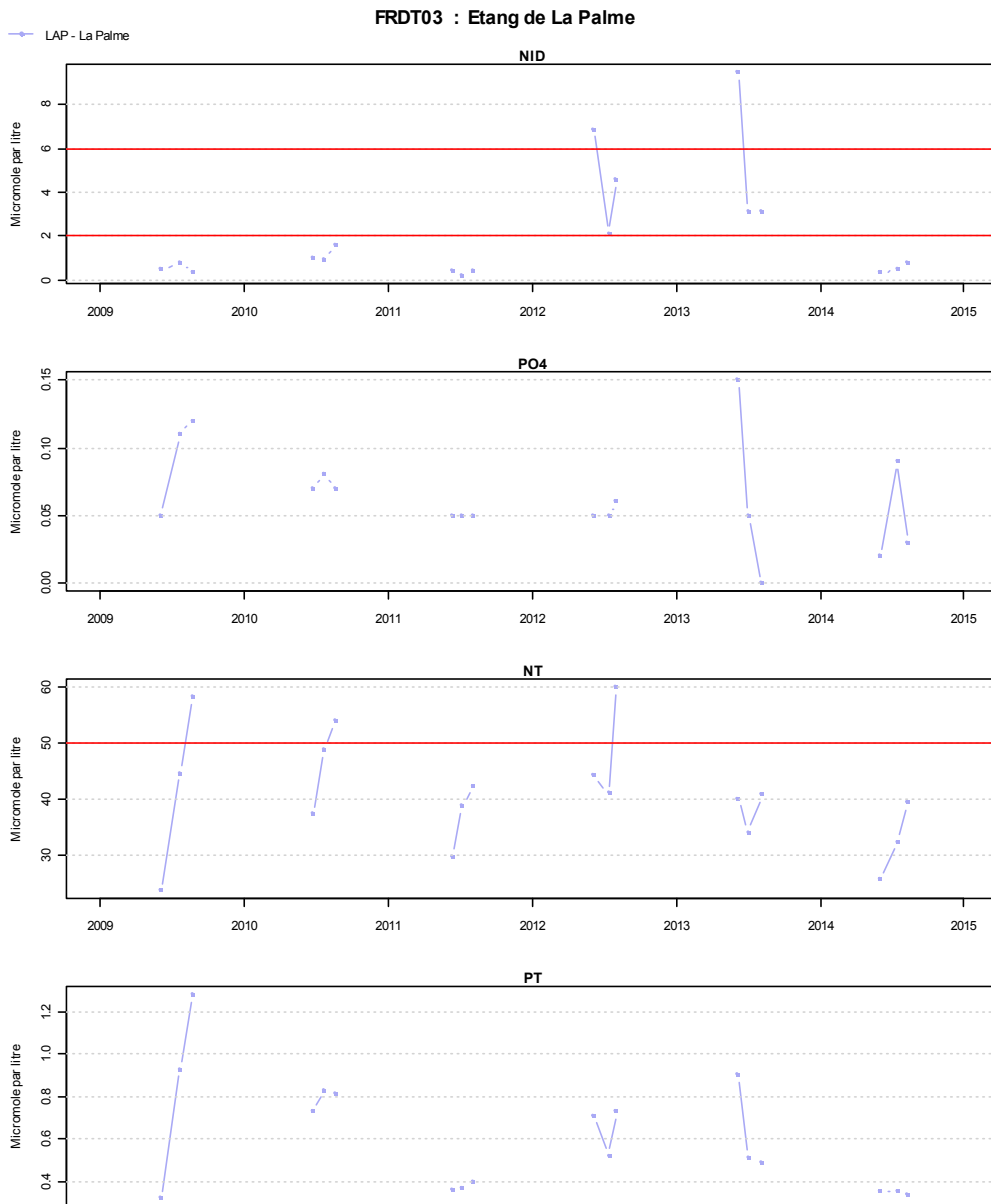
Les concentrations en chlorophylle *a* mesurées dans la lagune de La Palme sur les périodes estivales 2009-2014 sont pour la quasi-totalité (17 des 18 échantillons) inférieures à la valeur de référence. Dans ces conditions, la valeur de l'indicateur « biomasse » est bornée par la valeur de référence et l'EQR<sub>B</sub> « biomasse » du phytoplancton est égal à sa valeur maximale 1, correspond à un très bon état. Toutefois, la valeur de chlorophylle *a* supérieure au seuil « Moyen-Médiocre » au mois d'août 2009 (Figure 03-3). L'EQR<sub>A</sub> « abondance » est en limite de seuil « Bon-Moyen », avec une large gamme de variation allant d'un très bon état à un état médiocre. Les fortes abondances en nano-phytoplancton mesurées durant les étés 2009 et 2010 (Figure 03-3) sont en effet caractéristiques d'un état moyen ou médiocre.

Les concentrations en phosphate et phosphore total sont caractéristiques d'un très bon état, stable sur les 6 étés (bornes inférieures des intervalles de confiance ([IC] dans le Tableau 03-1) inférieures aux seuils « Très bon – Bon »). Le bon état physico-chimique de la colonne d'eau de cette lagune est donc uniquement conditionné par les concentrations en azote inorganique dissous et en particulier par les concentrations en ammonium (Ifremer, 2014). La variabilité de ce paramètre sur les 6 années (IC allant d'un état moyen à un très bon état) est liée aux niveaux élevés des étés 2012 et 2013.

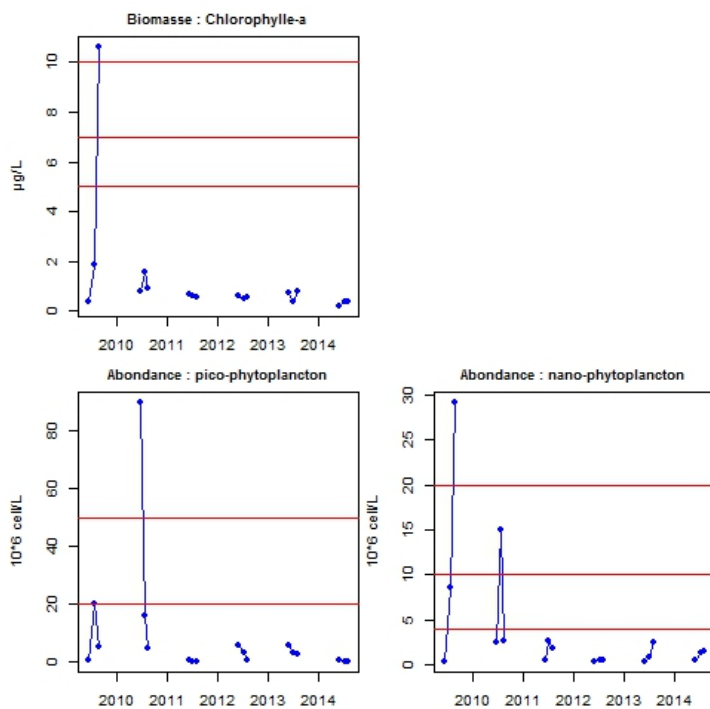
Depuis 2003, les suivis de la colonne d'eau réalisés dans le cadre du RSL ont mis à jour des excès d'ammonium dans l'eau liés à des dysfonctionnements de la station d'épuration de La Palme. Au printemps 2009, les travaux de réhabilitation de cette station ont occasionné des rejets massifs d'effluents dans la lagune. Bien que ponctuelle, cette pollution en azote et phosphore a cependant été suffisamment importante pour déséquilibrer le compartiment « Phytoplancton » durant les deux étés suivants. Des niveaux élevés d'ammonium ont à nouveau été enregistrés en 2012 et 2013. Les variations importantes de la salinité et des niveaux d'eau, liés au fonctionnement naturel du grau, créent sur la lagune de La Palme un contexte naturel fortement dynamique et instable qui la rend particulièrement sensible aux apports anthropiques. Les dysfonctionnements récurrents sur les réseaux de traitement des eaux usées sont donc doublement dommageables. Ils ont tendance d'une part à enrichir le milieu en azote et d'autre part à amplifier les risques de déséquilibre des compartiments biologiques, qui dans cette lagune sont naturellement instables.

**Sur la période 2009-2014, l'état biologique du Phytoplancton et des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau de la masse d'eau « La Palme » répondent aux exigences de la DCE.**





**Figure 03-2 (en haut).** Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à La Palme.



**Figure 03-3 (à gauche).** Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à La Palme.

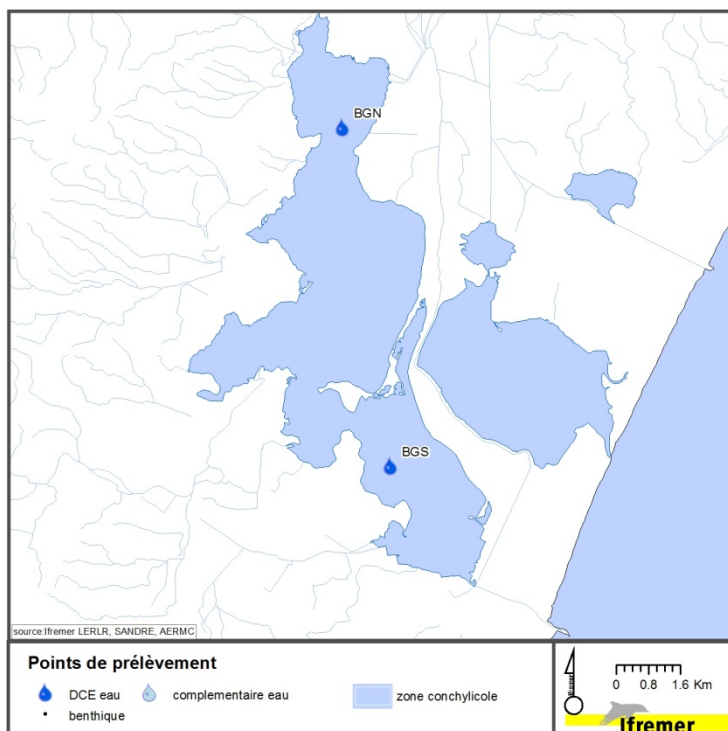


Figure 04-1. Localisation des stations de suivi sur Bages-Sigean.

#### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Le diagnostic de la masse d'eau « Bages-Sigean » est établi à partir de l'agrégation spatiale des suivis hydrologiques réalisés aux stations BGN - représentative du secteur confiné de cette masse d'eau - et BGS - localisée dans la zone de mélange avec les eaux marines - (Figure 04-1). Sur la période 2009-2014 les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau et le compartiment « Phytoplancton » de cette masse d'eau affichent respectivement un très bon et un bon état (Tableaux 04-1 et 2).

L'hydromorphologie de la lagune de Bages-Sigean fait qu'il existe un « gradient environnemental » entre les bassins Nord et Sud. Ce gradient naturel est encore amplifié par une répartition hétérogène des tributaires qui se rejettent dans le secteur confiné. Dans ce contexte, l'évolution des paramètres hydro-biologiques agrégés sur les deux stations est principalement gouvernée par la station BGN, où les concentrations sont les plus élevées.

Sur les périodes estivales 2009-2014, les concentrations en chlorophylle *a*, agrégées à l'échelle de la masse d'eau, sont toutes inférieures à la valeur de référence. Dans ces conditions, la valeur de l'indicateur « biomasse » du phytoplancton est bornée par la valeur de référence et l'EQR<sub>B</sub> est égal à sa valeur maximale (1), sans variabilité mesurable.

Sur la période 2009-2014, les conditions hydrologiques printanières ont été relativement contrastées - avec notamment un printemps pluvieux en 2013 « encadré » par deux printemps secs en 2012 et 2014. Malgré cela, dans le secteur sud de la lagune les abondances en pico et nano phytoplancton sont restées stables et, pour la plupart, inférieures au seuil « Très bon –Bon » (Figure 04-3). En revanche, les communautés phytoplanctoniques qui se succèdent dans le secteur nord sont beaucoup plus variables. Cette variabilité est liée à : i) la compétition avec les macro-végétaux pour l'assimilation de ces nutriments, elle-même fonction de la biomasse de macro-végétaux qui augmente dans ce secteur d'étang depuis 2007 ; ii) la disponibilité en nutriments dans la colonne d'eau, elle-même fonction des conditions environnementales. La lagune de Bages-Sigean est aujourd'hui en mesure d'assimiler sans déséquilibre apparent les quantités de nutriments apportées par les bassins versants dans des conditions environnementales « d'année sèche » (cf. étés 2012 et 2014). Les apports supplémentaires lors d'événements pluvieux en période printanière notamment (cf. été 2013), alimentent une production de micro et/ou macro algues toujours excédentaire dans le secteur confiné de la lagune.

L'EQR<sub>A</sub> « abondance », gouverné par l'évolution des abondances en nano-phytoplancton du secteur nord, est « moyen ». Ces abondances élevées sont toutefois associées à des biomasses faibles et en moyenne l'EQR « Phytoplancton » affiche des valeurs caractéristiques d'un bon état.

Les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau varient peu et sont, pour la plupart, dans la gamme caractéristique du très bon état.

**Sur la période 2009-2014, l'état biologique du Phytoplancton et des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau de la masse d'eau « Bages-Sigean » répondent aux exigences de la DCE.**

Tableau 04-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Bages-Sigean (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	1.2	[0.5 ; 1.7]
PO4	0.2	[0.1 ; 0.2]
NT	38.3	[35.2 ; 41.4]
PT	1.1	[1.1 ; 1.2]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 04-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Bages-Sigean (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	1	[1 ; 1]
Abondance	0.19	[0.09 ; 0.42]
<b>Phytoplancton</b>	0.6	[0.54 ; 0.71]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

FRDT04 : Complexe du Narbonnais Bages-Sigean

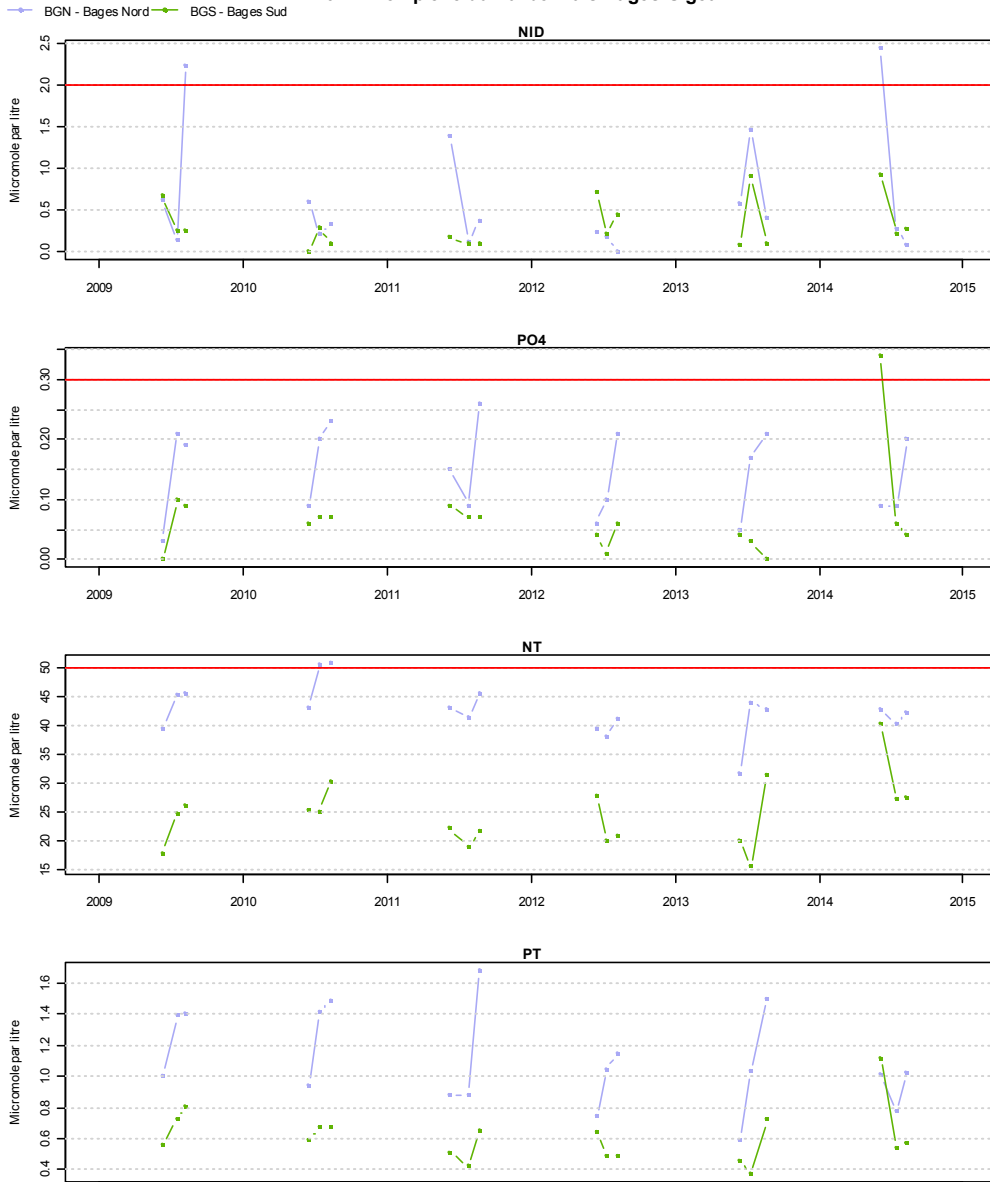


Figure 04-2 (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations BGN et BGS à Bages-Sigean.

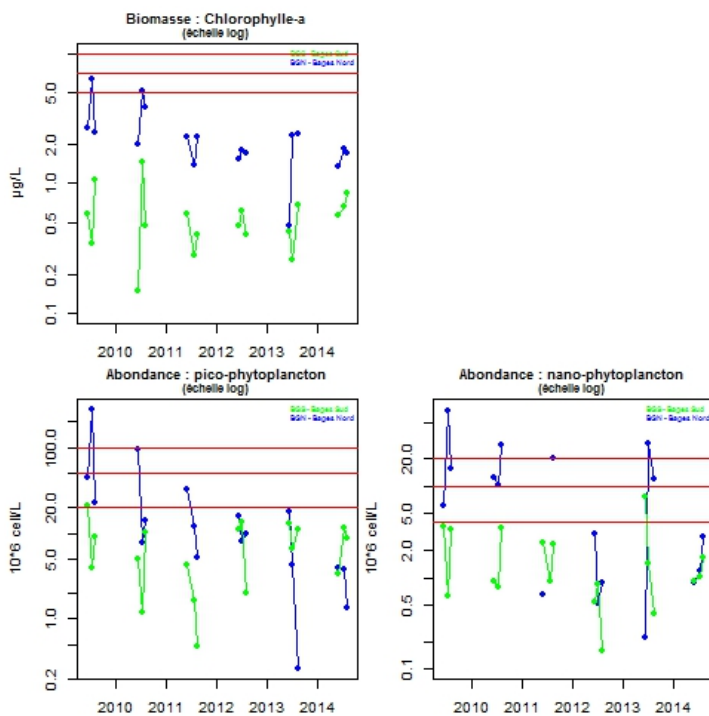


Figure 04-3 (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations BGN et BGS à Bages-Sigean (échelle logarithmique).

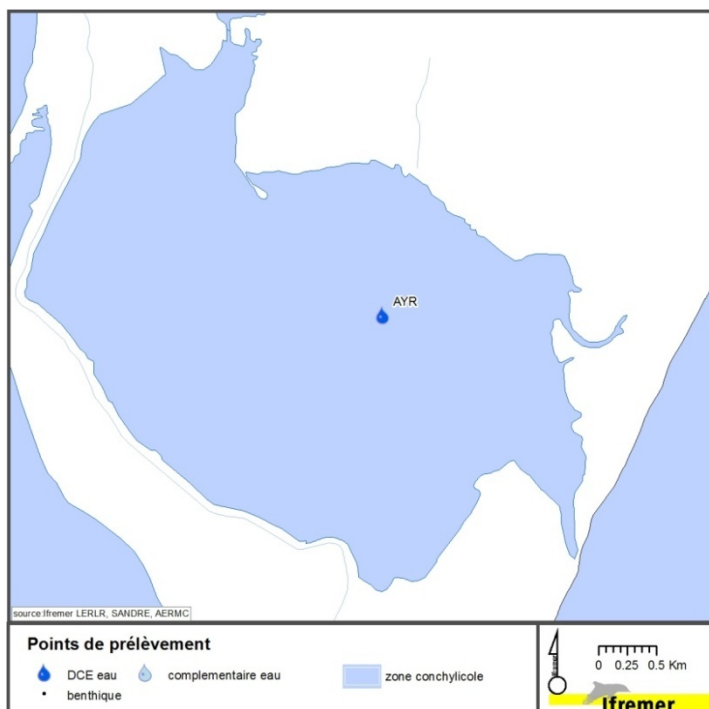


Figure 05a-1. Localisation des stations de suivi sur Ayrolle.

Tableau 05a-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Ayrolle (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	0.9	[0.5 ; 1.2]
PO4	0.1	[0.1 ; 0.2]
NT	38.8	[34.9 ; 51.4]
PT	0.9	[0.6 ; 1.2]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 05a-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Ayrolle (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	1	[1 ; 1]
Abondance	0.5	[0.38 ; 1]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.75</b>	<b>[0.69 ; 1]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

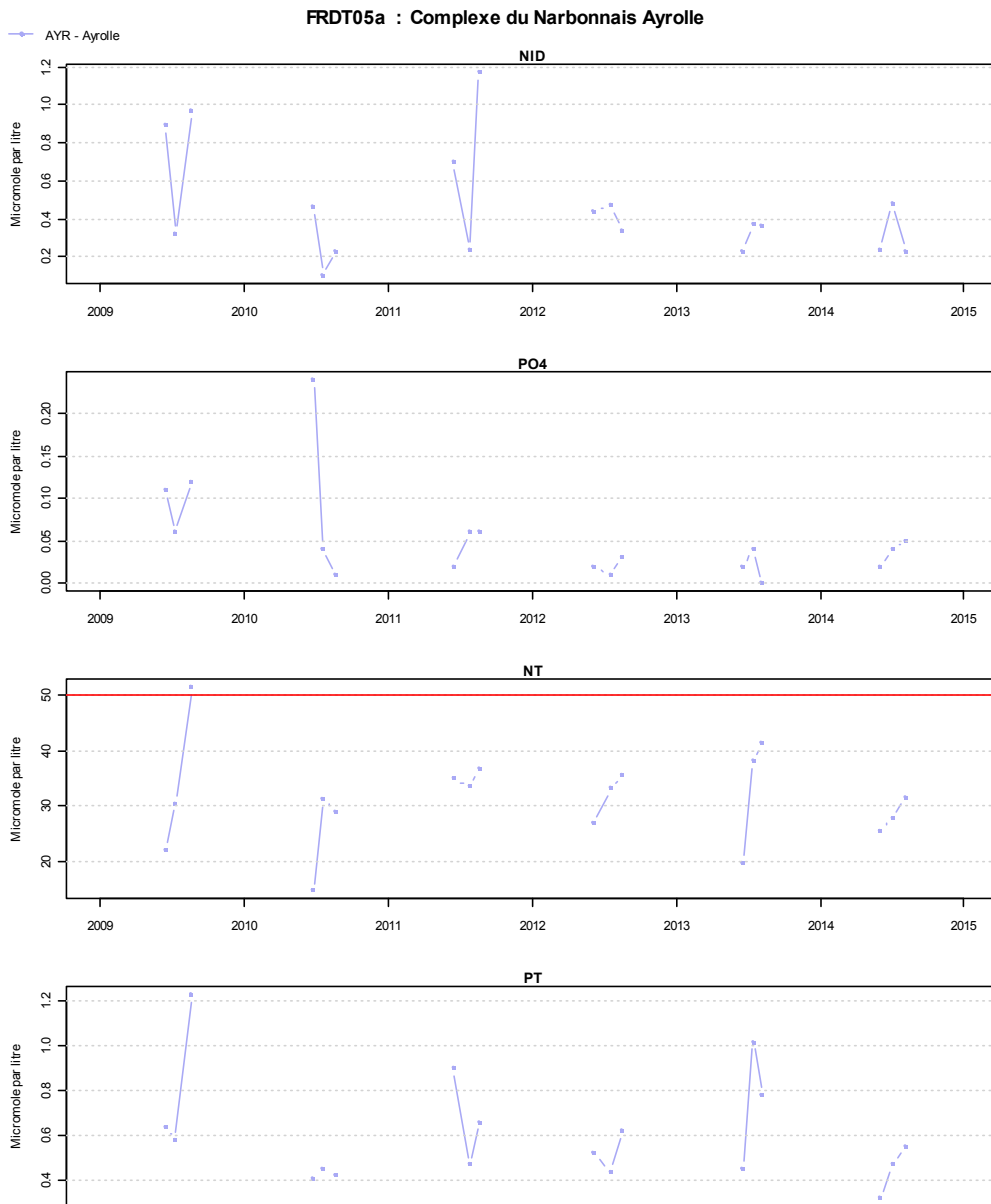
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Le diagnostic de la masse d'eau « Ayrolle » est établi à partir des suivis réalisés sur une station hydrologique située au centre de la lagune (Figure 05a-1). Cette masse d'eau, qui a contribué à la définition des valeurs de référence des métriques du compartiment « Phytoplancton », affiche sur la période 2009-2014 un très bon état du compartiment « Phytoplancton » et des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (Tableaux 05a-1 et 2).

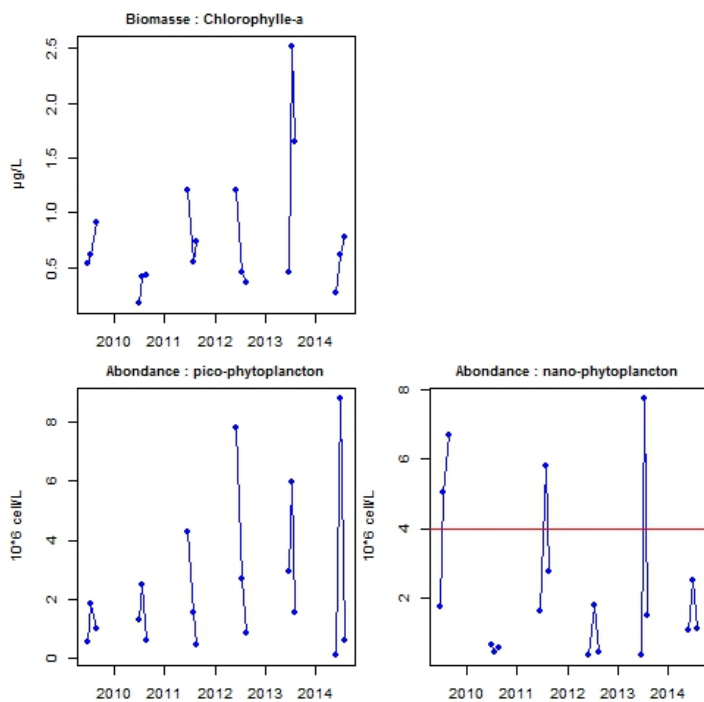
Les concentrations en chlorophylle *a* enregistrées dans la lagune de l'Ayrolle sur les périodes estivales 2009-2014 sont toutes inférieures à la valeur de référence (Figure 05a-3). Dans ces conditions, la valeur de l'indicateur « biomasse » du phytoplancton est bornée par la valeur de référence et l'EQR<sub>B</sub> est égal à sa valeur maximale (1) sans variabilité mesurable. L'EQR<sub>A</sub> « abondance » correspond à un bon état avec une gamme de variation oscillant entre le bon et le très bon état. Ce sont les abondances en nano-phytoplancton qui conditionnent l'évolution de l'EQR<sub>A</sub>, les abondances en pico-phytoplancton restant, pour les 18 échantillons, bien inférieures au seuil « Très bon – Bon ». Cette relative variabilité des abondances en nano-phytoplancton n'a que peu d'impact sur l'EQR « Phytoplancton » qui, à l'instar de l'EQR<sub>B</sub> « biomasse » et de l'EQR<sub>A</sub> « abondance en pico-phytoplancton », affiche dans 93% des cas, des valeurs caractéristiques d'un très bon état.

Les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau varient peu et restent dans tous les cas (excepté une valeur du paramètre NT durant l'été 2009 – Figure 05a-2) dans la gamme caractéristique du très bon état.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Ayrolle » répond aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et les caractéristiques physico-chimiques.**



**Figure 05a-2** (en haut). Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à l'Ayrolle.



**Figure 05a -3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à l'Ayrolle.

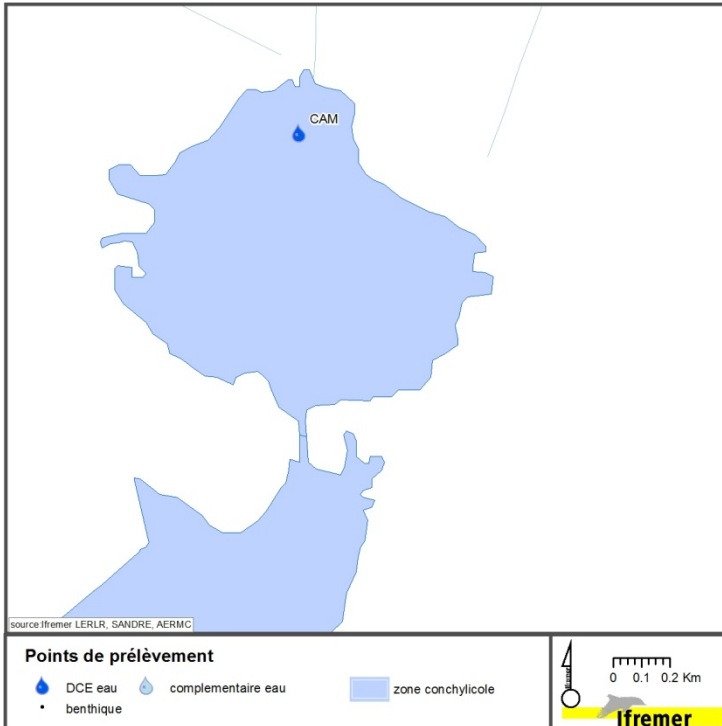


Figure 01b. Localisation des stations de suivi sur Campagnol.

Tableau 05b-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Campagnol (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	49	[36.9 ; 53.5]
PO4	1.2	[1.1 ; 1.3]
NT	87.5	[71.7 ; 100.2]
PT	4.2	[3.4 ; 5.4]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 05b-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Campagnol (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.21	[0.04 ; 0.38]
Abondance	0.07	[0.01 ; 0.33]
<b>Phytoplancton</b>	0.14	[0.04 ; 0.3]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

- Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Les états physico-chimique et du phytoplancton de la masse d'eau mésohaline « Campagnol » sont interprétés au regard des grilles de diagnostic DCE en vigueur pour les lagunes poly-euhalines (cf § 3.3.1).

Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésohalines permettront de mieux situer la qualité de ces masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Onema, l'Ifremer et la Tour du Valat sur ce type de lagunes ont conduit à la proposition d'indicateurs et de grilles de diagnostic des macrophytes adaptés à ces milieux (Sanchez et Grillas, 2014). Elles aboutiront fin 2015 avec l'élaboration d'indicateurs et de grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton (étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM2).

FRDT05b : Complexe du Narbonnais Campagnol

—●— CAM - Campagnol

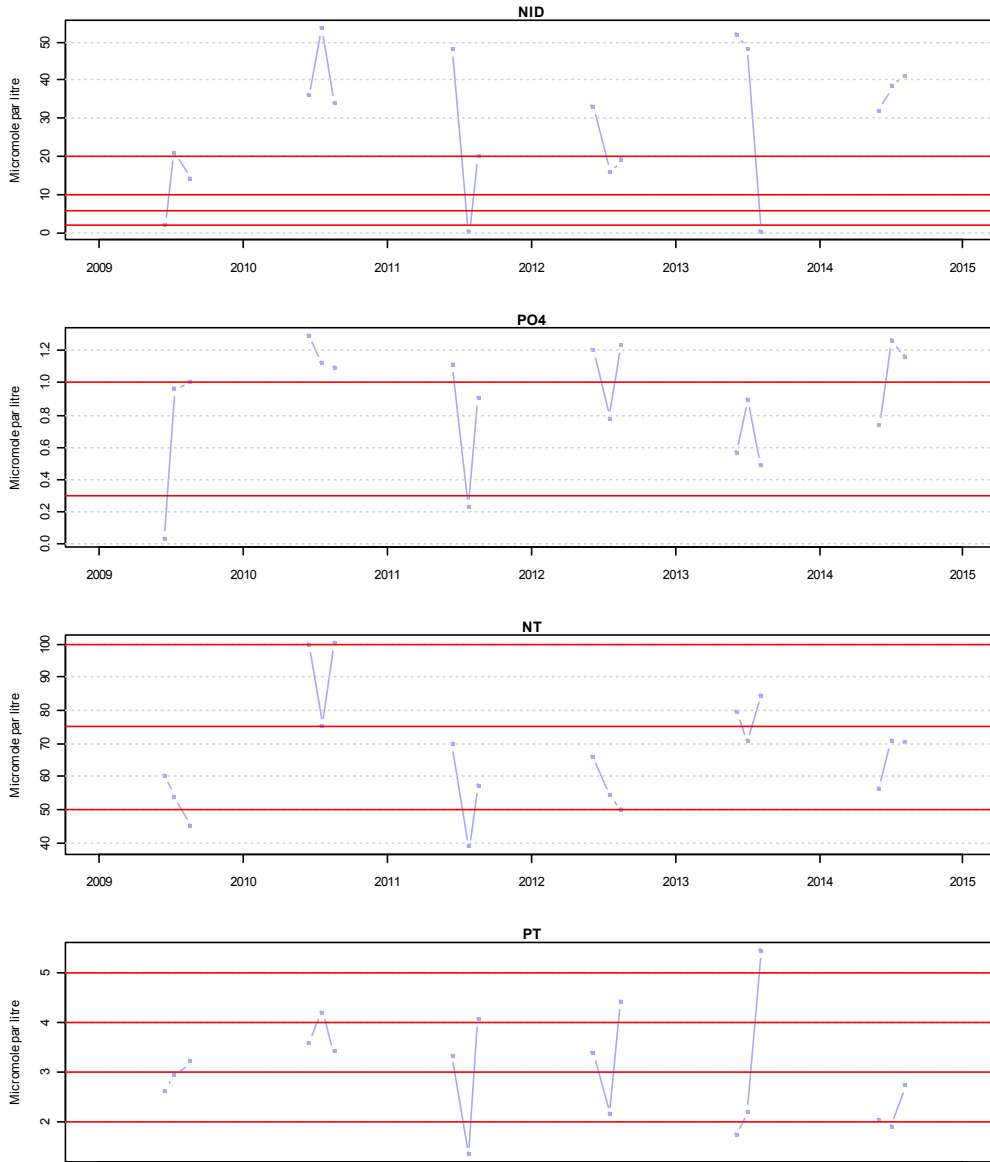


Figure 05b-2 (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Campagnol.

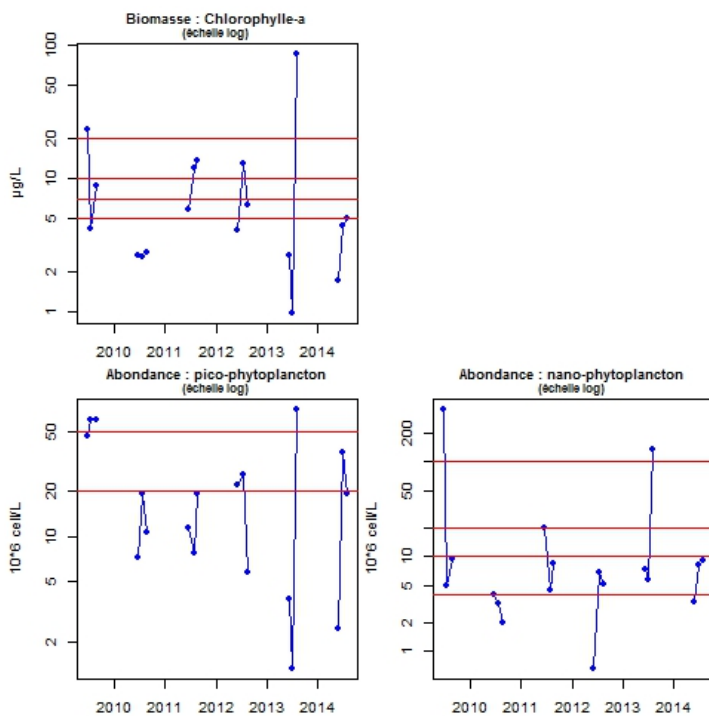


Figure 05b-3 (à gauche). Concentration de chlorophyll-e-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Campagnol (échelle logarithmique).

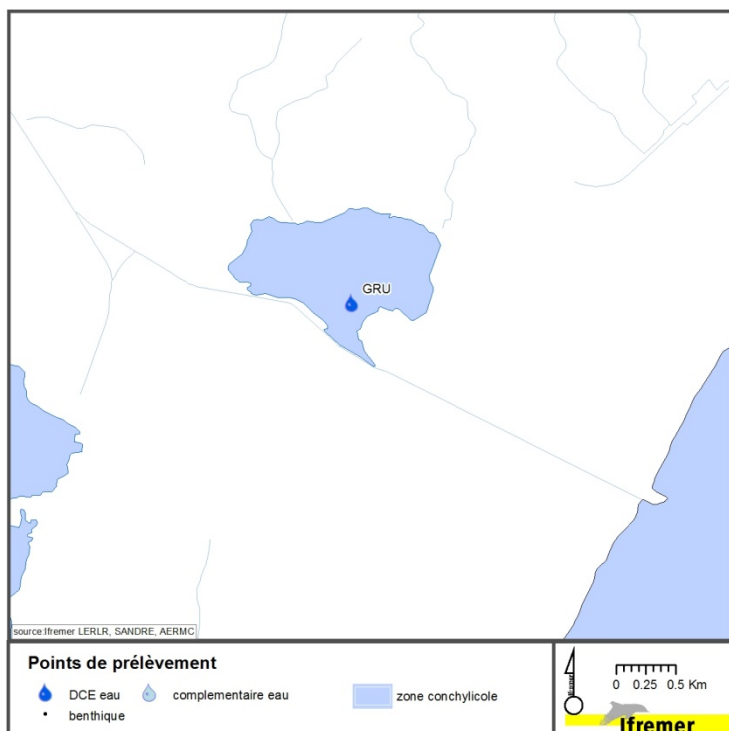


Figure 06a-1. Localisation des stations de suivi sur Gruissan.

Tableau 06a-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Gruissan (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	1.1	[0.7 ; 1.4]
PO4	0.1	[0.1 ; 0.1]
NT	37.3	[33.2 ; 58.9]
PT	0.8	[0.7 ; 0.8]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 06a-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Gruissan (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	1	[1 ; 1]
Abondance	0.45	[0.33 ; 0.7]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.72</b>	<b>[0.67 ; 0.85]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Le diagnostic de la masse d'eau « Gruissan » est établi à partir des suivis réalisés sur une station hydrologique (Figure 06a-1). Sur la période 2009-2014, le compartiment « Phytoplancton » et les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau affichent un très bon état (Tableaux 06a-1 et 2).

Les concentrations en chlorophylle *a* enregistrées dans la lagune de Gruissan sur les périodes estivales 2009-2014 sont toutes inférieures à la valeur de référence (Figure 06a-3). Dans ces conditions, la valeur de l'indicateur « biomasse » du phytoplancton est bornée par la valeur de référence et l'EQR<sub>B</sub> est égal à sa valeur maximale (1), sans variabilité mesurable. L'EQR<sub>A</sub> « abondance » est contrôlé par les abondances en nano-phytoplancton (Figure 06a-3) et correspond à un bon état. Associée à un indicateur « biomasse » optimal, la faible variabilité des abondances en nano-phytoplancton n'a qu'un impact limité sur l'EQR « Phytoplancton », qui est caractéristique d'un très bon état.

Les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau varient peu et restent dans la plupart des cas dans la gamme caractéristique du très bon état (seule une valeur du paramètre NT durant l'été 2010 dépasse le seuil « Très bon – Bon » - Figure 06a-2).

**Sur la période 2009-2014, l'état biologique du Phytoplancton et des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau de la masse d'eau « Gruissan » répondent aux exigences de la DCE.**



FRDT06a : Complexe du Narbonnais Gruissan

GRU - Gruissan

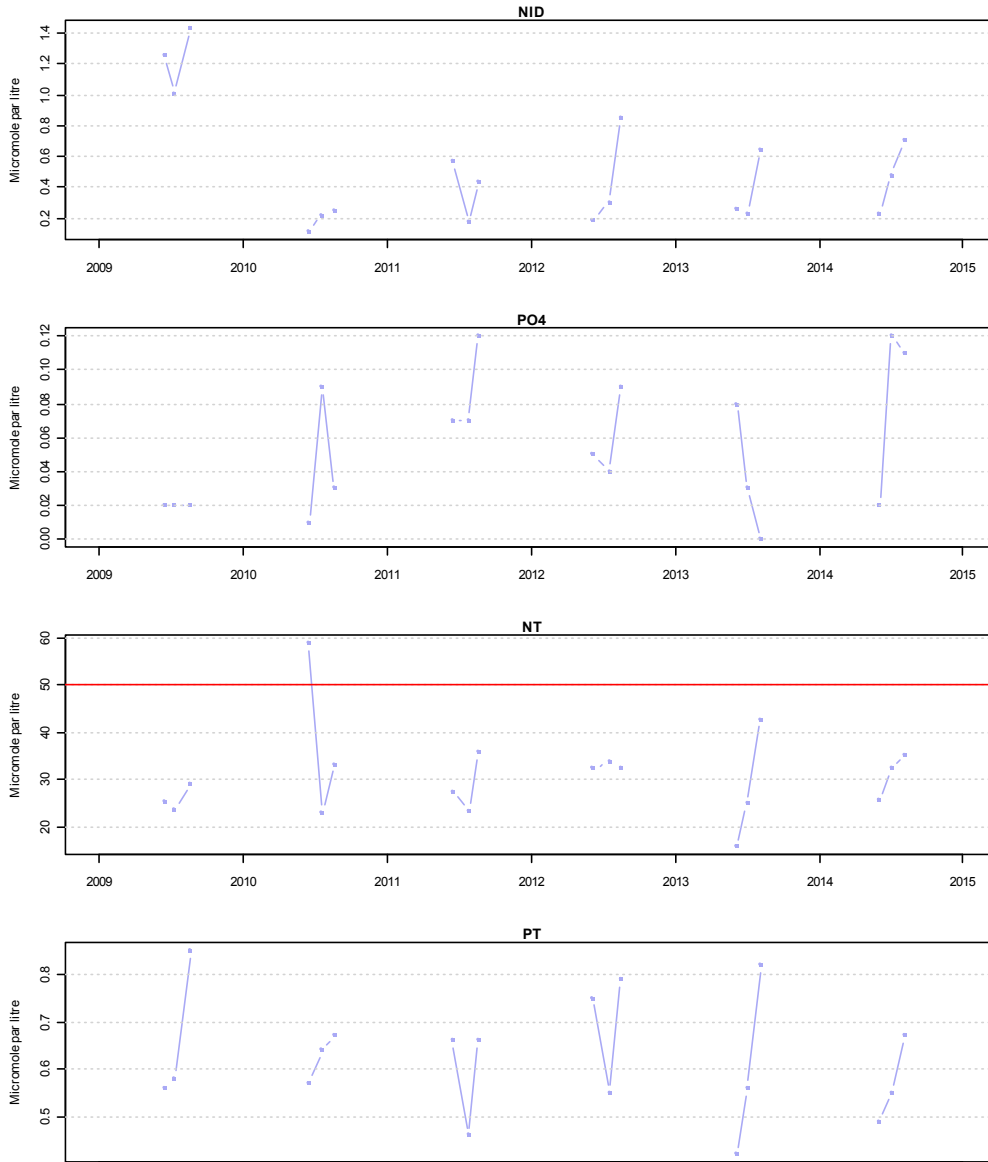


Figure 06a-2 (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Gruissan.

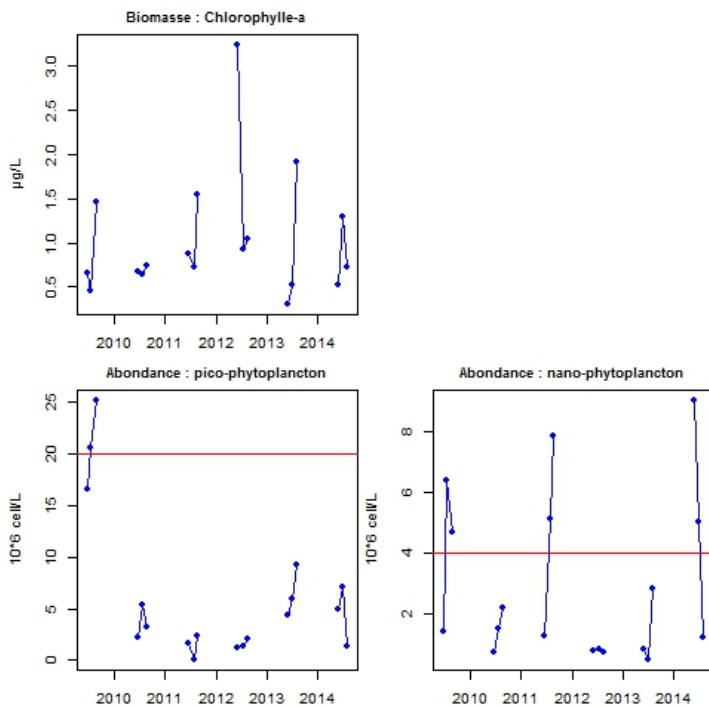


Figure 06a-3 (à gauche). Concentration de chlorophyll-e-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Gruissan.

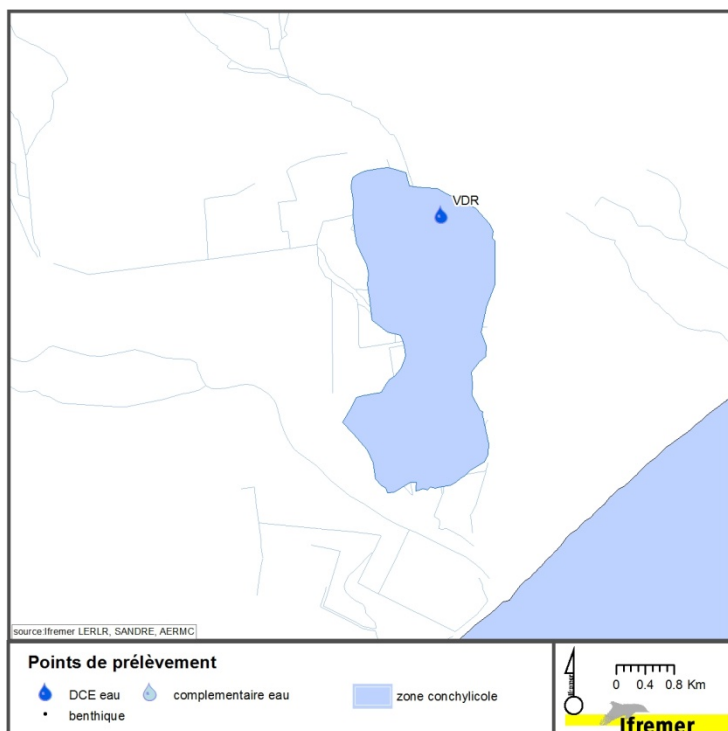


Figure 08. Localisation des stations de suivi sur Vendres.

Tableau 08-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Vendres (N=14).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	10.2	[1 ; 15.6]
PO4	1.4	[0.4 ; 3.4]
NT	332	[276.3 ; 435.5]
PT	15.8	[13.6 ; 18.6]
<b>État physico-chimique</b>		

Tableau 08-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Vendres (N=14).

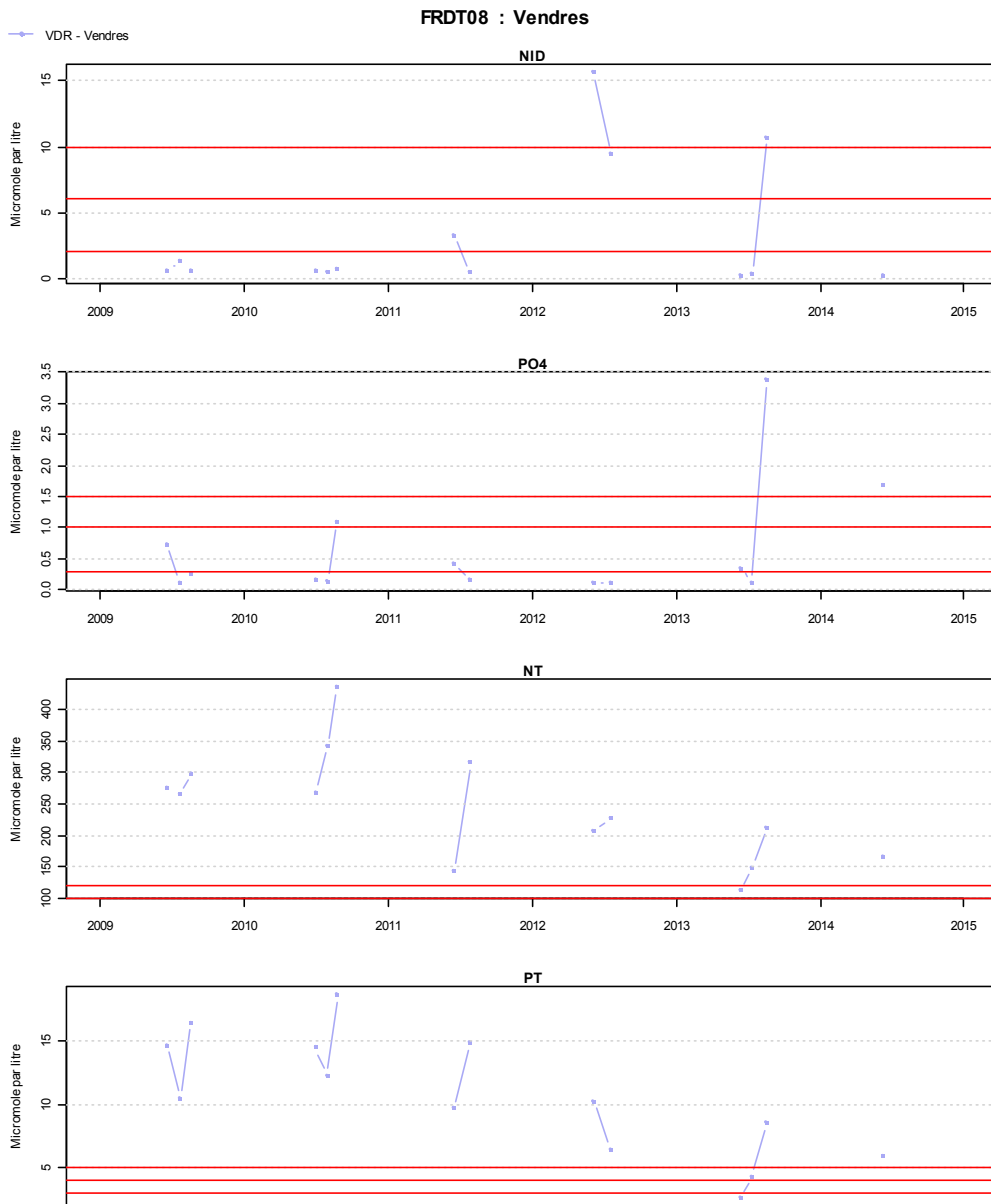
Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.04	[0.02 ; 0.06]
Abondance	0	[0 ; 0]
<b>Phytoplancton</b>	0.02	[0.01 ; 0.03]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

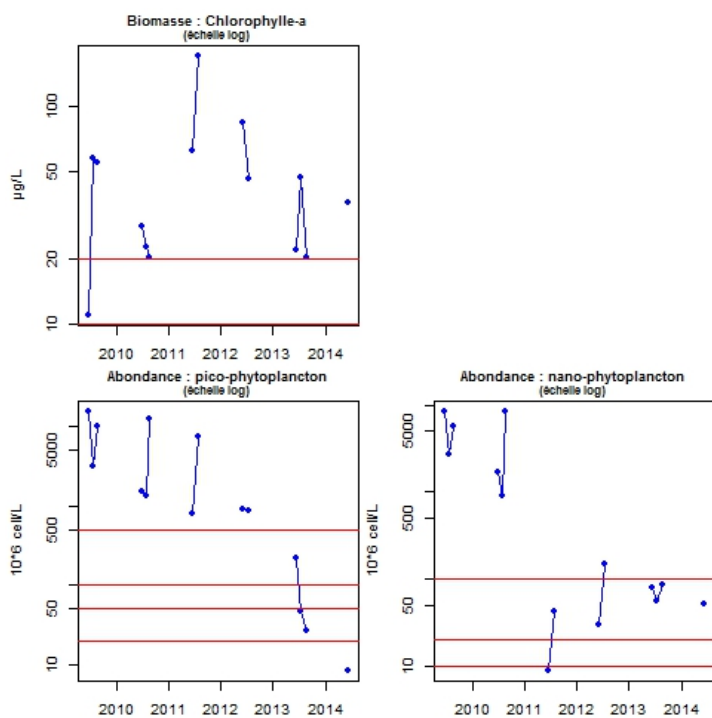
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Les états physico-chimique et du phytoplancton de la masse d'eau mésohaline « Vendres » sont interprétés au regard des grilles de diagnostic DCE en vigueur pour les lagunes poly-euhalines (cf § 3.3.1).

Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésohalines permettront de mieux situer la qualité de ces masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Onema, l'Ifremer et la Tour du Valat sur ce type de lagunes ont conduit à la proposition d'indicateurs et de grilles de diagnostic des macrophytes adaptés à ces milieux (Sanchez et Grillas, 2014). Elles aboutiront fin 2015 avec l'élaboration d'indicateurs et de grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton (étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM2).



**Figure 08-2** (en haut). Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Vendres.



**Figure 08-3** (à gauche). Concentration de chlorophyll-e-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Vendres (échelle logarithmique).

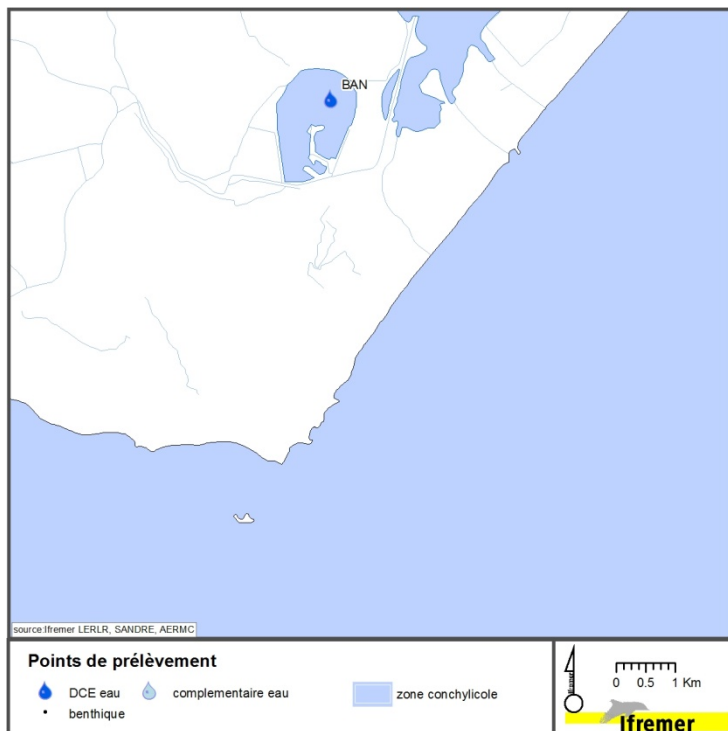


Figure 09-1. Localisation des stations de suivi sur Bagnas.

Tableau 09-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Bagnas (N=8).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	1.04	
PO4	1.26	
NT	134.63	
PT	3.09	
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 09-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Bagnas (N=8).

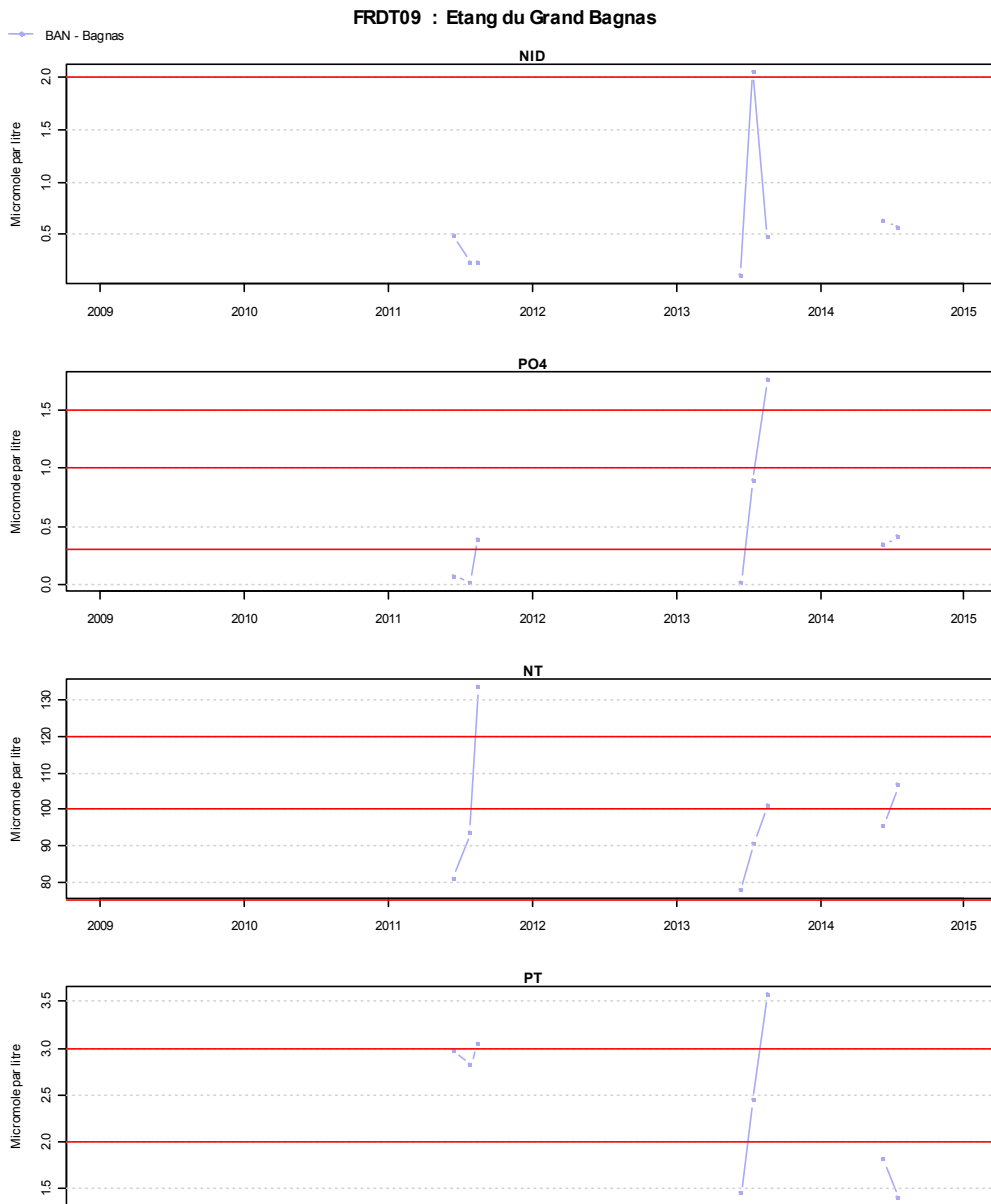
Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.23	[0.14 ; 0.32]
Abondance	0.04	[0.03 ; 0.14]
<b>Phytoplancton</b>	0.14	[0.08 ; 0.2]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

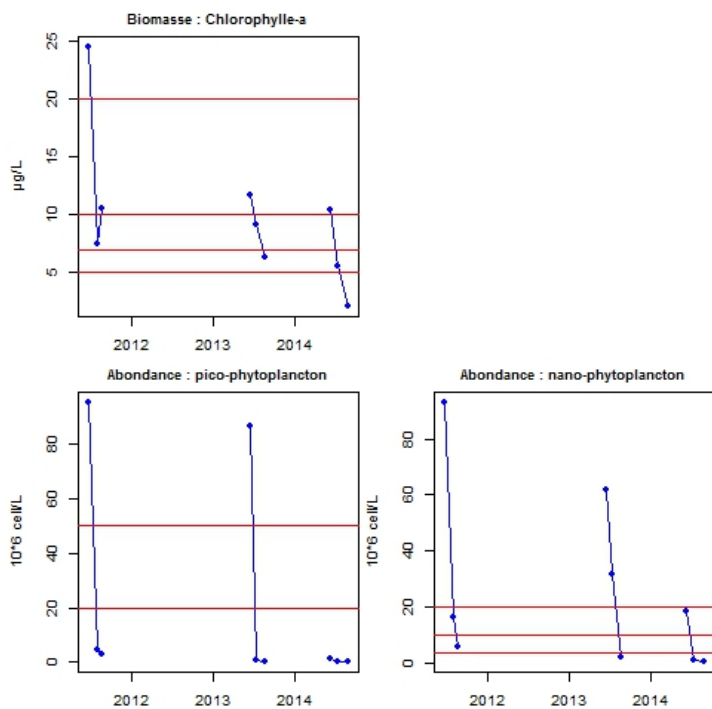
#### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Les états physico-chimique et du phytoplancton de la masse d'eau mésohaline « Bagnas » sont interprétés au regard des grilles de diagnostic DCE en vigueur pour les lagunes poly-euhalines (cf § 3.3.1).

Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésohalines permettront de mieux situer la qualité de ces masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Onema, l'Ifremer et la Tour du Valat sur ce type de lagunes ont conduit à la proposition d'indicateurs et de grilles de diagnostic des macrophytes adaptés à ces milieux (Sanchez et Grillas, 2014). Elles aboutiront fin 2015 avec l'élaboration d'indicateurs et de grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton (étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM2).



**Figure 08-2 (en haut).** Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2011, 2013 et 2014 à Bagnas.



**Figure 08-3 (à gauche).** Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2011, 2013 et 2014 à Bagnas (échelle logarithmique).

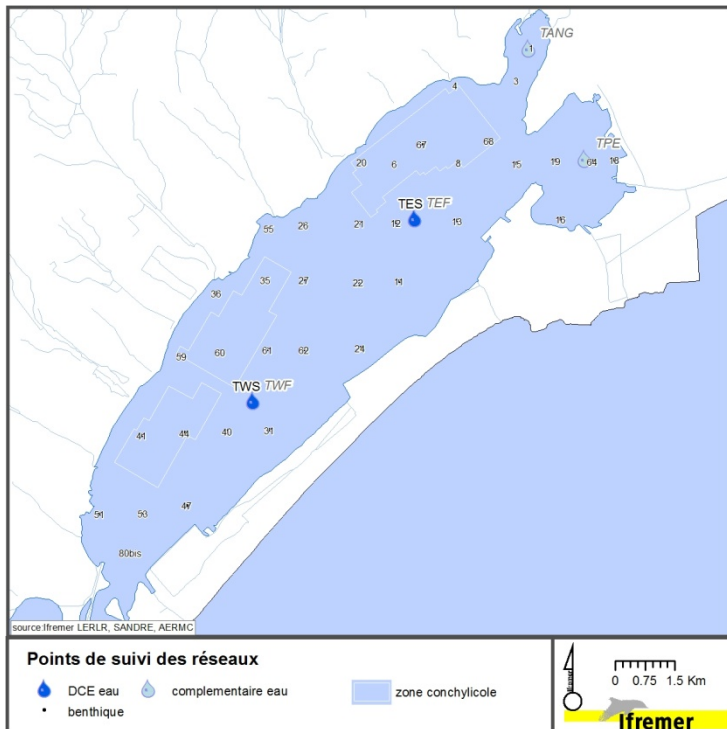


Figure 10-1. Localisation des stations de suivi hydrologique et benthique sur Thau.

Tableau 10-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Thau (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	0.5	[0.2 ; 0.7]
PO4	0.2	[0.2 ; 0.3]
NT	24	[23.2 ; 24.4]
PT	1	[0.9 ; 1.1]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 10-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Thau sur (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.92	[0.51 ; 1]
Abondance	0.1	[0.07 ; 0.31]
<b>Phytoplancton</b>	0.51	[0.3 ; 0.63]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

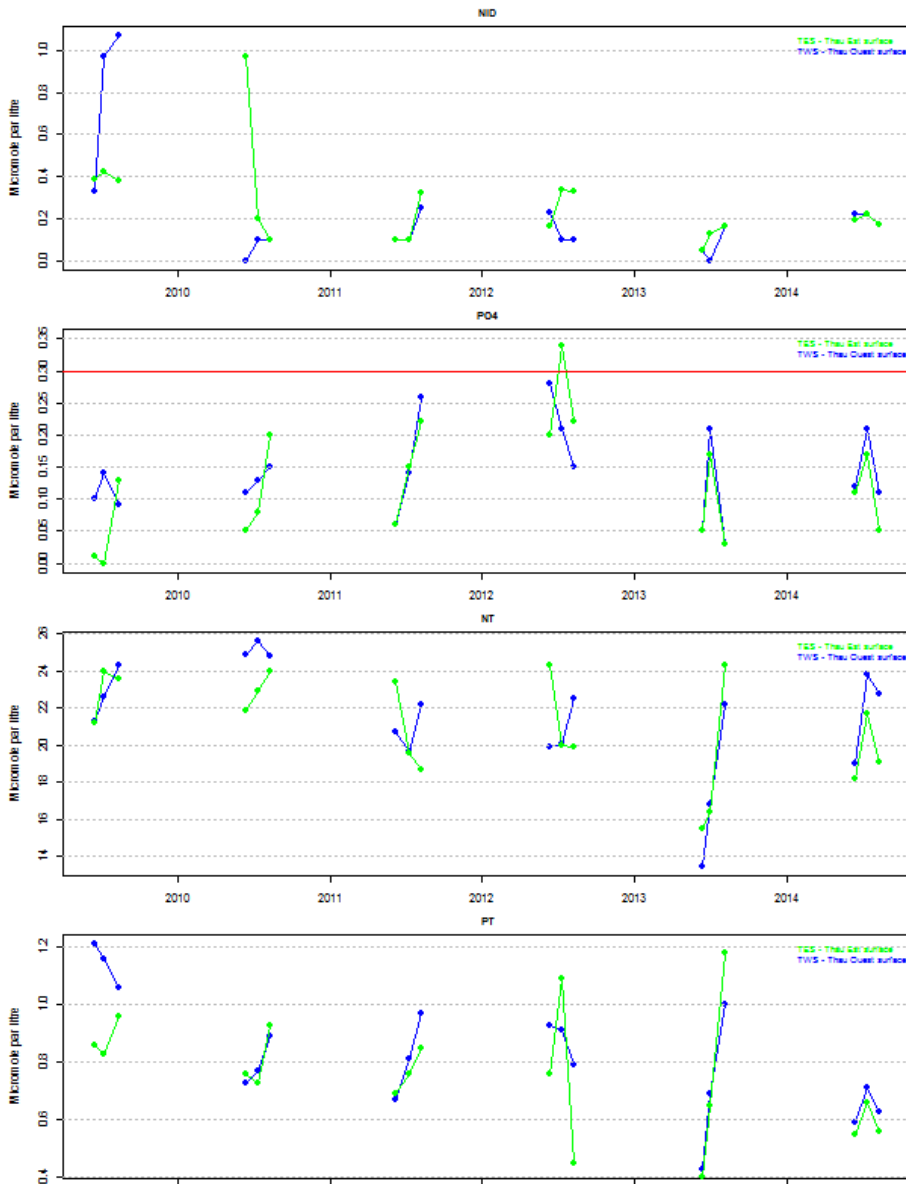
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour la masse d'eau « Thau » est diagnostiqué sur deux stations de surface « TWS » et « TES » (Figure 10-1). L'état physico-chimique obtenu au regard des grilles DCE sur la période 2009-2014 est très bon (Tableau 10-1). Les concentrations des formes dissoutes et totales de l'azote et du phosphore sont en-dessous du seuil « très bon » pour la quasi-totalité des prélèvements effectués sur les deux stations (Figure 10-2). Cela signifie que les apports internes et externes en nutriments alimentant la lagune semblent relativement modérés et qu'ils sont consommés quasi-intégralement par la végétation aquatique. De plus, une tendance à la diminution des teneurs en NID, NT et PT au cours de la période 2009-2014 est observée au niveau des stations TWS et TES, de même que pour les 4 stations complémentaires (cf. Annexe 3).

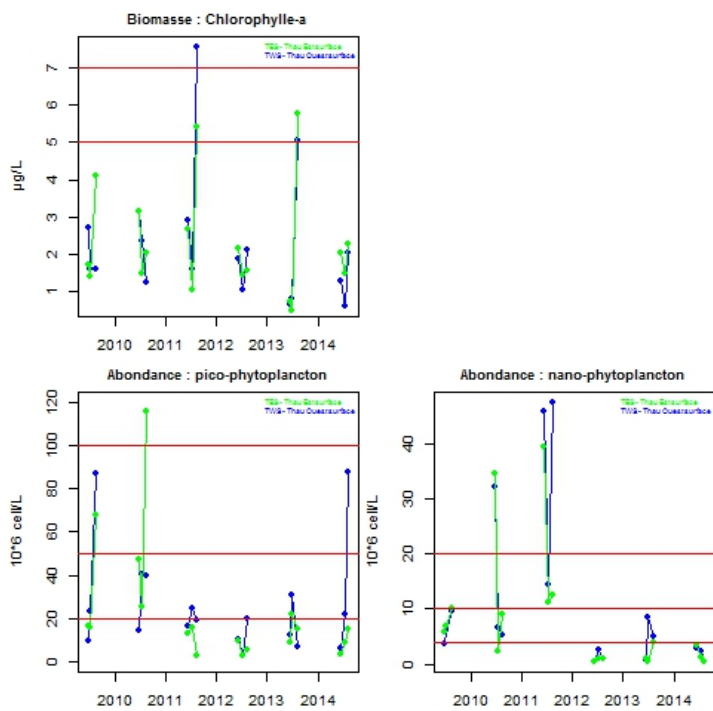
Le phytoplancton est diagnostiqué en « bon état » selon la grille DCE (Tableau 10-2). La biomasse chlorophyllienne est relativement faible et suit également une tendance à la baisse au cours de la période 2009-2014 (Figure 10-3). Des biomasses plus importantes sont cependant ponctuellement observées en août 2011 et en août 2013 (resp. dépassement du seuil « moyen » et « bon »). La métrique d'abondance est quant à elle qualifiée de « médiocre » selon la grille de diagnostic. Ce déclassement est dû à des abondances plus importantes pour le nanophytoplancton en 2010 et 2011 et pour le picophytoplancton en 2009, 2010 et 2014. Ces pics sont également observés au fond de la colonne d'eau (stations TWF et TEF - Annexe 3), ce qui semble indiquer que ces efflorescences phytoplanctoniques sont alimentées en grande partie par une source sédimentaire interne (production primaire régénérée).

En conclusion, le bon état de la colonne d'eau et du phytoplancton observé sur la période 2009-2014 pour la lagune de Thau indique que les apports internes et externes en nutriments semblent avoir été assimilés sans créer de déséquilibre au niveau de ces deux compartiments de l'écosystème.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Thau » répond aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et les caractéristiques physico-chimiques.**



**Figure 10-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations TWS et TES à Thau.



**Figure 10-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-*a* ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations TWS et TES à Thau.

- **Diagnostic des macrophytes**

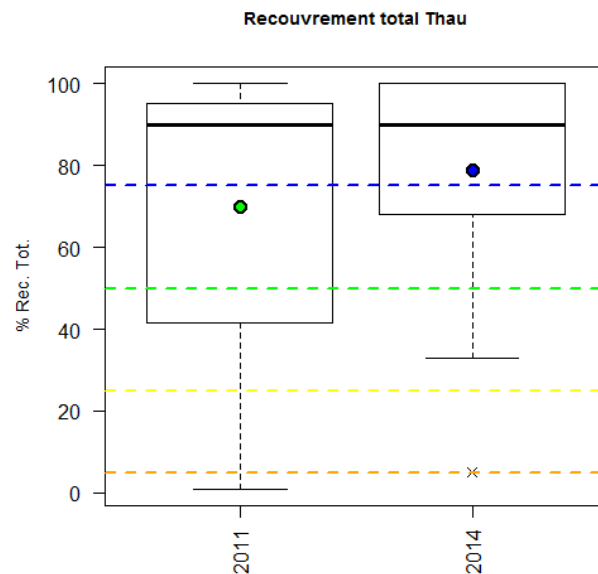
Le diagnostic des macrophytes a été réalisé au niveau de 36 stations benthiques dans la lagune de Thau en juin 2014 (Figure 10-1). Les résultats de ce diagnostic sont présentés ci-dessous et comparés à ceux du précédent diagnostic, réalisé en 2011.

L'EQR macrophytes (EQR<sub>MAC</sub>) pour la lagune de Thau a augmenté de 2011 à 2014, passant de 0.54 en 2011 à 0.57 en 2014, mais il reste en « état moyen », en-dessous du seuil du bon état, du fait de la composition des peuplements encore dominée par des espèces non classées en tant qu'espèces de « référence » (Tableau 10-3).

**Tableau 10-3.** Etat DCE des macrophytes en 2011 et 2014 pour la masse d'eau « Thau ».

Année du diagnostic	Nombre de stations (nb de stations avec Rec Tot <5 %)	Nombre total d'espèces	Nombre moyen d'espèces	% moyen de recouvrement végétal	% moyen de recouvrement relatif de référence	EQR abondance	EQR composition	EQR macrophytes
2011	36 (3)	46	7.36	69.75 %	36.53 %	0.76	0.54	0.54
2014	36 (0)	49	7.14	78.75 %	44.22 %	0.83	0.57	0.57

Le pourcentage de recouvrement végétal par les macrophytes de la lagune de Thau a augmenté de 2011 à 2014 (Figure 10-4). Cette augmentation est particulièrement sensible dans la partie est de la lagune (« Petit Etang ») et dans la partie médiane. En 2014, aucune station ne présente de recouvrement végétal inférieur à 5 %, alors que 3 stations présentaient un recouvrement inférieur à 5 % en 2011 (Tableau 10-3).



**Figure 10-4.** Représentation par boxplot du recouvrement total par les macrophytes des stations benthiques de Thau en 2011 et 2014.

Au total 49 espèces de macrophytes sont observées en 2014.

Les tapis d'algues rouges représentent une part importante de la végétation. Les espèces majoritaires constituant ces tapis sont principalement *Gracilaria dura* dans la partie nord-est et *Halopithys incurva* dans la partie ouest. Dans les secteurs recouverts de tapis d'algues rouges, on trouve parfois, en mélange, des zones ou des pieds isolés d'herbiers de zostères. Parmi les autres espèces de macroalgues prépondérantes, on trouve des algues vertes des genres *Cladophora* et *Chaetomorpha* et des algues brunes de la famille des *Ectocarpales*.

En 2014 comme en 2011, les herbiers de zostères forment la part prépondérante des espèces de « référence » dans la lagune de Thau (cf. liste des espèces de référence : Tableau 4, chapitre 3.4). Le pourcentage des phanérogames augmente au niveau de quelques stations (1, 3, 55, 60, 80.5) depuis 2011, mais il régresse au niveau d'autres stations (27, 61, 41).

On constate une extension de l'herbier de *Zostera marina* dans la « Crique de l'Angle » (partie nord-est) et l'apparition de quelques pieds de *Zostera marina* dans le « Petit Etang » (partie sud-est). On observe peu de zones d'herbiers de

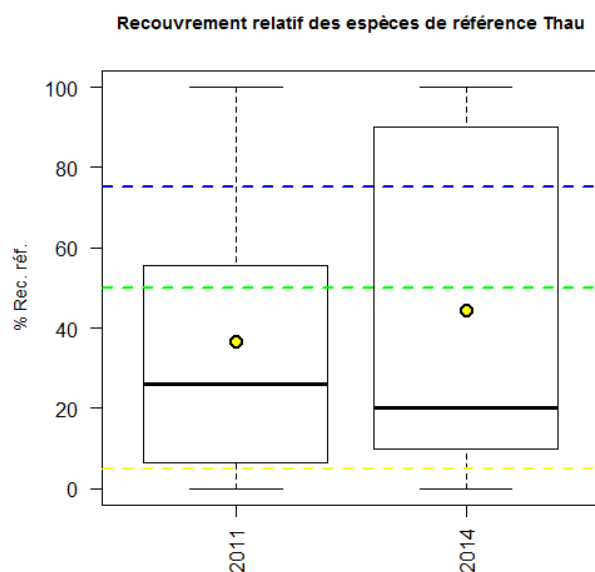


*Zostera marina* très développés. Sur les secteurs observés, seules les stations 3 et 60 présentent un bel herbier de *Zostera marina* composant plus de 50% de la végétation. La station 55 présente un bel herbier mixte (*Zostera marina* et *Zostera noltei*). Le plus souvent, seuls quelques pieds épars ou des petites zones de *Zostera marina* sont présents, en mélange avec un tapis de macroalgues.

*Zostera noltei* forme de beaux herbiers dans la partie sud de la lagune.

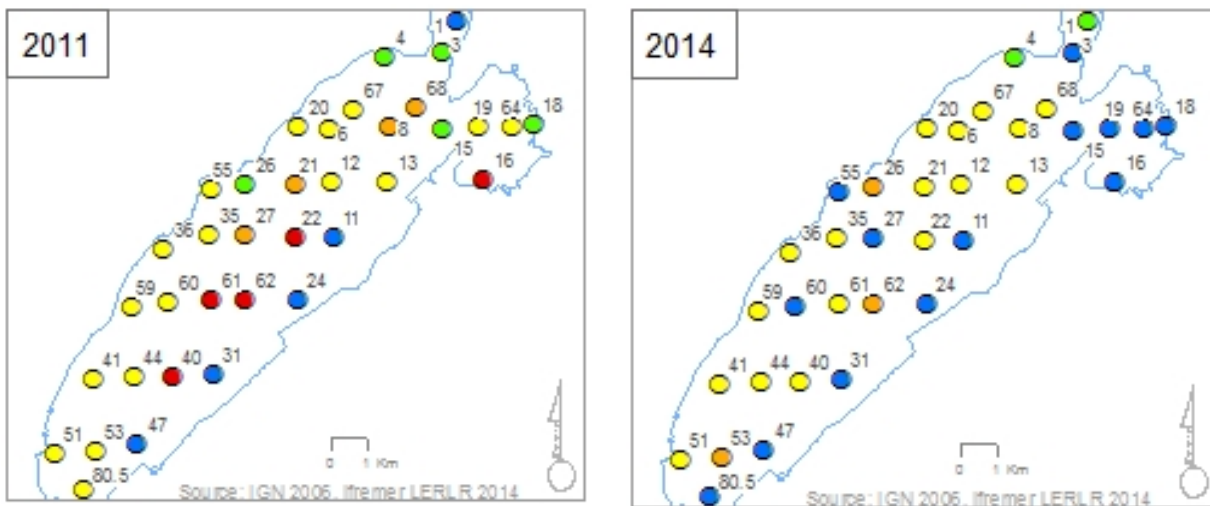
D'autres espèces, du genre *Dictyota*, forment également une part importante des espèces de référence. Les espèces du genre *Dictyota* sont très présentes dans la partie est de la lagune (stations 11, 15, 16, 18, 19, 64), points généralement assez profonds. La présence de ces espèces contribue au diagnostic de très bon état dans la partie est.

Le recouvrement de l'ensemble des espèces de référence augmente sensiblement de 2011 à 2014 et passe en moyenne de 36.5 à 44.2 % de la part du recouvrement végétal (Figure 10-5). Un nombre significatif de station est dominé par des espèces de référence en 2014 et l'indicateur de composition atteint quasiment le bon état (ERQc=0.57 et seuil du bon état fixé à 0.6) (Tableau 10-3).



**Figure 10-5.** Représentation par boxplot du recouvrement relatif par les espèces de référence des stations benthiques de Thau en 2011 et 2014.

L'amélioration de l'état des peuplements de macrophytes est constatée notamment dans le secteur du Petit Etang (à l'est) (Figure 10-6). Cette amélioration est due au développement des espèces de référence du genre *Dictyota*. Les améliorations des indicateurs d'état du compartiment macrophytes pour les autres stations concernent majoritairement des points profonds de la lagune (6 à 8 m de profondeur) avec une légère augmentation du pourcentage des espèces de référence ou une augmentation du recouvrement total (pour les stations 61 et 62).



Etat des macrophytes

- Très bon
- Bon
- Moyen
- Médiocre
- Mauvais

Figure 10-6. EQRmacrophyte par station sur Thau en 2011 et 2014.

### • Diagnostic des sédiments

La granulométrie des sédiments superficiels de la lagune de Thau est dominée par les particules fines (Figure 10-7). Elle évolue peu de 2008 à 2014, avec un pourcentage moyen de vases passant de 66.6 % en 2008 à 59 % en 2014 (différence non significative mise en évidence par l'ANOVA,  $p_{ajusté}=0.79$ ). Les zones les plus envasées sont les plus profondes. Seules les bordures du lido au sud de la lagune et quelques stations au droit de Mèze (55 et 26), Bouzigues (4) et Marseillan (51) et dans le Petit Etang (16 et 64) présentent des pourcentages importants de sables fins (50 à 200  $\mu\text{m}$ ) ou grossiers (200  $\mu\text{m}$  à 2 mm).

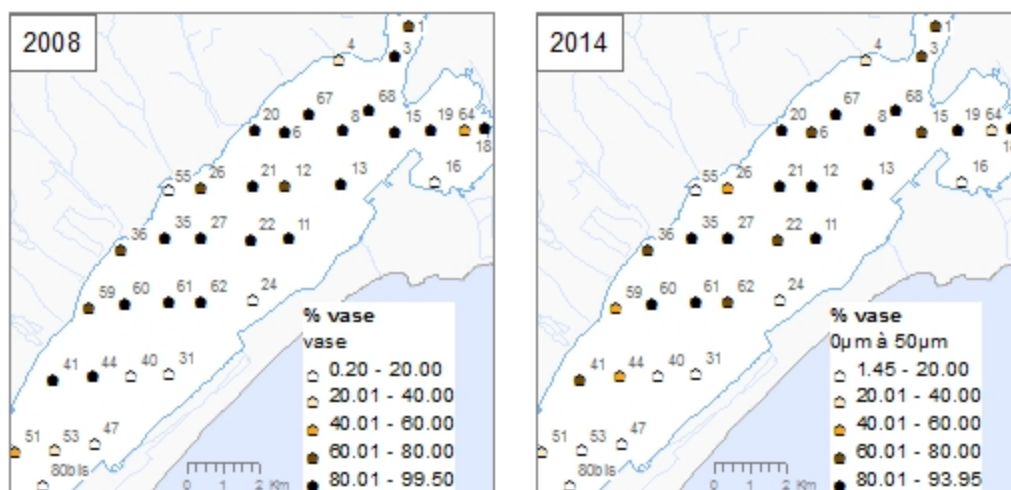
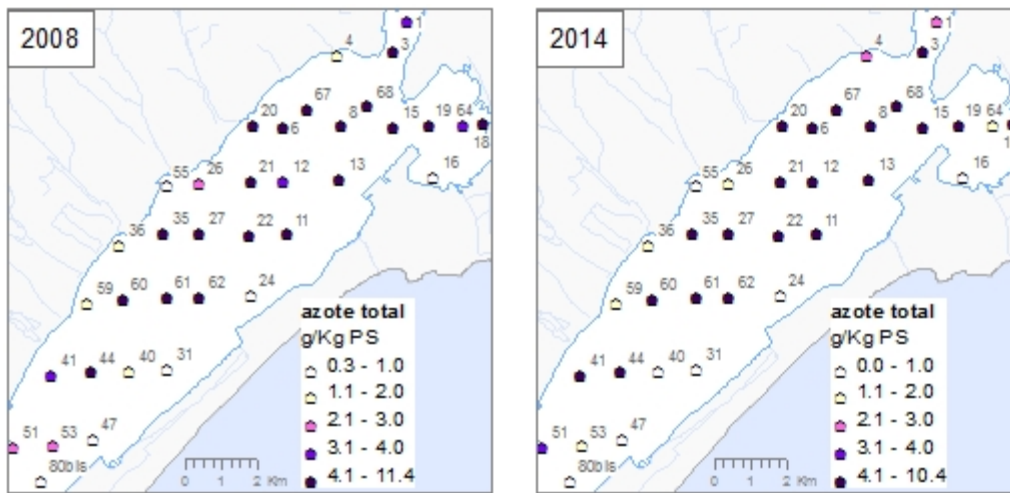


Figure 10-7. Pourcentage de vases (<50  $\mu\text{m}$ ) dans les sédiments de la lagune de Thau en 2008 et 2014.

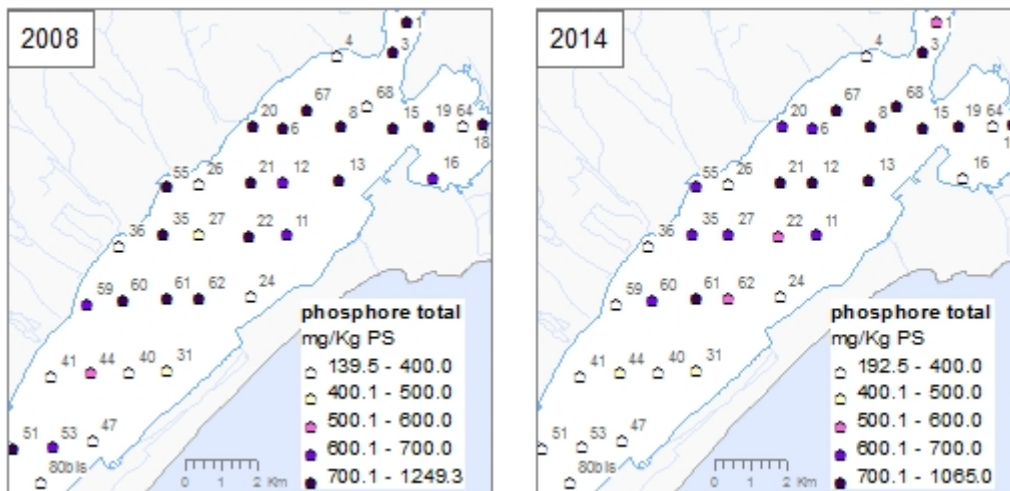
Les stations les plus riches en vases sont celles qui présentent les concentrations les plus élevées en matière organique et en azote total (Figure 10-8). La teneur moyenne en azote total passe de 4.4 à 4.6 g/kg de poids sec de 2008 à 2014 (différence non significative mise en évidence par l'ANOVA,  $p_{ajusté}=0.99$ ).



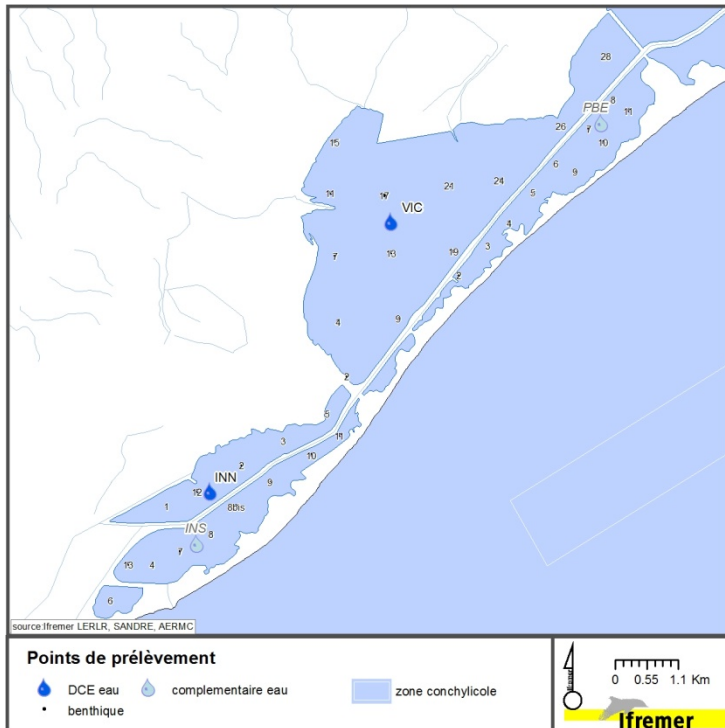
**Figure 10-8.** Teneurs en azote total dans les sédiments de la lagune de Thau en 2008 et 2014.

En revanche, les concentrations des sédiments en phosphore total diminuent sensiblement de 2008 à 2014, passant de 689 à 568.7 mg/kg de poids sec (différence non significative mise en évidence par l'ANOVA,  $p$  ajusté=0.22). La localisation des zones les plus enrichies en phosphore total diffère de celle de zones de sédiments les plus concentrés en matière organique et en azote total, puisqu'on observe un gradient décroissant des teneurs en phosphore du nord-est au sud-ouest de la lagune (Figure 10-9). En 2008, la plupart des stations de la zone nord-est de la lagune présentaient des concentrations supérieures à 700 mg/kg de poids sec. En 2014, cette zone se limite au tiers nord-est de la lagune.

Cette diminution du phosphore total des sédiments est le signe d'une restauration continue de la lagune vis-à-vis de l'eutrophisation, le stock sédimentaire étant progressivement relargué vers les autres compartiments de l'écosystème.



**Figure 10-9.** Teneurs en phosphore total dans les sédiments de la lagune de Thau en 2008 et 2014.



**Tableau 11c-1.** Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Palavasiens-Ouest (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	3.5	[1.8 ; 9]
PO4	0.2	[0.2 ; 0.5]
NT	48.6	[45.5 ; 66.5]
PT	1.8	[1.3 ; 4.1]
<b>Etat physico-chimique</b>		

**Tableau 11c-2.** Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Palavasiens-Ouest (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.56	[0.38 ; 1]
Abondance	0.09	[0.06 ; 0.38]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.32</b>	<b>[0.24 ; 0.55]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

**Figure 11c-1.** Localisation des stations de suivi sur les Palavasiens-Ouest.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

La masse d'eau « Palavasiens ouest » est caractérisée par un bon état des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau et un état moyen du phytoplancton, au cours de la période 2009-2014 (Tableaux 11c-1 et 11c-2). Le diagnostic de cette masse d'eau est basé sur deux points, l'un situé dans l'étang de Vic et l'autre dans la partie nord de l'étang d'Ingril (Figure 11c-1). Ces deux lagunes sont morphologiquement bien différentes. L'étang de Vic est la plus vaste des lagunes palavasiennes et la plus profonde aussi (en moyenne 0,8 m), c'est aussi une lagune confinée. L'Ingril est moins étendue, moins profonde (en moyenne 0,5 m), mais aussi plus ouverte sur la mer. Compte tenu de ces différences, mais aussi de leur bassin versant et de l'historique de contamination de l'étang de Vic, cette dernière est plus impactée que l'Ingril par le phénomène d'eutrophisation. La prise en compte de ces deux lagunes pour le diagnostic DCE permet de fournir un état représentatif de la masse d'eau « Palavasiens Ouest ». Les résultats des stations complémentaires « INS » et « PBE » sont disponibles en Annexe 3.

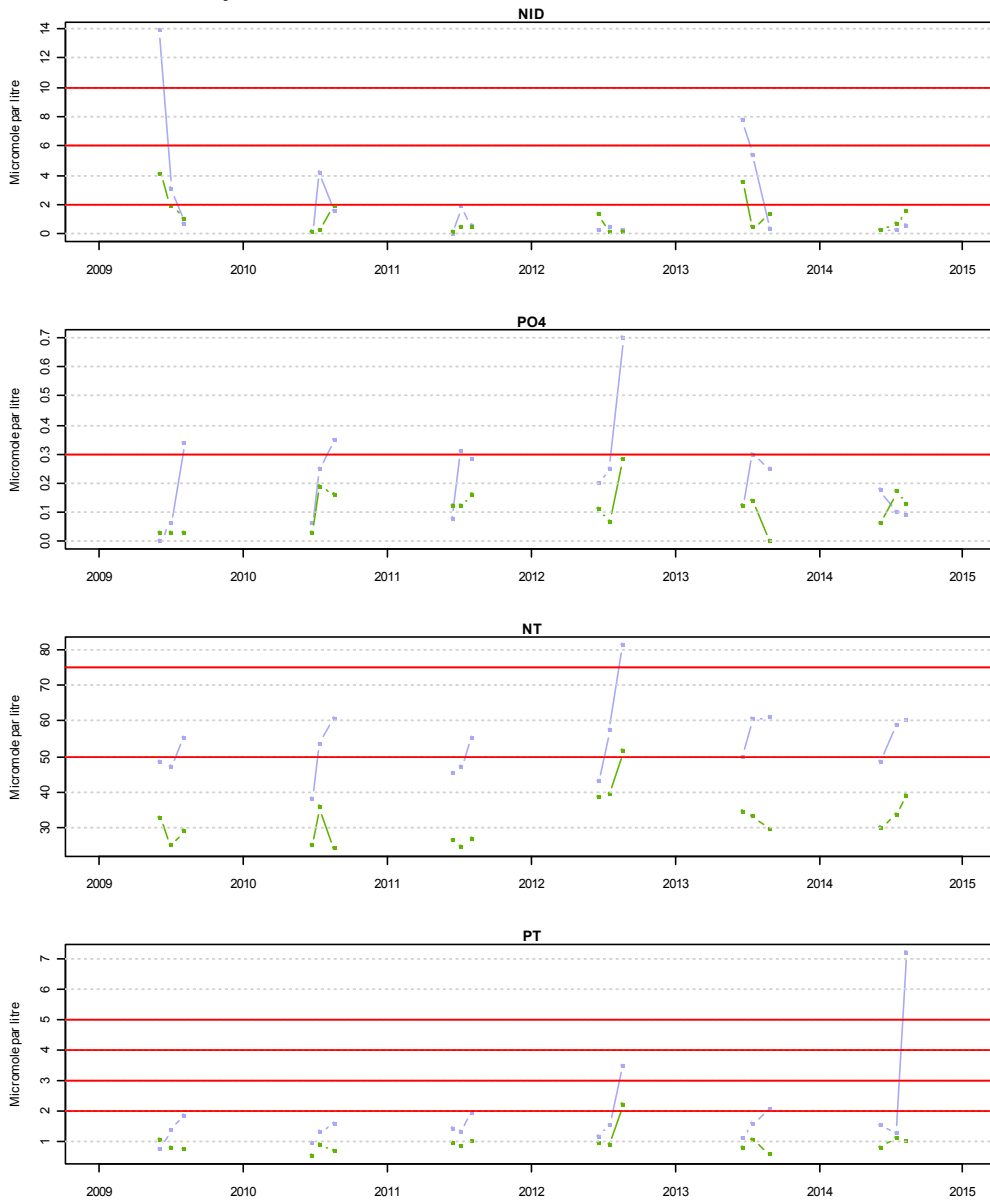
Au niveau physico-chimique, la colonne d'eau est en bon état. Les nutriments dissous sont régulièrement assimilés en intégralité par le compartiment végétal en été, avec tour à tour, phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ou NID qui sont limitants selon les années (Figure 11c-2). En conséquence, l'azote et le phosphore totaux (NT et PT) restent en très bon état. Les apports internes et externes semblent « raisonnables » pour cette masse d'eau, car ils ont été assimilés sans créer de déséquilibres majeurs.

L'« EQR phytoplancton » est dans un état moyen, mais son intervalle de confiance empiète largement sur le bon état, ce qui indique qu'il manque peu de choses pour complètement stabiliser cette masse d'eau dans le bon état pour cet indicateur (Tableau 11c-2). Cela indique aussi que des sources de pollution continuent d'impacter modérément cette masse d'eau. Au cours de la période 2009-2014, l'étang de Vic possède systématiquement les plus fortes biomasses chlorophylliennes (Figure 11c-3), ce qui met en lumière ses difficultés à se restaurer après 2005 (mise en route de l'émissaire de l'agglomération montpellieraine) et sa possible marge de progression. Mais l'EQR est surtout impacté par les abondances phytoplanctoniques qui sont dans un état médiocre suite à l'alternance de pics estivaux de pico- et de nanophytoplancton sur les deux lagunes (Figure 11c-3), probablement liés également à une variabilité des conditions météorologiques estivales et pré-estivales.

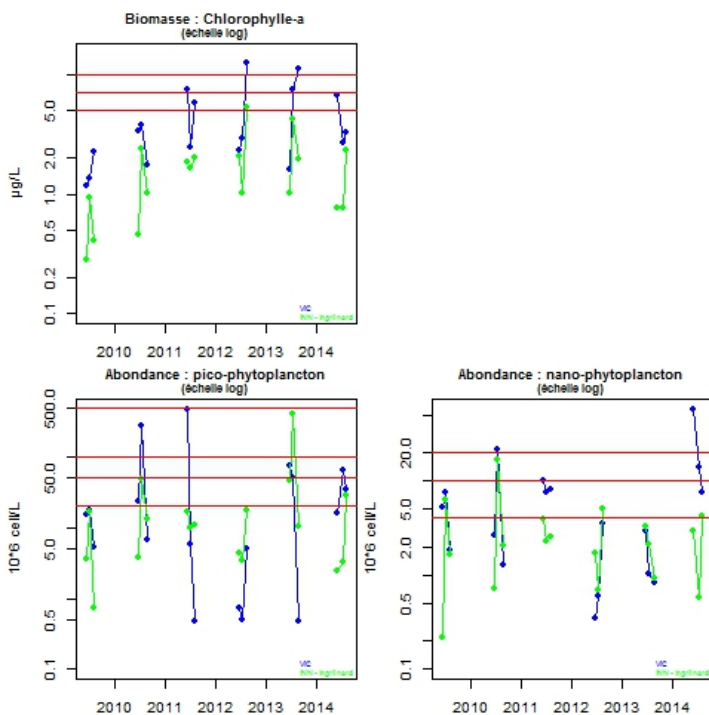
**Sur la période 2009-2014, l'état biologique pour le phytoplancton de la masse d'eau « Palavasiens-Ouest » ne répond pas aux exigences de la DCE.**

FRDT11c : Etangs Palavasiens ouest

VIC - Vic      INN - Ingril Nord



**Figure 11c-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations VIC et INN des Palavasiens-Ouest.



**Figure 11c-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations VIC et INN des Palavasiens-Ouest (échelle logarithmique).

## • Diagnostic des macrophytes

La masse d'eau « Palavasiens-Ouest » est représentée par les lagunes de Vic et Ingril pour le compartiment macrophytes. Toutefois la lagune des Mouettes (à proximité d'Ingril) et la lagune de Pierre-Blanche ont fait l'objet d'un diagnostic des macrophytes.

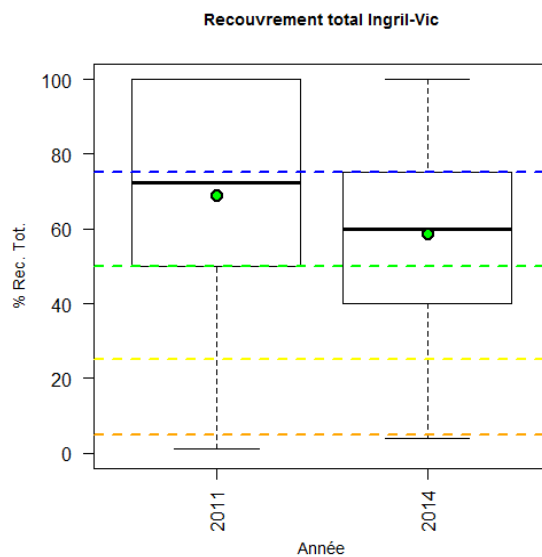
Comme en 2011, l'EQR macrophytes, établi pour l'ensemble lagunaire Ingril-Vic représentant la masse d'eau, reste moyen (0.41 en 2011 et 0.44 en 2014, Tableau 11c-3).

Les EQR macrophytes calculés à titre indicatif pour l'ensemble des lagunes de la masse d'eau (en ajoutant l'étang des Mouettes et la lagune de Pierre Blanche) sont équivalents aux EQR macrophytes Ingril-Vic (0.41 en 2011 et 0.43 en 2014).

**Tableau 11c-3.** Etat DCE des macrophytes en 2011 et 2014 pour les « Palavasiens Ouest », représentés par Ingril et Vic.

Année du diagnostic	Nombre de stations (nb de stations avec Rec Tot <5 %)	Nombre total d'espèces	Nombre moyen d'espèces	% moyen de recouvrement végétal	% moyen de recouvrement relatif de référence	EQR abondance	EQR composition	EQR macrophytes
2011	26 (1)	19	3.31	68.88 %	6.85 %	0.75	0.41	0.41
2014	25 (1)	22	5.24	58.76 %	14.40 %	0.67	0.44	0.44

En 2014, le recouvrement végétal total sur la masse d'eau diminue légèrement par rapport à 2011 (Figure 11c-4). Le recouvrement végétal reste équivalent à celui de 2011 pour la lagune de Vic et diminue légèrement pour la lagune d'Ingril. Le recouvrement végétal est toutefois un peu plus important dans la lagune d'Ingril par rapport à Vic.



**Figure 11c-4.** Représentation par boxplot du recouvrement total par les macrophytes des stations benthiques d'Ingril et Vic en 2011 et 2014.

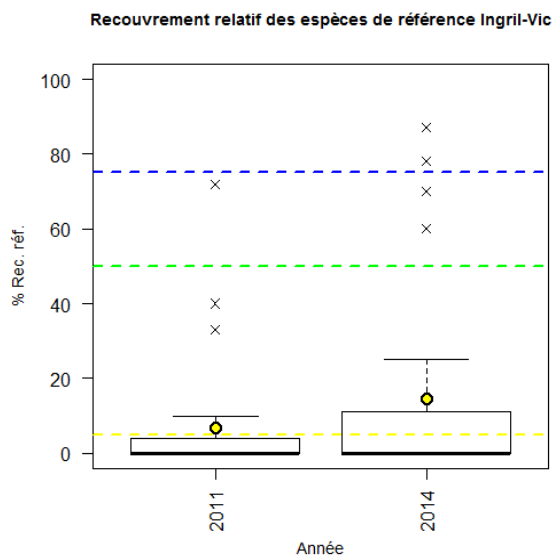
En 2014, 22 espèces de macrophytes sont observées sur l'ensemble des lagunes d'Ingril et Vic en 2014, contre 19 en 2011. Les algues vertes opportunistes (*Chaetomorpha*, *Cladophora* et *Ulvaria*) sont majoritaires pour la plupart des points de la lagune d'Ingril, excepté pour 4 stations (2, 3, 9 et 12), où l'acétabulaire est l'espèce dominante.

Les gracilaires dominent la végétation de la lagune de Vic (généralement *Gracilaria gracilis* et *Gracilaria bursa-pastoris* en mélange). Une autre espèce d'algue rouge (*Solieria chordalis*) peut se trouver en mélange avec les gracilaires. Sur certaines stations (13, 15 et 17), elle représente au moins 20 % de la végétation. Plusieurs espèces d'algues vertes sont associées aux algues rouges, en moindre proportion (*Cladophora vagabunda*, *Chaetomorpha aerea*, *Ulva clathrata*, *Ulva rigida*, etc.)

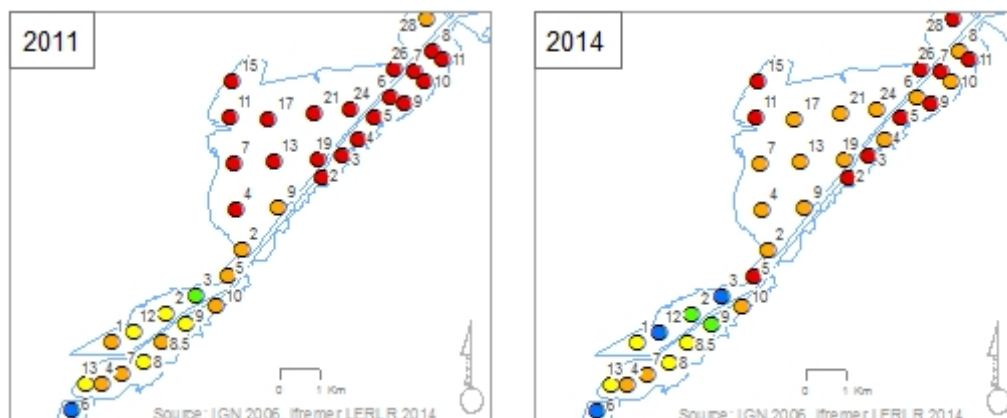
Les espèces de référence sont absentes dans l'étang de Vic en 2014, mais sont présentes dans l'étang d'Ingril (Ingril nord et Ingril sud). Les acétabulaires, espèces de référence, sont majoritaires dans les stations peu profondes 2, 3 et 9 et au niveau de la station 12.

On observe une petite zone de *Zostera noltei* au niveau de la station 3 dans Ingril nord (10 %) et au niveau des stations 8 (5%) et 9 (25%) dans Ingril sud. On observe également un herbier au niveau de la station 13, composé d'un mélange de *Zostera noltei* et de *Ruppia cirrhosa*.

L'amélioration de l'état du compartiment macrophytes est constatée de 2011 à 2014 dans la masse d'eau « Palavasiens ouest », représentée par les étangs d'Ingril et de Vic. Le pourcentage moyen d'espèce de référence pour les deux lagunes passe de 6,85 % en 2011 à 14,40 % en 2014 (Figure 11c-4 et 11c-5, Tableau 11c-3). Sur l'ensemble des lagunes des « Palavasiens-Ouest » (en incluant les résultats des étangs de Pierre Blanche et des Mouettes), le pourcentage moyen d'espèce de référence passe de 7.38% en 2011 à 12.75 % en 2014.



**Figure 11c-4.** Représentation par boxplot du recouvrement relatif par les espèces de référence des stations benthiques d'Ingril et Vic en 2011 et 2014.



Etat des macrophytes

- Très bon
- Bon
- Moyen
- Médiocre
- Mauvais

**Figure 11c-5.** EQR<sub>macrophyte</sub> par station sur les étangs Palavasiens-Ouest en 2011 et 2014. NB : les états des stations des lagunes de Pierre-Blanche et des Mouettes sont donnés à titre indicatif et n'interviennent pas dans le diagnostic DCE de la masse d'eau « Palavasiens-Ouest ».

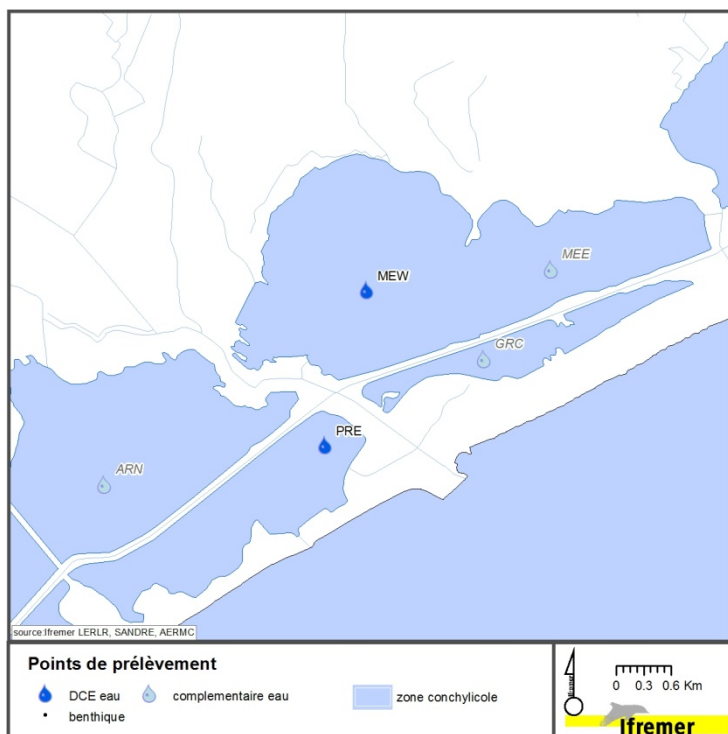


Figure 11b-1. Localisation des stations de suivi sur les étangs Palavasiens-Est.

Tableau 11b-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Palavasiens-Est (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	2.7	[1.1 ; 9.3]
PO4	2.6	[2.1 ; 3.6]
NT	84.6	[66.6 ; 124.5]
PT	7.1	[4.9 ; 8.3]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 11b-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Palavasiens-Est (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.21	[0.11 ; 0.3]
Abondance	0.01	[0 ; 0.03]
<b>Phytoplancton</b>	0.11	[0.06 ; 0.16]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

#### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

La masse d'eau « Palavasiens Est » est caractérisée par un mauvais état des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau et un état médiocre du phytoplancton, au cours de la période 2009-2014 (Tableaux 11b-1 et 11b-2). Le diagnostic de cette masse d'eau est basé sur deux points, l'un situé dans l'étang du Méjean et l'autre dans le Prévost (Figure 11b-1). La lagune du Méjean est la plus dégradée du complexe des étangs palavasiens, et l'une des lagunes les plus eutrophisées du Languedoc-Roussillon. La lagune du Prévost, quant à elle, moins impactée et plus ouverte sur la mer, s'est restaurée rapidement ces dernières années. La prise en compte de ces deux lagunes pour le diagnostic DCE permet de fournir un état représentatif de la masse d'eau « Palavasiens Est ». Les résultats des stations complémentaires « ARN », « GRC » et « MEE » sont disponibles en Annexe 3.

Après l'importante amélioration de la qualité des eaux de ces lagunes, observée après 2005, à la suite de la mise en route de l'émissaire rejetant en mer les eaux usées traitées de la station d'épuration de l'agglomération montpelliéraine, les résultats au cours de la période 2009-2014 reflètent une certaine stabilité de l'état de la colonne d'eau vis-à-vis de l'eutrophisation.

Au niveau physico-chimique, le phosphore total est le paramètre pénalisant et à l'origine du mauvais état de cette masse d'eau (Tableau 11b-1). Son intervalle de confiance montre qu'il est encore bien ancré dans cette classe et qu'il faudra du temps pour améliorer la qualité de cette masse d'eau. Si les apports trophiques en provenance du bassin versant ont été considérablement réduits, les sédiments historiquement contaminés du Méjean et chargés en phosphore pendant ces années d'hyper-eutrophisation, maintiennent aujourd'hui un niveau d'eutrophisation encore élevé sur la masse d'eau, en raison des échanges qu'ils entretiennent avec la colonne d'eau (relargages sédimentaires). Les conséquences de cette eutrophisation sont aujourd'hui régulièrement limitées par l'absence de nutriments azotés en été (NID, en bon état), ce qui n'a pas toujours été le cas par le passé (Figure 11b-2). C'est pourquoi phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et phosphore total (PT) s'accumulent de manière importante dans la colonne d'eau sans pouvoir être assimilés par le compartiment végétal. On observe d'ailleurs ces dernières années un retour des macrophytes sur le Méjean (qui redeviennent compétitives ponctuellement par rapport au phytoplancton) ainsi que des périodes où les eaux sont nettement plus claires.

Malgré cela, l'importance des sources internes sur le Méjean est à l'origine d'une production primaire régénérée particulièrement élevée en été, qui décline régulièrement l'état du phytoplancton de la masse d'eau. Celui-ci est caractérisé par de fortes biomasses essentiellement constituées de picophytoplancton (Figure 11b-3). L'« EQR phytoplancton » est dans un état médiocre et son intervalle de confiance confirme la stabilité de cet état au cours de ces 6 dernières années (Tableau 11b-2). Après une période de 2 à 3 ans après 2005, de nouvelles communautés phytoplanctoniques se sont mises en place et se sont adaptées aux nouvelles conditions trophiques de cette masse d'eau, ainsi qu'au manque d'eau relatif de ces 10 dernières années (seule l'année 2009 étant au-dessus de la normale en matière de pluviométrie depuis 2005, cf chapitre 4).

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Palavasiens-Est » ne répond pas aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**



FRDT11b : Etangs Palavasiens est

PRE - Prévost Est MEW - Méjean Ouest

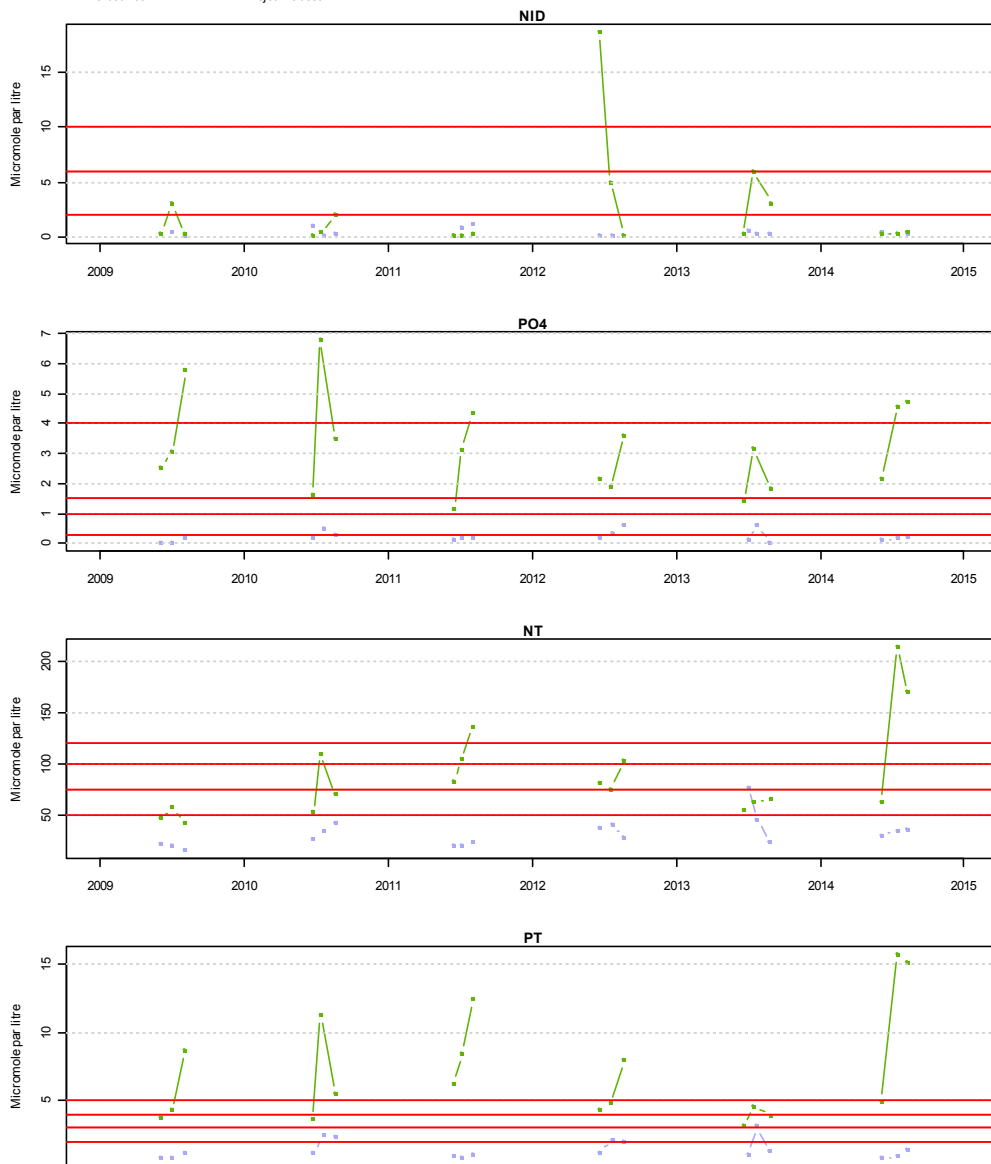


Figure 11b-2 (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations PRE et MEW des étangs Palavasiens-Est.

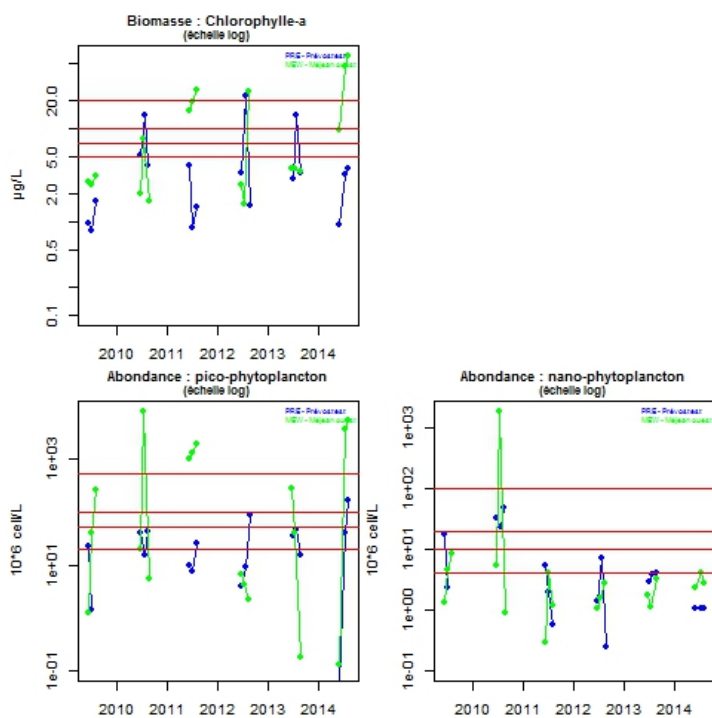


Figure 11b-3 (à gauche). Concentration de chlorophylla-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations PRE et MEW des étangs Palavasiens-Est (échelle logarithmique).

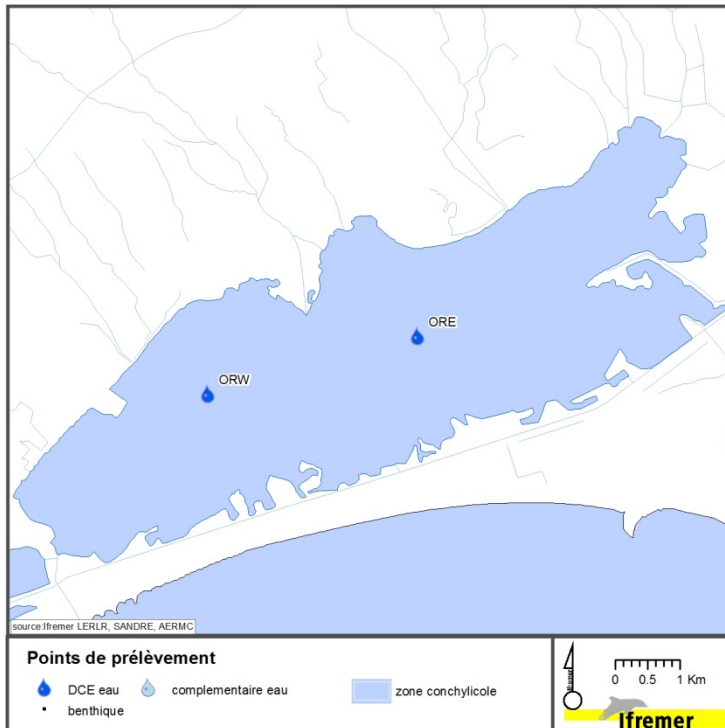


Figure 11a-1. Localisation des stations de suivi sur l'étang de l'Or.

Tableau 11a-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Or (N=17).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	13.1	[0.8 ; 16.3]
PO4	2.6	[1.8 ; 3]
NT	166.9	[149.5 ; 185.6]
PT	8.4	[7.3 ; 10.1]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 11a-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Or (N=17).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.07	[0.06 ; 0.09]
Abondance	0.01	[0 ; 0.01]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.04</b>	<b>[0.03 ; 0.05]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

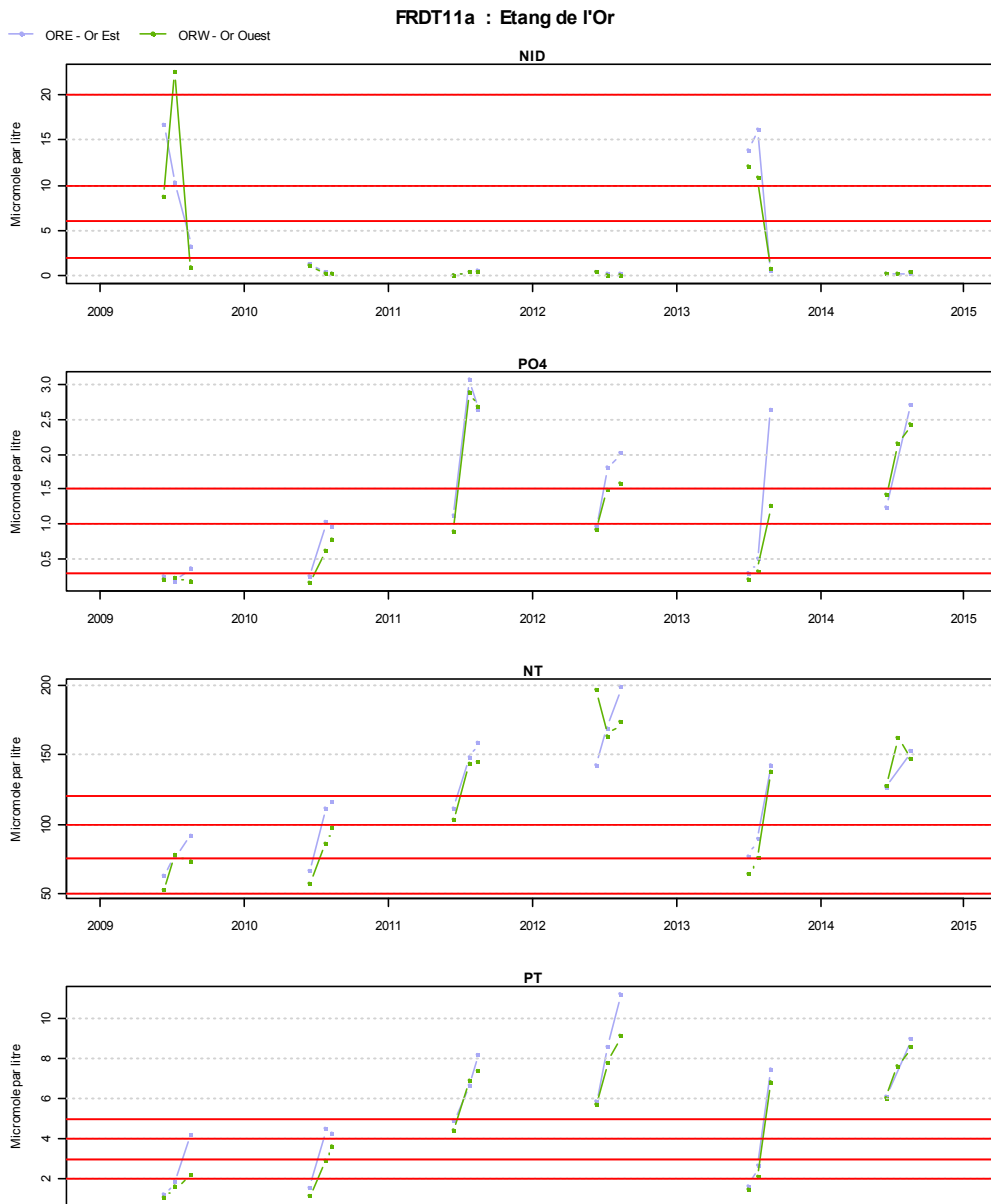
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

La masse d'eau « Or » est caractérisée par un mauvais état à la fois des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau et du phytoplancton, au cours de la période 2009-2014 (Tableaux 11a-1 et 11a-2). Le diagnostic de cette masse d'eau est basé sur deux points, l'un situé à l'est et l'autre à l'ouest de la lagune (Figure 11a-1), mais de qualité similaire vis-à-vis de l'eutrophisation (Baehr *et al.*, 2013).

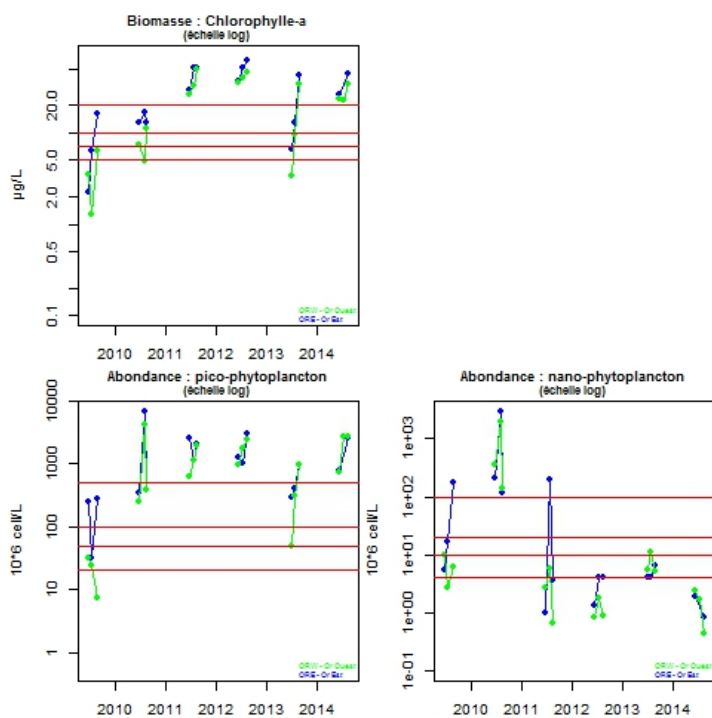
Au niveau physico-chimique, phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et azote inorganique dissous (NID) sont tous deux classés dans un état médiocre, mais ce sont les nutriments dissous azotés qui constituent certaines années (2010, 2011, 2012 et 2014), l'élément limitant de la production primaire (Figure 11a-2). L'intervalle de confiance (IC) extrêmement large sur le NID (s'étendant de la classe « très bon » à « médiocre ») reflète toute la variabilité de l'assimilation de ces nutriments d'une année à l'autre, en fonction des conditions climatiques estivales (Tableau 11a-1). Car malgré cette limitation certaines années, phosphore et azote totaux sont constamment en mauvais état depuis 2010, avec des IC bien au-delà du seuil médiocre/mauvais. Cela confirme l'importance des apports trophiques que subit cette lagune tous les ans, apports qui dépassent ses capacités d'assimilation. De manière curieuse et inexplicable, les années 2009 et 2010 ont vu tous les indicateurs physico-chimique diminuer (à l'exception du NID), mais il n'a été possible ni de le relier à une mesure de gestion ni à un événement climatique particulier. Ces indicateurs ont ensuite retrouvé leurs niveaux précédents.

Ces forts apports contribuent au développement d'une production primaire phytoplanctonique exceptionnelle à la fois en biomasse et en abondance. A l'exception de 2009-2010, la biomasse chlorophyllienne se maintient à un niveau élevé, au-delà de  $20 \mu\text{g/L}$  (Figure 11a-3). Cette biomasse est essentiellement constituée de picophytoplancton qui domine largement la compétition avec les autres végétaux aquatiques, rendant généralement les eaux de cette lagune particulièrement turbides en été ainsi qu'une large partie de l'année. Il n'y a qu'en 2010 que les cellules de nanophytoplancton ont réussi à être compétitives en abondance. Les autres étés, leur présence a été presque anecdotique en comparaison des plus petites cellules.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Or » ne répond pas aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**



**Figure 11a-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations ORE et ORW dans l'étang de l'Or.



**Figure 11a-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations ORE et ORW dans l'étang de l'Or (échelle logarithmique).

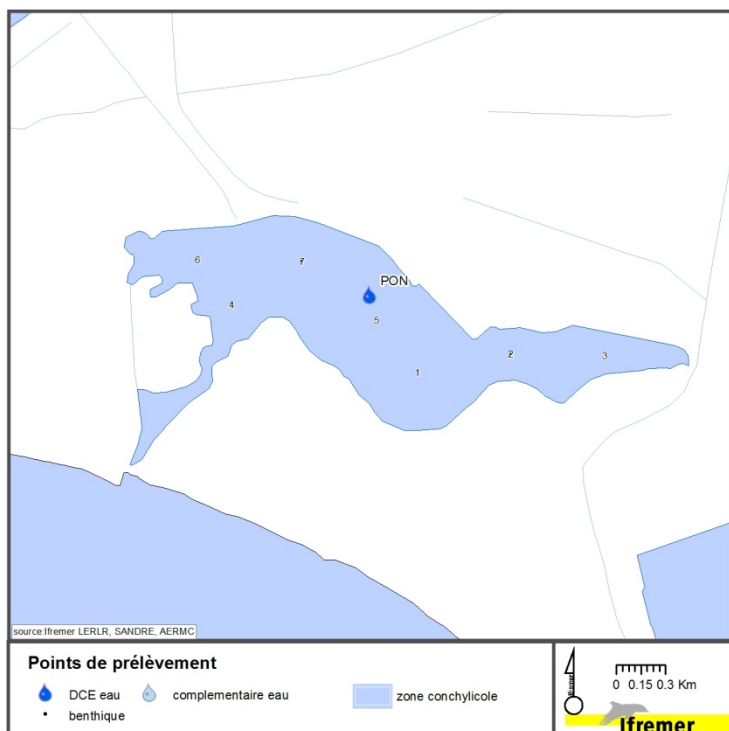


Figure 12-1. Localisation des stations de suivi sur Ponant.

Tableau 12-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Ponant (N=6).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	10.84	
PO4	0.78	
NT	67.96	
PT	3.25	
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 12-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Ponant (N=6).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.17	[0.12 ; 0.52]
Abondance	0.02	[0.01 ; 0.08]
<b>Phytoplancton</b>	0.09	[0.06 ; 0.27]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

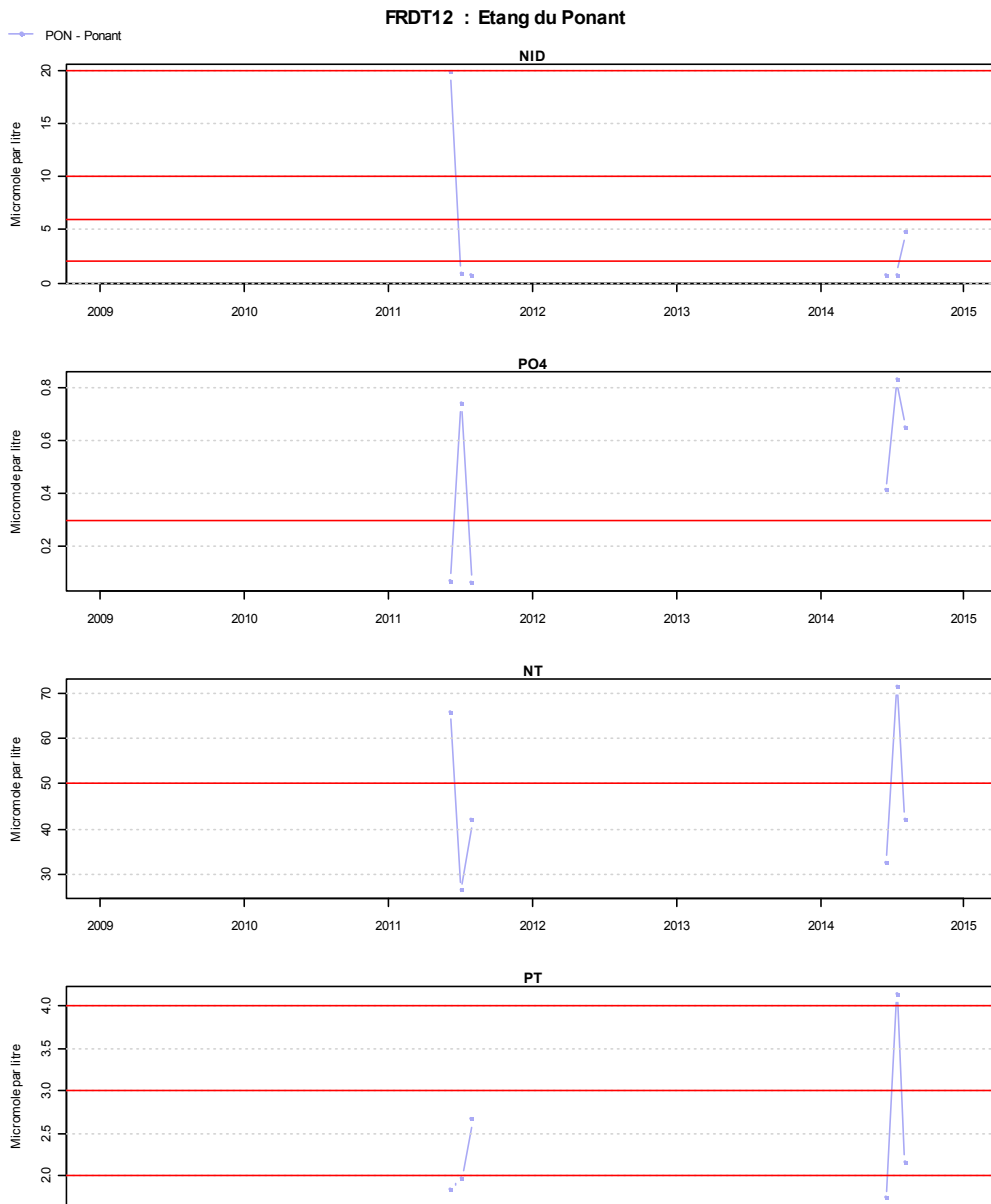
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Sur la période 2009-2014, l'état physico-chimique de la colonne d'eau et du phytoplancton dans la lagune du Ponant est diagnostiqué au niveau d'une station « PON » (Figure 12-1). Les états DCE ont été diagnostiqués sur la base de deux suivis estivaux (2011 et 2014). L'état général de la colonne d'eau est « moyen » (Tableau 12-1), déclassé en particulier par un dépassement ponctuel en NID en juin 2011 (concentration supérieure à 15  $\mu\text{mol/L}$ ) et en PT en juillet 2014 (Figure 12-2). Les concentrations en phosphates et NT restent en revanche relativement faibles.

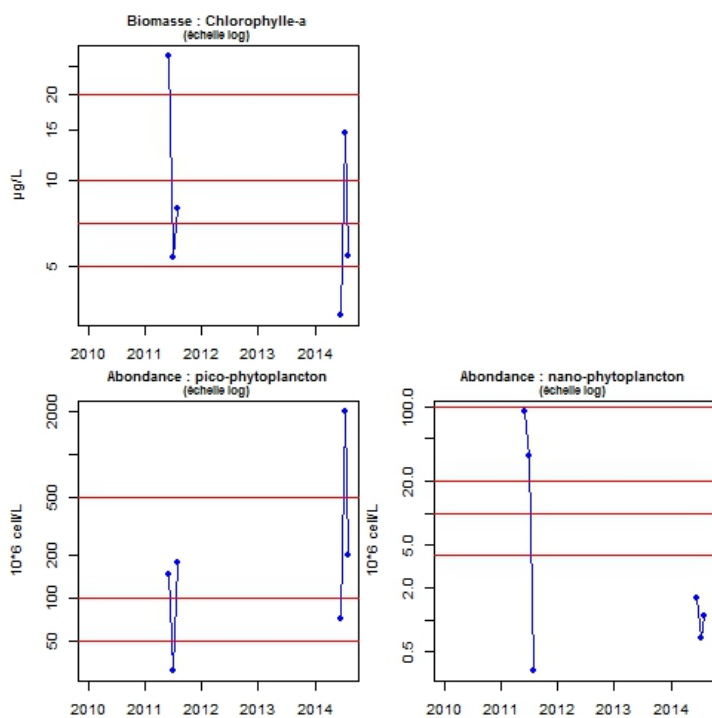
L'état du phytoplancton demeure « mauvais », en particulier en raison d'un EQR abondance relativement faible, qui traduit une abondance élevée (Tableau 12-2). En effet, les concentrations nano-phytoplanctoniques en juin et juillet 2011 sont élevées (plus de 20 millions de cellules par litre), conséquence probable de la disponibilité en NID dans la colonne d'eau à cette période (Figure 12-3). Les concentrations pico-phytoplanctoniques en juillet et août 2014 sont également importantes (plus de 100 millions de cellules par litre). Ces résultats se retrouvent également au niveau de la biomasse chlorophyllienne, qui dépasse ponctuellement les 10  $\mu\text{g/L}$  en 2011 et 2014.

Etant donné le faible nombre de valeurs disponible sur la lagune de Ponant, il est difficile de conclure quant à une tendance d'évolution sur la période 2009-2014.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Ponant » ne répond pas aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**



**Figure 12-2 (en haut).** Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2011 et 2014 à Ponant.



**Figure 12-3 (à gauche).** Concentration de chlorophyll-e-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2011 et 2014 à Ponant (échelle logarithmique).

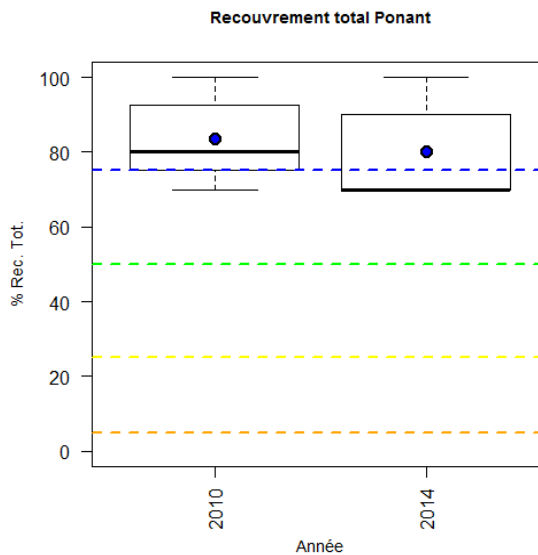
• **Diagnostic des macrophytes**

L'EQR macrophytes pour la masse d'eau « Ponant » est comparable à celui du dernier diagnostic de 2010 et indique un état médiocre (Tableau 12-3).

**Tableau 12-3.** Etat des macrophytes en 2010 et 2014 pour la lagune de Ponant.

Année du diagnostic	Nb de stations (nb de stations avec Rec Tot <5 %)	Nb total d'espèces	Nb moyen d'espèces	% moyen de recouvrement végétal	% moyen de recouvrement relatif de référence	EQRa	EQRc	EQR macrophytes
2010	7 (0)	12	4.71	83.57 %	0.06 %	0.87	0.20	0.20
2014	7 (0)	18	5.86	80.00 %	0.43 %	0.84	0.20	0.20

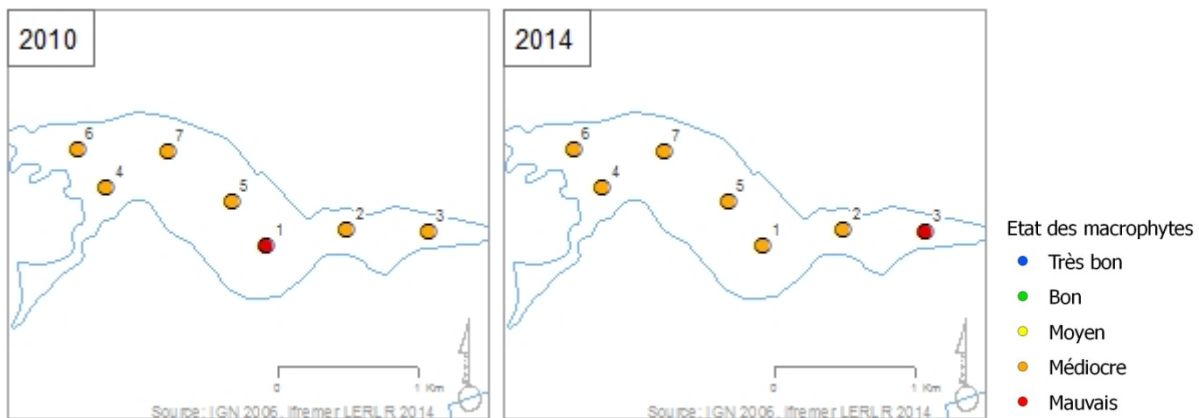
Le pourcentage de recouvrement végétal de la lagune du Ponant est important pour toutes les stations explorées, avec des recouvrements toujours supérieurs à 70 %. Le recouvrement végétal est un peu plus important dans la partie est de la lagune que dans la partie ouest. On observe peu de changements entre 2010 et 2014 au niveau de l'abondance de la végétation (Figure 12-4).



**Figure 12-4.** Représentation par boxplot du recouvrement total par les macrophytes des stations benthiques du Ponant en 2010 et 2014.

La végétation est composée en majorité par des ulves dans la partie est et par des algues rouges des genres *Gracilaria* ou *Solieria* dans la partie ouest. Des algues vertes se développent localement sur le tapis d'algues rouges. On identifie un total de 18 espèces sur l'ensemble des stations explorées.

Seul, un pied de *Zostera noltei* est observé au niveau de la station 7. Une autre espèce de référence *Dictyota spiralis* est observée station 4 mais en très faible abondance (2% de la végétation). En 2010, un pied de *Zostera noltei* est observé station 4.



**Figure 12-5.** EQR<sub>macrophyte</sub> par station sur Ponant en 2010 et 2014.

Seulement 2 espèces sont observées au niveau de la station 1 en 2010 et de la station 3 en 2014. Ce qui classe ces stations en mauvais état (Figure 12-5).



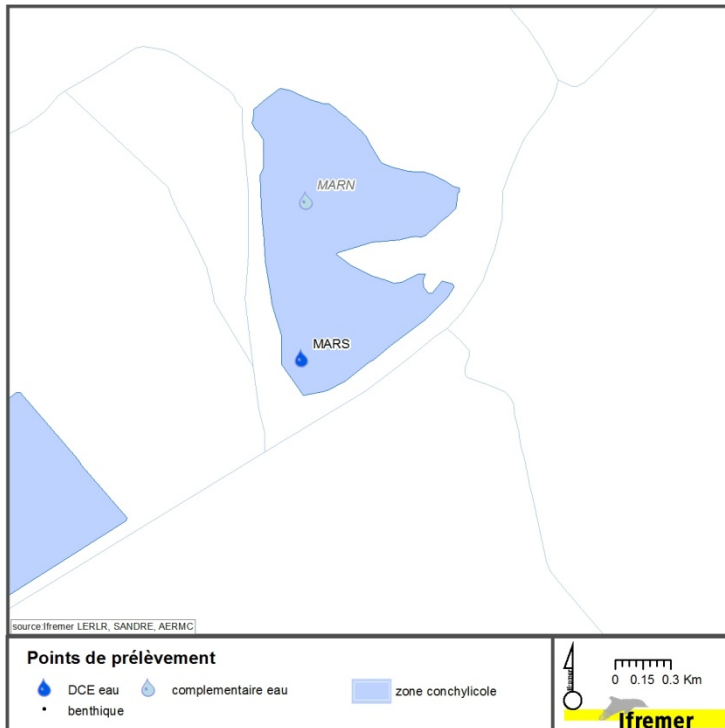


Figure 13e-1. Localisation des stations de suivi sur la Marette.

Tableau 13e-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Marette (N=18).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	11.4	[6.4 ; 19.1]
PO4	0.3	[0.1 ; 0.3]
NT	86.8	[74.5 ; 123.4]
PT	2.9	[2.1 ; 3.4]
<b>État physico-chimique</b>		

Tableau 13e-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Marette (N=18).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.21	[0.14 ; 0.36]
Abondance	0.05	[0.02 ; 0.08]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.13</b>	<b>[0.09 ; 0.2]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Les états physico-chimique et du phytoplancton de la masse d'eau mésohaline « Marette » sont interprétés au regard des grilles de diagnostic DCE en vigueur pour les lagunes poly-euhalines (cf § 3.3.1). Les résultats de la station complémentaire « MARN » sont disponibles en Annexe 3.

Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésohalines permettront de mieux situer la qualité de ces masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Les études engagées depuis plusieurs années par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Onema, l'Ifremer et la Tour du Valat sur ce type de lagunes ont conduit à la proposition d'indicateurs et de grilles de diagnostic des macrophytes adaptés à ces milieux (Sanchez et Grillas, 2014). Elles aboutiront fin 2015 avec l'élaboration d'indicateurs et de grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton (étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM2).



FRDT13e : Petite Camargue Marettte

MARS - Marettte Sud

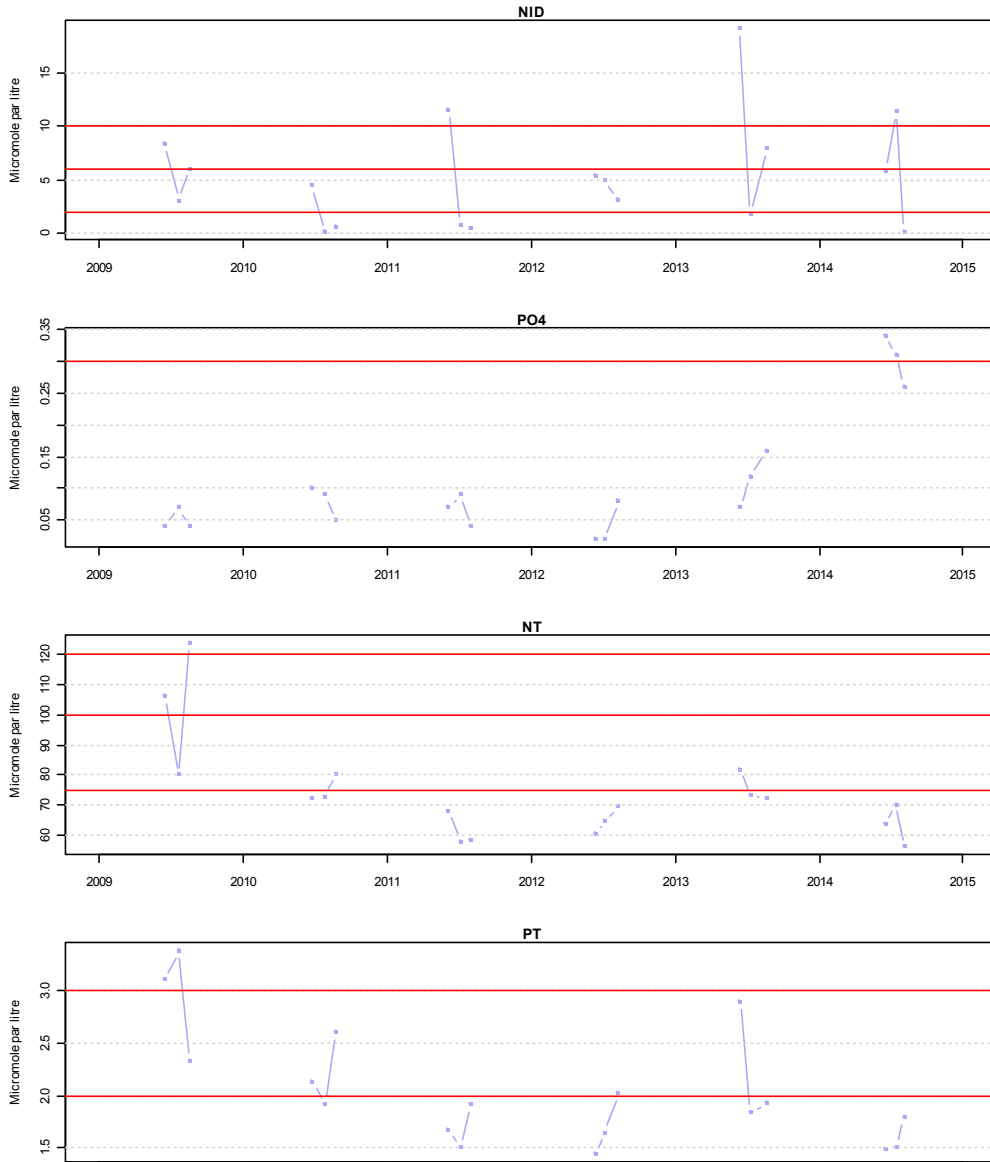


Figure 12-2 (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à la station « MARS » de Marettte.

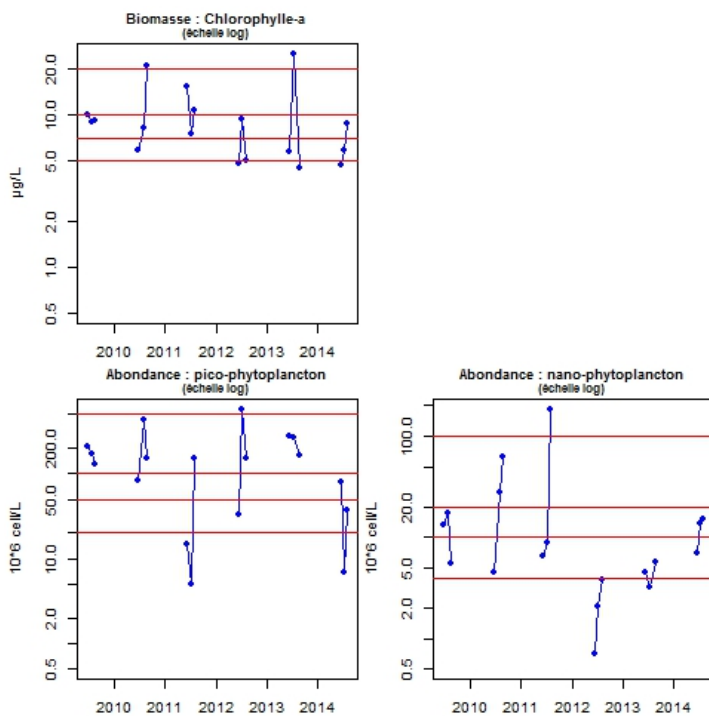


Figure 12-3 (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à la station « MARS » de Marettte (échelle logarithmique).

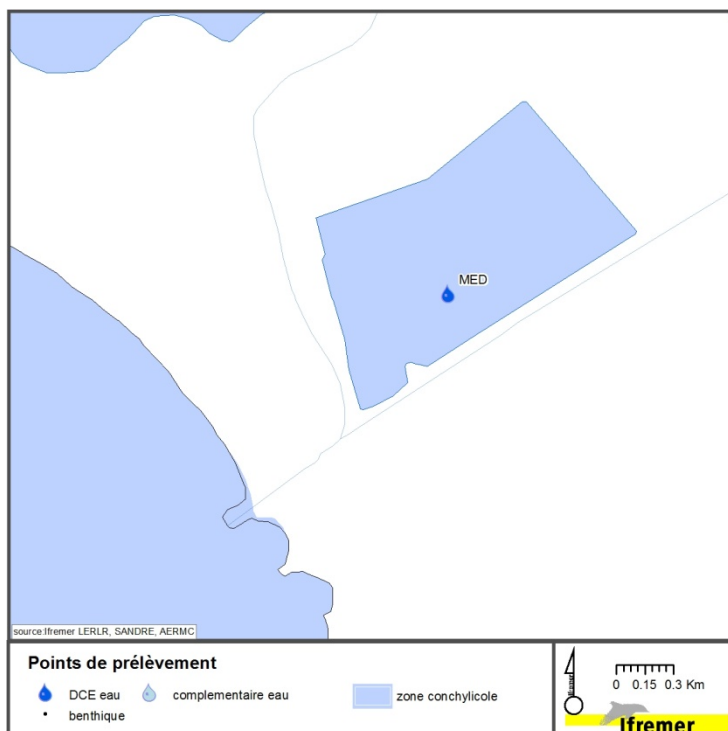


Figure 13c-1. Localisation des stations de suivi sur Médard.

Tableau 13c-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Médard (N=6).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	28.9	
PO4	0.28	
NT	81.1	
PT	2.37	
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 13c-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Médard (N=6).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.35	
Abondance	0.04	
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.20</b>	

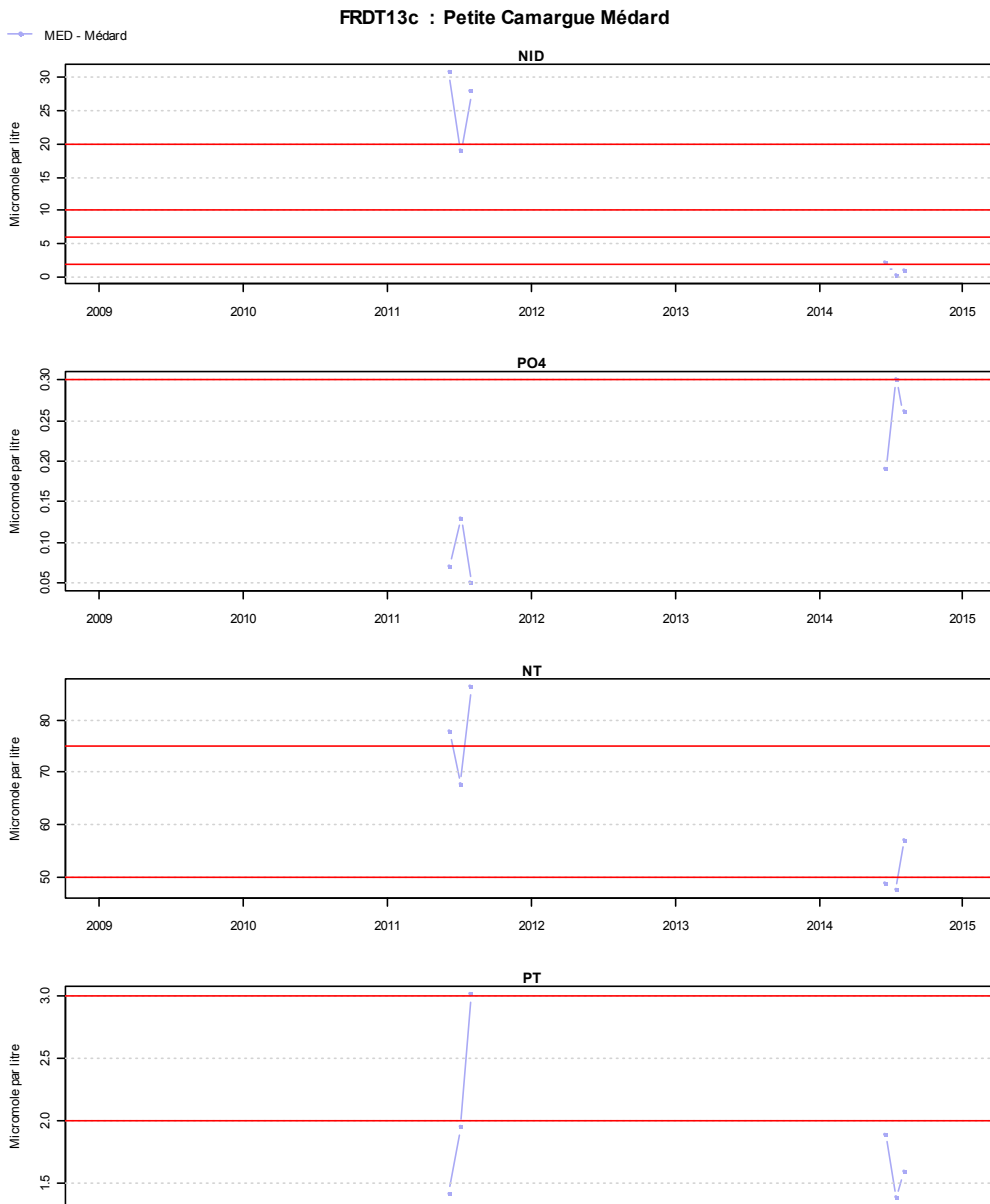
\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

#### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

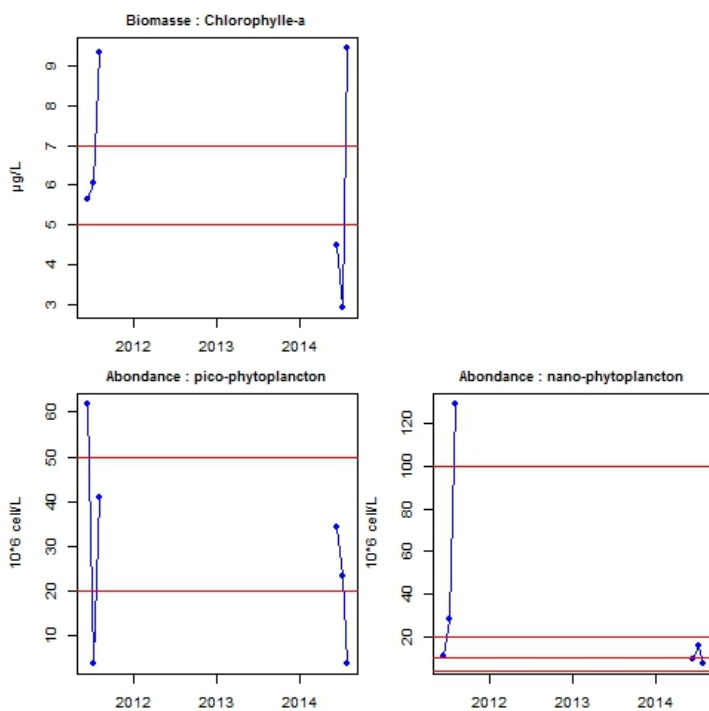
Sur la période 2009-2014, l'état de la colonne d'eau et du phytoplancton dans la lagune du Médard est diagnostiqué au niveau de la station « MED » (Figure 13c-1). Les états DCE de la période 2009-2014 n'ont été diagnostiqués que sur la base des deux suivis estivaux disponibles (2011 et 2014). L'état physico-chimique de la colonne d'eau, basé sur les concentrations en azote et phosphore inorganique dissous et les formes totales, est « mauvais » (Tableau 13c-1). Ce déclassement est dû uniquement aux concentrations en azote inorganique dissous, relativement élevées lors du diagnostic de 2011 (supérieures à 15  $\mu\text{mol/L}$ ) (Figure 13c-2). Concernant le phytoplancton, l'état DCE est qualifié de « médiocre » sur la période considérée (Tableau 13c-2). Les abondances pico-phytoplanctoniques sont élevées (20 millions de cellules par litre) (Figure 13c-3). Contrairement à 2011, les concentrations nano-phytoplanctoniques en 2014 sont homogènes, faible et proches de 10 millions de cellules par litre (supérieur au seuil du bon état).

Il est difficile d'interpréter une tendance d'évolution pour le Médard, étant donné le nombre faible de données disponibles sur la période considérée.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Médard » ne répond pas aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**



**Figure 13c-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2011 et 2014 à Médard.



**Figure 13c-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2011 et 2014 à Médard.



Figure 14a-1. Localisation des stations de suivi sur Vaccarès.

Tableau 14a-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Vaccarès (N=17).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	11.9	[8.3 ; 19.2]
PO4	0.2	[0.1 ; 0.3]
NT	87.8	[79.8 ; 103.7]
PT	3.3	[1.4 ; 4.7]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 14a-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Vaccarès (N=16).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.64	[0.4 ; 1]
Abondance	0.1	[0.02 ; 0.23]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.37</b>	<b>[0.24 ; 0.59]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

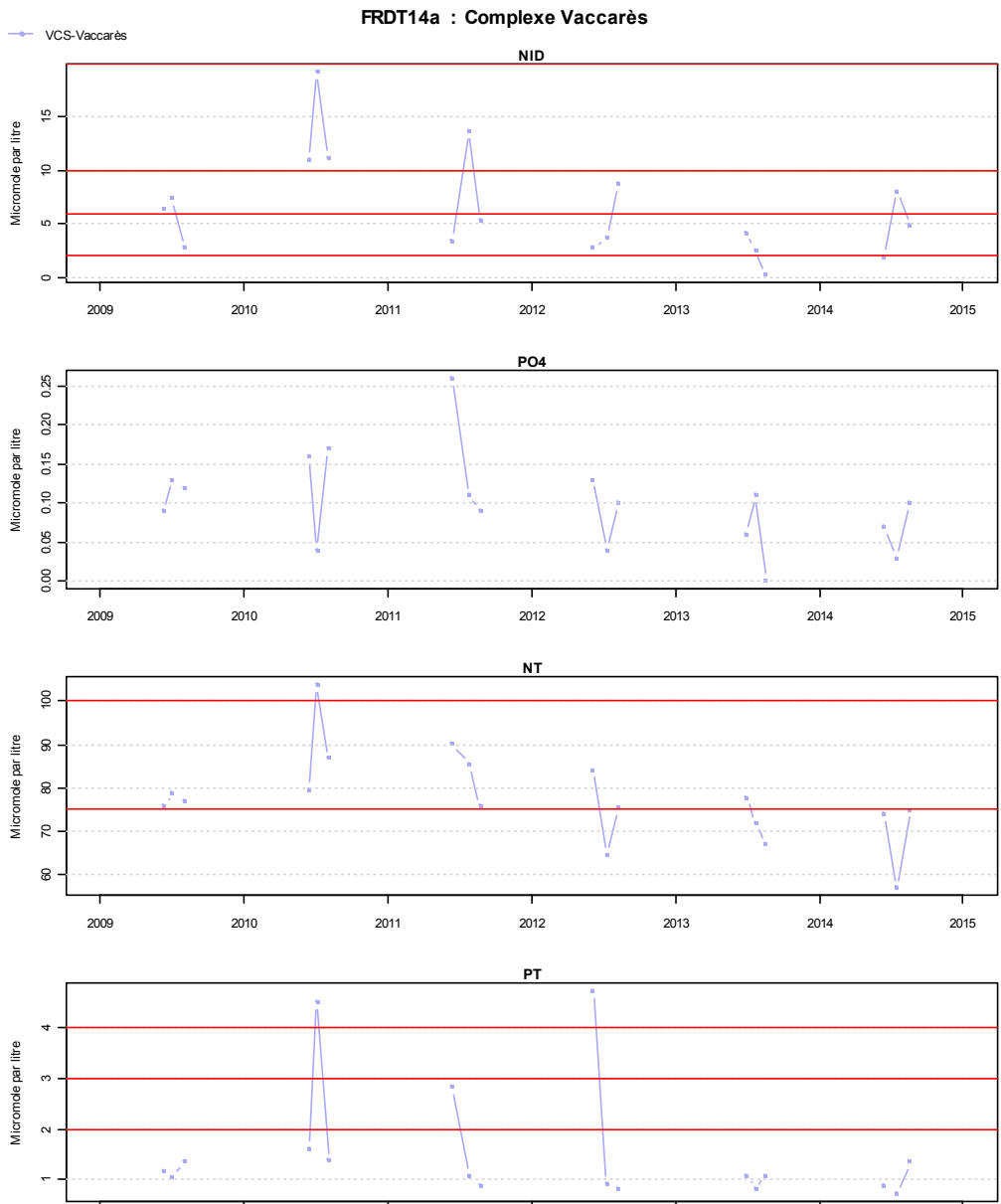
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

L'état de la colonne d'eau et du phytoplancton pour la masse d'eau « Vaccarès » est diagnostiqué au niveau de la station « VCS » (Figure 14a-1). L'état physico-chimique obtenu au regard des grilles DCE sur la période 2009-2014 est « médiocre » (Tableau 14a -1). Les concentrations en azote dissous (NID) sont les plus déclassantes, avec le dépassement du seuil du bon état ( $6 \mu\text{mol/L}$ ) tous les étés, sauf en 2013. Après une pollution en ammonium, nitrite et nitrate, très marquée en 2010 et associée à des précipitations hivernales et printanières très importantes, la concentration en NID connaît un pic de moindre ampleur en 2011, puis décroît progressivement (Figure 14a-2). Cela se répercute sur l'azote total (NT), qui suit la même évolution que le NID. La colonne d'eau est en revanche pauvre en orthophosphates (PO4), indiquant que ce nutriment est quasi-intégralement consommé par la production primaire, jusqu'à devenir limitant.

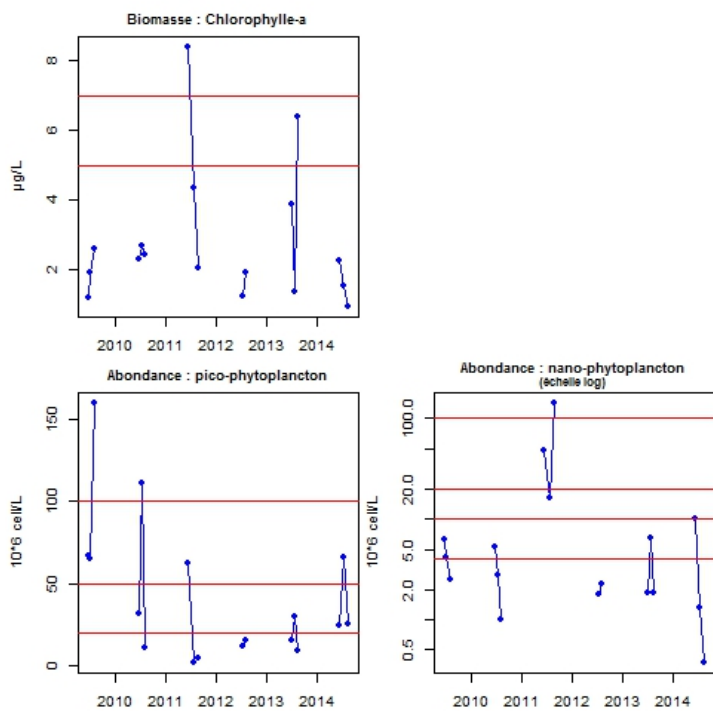
Le phytoplancton est diagnostiqué en « état moyen » selon la grille DCE (Tableau 14a-2). Les étés 2011 et 2013 sont marqués par des biomasses chlorophylliennes importantes (Figure 14a-3). Ces pics sont associés à des abondances élevées de nano-phytoplancton (surtout en 2011), qui a profité des apports de nutriments en excès du bassin versant de l'étang du Vaccarès. Les autres étés de la période 2009-2014 sont caractérisés par des biomasses de phytoplancton très basses ( $< 3 \mu\text{g/L}$ ), en-dessous du seuil du « très bon état ». L'abondance du phytoplancton est responsable du déclassement de l'état de ce compartiment au regard des grilles DCE. On observe en effet des abondances très élevées de nano-phytoplancton en 2011, mais également des pics d'abondance de pico-phytoplancton en 2009 et 2010.

L'étang du Vaccarès semble fortement soumis aux apports de son bassin-versant, qui ont pu conduire certains étés de la période 2009-2014 à des états très eutrophisés, marqués par des blooms phytoplanctoniques et de l'azote restant en excès dans la colonne d'eau.

**Sur la période 2009-2014, la masse d'eau « Vaccarès » ne répond pas aux exigences de la DCE vis-à-vis de l'état biologique pour le phytoplancton et pour les caractéristiques physico-chimiques de la colonne d'eau.**



**Figure 14a-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Vaccarès.



**Figure 14a-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondance de pico-phytoplancton et abondance (échelle log) de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Vaccarès.

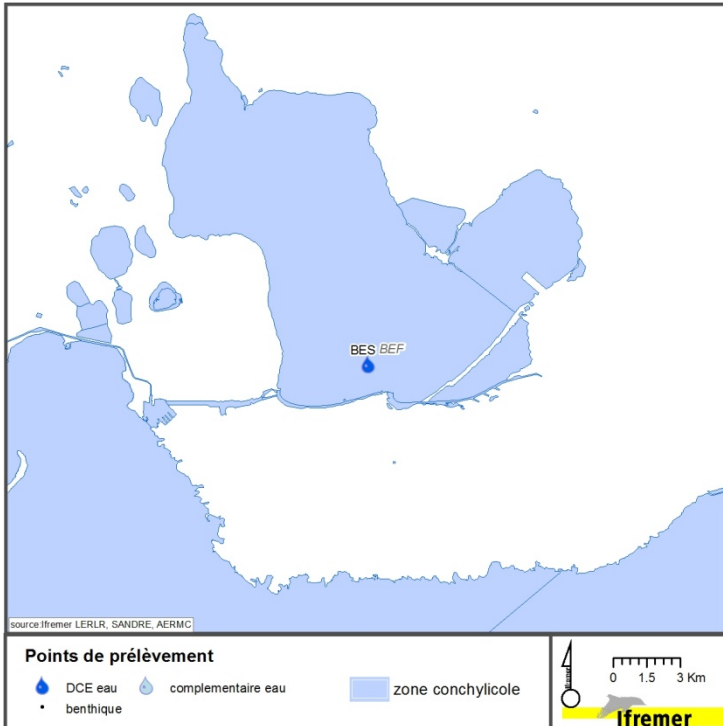


Figure 15a-1. Localisation des stations de suivi sur Berre.

Tableau 15a-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Berre (N=17).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	1.1	[0.5 ; 7.6]
PO4	0.4	[0.2 ; 0.9]
NT	44.7	[38 ; 235.6]
PT	2	[1.5 ; 4.8]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau 15a-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Berre (N<sub>biomasse</sub> =16, N<sub>Abondance</sub> = 15).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.29	[0.24 ; 0.62]
Abondance	0.25	[0.18 ; 0.36]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.27</b>	<b>[0.22 ; 0.44]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

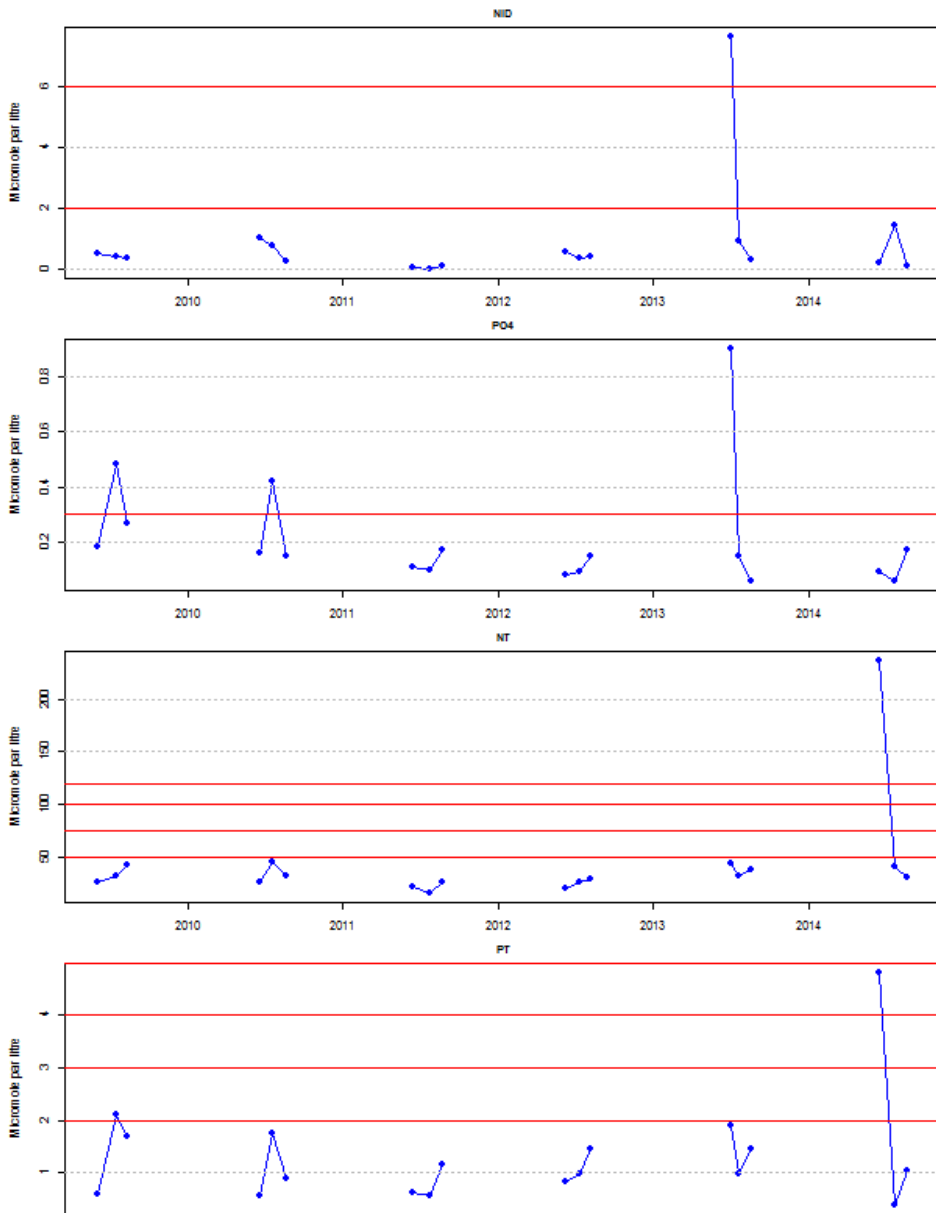
L'étang de Berre est découpé en deux masses d'eau : « Berre – Grand étang » et « Vaine ». Les résultats présentés ici concernent la masse d'eau « Berre-Grand étang » pour laquelle le diagnostic est établi à partir des suivis réalisés en surface sur une station hydrologique située au sud de la lagune (BES - Figure 15a-1). Les mesures enregistrées au fond (station BEF) n'interviennent pas dans le classement de la masse d'eau et sont présentées dans l'annexe 3 à titre indicatif.

Sur la période 2009-2014, le compartiment « Phytoplancton » (Tableau 11a-2) et les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau (Tableau 11a-1) affichent respectivement un état moyen et un bon état.

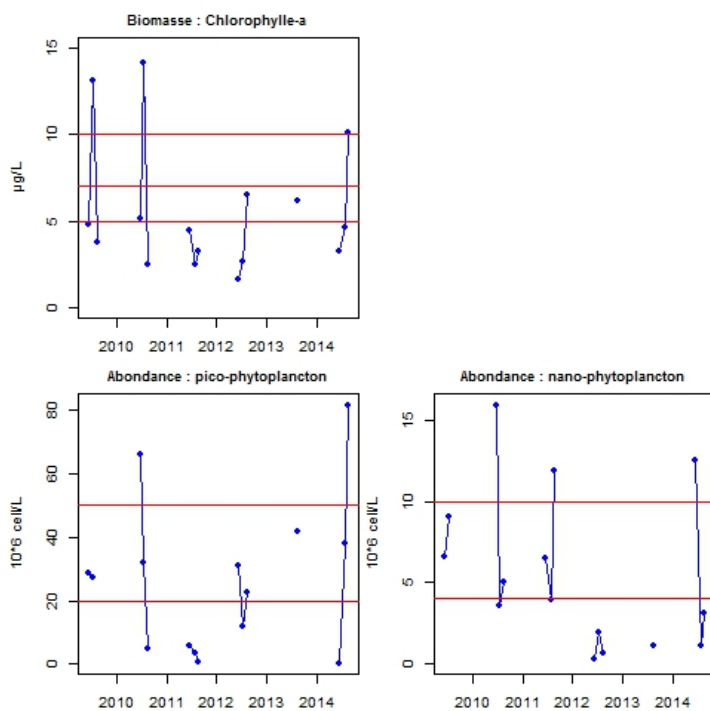
Les concentrations en chlorophylle *a* et les abondances de pico et nano-phytoplancton mesurées à la station BES sont relativement variables sur les périodes estivales 2009-2014. Cette variabilité est à mettre en relation avec les apports en nutriments qui, de façon récurrente, soutiennent une production primaire excessive qui consomme la quasi-totalité des formes inorganiques de l'azote (Tableau 15a-1). L'EQR<sub>B</sub> « biomasse » du phytoplancton est caractéristique d'un état médiocre. L'EQR<sub>A</sub> « abondance » est caractéristique d'un état moyen pour les deux classes de taille. La moyenne des métriques « biomasse » et « abondance » aboutit à un état moyen du compartiment « Phytoplancton ».

Les paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau sont, pour la plupart, caractéristiques d'un très bon état. Toutefois, les résultats de la colonne d'eau des mois de juin 2013 et 2014 posent question (Figure 15a-2). En effet : i) les concentrations élevées en azote inorganique dissous et en phosphate enregistrées au mois de juin 2013 sont difficiles à interpréter en l'absence de données sur la biomasse et les abondances de phytoplancton ; ii) ce sont vraisemblablement les formes organiques dissoutes de l'azote et du phosphore qui sont responsables des concentrations anormalement élevées en azote et phosphore total mesurées au mois de juin 2014. L'origine de ces contaminations n'est pas identifiée.

**Sur la période 2009-2014, l'état biologique du Phytoplancton de la masse d'eau « Berre-Grand étang » ne répond pas aux exigences de la DCE.**



**Figure 15a-2** (en haut). Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Berre.



**Figure 15a-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Berre.

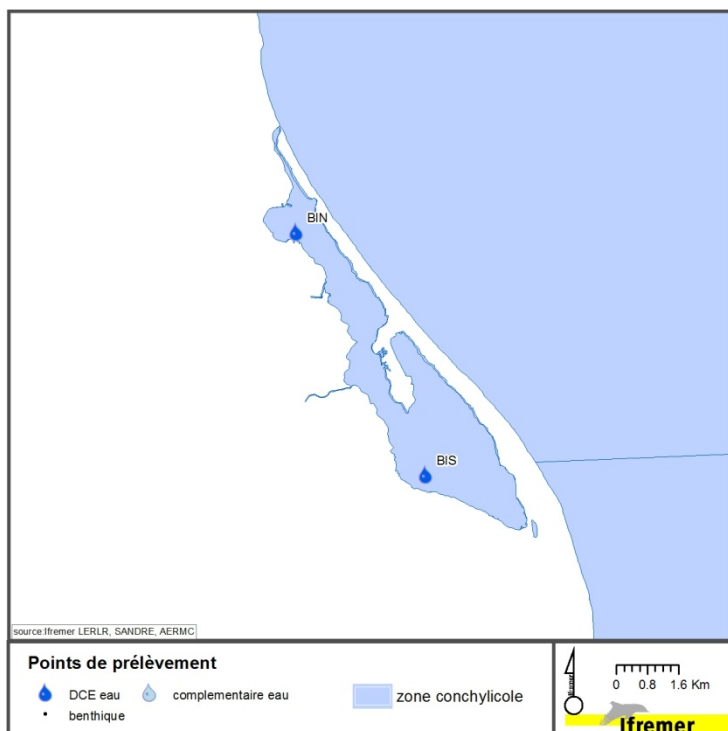


Figure E1-1. Localisation des stations de suivi sur Biguglia.

Tableau E1-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\*

pour Biguglia (N=16).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	4.6	[3.3 ; 5.6]
PO4	0.2	[0.2 ; 0.5]
NT	66.7	[49.3 ; 77.7]
PT	1.7	[1.3 ; 2.1]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau E1-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Biguglia (N<sub>biomasse</sub> = 16, N<sub>Abondance</sub> = 13).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.34	[0.09 ; 0.51]
Abondance	0.06	[0.05 ; 0.19]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.2</b>	<b>[0.08 ; 0.31]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

La masse d'eau « Biguglia » est suivie au niveau de deux stations situées au nord et au sud (Figure E1-1). Sur la période 2009-2014, l'état physico-chimique de Biguglia est considéré comme « bon » (Tableau E1-1). Cet état est dû aux résultats des paramètres NID principalement et NT. Cela est largement influencé par l'état physico-chimique du bassin sud en 2009, 2012, 2013 et 2014 (Figure E1-2). Il en est de même pour le NT, avec des valeurs régulièrement plus élevées pour le bassin sud. Un événement ponctuel, le curage du canal du Fossone en 2012, a clairement impacté ce bassin, en lien avec le relargage sédimentaire de NH<sub>4</sub> (11 µmol/L).

Depuis 2009, dans les deux bassins nord et sud, les concentrations en chlorophylle *a* semblent diminuer (Figure E1-3). Ceci traduit une amélioration de l'état de la lagune peu visible d'après les paramètres intégrateurs NT et PT (Figure E1-2). Les valeurs de chlorophylle *a* du bassin nord restent inférieures au seuil « bon », excepté en août 2012 (cf. curage du Fossone), avec des valeurs comprises entre 2 et 22 µg/L. Les valeurs de chlorophylle *a* du bassin sud s'échelonnent entre 6 et 53 µg/L (maximum en 2012). Les abondances de picophytoplancton, traduisant le plus souvent des apports nutritifs en excès, sont inférieures au seuil moyen à la station nord « BIN », excepté en août 2012, et régulièrement plus élevées à la station sud « BIS ». Le déclassement « médiocre » de l'état du phytoplancton est majoritairement dû aux abondances élevées de nano- et picophytoplancton de la station sud de la lagune de Biguglia (Tableau E1-2).

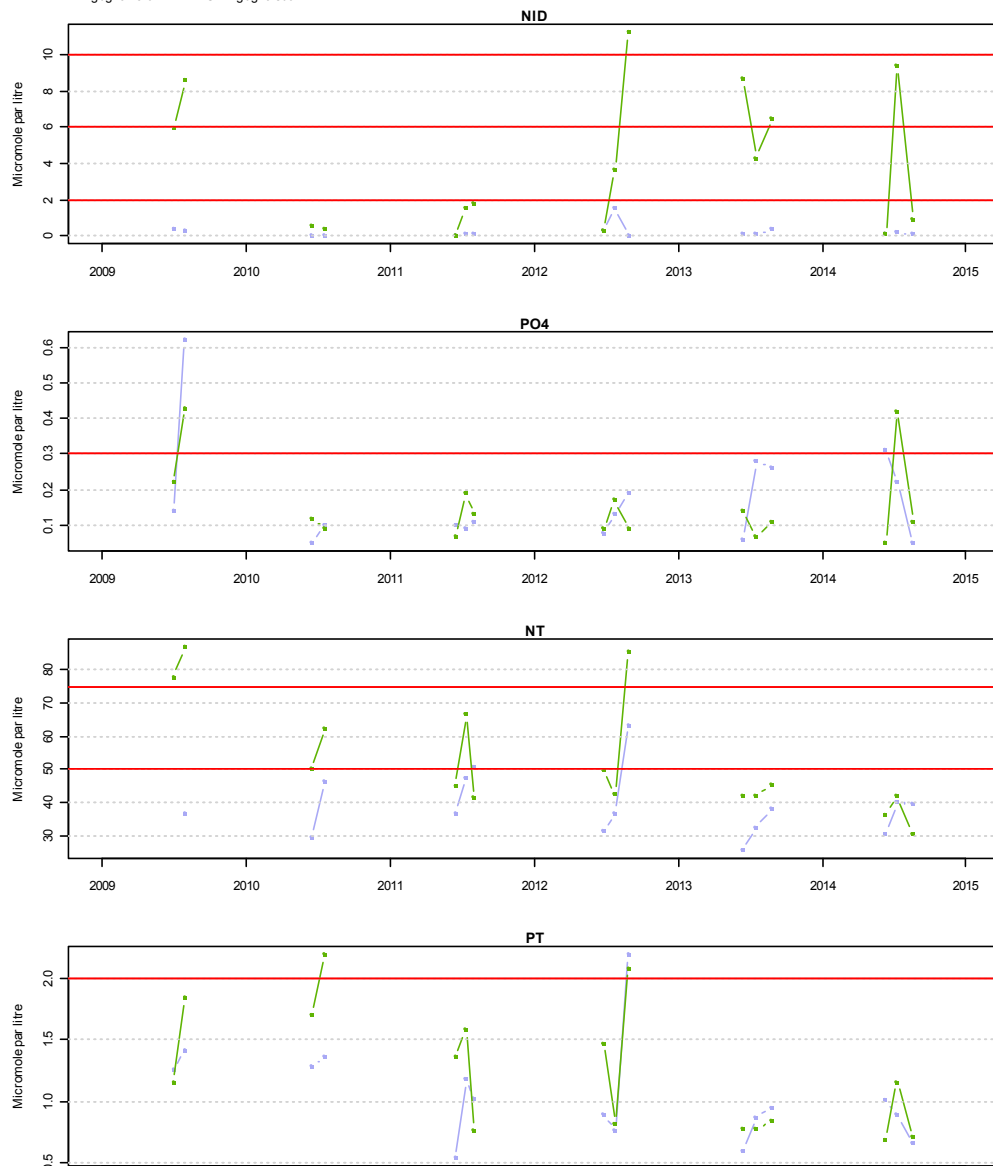
Globalement, il est à noter une amélioration de l'état de la lagune pour la période 2009-2014 et ce surtout dès 2010, avec un bassin nord en meilleur état. Cet état reste fragile compte tenu, par exemple, des conséquences ponctuelles du curage du Fossone sur la colonne d'eau en 2012. En outre, la lagune reçoit toujours des apports nutritifs en excès du bassin versant avec ses nombreux cours d'eau, dont le Bevinco et le Golo, par l'intermédiaire du canal du Fossone et de la station de traitement des eaux usées. De plus, du fait de la configuration de la lagune, il existe un fort gradient de salinité. Le bassin nord est certes influencé par les eaux du Bevinco, mais il est également ouvert sur la mer par le grau, ce qui limite le confinement de la zone. Le bassin sud reçoit énormément d'apports d'eau douce en provenance du Golo par l'intermédiaire du canal du Fossone, provoquant des dessalures quasi-permanentes, toujours inférieures à 10 depuis 2010, et modifiant ainsi en permanence le milieu. Ces caractéristiques hydro-morphologiques favorisent d'autant plus l'instabilité du milieu et les répercussions de l'eutrophisation et des apports d'eau douce.

**Sur la période 2009-2014, l'état biologique pour le phytoplancton de la masse d'eau « Biguglia » ne répond pas aux exigences de la DCE.**

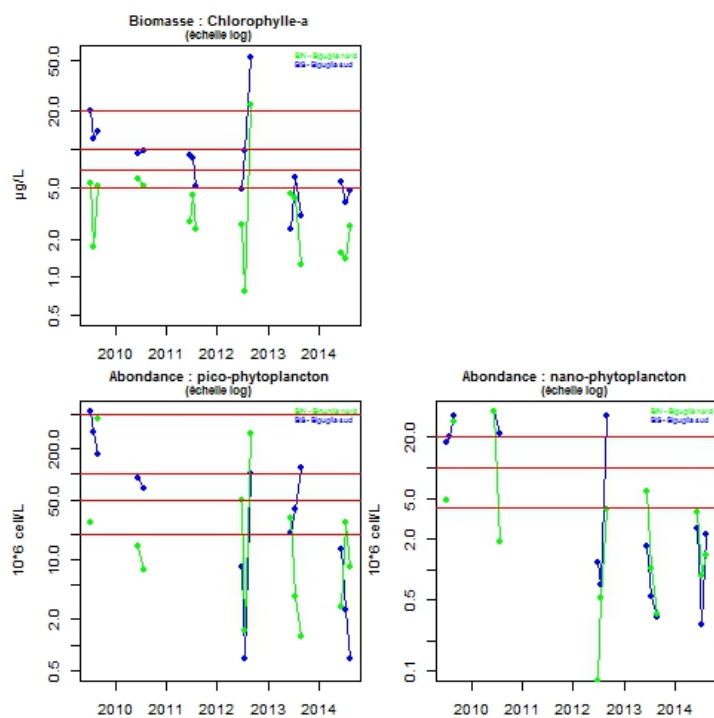


FRET01 : Etang de Biguglia

—●— BIN - Biguglia nord —●— BIS - Biguglia sud



**Figure E1-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux stations BIN et BIS de Biguglia.



**Figure E1-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux stations BIN et BIS de Biguglia (échelle logarithmique).

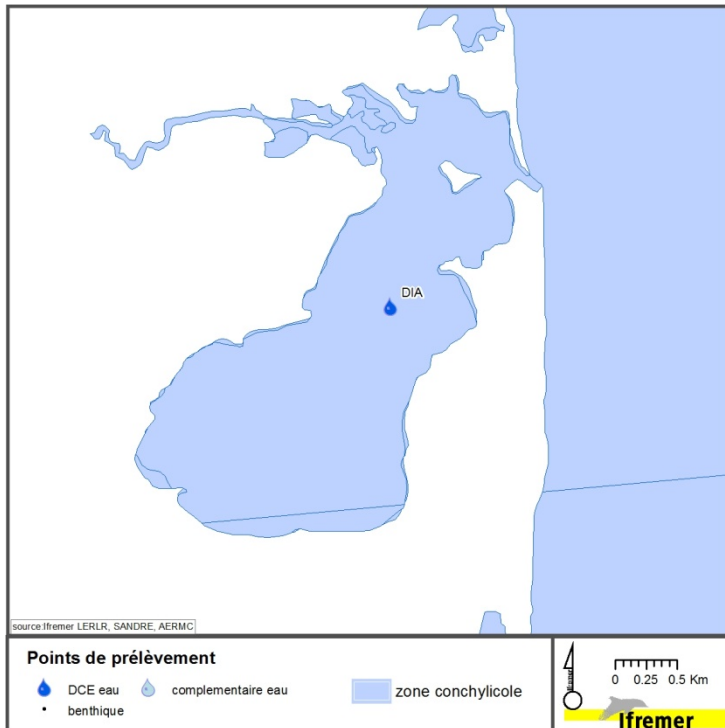


Figure E2-1. Localisation des stations de suivi sur Diana.

Tableau E2-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\*

pour Diana (N=17 sauf N<sub>NT</sub>=16).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	0.3	[0.2 ; 0.7]
PO4	0.2	[0.1 ; 0.2]
NT	16.1	[14.4 ; 19.8]
PT	0.8	[0.5 ; 1.4]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau E2-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Diana (N<sub>biomasse</sub>=18, N<sub>Abondance</sub>=14).

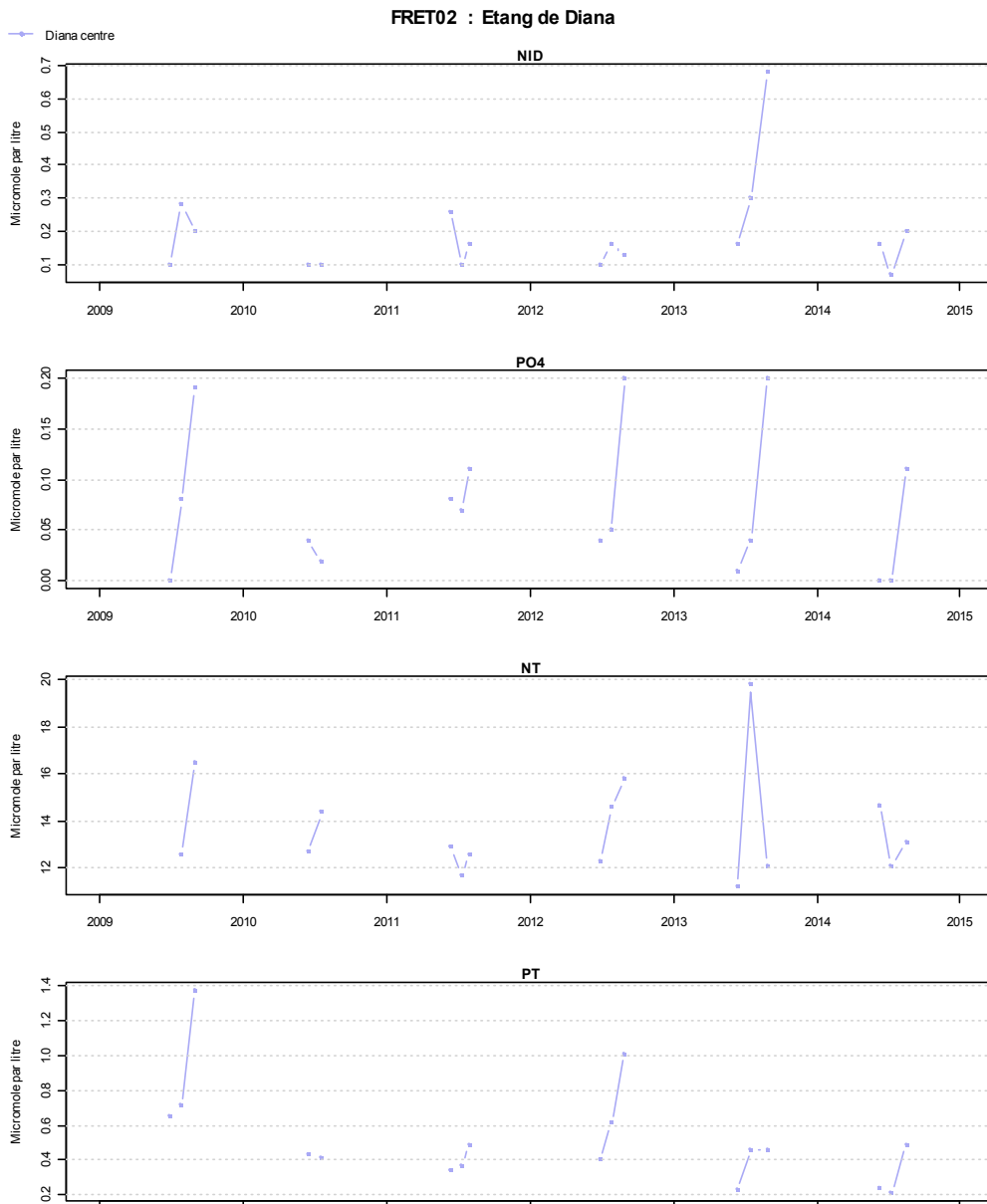
Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	1	[0.92 ; 1]
Abondance	0.45	[0.25 ; 1]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.73</b>	<b>[0.62 ; 1]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

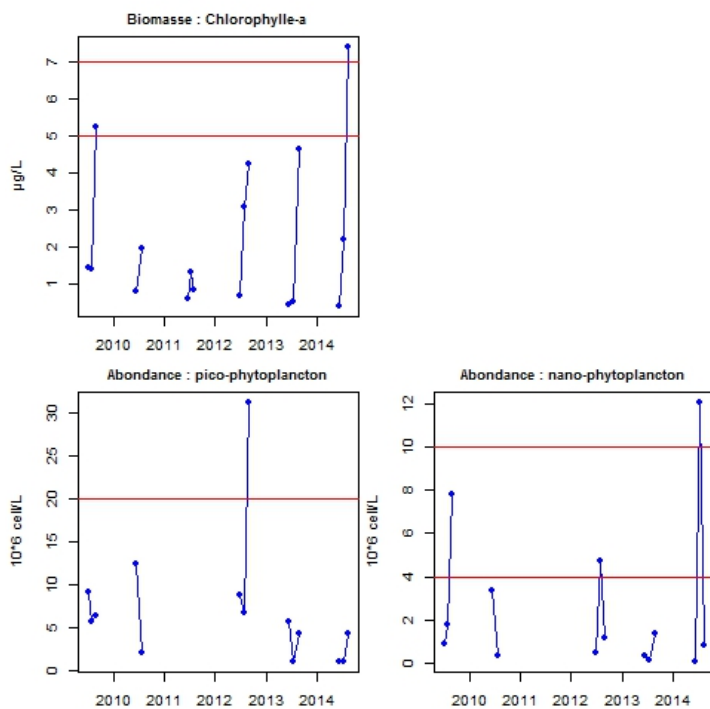
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Sur la période 2009-2014, l'état physico-chimique et l'état du phytoplancton de la lagune de Diana sont « très bons » (Tableaux E2-1 et E2-2). Il semble que depuis 2009, la tendance est à l'oligotrophisation de la lagune, avec des biomasses chlorophylliennes rarement supérieures au seuil du bon état (5µg/L) (Figures E2-2 et E2-3). Seul un dépassement du seuil de l'état moyen est survenu lors de l'été 2014 pour les paramètres chlorophylle-*a* (août) et abondance de nano-phytoplancton (juillet).

Sur la période 2009-2014, l'état biologique du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau de la masse d'eau « Diana » répondent aux exigences de la DCE.



**Figure E2-2** (en haut). Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Diana.



**Figure E2-3** (à gauche). Concentration de chlorophyllle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Diana.



Figure E3-1. Localisation des stations de suivi sur Urbino.

Tableau E3-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\* pour Urbino (N=17).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	0.2	[0.2 ; 4]
PO4	0.1	[0 ; 0.1]
NT	22.8	[19.9 ; 25.8]
PT	0.7	[0.5 ; 0.9]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau E3-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Urbino (N<sub>biomasse</sub> =17, N<sub>Abondance</sub> = 14).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.88	[0.53 ; 1]
Abondance	0.45	[0.39 ; 1]
<b>Phytoplancton</b>	0.67	[0.48 ; 0.98]

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

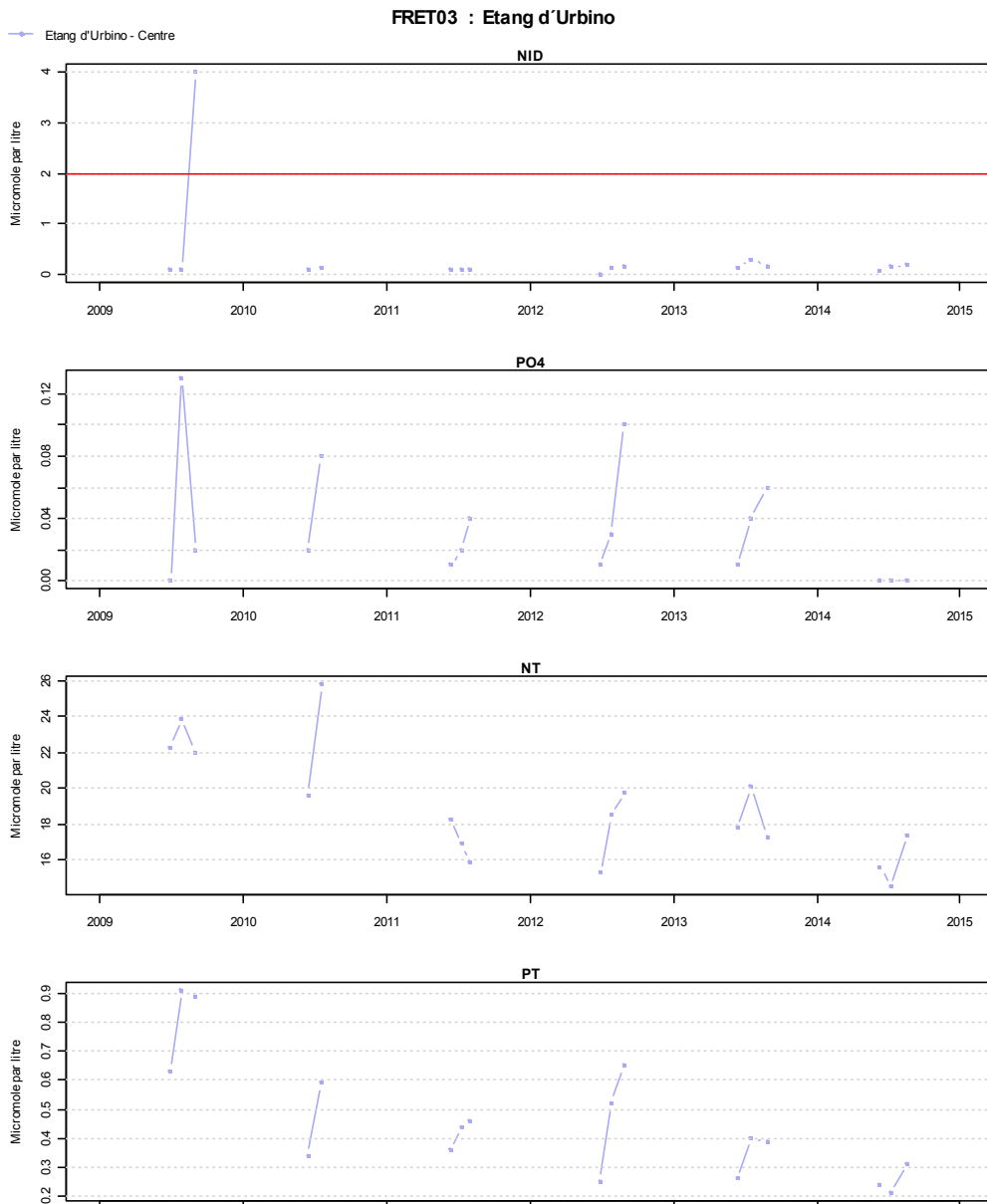
### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Sur la période 2009-2014, l'état physico-chimique de la lagune d'Urbino est considéré comme « très bon » (Tableau E3-1). En effet, aucune contamination significative n'a été enregistrée depuis 2009, excepté en août 2009, avec une concentration en NID restant cependant inférieure au seuil bon. Les valeurs de NT et PT ont de plus tendance à décroître sur cette période (Figure E3-2).

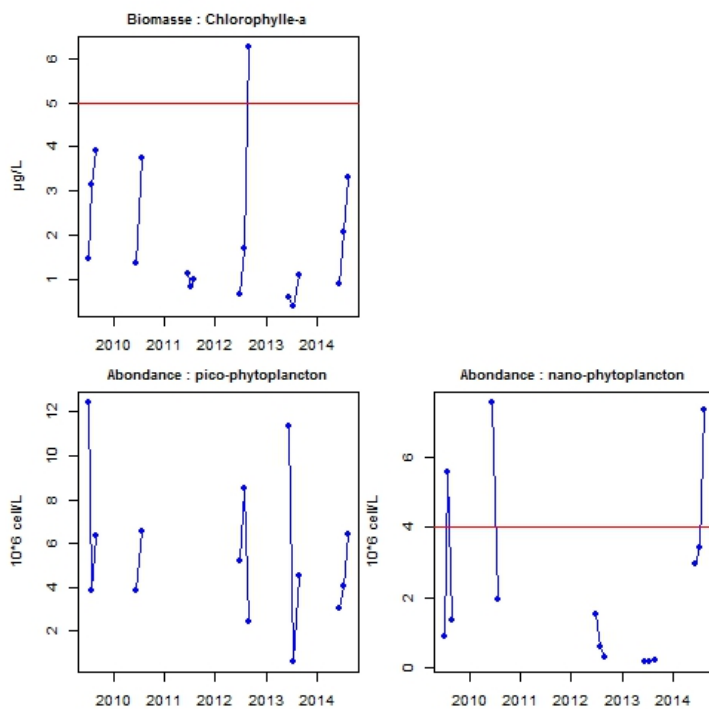
Il en est de même pour l'état du phytoplancton (Tableau E3-2). Le seuil de 5 µg/L de chlorophylle-*a* n'est dépassé qu'une fois en 6 ans avec une valeur de 6 µg/L (Figure E3-3). Ce sont les abondances de nanophytoplancton, bien que très basses, qui classent la lagune en « bon état » pour le phytoplancton.

Ces états « bon et très bon » sont à mettre en parallèle avec la bonne santé de cet écosystème lagunaire, qu'il est possible d'apprécier grâce notamment au développement de l'herbier de Cymodocée. En effet, le recouvrement par les macrophytes a progressé entre les diagnostics de 2009 et 2012, atteignant le « bon » état pour l'indicateur de l'abondance. Le recouvrement des espèces de référence reste stable avec un diagnostic de composition qui était proche du seuil « bon » en 2012 (Sargian *et al.*, 2013b).

**Sur la période 2009-2014, l'état biologique du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau de la masse d'eau « Urbino » répondent aux exigences de la DCE.**



**Figure E3-2** (en haut). Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Urbino.



**Figure E3-3** (à gauche). Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Urbino.

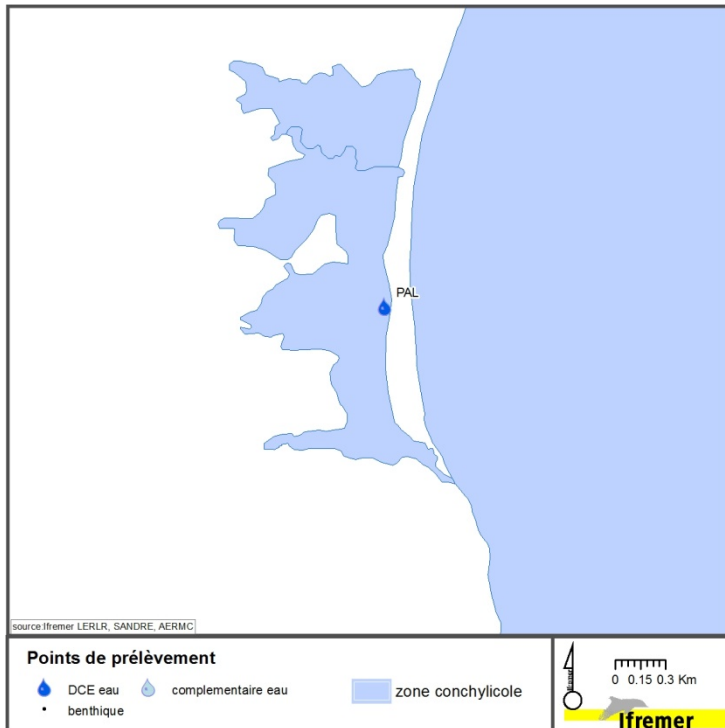


Figure E4-1. Localisation des stations de suivi sur Palo.

Tableau E4-1. Colonne d'eau : état physico-chimique DCE 2014\*

pour Palo ( $N_{NID}=15$ ,  $N_{PO4}=16$ ,  $N_{NT,PT}=17$ ).

Paramètre	P90 et état	[IC]
NID	3.2	[1 ; 12.9]
PO4	0.3	[0.1 ; 1.8]
NT	69	[51 ; 119.4]
PT	1.8	[1.1 ; 8.9]
<b>Etat physico-chimique</b>		

Tableau E4-2. Phytoplancton : état DCE 2014\* pour Palo ( $N_{biomasse}=17$ ,  $N_{Abondance}=14$ ).

Paramètre	EQR et état	[IC]
Biomasse	0.15	[0.01 ; 0.92]
Abondance	0.2	[0.1 ; 1]
<b>Phytoplancton</b>	<b>0.18</b>	<b>[0.07 ; 0.68]</b>

\* indicateurs calculés à partir des données 2009 à 2014.

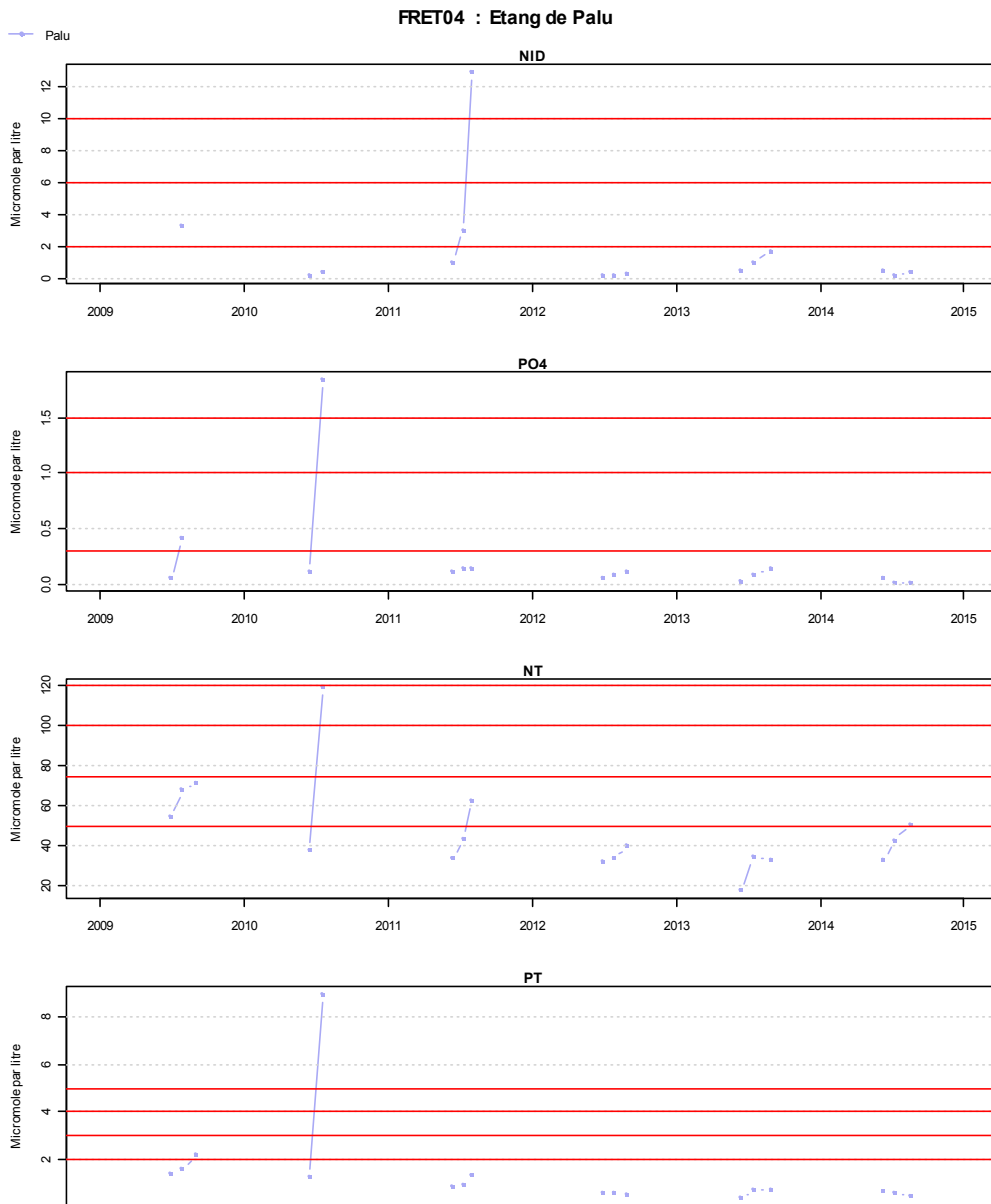
#### • Etat de la colonne d'eau et du phytoplancton (2009-2014) :

Sur la période 2009-2014, l'état physico-chimique de la lagune de Palo est « bon » (Tableau E4-1). Il n'est pas à noter d'évolution majeure de ce compartiment, excepté en 2010 avec 2 prélèvements déclassants pour le PO4 (« médiocre »), le NT (limite du seuil « mauvais ») et le PT (« mauvais ») (Figure E4-2).

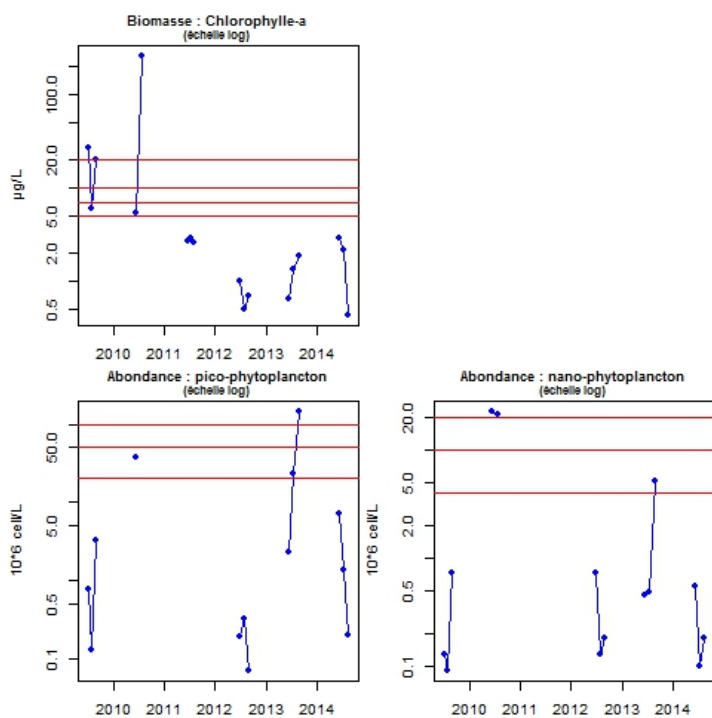
Le compartiment phytoplancton affiche un état « médiocre », du fait de dépassements exceptionnels du seuil mauvais pour la biomasse chlorophyllienne en 2009 et 2010 (Tableau E4-2 et Figure E4-3). En revanche, pour les 4 derniers étés de la période, les valeurs de chlorophylle *a* restent systématiquement en-dessous de 5 µg/L (seuil « très bon »). Il en est de même pour l'abondance du picophytoplancton et du nanophytoplancton, rarement au-dessus du seuil « médiocre ».

Les déclassements occasionnels sont difficilement imputables à un événement sur la lagune. Toutefois, on peut retenir des précipitations importantes sur les années hydrologiques 2009 et 2010 (cf chapitre 4), qui peuvent contribuer au déclassement sur les formes totales de l'azote et du phosphore (NT et PT), la biomasse chlorophyllienne et l'abondance du nanophytoplancton (grosses cellules phytoplanctoniques réagissant aux apports nutritifs ponctuels du bassin versant et des cours d'eaux).

Sur la période 2009-2014, l'état biologique du phytoplancton de la masse d'eau « Palo » ne répond pas aux exigences de la DCE.



**Figure E4-2** (en haut). Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Palu.



**Figure E4-3** (à gauche). Concentration de chlorophyll-e-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Palu (échelle logarithmique).





## 6. Conclusions et discussion

Le bilan des états DCE diagnostiqués pour les compartiments « colonne d'eau », « phytoplancton » et macrophytes pour les 22 masses d'eau lagunaires méditerranéennes françaises est synthétisé dans le Tableau 6.

**Tableau 6.** Bilan de l'état DCE des paramètres physico-chimiques de la colonne d'eau et du phytoplancton pour la période 2009-2014, et le cas échéant, des macrophytes pour l'année 2014, pour les 22 masses d'eau lagunaires méditerranéennes. *En bleu : lagunes oligo et mésohalines.*

Code de la masse d'eau	Nom de la masse d'eau	Etat physico-chimique de la colonne d'eau (2009-2014)	Etat du phytoplancton (2009-2014)	Etat des macrophytes (2014)
FRDT 01	Canet			
FRDT 02	Salses-Leucate			
FRDT 03	La Palme			
FRDT 04	Bages-Sigean			
FRDT 05	Ayrolle			
FRDT 05b	Campagnol			
FRDT 06a	Gruissan			
FRDT 08	Vendres			
FRDT 09	Bagnas			
FRDT 10	Thau			
FRDT 11c	Palavasiens-Ouest			
FRDT 11b	Palavasiens-Est			
FRDT 11a	Or			
FRDT 12	Ponant			
FRDT 13e	Marette			
FRDT 13c	Médard			
FRDT14a	Vaccarès			
FRDT 15a	Berre			
FRET 01	Biguglia			
FRET 02	Diana			
FRET 03	Urbino			
FRET 04	Palo			

Les diagnostics établis selon les grilles DCE pour les lagunes poly-euhalines méditerranéennes, permettent de qualifier deux tiers des 18 masses d'eau suivies en « bon état » (5 masses d'eau en bon état et 7 masses d'eau en très bon état) pour le compartiment « phytoplancton » sur les périodes estivales de 2009 à 2014. Canet, Or, les Palavasiens-Est et Médard affichent un mauvais état du phytoplancton. Ponant et Vaccarès affichent quant à eux un état médiocre. Les paramètres physico-chimiques « de soutien » mesurés dans la colonne d'eau pour les 18 masses d'eau poly-euhalines sur la période 2009-2014 sont plus déclassants, avec seulement 8 masses d'eau au-dessus du seuil du bon état.

Le développement d'outils visant à qualifier les tendances d'évolution de l'état des masses d'eau lagunaires pour les paramètres physico-chimiques et le phytoplancton, est une piste à poursuivre, sur la base des résultats du traitement des données RSL de 2001 à 2012 (Derolez *et al.*, 2013).

Les états du phytoplancton et des paramètres physico-chimiques des quatre masses d'eau oligo-mésohalines (Campagnol, Vendres, Bagnas et Marette), interprétés à titre indicatif au regard des grilles de diagnostic DCE en vigueur pour les lagunes poly-euhalines, conduisent à qualifier ces lagunes en état médiocre à mauvais. Les évolutions à venir des outils de diagnostic des lagunes oligo-mésohalines permettront de mieux situer la qualité de ces masses d'eau par rapport à l'objectif de bon état DCE. Une étude en cours doit aboutir fin 2015 avec l'élaboration d'indicateurs et de grilles de diagnostic pour la colonne d'eau et le phytoplancton adaptés à ce type de masses d'eau lagunaires (étude Onema/Ifremer/Tour du Valat/UM).

L'état du compartiment « macrophytes », évalué sur trois masses d'eau en 2014 au regard des critères DCE permet de mettre en évidence une tendance à l'amélioration sur les Palavasiens-Ouest et Thau par rapport au diagnostic précédent. Les deux masses d'eau affichent encore un état moyen

du compartiment macrophytes en 2014, mais le bon état sur Thau est quasiment atteint. En revanche, l'état des macrophytes sur Ponant est qualifié de médiocre au regard des grilles DCE et les suivis ne permettent pas de mettre en évidence d'amélioration depuis le diagnostic de 2010.

Des développements doivent être effectués afin de pouvoir évaluer les incertitudes autour de l'indicateur de l'état du compartiment macrophytes pour les lagunes poly-euhalines (intervalles de confiance à 95%). Par ailleurs, les travaux en cours de la thèse d'Ines Le Fur (AERMC/Ifremer) visent à permettre d'améliorer les connaissances de la physiologie de certaines espèces qualifiées « de référence » et qui peuvent cependant proliférer au niveau de certaines stations.

La troisième campagne d'évaluation de l'état DCE des masses d'eau de transition méditerranéenne menée d'avril à août 2015 permettra de mettre à jour les évaluations réalisées dans le cadre de ce rapport et de compléter les diagnostics pour l'état chimique et pour les compartiments « macrophytes » et « macrofaune benthique ».

## Bibliographie

- 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. 193 p.
- Andral B., Orsoni V. (2007). Directive Cadre Eau. Mise en œuvre du Contrôle de surveillance. Résultats de la campagne 2006. District Corse. 144 p.
- 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. RST/LER/LR 13-01. 279 p.
- Belin C., Lamoureux A., Soudant D. (2014). Evaluation de la qualité des eaux littorales de la France métropolitaine pour l'élément de qualité Phytoplancton dans le cadre de la DCE. Etat des lieux des règles d'évaluation, et résultats pour la période 2007-2012. Tome 1 - Etat des lieux, méthodes et synthèse des résultats. 159 p.
- 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. 39 p. <https://w3.ifremer.fr/archimer/doc/00173/28423/>
- Efron B., 1995. Le bootstrap et ses applications. C.I.S.I.A., Saint-Mandé, 217 p.
- Ifremer, 2010. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2009. Rapport RSL-10/2010, 320 p.
- Ifremer, 2011. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2010. Rapport RSL-11/2011, 275 p.
- Ifremer, 2012. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2011. Rapport RSL-12/2012, 277 p.
- Ifremer, 2013. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2012. Rapport RSL-13/2013, 266 p.
- Ifremer, 2014. Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon : Bilan des résultats 2013. Rapport RSL-14/2014, 219 p.
- Lauret M., Oheix J., Derolez V., Laugier T. (2011). Réseau de Suivi Lagunaire. Guide de reconnaissance et de suivi des macrophytes des lagunes du Languedoc-Roussillon. Ifremer, Cépralmar, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, Région Languedoc-Roussillon. 148 p.
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2013). Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) en vue de la mise à jour des états des lieux. 128 p.
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2015). Projet d'arrêté consolidé - 12 février 2015. Modifications à 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. 136 p.

Sanchez A.E., Grillas P. (2014). Mise au point d'un indicateur macrophytes DCE compatible pour les lagunes oligo et mésohalines. 80 p.

Sargian P., Andral B., Derolez V. *et al.* (2013a). Réseaux de surveillance DCE - Campagne 2012 – District « Rhône et côtières méditerranéens ». 132 p.

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





## Annexe 1. Formule du percentile 90 (P90) intervenant dans le calcul des indicateurs de l'état physico-chimique et du phytoplancton

Le calcul du P90 est effectué comme suit :

$$P_{90} = (1 - g) x_j + g x_{j+1}$$

avec

$P_{90}$  valeur de la métrique

$x_1, x_2, \dots, x_n$  valeurs ordonnées du paramètre

$n$  nombre de valeurs pour le paramètre

$j$  partie entière et  $g$  partie fractionnaire de  $np$  telles que  $np = j + g$   
où  $p = 0.9$

## Annexe 2. Formules de calcul des métriques et de l'indicateur macrophytes

### 1. Calcul par métrique

Avec RT : recouvrement végétal total (ratio de 0 à 1 → RT=0.5 correspond à un recouvrement total de 50%) ; RR : recouvrement relatif espèces de référence (ratio de 0 à 1) et RS : richesse spécifique (nombre d'espèces).

#### ❖ EQR composition (EQRc)

- Si  $RT < 0.05$  : EQRc non défini (noté « nd ») ;
- Si  $RT \geq 0.05$  et :
  - si  $RR \geq 0,5$  :  $EQRc = 0,8 RR + 0,2$
  - ou si  $0,05 \leq RR < 0,5$  :  $EQRc = 0,444 RR + 0,378$
  - ou si  $0 < RR < 0,05$  :  $EQRc = 0,4 RR + 0,2$
  - ou si  $RR = 0$  et  $RS \geq 3$  :  $EQRc = 0,2$
  - ou si  $RR = 0$  et  $RS < 3$  :  $EQRc = 0,1$

La valeur obtenue de l'EQRc est arrondie à la seconde décimale

#### ❖ EQR abondance (EQRa)

- Si  $0,25 \leq RT < 1$  :  $EQRa = 0,8 RT + 0,2$
- Si  $0,05 \leq RT < 0,25$  :  $EQRa = RT + 0,15$
- Si  $RT < 0,05$  :  $EQRa = 4 RT$

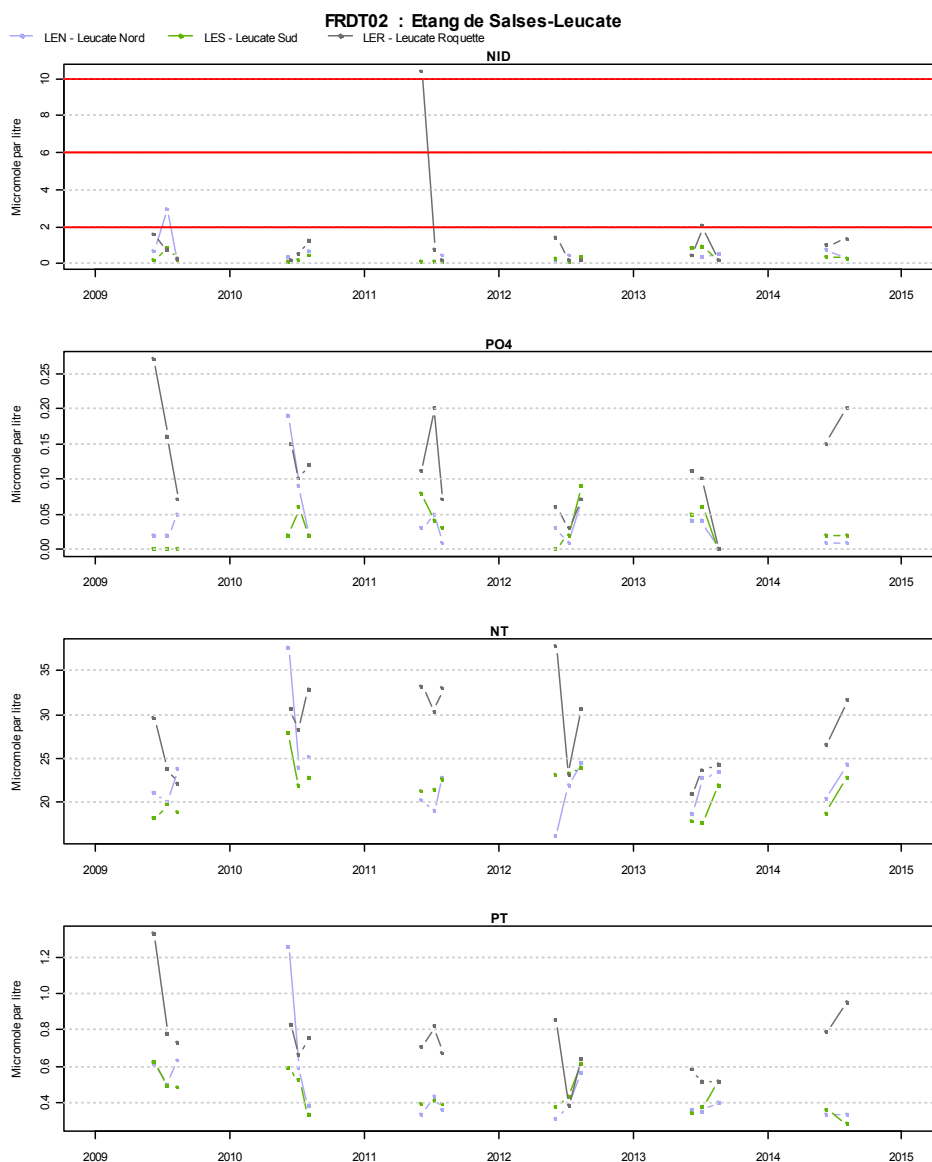
La valeur obtenue de l'EQRa est arrondie à la seconde décimale

### 2. Calcul de l'indicateur macrophytes ( $EQR_{MAC}$ )

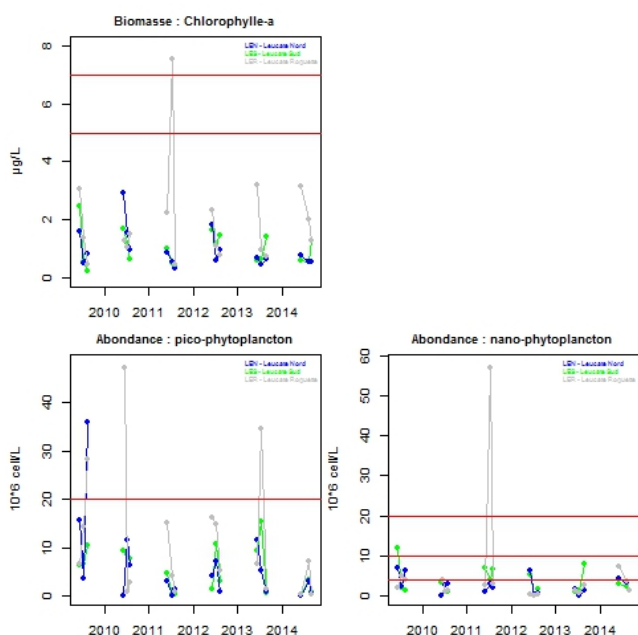
- Si  $EQRc = \text{« non défini »}$  :  $EQR_{MAC} = EQRa / 2$ 
  - sinon, si  $EQRa \geq 0,6$  :  $EQR_{MAC} = EQRc$ 
    - sinon :
    - si  $(0,6 - EQRa)^2 \geq EQRa$  :  $EQR_{MAC} = 0,05$ 
      - sinon  $EQR_{MAC} = EQRc - (0,6 - EQRa)^2$

La valeur obtenue de l' $EQR_{MAC}$  est arrondie à la seconde décimale.

### Annexe 3. Résultats des suivis « colonne d'eau » et « phytoplancton » pour les stations hydrologiques complémentaires (*en italique>*)

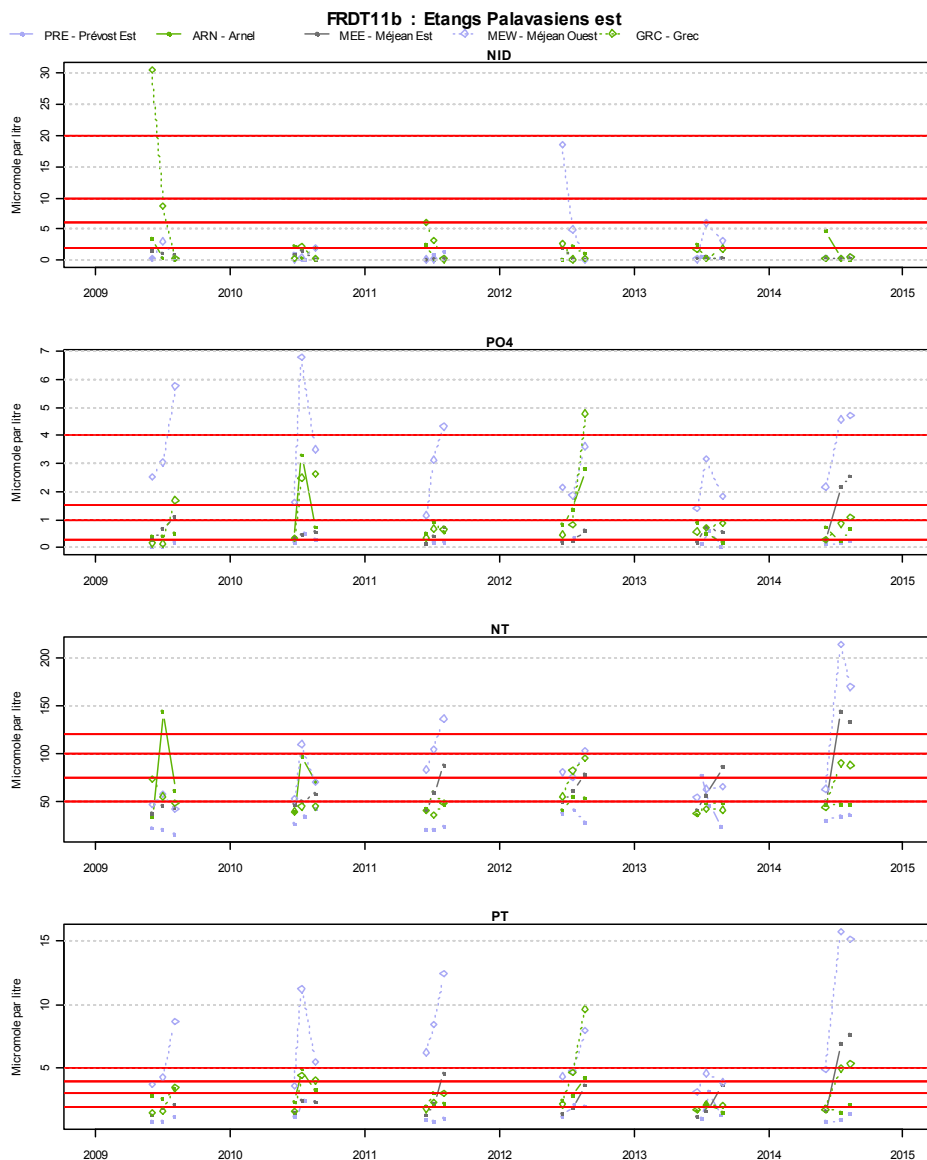


**Figure du haut.** Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Leucate (stations LEN, LES et *LER*).

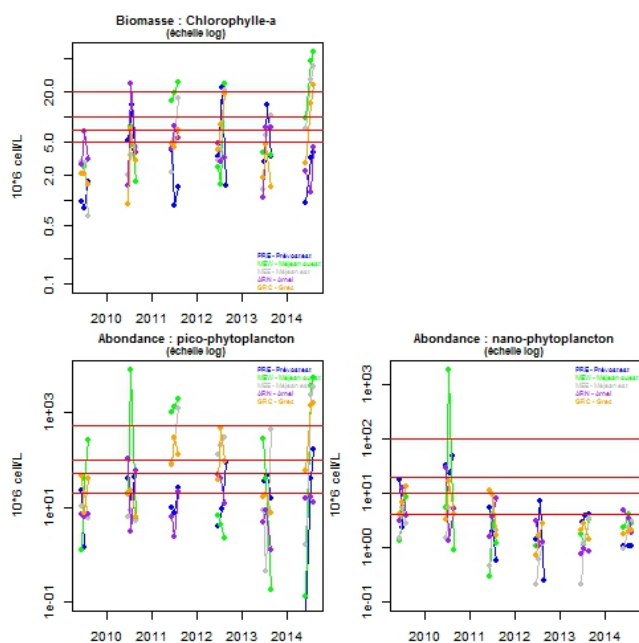


**Figure de gauche.** Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 Leucate (stations LEN, LES et *LER*).

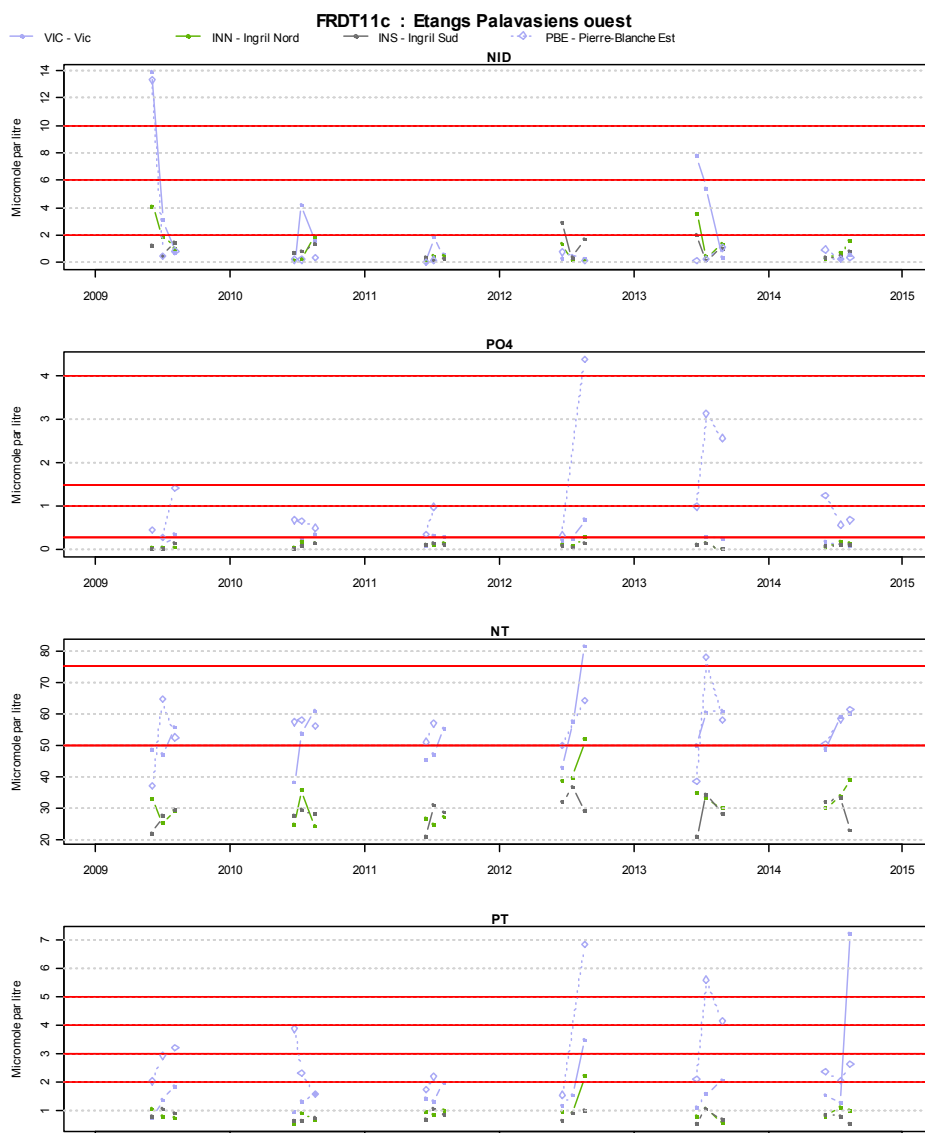




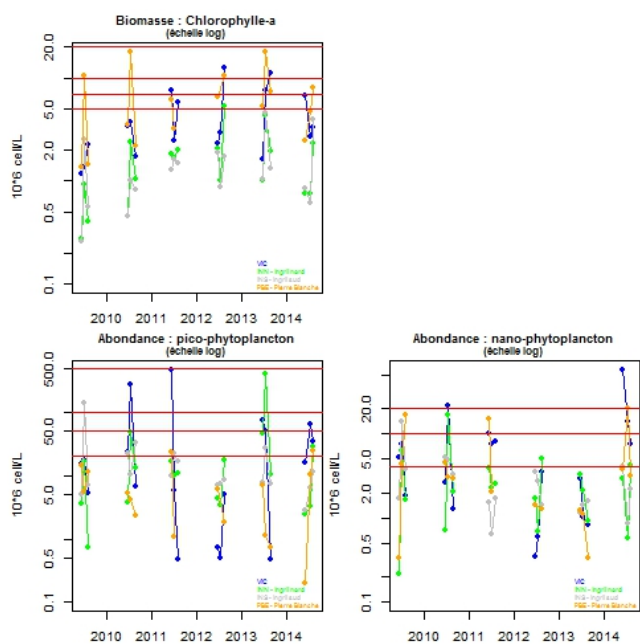
**Figure du haut.** Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux Palavasiens Est (stations PRE, MEW, ARN, MEE et GRC).



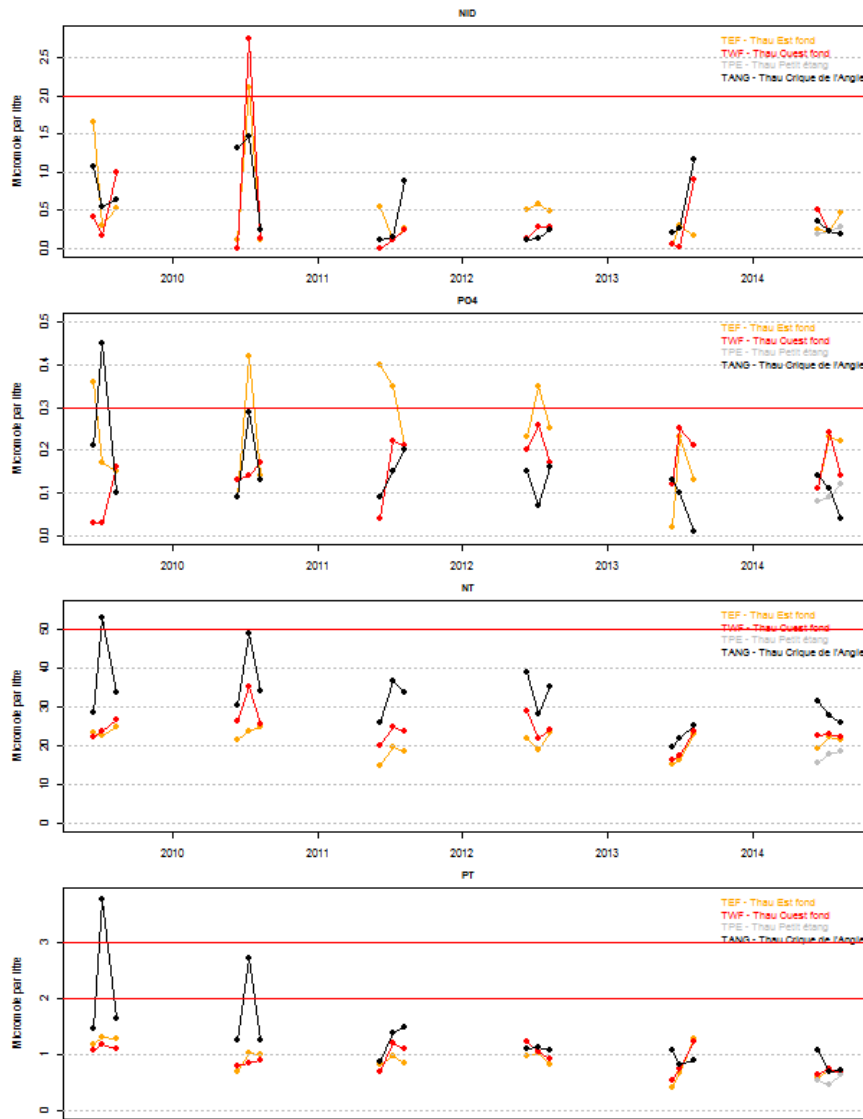
**Figure de gauche.** Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux Palavasiens Est (stations PRE, MEW, ARN, MEE et GRC) (échelle log).



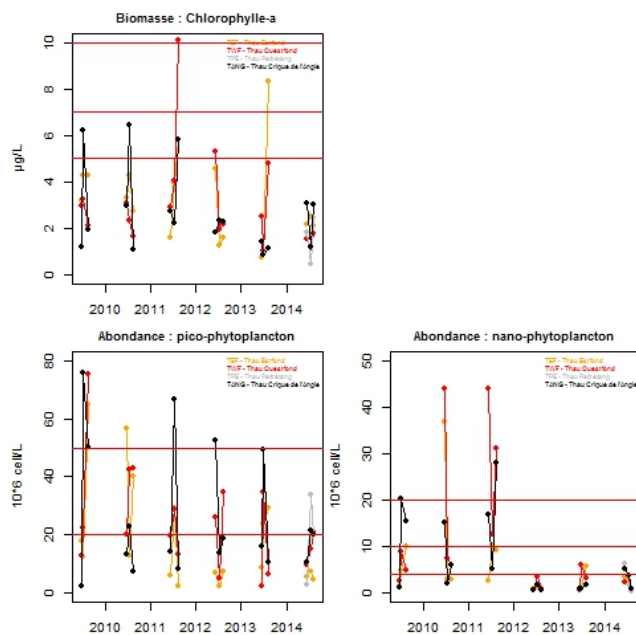
**Figure du haut.** Concentrations en NID,  $PO_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 aux Palavasiens Ouest (stations VIC, INN, *INS et PRE*).



**Figure de gauche.** Concentration de chlorophylle-a ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 aux Palavasiens Ouest (stations VIC, INN, *INS et PRE*) (échelle log).

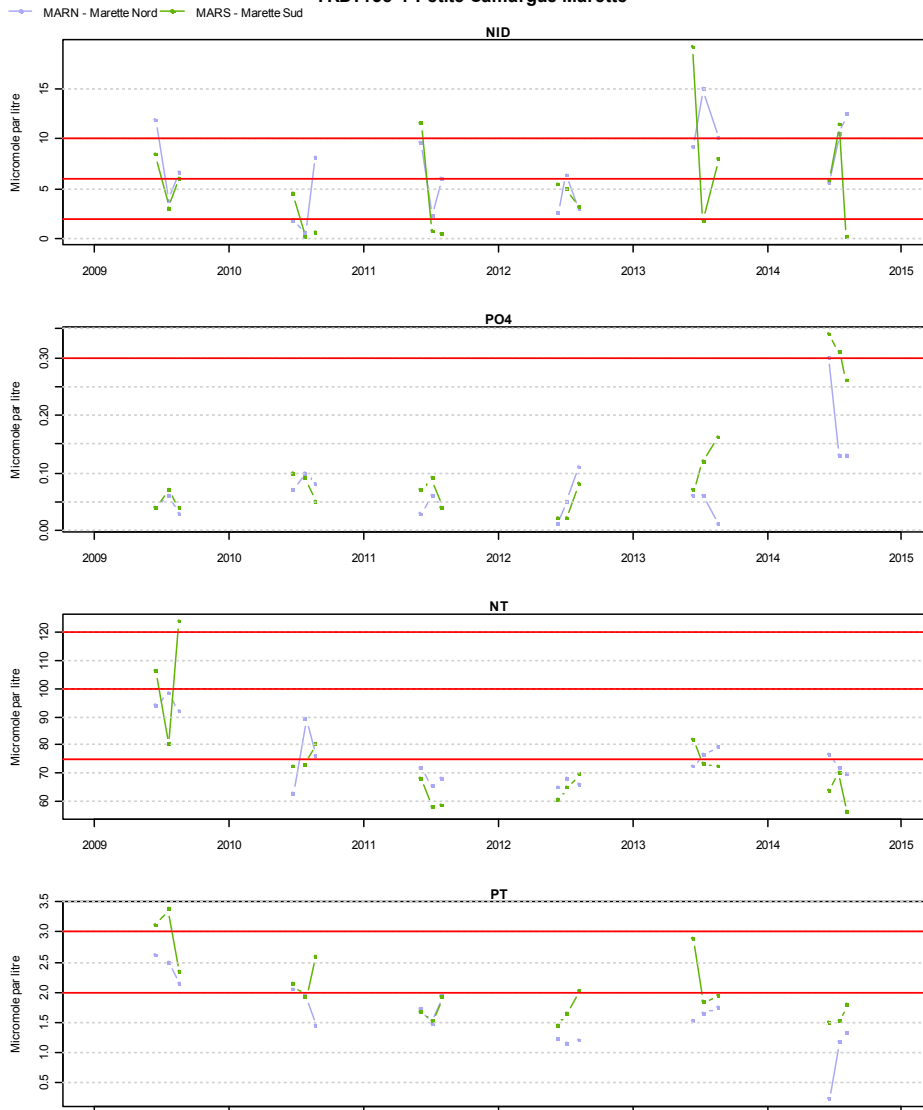


**Figure du haut.** Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmol/L) des étés 2009 à 2014 à Thau (stations *TWF*, *TEF*, *TANG* et *TPE*).

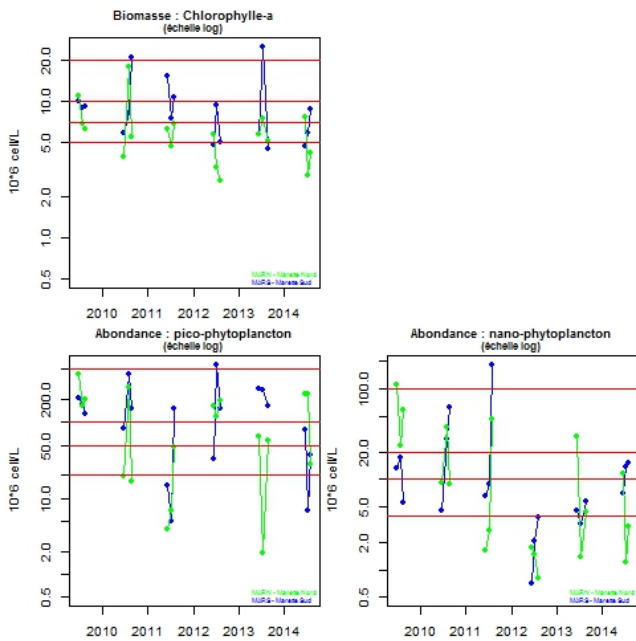


**Figure de gauche.** Concentration de chlorophyllé-a (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Thau (stations *TWF*, *TEF*, *TANG* et *TPE*).

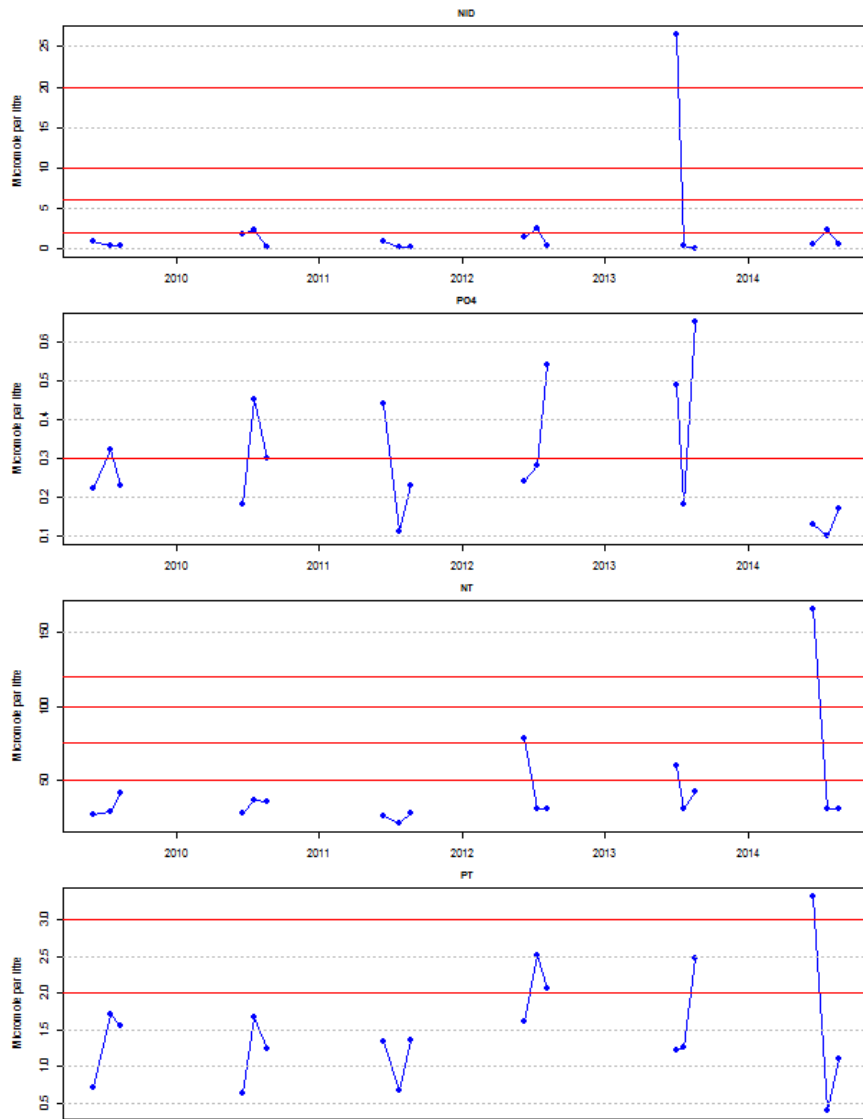
FRDT13e : Petite Camargue Marettte



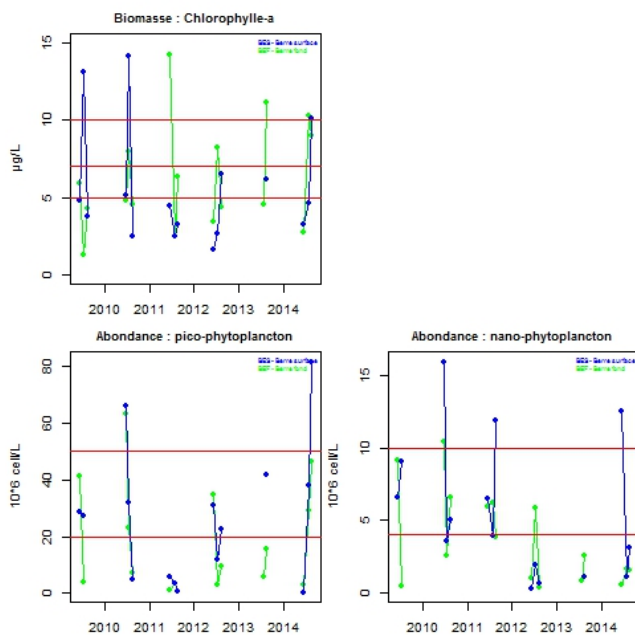
**Figure du haut.** Concentrations en NID, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NT et PT (en µmol/L) des étés 2009 à 2014 à Marettte (stations MARS et *MARN*).



**Figure de gauche.** Concentration de chlorophyll-*a* (µg/L), abondances de pico-phytoplankton et de nano-phytoplankton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 à Marettte (stations MARS et *MARN*) (échelle log).



**Figure du haut.** Concentrations en NID,  $\text{PO}_4^{3-}$ , NT et PT (en  $\mu\text{mol/L}$ ) des étés 2009 à 2014 à Berre (station *BEF*).



**Figure de gauche.** Concentration de chlorophylle-*a* ( $\mu\text{g/L}$ ), abondances de pico-phytoplancton et de nano-phytoplancton (million de cellules/L) des étés 2009 à 2014 Berre (stations BES et *BEF*).

