

Résultats du suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France au titre de l'année 2018

Rapport de synthèse



Rapport V2 / Septembre 2019

Référence dossier : 1406_03 R5

Note : Pour une communication éco-responsable : ce rapport est imprimé en recto verso sur du papier recyclé ou issu de la gestion de forêts durables, avec une imprimante respectueuse de l'environnement. La mise en page est conçue pour limiter le nombre de pages et la consommation d'encre. www.ademe.fr/eco-conception



Septembre 19

Étude pour le compte de :



**Office de l'Eau Martinique, 7 Avenue Condorcet BP 32,
97201 Fort-de-France
Tel : 05-96-48-47-20, Fax : 05-96-63-23-67
Email : contact@eamartinique.fr
Contact : Melissa Bocaly**

Assistance à Maîtrise d'ouvrage :



**Ifremer, 79 route de pointe Fort
97231 Le Robert
Tel : 0596-61-19-51
Email : jean.pierre.allenou@ifremer.fr
Contact : Jean-Pierre Allenou**

Rapport à citer sous la forme :

Impact Mer 2019. Résultats du suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France au titre de l'année 2018. Rapport de synthèse. Rapport pour : ODE Martinique, 40 pp.

Rédaction :

Catherine Desrosiers

Coordination générale :

Catherine Desrosiers

Contrôle qualité :

Sandrine Fanfard

Terrain :

Catherine Desrosiers - Jérôme Letellier - Paul-Alexis
Cuzange – Sandrine Fanfard

Crédits photographiques :

Jérôme Letellier



Expertise, conseil & génie écologique,
Gestion & valorisation de la biodiversité

Sommaire

A. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	7
B. METHODOLOGIES.....	8
1 Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France.....	8
2 Bancarisation des données	9
C. RESULTATS.....	10
1 Résultats 2018	10
1.1 Données météorologiques et déroulement des campagnes.....	10
1.2 Mesures mensuelles par station, surface et fond.....	11
1.3 Valeurs de 2018 sur les radiales, surface et fond	19
2 Evolution temporelle et spatiale des paramètres	22
D. RESULTATS CLES ET RECOMMANDATIONS.....	29
1 Particularités des campagnes.....	29
2 Protocole et traitement des données.....	29
3 Résultats	30
E. FICHES STATIONS.....	32
F. BIBLIOGRAPHIE	40

Liste des figures

Figure 1 : Stations du suivi hydrologique en baie de Fort-de France (Rapport RNO. DDE, 2006).....	8
Figure 2 : Données météorologiques relevées aux stations sur le pourtour de la baie de Fort-de-France, pour l'année 2018 (source Météo France, BanqueHydro)	10
Figure 3 : Résultats mensuels des paramètres température et pH, toutes stations, année 2018.....	12
Figure 4 (suite) : Résultats mensuels des paramètres salinité et oxygène, toutes stations, année 2018	13
Figure 5 : Résultats mensuels des paramètres turbidité et MES, toutes stations, année 2018	15
Figure 6 : Résultats mensuels des paramètres chlorophylle <i>a</i> et orthophosphates, toutes stations, année 2018.....	17
Figure 7 : Résultats mensuels des paramètres ammonium et nitrites + nitrates, toutes stations, année 2018.....	18
Figure 8 : Boxplots des mesures annuelles de chaque paramètre pour les stations du réseau de suivi de la Baie de Fort-de-France, en surface et au fond, présentés selon la position fond de baie-sortie de baie ($n=12$).....	20
Figure 9 (suite) : Boxplots des mesures annuelles de chaque paramètre pour les stations du réseau de suivi de la Baie de Fort-de-France, en surface et au fond, présentés selon la position fond de baie-sortie de baie ($n=12$)	21
Figure 10 : Boxplots des valeurs interannuelles de surface des paramètres température, salinité et pH, toutes stations confondues	23
Figure 11 : Boxplots des valeurs interannuelles de surface des paramètres turbidité, MES et chlorophylle <i>a</i> , toutes stations confondues	24
Figure 12 (suite): Boxplots des valeurs interannuelles de fond de chaque nutriment, toutes stations confondues.....	25
Figure 13 : Boxplots des valeurs inter-stations de surface des paramètres température, salinité, MES et chlorophylle <i>a</i> , toutes années confondues	27
Figure 14 (suite): Boxplots des valeurs inter-stations de fond de chaque nutriment, toutes années confondues.....	28

Liste des tableaux

Tableau 1 : stations de suivi hydrologique (coordonnées CCTP).....	8
Tableau 2 : Liste des paramètres à analyser sur la matrice eau de mer pour le suivi hydrologique et détails méthodologiques.....	9
Tableau 3 : Déroulement des campagnes RNO effectuées en 2018.....	11

Abréviations

CCTP	Cahier des Clauses Techniques Particulières
DDE	Direction Départementale de l'Équipement
FNU	Formazin Nephelometric Unit
LQ	Limite de quantification
LTA	Laboratoire Territorial d'Analyse
MATE	Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement
MEDD	Ministère de l'écologie et du développement durable
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
MELT	Ministère de l'égalité des territoires et du logement
MES	Matières en suspension
RNO	Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin

Résumé

Le réseau

Ce suivi est réalisé sur les stations et dans la prolongation du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) mis en œuvre à partir de 2001.

En 2018, le suivi comprend les paramètres température, salinité, pH, oxygène dissous, matières en suspension (MES), turbidité, chlorophylle a (Chl a) et nutriments (NO₃, NO₂, NH₄ et PO₄).

Les prélèvements sont réalisés mensuellement en sub-surface et à 1 mètre au dessus du fond, sur sept stations disposées le long de deux radiales (Figure 1).



Figure 1. Le suivi hydrologique en Baie de Fort-de-France

Bilan 2018

L'analyse des données mensuelles par station et par paramètre met en avant la saisonnalité des paramètres température et salinité. Cette analyse permet également de détecter des valeurs aberrantes : la turbidité en septembre et février (ATT) et les orthophosphates entre janvier et mai (mais fiabilité des résultats nutriments remise en cause). On note également l'absence de corrélation entre les matières en suspension et la turbidité.

L'analyse des mesures annuelles le long des deux radiales confirme les résultats des années précédentes, avec un gradient bien marqué pour le paramètre chlorophylle a, dont la concentration décroît du fond de baie vers la sortie de baie. La turbidité mesurée en surface

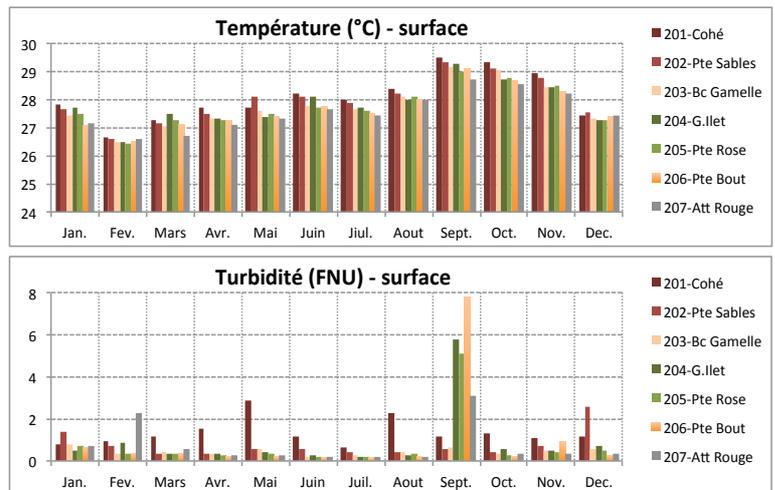
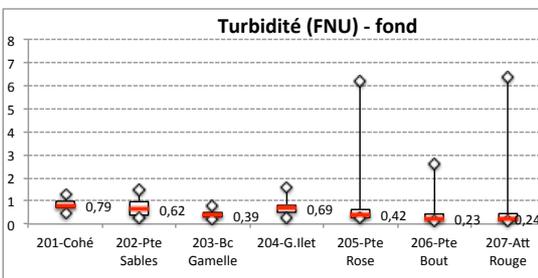


Figure 2. Ex. de résultats mensuels, température et turbidité en surface



et au fond décroît également sur les deux radiales. Un gradient décroissant moins marqué est observé pour les valeurs de surface de la température, de l'ammonium et des nitrates+nitrites. Ces gradients traduisent les apports des bassins versants (principalement Rivière Lézarde) en terme de nutriments et de matériel terrigène.

Figure 3. Exemple d'évolution sur les deux radiales pour l'année 2018 – Turbidité

Analyse des données historiques 2001-2018

L'analyse temporelle montre que pour les deux paramètres qui traduisent le mieux les apports dans la baie, soit la chlorophylle a et la turbidité, il n'apparaît pas de tendance à la baisse au fil des ans. L'ammonium (résultats quantitatifs douteux) montre une légère augmentation entre 2012 et 2017. L'évolution est cyclique pour la température et la salinité. L'analyse du gradient spatial montre des valeurs en diminution du fond de baie vers le large sur un seul ou les deux gradients pour la chlorophylle a, la température, la turbidité, l'ammonium, et les matières en suspension.

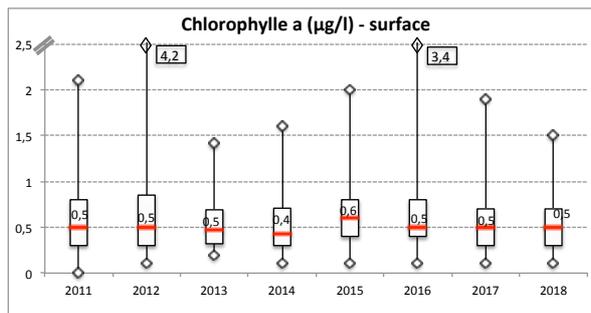


Figure 4. Comparaisons inter-annuelles des valeurs Chl a surface, toutes stations confondues

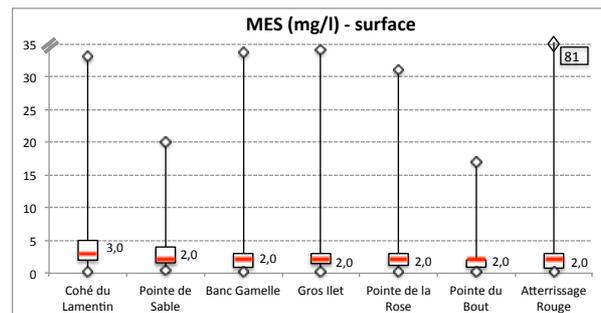


Figure 5. Comparaisons inter-stations des valeurs de matières en suspension de surface, toutes années confondues

Préambule

Au titre du marché N° M008-14 Lot 2 RNO-REPOM, ce document constitue le rendu final attendu pour l'année 2018. Les fiches stations sont incluses dans le rapport.

Les données brutes collectées sont bancarisées dans un fichier Quadrilabo et intégrées dans Quadrige 2 par Impact Mer.

La totalité des documents et fichiers est livrée sur support numérique.

A. Contexte et objectifs de l'étude

Le suivi hydrologique de la Baie de Fort-de-France a pris le relai du **Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO)** qui a été mis en œuvre de 2001 à 2007. Le RNO avait pour objectif l'évaluation des niveaux et tendances des contaminants chimiques et des paramètres généraux de la qualité du milieu. Le volet destiné au suivi des polluants dans la matière vivante a été remplacé en 2008 par le ROCCH (Réseau d'Observation de la Contamination CHimique du littoral). Le suivi hydrologique ne concerne donc que le suivi des paramètres généraux dans l'eau.

Le présent rapport comprend pour l'année 2018 :

- les résultats du suivi hydrologique des stations dans la baie de Fort-de-France,
- l'interprétation et la valorisation des données acquises en 2018 et une analyse des données historiques,
- les fiches stations

B. Méthodologies

1 Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France

Le suivi est réalisé à une fréquence mensuelle. Il concerne 7 stations (Tableau 1) de la baie de Fort-de-France, situées sur deux radiales convergentes : la radiale nord, sous l'influence de la rivière Lézarde et la radiale sud, qui concerne la baie de Génipa, sous influence de la rivière les Coulisses (rivière Salée) (Figure 1).

Tableau 1 : stations de suivi hydrologique (coordonnées CCTP)

Stations RNO	Code	Coordonnées UTM20N / WGS84		Remarque
		X	Y	
Atterrissage Rouge	207	0706509	1612165	Bouée chenal Rouge - 1
Pointe du Bout	206	0709933	1611451	Bouée chenal Rouge - PBB
Pointe de la Rose	205	0711835	1610645	Bouée cardinale sud - CV
Gros Ilet	204	0713986	1609870	Bouée cardinale sud
Banc Gamelle	203	0711118	1612426	Bouée chenal Verte – 4L
Pointe des Sables	202	0712191	1614088	Bouée chenal Rouge – 5L
Cohé du Lamentin	201	0712402	1614956	Bouée chenal Rouge – 9L

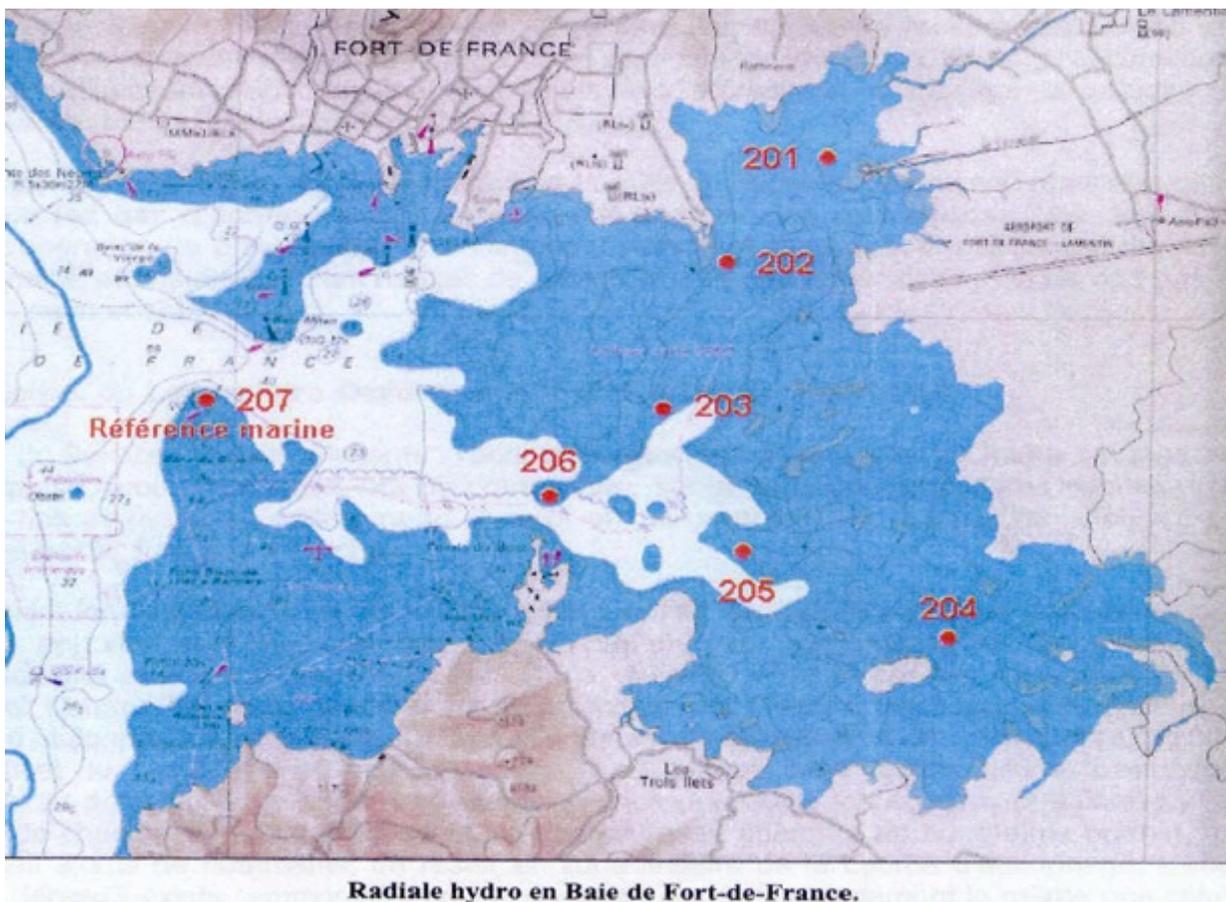


Figure 1 : Stations du suivi hydrologique en baie de Fort-de France (Rapport RNO. DDE, 2006).

Nota bene : 201= Cohé du Lamentin, 202= Pointe des sables, 203= Banc Gamelle, 204= Gros Ilet, 205= Pointe de la Rose, 206= Pointe du Bout, 207=Atterrissage rouge.

L'ensemble des prélèvements est réalisé le matin et les stations sont systématiquement échantillonnées **dans le même ordre, au cours d'une même journée, à des heures comparables**, entre les différentes campagnes.

Les prélèvements sont réalisés à l'aide d'une bouteille NISKIN (Free Flow HYDRO-BIOS, 2,5 ou 5 l), en subsurface et en profondeur, à environ 1 m au dessus du fond.

Les paramètres physicochimiques analysés pour ce réseau de suivi sont : la température, la salinité, le pH, l'oxygène dissous, les matières en suspension (MES), la turbidité, la chlorophylle a (Chl a) et les nutriments (NO₃, NO₂, NH₄ et PO₄) (Tableau 2).

Remarque : le paramètre turbidité a été rajouté en avril 2015.

Tableau 2 : Liste des paramètres à analyser sur la matrice eau de mer pour le suivi hydrologique et détails méthodologiques.

Paramètre	Lieu d'analyse	Méthode d'analyse	Limite de quantification	Précision
Température (°C)	Mesures <i>in situ</i>	Sonde multiparamètres YSI (6600 V2-4-M)	-5 à +105 °C	± 0,2
Salinité			0 à 70 psu	± 0,2
pH			-2 à +20	± 0,004
Oxygène dissous			0 à 20 mg/l 0 à 200%	± 0,5% de la valeur mesurée
Matières en suspension (mg l ⁻¹)	Analyses en laboratoire (LTA 972) ¹	NF EN 872	2 mg l ⁻¹	
Turbidité (FNU)		NF EN ISO 7027		
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)		Méthode Aminot 2004	0,10 µg l ⁻¹	
Nitrates (µmol l ⁻¹)			0,05 µmol l ⁻¹	0,02
Nitrites (µmol l ⁻¹)		Méthode Aminot +	0,03 µmol l ⁻¹	0,01
Ammonium (µmol l ⁻¹)		Spectro UV-Vis	0,1 µmol l ⁻¹	0,05
Phosphates (µmol l ⁻¹)			0,05 µmol l ⁻¹	0,02

La **température**, la **salinité**, le **pH** et l'**oxygène dissous** sont mesurés simultanément, à l'aide d'une sonde multiparamètre (YSI 6600). Des profils sont réalisés sur toute la colonne d'eau.

Les autres paramètres sont analysés par le LTA 972¹. Les méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyse sont conformes aux préconisations de l'Ifremer (Aminot et Kérouel, 2004) et aux normes en vigueur (NF EN ISO 5667, FD T90 523-1, notamment) (Tableau 2).

L'eau de mer est prélevée en sub-surface (0-1 m) et en profondeur grâce à une bouteille NISKIN (bouteille Free Flow HYDRO-BIOS). Elle est ensuite échantillonnée dans les flacons destinés aux différentes analyses. Les manipulations sont réalisées par un opérateur muni de gants à usage unique.

Une fois remplis, les flacons sont immédiatement placés debout, à l'obscurité et au frais jusqu'à leur livraison au laboratoire d'analyse. Les flacons destinés à l'analyse des nutriments sont placés dans des sachets étanches afin de limiter le contact avec l'eau de fonte des glaçons.

Lors du traitement des données, les mesures inférieures aux seuils de quantification du laboratoire sont considérées comme étant égales à la valeur des seuils de quantification considérés (traitement RNO également adopté pour la DCE).

2 Bancarisation des données

Les données brutes sont saisies dans un fichier Quadrilabo puis intégrées dans Quadrige².

¹ Le LTA Martinique a été retenu par le maître d'ouvrage les années précédentes, ainsi que pour la DCE

C. Résultats

1 Résultats 2018

1.1 Données météorologiques et déroulement des campagnes

Les données météorologiques pour l'année 2018 sont présentées dans la Figure 2. Les données vent, température et pluviométrie correspondent aux stations situées sur le pourtour de la baie de Fort-de-France, et les mesures de débits concernent l'aval des rivières Lézarde et les Coulisses (Riv. Salée). Le bassin versant de la Rivière Lézarde est le plus étendu de Martinique, il s'étend du Piton de l'Alma et draine la plaine du Lamentin pour se déverser dans la baie de Fort-de-France, entre les stations de suivi Cohé du Lamentin et Pointe des Sables. Le bassin versant de la Rivière Salée, plus restreint, couvre une partie des mornes du sud et la plaine de Rivière Salée et se déverse non loin de la station Gros Ilet.

Les mois les plus secs s'étalent de janvier à mars (Figure 2). Les mois aux plus fortes précipitations sont avril, octobre et novembre (moyenne des précipitations à St-Joseph et à Genipa). Les débits mensuels enregistrés pour la rivière Lézarde sont plus faibles en mars, juillet, septembre et décembre, et plus forts en janvier, mai et novembre. Pour la rivière Les Coulisses, les débits mensuels sont beaucoup plus faibles que ceux de la rivière Lézarde et les valeurs maximales sont mesurées en juin, octobre et novembre. Le vent moyen dépasse 35 km/h en février, puis se stabilise autour de 30 km/h jusqu'en juillet. Il faiblit ensuite jusqu'en octobre. La température moyenne de l'air est autour de 26°C entre janvier et mars et autour de 28°C entre juin et novembre.

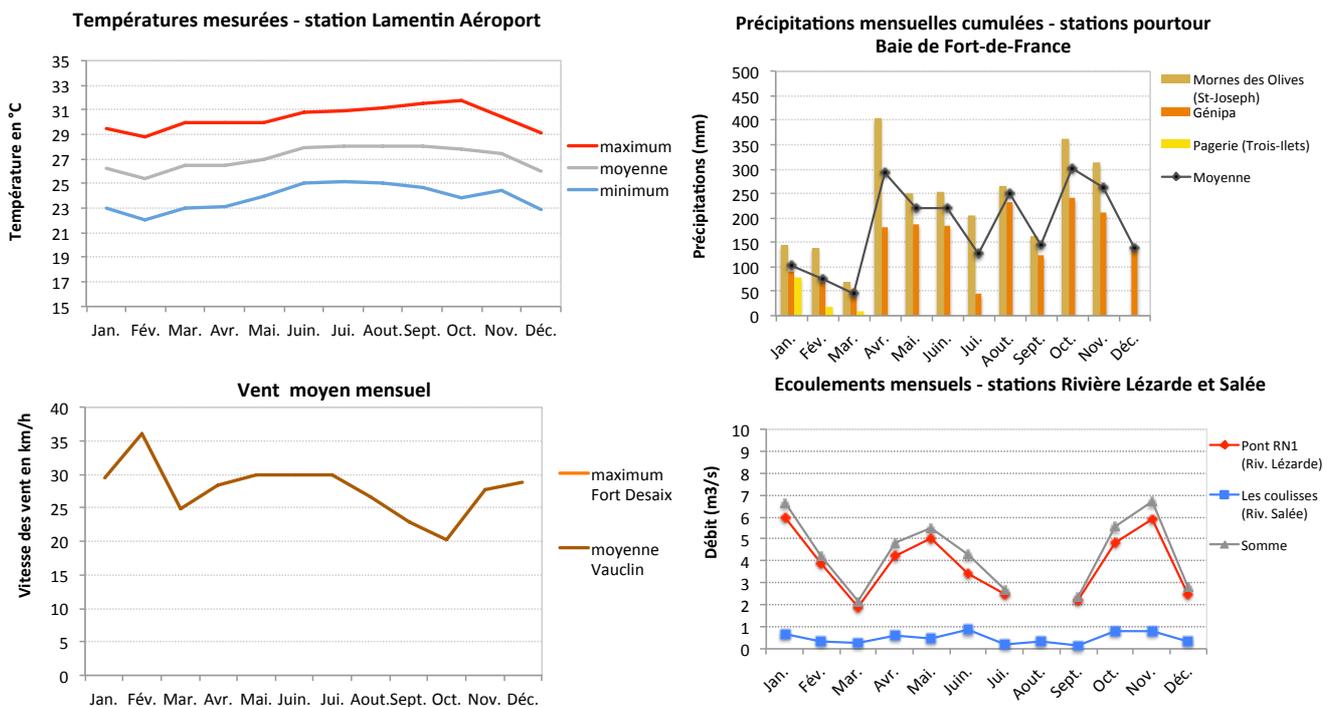


Figure 2 : Données météorologiques relevées aux stations sur le pourtour de la baie de Fort-de-France, pour l'année 2018 (source Météo France, BanqueHydro) .

Les campagnes de terrain se sont déroulées dans des conditions conformes au protocole établi.

Concernant les conditions météorologiques, deux campagnes ont eu lieu après un épisode pluvieux : mai et décembre. Au mois de mai, le panache d'eau turbide provenant de la Rivière Lézarde s'étalait jusqu'à Pointe des Sables, tandis qu'à Gros Ilet la présence de feuilles en surface traduit des apports d'eau au niveau de la mangrove à proximité (Tableau 3). En décembre aucun panache n'a été observé. En effet, le graphique des écoulements mensuels montre un pic de novembre, qui a dû se produire plutôt vers la fin du mois de novembre quelques jours avant la campagne.

En mars, une longue houle d'ouest est venue perturber la côte sud de la baie, le jour de la campagne et les jours précédents. En conséquence, l'eau était turbide en surface à Cohé du Lamentin.
En octobre, la présence d'un vent de sud a entraîné la formation d'un contre-courant vers le fond de la baie.

Tableau 3 : Déroulement des campagnes RNO effectuées en 2018

N° campagne	Date	Heure début	Heure fin	Observations météo et commentaire
01-18	01/01/18	7h30	11h44	Temps calme et ensoleillé, vent de NE. A Pointe du Bout, eau verte-marron
02-18	06/02/18	7h41	11h50	Vent fort, passage de grains
03-18	06/03/18	7h35	10h47	Vent modéré, longue houle d'ouest ressentie sur côté sud de la baie. A Cohé du Lamentin, eau légèrement turbide en surface
04-18	03/04/18	7h14	11h29	Vent modéré et temps couvert
05-18	03/05/18	8h22	12h10	Vent modéré à fort et temps couvert. Gros Ilet : masse beige + feuilles en surface (trainées) ; Pointe des sables : important panache de la Rivière Lézarde , prélèvement de surface hors panache, mais mesure sonde dans panache; Cohé du Lamentin : Panache Riv. Lézarde marron très turbide (visi max 20cm)
06-18	05/06/18	7h15	10h50	Vent modéré, passages de grains. Eau claire. A Cohé du Lamentin : feuilles de palétuvier et courant de surface
07-18	03/07/18	7h51	12h23	Vent modéré à fort
08-18	07/08/18	7h31	11h28	Vent modéré et temps ensoleillé
09-18	06/09/18	8h30	12h28	Vent modéré et temps faiblement ensoleillé
10-18	02/10/18	7h15	10h45	Temps calme et sec, vent d'Est puis Sud/Sud Ouest en milieu de matinée. Gros Ilet : qqs feuilles en surface ; Banc Gamelle : contre courant vers fond de baie
11-18	06/11/18	7h11	11h12	Vent de Nord Est modéré, fort ensoleillement avec passage de grains
12-18	04/12/18	7h05	11h10	Vent faible à modéré avec passage de grains. Pluies importantes dans les dernières 72h

1.2 Mesures mensuelles par station, surface et fond

Les résultats des différents paramètres sont présentés pour chacune des stations du réseau de suivi dans les figures ci-après, pour la surface et le fond. Les commentaires sont donnés par paramètre. Pour analyser la présence d'éventuels résultats douteux ou faux, les valeurs sont comparées au minimum et maximum de la boîte à moustache établie par mois à partir des données des masses d'eau côtières de la DCE (dont Banc Gamelle) entre 2007 et 2017. Les boîtes à moustaches correspondent aux données de sub-surface, sauf pour l'oxygène dissous pour lequel les données de fond sont utilisées. Pour l'oxygène dissous, la valeur minimale de 5 mg/l, seuil nécessaire pour la vie aquatique, est également retenue pour l'évaluation des données. Pour une interprétation plus rigoureuse, des boîtes à moustaches pourraient être redéfinies en incluant uniquement les données des masses d'eau de type 1-Baies de la DCE et en ajoutant les données du suivi de Baie de Fort-de-France (données qualifiées « Bonne » depuis 2001).

La **température** de l'eau diffère très peu entre le fond et la surface. Les valeurs les plus basses sont mesurées en février et mars, autour de 26,5°C, et augmente jusqu'à 28,5-29°C en septembre. Les températures les plus fortes sont mesurées au fond à Cohé du Lamentin, Banc Gamelle et Gros Ilet, en septembre. Les valeurs les plus basses sont mesurées au fond en mars à Pointe de la Rose, Pointe du Bout et Atterrissage Rouge. Les valeurs mesurées en 2018 sont cohérentes avec les boîtes à moustache.

Le **pH** est un paramètre globalement stable sur l'année, oscillant entre 7,9 et 8,2. Les valeurs les plus faibles en 2018 sont mesurées en mars au fond à Cohé du Lamentin et Pointe des Sables.

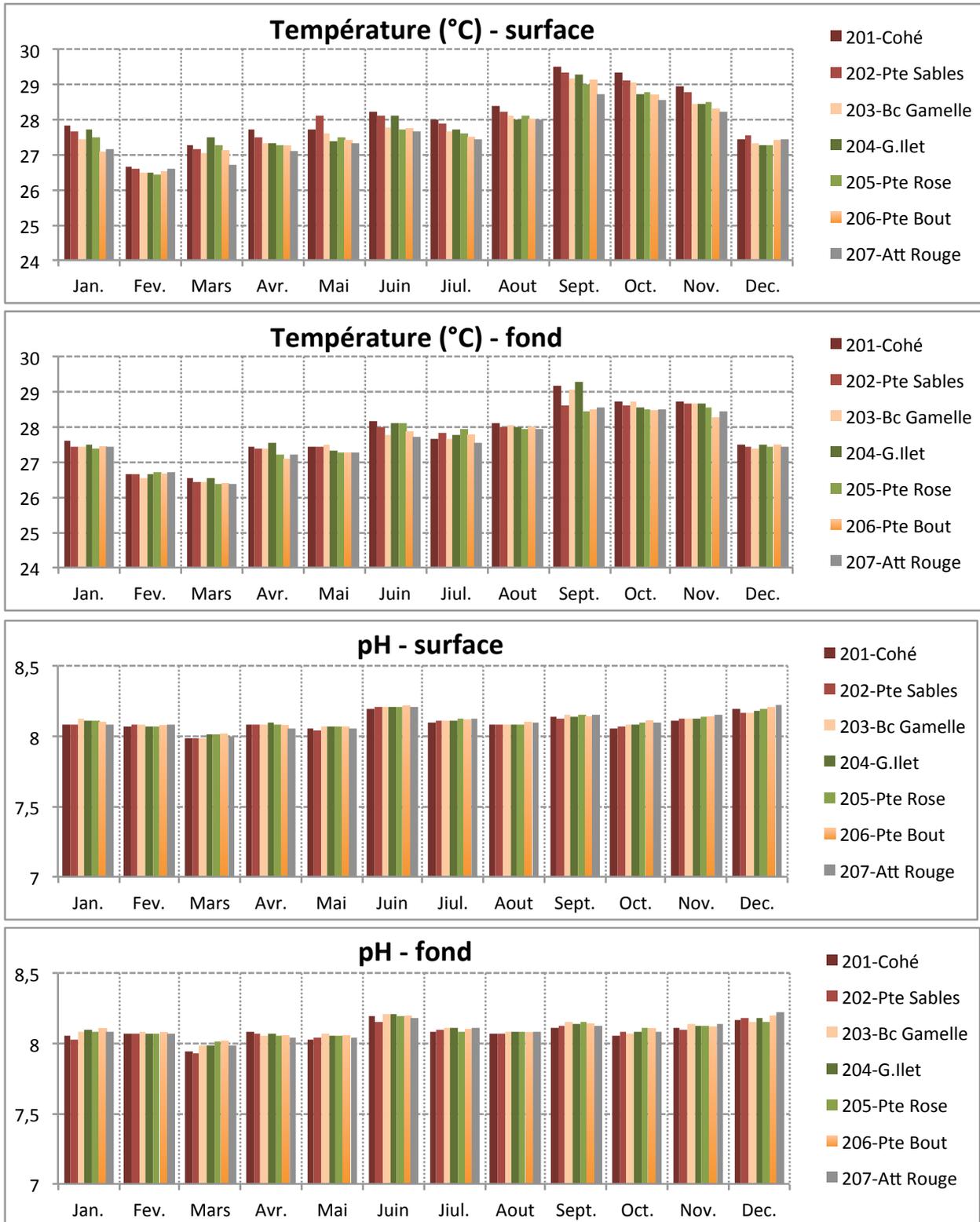


Figure 3 : Résultats mensuels des paramètres température et pH, toutes stations, année 2018

La **salinité** est maximale, proche ou supérieure à 36, entre janvier et mars. A ces mois, les valeurs sont légèrement supérieures au fond. Entre avril et décembre, la salinité est plus basse avec une importante variabilité inter-mensuelle, que se soit au fond ou en surface. En 2018, le phénomène de dessalure lié aux apports d'eau douce par les fleuves Amazone et Orénoque (Chérubin & Richardson 2007) est marqué en juin mais pas franc sur une période donnée, avec des oscillations de salinité entre avril et juillet et une période plus stable de faible salinité entre août et novembre. La plus faible salinité (31,5) est mesurée en sub-surface à Cohé du Lamentin en décembre, en lien avec les fortes précipitations les jours précédents le prélèvement. Le protocole prévoit une mesure de sub-surface (environ 1 mètre sous la surface) de façon à ce que la valeur soit

représentative de la masse d'eau. Ainsi seuls les apports importants, susceptibles d'influencer l'ensemble de la masse d'eau, sont pris en compte.

L'oxygène dissous mesuré en surface est similaire entre les sites et toujours supérieur ou égal à 6 mg/l. Les mesures de fond sont globalement plus faibles et plus contrastées entre les sites, avec trois valeurs proche de la normale fixée à 5 mg/l. Les plus faibles valeurs (5,06 mg/l) ont été mesurées à Pointe des Sables en janvier et en mars. En 2017, une faible valeur d'oxygène avait été mesurée au fond à la station Banc Gamelle. Ce phénomène d'hypoxie n'a pas été observé à nouveau en 2018.

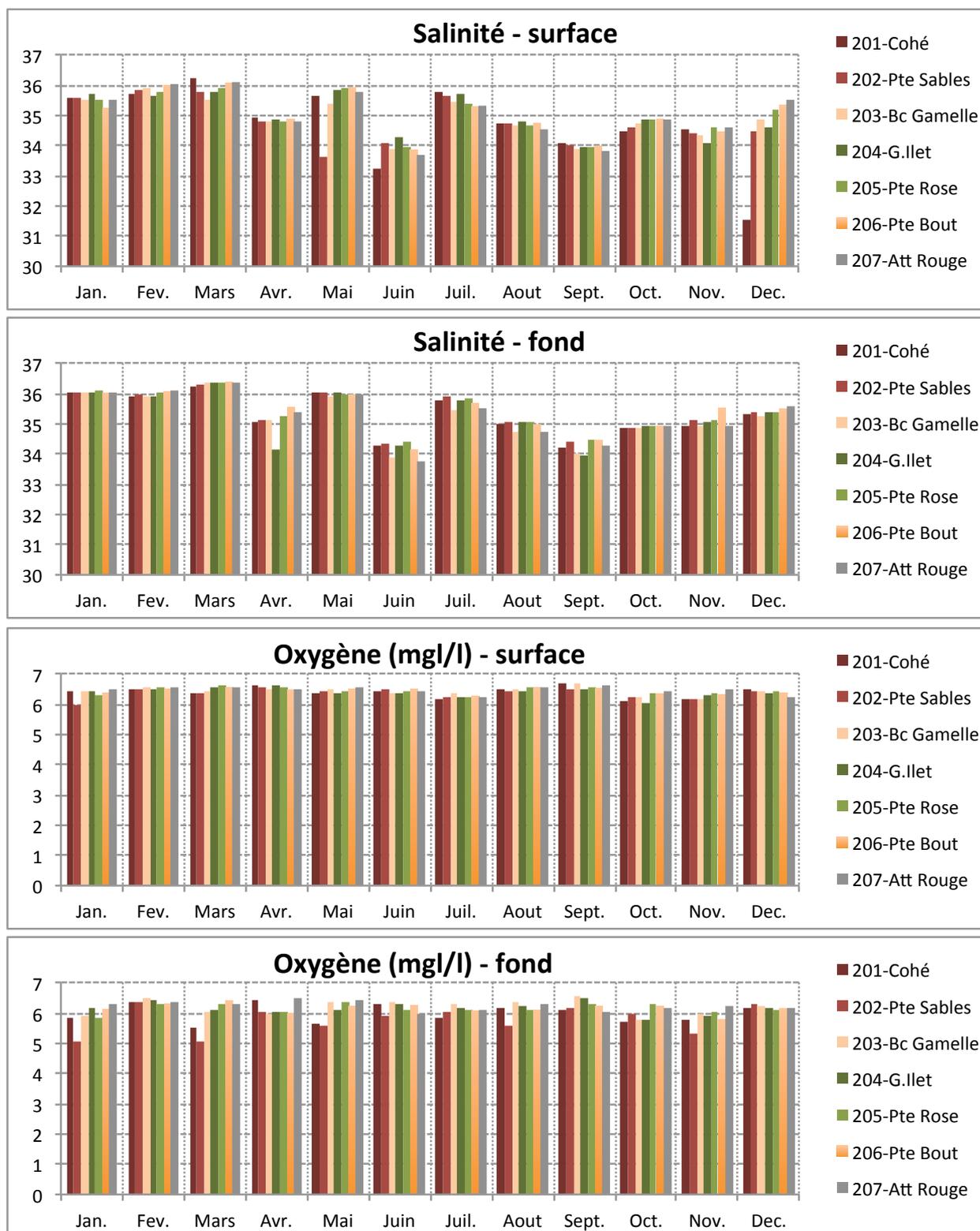


Figure 4 (suite) : Résultats mensuels des paramètres salinité et oxygène, toutes stations, année 2018

Rappels des définitions turbidité et matières en suspension (MES).

Turbidité : capacité optique d'absorption ou de diffusion de la lumière pouvant être modifiée par la présence de particules en suspension.

Matières en suspension : ensemble du matériel particulaire entraîné passivement dans l'eau (vivant ou détritique, minéral ou organique) et mesuré par pesée après filtration de l'échantillon.

La **turbidité** est très variable selon le site. Les plus fortes valeurs sont mesurées à Pointe du Bout, Atterrissage Rouge, Pointe de la Rose et Gros Ilet. En surface et au fond, le mois de septembre est celui pour lequel les plus fortes valeurs sont mesurées : le maximum à Pointe du Bout surface, Atterrissage rouge fond et Pointe de la Rose fond, respectivement à 7,8 FNU 6,4 FNU et 6,2 FNU. En septembre, il y a une cohérence entre le fond et la surface pour les sites aux fortes valeurs, sauf à Gros Ilet où la forte valeur ne concerne que la surface. En février, une turbidité élevée (autour de 5 FNU) est mesurée à Atterrissage Rouge au fond et se retrouve plus faiblement en surface.

L'ensemble de ces fortes valeurs sont supérieures à la valeur du 3^{ème} quartile des boîtes à moustaches de février et septembre pour les masses d'eau de type Baie. De plus, ces épisodes de forte turbidité ne semblent pas s'expliquer par les conditions météorologiques rencontrées le jour du prélèvement, qui peuvent être qualifiées de normales. Des données de courantologie dans la baie pourraient permettre d'interpréter ces fortes valeurs de turbidité. Ces turbidités concernent plus fortement les sites de sortie de baie. Une hypothèse aurait pu être un enrichissement planctonique venant des eaux du large. Dans le cadre du suivi de la Directive Cadre sur l'Eau, la biomasse en pigments phytoplanctoniques mesurée en septembre n'est pas particulièrement élevée (inférieure à celle de juin) au site Cap Salomon (situé à la pointe sud de la baie de Fort-de-France).

Concernant le paramètre **MES**, le premier constat est l'absence de corrélation systématique avec les mesures de turbidité. Le rapport MES/FNU semble en effet beaucoup trop élevé (facteur 7 en moyenne) par rapport à la littérature (Jafar-Sidik *et al.*, 2017) et aux quelques mesures réalisées en baie du Robert (facteur de 2,5) (Ifremer, comm.pers., 2018). Ce rapport élevé est révélateur d'un problème analytique et les commentaires apportés ci-dessous sont à prendre avec précautions.

En surface, les valeurs les plus élevées sont mesurées à Cohé (mai) et Banc Gabelle (janvier). La mesure du mois de mai correspond bien à la présence d'un panache d'eau turbide, également observé au niveau du site Pointe des Sables où il n'a cependant pas été détecté par le laboratoire. Au mois de janvier, aucune turbidité particulière n'a été observée sur le terrain à Banc Gabelle.

Au fond, la plus forte valeur est mesurée à Cohé en juillet. Cette mesure n'est rattachée à aucune observation particulière sur le terrain.

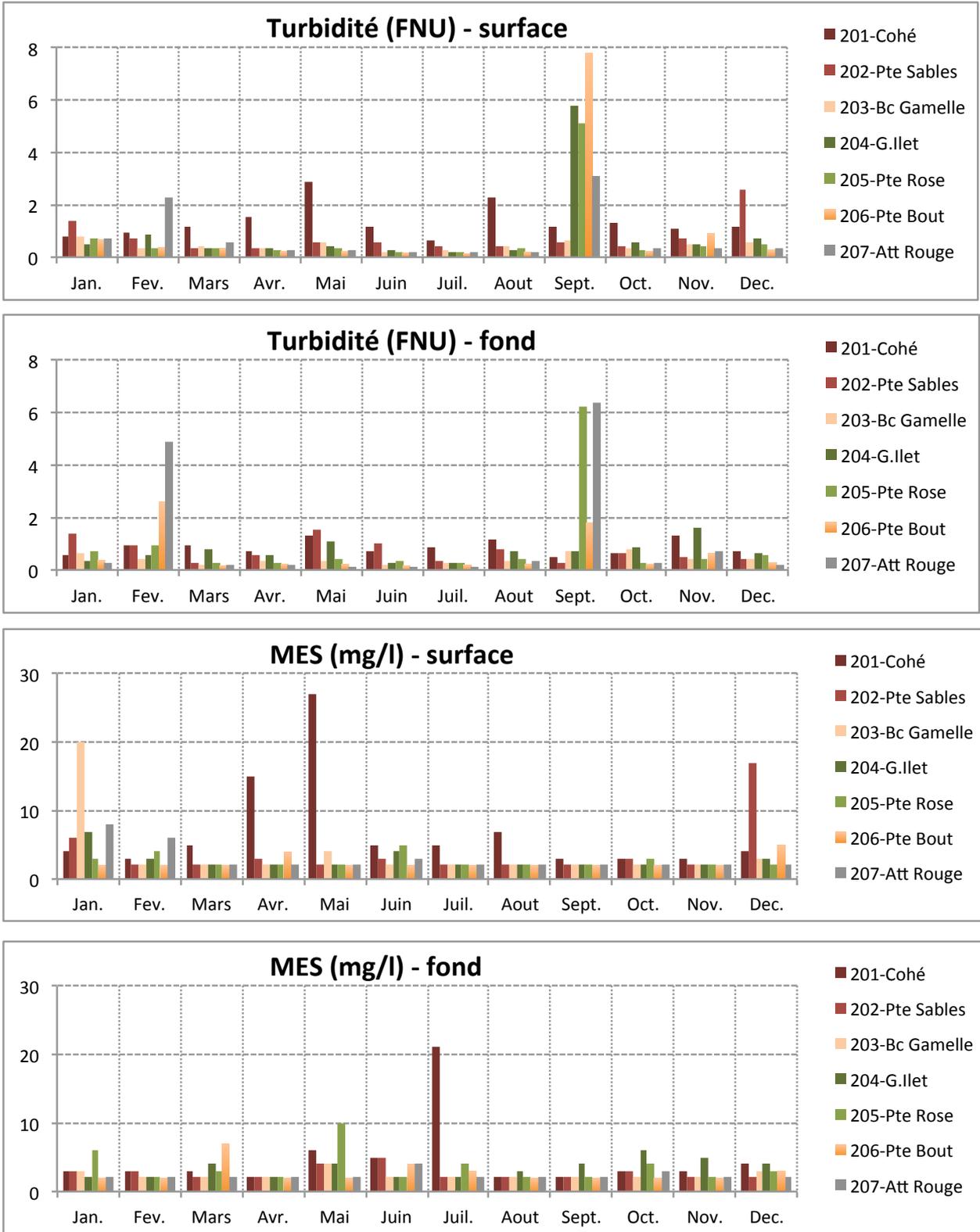


Figure 5 : Résultats mensuels des paramètres turbidité et MES, toutes stations, année 2018

Le paramètre **chlorophylle a** ne présente pas de variabilité saisonnière. Par contre, les différences inter-stations sont assez marquées : en surface, Cohé a la concentration la plus élevée (sauf en octobre) et Atterrissage Rouge, Pointe du Bout et Pointe de la Rose ont les concentrations les plus faibles (sauf en octobre). En surface, la concentration maximale (1,5 µg/l) est mesurée en juillet à Cohé.

Au fond, les différences de valeurs inter-stations forment un net gradient fond de baie - sortie de baie. Les concentrations maximales sont mesurées en mai (2,4 µg/l) à Pointe des Sables et en juillet (2 µg/l) à Cohé.

Les valeurs de surface et de fond pour les sites de fond de baie sont parfois supérieures à la valeur de 3^{ème} quartile, mais sont cohérentes d'un mois à l'autre, ce qui laisse penser que les valeurs ne sont pas aberrantes. Pour revenir sur les fortes turbidités mesurées, elles ne peuvent s'expliquer par des valeurs élevées de chlorophylle a en février et septembre.

Concernant les **nutriments**, les résultats de l'analyse conjointe LTA972 – Ifremer sur des prélèvements réalisés en doublons ont mis en avant que **les valeurs obtenues par le laboratoire Ifremer par la méthode Technicon sont inférieures en moyenne de 0,5 µmol/l aux valeurs obtenues par le Laboratoire Territorial d'Analyse (LTA) (Allenou et Le Merrer, 2018).**

Une analyse succincte est malgré tout apportée sur les valeurs fournies en 2018 par le LTA972 pour les nutriments.

Les résultats des **orthophosphates** sont inversés par rapport à 2017 en ce qui concerne le dépassement de limite de quantification (LQ) : entre janvier et juin quelques valeurs sont inférieures à la LQ mais la plupart sont entre 0,1 et 0,3 µmol/l et certaines au-delà ; entre juillet et décembre les valeurs sont inférieures à la limite de quantification (LQ) pour la quasi totalité des prélèvements réalisés (sauf le mois de septembre).

En surface, la station Pointe de la Rose est celle qui présente le plus souvent des valeurs au-dessus de la LQ (8/12). Les valeurs les plus élevées sont mesurées en avril à Atterrissage Rouge (0,55 µmol/l) et en mars à Banc Gamelle et Gros Ilet (0,37 µmol/l). Au fond, les valeurs les plus importantes sont mesurées à Banc Gamelle en janvier (0,92 µmol/l) et à Gros Ilet en avril (0,58 µmol/l).

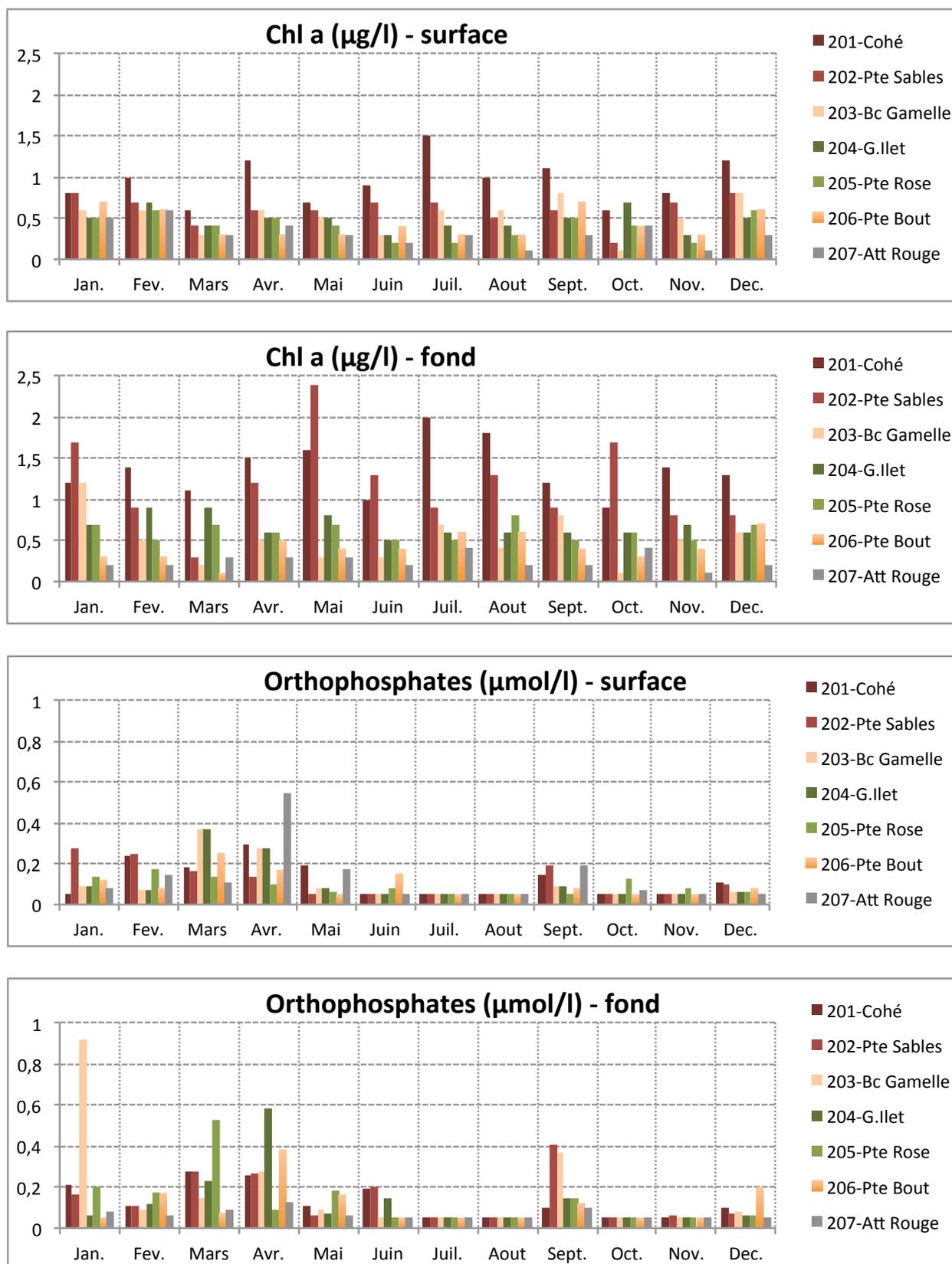


Figure 6 : Résultats mensuels des paramètres chlorophylle α et orthophosphates, toutes stations, année 2018

Pour l'**ammonium**, les concentrations mesurées au fond de la colonne d'eau sont généralement plus élevées que celles mesurées en surface. Les mois de janvier, février, mars et novembre se démarquent par des valeurs élevées au fond et en surface. En surface, la valeur la plus élevée est mesurée à Cohé en mars ($0,82 \mu\text{mol/l}$) et au fond à Pointe des Sables en janvier ($3,14 \mu\text{mol/l}$) et en novembre ($1,81 \mu\text{mol/l}$).

Les valeurs de **nitrites + nitrates** sont plus élevées en début d'année (entre janvier et mai), comme ce qui est constaté pour les orthophosphates. Cette différence est plus marquée pour les mesures de surface. Les valeurs de surface les plus élevées sont mesurées à Atterrissage Rouge en février (1,6 $\mu\text{mol/l}$) et à Cohé en mai et juin (1,3 et 1,1 $\mu\text{mol/l}$). Alors qu'Atterrissage Rouge est le site le plus éloigné des apports dans la baie, il présente en janvier, février, avril, juin et septembre des valeurs supérieures à d'autres sites moins éloignés.

Les valeurs de fond sont quant à elles inférieures à 0,5 $\mu\text{mol/l}$ sauf quatre : Banc Gamelle en janvier, Pointe du Bout en avril, Cohé en mai et Gros Ilet en décembre.

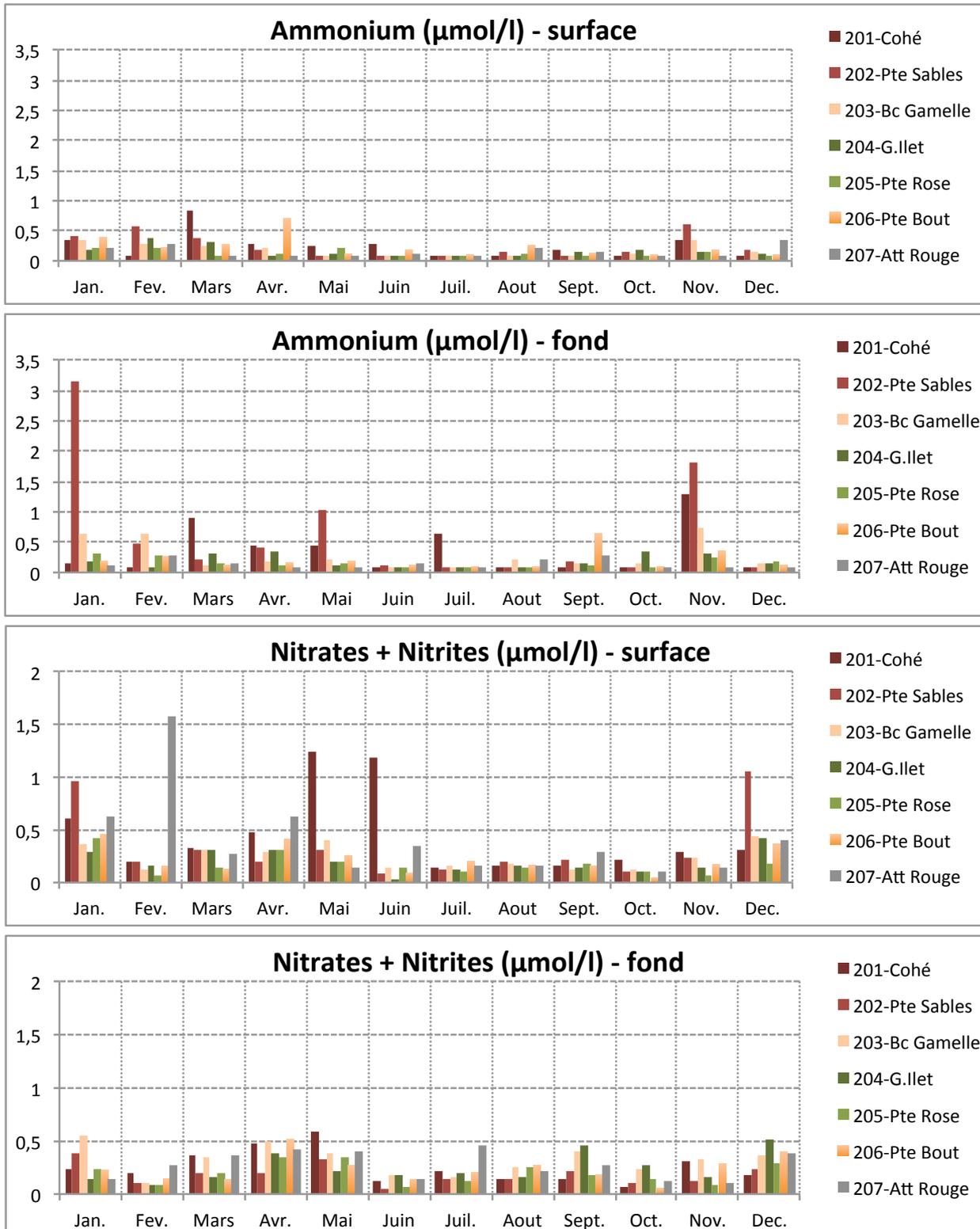


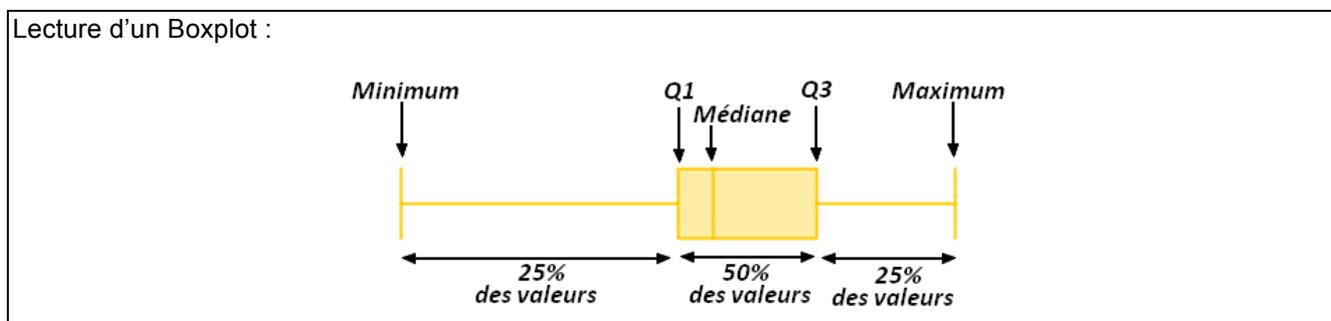
Figure 7 : Résultats mensuels des paramètres ammonium et nitrites + nitrates, toutes stations, année 2018

1.3 Valeurs de 2018 sur les radiales, surface et fond

Les résultats annuels de chaque station, mesure de surface puis mesure de fond, sont comparés sur une même figure, en tenant compte de leur position par rapport au fond de baie (201) / sortie de baie (207).

La radiale nord est formée par Cohé-Pointes des Sables-Banc Gamelle-Atterrissage Rouge, et est principalement influencée par les apports de la Rivière Lézarde. La radiale sud est formée par Gros Ilet-Pointe de la Rose-Pointe du Bout-Atterrissage Rouge, et est principalement influencée par les apports de la Rivière Les Coulisses (riv. Salée).

Les boxplots, Figure 8 et Figure 9, sont issus des valeurs mensuelles de 2018 ($n=12$).



La **température** et le **pH** présentent un léger gradient pour les valeurs de surface. La température décroît du fond de la baie vers le large alors que le **pH** augmente. Au fond, ces deux paramètres sont stables.

La **salinité** est un paramètre qui varie peu entre les stations et entre la surface et le fond. Seule la station Cohé présente un minimum plus faible.

L'**oxygène dissous** au fond est plus faible qu'en surface, sur toutes les stations. Les valeurs de fond peuvent varier entre les stations mais il n'y a pas de tendance nette sur le gradient. Les stations Pointe des Sables puis Cohé sont les moins bien oxygénées au fond.

Les résultats de surface et de fond pour la **turbidité** vont en décroissant du fond de baie vers la sortie de baie, avec les sites de fond de baie Cohé, Pointe des Sables et Gros Ilet présentant des plus fortes valeurs au fond et en surface. La valeur médiane de surface à Atterrissage Rouge fait cependant exception car elle est équivalente aux valeurs de milieu de baie.

Pour les **matières en suspension**, il n'y a pas de décroissance des valeurs vers le large, que ce soit pour les valeurs de surface que pour les valeurs de fond. Cependant, les sites Cohé surface et fond, Gros Ilet fond et Pointe de la Rose fond présentent un étalement des valeurs plus important. Les valeurs mesurées à ces sites sont donc plus fluctuantes.

Le paramètre **chlorophylle a** est celui qui présente la plus nette évolution sur les deux radiales, avec des valeurs plus importantes en fond de baie et un gradient plus marqué pour les mesures de fond que pour celles de surface.

En ce qui concerne les nutriments azotés, les médianes du paramètre **ammonium** en surface forment un léger gradient sur le début de la radiale Cohé-Pointe du Bout, avec une valeur de médiane élevée pour le site Pointe du Bout à l'extrémité de la radiale. Les valeurs de fond sont globalement plus élevées que les valeurs de surface, et les plus fortes sont aux sites Cohé, Pointe des Sables et Banc Gamelle.

Les concentrations en **nitrites + nitrates** mesurées en surface et au fond ne présentent pas de tendance à l'augmentation sur la radiale Gros Ilet-Atterrissage Rouge, comme c'était le cas de 2015 à 2017. Les valeurs de surface diminuent légèrement sur les radiales et celles du fond sont stables. Elles sont cependant plus élevées au niveau d'Atterrissage Rouge.

Pour les **orthophosphates**, les médianes sont toutes supérieures au seuil de quantification mais aucun gradient ne se dessine.

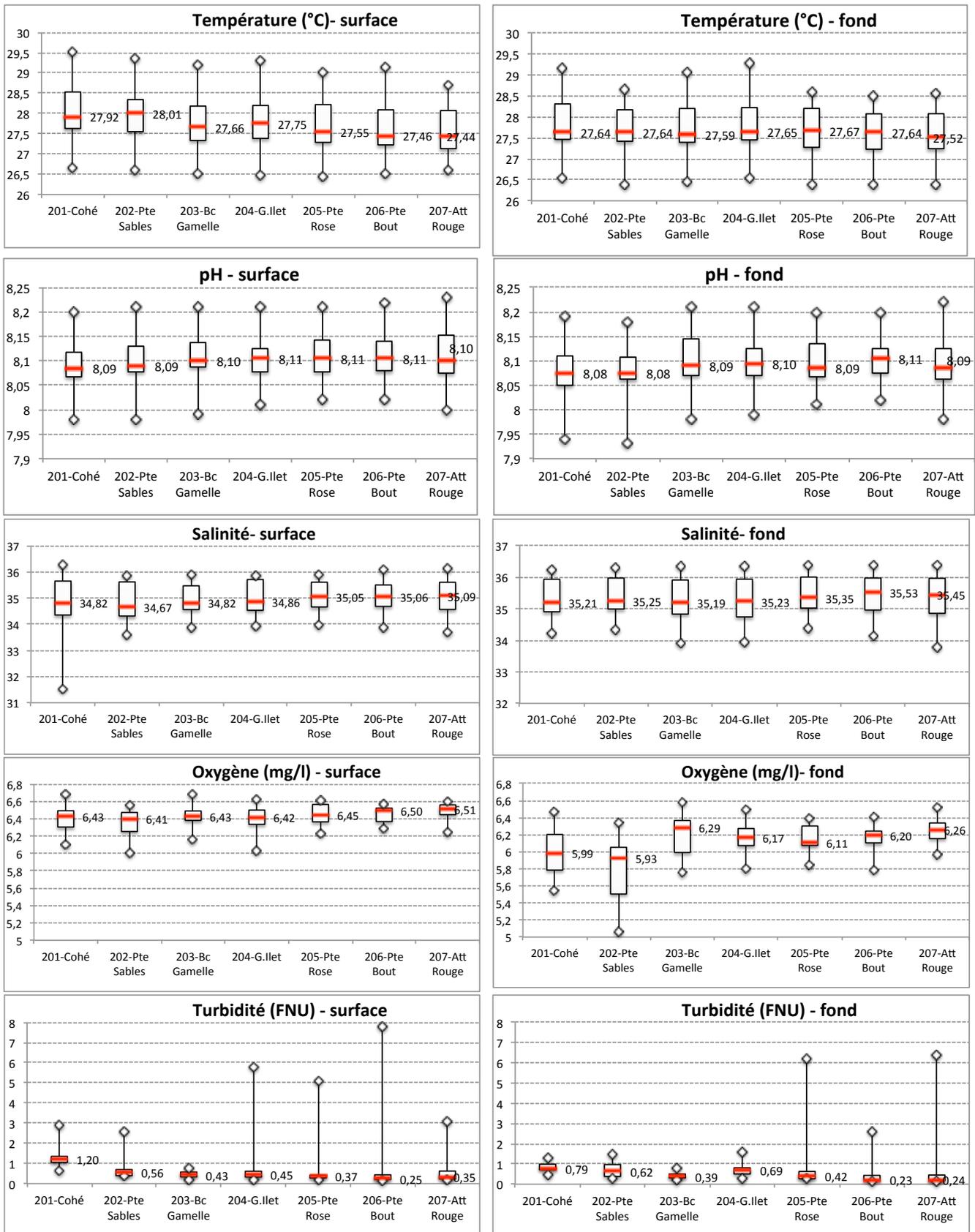


Figure 8 : Boxplots des mesures annuelles de chaque paramètre pour les stations du réseau de suivi de la Baie de Fort-de-France, en surface et au fond, présentés selon la position fond de baie-sortie de baie (n=12)

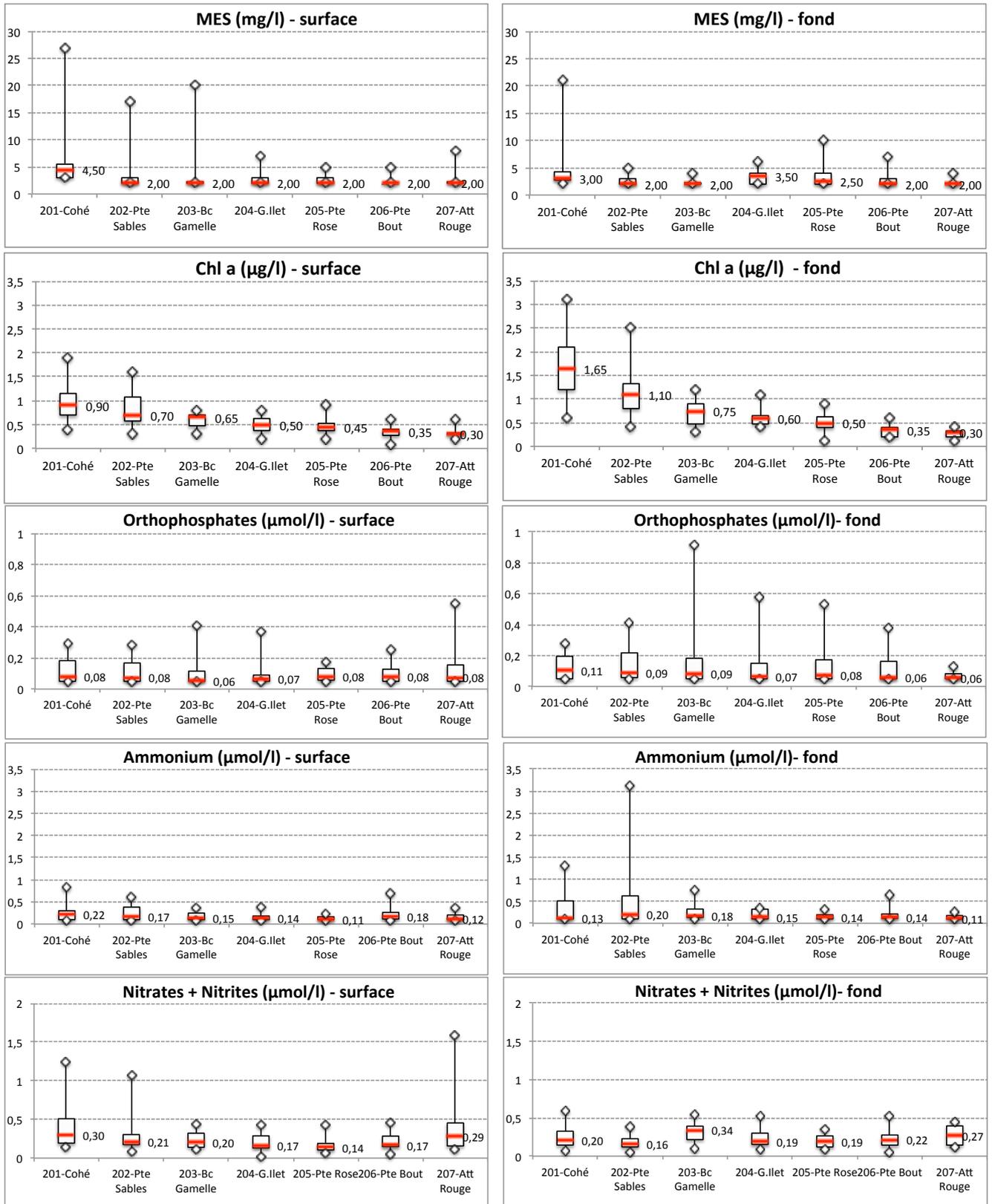


Figure 9 (suite) : Boxplots des mesures annuelles de chaque paramètre pour les stations du réseau de suivi de la Baie de Fort-de-France, en surface et au fond, présentés selon la position fond de baie-sortie de baie ($n=12$)

2 Evolution temporelle et spatiale des paramètres

Les données disponibles sur Quadriga 2 pour les paramètres mesurés sur l'eau remontent à l'année 2001. Un effort de bancarisation des données historiques a été effectué en 2015, afin d'avoir un plus grand nombre de données disponibles pour l'analyse. Cependant, selon l'année considérée, le nombre de mois pour lesquels des données sont disponibles est très variable. En 2017 a eu lieu le travail de qualification des données par l'Ifremer. Pour la présente analyse, seules les données qualifiées en « Bon » et « Douteux » et les données 2018 « Non qualifiées » sont conservées. Celles qualifiées en « Faux » ont été écartées.

Il a été choisi, pour chaque paramètre, d'exploiter les données historiques de deux manières :

- regrouper toutes les données disponibles pour une année, soit toutes stations confondues, pour visualiser l'évolution temporelle du paramètre à l'échelle de la baie (Figure 10, Figure 11, Figure 12) ;
- regrouper toutes les données disponibles pour une station, soit toutes années confondues, pour visualiser l'évolution du gradient fond de baie-sortie de baie et un éventuel changement dans les apports par les bassins versants (Figure 13, Figure 14).

L'analyse est réalisée pour les paramètres ayant un historique de valeur d'au moins 5 ans. Sur les graphiques, certaines années ne présentent pas de donnée car elles ont été qualifiées en « Faux », tandis que certaines années n'apparaissent pas sur l'axe car il n'y a pas eu de mesure.

Evolution temporelle

La température de surface montre une évolution sinusoïdale, avec des médianes basses en 2002, 2010 et 2015 et hautes en 2005 et 2013. Les écarts de mesures sont importants pour les années 2003 à 2005 (écart important entre 1^{er} et 3^{ème} quartile et entre min et max), traduisant une importante variabilité saisonnière.

La salinité de surface est difficile à commenter entre 2002 et 2007 car elle présente des valeurs minimales très faibles qui, lorsque l'on observe en détail les données, ne concernent pas spécifiquement les stations de fond de baie sous influence des panaches de rivière mais aussi les stations de sortie de baie. Suite au rapport de 2018, ces résultats sont en attente de requalification par l'Ifremer. Ces résultats avaient à l'époque été qualifiés en « Bon » car rien ne permettait alors de douter de ces valeurs. Entre 2011 et 2017, la valeur médiane de salinité est en augmentation, passant de 33,6 à 35,6. En 2018, la médiane redescend à 34,9.

Le pH a une valeur médiane stable dans le temps (8,1). L'année 2014 présente des valeurs dispersées autour de la médiane tandis que les années 2015 et 2016 présentent des valeurs min/max qui se démarquent.

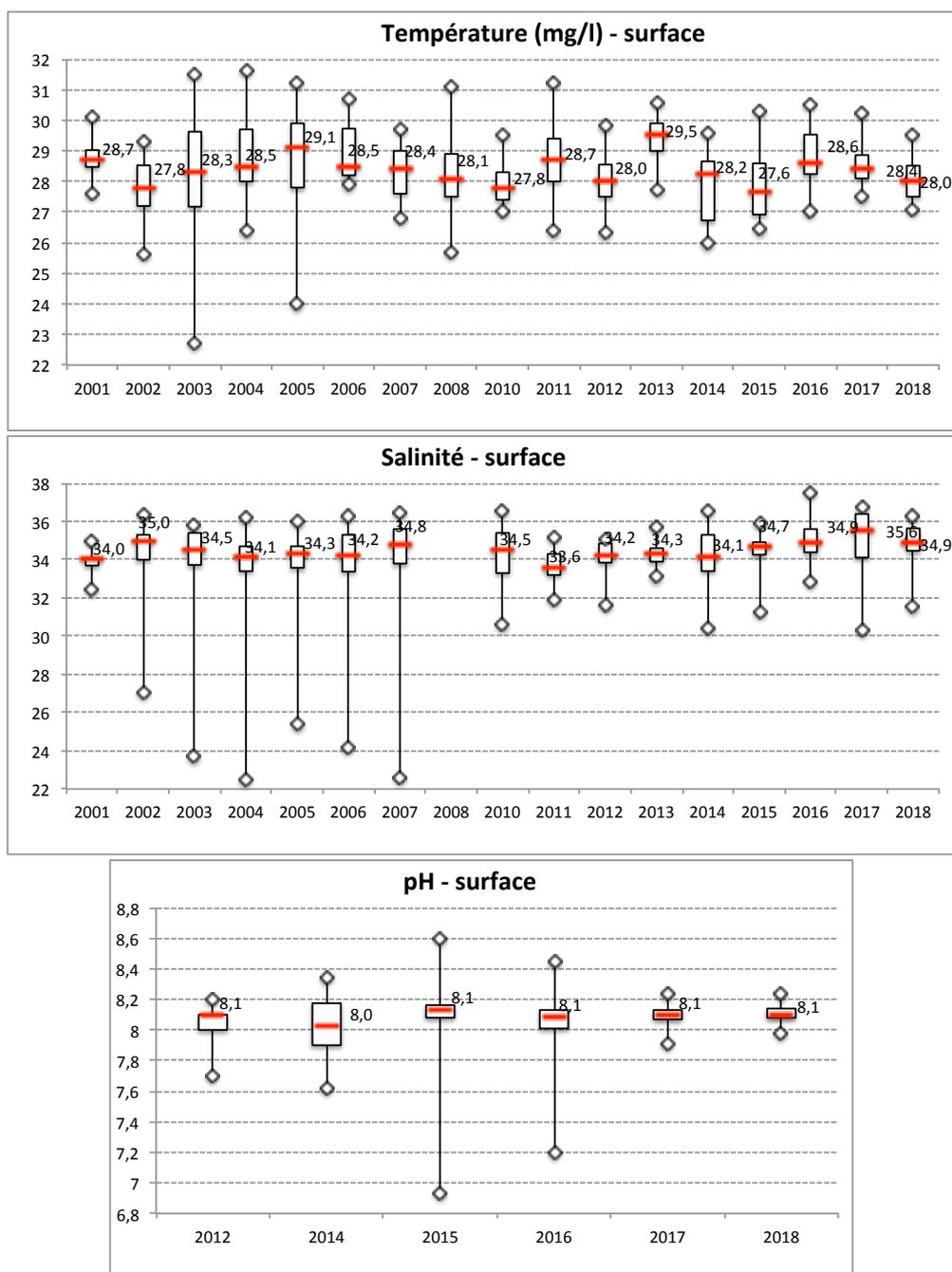


Figure 10 : Boxplots des valeurs interannuelles de surface des paramètres température, salinité et pH, toutes stations confondues

La turbidité a également une valeur médiane stable entre 2013 et 2018, autour de 0,5 FNU.

Concernant les matières en suspension, l'interprétation est en partie liée à la limite de quantification qui était inférieure à 2 mg/l avant 2011, puis fixée à 2 mg/l en 2011. Les plus faibles valeurs médianes ont été mesurées entre 2001 et 2004 (< 2 mg/l) et les plus fortes entre 2010 et 2012. Entre 2013 et 2016 puis en 2018, les médianes sont égales à 2 mg/l, avec cependant des valeurs maximales élevées témoignant d'apports occasionnels importants. En 2017, la médiane s'élève à 3 mg/l.

Pour la chlorophylle a, la valeur médiane ne montre pas d'évolution sur la période 2011 à 2018, ni l'étendue des valeurs mesurées (espacement 1^{er}-3^{ème} quartile). Les maximums les plus importants ont été mesurés en 2012 et 2016.

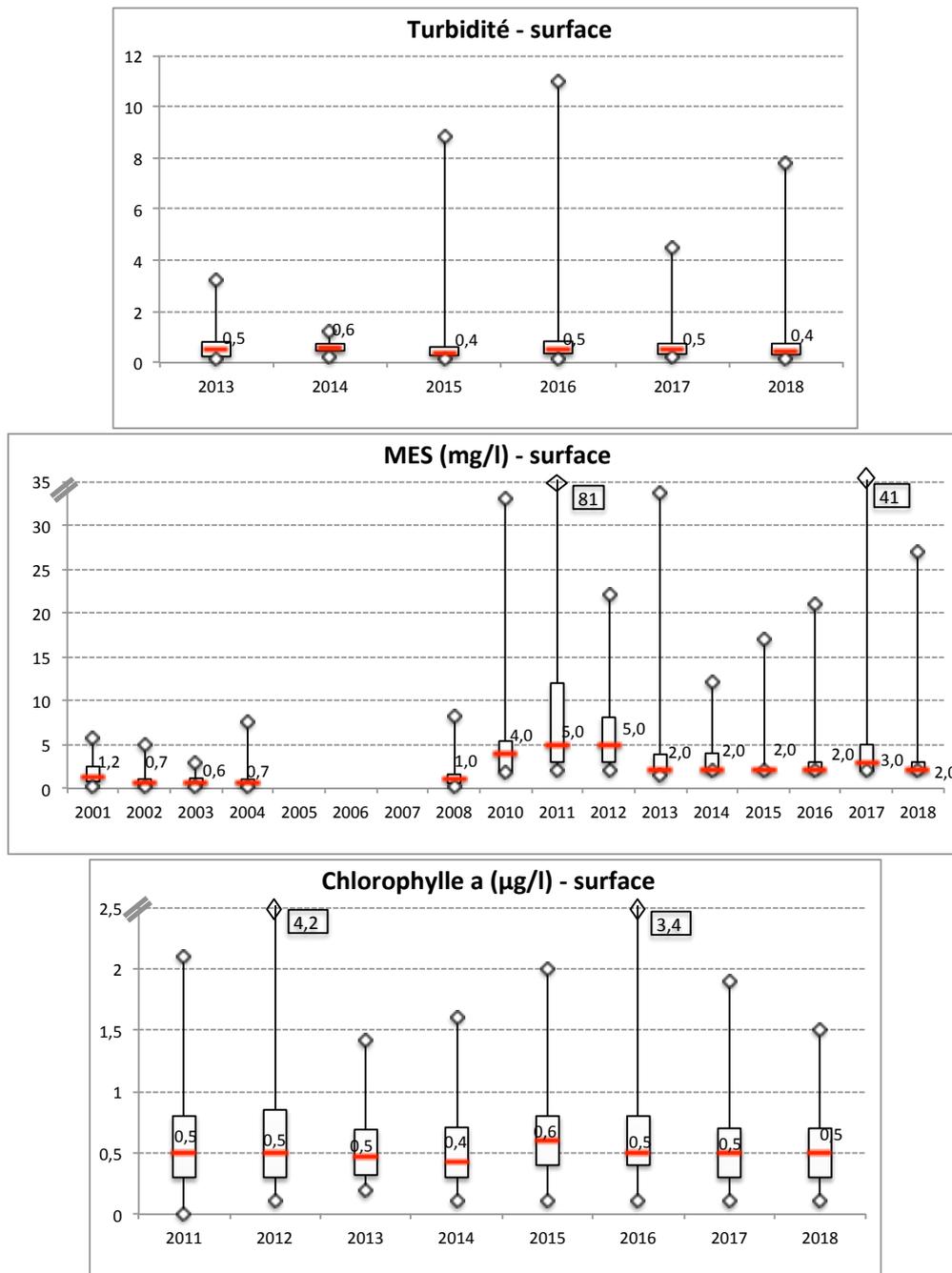


Figure 11 : Boxplots des valeurs interannuelles de surface des paramètres turbidité, MES et chlorophylle a , toutes stations confondues

Pour l'analyse de l'évolution temporelle des nutriments, des données ont été écartées par la qualification des données, notamment pour les critères suivants :

- En 2010, les analyses ont été réalisées par le laboratoire MAP avec une méthode adaptée aux eaux douces et des résultats rendus en mg/l plutôt qu'en $\mu\text{mol/l}$, unité couramment utilisée pour l'analyse des nutriments dans les eaux marines. Etant donnée la méthode utilisée, la limite de quantification n'était pas adaptée aux eaux marines oligotrophes.
- Avant 2007, les LQ du LTA pour les nutriments étaient plus élevées ($0,2 \mu\text{mol/l}$ contre $0,05 \mu\text{mol/l}$ pour les orthophosphates, $0,5 \mu\text{mol/l}$ contre $0,1 \mu\text{mol/l}$ pour l'ammonium) : les résultats ne sont donc pas exploitables.
- En 2010, 2011 et 2012, les données orthophosphates et ammonium ont été qualifiées en « faux » par l'Ifremer (valeurs aberrantes au regard de la série). Pour les nutriments, ce sont les données du fond qui sont utilisées, car plus contrastées que les données de surface.

Les orthophosphates sont présents en concentration très faible dans le milieu. Les médianes sont égales ou proches de la LQ pour toutes les années. En 2017, les valeurs de juillet à décembre ont été qualifiées en « fausses » suite à l'analyse des données annuelles, réduisant ainsi la valeur du 3^{ème} quartile. Seule la valeur du 3^{ème} quartile de 2007 reste élevée.

L'ammonium présente les plus faibles valeurs (faible médiane et étendue des valeurs) aux années 2012, 2013 et 2015 et les plus fortes aux années 2007, 2016 et 2017. Mis à part les résultats de 2007 et 2008, les résultats depuis 2012 sont en très légère augmentation jusqu'en 2017. En 2018, la médiane est plus basse que celle de 2017.

Concernant les nitrates, les résultats sont présentés depuis 2001, car malgré l'évolution de la LQ les valeurs sont de toute façon supérieures la plupart du temps. Les médianes des nitrates sont faibles – autour de 0,20 $\mu\text{mol/l}$ - pour les années 2001 et 2005 à 2008, et élevées – entre 0,6 et 1,21 $\mu\text{mol/l}$ - pour les années 2002 à 2004 et 2011 à 2015. Depuis 2016, les médianes oscillent autour de 0,37 $\mu\text{mol/l}$. Aux périodes de valeurs élevées, la valeur maximale mesurée atteint 38,6 $\mu\text{mol/l}$. Face aux résultats très élevés de ce paramètre ces dernières années, une campagne d'analyse en doublons a été menée sur l'année 2017. Les résultats démontrent que les valeurs obtenues par le LTA972 sont toujours supérieures à celles obtenues par le second laboratoire (Ifremer Nantes).

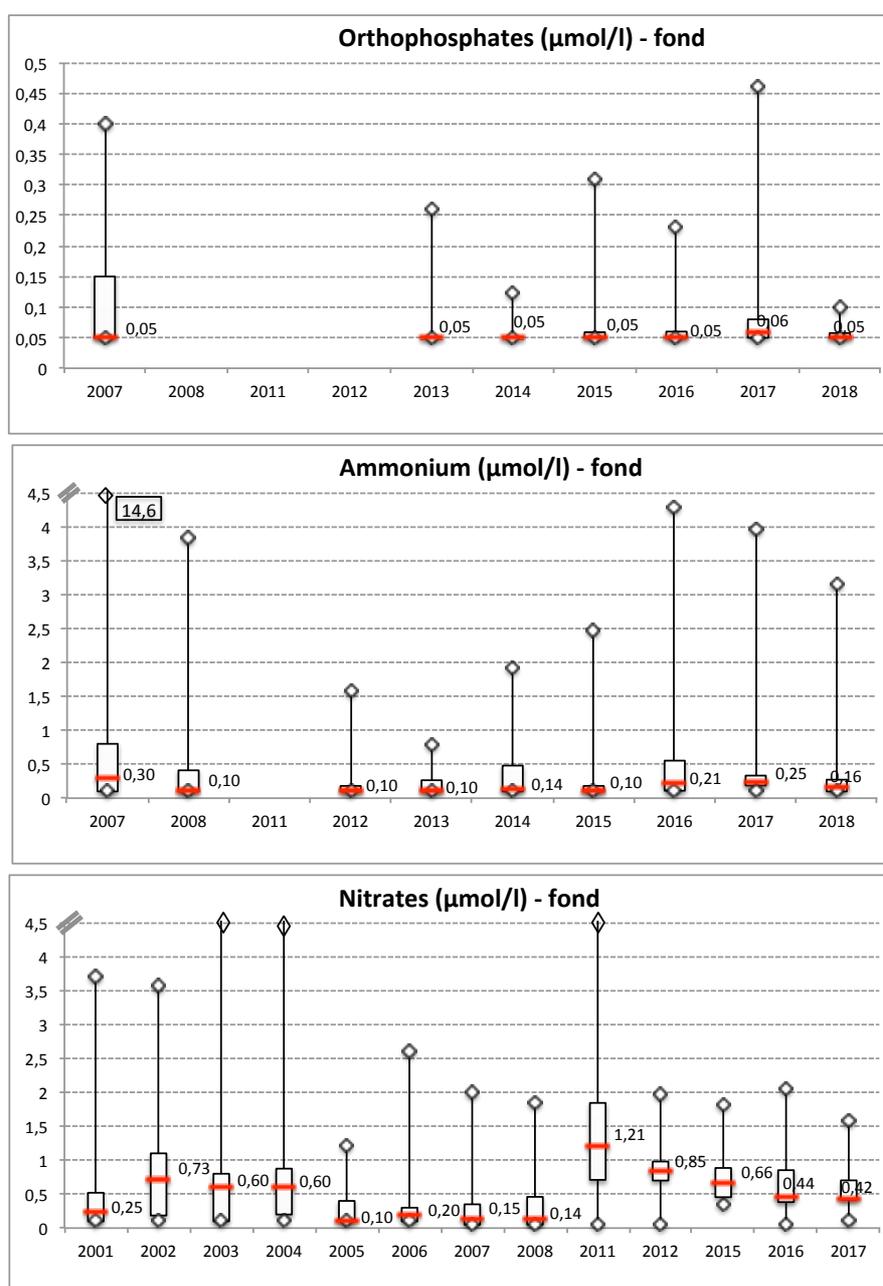


Figure 12 (suite): Boxplots des valeurs interannuelles de fond de chaque nutriment, toutes stations confondues

Evolution du gradient fond de baie-sortie de baie

La température de surface présente une diminution légère mais régulière sur les radiales Cohé-Pointe du Bout et Gros Ilet-Atterrissage Rouge, Les valeurs de médianes évoluent peu mais la baisse s'observe sur les limites des boîtes à moustache (3^{ème} et 1^{er} quartiles) ainsi que sur les valeurs minimales et maximales.

La salinité de surface ne présente pas de gradient progressif, mais seulement une médiane plus faible (34,1) pour la station Cohé.

La turbidité mesurée en surface forme un gradient bien marqué sur la radiale Cohé-Pointe du Bout avec des valeurs qui passent de 1,1 à 0,27 FNU. La radiale Gros Ilet- Atterrissage Rouge est moins marquée du fait d'une médiane plus élevée et d'une boîte à moustache plus étendue à Atterrissage Rouge par rapport à Pointe du Bout.

Les matières en suspension mesurées en surface forment un léger gradient sur la radiale Cohé-Pointe du Bout, avec la valeur de 3^{ème} quartile qui passe de 5 à 3 mg/l. Sur la deuxième radiale, les quatre sites présentent des résultats équivalents. Les valeurs maximales ne correspondent pas à la tendance observée avec les médianes, c'est-à-dire qu'une valeur forte est mesurée tant à Atterrissage Rouge qu'à Gros Ilet.

Contrairement à ce qui est observé pour les données annuelles, il semble y avoir - pour l'analyse regroupant toute les années - une bonne corrélation entre les résultats MES et turbidité.

La chlorophylle *a*, indicatrice de la productivité du milieu, présente de fortes différences de concentration selon le site. Sur la radiale Cohé-Pointe du Bout, la médiane passe de 1 à 0,4 µg/l et le 3^{ème} quartile de 1,4 à 0,5 µg/l. Sur la radiale Gros Ilet-Atterrissage Rouge la diminution est moins importante mais bien présente, avec la médiane qui passe de 0,5 à 0,3 µg/l et le 3^{ème} quartile de 0,7 à 0,4 µg/l. Les valeurs maximales suivent également la tendance dégressive.

Pour les nutriments, bien que les résultats soient remis en cause d'un point de vu quantitatif, ceci n'exclut pas une analyse des résultats des sites les uns par rapport aux autres.

Les nutriments phosphorés (orthophosphates) du fond de la colonne d'eau ont des concentrations médianes équivalentes sur l'ensemble des sites. L'étendue des valeurs mesurées est plus importante à Cohé du Lamentin et Banc Gamelle (3^{ème} quartile à 0,10 µmol/l).

Les nutriments azotés, ammonium et nitrates, ne présentent pas les mêmes réponses vis-à-vis de la distribution spatiale. Pour l'ammonium, un gradient similaire à celui des MES et de la turbidité est observé. Il est léger sur les deux radiales : sur Cohé-Pointe du Bout la médiane décroît de 0,22 à 0,12 µmol/l et sur la seconde radiale elle passe de 0,19 à 0,10 µmol/l.

Les nitrates ne présentent pas de gradient progressif. Les médianes les plus élevées se retrouvent aux stations Banc Gamelle et Pointe du Bout.

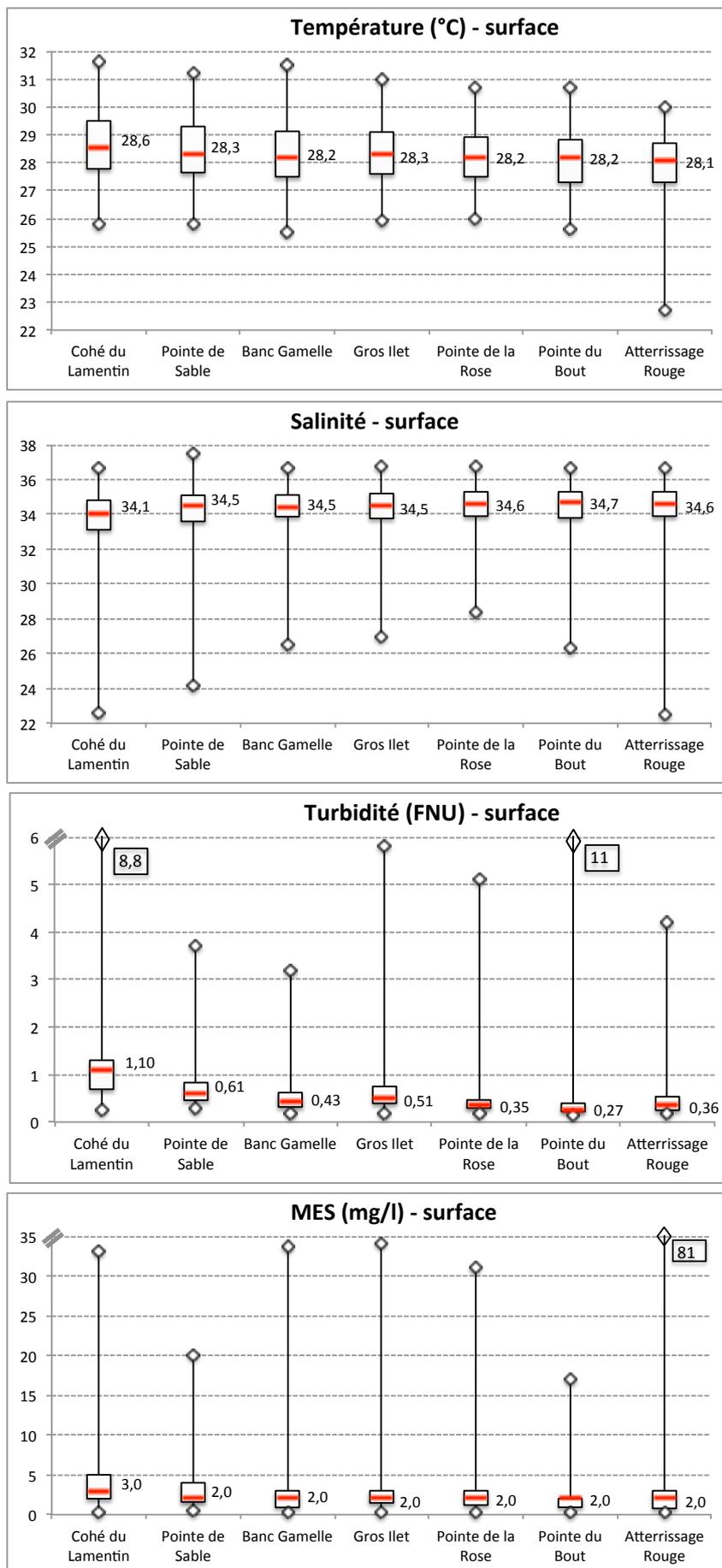


Figure 13 : Boxplots des valeurs inter-stations de surface des paramètres température, salinité, MES et chlorophylle *a*, toutes années confondues

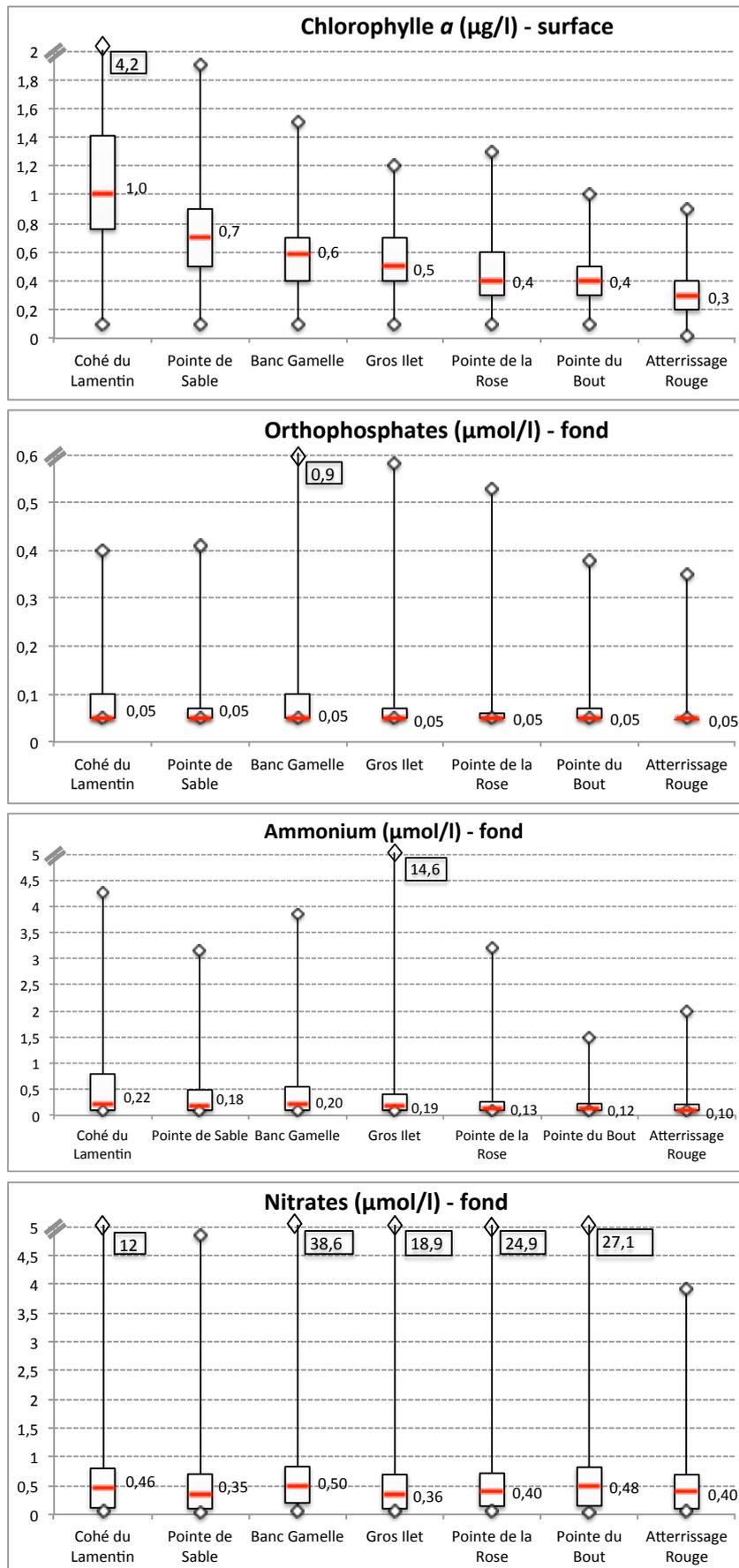


Figure 14 (suite): Boxplots des valeurs inter-stations de fond de chaque nutriment, toutes années confondues

D. Résultats clés et recommandations

1 Particularités des campagnes

Toutes les campagnes se sont déroulées correctement, sans problème technique et sans décalage du fait de conditions météorologiques défavorables.

Les campagnes de mai et décembre ont été précédées de fortes pluies, créant un apport majeur d'eau douce dans la baie. En mars, une houle d'ouest entrainait dans la baie le jour de la campagne et les jours précédents.

2 Protocole et traitement des données

Le protocole et le traitement des données sont restés les mêmes par rapport à ceux appliqués en 2016 et 2017. L'intégration dans Quadrigé 2 des données du réseau de suivi de la Baie de Fort-de-France a été réalisée directement par Impact Mer. La qualification des données est réalisée par la cellule Quadrigé, sur la base de l'analyse du présent rapport.

L'analyse des données 2018 comprend une comparaison avec les valeurs obtenues entre 2014 et 2017 sur les sites de suivi des masses d'eau côtières dont les baies. Cette comparaison vise à mettre en avant les données qui paraissent anormales par rapport au jeu de données et qui pourraient être qualifiées en « Faux » ou « Douteux » dans Quadrigé.

L'analyse des données historiques a porté sur l'ensemble du jeu de données **qualifiées et les données de 2018** (non qualifiées). Deux types d'analyses ont été effectuées, présentant les résultats sous forme de boîtes à moustaches : une analyse temporelle toutes stations confondues et une analyse selon un gradient fond de baie-sortie de baie en regroupant toutes les années.

Points clés qualification

Données de **salinité entre 2001 et 2007** : qualification ancienne à vérifier par l'Ifremer

Données **nutriments** : il faudrait probablement qualifier en « fausses » les données orthophosphates sur la période janvier-juin et en septembre, au même titre que les données de juillet à décembre 2017.

Plus généralement, il a été démontré une surévaluation d'environ 0,5 $\mu\text{mol/l}$ des valeurs mesurées (Allenou et Le Merrer, 2017), qui conduit à une qualification globale en « FAUX ». Cependant, les données peuvent être utilisées pour une analyse qualitative permettant de comparer les sites entre eux.

Données **MES** : les résultats de 2001 à 2004 sont qualifiés en « Bon » tandis que ceux de 2010 à 2017 sont qualifiés en « Douteux ». Etant donné l'absence de corrélation avec la turbidité et un rapport MES/Turbidité trop élevé par rapport à la littérature, ces résultats peuvent difficilement être pris en compte dans l'interprétation. Il faudrait s'interroger sur une qualification en « Faux » et l'abandon de ce paramètre faute de résultats plus probants.

Données **turbidité 2018** : les fortes valeurs mesurées en septembre à Atterrissage Rouge, Pointe du Bout et Pointe de la Rose et en février à Atterrissage Rouge semblent anormalement élevées et pourraient être qualifiées en « DOUTEUSES »

Identification des valeurs aberrantes : pour une analyse plus rigoureuse de la pertinence des données annuelles, des boîtes à moustaches pourraient être redéfinies en incluant uniquement les données des masses d'eau de type 1-Baies de la DCE et en ajoutant les données du suivi de Baie de Fort-de-France (données qualifiées « Bonne » depuis 2001).

3 Résultats

Données 2018

L'analyse des données mensuelles de 2018 par site montre des tendances saisonnières pour les paramètres température et salinité. Cette dernière est plus faible en juin puis entre août et novembre. Le pH, l'oxygène et la chlorophylle *a* ne montrent pas de tendances saisonnières mais des valeurs élevées (ou faibles pour l'oxygène) sont retrouvées à certains mois : oxygène au fond à Pointe des Sables en janvier et mars, chlorophylle *a* élevée au fond en mai à Pointe des Sables et en surface en juillet à Cohé du Lamentin.

Pour l'année 2018, les tendances sur les radiales sont les suivantes :

- gradient décroissant fond de baie - sortie de baie, surface et fond :
 - le plus marqué est celui du paramètre chlorophylle *a*, comme les années précédentes ;
 - la turbidité, avec une exception pour Atterrissage Rouge dont les valeurs sont similaires aux sites de milieu de baie ;
- faible gradient décroissant fond de baie - sortie de baie, surface :
 - température
 - ammonium sur la radiale Cohé-Pointe du bout, avec cependant une valeur élevée pour le site Pointe du Bout à l'extrémité de la radiale. Ce paramètre présente des valeurs de fond plus élevées que la surface.
 - nitrates + nitrites, alors que les valeurs au fond sont stables sur les radiales à l'exception d'Atterrissage Rouge où elles sont plus élevées
- faible gradient croissant fond de baie - sortie de baie, surface :
 - pH
- pas de gradient :
 - salinité varie peu entre les stations et entre le fond et la surface, sauf en surface aux stations de fond de baie lors d'épisode pluvieux importants
 - oxygène toujours plus faible au fond qu'en surface. Les stations Pointe des Sables et Cohé du Lamentin sont les moins bien oxygénées au fond
 - matières en suspension au fond peuvent être élevées aux stations Cohé du Lamentin, Gros Ilet et Pointe de la Rose
 - orthophosphates

Le même constat qu'en 2016 et 2017 peut être fait concernant les paramètres chlorophylle *a* et turbidité, avec une décroissance des valeurs sur la radiale nord Cohé du Lamentin-Atterrissage Rouge. En 2018, la décroissance s'observe également sur la radiale sud Gros Ilet-Atterrissage Rouge et pour les valeurs de surface.

Les concentrations plus élevées en fond de baie reflètent une influence des eaux douces apportées principalement par le bassin versant de la rivière Lézarde (le plus étendu du territoire), que ce soit en terme de nutriments que de matériel terrigène.

Données historiques

Pour résumer l'analyse sur les données historiques des paramètres suivis depuis 2001 en baie de Fort-de-France :

- Evolution temporelle :
 - très légère augmentation pour l'ammonium entre 2012 et 2017, avec en 2018 une valeur plus basse que 2017 ;
 - évolution cyclique pour la température, la salinité, les nitrates (résultats douteux) ;
 - pas de tendance à la baisse au fil des ans pour la chlorophylle *a* (autour de 0,5 µg/l), la turbidité (autour de 0,5 FNU), le pH (8,1), les orthophosphates (résultats douteux), les matières en suspension (résultats douteux).
- Gradient spatial :
 - valeurs en diminution sur les deux gradients pour la chlorophylle *a* (gradient le plus net), la température, la turbidité et l'ammonium (léger) ;
 - valeurs en diminution sur le gradient Cohé-Pointe du Bout pour les matières en suspension (valeurs douteuses) ;

- pas de gradient pour la salinité mais simplement une valeur médiane plus faible pour la station Cohé du Lamentin, qui est au plus près de l'embouchure de la Rivière Lézarde ; pour les nitrates avec Banc Gamelle et Pointe du Bout qui présentent les plus fortes valeurs ; pour les orthophosphates.

Pour conclure sur la qualité physico-chimique de la Baie de Fort-de-France, le suivi sur la période 2014-2018 a permis d'augmenter le nombre de données pour l'analyse de l'évolution temporelle.

L'évolution temporelle ne montre pas d'amélioration dans le temps des différents paramètres. Les paramètres semblant les plus fiables (en terme de valeurs) et les plus pertinents pour traduire les apports dans la baie seraient la chlorophylle *a* et la turbidité. Ces deux paramètres chlorophylle *a* (2011-2018) et turbidité (2013-2018), sont stables dans le temps. Bien que les valeurs quantitatives de l'ammonium soient peu fiables, la comparaison des valeurs (2012-2018) démontre une légère augmentation.

Il semble donc que les efforts fournis au niveau des bassins versants pour réduire l'enrichissement en nutriments et l'érosion des sols (programme de mesures du SDAGE 2016-2021), soient à accroître pour espérer avoir un effet mesurable sur la baie de Fort-de-France.

Enfin, concernant l'amélioration du suivi, il y a nécessité de procéder à des analyses fiables pour les nutriments et les matières en suspension. Des résultats de bonne qualité permettraient d'avoir recours à ces paramètres lors du traitement des données. Pour la prochaine période 2019-2022, l'ODE, Impact Mer et l'Ifremer ont validé les modifications suivantes : analyse des nutriments par l'Institut Pasteur de Guadeloupe (laboratoire qui analyse les échantillons de la DCE Guadeloupe), de la turbidité par Impact Mer (turbidimètre de paillasse, contrôle croisé avec l'Ifremer), modification de la technique d'analyse pour la chlorophylle *a* (technique HPLC plus précise avec LQ plus basse, laboratoire SAPIGH). Pour les matières en suspension, l'analyse devant être réalisée sous 48h, il est difficile d'avoir recours à l'Institut Pasteur de Guadeloupe. Il faudra s'interroger sur la pertinence de conserver ce paramètre. Les échantillons du suivi de Baie de Fort-de-France et de la Directive Cadre sur l'Eau sont analysés par les mêmes laboratoires.

E. Fiches stations



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France



Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom Cohé du Lamentin

Localisation

- Département : 972 - Martinique
- Secteur : Baie de Fort-de-France
- Commune : Lamentin
- Code radiale : 201

Bassin Versant adjacent : Rivière Lézarde, Rivière Jambette

Coordonnées X / Y 712402 / 1614956
(WGS84 – UTM 20N) Bouée chenal rouge -9L

Bathymétrie (m) : 9



Données 2018

		201-Cohé du Lamentin				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,67	29,51	28,09	0,85	12
	profondeur	26,54	29,16	27,82	0,80	12
Salinité	surface	31,52	36,26	34,71	1,32	12
	profondeur	34,21	36,24	35,31	0,69	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	3,00	27,00	7,00	7,12	12
	profondeur	2,00	21,00	4,75	5,26	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,60	1,50	0,95	0,27	12
	profondeur	0,90	2,00	1,37	0,32	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,82	0,25	0,20	12
	profondeur	0,10	1,30	0,38	0,39	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,05	0,04	0,01	12
	profondeur	0,03	0,09	0,04	0,02	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,15	1,25	0,44	0,39	12
	profondeur	0,08	0,59	0,25	0,16	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,29	0,12	0,09	12
	profondeur	0,05	0,28	0,13	0,08	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,10	6,68	6,40	0,18	12
	profondeur	5,54	6,46	6,00	0,30	12
pH	surface	7,98	8,20	8,10	0,06	12
	profondeur	7,94	8,19	8,08	0,06	12
Turbidité (NFU)	surface	0,64	2,90	1,36	0,64	12
	profondeur	0,49	1,30	0,87	0,27	12

Remarques/Commentaires



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France



Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom **Pointe des Sables**

Localisation **Département** : 972 - Martinique
Secteur : Baie de Fort-de-France
Commune : Lamentin
Code radiale : 202
Bassin Versant adjacent : Rivière Lézarde, Rivière Jambette
Coordonnées X / Y 712191 / 1614088
(WGS84 – UTM 20N) Bouée chenal rouge -5L
Bathymétrie (m) : 14



Données 2018

		202-Pointe des Sables				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,59	29,37	28,01	0,80	12
	profondeur	24,42	28,67	27,55	1,16	12
Salinité	surface	33,60	35,83	34,80	0,76	12
	profondeur	34,32	36,29	35,38	0,66	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	2,00	17,00	3,83	4,30	12
	profondeur	2,00	5,00	2,67	0,98	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,20	0,80	0,61	0,17	12
	profondeur	0,30	2,40	1,18	0,55	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,60	0,25	0,19	12
	profondeur	0,10	3,14	0,65	0,94	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,06	0,03	0,01	12
	profondeur	0,03	0,16	0,05	0,04	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,08	1,06	0,33	0,33	12
	profondeur	0,05	0,38	0,19	0,10	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,28	0,12	0,08	12
	profondeur	0,05	0,41	0,15	0,12	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,00	6,56	6,36	0,16	12
	profondeur	5,06	6,34	5,77	0,45	12
pH	surface	7,98	8,21	8,10	0,06	12
	profondeur	7,93	8,18	8,08	0,07	12
Turbidité (NFU)	surface	0,37	2,60	0,76	0,65	12
	profondeur	0,26	1,50	0,73	0,42	12

Remarques/Commentaires



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France



Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom Banc Gamelle

Localisation

Département : 972 - Martinique

Secteur : Baie de Fort-de-France

Commune : Fort-de-France

Code radiale : 203

Bassin Versant adjacent : Rivière Lézarde

Coordonnées X / Y 711026 / 1612750
(WGS84 – UTM 20N) Mouillage

Bathymétrie (m) : 10



Données 2018

		203-Banc Gamelle				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,50	29,20	27,79	0,79	12
	profondeur	26,46	29,08	27,72	0,81	12
Salinité	surface	33,89	35,90	34,91	0,66	12
	profondeur	33,91	36,34	35,21	0,78	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	2,00	20,00	3,75	5,15	12
	profondeur	2,00	4,00	2,33	0,65	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,10	0,80	0,53	0,21	12
	profondeur	0,10	1,20	0,51	0,30	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,35	0,19	0,10	12
	profondeur	0,10	0,75	0,28	0,24	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,04	0,03	0,00	12
	profondeur	0,03	0,08	0,04	0,02	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,11	0,44	0,24	0,12	12
	profondeur	0,10	0,55	0,32	0,14	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,41	0,11	0,10	12
	profondeur	0,05	0,92	0,19	0,25	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,16	6,68	6,43	0,14	12
	profondeur	5,76	6,58	6,20	0,26	12
pH	surface	7,99	8,21	8,11	0,06	12
	profondeur	7,98	8,21	8,10	0,06	12
Turbidité (NFU)	surface	0,20	0,76	0,45	0,16	12
	profondeur	0,20	0,78	0,43	0,19	12

Remarques/Commentaires



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France



Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom Gros Ilet

Localisation

Département : 972 - Martinique

Secteur : Baie de Fort-de-France

Commune : Trois-Ilets

Code radiale : 204

Bassin Versant adjacent : Rivière Salée

Coordonnées X / Y 713986 / 1609870
(WGS84 – UTM 20N) Bouée cardinal sud

Bathymétrie (m) : 8



Données 2018

		204-Gros Ilet				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,49	29,29	27,84	0,75	12
	profondeur	26,55	29,28	27,79	0,80	12
Salinité	surface	33,94	35,85	35,01	0,71	12
	profondeur	33,95	36,36	35,25	0,81	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	2,00	7,00	2,75	1,48	12
	profondeur	2,00	6,00	3,33	1,37	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,30	0,70	0,48	0,13	12
	profondeur	0,50	0,90	0,68	0,13	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,38	0,17	0,09	12
	profondeur	0,10	0,35	0,19	0,11	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,05	0,03	0,01	12
	profondeur	0,03	0,05	0,03	0,01	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,02	0,43	0,20	0,11	12
	profondeur	0,09	0,52	0,25	0,14	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,37	0,11	0,10	12
	profondeur	0,05	0,58	0,14	0,15	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,03	6,62	6,40	0,16	12
	profondeur	5,80	6,50	6,16	0,20	12
pH	surface	8,01	8,21	8,11	0,05	12
	profondeur	7,99	8,21	8,10	0,06	12
Turbidité (NFU)	surface	0,19	5,80	0,90	1,55	12
	profondeur	0,29	1,60	0,72	0,37	12

Remarques/Commentaires



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France

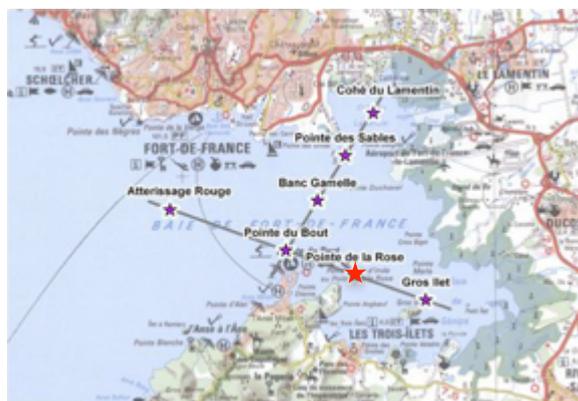


Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom **Pointe de la Rose**

Localisation **Département :** 972 - Martinique
Secteur : Baie de Fort-de-France
Commune : Trois-Ilets
Code radiale : 205
Bassin Versant adjacent : Rivière Salée
Coordonnées X / Y 711835 / 1610645
(WGS84 – UTM 20N) Bouée cardinale sud (CV)
Bathymétrie (m) : 17



Données 2018

		205-Pointe de la Rose				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,44	29,03	27,76	0,73	12
	profondeur	26,40	28,58	27,67	0,71	12
Salinité	surface	33,96	35,91	35,06	0,68	12
	profondeur	34,38	36,38	35,43	0,66	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	2,00	5,00	2,58	1,00	12
	profondeur	2,00	10,00	3,50	2,39	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,20	0,60	0,40	0,15	12
	profondeur	0,50	0,80	0,61	0,11	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,23	0,14	0,05	12
	profondeur	0,10	0,32	0,17	0,08	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,04	0,03	0,00	12
	profondeur	0,03	0,07	0,03	0,01	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,06	0,42	0,17	0,10	12
	profondeur	0,08	0,35	0,20	0,10	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,17	0,09	0,04	12
	profondeur	0,05	0,53	0,14	0,14	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,23	6,61	6,45	0,13	12
	profondeur	5,84	6,39	6,16	0,16	12
pH	surface	8,02	8,21	8,11	0,05	12
	profondeur	8,01	8,20	8,10	0,05	12
Turbidité (NFU)	surface	0,17	5,10	0,75	1,38	12
	profondeur	0,27	6,20	0,93	1,67	12

Remarques/Commentaires



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France



Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom **Pointe du Bout**

Localisation **Département** : 972 - Martinique
Secteur : Baie de Fort-de-France
Commune : Trois-Ilets
Code radiale : 206
Bassin Versant adjacent : -
Coordonnées X / Y 709933 / 1611451
(WGS84 – UTM 20N) Bouée chenal rouge -PBB
Bathymétrie (m) : 21



Données 2018

		206-Pointe du Bout				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,52	29,13	27,69	0,74	12
	profondeur	26,40	28,49	27,61	0,68	12
Salinité	surface	33,87	36,07	35,06	0,73	12
	profondeur	34,14	36,39	35,43	0,68	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	2,00	5,00	2,42	1,00	12
	profondeur	2,00	7,00	2,75	1,48	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,30	0,70	0,43	0,17	12
	profondeur	0,10	0,70	0,42	0,16	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,70	0,23	0,17	12
	profondeur	0,10	0,64	0,21	0,16	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,07	0,04	0,01	12
	profondeur	0,03	0,07	0,04	0,01	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,05	0,46	0,22	0,13	12
	profondeur	0,05	0,52	0,24	0,13	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,25	0,10	0,06	12
	profondeur	0,05	0,38	0,12	0,10	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,28	6,57	6,45	0,10	12
	profondeur	5,79	6,41	6,16	0,16	12
pH	surface	8,02	8,22	8,12	0,06	12
	profondeur	8,02	8,20	8,11	0,05	12
Turbidité (NFU)	surface	0,15	7,80	0,96	2,17	12
	profondeur	0,16	2,60	0,59	0,78	12

Remarques/Commentaires



Suivi hydrologique de la baie de Fort-de-France



Période janvier-décembre 2018
Fréquence mensuelle

Informations Générales sur la station

Nom Atterrissage Rouge

Localisation Département : 972 - Martinique
Secteur : Baie de Fort-de-France
Commune : Fort-de-France
Code radiale : 207

Bassin Versant adjacent : Rivière Monsieur/Rivière Madame

Coordonnées X / Y 706509 / 1612165
(WGS84 – UTM 20N) Bouée chenal rouge -1

Bathymétrie (m) : 14



Données 2018

		207-Atterrissage rouge				
		min	maxi	moyenne	écart-type	n
Température °C	surface	26,59	28,71	27,58	0,68	12
	profondeur	26,40	28,57	27,61	0,68	12
Salinité	surface	33,69	36,12	35,05	0,80	12
	profondeur	33,78	36,39	35,30	0,79	12
MES (mg l ⁻¹)	surface	2,00	8,00	2,92	1,98	12
	profondeur	2,00	4,00	2,25	0,62	12
Chlorophylle a (µg l ⁻¹)	surface	0,10	0,60	0,32	0,15	12
	profondeur	0,10	0,40	0,25	0,09	12
Ammonium (µmol l-1)	surface	0,10	0,36	0,16	0,09	12
	profondeur	0,10	0,27	0,15	0,07	12
Nitrites (µmol l-1)	surface	0,03	0,05	0,03	0,01	12
	profondeur	0,03	0,03	0,03	0,00	12
Nitrites + Nitrates (µmol l-1)	surface	0,11	1,58	0,41	0,41	12
	profondeur	0,11	0,45	0,27	0,13	12
Orthophosphates (µmol l-1)	surface	0,05	0,55	0,13	0,14	12
	profondeur	0,05	0,13	0,07	0,03	12
Oxygène dissous (mg l-1)	surface	6,25	6,60	6,48	0,12	12
	profondeur	5,97	6,52	6,24	0,16	12
pH	surface	8,00	8,23	8,11	0,07	12
	profondeur	7,98	8,22	8,10	0,06	12
Turbidité (NFU)	surface	0,20	3,10	0,74	0,94	12
	profondeur	0,15	6,40	1,16	2,13	12

Remarques/Commentaires

F. Bibliographie

- Allenou, J.P. et Le Merrer, Y. 2018. Résultats de l'étude de suivi des concentrations de nutriments dans les eaux côtières de Martinique en 2017. Rapport d'étude ODE972.
- Aminot, A., Kérouel, R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Editions IFREMER, Plouzané (France), 336 p.
- Anger, J.-P., 2001. L'étain et les organoétains dans l'environnement. *Annales de toxicologie analytique*, 13 (3) : 196-202.
- Cherubin, L.M., Richardson, P.L. 2007. Caribbean current variability and the influence of the Amazon and Orinoco freshwater plumes. *Deep sea research Part1 :Oceanographic Research Papers*, 54 : 1451-1473.
- Impact-Mer (2000). Etudes préalables à la mise en place du Réseau National d'Observation (RNO) de la qualité du milieu marin aux Antilles (Martinique & Guadeloupe), devenir des nutriments en milieu marin tropical: 30.
- Impact-Mer (2002). Mise en place du réseau national de surveillance des ports maritimes (REPOM) en Martinique - Etudes préalables: 48 (+ annexes).
- Impact-Mer. 2015. Suivi chimique et biologique des stations des réseaux de référence et de surveillance des Masses d'Eau Côtières au titre de l'année 2014. Etat écologique partiel. Rapport de synthèse. 200 pp
- Impact-Mer. 2016. Suivi physico-chimique et biologique des stations des réseaux de référence et de surveillance des Masses d'Eau Côtières au titre de l'année 2015. Etat écologique partiel. Rapport de synthèse. 192 pp
- Jafar-Sidik, M., Gohin, F., Bowers, D., Howarth, J., Hull, T. 2017. The relationship between Suspended Particulate Matter and Turbidity at a mooring station in a coastal environment : consequences for satellite-derived products. *Oceanologia*, 59 (3) : 365-378.
- MATE & METL, 2000. Circulaire n°2000-62 du 14 juin 2000 relative aux conditions d'utilisation du référentiel de qualité des sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire défini par l'arrêté interministériel. NOR : EQUK0010134C
- MEDDE. 2014. Arrêté du 17 juillet 2014 modifiant l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du code de l'environnement.
- MEDD. 2006. Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993
- MEDDE. 2013. Arrêté du 8 février 2013 complémentaire à l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 3.2.1.0 et 4.1.3.0 de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du code de l'environnement.
- Parlement Européen, Conseil de l'Union Européenne, 2000. Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Journal officiel des Communautés européennes n° L 327 du 22.12.2000.
- Schiavone, S., Coquery, M. 2009. Analyse comparative et critique des documents guides ou normes pour le prélèvement des sédiments en milieu continental. Cemagref, 35 pp.
- Soudant, D., Belin, C., 2009. Évaluation DCE décembre 2008. Élément de qualité : phytoplancton. Rapport Intermédiaire, 01 2009 - R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/09-03/DS IFREMER / DYNECO / VIGIES / EMP, 160 pp.

