



Centre Ifremer Manche Mer du Nord
Laboratoire Environnement & Ressources de Boulogne-sur-Mer

DEVREKER David
LEFEBVRE Alain

Mars 2023

Référence : ODE/LITTORAL/LER.BL/23.06

**Résultats de la mise en œuvre des réseaux
REPHY (Réseau Phytoplancton et Phycotoxines)
et SRN (Suivi Régional des Nutriments)**

**Zones côtières de la Manche orientale et
de la baie sud de la Mer du Nord**

Bilan de l'année 2022

<p>Numéro d'identification du rapport : IFREMER/ODE/LITTORAL/LER.BL/23.06</p> <p>Diffusion : libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/></p> <p>Validé par : LEFEBVRE Alain</p> <p>Version du document : définitive</p>	<p>Date de publication 26 Mars 2023</p> <p>Nombre de pages 198</p> <p>Bibliographie (Oui / Non)</p> <p>Illustration(s) (Oui / Non)</p> <p>Langue du rapport Français</p>
<p>Titre et sous-titre du rapport : Résultats de la mise en œuvre des réseaux REPHY et SRN – Zones côtières de la Manche orientale et de la baie sud de la Mer du Nord – Bilan de l'année 2022.</p> <p>Titre traduit : Results from the REPHY and SRN monitoring programs – Coastal zones of the English Channel and southern bight of the North Sea - Annual report for 2022.</p>	
<p>Auteurs principaux :</p> <p>Lefebvre Alain Devreker David</p>	<p>Organisme / Direction / Service, laboratoire</p> <p>Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer</p>
<p>Collaborateurs :</p> <p>Blondel Camille Duquesne Vincent Lebon Fabien Chedot Benoît</p>	<p>Organisme / Direction / Service, laboratoire :</p> <p>Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer</p>
<p>Convention Ifremer / AEAP 2023</p>	
<p>Organisme commanditaire : Agence de l'Eau Artois-Picardie</p>	
<p>Organisme réalisateur : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer) - Centre Manche Mer du Nord - Laboratoire Environnement & Ressources (LER), Boulogne-sur-Mer.</p>	
<p>Responsable scientifique : Lefebvre Alain, Ifremer/LER/Boulogne-sur-Mer.</p>	
<p>Cadre de la recherche : Suivi Régional des Nutriments et REPHY</p> <p>Code Action Ifremer P305-0013</p> <p>Projet Ifremer Convention Ifremer/Agence de l'Eau Artois Picardie</p> <p>Campagnes en mer : Navire Océanographique Sépia II sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, moyens nautiques de la SNSM sur la radiale de Dunkerque et du Sport Nautique Valéricain et d'Aquamarine dans la Baie de Somme.</p>	

Résumé :

Le littoral Nord - Pas-de-Calais / Picardie montre de nombreux signes de dysfonctionnements induits principalement par l'activité anthropique. Ces signes se manifestent presque toujours par un déséquilibre des populations, qu'elles soient animales ou végétales. En effet, certaines espèces dominent. C'est le cas de la Prymnesiophycée *Phaeocystis sp.*, une algue phytoplanctonique naturelle qui prolifère tous les ans au printemps. Le cycle de développement de l'espèce évolue depuis quelques années (modification de l'amplitude, de la durée et de l'extension géographique du bloom) et est fortement lié à la dynamique des sels nutritifs comme les nitrates et les phosphates par exemple.

Dans le cadre de l'évaluation de l'influence des apports continentaux en éléments nutritifs sur d'éventuels processus d'eutrophisation du milieu marin, de l'estimation de l'efficacité des stations d'épuration à éliminer de telles substances et afin d'établir un suivi à long terme permettant de suivre l'évolution de la qualité des eaux littorales, le réseau de Suivi Régional des Nutriments (SRN) a été mis en place par l'Ifremer en collaboration avec l'Agence de l'Eau Artois-Picardie en 1992 afin de compléter le réseau REPHY (Réseau Phytoplancton et Phycotoxines).

Ce rapport présente les principaux résultats de l'année 2022 en termes d'évolution temporelle des paramètres physico-chimiques et biologiques caractéristiques des masses d'eaux échantillonnées au niveau des points de surveillance de trois radiales situées à Dunkerque, à Boulogne-sur-Mer et en Baie de Somme.

Abstract :

The coastal zone of the Nord – Pas-de-Calais / Picardie showed dysfunctioning patterns of the ecosystem considered to be link to human activities along shores. These results in regular massive development of species, such as the phytoplanktonic seaweed, *Phaeocystis sp.* which life cycle was partly linked to nutrients availability and consequently to anthropogenic inputs.

As part of the evaluation of the influence of continental inputs on the marine environment (nitrates, phosphates,...) and on potential eutrophication processes, of the estimation of the efficiency of the sewage treatments plants in the possible elimination of dumpings and in order to establish a long-term survey to follow up the change in coastal waters quality, the regional nutrients monitoring network was implemented by Ifremer in collaboration with the Agence de l'Eau Artois-Picardie in 1992 in order to complete the REPHY (Phytoplankton and Phycotoxins) monitoring programme.

This study reports the main results for the year 2022 in terms of temporal change of the main physico-chemical and biological parameters characteristic of water masses sampled along three transects offshore Dunkerque, Boulogne-sur-Mer and the Bay of Somme.

Mots-clés :

Manche Orientale - baie sud de la Mer du Nord - Hydrologie - Phytoplancton - Phaeocystis globosa

Keywords :

Eastern English Channel – southern bight of the North Sea - Hydrology - Phytoplankton - Phaeocystis globosa

Table des matières

Introduction générale	4
1. Présentation des sites d'échantillonnage	5
2. Prélèvements et analyses	9
2.1 Fréquence des prélèvements	9
2.2 Prélèvements en mer	10
2.2.1 Niskin	10
2.2.2 Sonde Y.S.I.	11
2.3 Paramètres physico-chimiques	12
2.3.1 Salinité et Température	12
2.3.2 Turbidité	12
2.3.3 L'oxygène dissous	13
2.4 Paramètres biogéochimiques	13
2.4.1 Ammonium	13
2.4.2 Nitrate	13
2.4.3 Nitrite	13
2.4.4 Phosphate	13
2.4.5 Silicate	13
2.4.6 Matières En Suspension (M.E.S.)	14
2.4.7 Matières Organiques Particulaires (M.O.P.)	14
2.5 Paramètres biologiques	14
2.5.1 Chlorophylle- <i>a</i>	14
2.5.2 Phytoplancton	14
2.5.2.1 <i>Observation en microscopie inversée</i>	14
2.5.2.2 <i>Lecture des graphes</i>	15
2.6 Assurance qualité	15
2.7 Interprétation des Figures	16
3. Résultats	19
3.1 Paramètres hydrologiques	19
3.1.1 Dunkerque	19
3.1.1.1 <i>Température</i>	19
3.1.1.2 <i>Salinité</i>	23
3.1.1.3 <i>Turbidité et matières en suspension</i>	27
3.1.1.4 <i>M.E.S.</i>	31
3.1.1.5 <i>Matière organique</i>	35
3.1.1.6 <i>Ammonium</i>	39
3.1.1.7 <i>Nitrite + Nitrate</i>	43
3.1.1.8 <i>Phosphate</i>	47
3.1.1.9 <i>Silicate</i>	51
3.1.1.10 <i>Oxygène dissous</i>	55
3.1.1.11 <i>Limitation par les nutriments</i>	59
3.1.1.12 <i>Chlorophylle-a</i>	62
3.1.2 Boulogne-sur-Mer	66
3.1.2.1 <i>Température</i>	66
3.1.2.2 <i>Salinité</i>	70
3.1.2.3 <i>Turbidité et matières en suspension</i>	74
3.1.2.4 <i>M.E.S.</i>	78
3.1.2.5 <i>Matière organique</i>	82
3.1.2.6 <i>Ammonium</i>	86
3.1.2.7 <i>Nitrite + Nitrate</i>	90
3.1.2.8 <i>Phosphate</i>	94

3.1.2.9 <i>Silicate</i>	98
3.1.2.10 <i>Oxygène dissous</i>	102
3.1.2.11 <i>Limitation par les nutriments</i>	106
3.1.2.12 <i>Chlorophylle-a</i>	109
3.1.3 La Baie de Somme	113
3.1.3.1 <i>Température</i>	113
3.1.3.2 <i>Salinité</i>	118
3.1.3.3 <i>Turbidité et matières en suspension</i>	123
3.1.3.4 <i>M.E.S.</i>	128
3.1.3.5 <i>Matière organique</i>	133
3.1.3.6 <i>Ammonium</i>	138
3.1.3.7 <i>Nitrite + Nitrate</i>	143
3.1.3.8 <i>Phosphate</i>	148
3.1.3.9 <i>Silicate</i>	153
3.1.3.10 <i>Oxygène dissous</i>	158
3.1.3.11 <i>Limitation par les nutriments</i>	163
3.1.3.12 <i>Chlorophylle-a</i>	167
3.2 Paramètres biologiques	172
3.2.1 Le phytoplancton	172
3.2.2 Mesure de la diversité : Indice de Sanders	172
3.2.3 Genres toxiques et Toxicités	173
3.2.4. Dynamique phytoplanctonique	174
3.2.4.1 Dunkerque	174
3.2.4.2 Boulogne-sur-mer	178
3.2.4.3 Baie de Somme	182
4. Discussion et conclusion	187
Bibliographie	190
Annexes	191

Introduction générale

Les zones côtières consistent en une mosaïque d'écosystèmes interconnectés par des flux de composés dissous, de matières détritiques et d'organismes. Leur position comme zones d'interface entre océan et continent en fait des zones de transition stratégiques dans lesquelles les facteurs terrestres et océaniques se rencontrent, dont la dynamique détermine une grande variété des ressources naturelles. Ainsi, malgré une surface relativement faible, 10 % de surface des océans, les zones côtières sont les plus précieuses mais aussi les plus vulnérables des habitats sur Terre. La production primaire y est très importante, puisqu'elle représenterait à elle seule entre 14 et 30 % de la production primaire océanique totale et est le siège d'une activité de minéralisation très intense qui, dans les sédiments, peut représenter plus de la moitié de la minéralisation totale s'effectuant dans l'ensemble des sédiments marins. Toute cette activité biologique et biogéochimique est sous le contrôle des apports d'éléments nutritifs majeurs qui se font via les rivières, les eaux souterraines et l'atmosphère.

A la fin du XX^{ème} siècle, les apports naturels d'éléments nutritifs par les rivières ont considérablement augmenté comme une conséquence de divers facteurs, notamment l'utilisation massive d'engrais minéraux dans l'agriculture et l'accroissement des pressions urbaines le long des côtes (EEA, 2010). L'augmentation à long terme des apports azotés (N) et phosphatés (P) d'origine anthropique et une certaine stabilité des apports en silicates (Si) en zone côtière ont trois conséquences potentielles :

- l'induction d'une augmentation de la production primaire, qui était préalablement N et/ou P limitée, peut conduire à de sévères problèmes d'eutrophisation ;
- le déclin des rapports Si/N, qui induit une limitation par le silicate pour les populations de diatomées et tout autre modification de l'équilibre stoechiométrique des éléments majeurs (N, P, Si), va aboutir à des changements de dominance et des modifications d'abondance des espèces phytoplanctoniques ;
- une limitation par le silicate peut perturber la succession phytoplanctonique classique dans les eaux tempérées et peut provoquer un changement de dominance des espèces siliceuses (diatomées) vers les espèces non siliceuses (flagellés) avec une possible émergence de nouveaux types d'efflorescence dont les espèces caractéristiques sont parfois toxiques.

De plus, dans le contexte hydrodynamique local (régime mégatidal, présence d'une structure frontale «Le fleuve côtier» et d'une dérive résiduelle des masses d'eau vers la Mer du Nord), les apports marins en éléments majeurs ne sont pas négligeables : les apports d'azote inorganique dissous, de phosphate et de silicate de la Manche vers la Mer du Nord ont été estimés à 210.10^3 t/an, 41.10^3 t/an et 270.10^3 t/an respectivement.

Avant 1992, le suivi des nutriments sur le littoral était réalisé épisodiquement par l'intermédiaire du RNO (Réseau National d'Observation) ou du RNC (Réseau National de Contrôle). La nécessité de surveiller plus finement et sur une longue période les variations de concentration en sels nutritifs du milieu littoral a conduit l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et l'Ifremer à mettre en place, en 1992, le SRN (Suivi Régional des Nutriments) sur la façade du littoral Nord / Pas-de-Calais / Picardie. Les objectifs de ce suivi sont d'évaluer l'influence des apports continentaux sur le milieu marin (sels azotés, phosphates, silicates) et leurs conséquences sur d'éventuels processus d'eutrophisation.

Il a pour but également d'estimer l'efficacité des stations d'épuration et des politiques d'aménagement et de gestion de la zone côtière et, plus généralement, l'éventuelle élimination de tels rejets. L'acquisition régulière des données permet l'établissement d'un suivi à long terme de l'évolution de la qualité des eaux littorales des trois radiales situées au large de Dunkerque, de Boulogne-sur-Mer et de la Baie de Somme, permettant de prétendre à pouvoir diminuer les effets des changements à grande échelle, des changements liés aux activités anthropiques, plus régionaux.

1. Présentation des sites d'échantillonnage

L'échantillonnage est réalisé au niveau de trois systèmes caractéristiques de la Manche orientale ou de la baie sud de la Mer du Nord : Baie de Somme, Boulogne-sur-Mer, Dunkerque (Tableau 1). Les radiales sont constituées de 3 ou 4 points de prélèvements positionnés selon un gradient côte-large (Figures 1, 2 et 3).

- La **radiale de Dunkerque** caractérise un système côtier de faible profondeur où dominant des apports industriels et où la faible pente des bassins versants est responsable d'écoulements continentaux lents.
- La **radiale de Boulogne-sur-Mer** est représentative d'un système côtier sous influence d'une structure frontale générée par les apports de la Baie de Seine et où dominant des rejets d'origine agricole.
- La **radiale de Baie de Somme** caractérise un système estuarien où se concentre une activité conchylicole et agricole importante.

Ces trois systèmes sont structurés hydrodynamiquement et sédimentairement par un régime mégatidal. Les coordonnées des différents points sont précisées dans le Tableau 1. Suite à des modifications au niveau du chenal de navigation en Baie de Somme, un repositionnement du point Mimer a été nécessaire en 2004 (Tableau 1).

TABLEAU 1 – Coordonnées des points sur les trois radiales.

		RADIALES		
		DUNKERQUE	BOULOGNE	BAIE DE SOMME
STATIONS	Point 0			Bif Latitude : 50°12.88' N Longitude : 01°35.96' E
	Point 1	DK1 Latitude : 51°04.30' N Longitude : 02°20.20' E	BL1 Latitude : 50°45.24' N Longitude : 01°33.00' E	Mimer (avant 2004 et depuis 2017) Latitude : 50°13.30' N Longitude : 01°32'40 E <u>Mimer' (de 2004 à 2017)</u> Latitude : 50°14.140' N Longitude : 01°32.963' E
	Point 2		BL2 Latitude : 50°45.24' N Longitude : 01°31.22' E	Atso Latitude : 50°14.00' N Longitude : 01°28.50' E
	Point 3	DK3 Latitude : 51°06.70' N Longitude : 02°17.20' E	BL3 Latitude : 50°44.94' N Longitude : 01°27.05' E	
	La station Mer 1 n'est plus échantillonnée depuis 2015			
	Point 4	DK4 Latitude : 51°09.20' N Longitude : 02°15.10' E		Mer 2 Latitude : 50°13.15' N Longitude : 01°26.75' E

Dans la base de données Quadrigé², d'où sont extraites les données ayant servies à réaliser ce rapport, les points des radiales sont labellisés comme suite : Point 1 Dunkerque, Point 3 SRN Dunkerque, Point 4 SRN Dunkerque, Point 1 Boulogne, Point 2 SRN Boulogne, Point 3 SRN Boulogne, Bif, Mimer, Atso et SRN Somme mer 2. Ces labels seront utilisés dans les figures et tableaux de la section résultats du rapport.

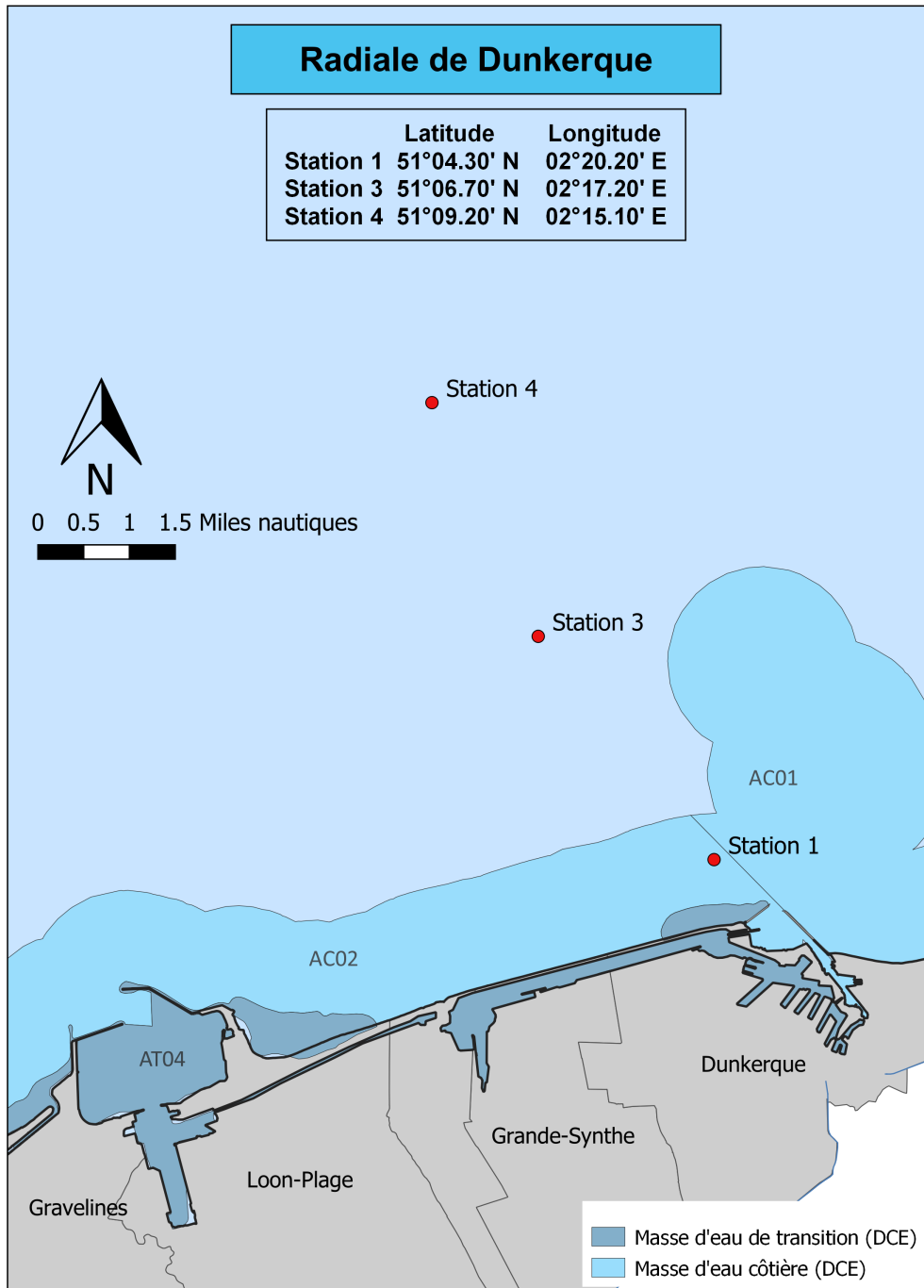


FIGURE 1 – Localisation des points de prélèvements de la radiale de Dunkerque

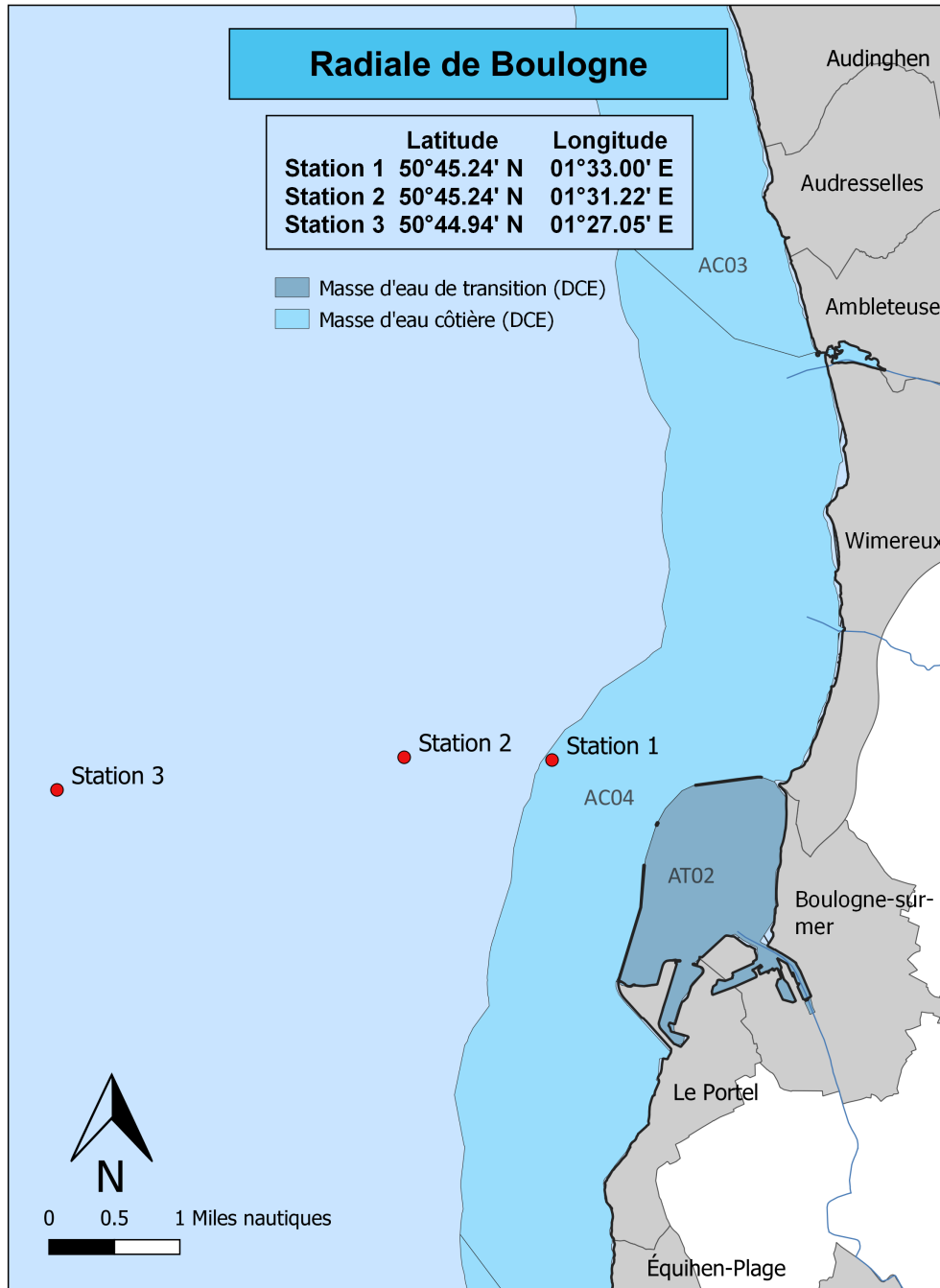


FIGURE 2 – Localisation des points de prélèvements de la radiale de Boulogne sur Mer

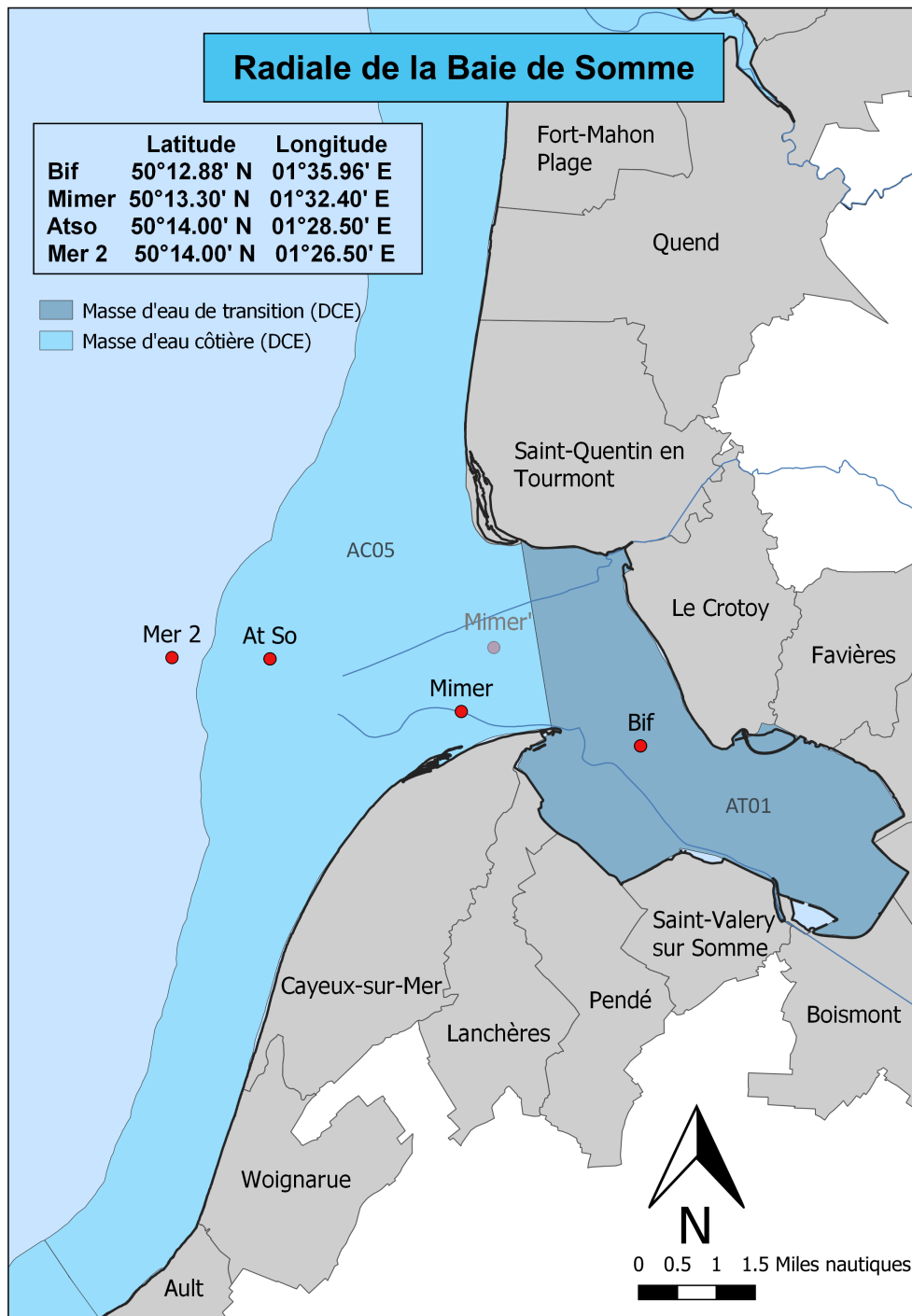


FIGURE 3 – Localisation des points de prélèvements de la radiale de la Baie de Somme

2. Prélèvements et analyses

2.1 Fréquence des prélèvements

Les prélèvements effectués sont regroupés au sein de deux réseaux de surveillance du milieu marin côtier : le REPHY et le SRN. Depuis 2017, dans le cadre du REPHY, la fréquence de prélèvements a évolué pour passer d'un prélèvement par mois au point le plus proche des côtes des trois radiales à deux, exception faite de la baie de Somme où cette modification concerne le point Atso. Ce réseau dépend alors théoriquement de 24 sorties en mer étendues sur l'année (la moitié de ces sorties étant commune aux deux réseaux). En ce qui concerne le SRN, la stratégie d'échantillonnage n'a pas été modifiée. Les prélèvements sont mensuels et s'étendent de la côte au large. Cependant, de mars à juin, une prolifération de la Prymnesiophycée *Phaeocystis* sp. est observable. Elle peut représenter une nuisance pour le système marin (Lancelot et al. 1998) ; c'est pourquoi, sur cette période, les prélèvements sont bimensuels. Les prélèvements pour le SRN représentent alors 16 sorties par an.

La cause de la modification de la stratégie d'échantillonnage du réseau REPHY est la création du réseau PHYTOBS (+ Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE)), celui-ci regroupant deux composantes majeures de la surveillance de l'environnement marin côtier : le REPHY et le SOMLIT. Les objectifs du réseau PHYTOBS sont donc :

- analyser les réponses aux changements environnementaux,
- reconnaître les niches écologiques et les habitats,
- détecter les variations de phénologie,
- caractériser les traits et groupes fonctionnelles.

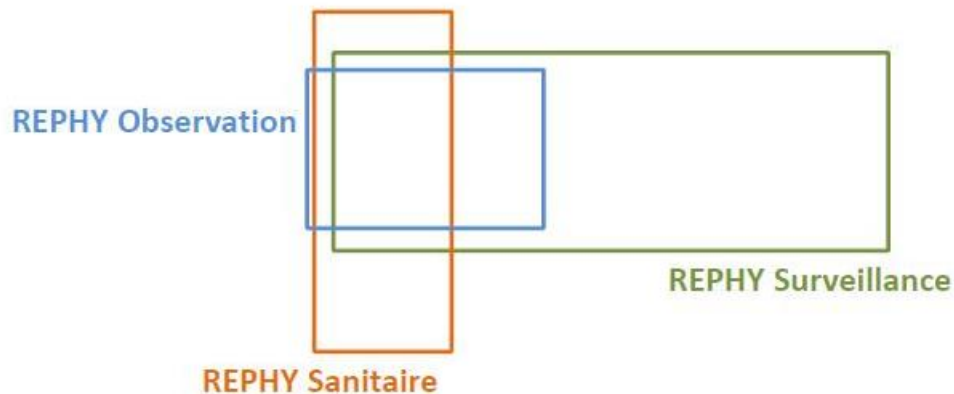


FIGURE 4 – Les différentes composantes du REPHY : le REPHY Observation répond à des questions de recherche (flore totale). Il correspond à la partie labellisée PHYTOBS. Le REPHY Surveillance répond aux directives européennes (DCE et DCSMM) (flore indicatrice). Le REPHY Sanitaire complète les deux autres en ciblant les espèces toxiques (flore toxique). Les points du SRN répondent à tout ou partie de ces trois composantes.

En 2022, certaines sorties ont dû être tronquées, en raison de conditions météorologiques défavorables et/ou de problèmes techniques ou d'indisponibilités des moyens nautiques ; seule la station côtière (point de référence pour la Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE et le réseau REPHY) a pu être, dans certains cas, échantillonnée. Sur les 24 sorties par station SRN + REPHY et 16 sorties par station SRN Historique prévues initialement, le bilan pour cette année est le suivant :

TABLEAU 2 – Récapitulatif du nombre de sorties réalisées en 2022.

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
At so	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

Le détail du nombre d'analyse réalisée par paramètre et par point est donné en Annexe 1.

Les méthodes d'analyse suivent les procédures décrites dans le manuel des analyses chimiques en milieu marin d'Aminot & Chaussepied (1983), Aminot & Kérouel (2004) et sont effectuées selon la procédure d'assurance de la qualité de l'Ifremer.

2.2 Prélèvements en mer

2.2.1 Niskin

Les prélèvements d'eau pour analyses sont effectués en sub-surface (-0,5 m à -1 m) à partir d'un bateau et à l'aide d'une bouteille Niskin (Figure 5) à pleine mer \pm 2h. C'est une bouteille qui, une fois immergée, se referme de part et d'autre grâce à un percuteur.

L'eau est alors transvasée directement dans un flacon plastique opaque brun de 1 litre pour les analyses de concentration en chlorophylle-*a* et les comptages du phytoplancton ou dans un flacon à usage courant pour les analyses de matières en suspension et de la turbidité.



FIGURE 5 – Bouteille de prélèvement Niskin

Pour les sels nutritifs, l'eau est préfiltrée (maille de 50 μ m) avant d'être transvasée dans un flacon. Pour l'ammonium, l'eau préfiltrée est versée dans un flacon opaque de 100 ml. Ces flacons sont placés en glacière en attendant le retour pour analyse au laboratoire.

2.2.2 Sonde Y.S.I.

Lors des campagnes de prélèvements, la sonde Ysi 6600 V2 (Figure 6) a été utilisée afin de caractériser la structure verticale des masses d'eaux des différents sites. Elle est déployée lors de chaque campagne de prélèvements en mode autonome ou en mode supervisé (avec ou sans câble et boîtier de contrôle) (Figure 6).



FIGURE 6 – La sonde multiparamètres Ysi 6600 V2 et son boîtier de contrôle.

Cette sonde permet la mesure ou le calcul des paramètres présentés dans le tableau 2. La concentration en chlorophylle-*a* est estimée via une mesure de la fluorescence.

Pour les points côtiers DK1, BL1, Atso et Bif (Figure 1 à 3), seules les valeurs de sub-surface et de fond (extraites des profils de sonde) des paramètres température, salinité et de concentration en oxygène dissous sont bancarisées dans la base de données Quadrigé². Pour les points plus au large, seules les valeurs de sub-surface sont bancarisées. Les données de fond ne sont pas présentées dans le rapport.

Les profils de sonde complets sont toutefois accessibles sur le site de l'infrastructure de recherche CORIOLIS (<http://www.coriolis.eu.org/>).

Si la concentration en chlorophylle-*a* et la turbidité sont toutes les deux mesurées par la sonde Y.S.I. et par des prélèvements d'eau à la bouteille Niskin, seuls les résultats issus des analyses au laboratoire à partir des échantillons prélevés à la Niskin sont bancarisés dans la base de données Quadrigé² et sont présentés dans ce rapport. A noter que ce sont donc les données Niskin de chlorophylle-*a* et de turbidité qui sont utilisées dans les simulations DCE.

TABLEAU 3 – Tableau récapitulatif des paramètres acquis par la sonde Ysi 6600 V2

Paramètre	Unité	Plage	Résolution	Précision
Température	Degrés Celcius (°C)	-5°C à +45°C	0,01°C	±0,15°C
Conductivité	mS/cm	0 à 100 mS/cm	0,001 à 0,1 mS/cm	±0,5 % de la lecture +0,001 mS/cm
Salinité	P.S.U.	0 à 70	0,01	±1 % de la lecture ou 0,1
Oxygène dissous	% saturatuion	0 à 500 %	0,1 %	0 à 200 % : ±2 % de la lecture 200 à 500 % : ±6 % de la lecture
Oxygène dissous	mg.l ⁻¹	0 à 50 mg.l ⁻¹	0,01 mg.l ⁻¹	0 à 200 mg.l ⁻¹ : ±2 % de la lecture 200 à 500 mg.l ⁻¹ : ±6 % de la lecture
pH	Unités de pH	0 à 14 unités	0,01 unités	±0,2 unités
Turbidité	N.T.U.	0 à 1000 F.N.U.	0,1 F.N.U.	±5 % de la lecture ou 0,3 N.T.U.
Chlorophylle-a	µg.l ⁻¹	0 à 400 µg.l ⁻¹	0,1 µg.l ⁻¹	
Profondeur	Mètres (m)	0-200 m	0,001 m	De 0 à 9 m : ±0,02 m De 0 à 60 m : ±0,12 m De 0 à 200 m : ±0,3 m

2.3 Paramètres physico-chimiques

2.3.1 Salinité et Température

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces. En milieu océanique, la température, associée à la salinité, est mesurée pour calculer la masse volumique de l'eau nécessaire à la détermination de la stratification de verticale. La salinité représente le contenu en sels dissous d'une eau. La mesure de la salinité se fait par sonde conductimétrique couplée à une sonde de température.

Le résultat est exprimé en Practical Salinity Unit (1 P.S.U. = 1 g de sel (NaCl) par kg d'eau de mer). L'UNESCO recommande l'utilisation de l'échelle de salinité comme un rapport sans préciser de dimension ou d'unité. Les notations p.p.t., ‰, g. kg⁻¹ ne sont plus utilisées et il n'est pas correct de préciser P.S.U. après le nombre. Les mesures de température et de salinité ont été réalisées grâce à l'utilisation de la sonde YSI (voir paragraphe 2.2.2)

2.3.2 Turbidité

La turbidité est un paramètre qui permet d'apprécier l'aspect visuel, c'est-à-dire le degré d'opacité ou de transparence d'une masse. La turbidité est le plus souvent le résultat des apports continentaux de matériels solides, de la remise en suspension des dépôts sédimentaires et aussi parfois de poussées phytoplanctoniques. De ce fait, elle est étroitement liée à la concentration en MES et influe sur la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et donc sur la production primaire photosynthétique.

La mesure de la turbidité se fait par néphélométrie et est exprimée en Nephelometric Turbidity Unit (N.T.U.). Elle consiste à mesurer la quantité de lumière diffusée à 90° par rapport à la lumière incidente.

2.3.3 L'oxygène dissous

Le niveau d'oxygène est un bon indicateur de la capacité d'un milieu à supporter la vie. L'oxygène en milieu aqueux provient à la fois des processus physiques (échanges atmosphériques entre l'air et l'eau), chimiques, ainsi que de l'activité photosynthétique des plantes. Des chutes des niveaux d'oxygène peuvent cependant résulter du métabolisme des organismes aquatiques lié au processus de respiration, de la décomposition de la matière organique par les bactéries ou encore de l'oxydation chimique de composés organiques et inorganiques.

Sa mesure dans l'eau, en mg/L, a été réalisée grâce à l'utilisation de la sonde YSI (voir paragraphe 2.2.2).

2.4 Paramètres biogéochimiques

La mesure des concentrations pour l'ensemble des nutriments se fait par lecture au spectrophotomètre avec une relation Densité Optique (DO) / concentration selon une courbe de calibration réalisée à chaque série de mesures.

2.4.1 Ammonium

Dans l'eau, l'ammoniac existe sous deux principales formes : NH_3 et NH_4^+ . Au pH usuel, l'ammonium (NH_4^+) reste cependant la forme la plus dominante. Le dosage de l'ammonium est effectué selon la méthode de Koroleff (1969). Ce dosage permet de déterminer la totalité de l'azote ammoniacal. Après l'addition d'hypochlorite en milieu basique, il y a une formation de monochloramine. Cette monochloramine réagit avec le phénol pour donner du bleu d'indophénol possédant un maximum d'absorption à 630 nm. La réaction est catalysée par le nitroprussiate.

La concentration d'ammonium est exprimée en $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Le seuil de détection de l'appareil est de 0,15 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

2.4.2 Nitrate

Après réduction des ions nitrates en ions nitrites, par passage sur une colonne au cadmium, la méthode appliquée est la méthode de Bendschneider & Robinson (1952). Les ions nitrites forment un complexe diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide. Ce complexe réagit avec le Nnaphtyl éthylène diamine pour former un complexe coloré rose ayant un maximum d'absorption à 543 nm. La limite de quantification est de 0,15 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

2.4.3 Nitrite

Le dosage est effectué selon la méthode de Bendschneider & Robinson (1952). Les ions nitrites forment un complexe diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide. Ce complexe réagit avec le Nnaphtyl éthylène diamine pour former un complexe coloré rose ayant un maximum d'absorption à 543 nm. La limite de quantification est de 0,05 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

2.4.4 Phosphate

Le phosphate désigne l'ensemble des formes dissoutes de l'ion orthophosphate (PO_4^{3-}). Leur dosage s'effectue selon la méthode de Murphy & Riley (1962). Ce dosage permet de déterminer les ions orthophosphates dissous dans l'eau de mer. Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine, pour former un complexe que l'on réduit par ajout d'acide ascorbique. Cette forme réduite, de coloration bleue, a un maximum d'absorption à 885 nm. La concentration en phosphate est exprimée en $\mu\text{mol.l}^{-1}$. La limite de quantification est de 0,05 $\mu\text{mol.l}^{-1}$.

2.4.5 Silicate

Le terme silicate désigne les formes dissoutes de l'ion orthosilicate SiO_4 . Dans l'eau de mer, la forme majoritaire est l'acide orthosilicique, Si(OH)_4 , forme sous laquelle est exprimé le silicate dissous.

Le dosage de cet élément est réalisé selon la méthode de Mullin & Riley (1955) adaptée par Strickland & Parsons (1972). Ce dosage permet de déterminer le silicium dissous réactif. Le silicium réactif forme un complexe silicomolybdique qui, par ajout d'un mélange réducteur, donne une coloration bleue intense. Ce complexe a un maximum d'absorption à 810 nm.

La concentration en silicate est exprimée en $\mu\text{mol.l}^{-1}$. La limite de quantification est de $0,1 \mu\text{mol.l}^{-1}$.

2.4.6 Matières En Suspension (M.E.S.)

Dans l'eau, il existe des quantités plus ou moins importantes de particules insolubles présentes en suspension. L'importance de ces matières en suspension (M.E.S.) dans un milieu affecte la transparence de l'eau ainsi que la biologie. La filtration d'un échantillon sur une membrane filtrante permet de récupérer la matière vivante ou morte de taille supérieure à $0,45 \mu\text{m}$ contenue dans l'échantillon, sel de l'eau de mer exclu (le filtre est rincé pour éliminer l'excès de sel).

Par séchage à l'étuve ($70 \text{ }^\circ\text{C}$) de la matière totale pendant 24 heures puis par différence de pesée (avant et après séchage), le poids sec de la matière totale est déterminé. Les M.E.S. sont exprimées en mg.l^{-1} .

2.4.7 Matières Organiques Particulaires (M.O.P.)

C'est la fraction organique de la matière particulaire en suspension. Elle est exprimée en mg.l^{-1} . Pour obtenir sa mesure, le filtre préalablement traité pour la détermination des quantités de matières en suspension (paragraphe 1.4.8) est mis au four à moufle ($450 \text{ }^\circ\text{C}$) pendant 1 heure.

Le résultat de la différence de pesée avant / après passage au four permet l'estimation de la part de matière minérale (M.M.) dans l'échantillon. La quantité de M.O.P. est représentée par la différence entre M.E.S. et M.M.

2.5 Paramètres biologiques

2.5.1 Chlorophylle-*a*

La mesure de la concentration en chlorophylle-*a* constitue une estimation simple et spécifique de la biomasse du phytoplancton.

Par filtration sur membrane (filtre Whatman GF/C de 47 mm), le matériel particulaire est concentré. Les pigments sont ensuite extraits dans un solvant (acétone à 90 %). Après centrifugation pendant 20 minutes à 6000 tr.mn^{-1} , l'absorbance du surnageant est mesurée par spectrophotométrie à 665 et 750 nm, ce qui permet d'obtenir le taux de chlorophylle-*a* (son pic d'absorbance se situe à 665 nm).

Les concentrations en chlorophylle-*a* sont exprimées en $\mu\text{g.l}^{-1}$ ou mg.m^{-3} (précision $\pm 0,01$). Le seuil de détection de ce pigment est de $0,04 \mu\text{g.l}^{-1}$.

2.5.2 Phytoplancton

2.5.2.1 Observation en microscopie inversée

La procédure utilisée est la méthode Ütermohl 322/89CSR/BCM, classiquement utilisée pour l'identification et le dénombrement du phytoplancton dans le cadre des réseaux de surveillance phytoplanctonique. Les observations sont faites le plus vite possible, au moins pour les espèces cibles, et sur les deux types d'échantillons : vivants et fixés. La fixation se fait au lugol (2,5 ml par litre). La solution mère de lugol est à conserver à l'obscurité, la durée de vie en flacon brun est limitée à quelques mois.

L'observation se fait dans une cuve à sédimentation de 10 ml avec un grossissement adéquat. Le temps de décantation minimum est de 6 heures (au bout de 2 heures environ, 80 % des espèces sont déjà sur le fond de la cuve).

Pour la lecture, lorsqu'aucune espèce n'est a priori véritablement dominante, la cuve est parcourue entièrement. Dans le cas où une ou plusieurs espèces apparaîtraient très dominantes, un sous-échantillonnage est réalisé. Il

consiste en une numération sur les diamètres de la cuve ou des champs choisis de manière aléatoire dans la cuve. Un coefficient multiplicateur permet d'estimer le nombre de cellules phytoplanctoniques observées en fonction du grossissement, du nombre de diamètres ou de champs observés. Le résultat est extrapolé à un volume de 1 litre (résultat en nombre de cellules par litre).

2.5.2.2 Lecture des graphes

Depuis 2011, les graphes des flores totales et des taxons dominants ont été largement modifiés :

- La biomasse est représentée par un graphe par point des concentrations en chlorophylle-*a* sur 5 ans. Les résultats de l'année (n-1) en bleu sont superposés aux résultats des 4 années précédentes en gris.
- L'abondance est représentée par un graphe par point de la somme des taxons dénombrés dans les flores totales sur 5 ans. Les résultats de l'année (n-1) en vert sont superposés aux résultats des 4 années précédentes en gris.
- La composition est représentée par des graphes par taxon sur l'année (n-1). La dominance des taxons est estimée en fonction de l'importance qu'occupe le taxon dans l'échantillon. On calcule la proportion du taxon dans l'échantillon par rapport à l'abondance totale, puis la somme des proportions d'un taxon a été calculée sur l'ensemble des échantillons de l'année. Le taxon a un score d'autant plus élevé qu'il est souvent présent et qu'il atteint des concentrations élevées.

2.6 Assurance qualité

L'ensemble des analyses réalisées au laboratoire LER du centre Ifremer Manche / Mer du Nord de Boulogne-sur-Mer se fait sous Assurance Qualité (Plan qualité physicochimie du 01/07/2000 et plan qualité métrologie du 23/07/2002). De plus, le laboratoire est impliqué dans le Programme d'Inter Comparaison QUASIMEME (Quality Assurance for Information from Marine Environmental Monitoring in Europe) pour les nutriments.

2.7 Interprétation des Figures

Les paramètres hydrologiques sont représentés par deux types de graphiques. D'abord, les boîtes de dispersion permettent de visualiser les variations saisonnières intégrées sur toute la période 1992 par rapport à l'année (n-1) d'édition du rapport (Figure 7). Elles représentent les paramètres de tendance centrale et de dispersion des valeurs pour chaque mois pour l'ensemble de la période considérée. L'évolution d'un paramètre, dans notre exemple, la température du point 1 de la radiale de Dunkerque lors de l'année (n-1) (2019, dans cet exemple) est superposée à la série moyenne et est représentée en rouge. Plus la boîte de dispersion est petite, plus les valeurs du milieu sont homogènes. A l'inverse, plus elle est grande, plus les valeurs du milieu sont hétérogènes ou dispersées. Également, plus l'étendue de la moustache est grande, plus les valeurs sont dispersées. En revanche, plus elle est petite, plus les valeurs sont homogènes. Il arrive parfois qu'il y ait des valeurs dites extrêmes, atypiques ou bien exceptionnelles, ce sont les outliers.

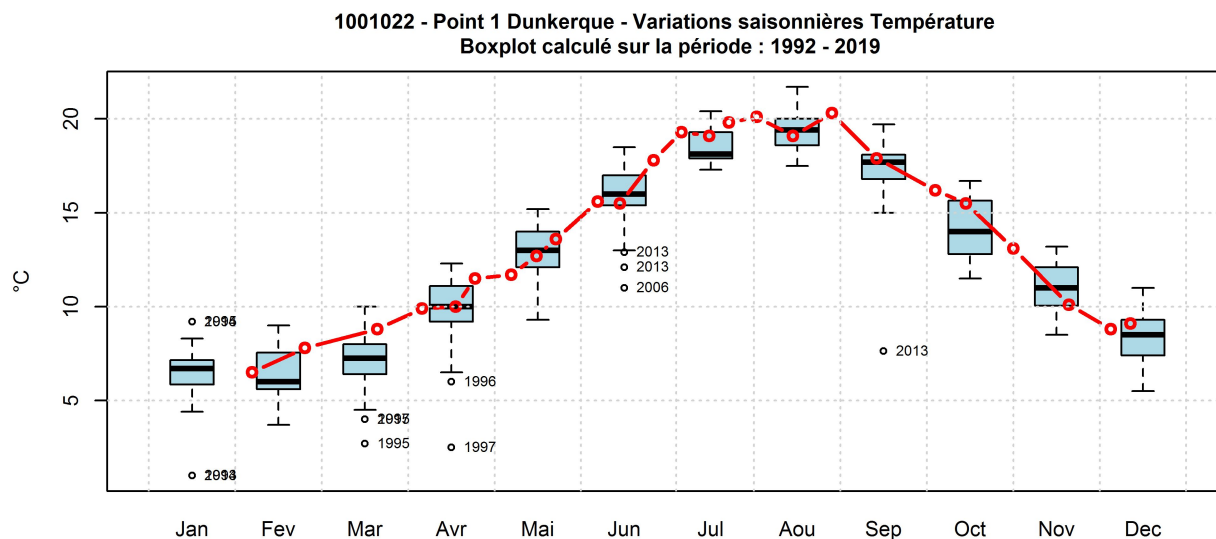


FIGURE 7 – Variations saisonnières mensuelles (année 2019 en rouge) de la température (°C) pour le point 1 de la radiale de Dunkerque (1992-2019).

Le deuxième type de graphique (Figure 8) met en évidence les rapports stoechiométriques N/P, Si/N et Si/P qui ont été calculés pour chaque date de prélèvements et pour chaque point. Les résultats sont représentés par mois. Le graphique illustre l'évolution des rapports N/P et Si/N. En fonction des valeurs des ratios, les points se retrouvent de part et d'autre des courbes seuils (valeurs de 16 et 1), ce qui permet ensuite de mettre en évidence la limitation par tel ou tel nutriment, par ordre de priorité.

Il est à noter que les rapports Si/N ou N/P sont calculés afin d'aborder la notion de limitation potentielle de la production de biomasse par les nutriments. En effet, selon Redfield et al. (1963) et Brzezinski (1985), la composition élémentaire du phytoplancton en carbone : azote : silice : phosphore (C : N : Si : P) est proche de 106 : 16 : 16 : 1.

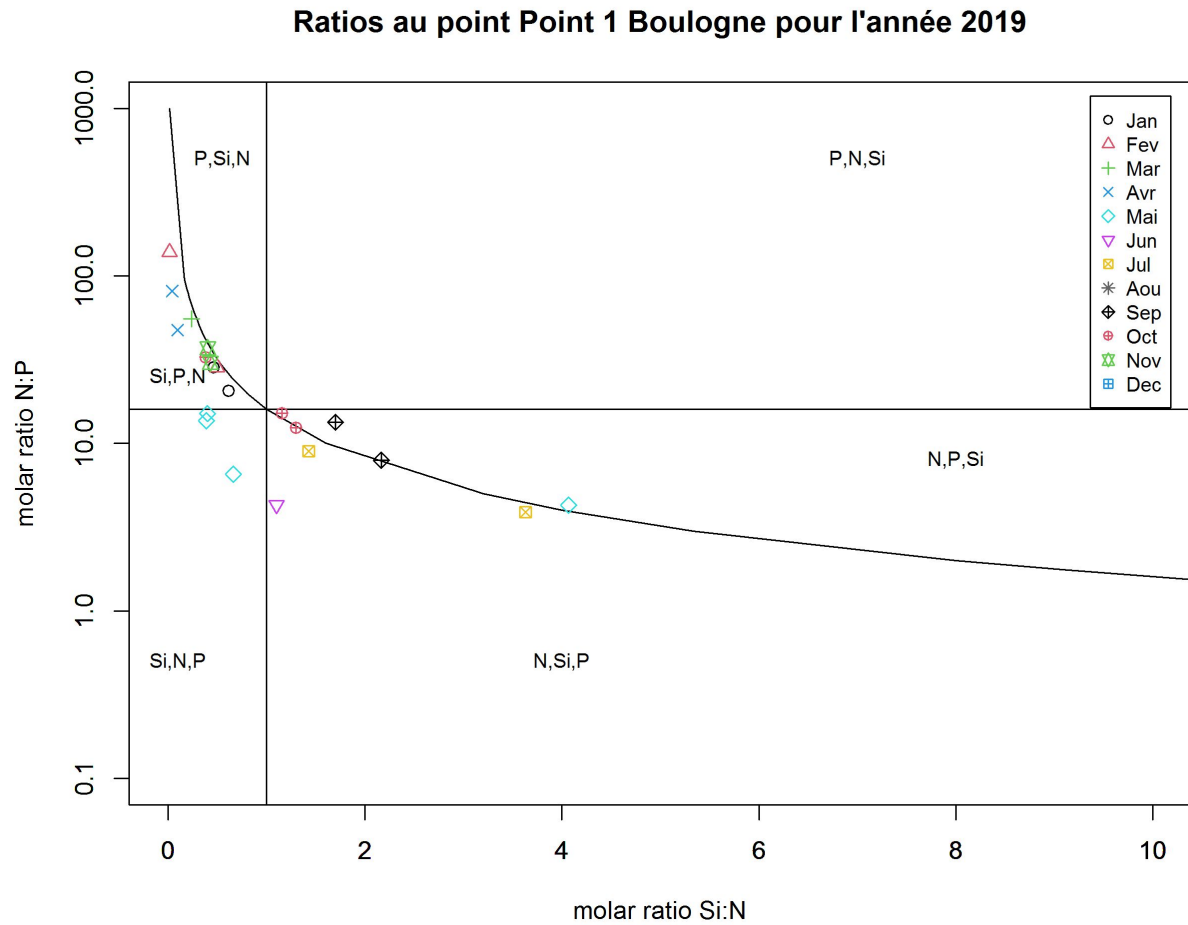


FIGURE 8 – Évolution temporelle des rapports stoechiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2019.

D'après cette composition élémentaire, le rapport **N/P (16/1)** dans le phytoplancton vaut **16** et le rapport **Si/N (16/16)** quant à lui, serait égal à **1**. Dans l'eau de mer, le rapport molaire entre l'azote et le phosphore reste approximativement le même que dans le phytoplancton, ce qui optimise la croissance des algues. Il en découle donc les observations suivantes :

- Si le rapport N/P est **inférieur à 16**, l'azote est alors potentiellement en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton peut alors être limitée. Inversement, si le rapport N/P est supérieur à 16, le phosphore est alors potentiellement limitant pour la croissance du phytoplancton.
- De même, si le rapport Si/N est **inférieur à 1**, le silicate est alors potentiellement en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton (les diatomées) peut alors être limitée. Au contraire, si le rapport Si/N est **supérieur à 1**, l'azote est alors potentiellement en carence dans le milieu et la croissance du phytoplancton peut alors être limitée.
- Pour certains paramètres, les caractéristiques de tendance centrale et de dispersion sur la période 1992-2022 sont synthétisées dans un tableau. Les abréviations utilisées sont les suivantes :

Min : minimum

Q1 : 1er quartile (quantile 25)

Q3 : 3em quartile (quantile 75)

Max : maximum

n : nombre de données

3. Résultats

3.1 Paramètres hydrologiques

3.1.1 Dunkerque

3.1.1.1 Température

De 1992 à 2021, la température était comprise entre 1 et 22 °C. Les températures moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 12.35; 11.88 et 11.87 °C, de la côte au large (Tableau 4). L'évolution saisonnière de ce paramètre est classique pour un tel écosystème tempéré. Les courbes pluriannuelles de température indiquent une dynamique comparable d'une année sur l'autre.

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1997, 2012, 2013 (1997, 2009, 2014, 2018, 2020, 2022) (Figures 9 à 11).

TABLEAU 4 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	1	8.3	12.1	12.35	4.62	16.6	21.7	404
Point 3 SRN Dunkerque	1.5	8	11.4	11.88	4.45	15.8	20.7	318
Point 4 SRN Dunkerque	2	8.2	11.5	11.87	4.38	15.6	22	305

TABLEAU 5 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	5.7	8.6	14.5	13.65	5.29	17.55	21.5	23
Point 3 SRN Dunkerque	6.1	10.48	14.3	13.59	4.75	16.28	21	14
Point 4 SRN Dunkerque	6.4	10.55	14.15	13.71	4.68	16.55	21	14

En 2022, les valeurs se situent entre 5.7 et 21.5 °C et les moyennes sont égales à 13.65, 13.59 et 13.71 °C de la côte au large (Tableaux 4 et 5).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -1.2 °C en juillet et 2 °C en décembre (Annexe 1).

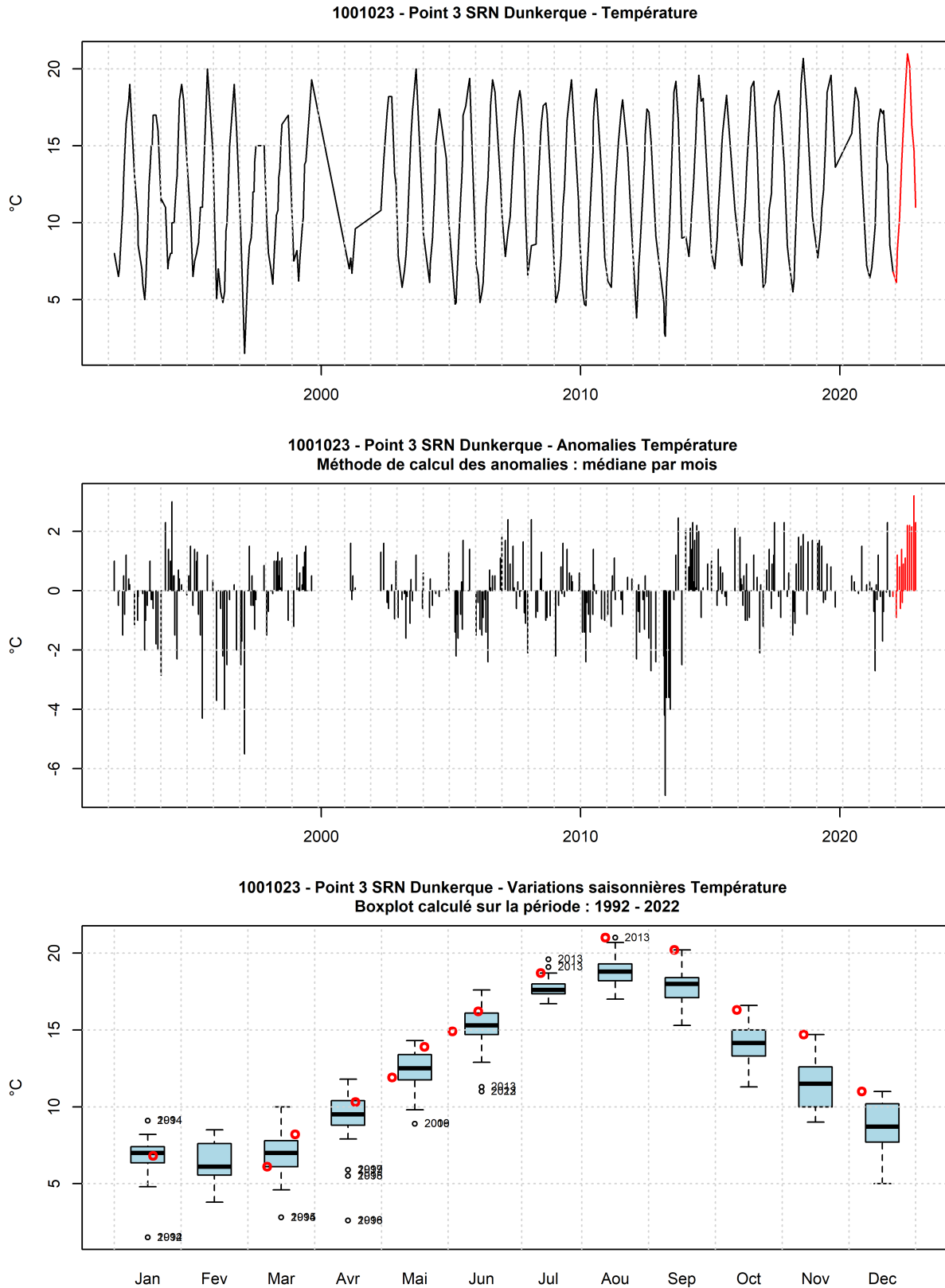


FIGURE 10 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

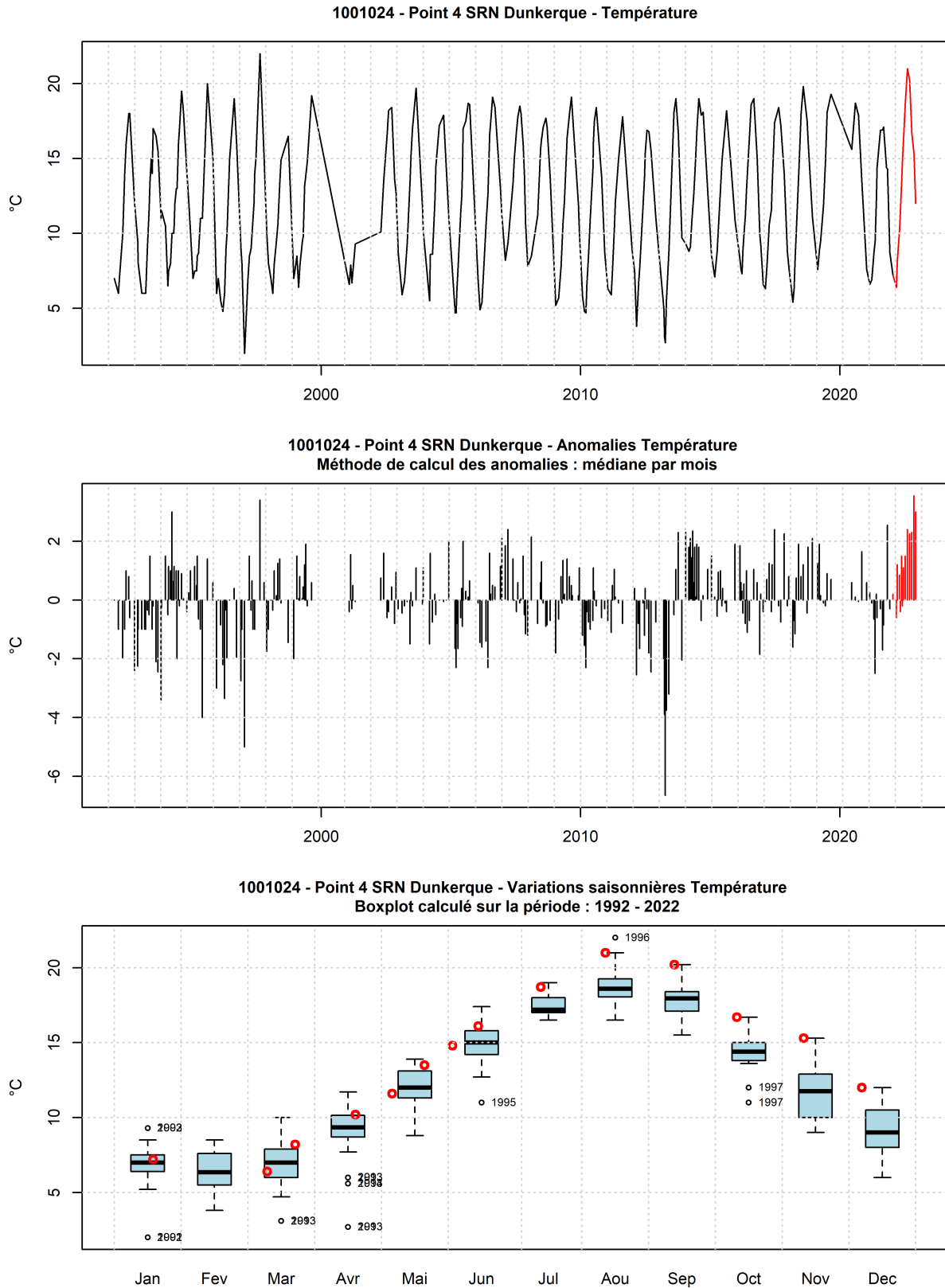


FIGURE 11 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.2 Salinité

De 1992 à 2021, la salinité était comprise entre 31.1 et 35.7. Les salinités moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 34.07 ; 34.36 et 34.45, de la côte au large (Tableau 6).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1995, 1998, 2002, 2005, 2010, 2020, 2021, 2022 (2004, 2011, 2012, 2013) (Figures 12 à 14).

TABLEAU 6 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (PSU) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	31.1	33.7	34.21	34.07	0.78	34.6	35.5	424
Point 3 SRN Dunkerque	31.93	34.01	34.47	34.36	0.63	34.8	35.6	338
Point 4 SRN Dunkerque	32.25	34.2	34.51	34.45	0.55	34.82	35.7	325

TABLEAU 7 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (PSU) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	29.9	34.08	34.3	34.21	1	34.8	35	24
Point 3 SRN Dunkerque	33.8	34.32	34.55	34.54	0.33	34.7	35	14
Point 4 SRN Dunkerque	34.2	34.42	34.6	34.57	0.23	34.7	34.9	14

En 2022, les valeurs se situent entre 29.9 et 35 et les moyennes sont égales à 34.21, 34.54 et 34.57 de la côte au large (Tableaux 6 et 7).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -0.8 en septembre et 0.5 en janvier, mars, mai, décembre (Annexe 1).

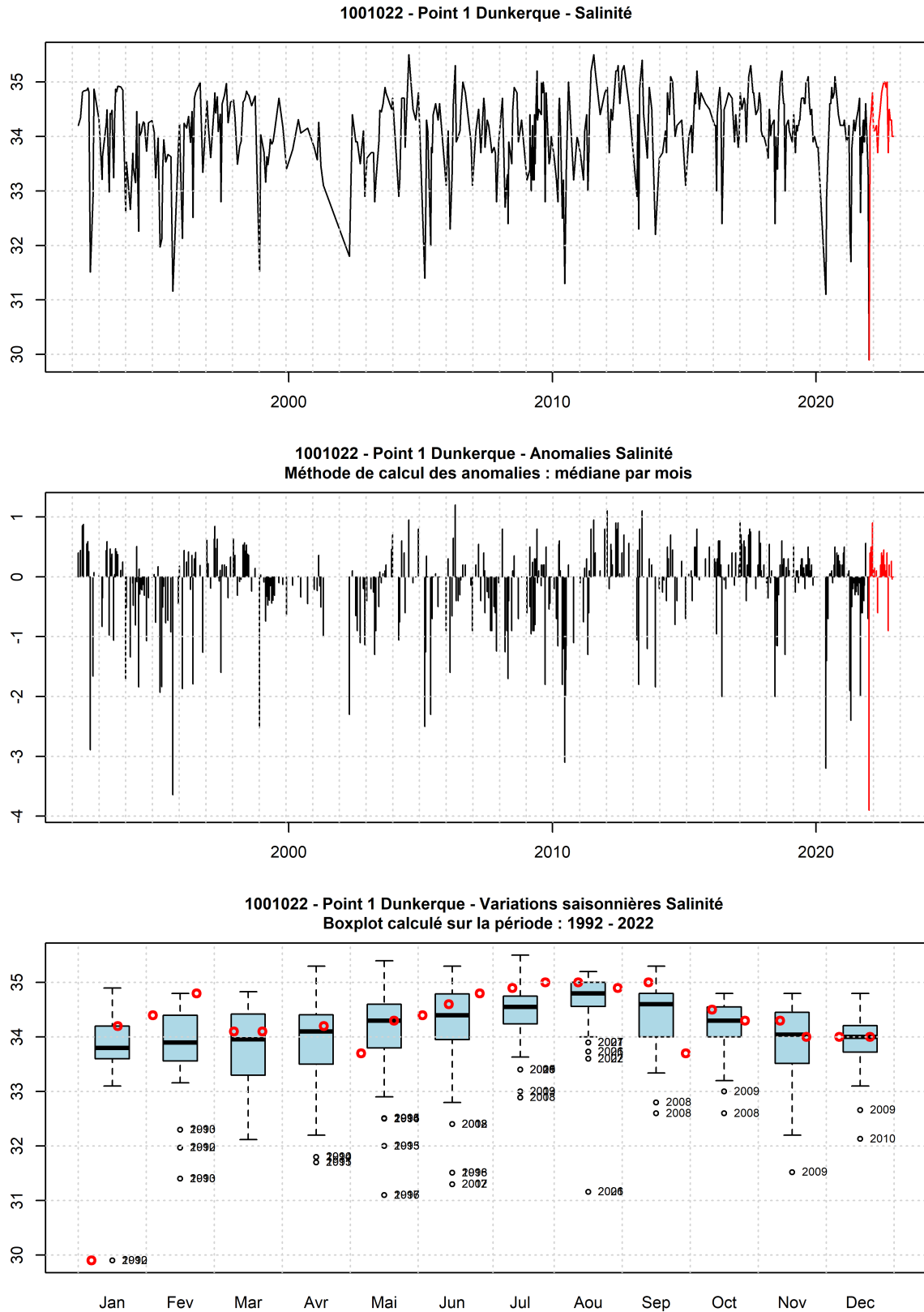


FIGURE 12 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

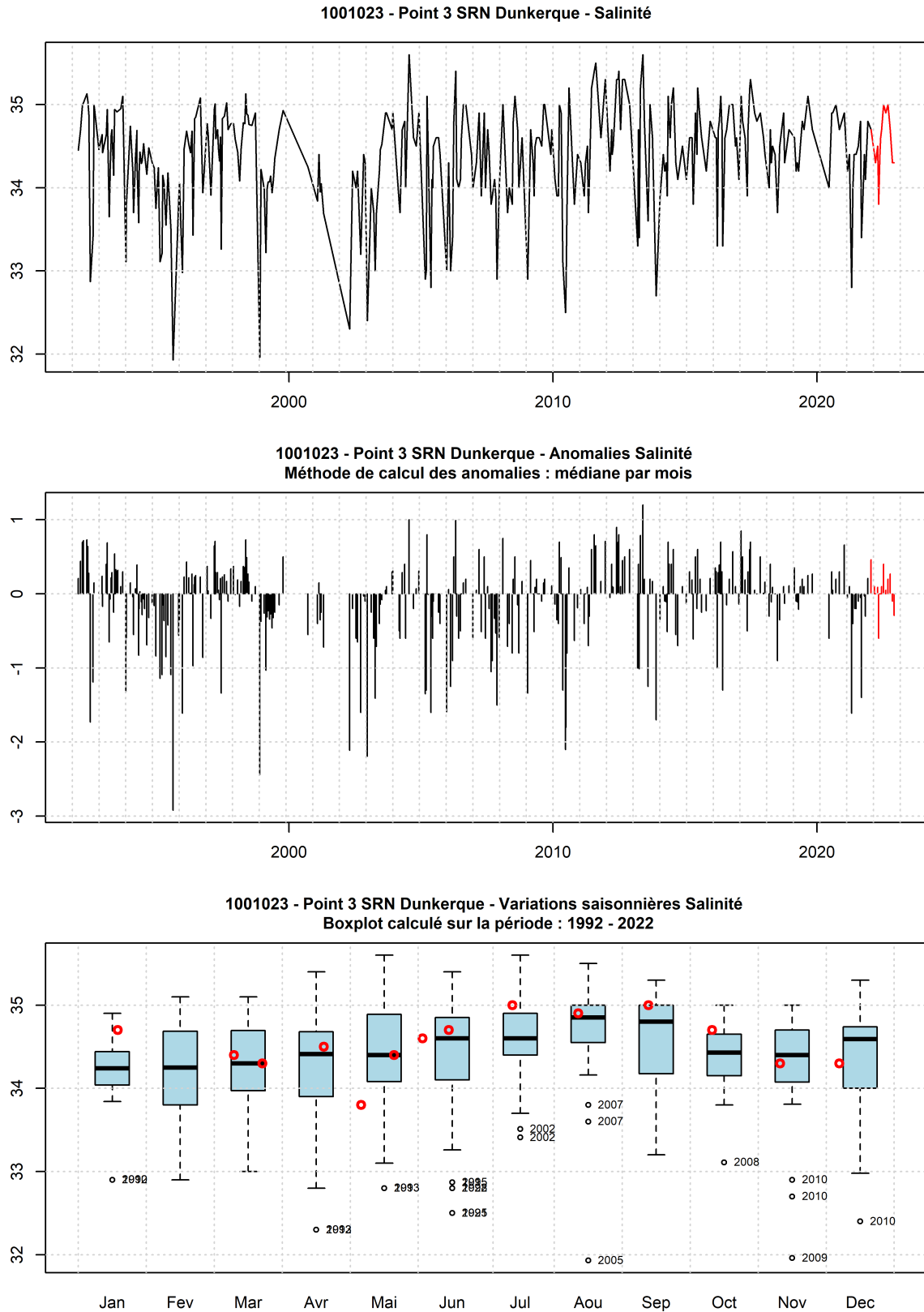


FIGURE 13 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

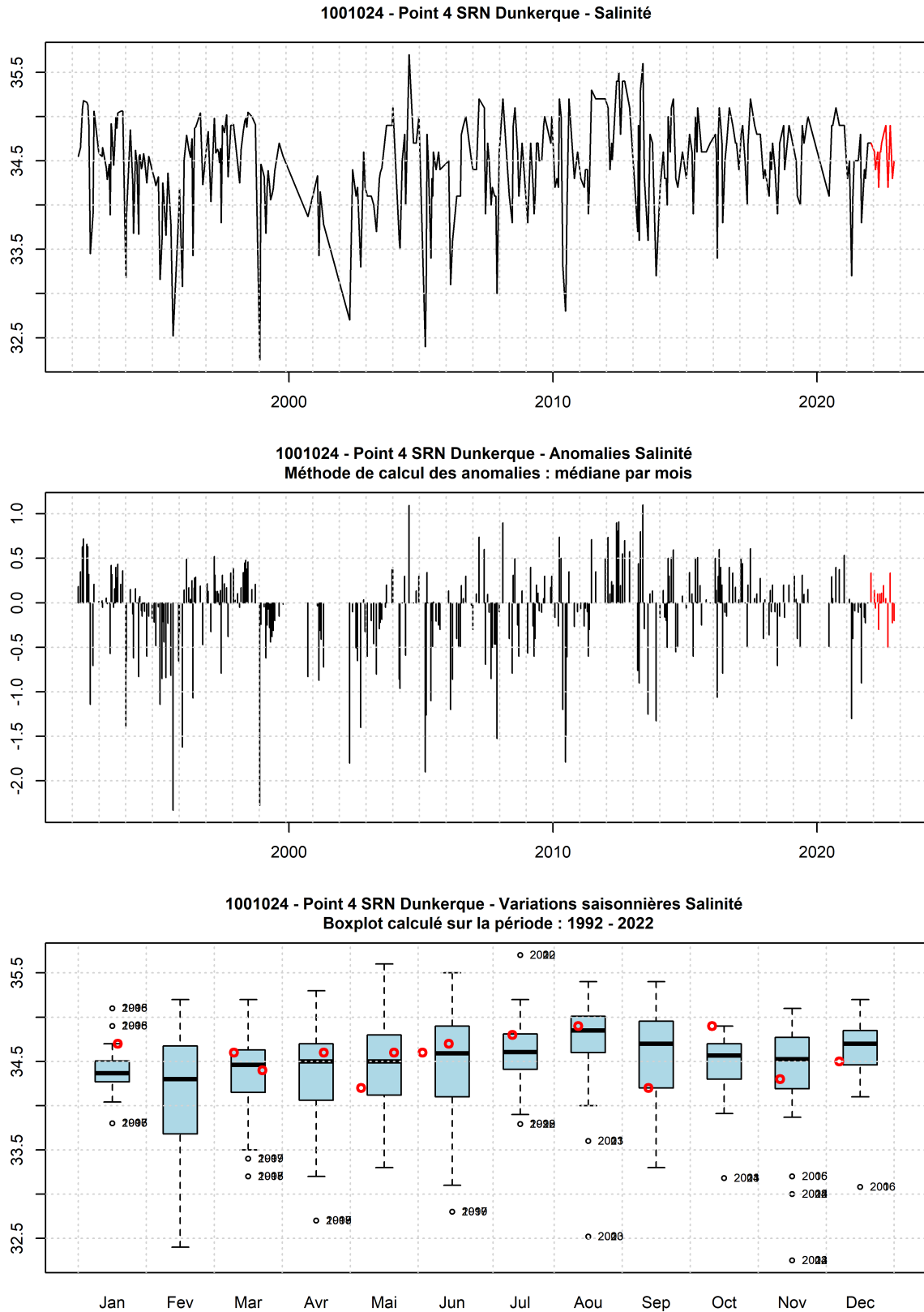


FIGURE 14 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.3 Turbidité et matières en suspension

De 1992 à 2021, la turbidité était comprise entre 0.1 et 63.1. Les turbidités moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 6.62 ; 3.68 et 2.38, de la côte au large (Tableau 8).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1993, 1996, 2002, 2003, 2012, 2014, 2015 (1996, 1998, 1999, 2005, 2006, 2013, 2015, 2016, 2017) (Figures 15 à 17).

TABLEAU 8 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (NTU) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.6	2.6	4.6	6.62	6.76	7.65	63.1	413
Point 3 SRN Dunkerque	0.1	1.5	2.48	3.68	3.29	4.61	21.1	330
Point 4 SRN Dunkerque	0.1	0.94	1.55	2.38	2.46	2.91	18	321

TABLEAU 9 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (NTU) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	2.54	5.96	8.18	8.45	3.91	10.75	16.7	24
Point 3 SRN Dunkerque	0.84	2.28	3.99	4.66	3.13	6.18	10.9	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.71	1.27	1.54	1.88	1.1	2.13	4.68	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.71 et 16.7 et les moyennes sont égales à 8.45, 4.66 et 1.88 de la côte au large (Tableaux 8 et 9).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -12.02 en octobre et -1.28 en août (Annexe 1).

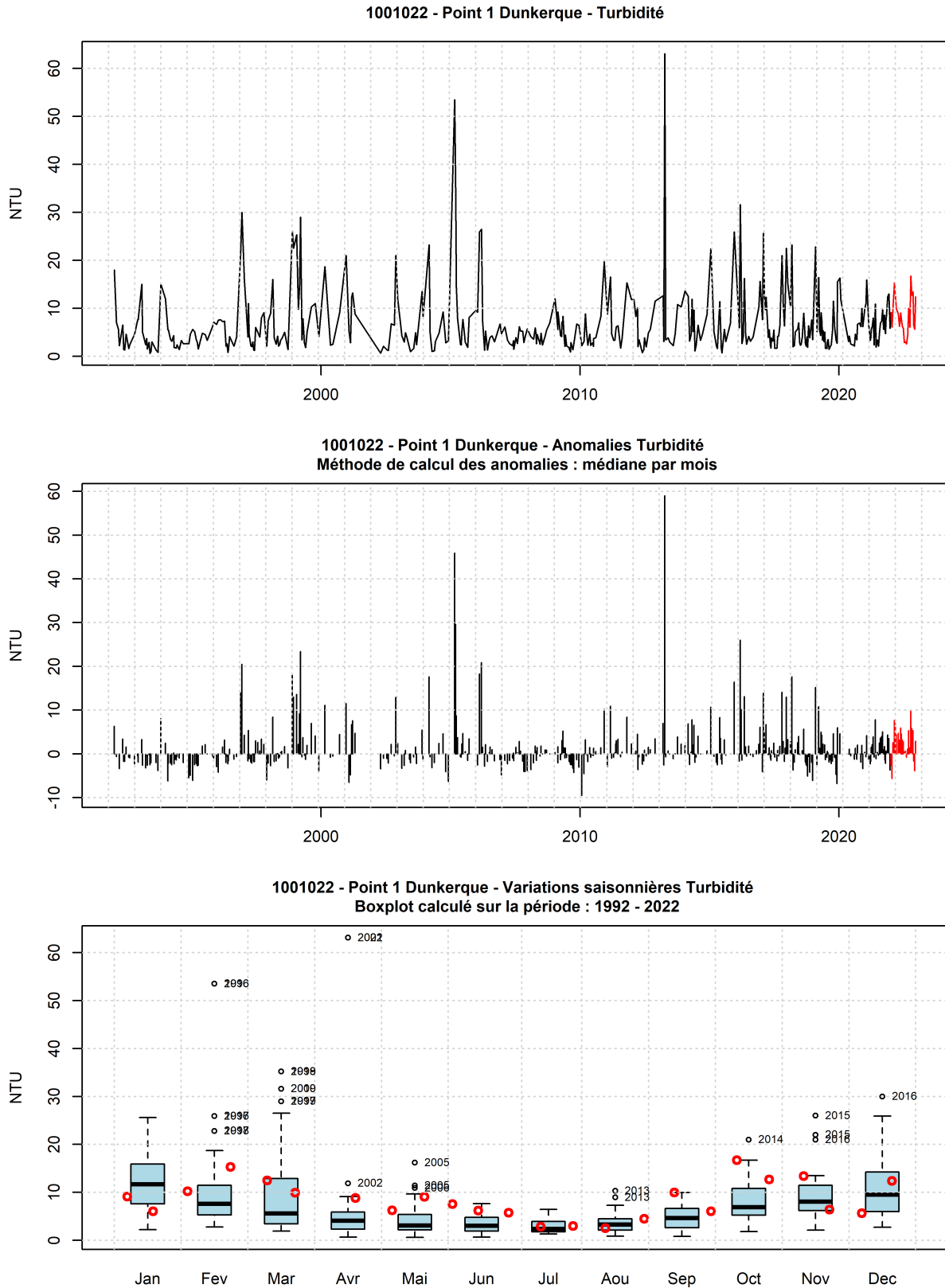


FIGURE 15 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

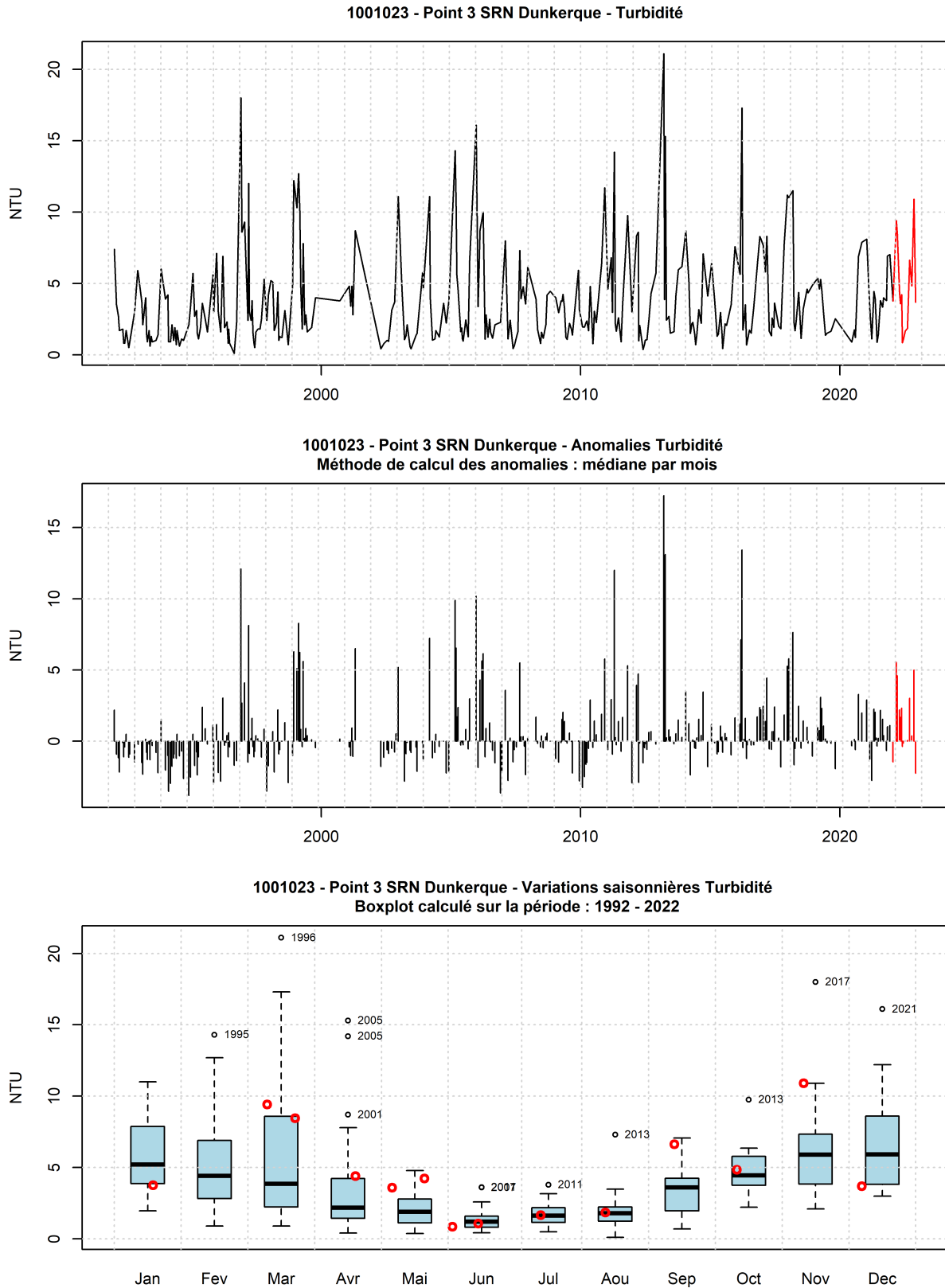


FIGURE 16 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

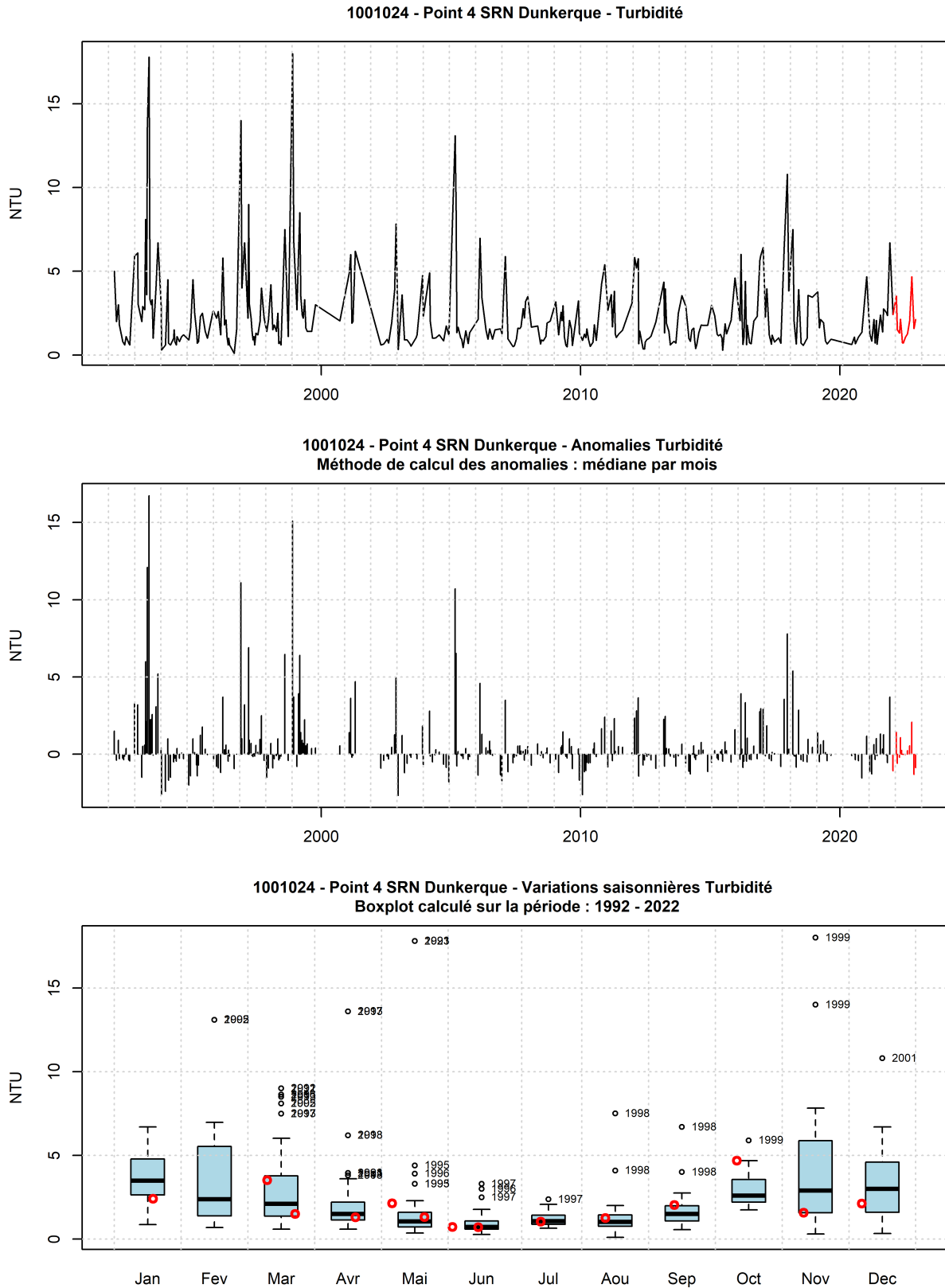


FIGURE 17 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.4 M.E.S.

De 1992 à 2021, la concentration en matière en suspension était comprise entre 0.3 et 95.2 mg.l⁻¹. Les concentrations en M.E.S moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 13.17; 8.77 et 5.58, de la côte au large (Tableau 10).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1996, 1998, 2005, 2006, 2007, 2009 (1995, 2005, 2010, 2011, 2013, 2014, 2016, 2017) (Figures 18 à 20).

TABLEAU 10 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S (mg.l-1) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	1.6	5.7	9.7	13.17	11.25	16.7	95.2	399
Point 3 SRN Dunkerque	0.6	3.8	6.4	8.77	7.34	11.6	46	329
Point 4 SRN Dunkerque	0.3	2.3	4	5.58	5.64	6.3	39	315

TABLEAU 11 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S (mg.l-1) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	3.7	8.67	11.85	12.55	5.13	15.72	25.6	24
Point 3 SRN Dunkerque	3.2	5.12	6.75	7.91	4.09	10.68	15.7	14
Point 4 SRN Dunkerque	1.3	2.62	3.15	3.36	1.31	4.05	5.6	14

En 2022, les valeurs se situent entre 1.3 et 25.6 et les moyennes sont égales à 12.55, 7.91 et 3.36 de la côte au large (Tableaux 10 et 11).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -20.4 en octobre et -1.8 en août (Annexe 1).

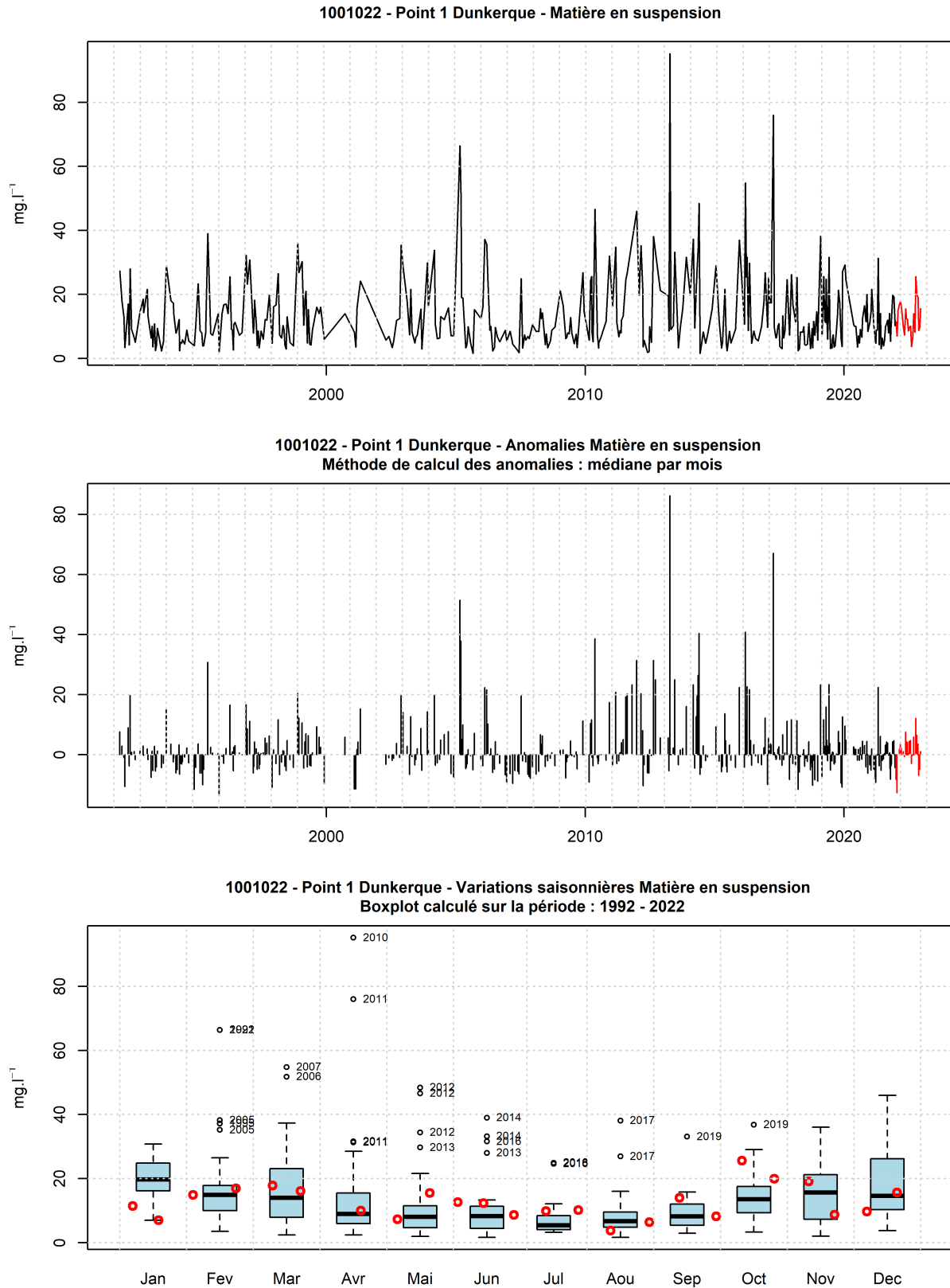


FIGURE 18 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

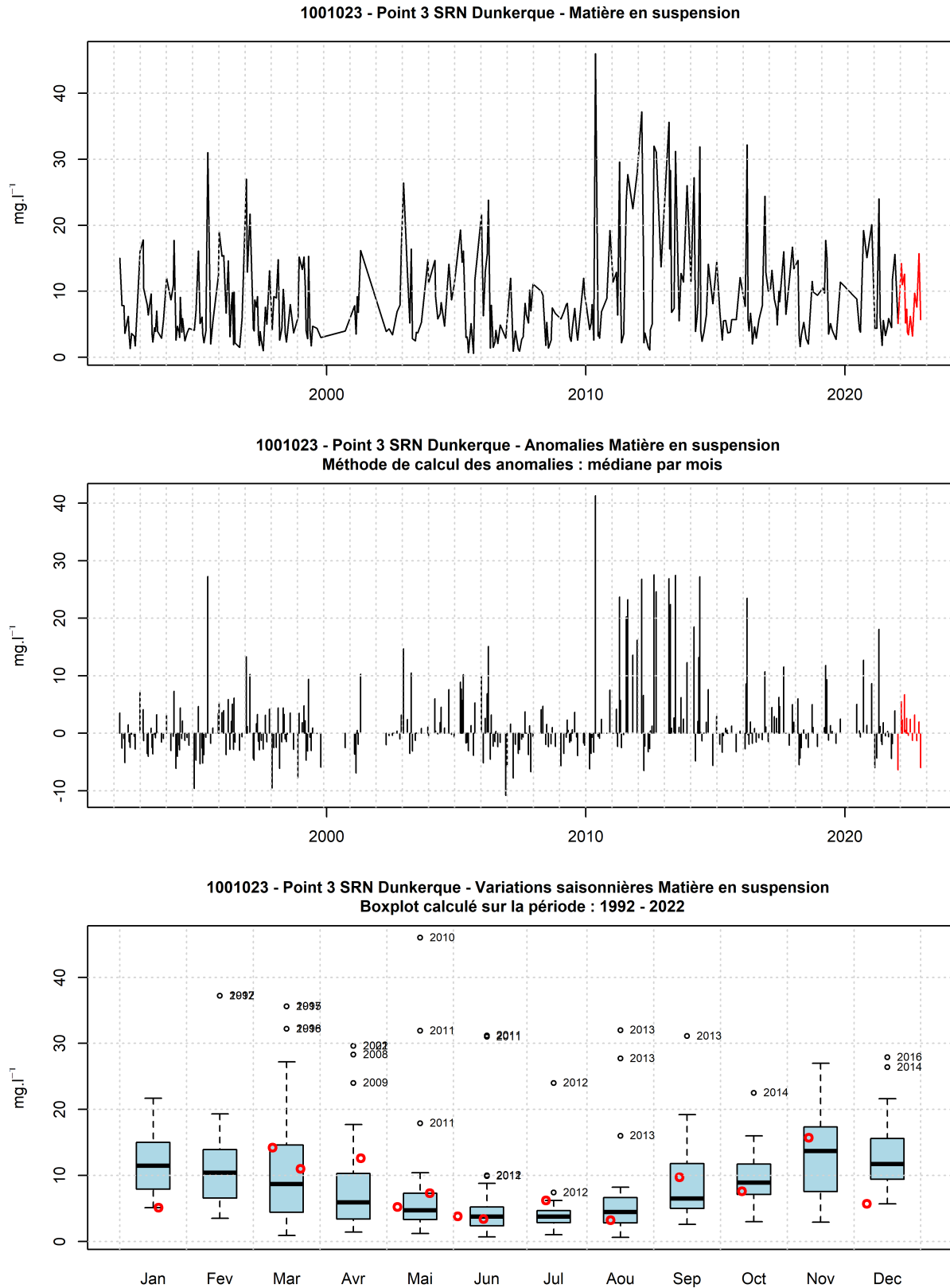


FIGURE 19 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

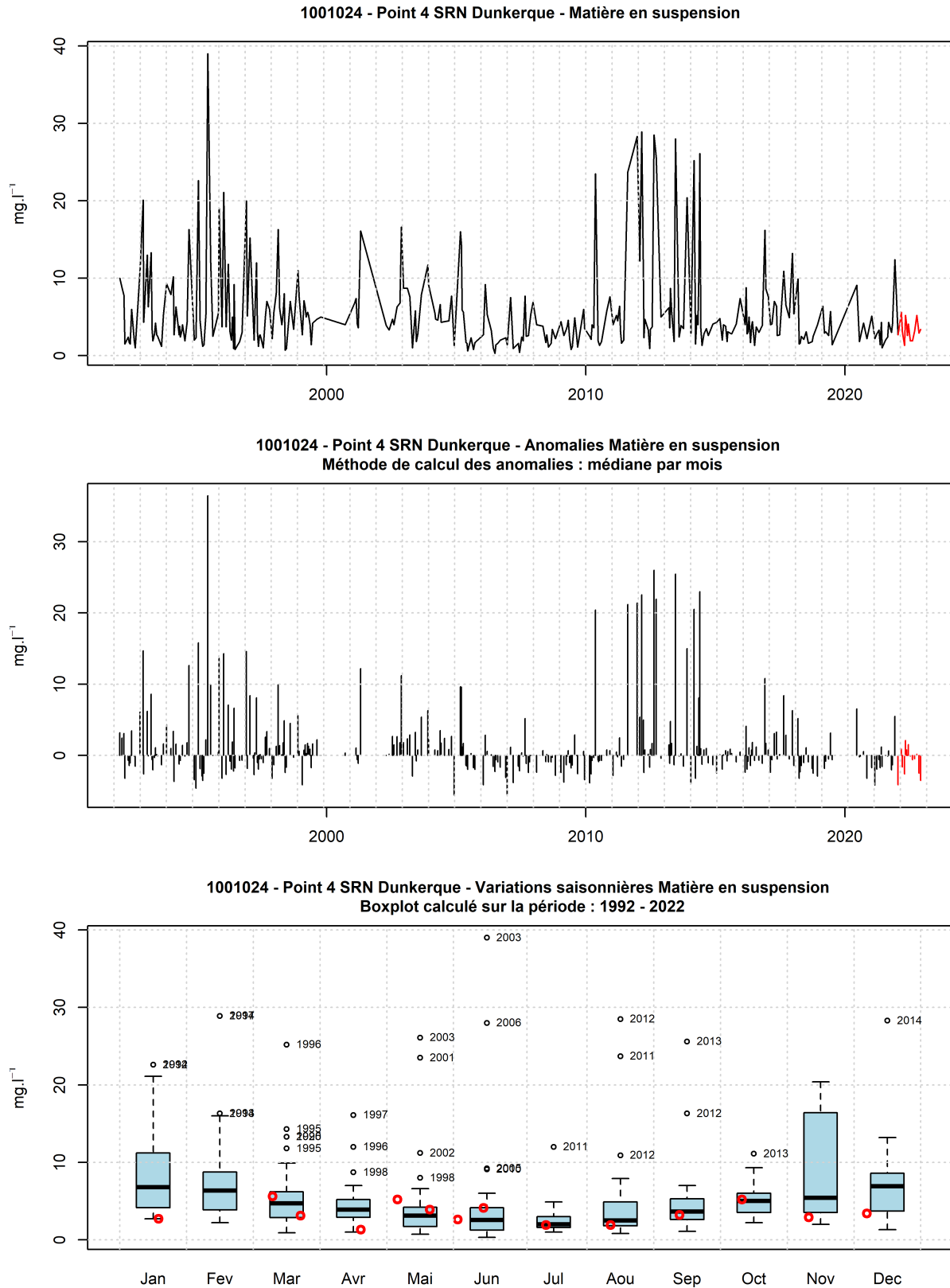


FIGURE 20 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.5 Matière organique

De 1992 à 2021, la concentration en M.E.S organique était comprise entre 0.05 et 32.3 mg.l⁻¹. Les concentrations en matière organique moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 2.65 ; 2.01 et 1.57 mg.l⁻¹, de la côte au large (Tableau 12).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1995, 1996, 2006 (1996, 2001, 2010, 2013, 2014, 2017, 2021) (Figures 21 à 23).

TABLEAU 12 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S organique (mg.l-1) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.05	1.4	2	2.65	2.44	3	32.3	399
Point 3 SRN Dunkerque	0.05	1.2	1.51	2.01	1.71	2.2	16.7	329
Point 4 SRN Dunkerque	0.07	0.9	1.2	1.57	1.26	1.73	10.4	315

TABLEAU 13 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S organique (mg.l-1) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	1.1	1.6	2.05	2.27	1.15	2.7	6.7	24
Point 3 SRN Dunkerque	0.9	1.3	1.65	1.78	0.77	2	3.6	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.5	0.8	1.15	1.24	0.85	1.3	4	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.5 et 6.7 mg.l⁻¹ et les moyennes sont égales à 2.27, 1.78 et 1.24 mg.l⁻¹ de la côte au large (Tableaux 12 et 13).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -2.7 mg.l⁻¹ en mai et 0.1 mg.l⁻¹ en août (Annexe 1).

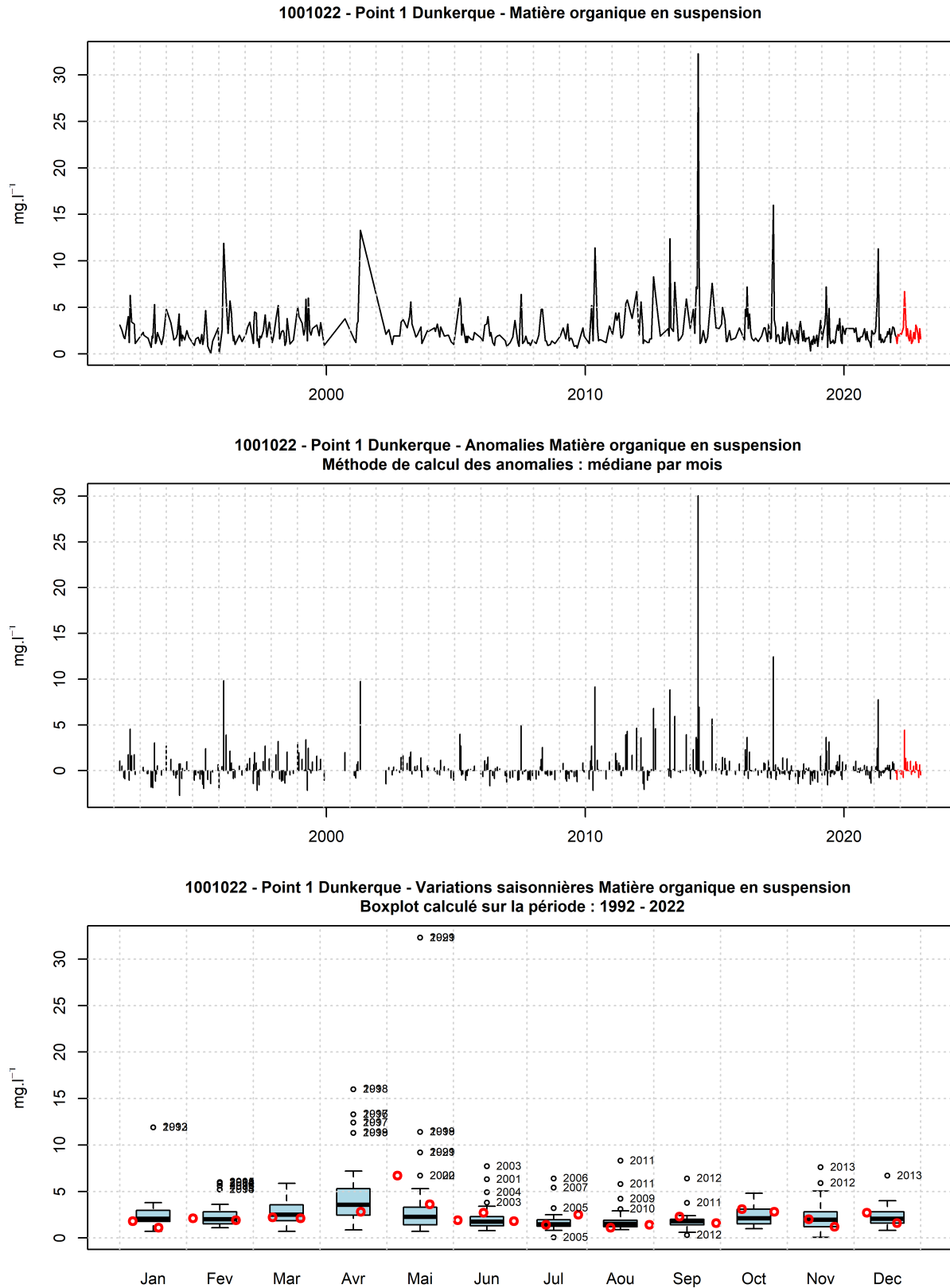


FIGURE 21 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

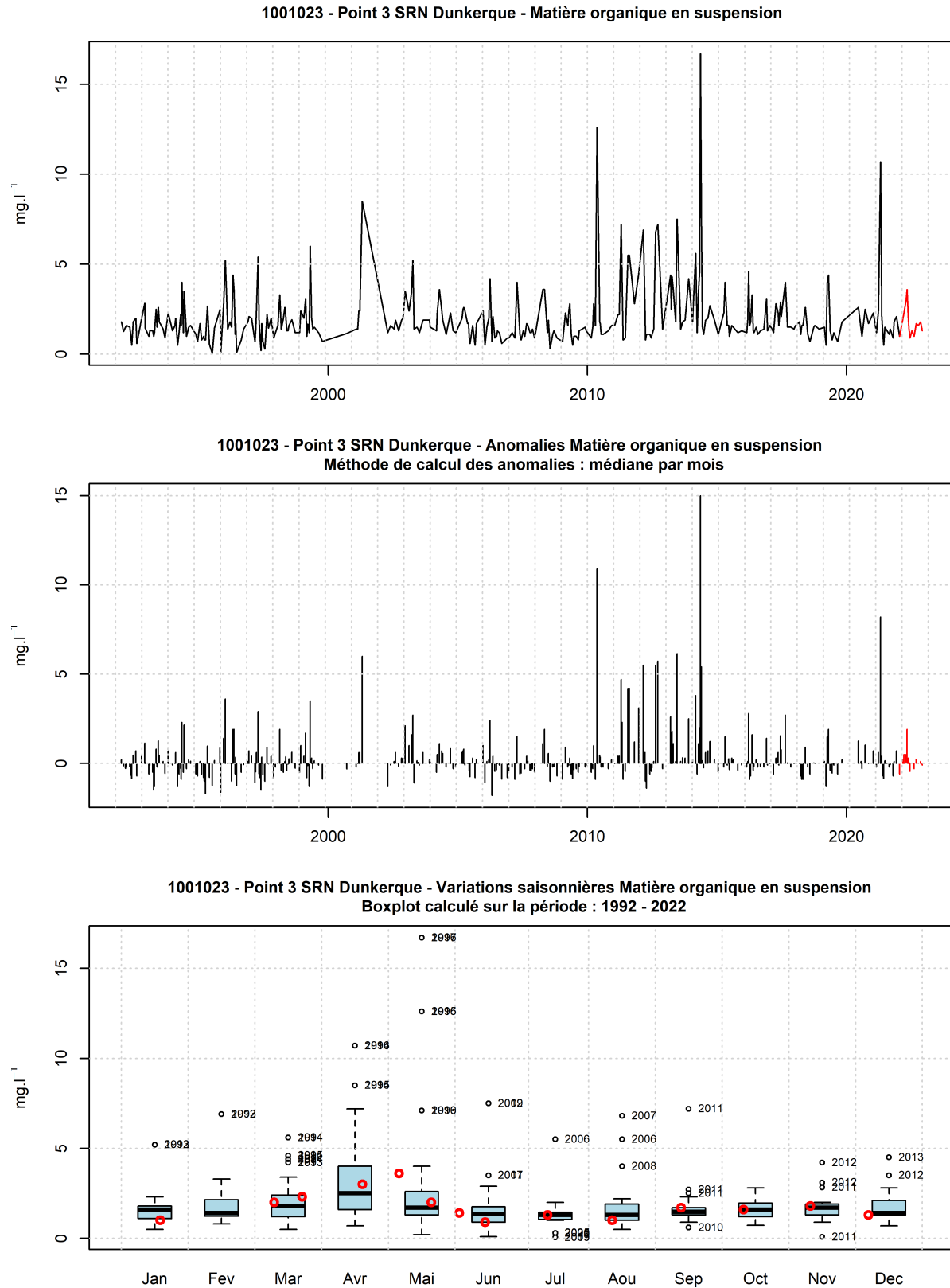


FIGURE 22 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

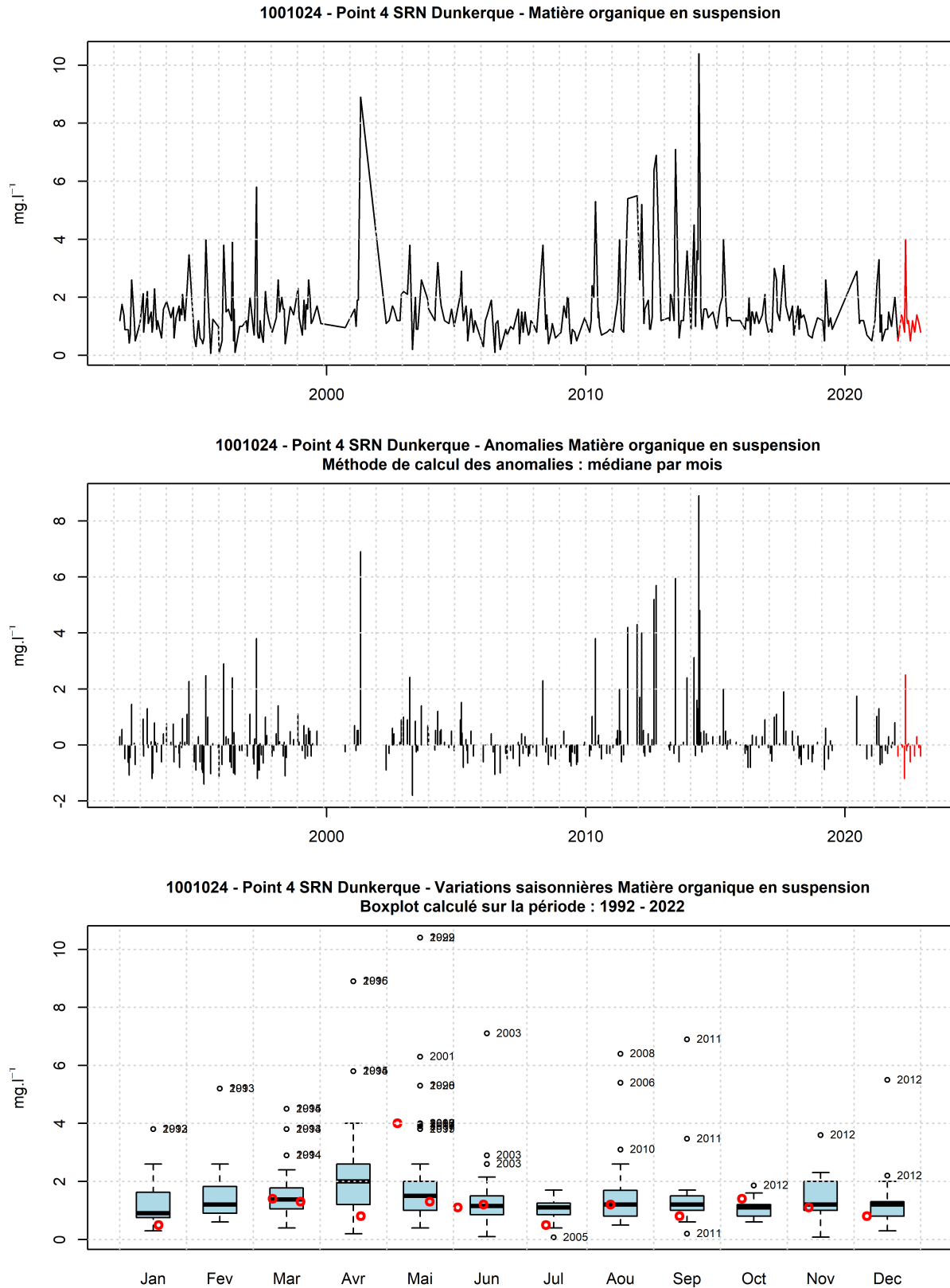


FIGURE 23 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.6 Ammonium

De 1992 à 2021, la concentration en ammonium était comprise entre 0.11 et 29.4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en ammonium moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 2.42 ; 1.46 et 1.5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 14).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2015, 2019, 2021, 2022 (1992, 1995, 1997, 1998, 1999, 2010, 2020) (Figures 24 à 26).

TABLEAU 14 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.11	0.42	1.67	2.42	2.79	3.5	29.4	413
Point 3 SRN Dunkerque	0.15	0.15	0.74	1.46	1.63	2.2	11.2	337
Point 4 SRN Dunkerque	0.15	0.19	0.82	1.5	1.69	2.3	9.4	324

TABLEAU 15 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.1	0.11	0.27	1.34	1.74	2.3	5.2	23
Point 3 SRN Dunkerque	0.15	0.15	0.21	0.46	0.6	0.58	2.42	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.15	0.21	0.3	0.64	0.71	0.57	2.14	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.1 et 5.2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 1.34, 0.46 et 0.64 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 14 et 15).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -3.17 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en novembre et 1.98 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en avril (Annexe 1).

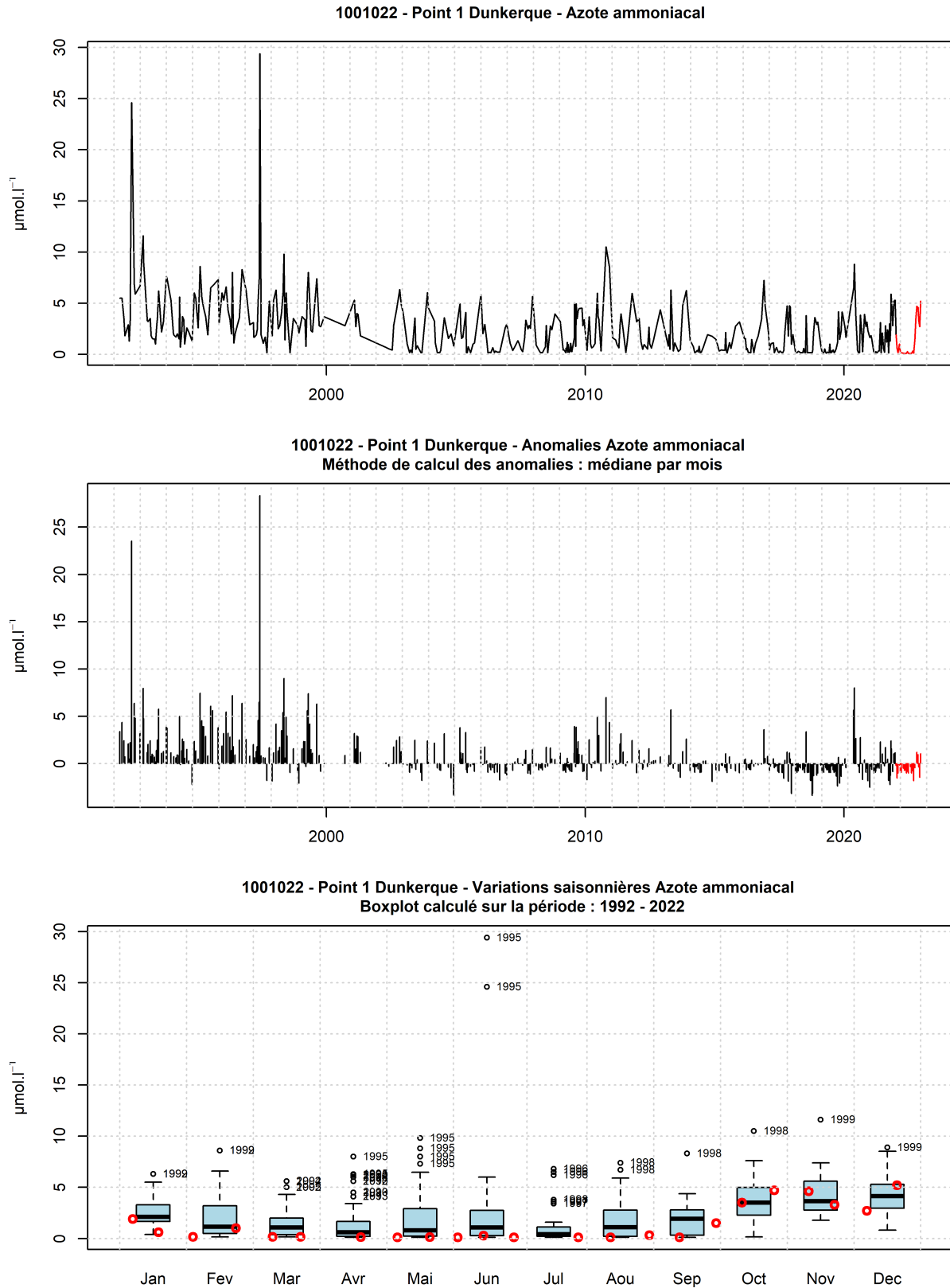


FIGURE 24 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

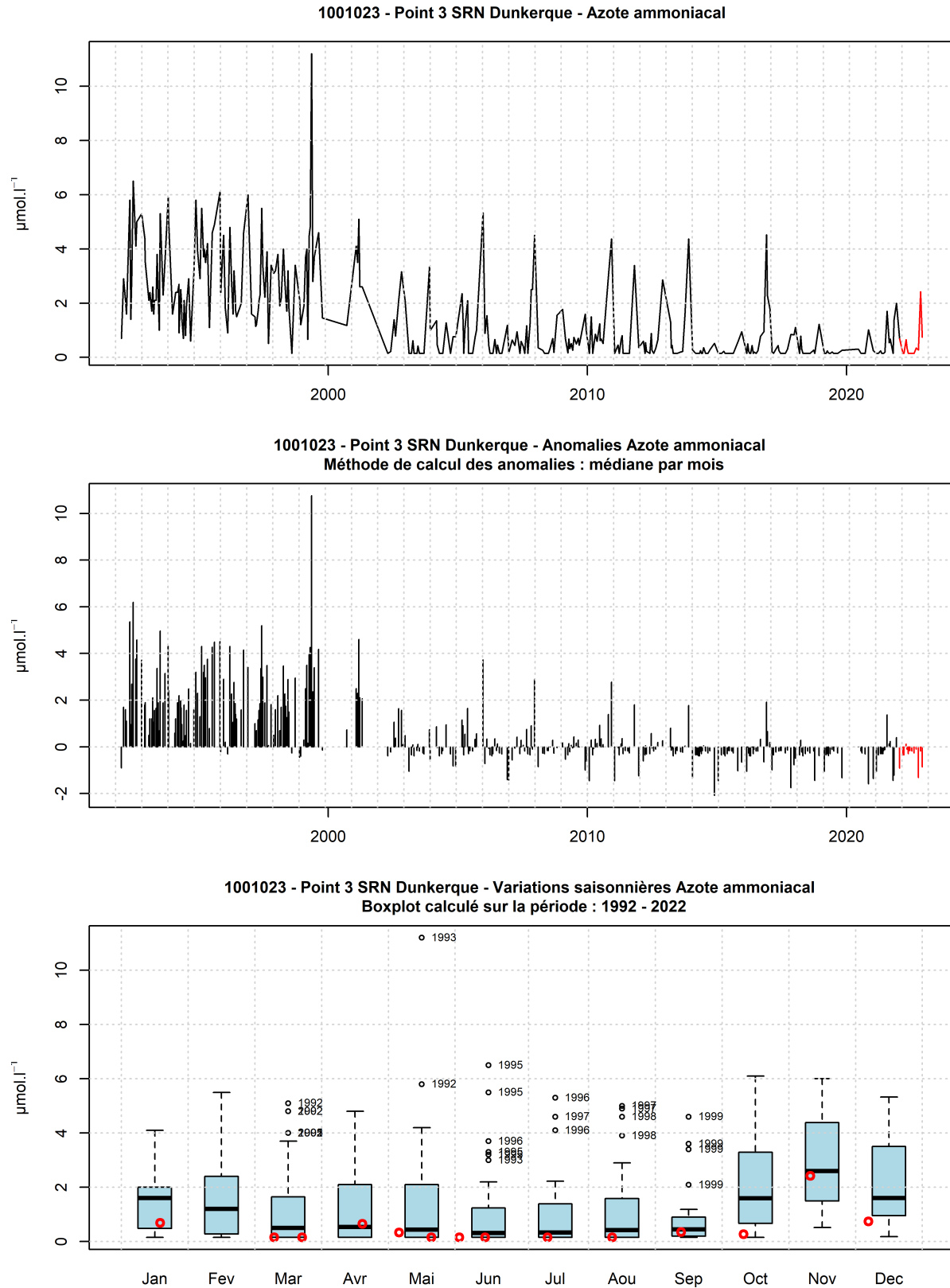


FIGURE 25 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

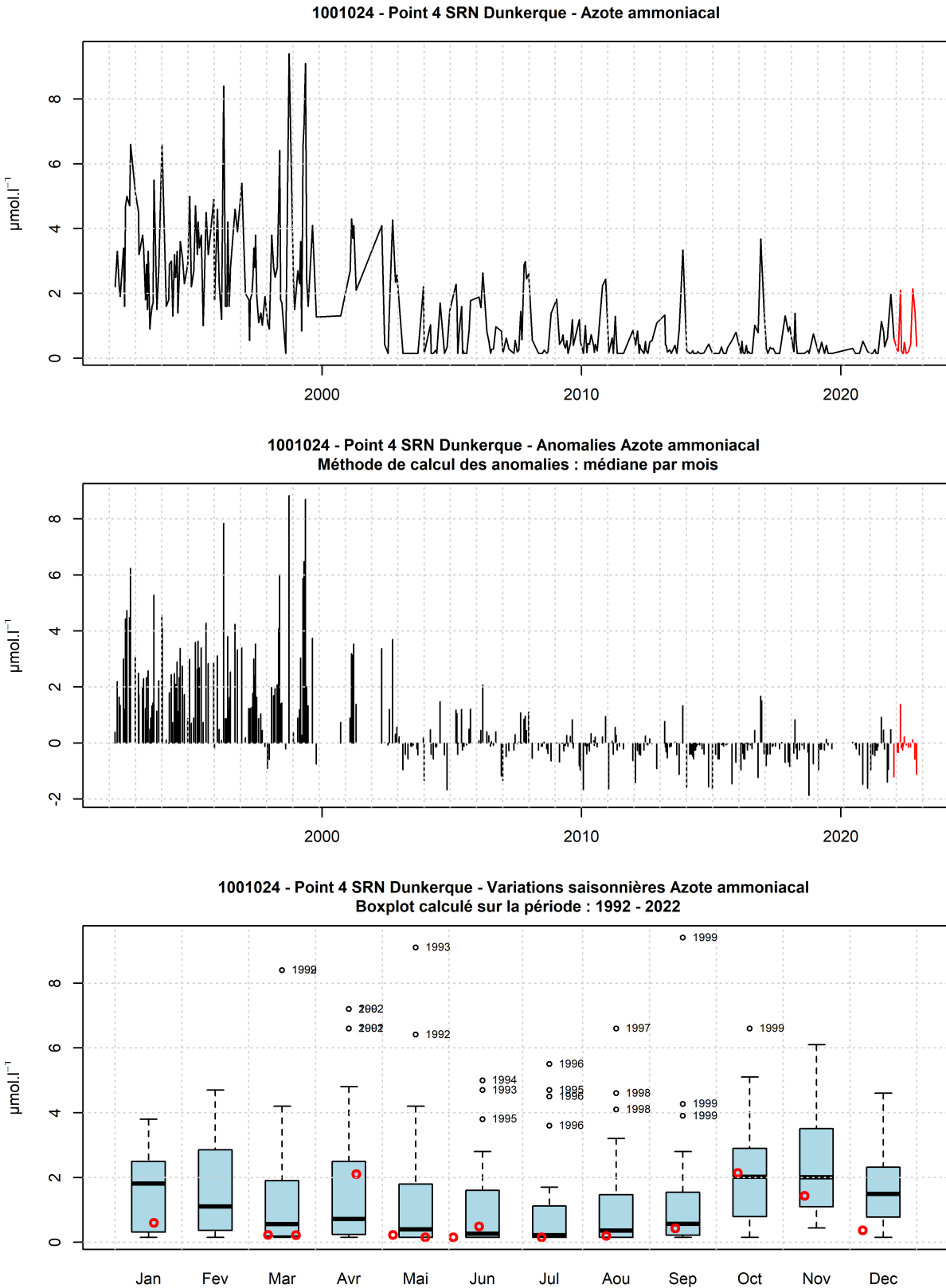


FIGURE 26 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.7 Nitrite + Nitrate

De 1992 à 2021, la concentration en nitrite + nitrate était comprise entre 0.1 et 54.77 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en nitrite + nitrate des trois points de la radiale sur cette période sont 8.02 ; 6.56 et 6.28 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 16).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1994, 1996, 2017, 2018 (1992, 1993, 1995, 2005, 2006, 2009, 2013) (Figures 27 à 29).

TABLEAU 16 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite + nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.11	0.6	2.32	8.02	10.76	13.99	54.77	410
Point 3 SRN Dunkerque	0.1	0.25	2.07	6.56	8.7	10.92	40.15	338
Point 4 SRN Dunkerque	0.15	0.29	2.06	6.28	8.18	9.79	41.57	324

TABLEAU 17 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite + nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.15	0.53	3	7.27	8.13	14.08	25.4	24
Point 3 SRN Dunkerque	0.15	0.18	0.5	4.03	5.3	8.09	14.06	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.15	0.28	2.36	4.64	5.26	8.7	15.27	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.15 et 25.4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 7.27, 4.03 et 4.64 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 16 et 17).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -4.63 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en janvier et 1.45 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai (Annexe 1).

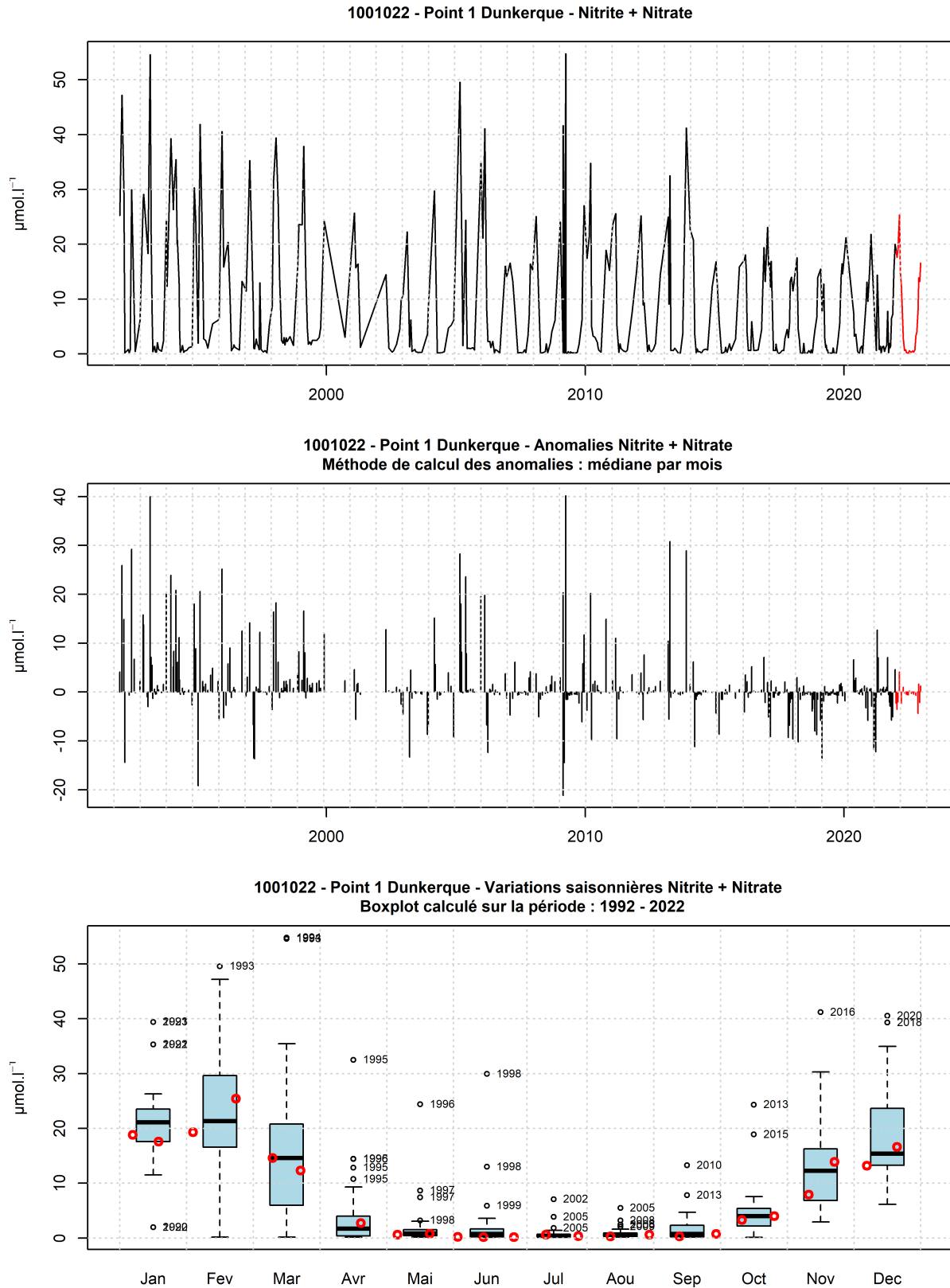


FIGURE 27 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

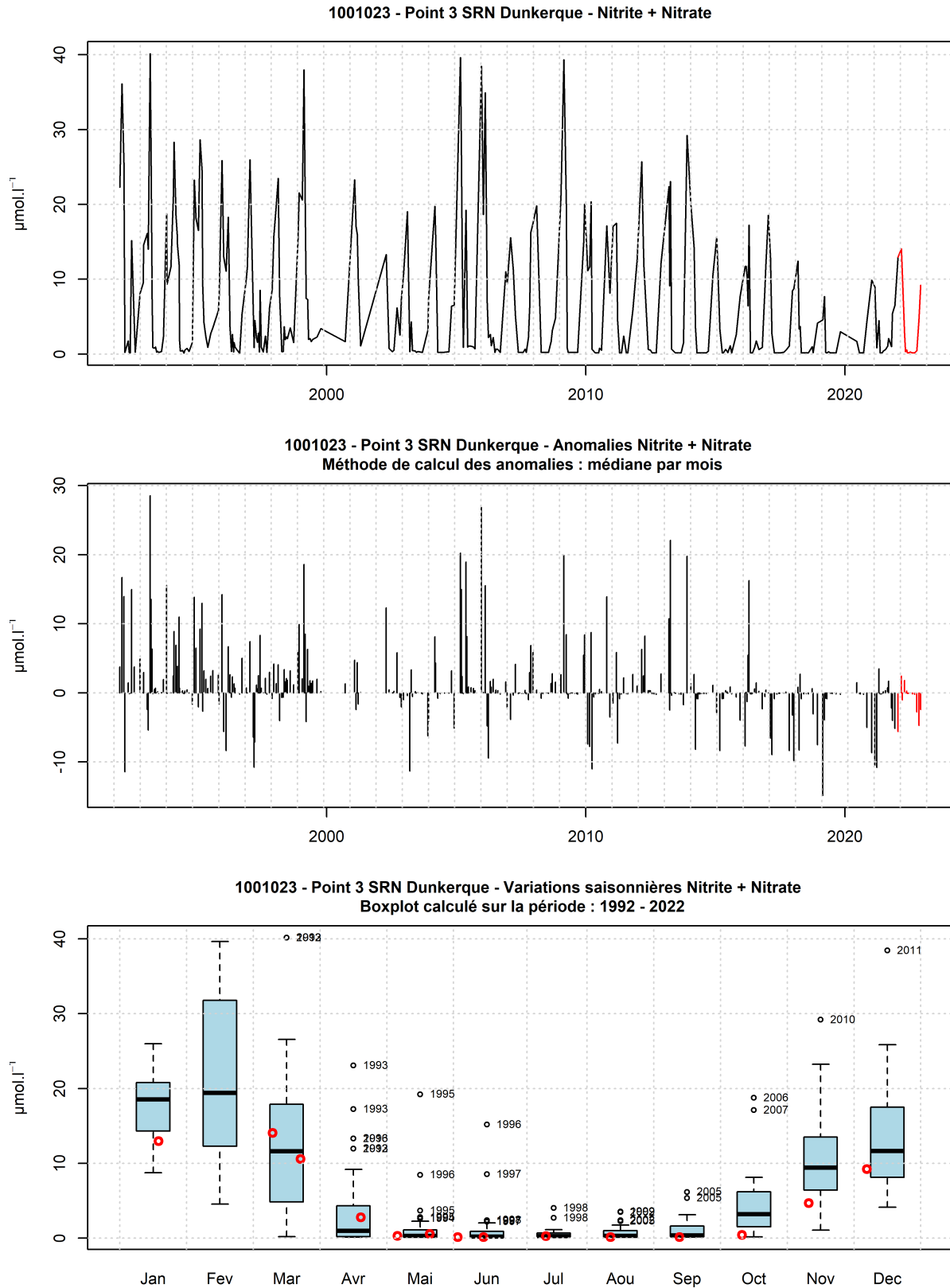


FIGURE 28 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

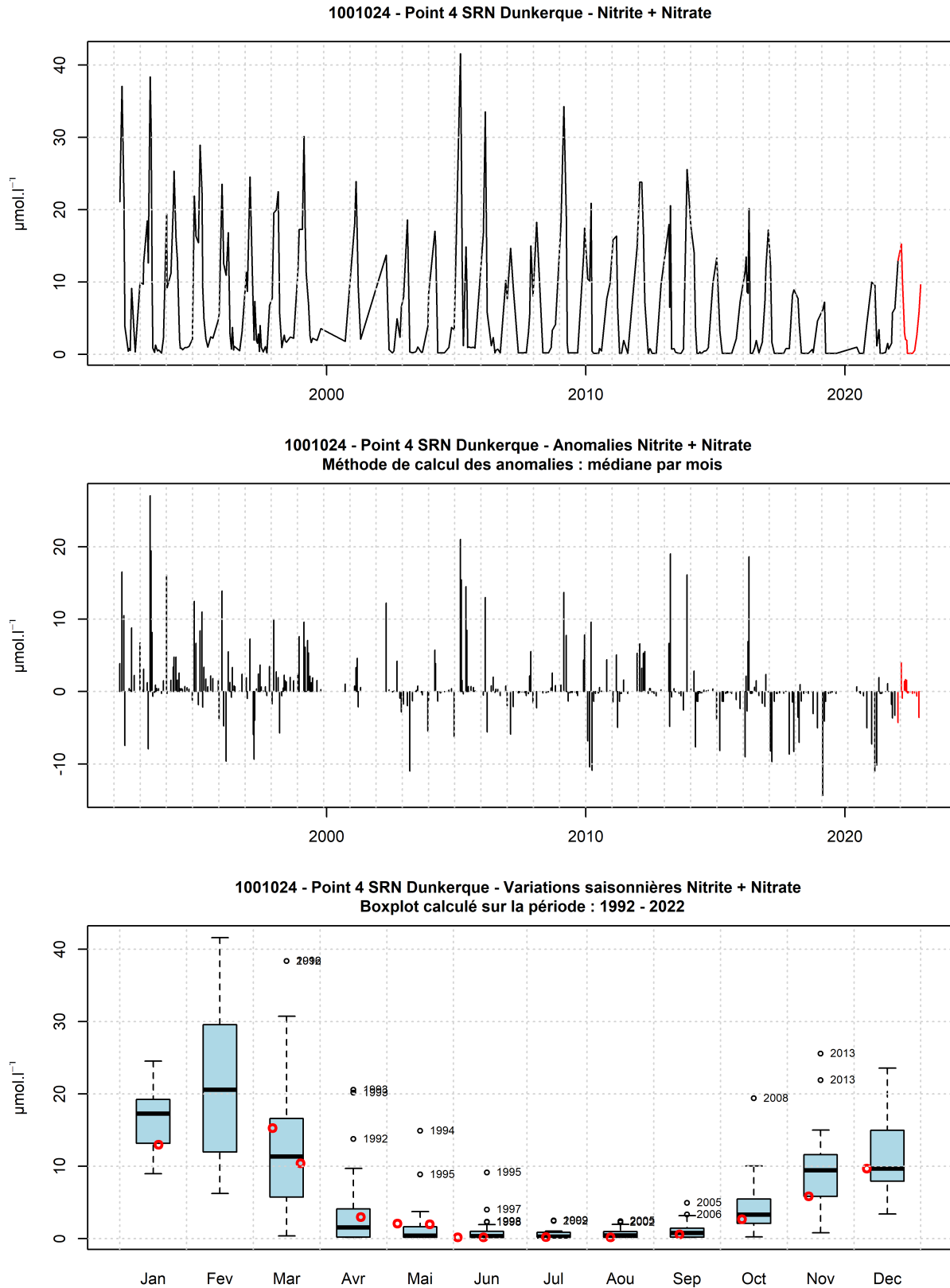


FIGURE 29 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.8 Phosphate

De 1992 à 2021, la concentration en phosphate était comprise entre 0.01 et 9.8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en phosphate moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 0.5 ; 0.46 et 0.45 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 18).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1996 (1992, 1993, 1995, 1997, 2004, 2005, 2006, 2009) (Figures 30 à 32).

TABLEAU 18 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.01	0.16	0.38	0.5	0.65	0.65	9.8	411
Point 3 SRN Dunkerque	0.05	0.18	0.37	0.46	0.37	0.68	2	337
Point 4 SRN Dunkerque	0.05	0.14	0.35	0.45	0.4	0.63	2.69	324

TABLEAU 19 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.11	0.19	0.33	0.34	0.16	0.48	0.73	24
Point 3 SRN Dunkerque	0.05	0.12	0.16	0.19	0.12	0.26	0.4	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.05	0.11	0.21	0.22	0.14	0.35	0.44	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.05 et 0.73 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 0.34, 0.19 et 0.22 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 18 et 19).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -0.4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai et 0.23 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mars (Annexe 1).

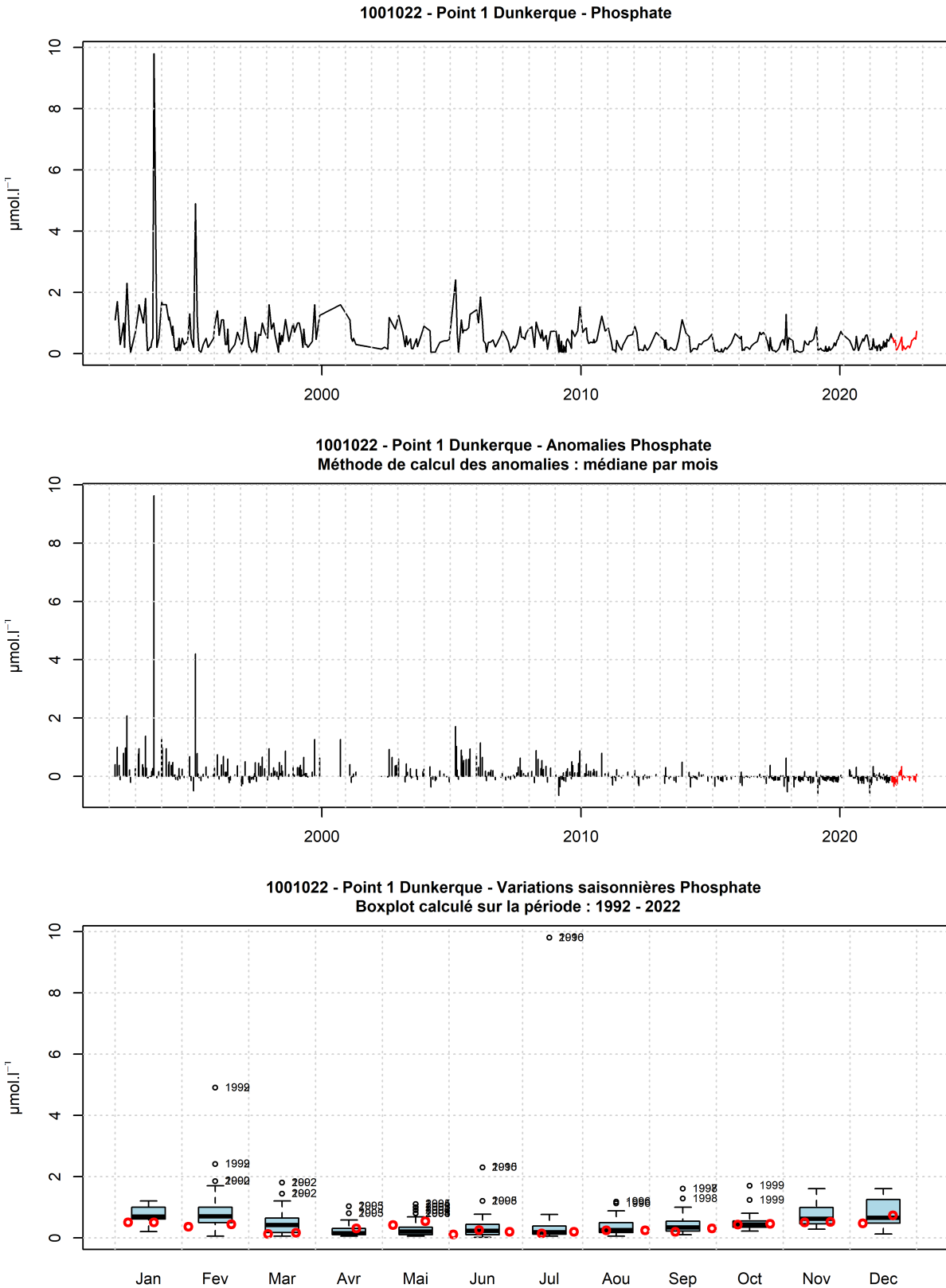


FIGURE 30 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

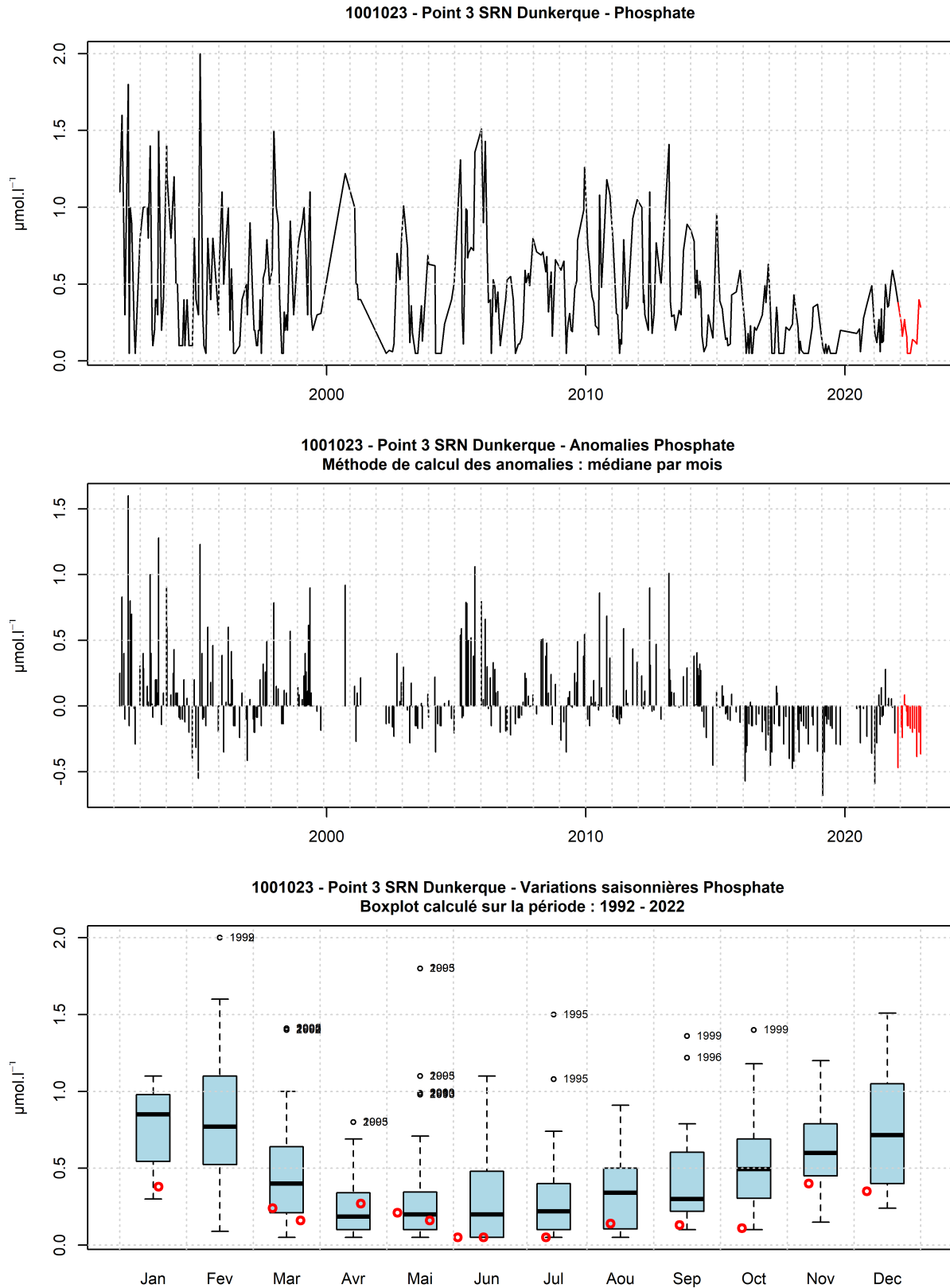


FIGURE 31 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

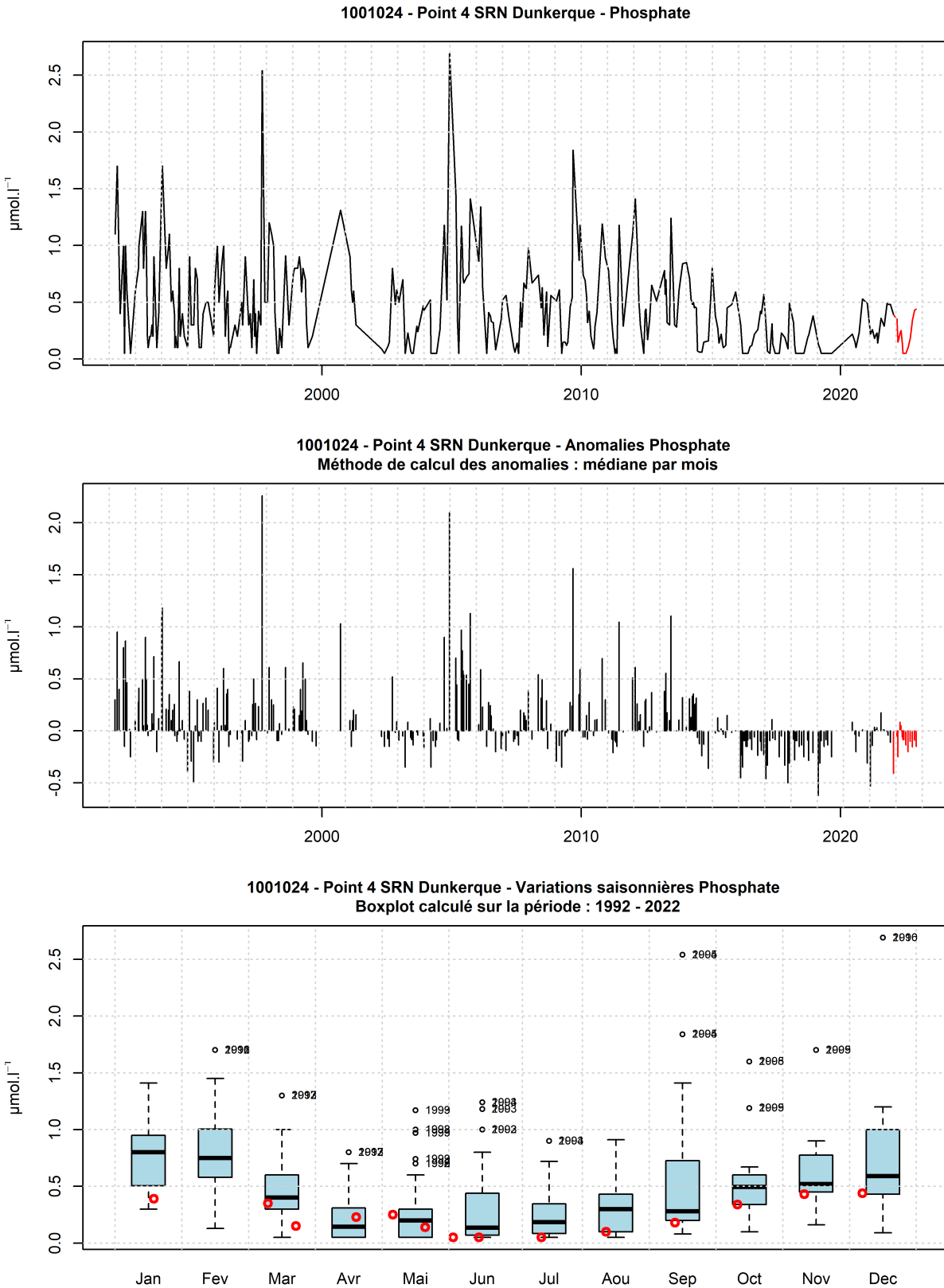


FIGURE 32 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.9 Silicate

De 1992 à 2021, la concentration en silicate était comprise entre 0.1 et 35.2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en silicate moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 4.94 ; 3.14 et 3.06 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 20).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : (1993, 1994, 1995, 1998, 2005, 2013) (Figures 33 à 35).

TABLEAU 20 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.1	1.07	3.16	4.94	5.37	6.58	35.2	412
Point 3 SRN Dunkerque	0.1	0.41	1.5	3.14	4.2	4.04	26	336
Point 4 SRN Dunkerque	0.1	0.44	1.48	3.06	3.97	4.2	25.9	324

TABLEAU 21 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.48	1.4	5.1	5.35	3.94	8.9	13.2	21
Point 3 SRN Dunkerque	0.1	0.68	1.48	1.93	1.65	2.46	5.64	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.1	0.98	1.91	2.5	1.85	3.84	5.51	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.1 et 13.2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 5.35, 1.93 et 2.5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 20 et 21).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -3.79 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en décembre et 2.34 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mars (Annexe 1).

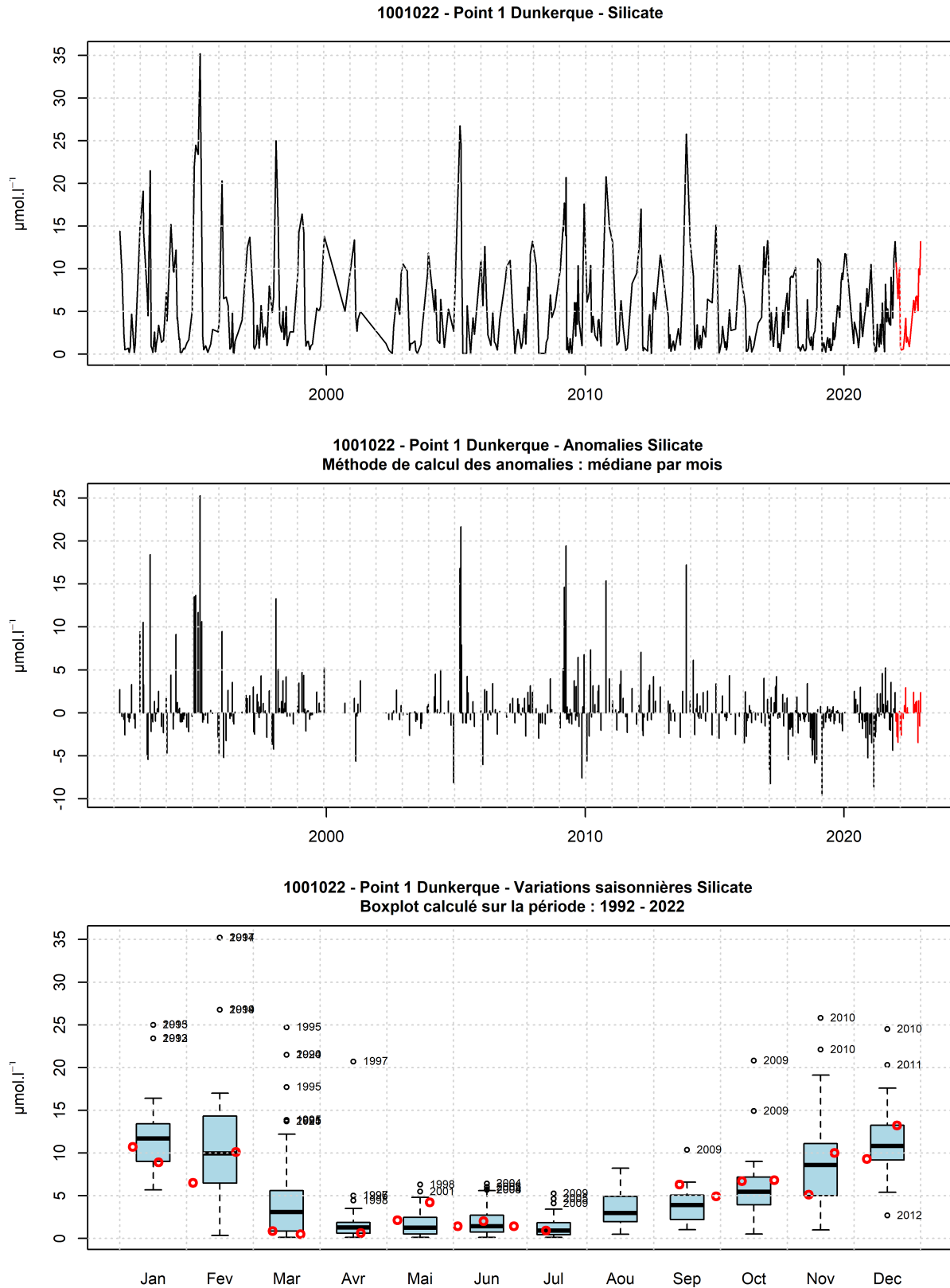


FIGURE 33 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

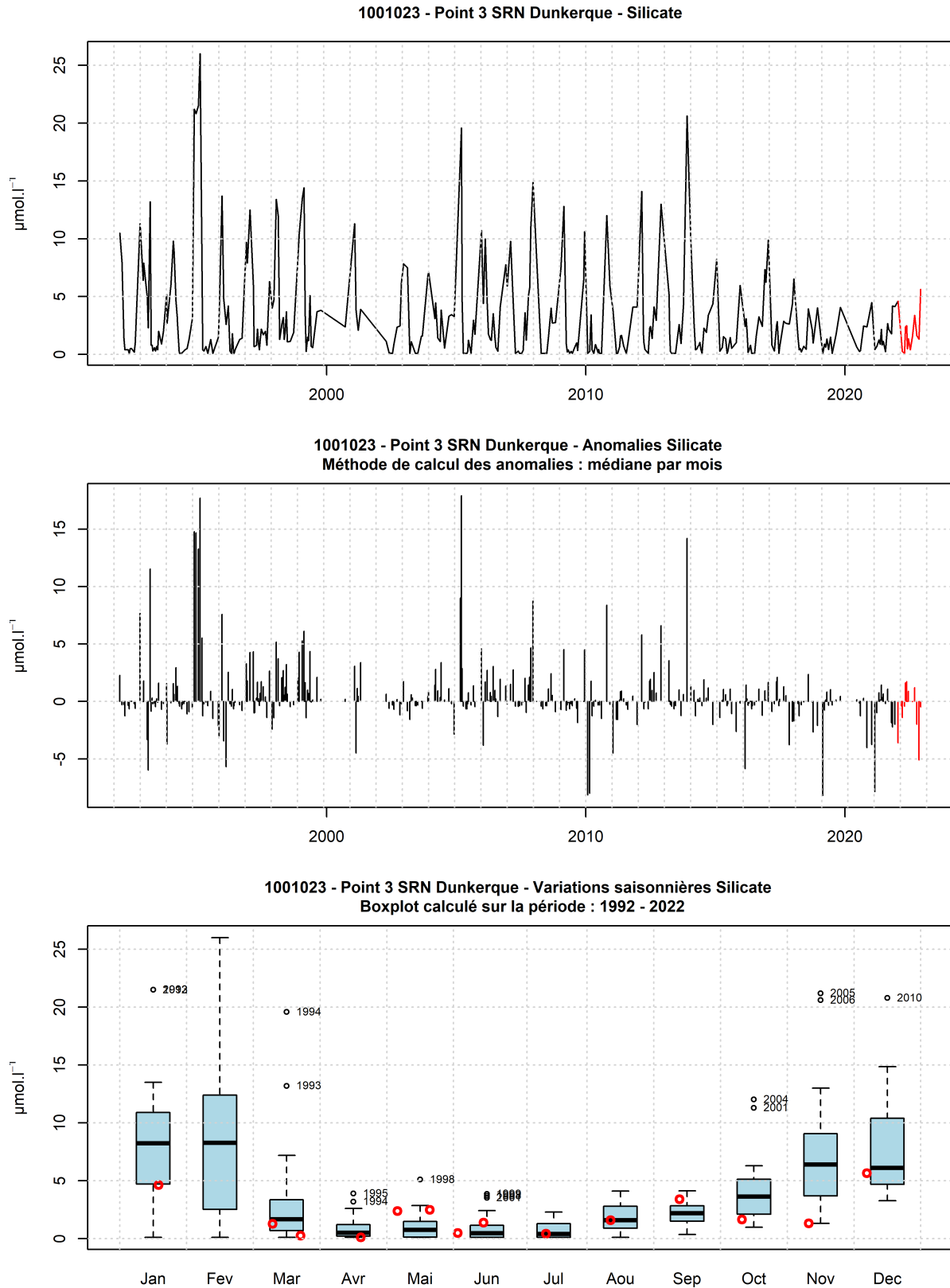


FIGURE 34 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

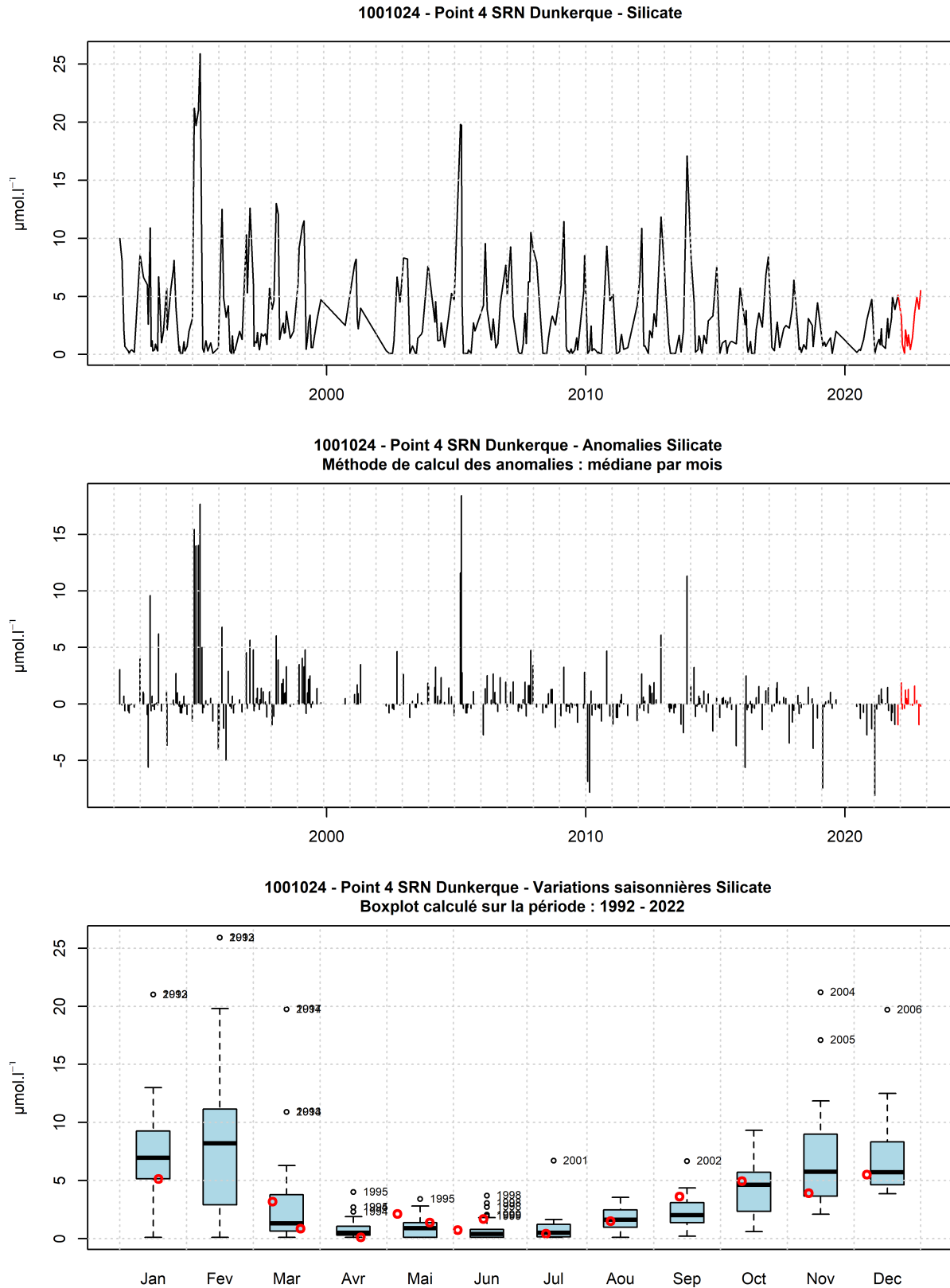


FIGURE 35 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.10 Oxygène dissous

De 1992 à 2021, la concentration en oxygène dissous était comprise entre 6.91 et 19.2 mg.l⁻¹. Les concentrations en oxygène moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 9.21 ; 9.15 et 9.15 mg.l⁻¹, de la côte au large (Tableau 22).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2009, 2020, 2022 (2009, 2017) (Figures 36 à 38).

TABLEAU 22 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en oxygène dissous (mg.l-1) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	6.91	8.05	8.81	9.21	1.58	9.88	19.2	225
Point 3 SRN Dunkerque	7.52	8.19	8.89	9.15	1.12	9.9	11.96	80
Point 4 SRN Dunkerque	7.48	8.16	8.86	9.15	1.15	9.99	12.38	80

TABLEAU 23 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en oxygène dissous (mg.l-1) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	7.19	7.85	8.21	8.78	1.31	9.79	11.51	22
Point 3 SRN Dunkerque	7.31	7.87	8.4	8.8	1.31	9.85	11.23	13
Point 4 SRN Dunkerque	7.33	7.91	8.19	8.98	1.43	10.35	11.33	13

En 2022, les valeurs se situent entre 7.19 et 11.51 mg.l⁻¹ et les moyennes sont égales à 8.78, 8.8 et 8.98 mg.l⁻¹ de la côte au large (Tableaux 22 et 23).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -0.66 mg.l⁻¹ en décembre et 2.58 mg.l⁻¹ en mai (Annexe 1).

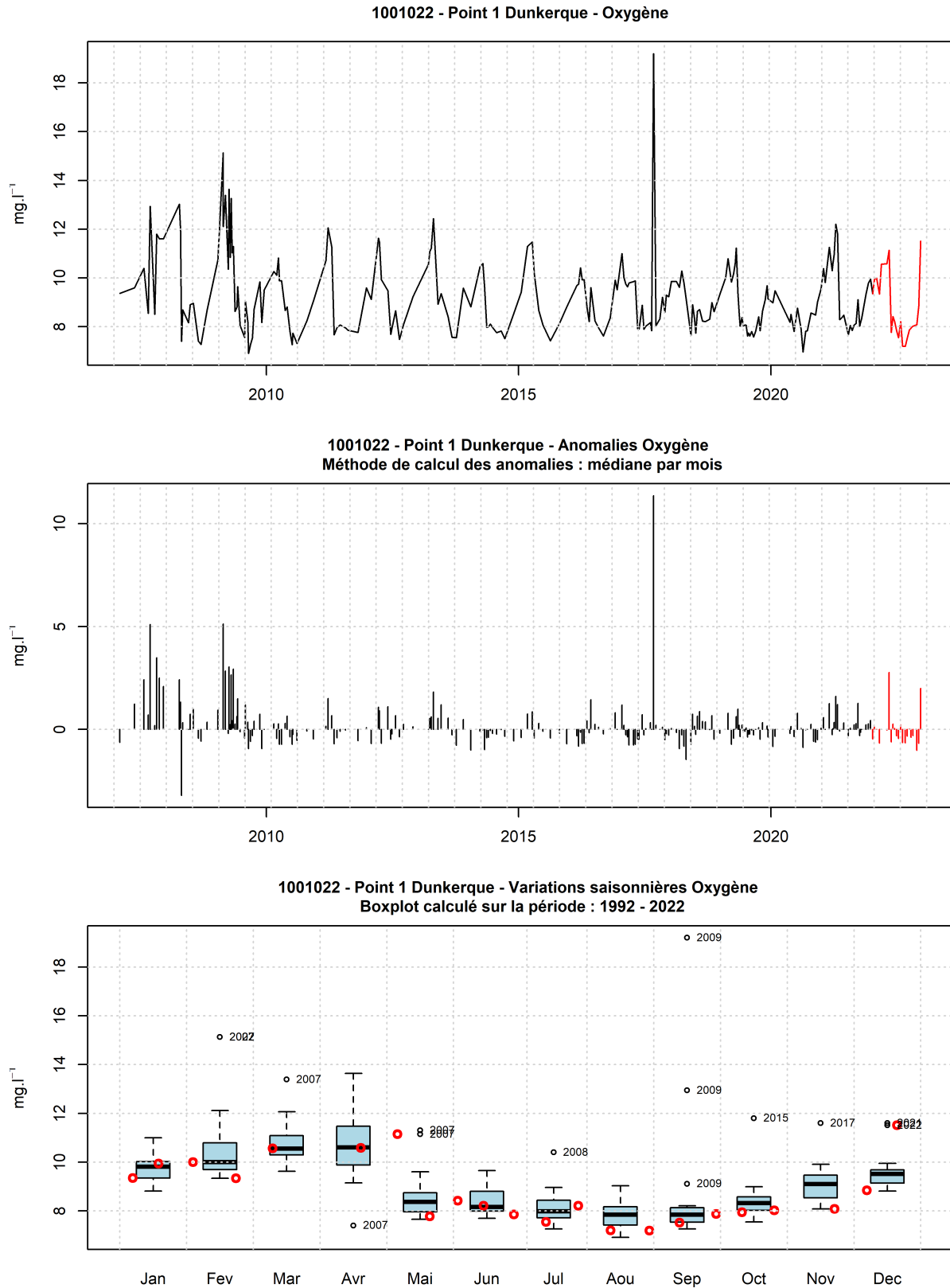


FIGURE 36 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

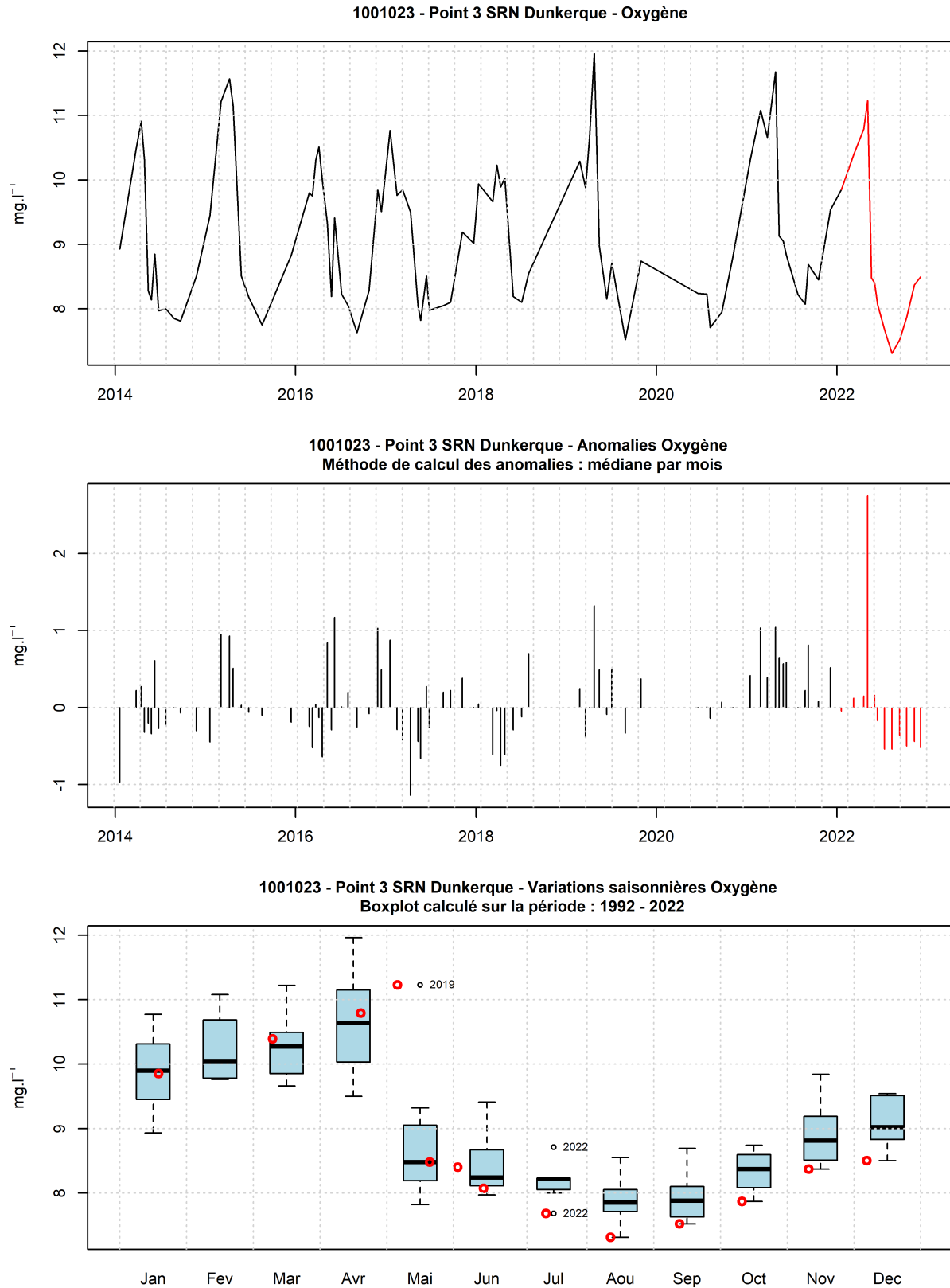


FIGURE 37 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

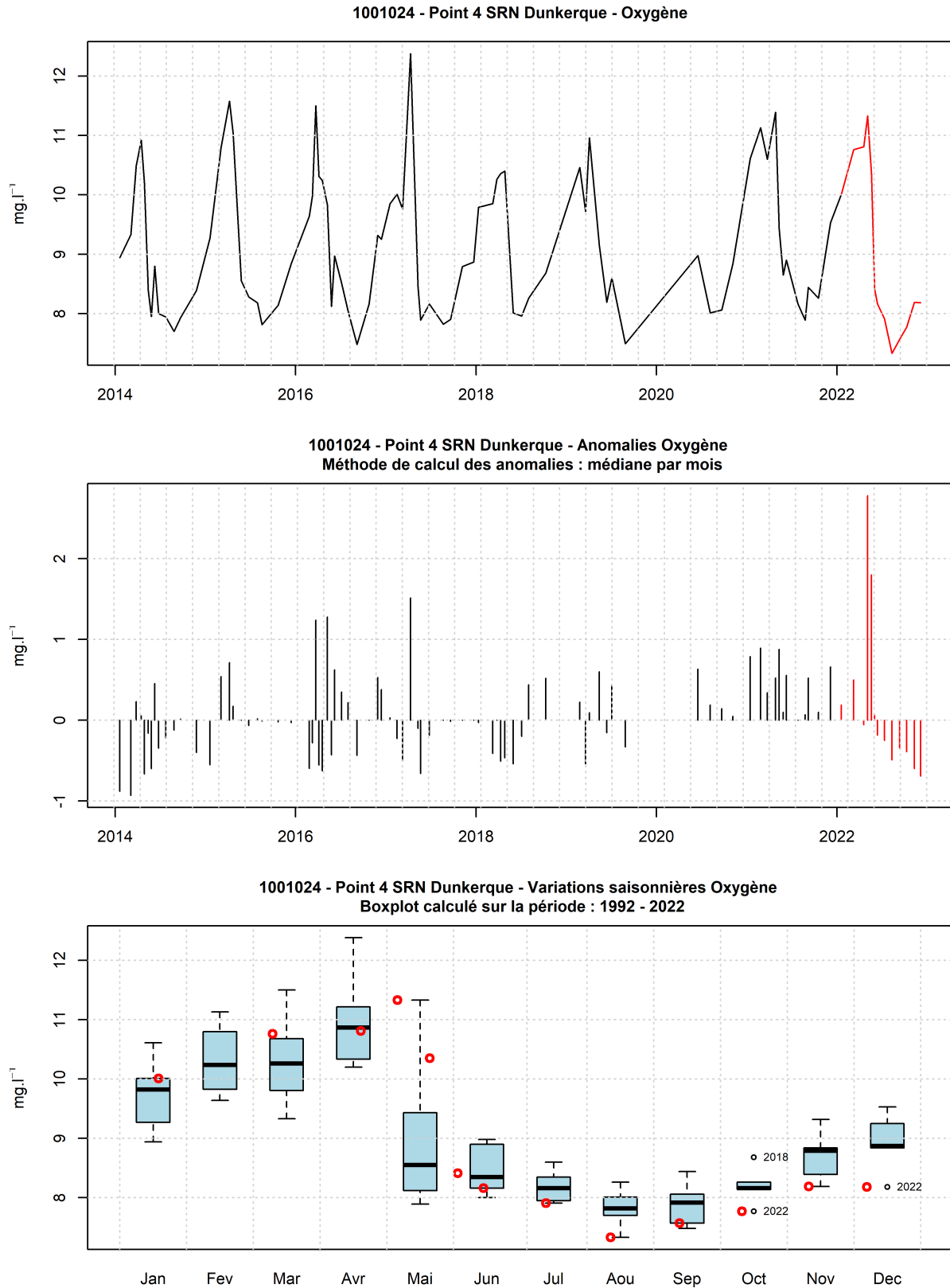


FIGURE 38 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.1.11 Limitation par les nutriments

Les Figures 39 à 41 représentent l'évolution temporelle des éléments nutritifs potentiellement limitants le long de la radiale de Dunkerque. Les figures délimitent six zones qui définissent, par ordre de priorité, l'élément qui limite majoritairement la croissance des algues au point considéré. En effet, les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques.

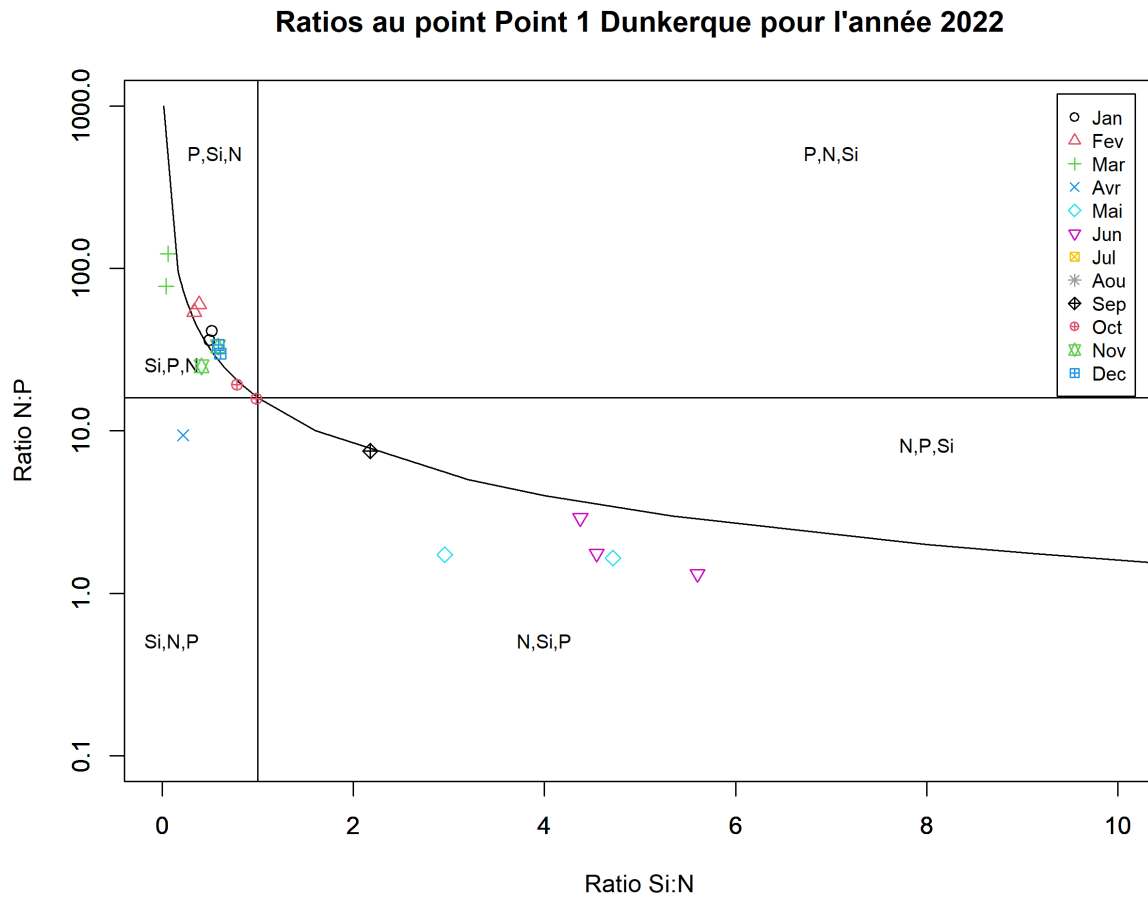


FIGURE 39 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 1 de la radiale de Dunkerque en 2022

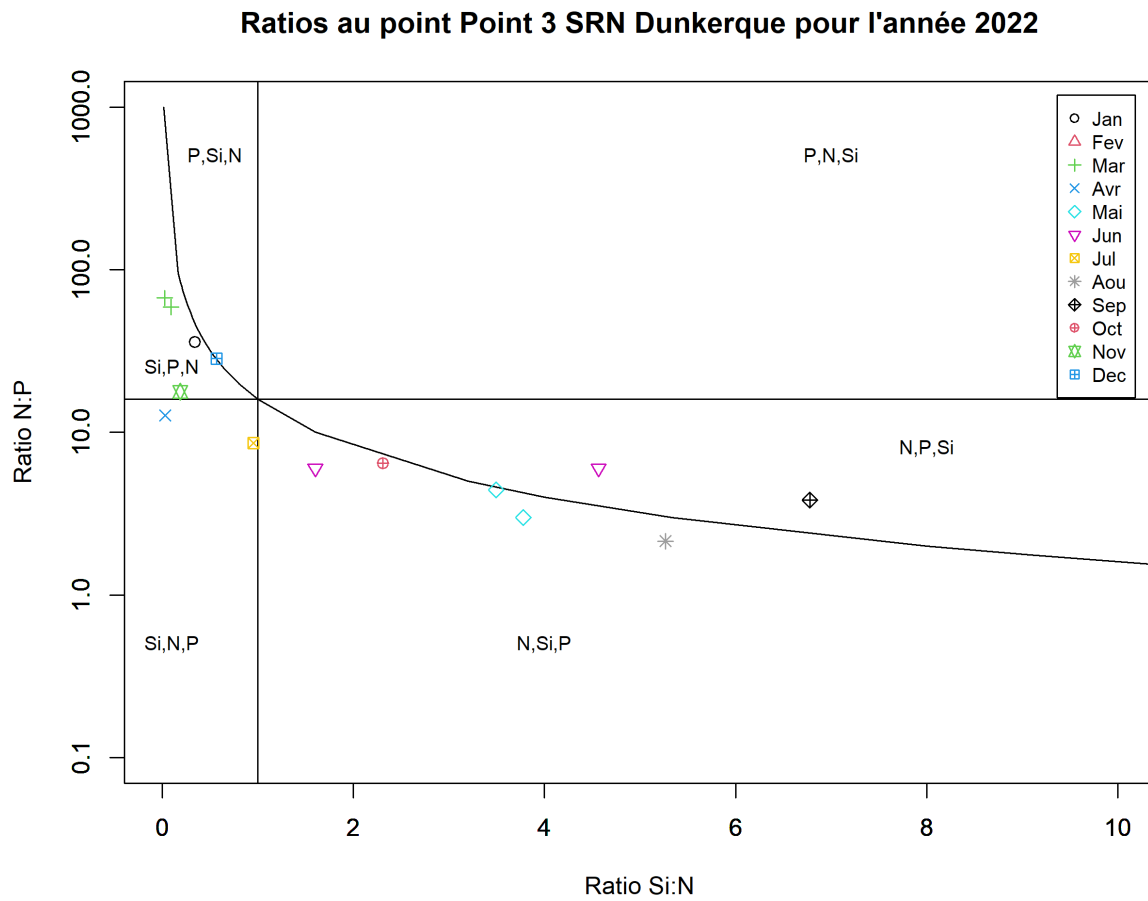


FIGURE 40 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 3 de la radiale de Dunkerque en 2022

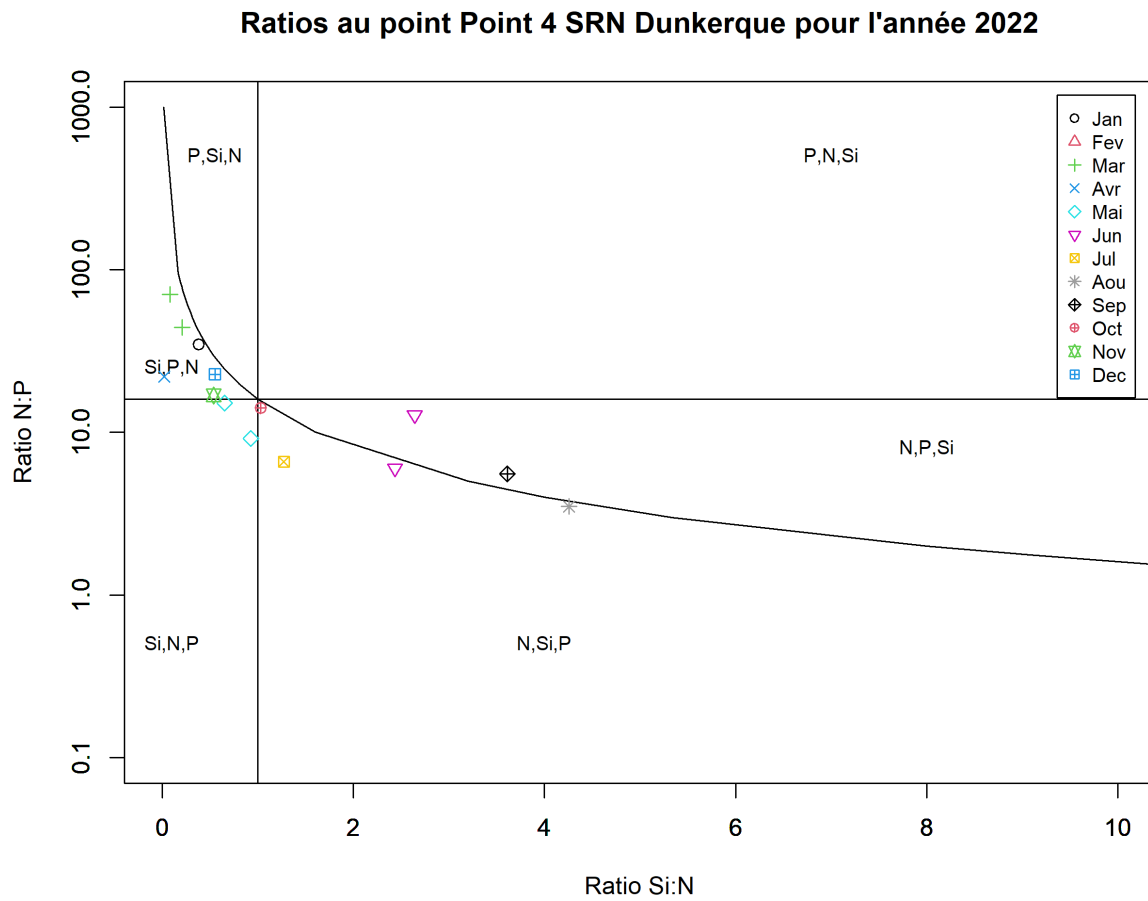


FIGURE 41 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 4 de la radiale de Dunkerque en 2022

3.1.1.12 Chlorophylle-a

De 1992 à 2021, la concentration en chlorophylle-a était comprise entre 0.05 et 57.28 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Les concentrations en chlorophylle-a moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 6.64 ; 5.58 et 3.76 $\mu\text{g.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 24).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1993, 1999, 2002, 2007 (1993, 1994, 1996, 1999, 2001, 2009, 2010, 2013, 2016) (Figures 42 à 44).

TABLEAU 24 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	0.24	2.5	4.49	6.64	7.11	7.79	53.18	421
Point 3 SRN Dunkerque	0.26	1.94	3.4	5.58	6.06	7.22	57.28	335
Point 4 SRN Dunkerque	0.05	1.5	2.59	3.76	3.74	4.58	29.2	324

TABLEAU 25 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour la radiale de Dunkerque en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Dunkerque	1.23	2.55	4.12	4.82	3.85	5.29	16.87	24
Point 3 SRN Dunkerque	1.31	2.29	3.06	5.73	5.65	7.77	20.31	14
Point 4 SRN Dunkerque	0.64	1.74	1.9	2.53	1.69	2.91	7.07	14

En 2022, les valeurs se situent entre 0.64 et 20.31 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 4.82, 5.73 et 2.53 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 24 et 25).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Dunkerque, en 2022, celui-ci est compris entre -14.39 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en mars et 0 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en novembre (Annexe 1).

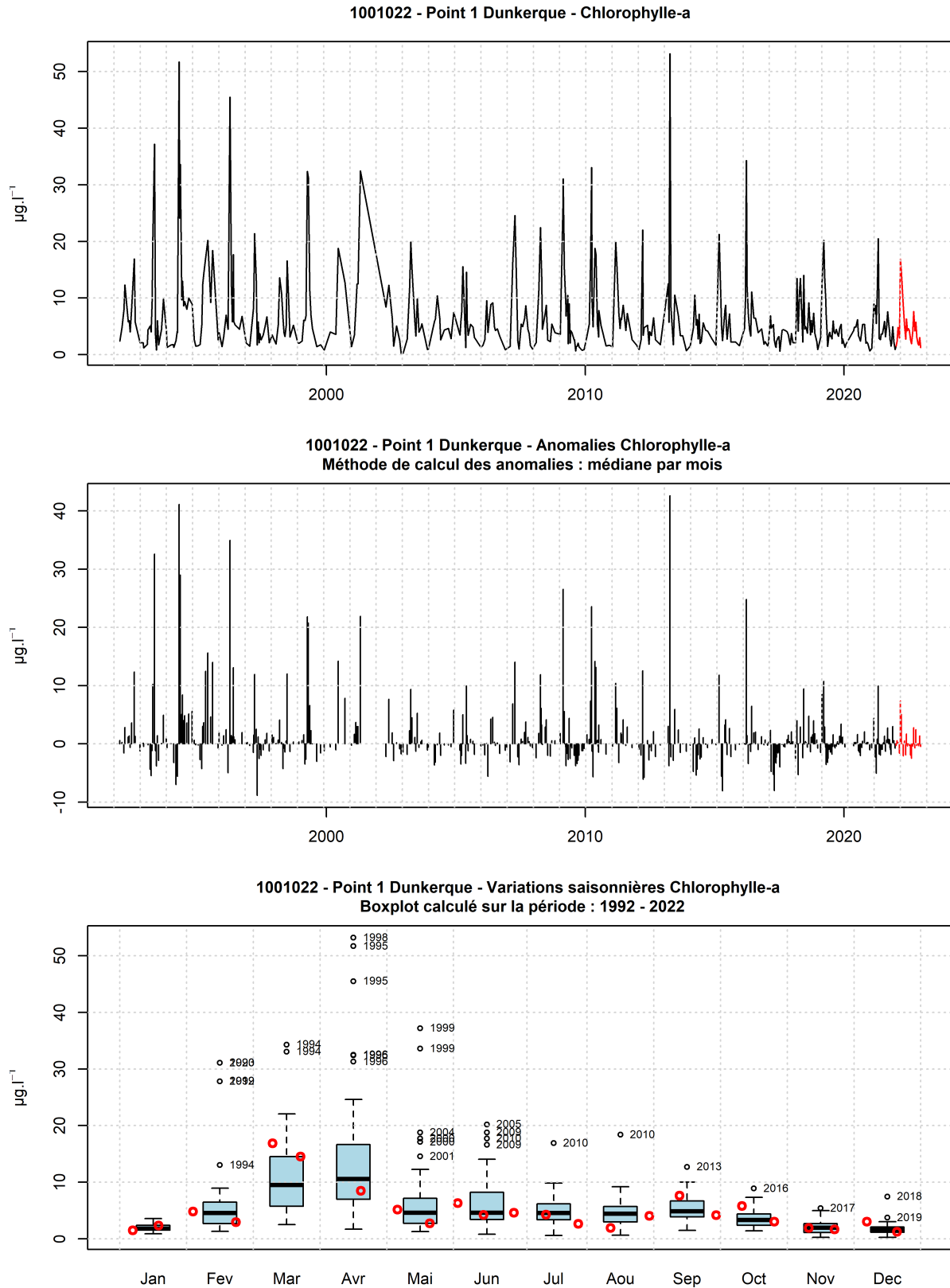


FIGURE 42 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

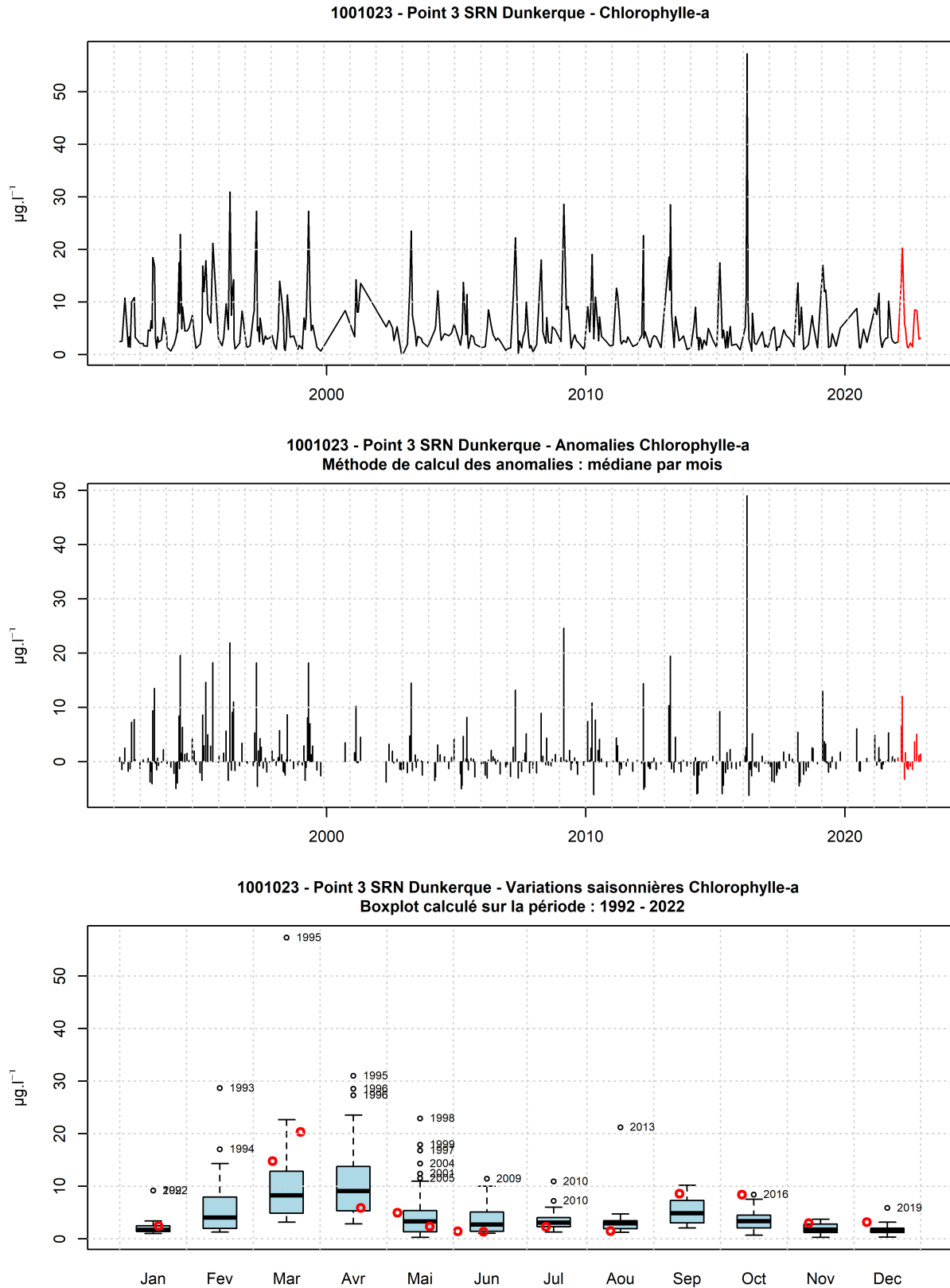


FIGURE 43 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

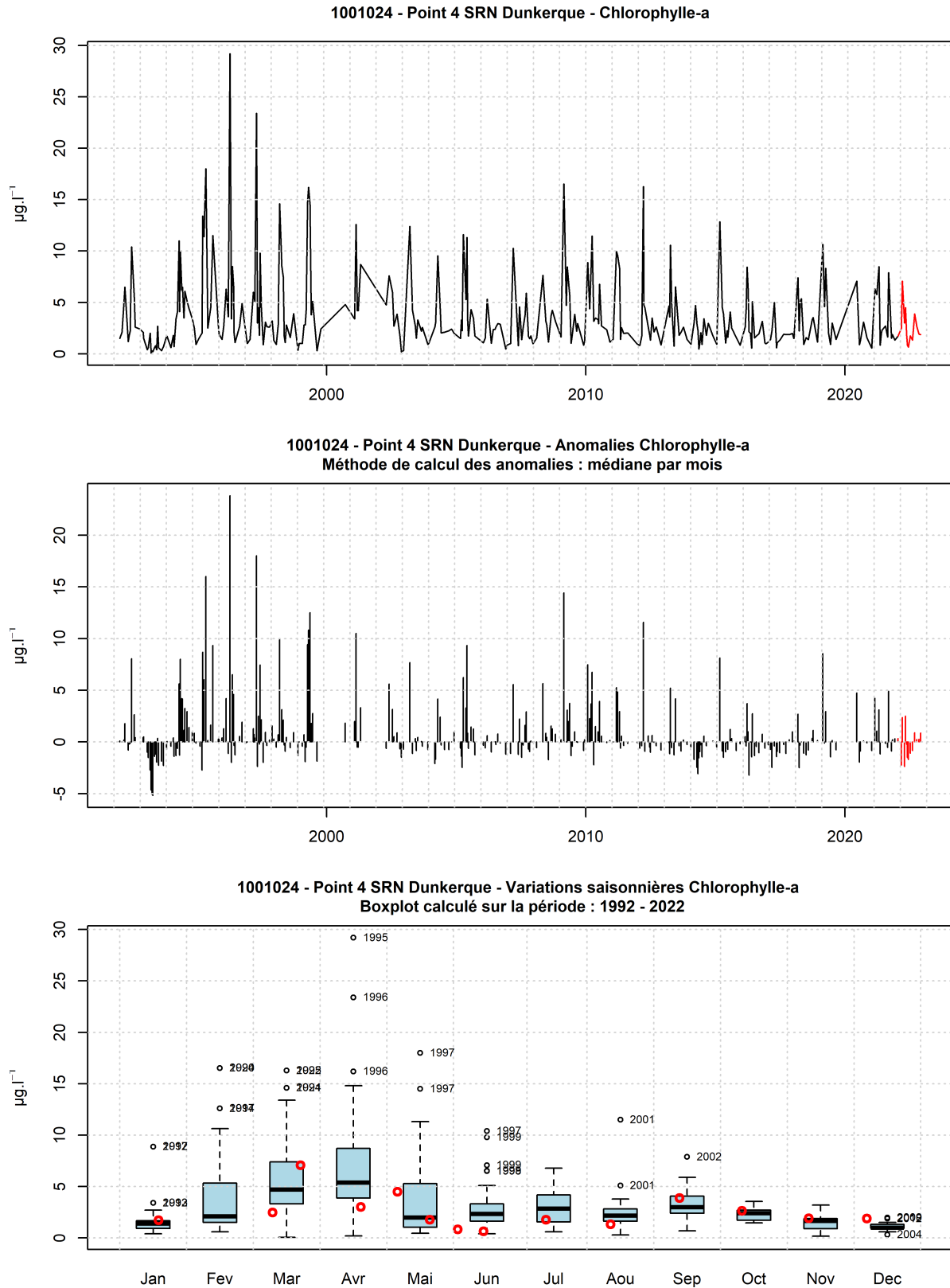


FIGURE 44 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Dunkerque et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2 Boulogne-sur-Mer

3.1.2.1 Température

De 1992 à 2021, la température était comprise entre 2.1 et 22.1 °C. Les températures moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 12.64 ; 12.26 et 12.28 °C, de la côte au large (Tableau 26). L'évolution saisonnière de ce paramètre est classique pour un tel écosystème tempéré. Les courbes pluriannuelles de température indiquent une dynamique comparable d'une année sur l'autre.

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1997, 2005, 2006, 2010, 2013 (1999, 2002, 2003, 2004, 2008, 2018, 2022) (Figures 45 à 47).

TABLEAU 26 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	2.1	8.8	12.5	12.64	4.4	16.7	22.1	484
Point 2 SRN Boulogne	3.5	8.6	12	12.26	4.19	15.95	21.8	394
Point 3 SRN Boulogne	3.7	8.9	12.05	12.28	4.02	15.9	21.8	388

TABLEAU 27 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	6.6	9.4	15.2	14.22	5.01	18.2	20.5	19
Point 2 SRN Boulogne	6.8	8.8	13.7	13.25	4.69	16.6	20	13
Point 3 SRN Boulogne	6.9	8.8	13.3	13.12	4.52	16.9	19.5	13

En 2022, les valeurs se situent entre 6.6 et 20.5 °C et les moyennes sont égales à 14.22, 13.25 et 13.12 °C de la côte au large (Tableaux 26 et 27).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -1.2 °C en mai et 1.2 °C en décembre (Annexe 1).

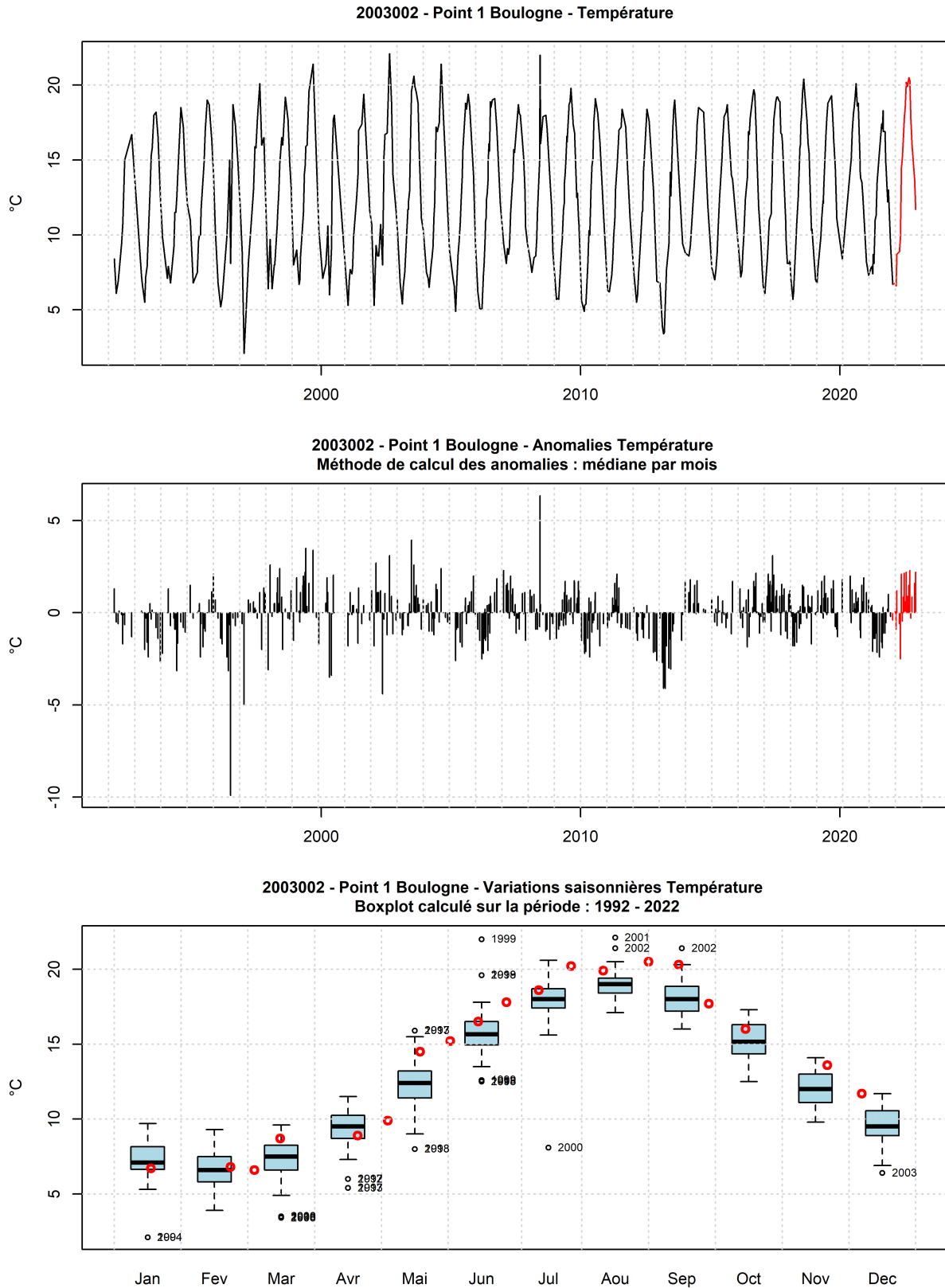


FIGURE 45 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

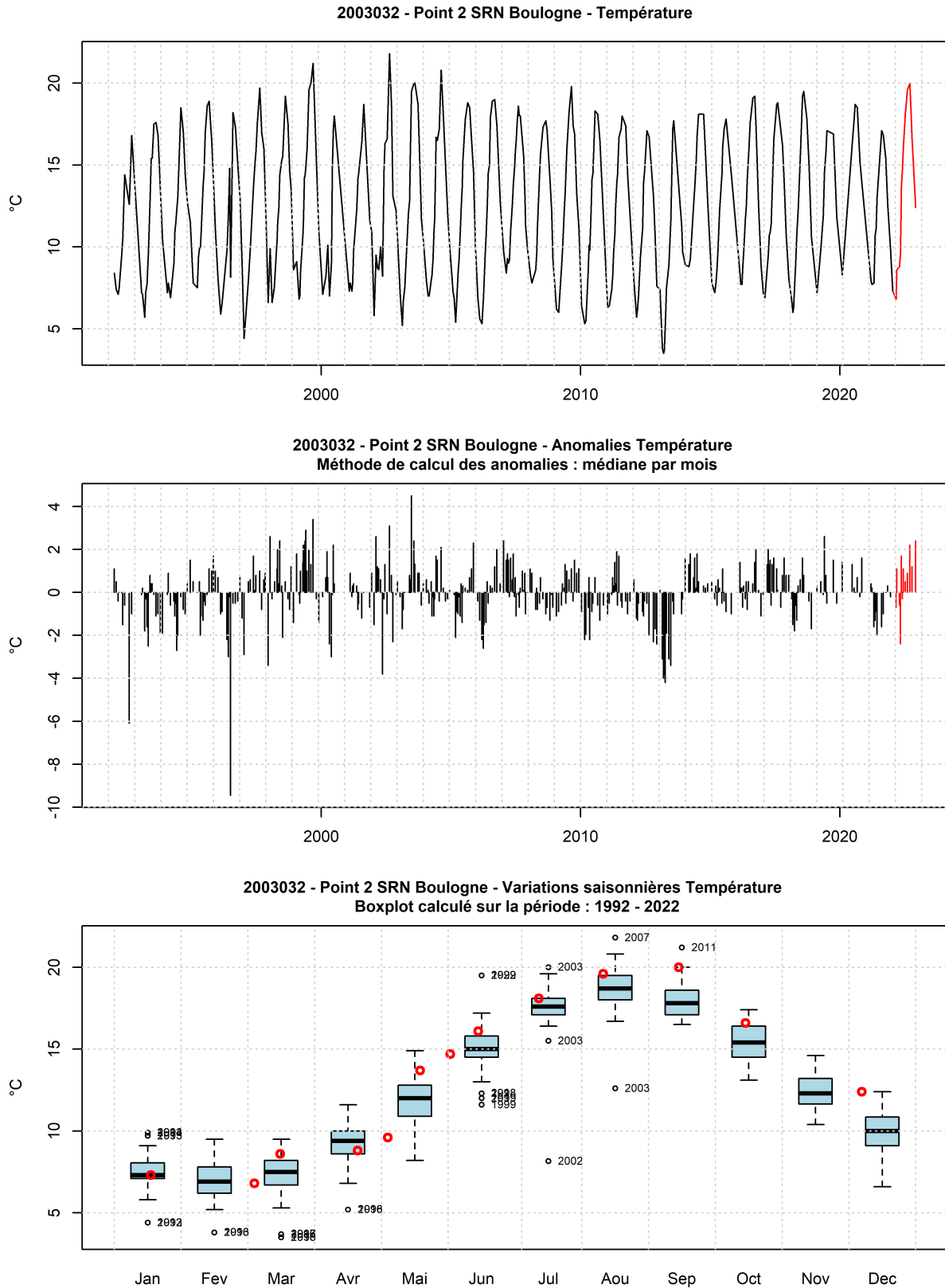


FIGURE 46 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

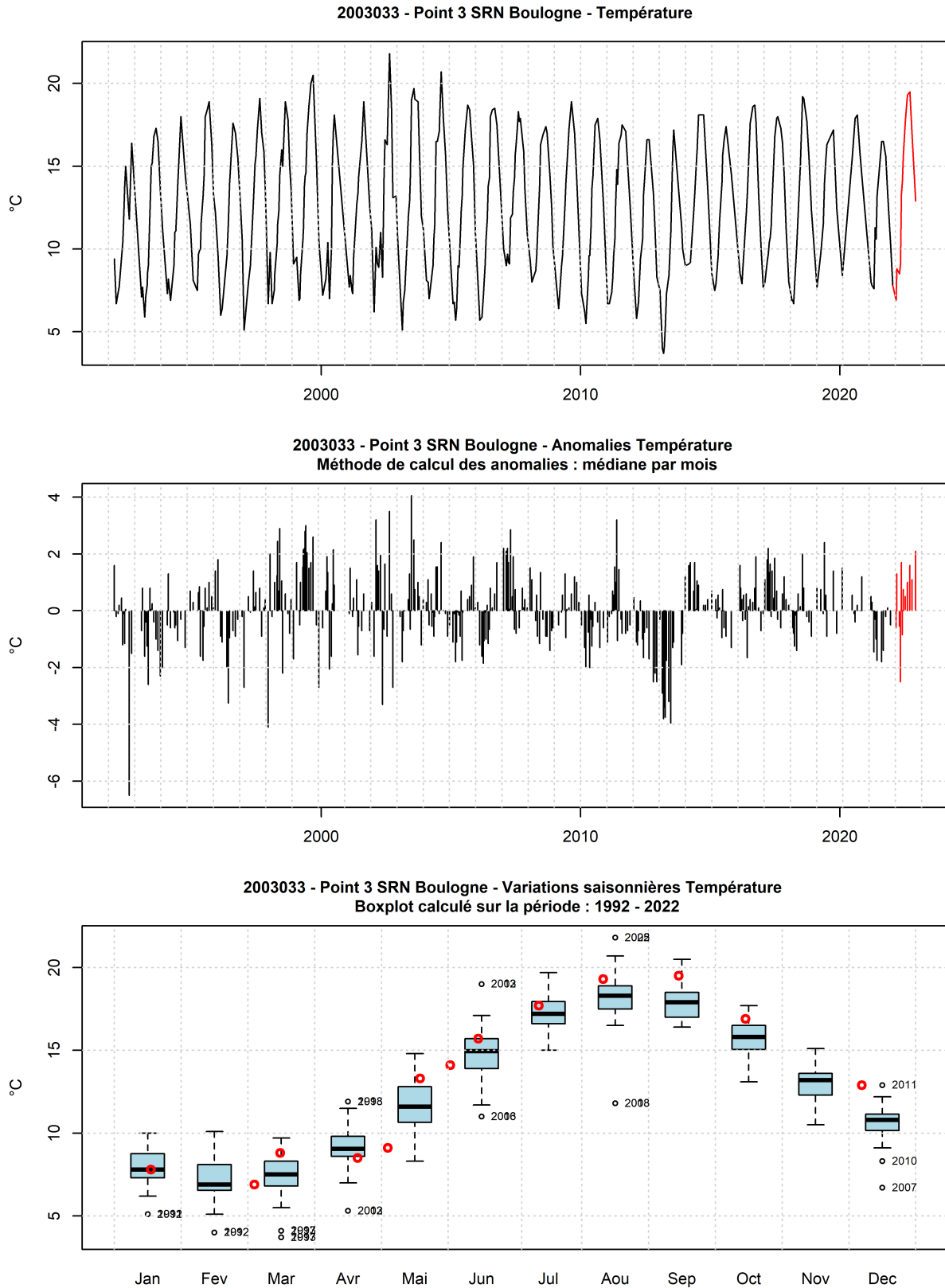


FIGURE 47 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.2 Salinité

De 1992 à 2021, la salinité était comprise entre 29.14 et 35.9. Les salinités moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 33.93 ; 34.25 et 34.5, de la côte au large (Tableau 28).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1993, 1994, 1995, 1996 (2004, 2006, 2007, 2008, 2011, 2012, 2013, 2015, 2017, 2018) (Figures 48 à 50).

TABLEAU 28 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (PSU) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	29.14	33.6	34.1	33.93	0.93	34.5	35.3	492
Point 2 SRN Boulogne	29.28	34	34.4	34.25	0.91	34.8	35.6	397
Point 3 SRN Boulogne	29.28	34.2	34.7	34.5	0.89	35	35.9	392

TABLEAU 29 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (PSU) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	33.3	34.15	34.5	34.39	0.46	34.7	35	19
Point 2 SRN Boulogne	33.3	34.5	34.8	34.62	0.48	34.9	35	13
Point 3 SRN Boulogne	34.1	34.7	35	34.85	0.35	35	35.3	13

En 2022, les valeurs se situent entre 33.3 et 35.3 et les moyennes sont égales à 34.39, 34.62 et 34.85 de la côte au large (Tableaux 28 et 29).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre 0.1 en août et 0.8 en décembre (Annexe 1).

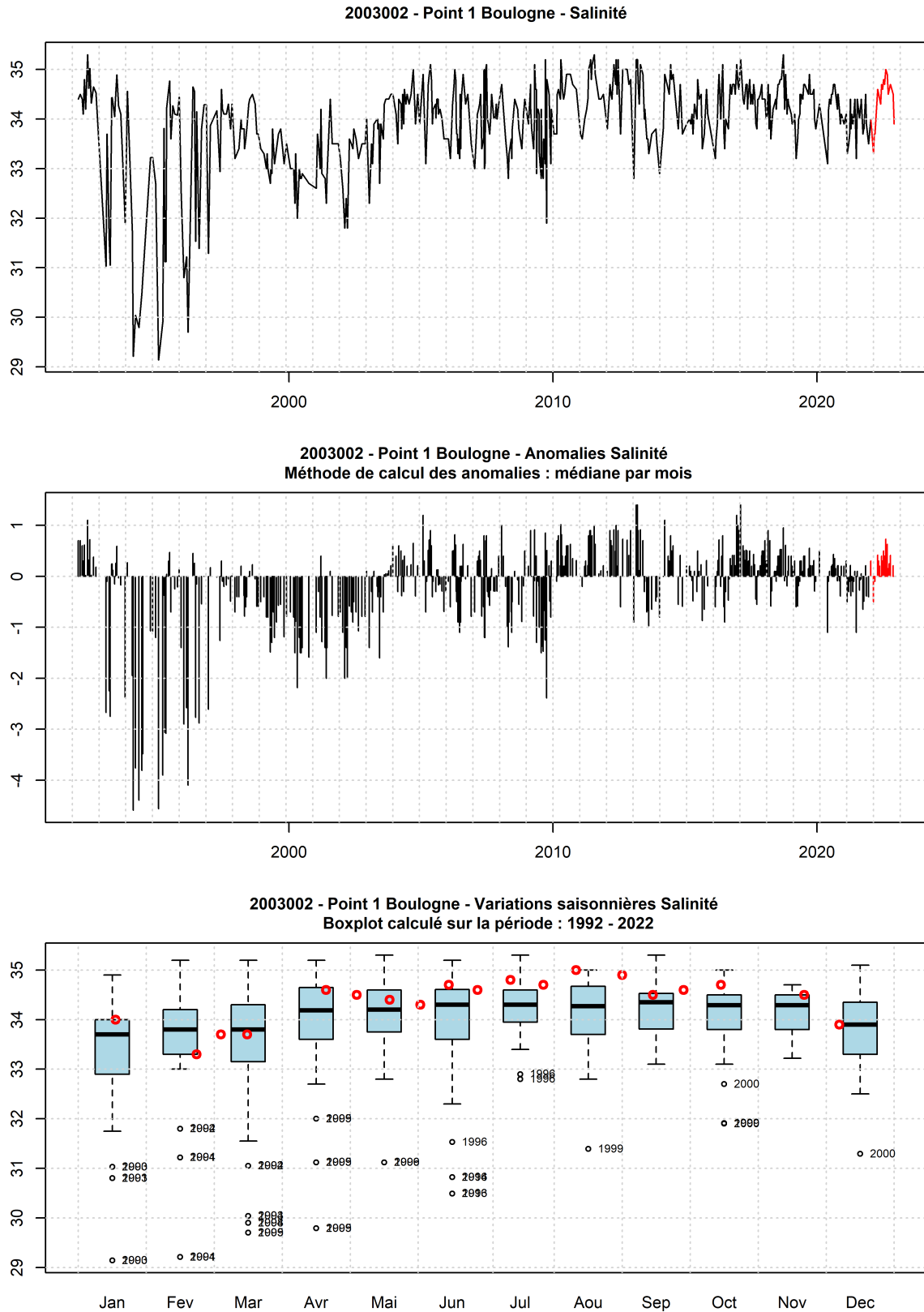


FIGURE 48 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

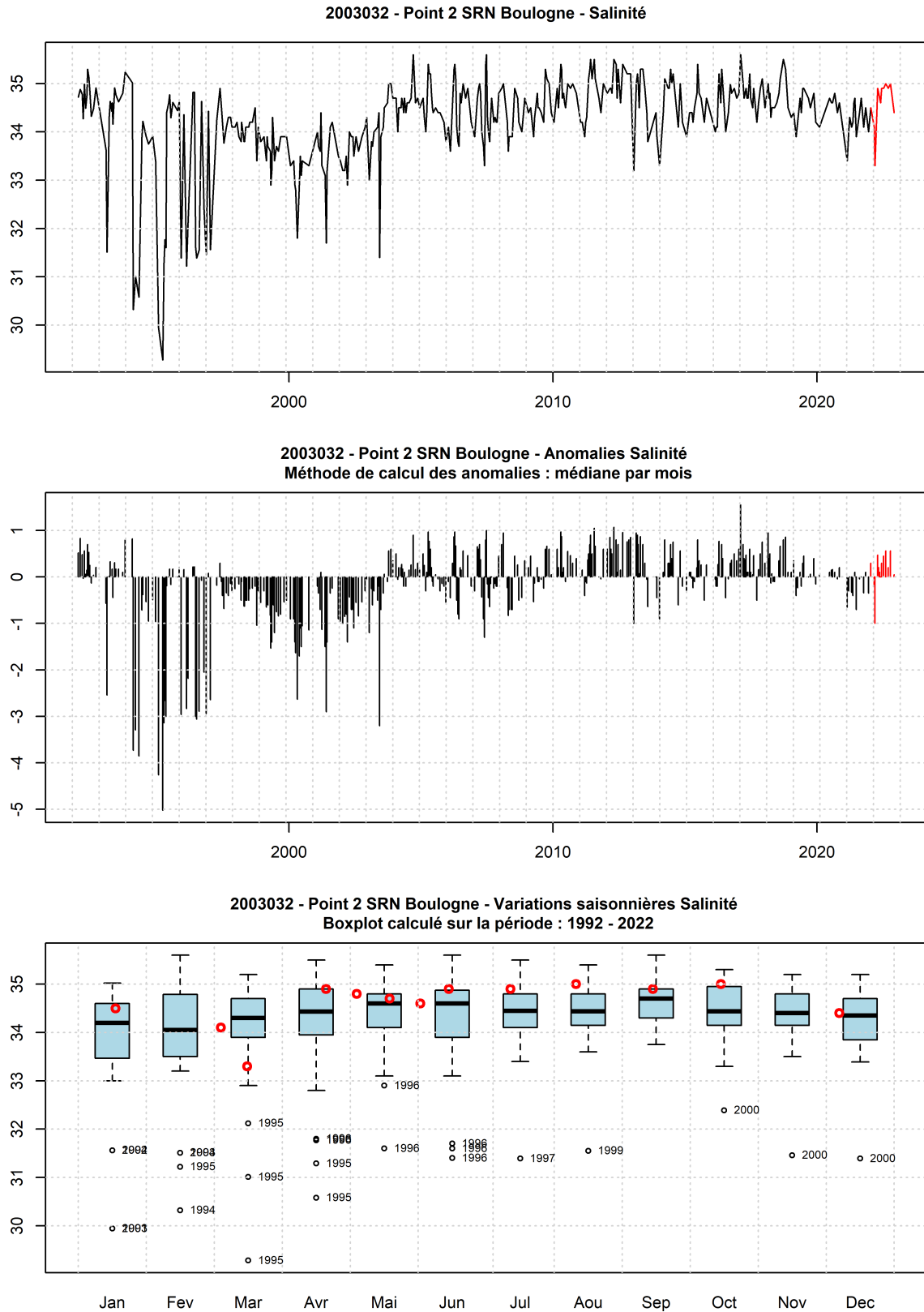


FIGURE 49 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

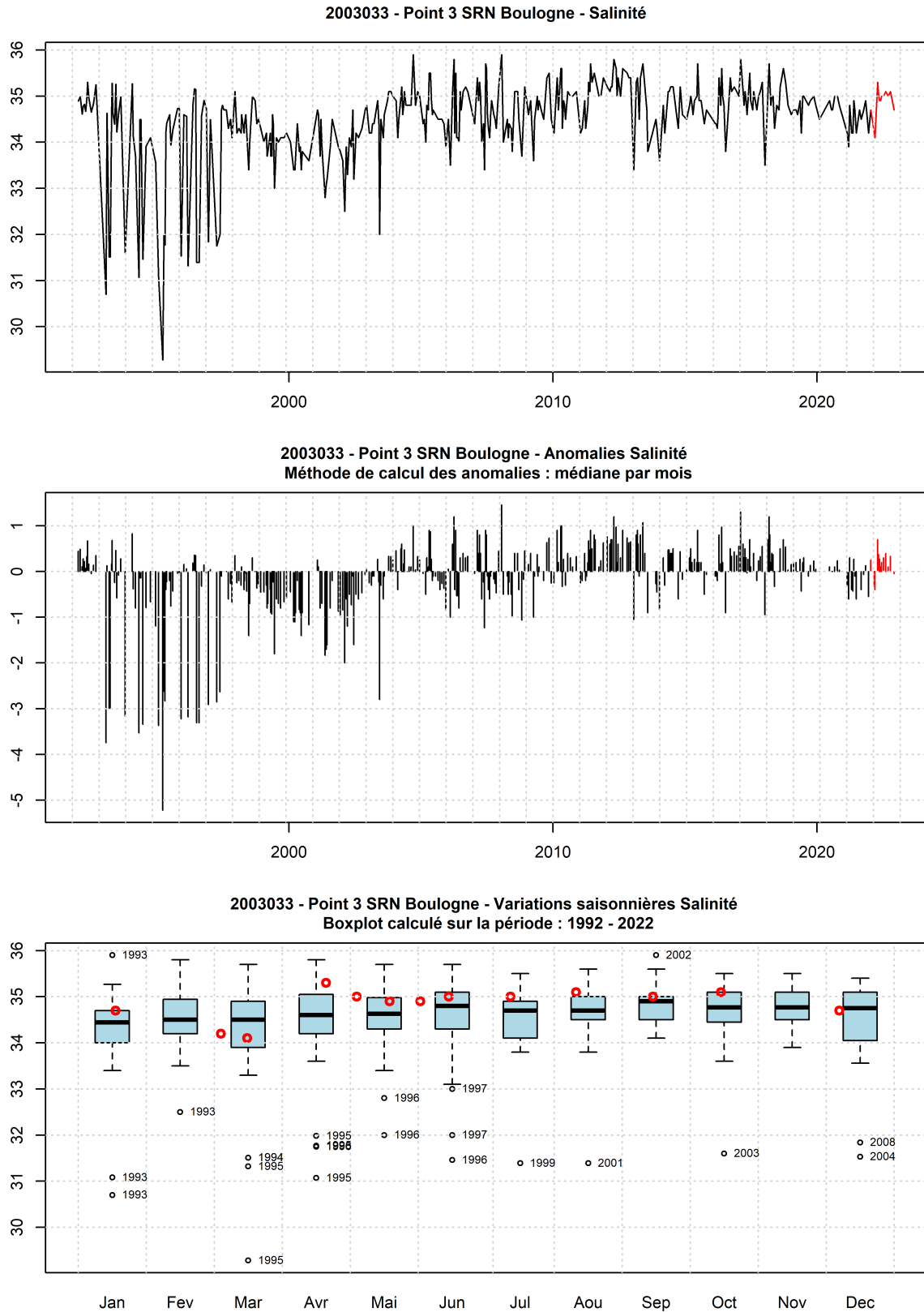


FIGURE 50 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.3 Turbidité et matières en suspension

De 1992 à 2021, la turbidité était comprise entre 0.1 et 31.9. Les turbidités moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 3.65 ; 2.28 et 1.34, de la côte au large (Tableau 30).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1995, 1996, 2001, 2012 (1997, 1998, 2000, 2003, 2005, 2007, 2013, 2017, 2022) (Figures 51 à 53).

TABLEAU 30 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (NTU) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.1	1.5	2.56	3.65	3.68	4.13	31.9	495
Point 2 SRN Boulogne	0.11	1.09	1.74	2.28	1.91	2.8	13.8	405
Point 3 SRN Boulogne	0.1	0.71	1.1	1.34	1.05	1.6	9.75	398

TABLEAU 31 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (NTU) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	1.36	2.15	3.36	5.07	4.75	5.71	19.1	19
Point 2 SRN Boulogne	1.08	1.69	2.2	2.72	1.6	3.31	6.63	13
Point 3 SRN Boulogne	0.63	0.92	1.2	1.41	0.63	1.92	2.67	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.63 et 19.1 et les moyennes sont égales à 5.07, 2.72 et 1.41 de la côte au large (Tableaux 30 et 31).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -17.12 en mars et 0.17 en août (Annexe 1).

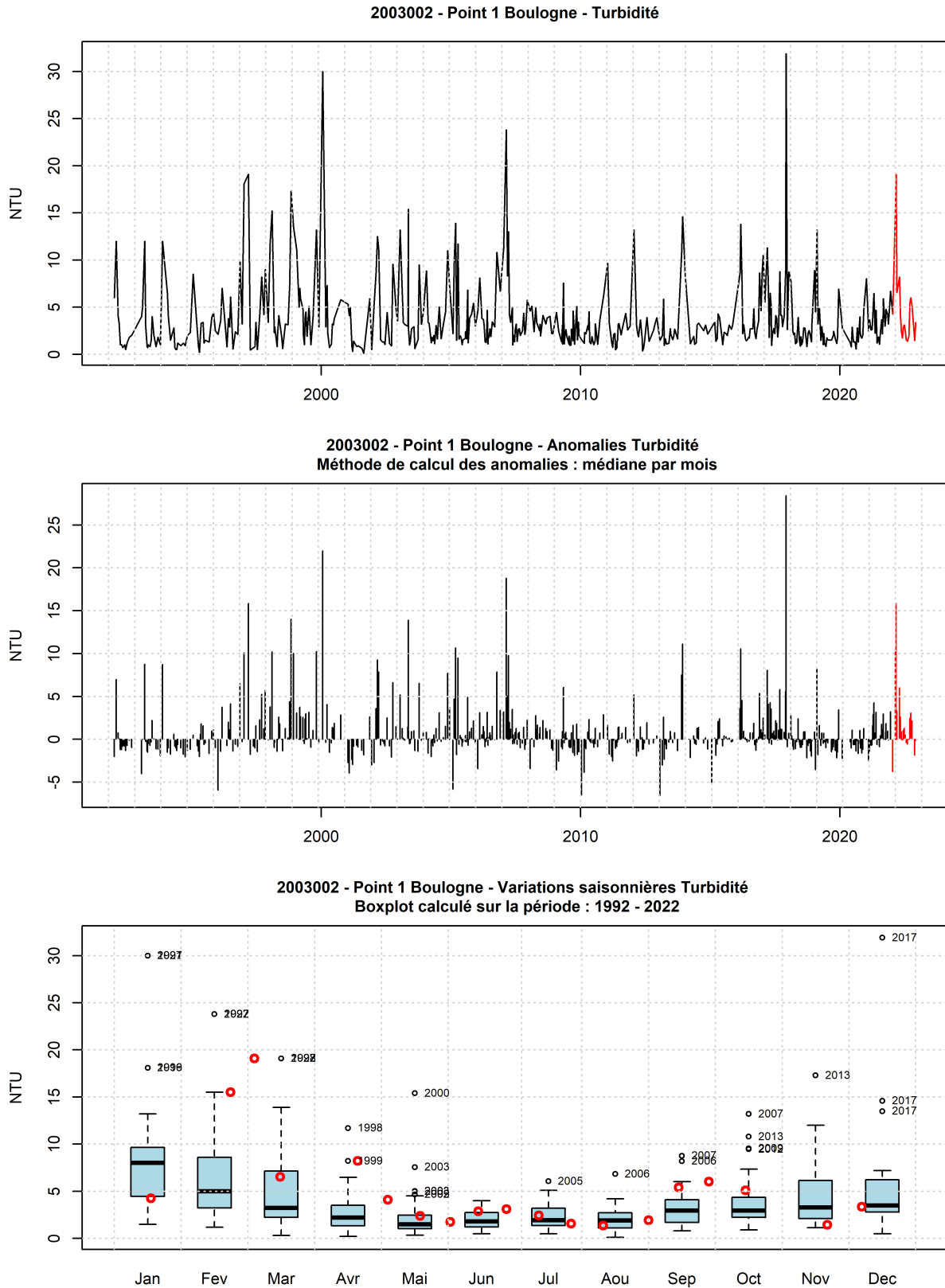


FIGURE 51 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

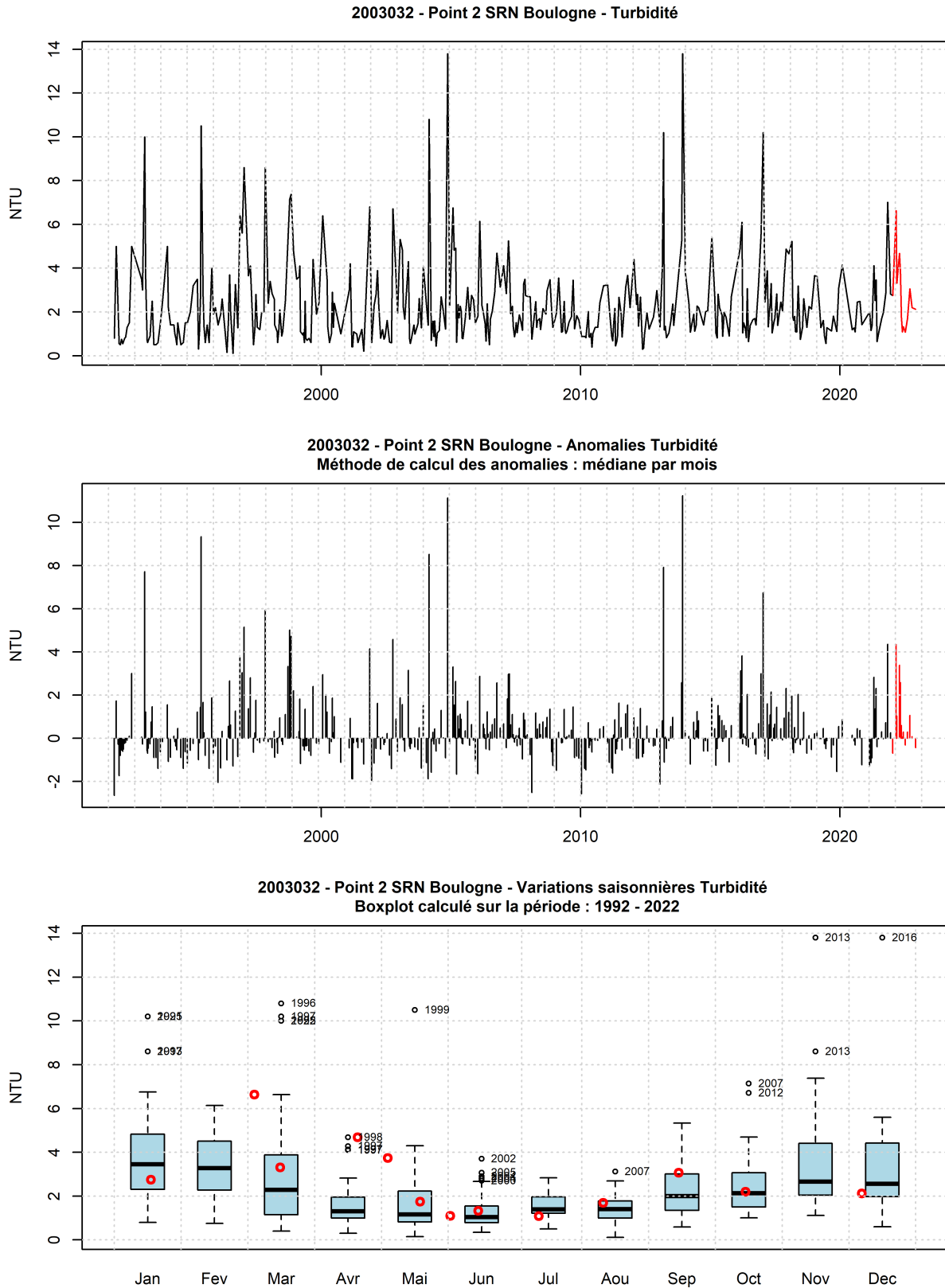


FIGURE 52 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

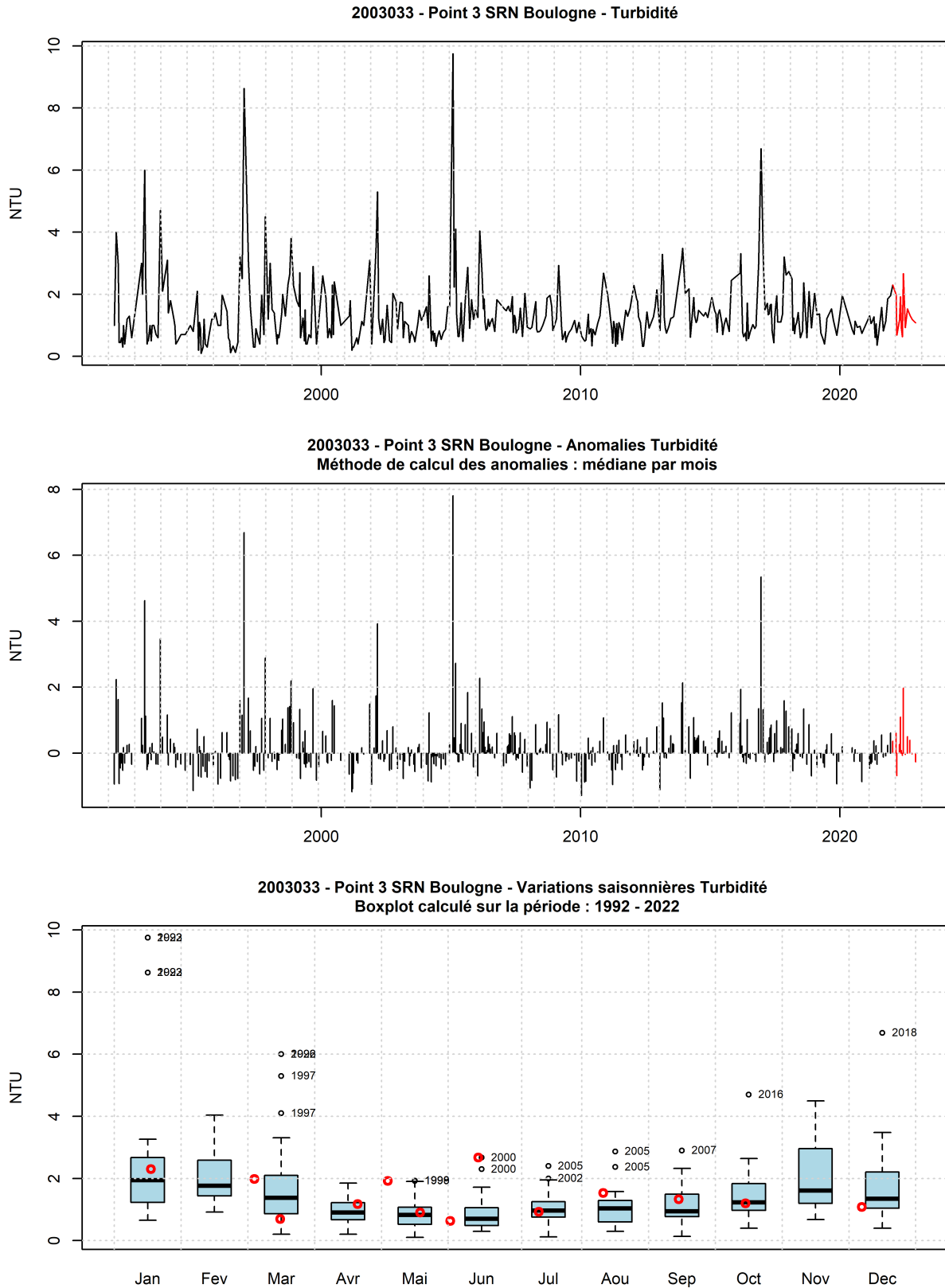


FIGURE 53 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.4 M.E.S.

De 1992 à 2021, la concentration en matière en suspension était comprise entre 0.05 et 95.2 mg.l⁻¹. Les concentrations en M.E.S moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 8.21 ; 5.3 et 3.71, de la côte au large (Tableau 32).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1999 (1995, 1996, 2000, 2002, 2003, 2004, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2021) (Figures 54 à 56).

TABLEAU 32 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S (mg.l-1) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.05	3.42	5.6	8.21	7.86	9.35	46.4	470
Point 2 SRN Boulogne	0.05	2.1	3.7	5.3	5.86	6.1	46.3	405
Point 3 SRN Boulogne	0.05	1.1	2.3	3.71	6.61	3.7	95.2	397

TABLEAU 33 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S (mg.l-1) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	1.9	3.95	6	7.23	5.02	9.1	22.1	19
Point 2 SRN Boulogne	1.7	3.6	4.3	4.98	2.99	4.6	12.5	13
Point 3 SRN Boulogne	0.9	1.8	2.4	2.85	1.49	4.3	5.5	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.9 et 22.1 et les moyennes sont égales à 7.23, 4.98 et 2.85 de la côte au large (Tableaux 32 et 33)..

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -17.8 en mars et 2.1 en août (Annexe 1).

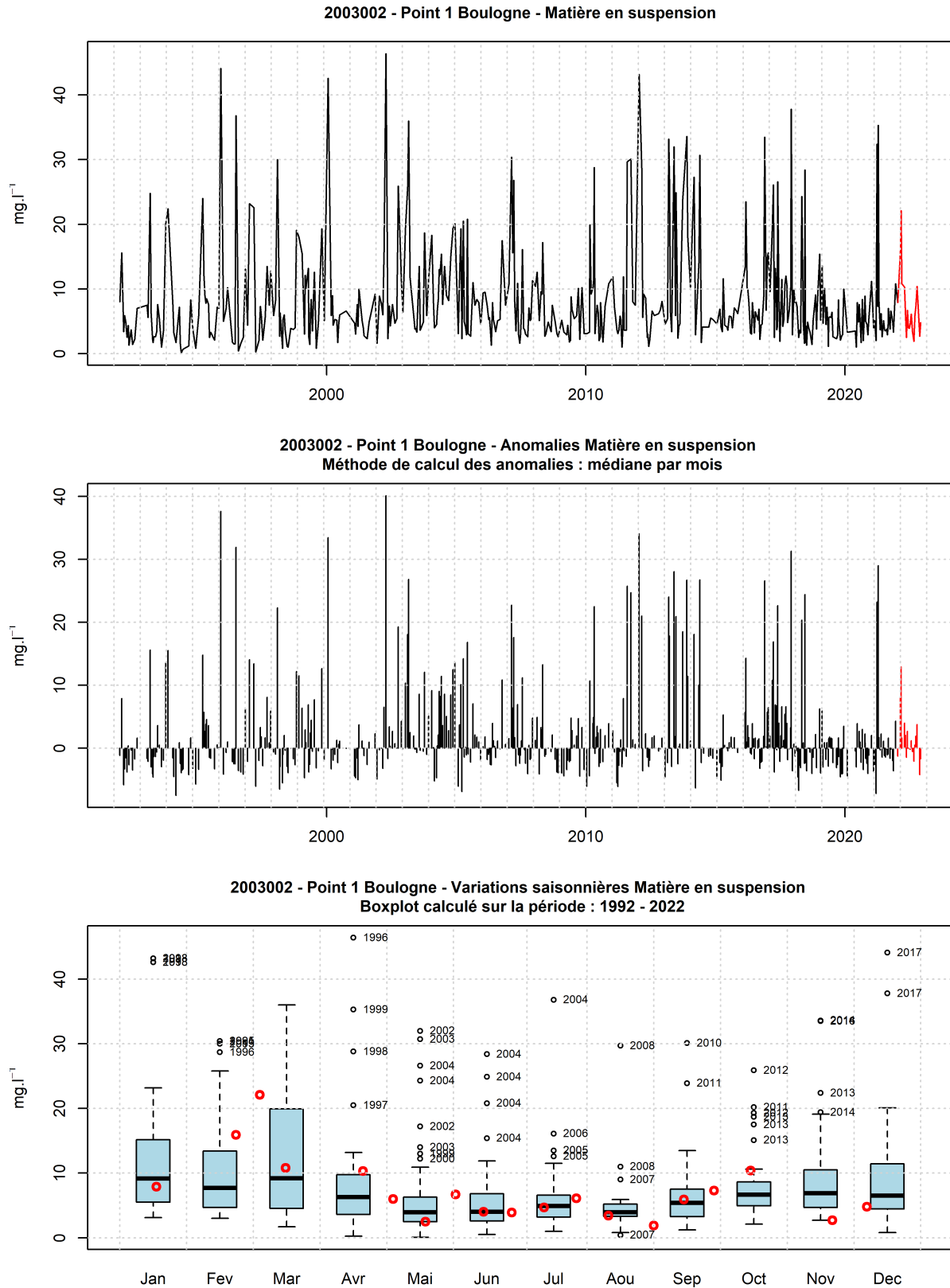


FIGURE 54 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

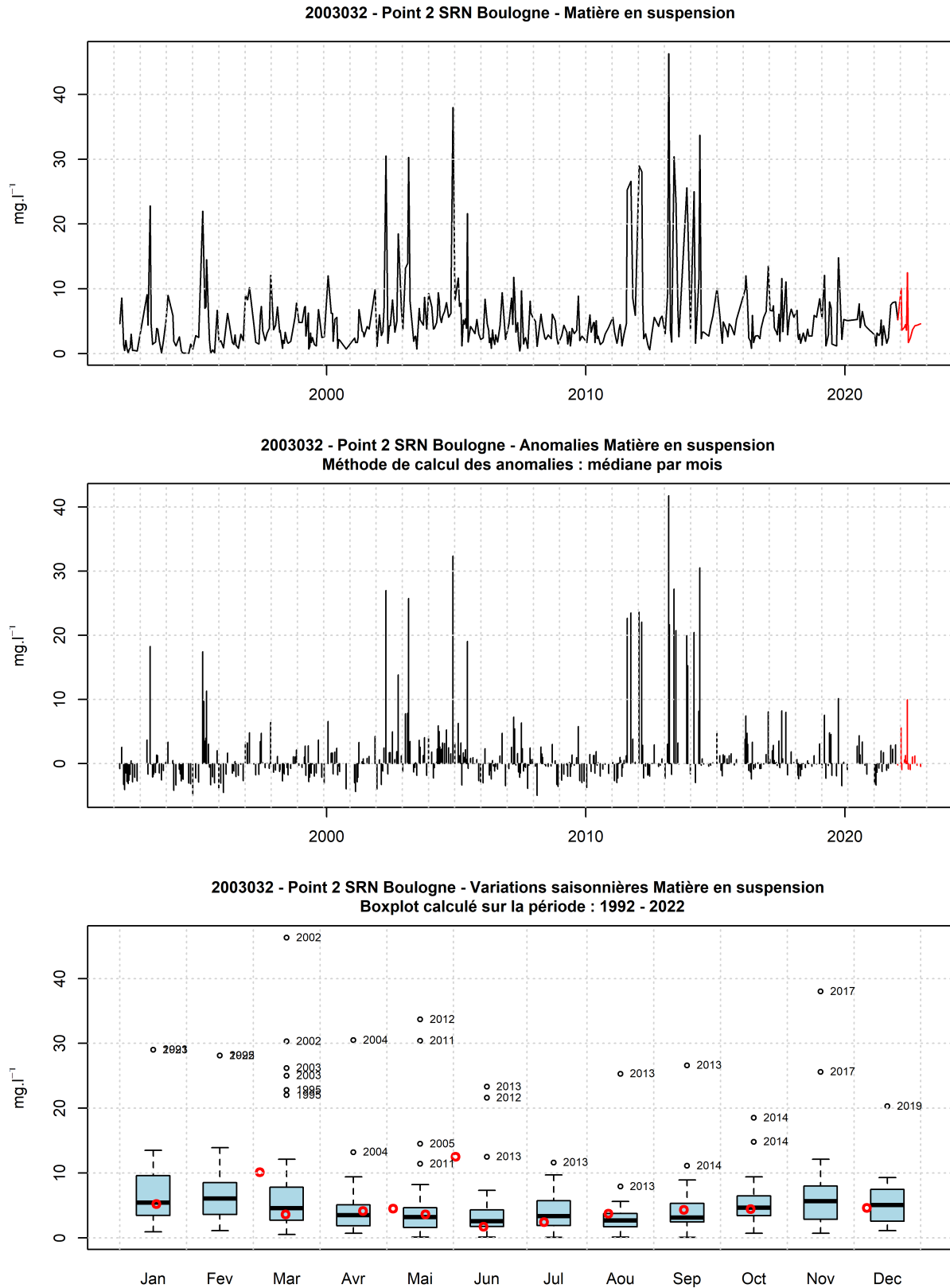


FIGURE 55 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

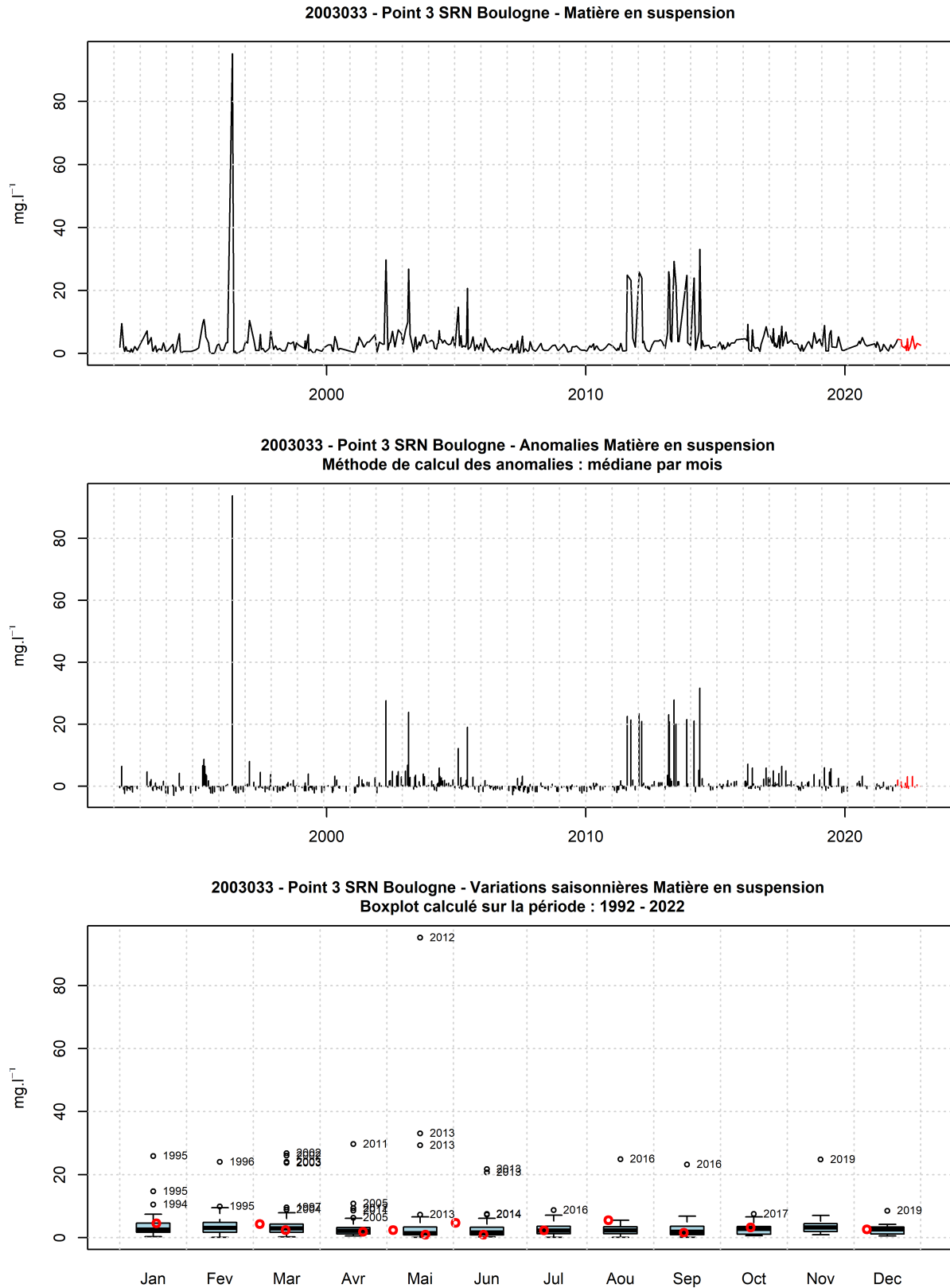


FIGURE 56 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.5 Matière organique

De 1992 à 2021, la concentration en M.E.S organique était comprise entre 0 et 34.7 mg.l⁻¹. Les concentrations en matière organique moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 1.91 ; 1.43 et 1.21 mg.l⁻¹, de la côte au large (Tableau 34).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1996, 1998, 1999, 2000, 2001, 2006 (2002, 2003, 2011, 2012, 2013, 2014, 2021) (Figures 57 à 59).

TABLEAU 34 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S organique (mg.l-1) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0	1.1	1.46	1.91	2.1	2	34.7	471
Point 2 SRN Boulogne	0	0.8	1.1	1.43	1.23	1.6	9.9	404
Point 3 SRN Boulogne	0	0.6	0.9	1.21	1.16	1.3	8.8	397

TABLEAU 35 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S organique (mg.l-1) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.9	1.1	1.3	1.47	0.47	1.9	2.4	19
Point 2 SRN Boulogne	0.6	0.8	1.1	1.17	0.51	1.3	2.6	13
Point 3 SRN Boulogne	0.6	0.7	1	1.01	0.32	1.2	1.6	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.6 et 2.6 mg.l⁻¹ et les moyennes sont égales à 1.47, 1.17 et 1.01 mg.l⁻¹ de la côte au large (Tableaux 34 et 35).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -1.7 mg.l⁻¹ en mai et 0.6 mg.l⁻¹ en août (Annexe 1).

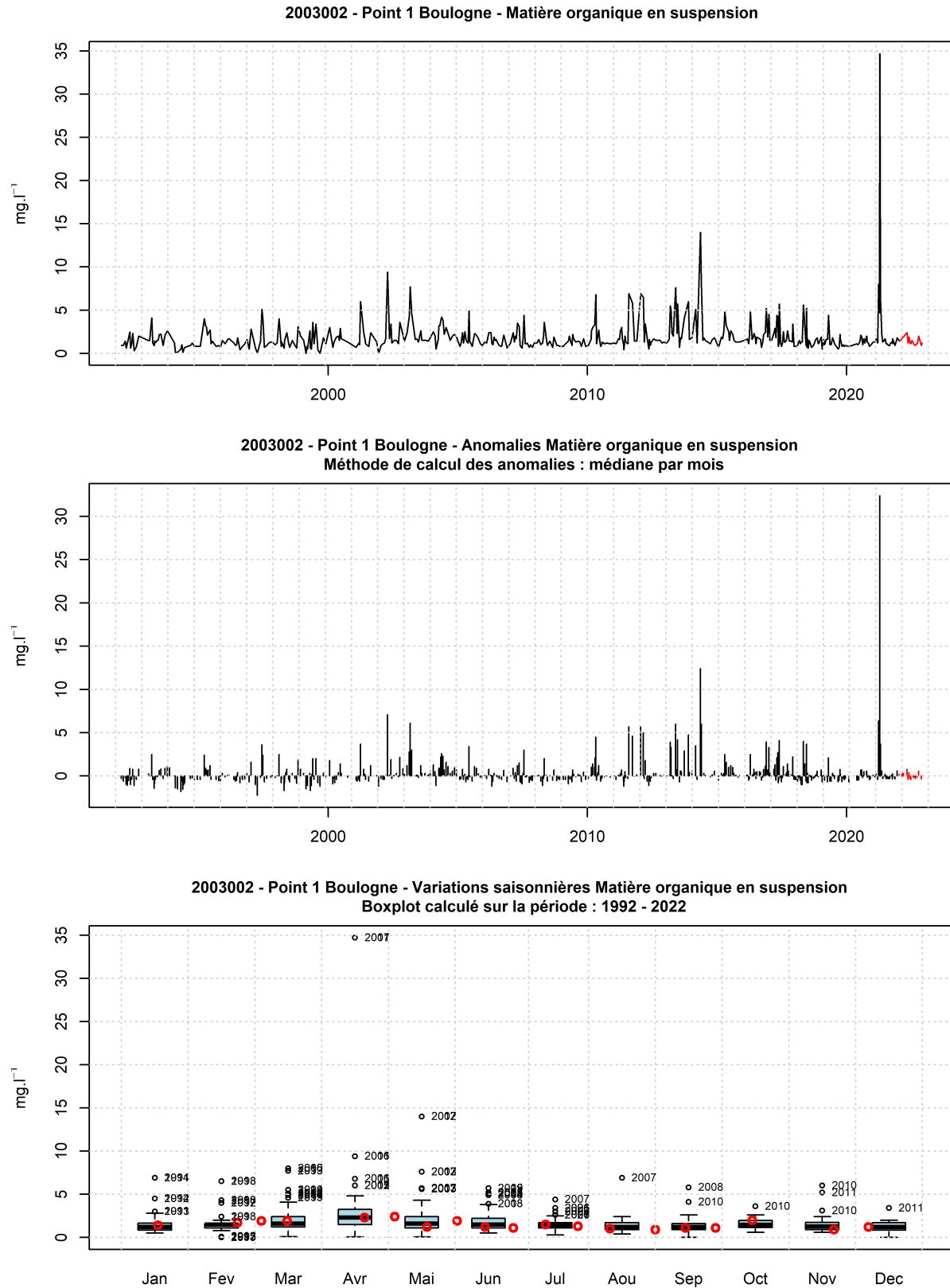


FIGURE 57 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

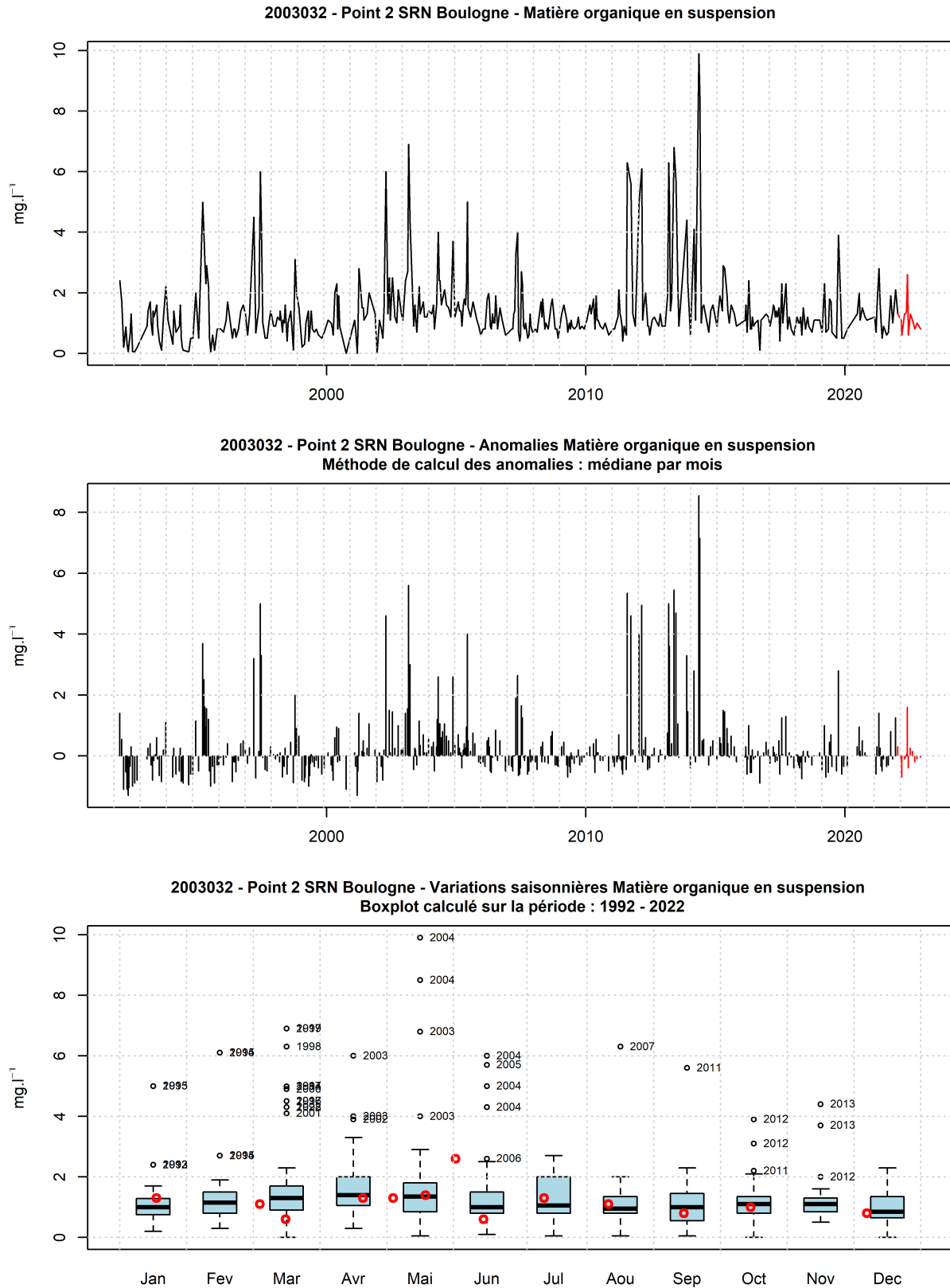


FIGURE 58 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

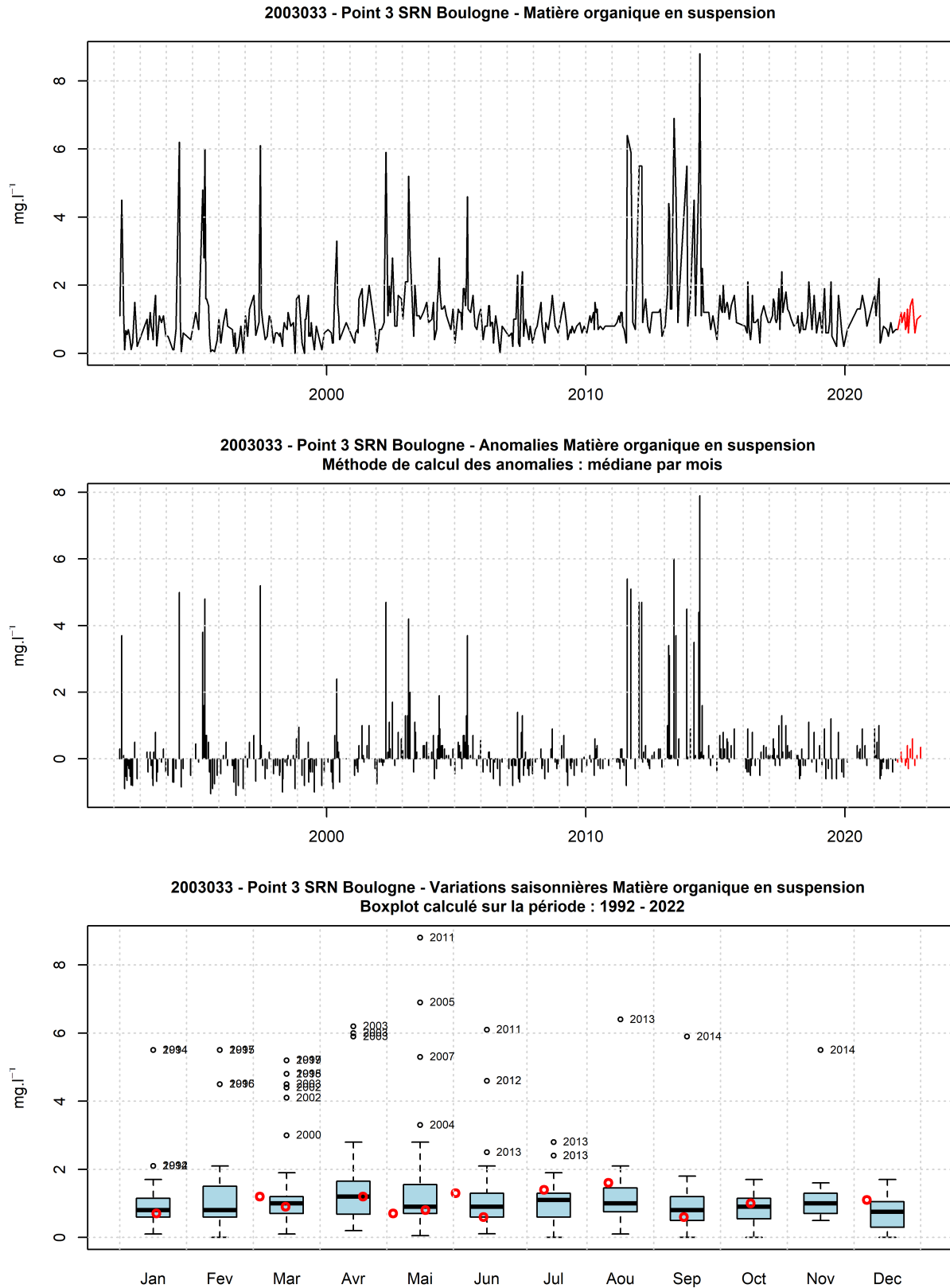


FIGURE 59 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.6 Ammonium

De 1992 à 2021, la concentration en ammonium était comprise entre 0.04 et 10.82 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en ammonium moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 1.44; 1.08 et 0.96 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 36).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1994 (1995, 1997, 1998, 2002, 2004, 2007, 2013, 2018, 2020, 2021) (Figures 60 à 62).

TABLEAU 36 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.06	0.45	1.04	1.44	1.39	1.95	10.2	476
Point 2 SRN Boulogne	0.1	0.4	0.76	1.08	1.1	1.32	10.82	404
Point 3 SRN Boulogne	0.04	0.34	0.66	0.96	1.01	1.29	9.77	397

TABLEAU 37 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.1	0.1	0.25	0.89	1.21	1.15	4.2	19
Point 2 SRN Boulogne	0.15	0.81	1.27	1.07	0.56	1.46	1.83	13
Point 3 SRN Boulogne	0.15	0.48	0.62	0.96	0.72	1.56	2.25	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.1 et 4.2 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 0.89, 1.07 et 0.96 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 36 et 37).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -2.36 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en octobre et 1.64 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai (Annexe 1).

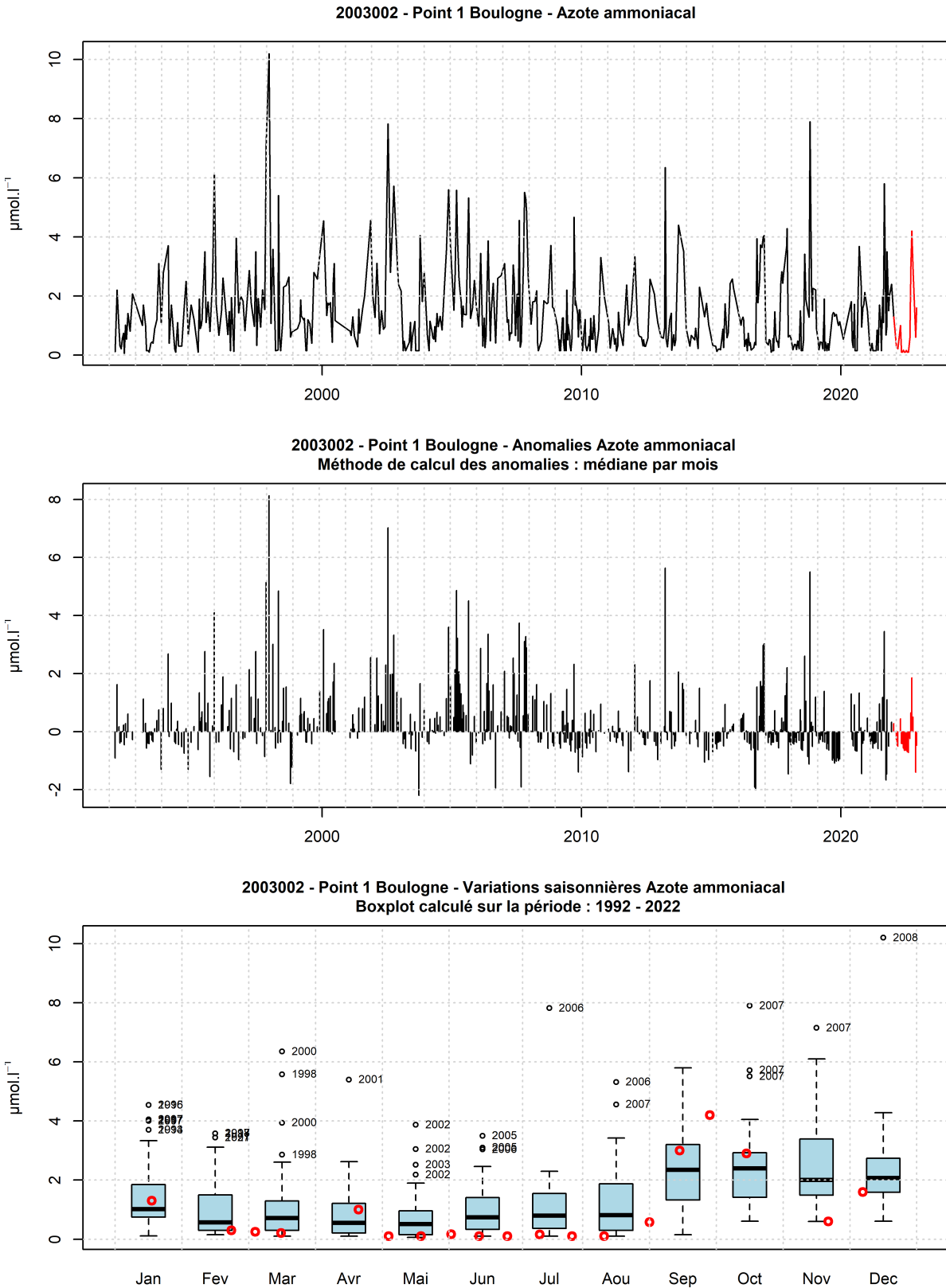


FIGURE 60 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

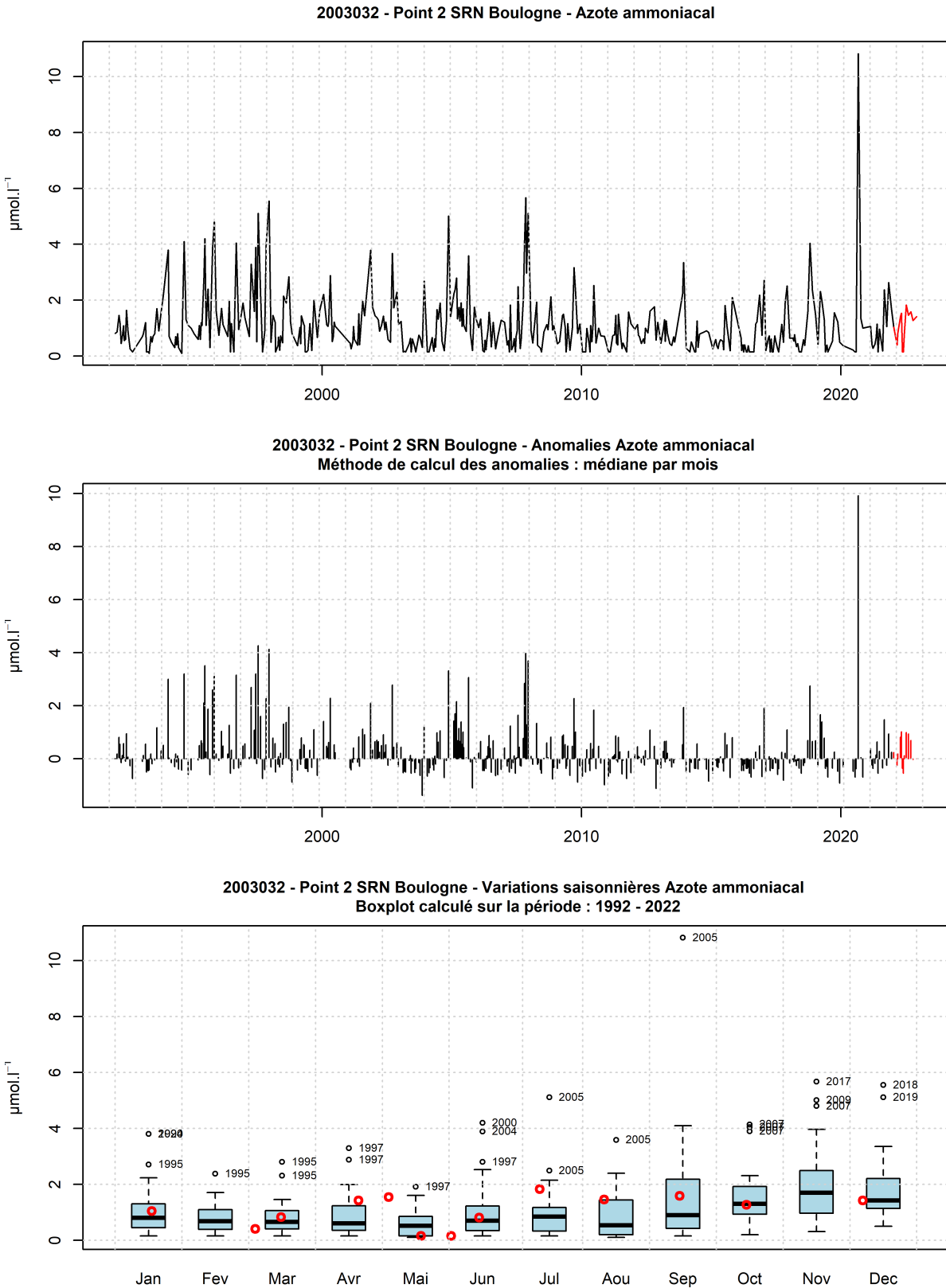


FIGURE 61 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

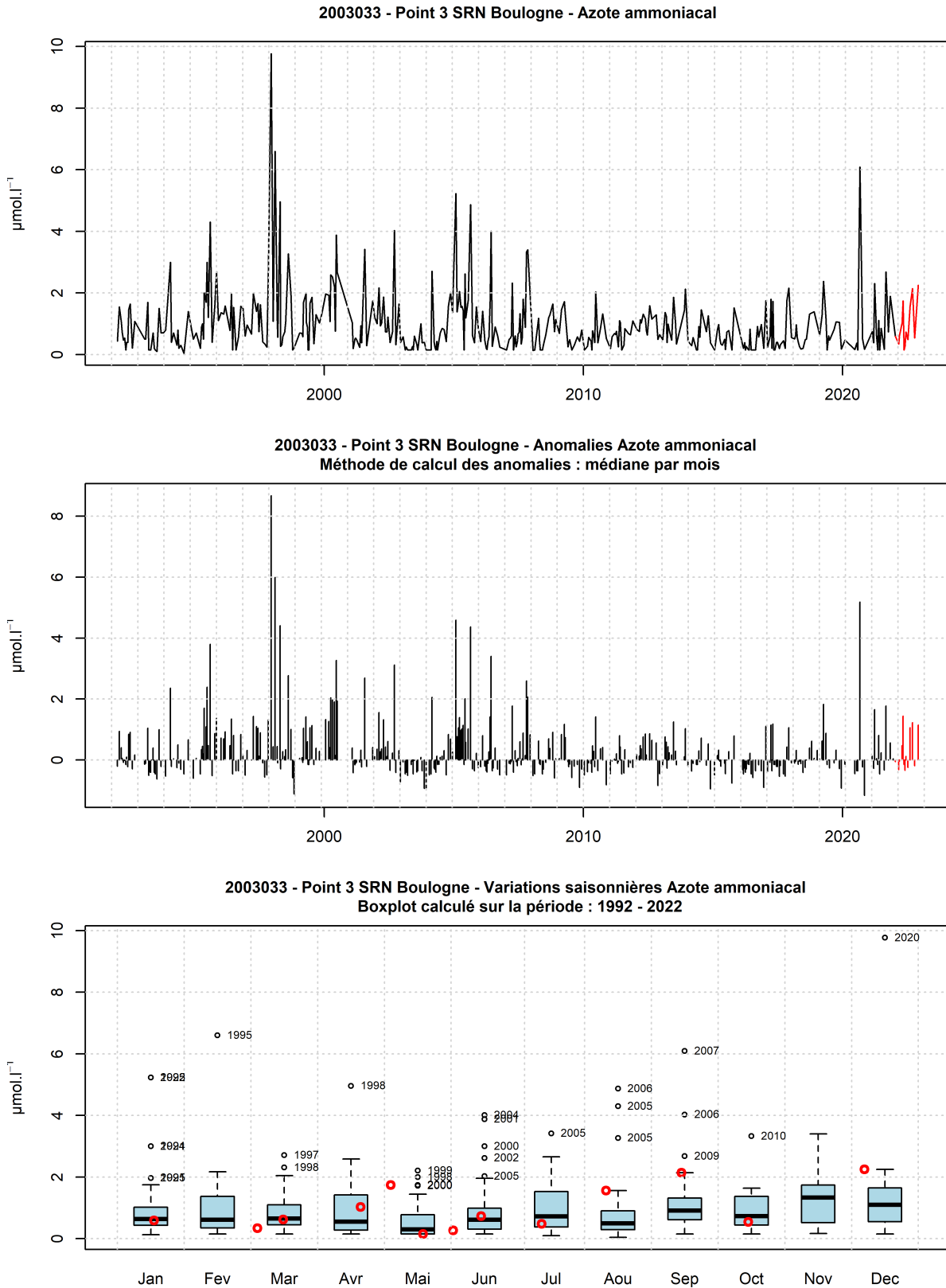


FIGURE 62 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.7 Nitrite + Nitrate

De 1992 à 2021, la concentration en nitrite + nitrate était comprise entre 0.14 et 64.59 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en nitrite + nitrate des trois points de la radiale sur cette période sont 6.6 ; 5.72 et 5.07 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 38).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2017, 2022 (1994, 2002, 2005, 2008, 2009, 2012) (Figures 63 à 65).

TABLEAU 38 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite + nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.15	0.6	2	6.6	8.48	11.3	43.81	474
Point 2 SRN Boulogne	0.15	0.33	1.67	5.72	7.25	10.43	44.38	403
Point 3 SRN Boulogne	0.14	0.3	1.62	5.07	6.87	8.64	64.59	394

TABLEAU 39 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite + nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.13	0.4	1.5	7.23	10.12	11.65	29.3	19
Point 2 SRN Boulogne	0.15	0.66	1.13	6.44	9.56	11.81	27.33	13
Point 3 SRN Boulogne	0.17	0.38	0.66	4.92	6.94	10.31	19.9	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.13 et 29.3 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 7.23, 6.44 et 4.92 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 38 et 39).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -8.6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mars et 1.16 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai (Annexe 1).

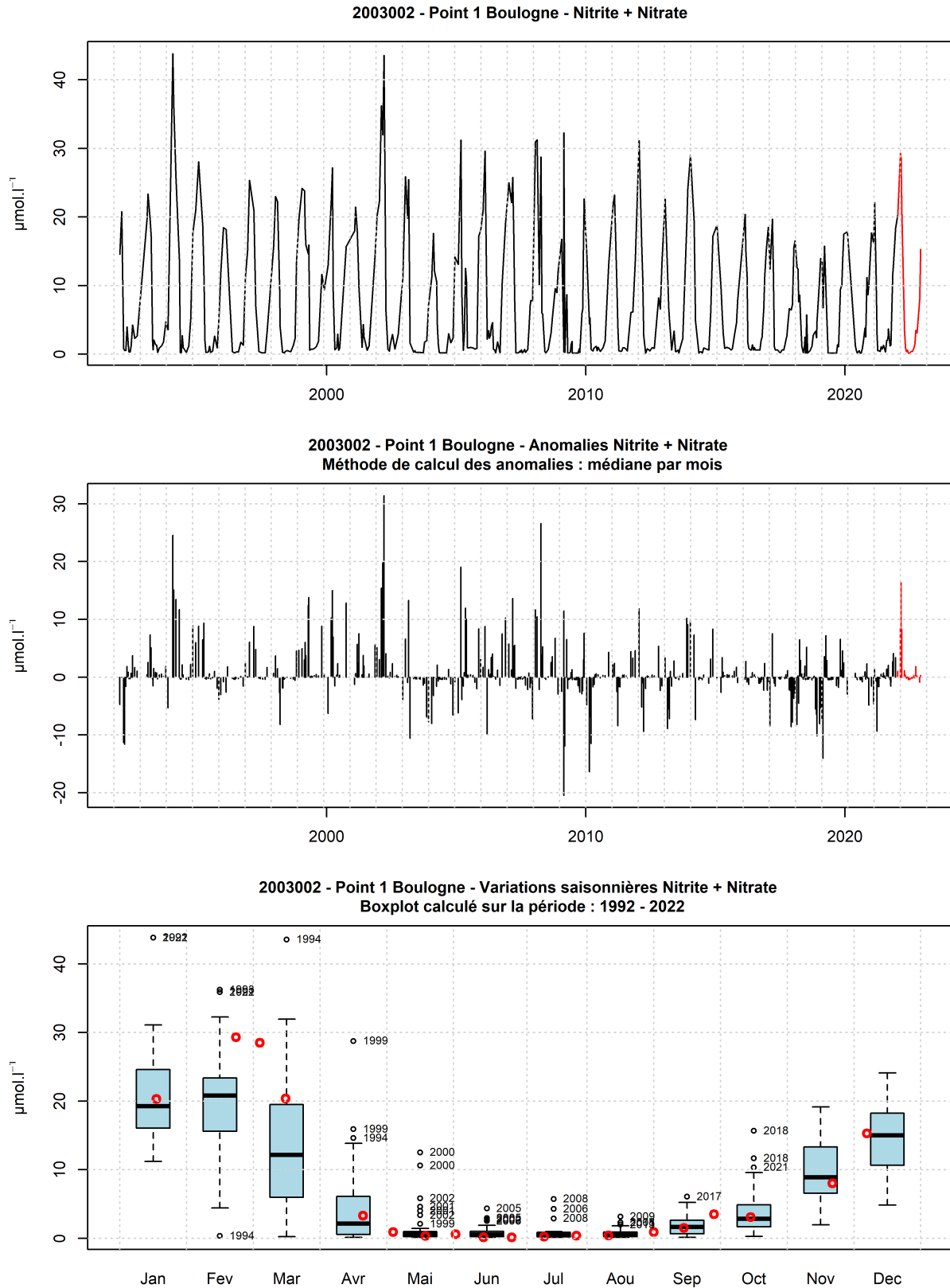


FIGURE 63 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

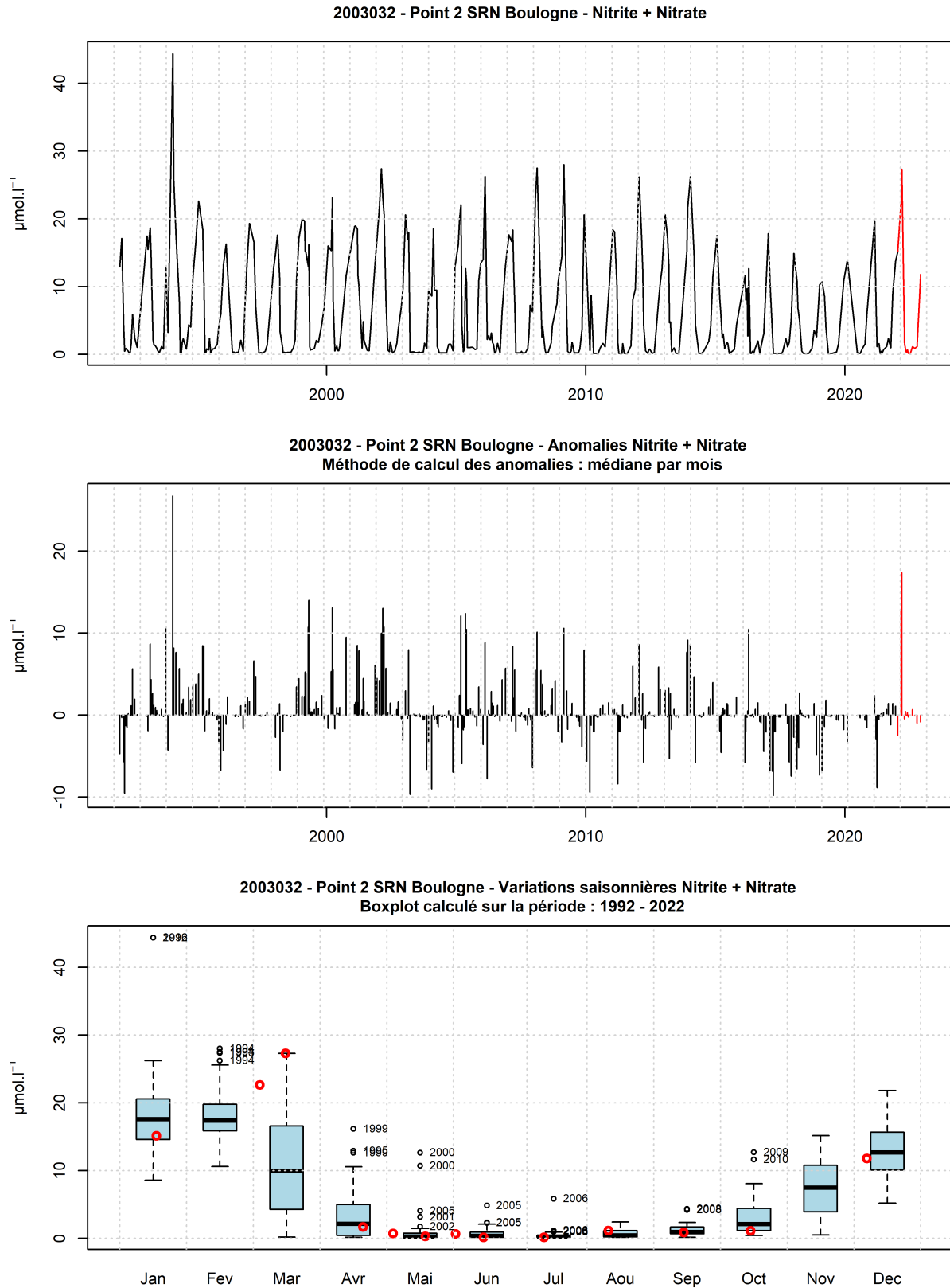


FIGURE 64 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

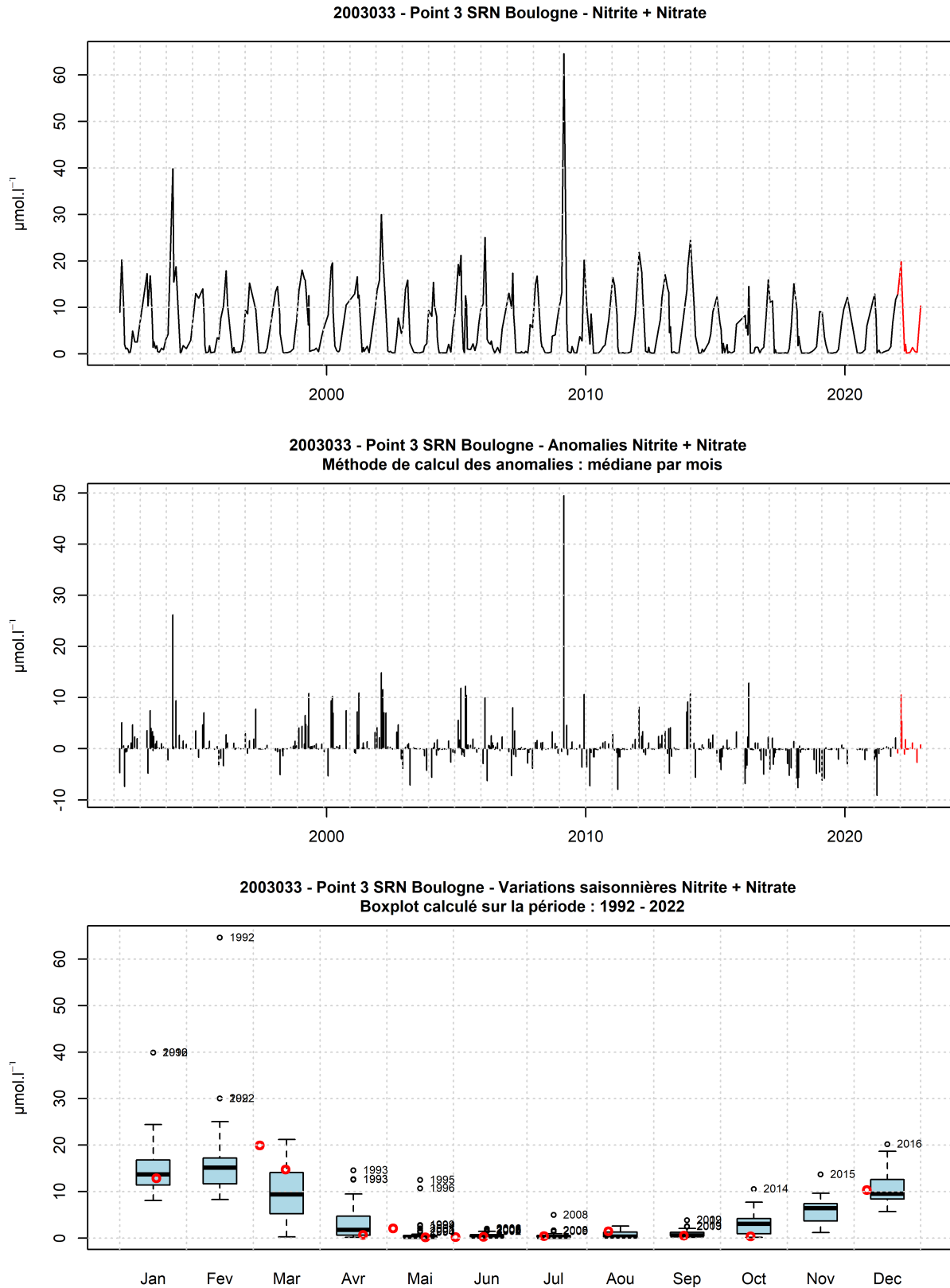


FIGURE 65 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.8 Phosphate

De 1992 à 2021, la concentration en phosphate était comprise entre 0.04 et 3.1 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en phosphate moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 0.39 ; 0.41 et 0.39 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 40).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1994 (1993, 1995, 1996, 2005, 2007, 2008, 2009, 2012) (Figures 66 à 68).

TABLEAU 40 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.05	0.13	0.27	0.39	0.38	0.53	3.1	478
Point 2 SRN Boulogne	0.05	0.11	0.31	0.41	0.37	0.61	2.4	406
Point 3 SRN Boulogne	0.04	0.11	0.3	0.39	0.35	0.56	2.3	398

TABLEAU 41 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.12	0.16	0.25	0.31	0.17	0.42	0.61	19
Point 2 SRN Boulogne	0.05	0.14	0.23	0.28	0.2	0.42	0.66	13
Point 3 SRN Boulogne	0.05	0.09	0.2	0.23	0.19	0.26	0.61	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.05 et 0.66 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 0.31, 0.28 et 0.23 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 40 et 41)..

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -0.22 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai et 0.12 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en août (Annexe 1).

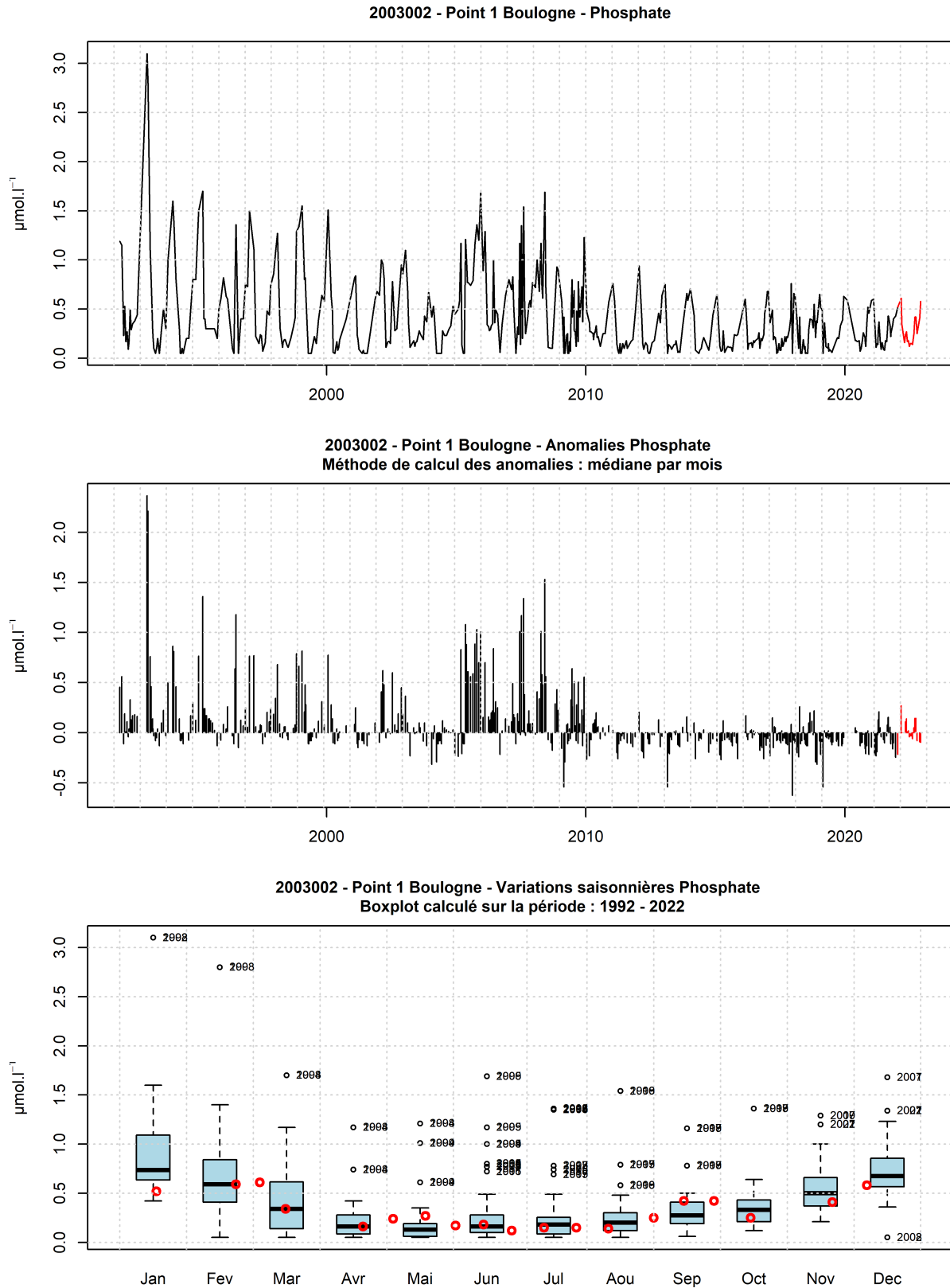


FIGURE 66 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

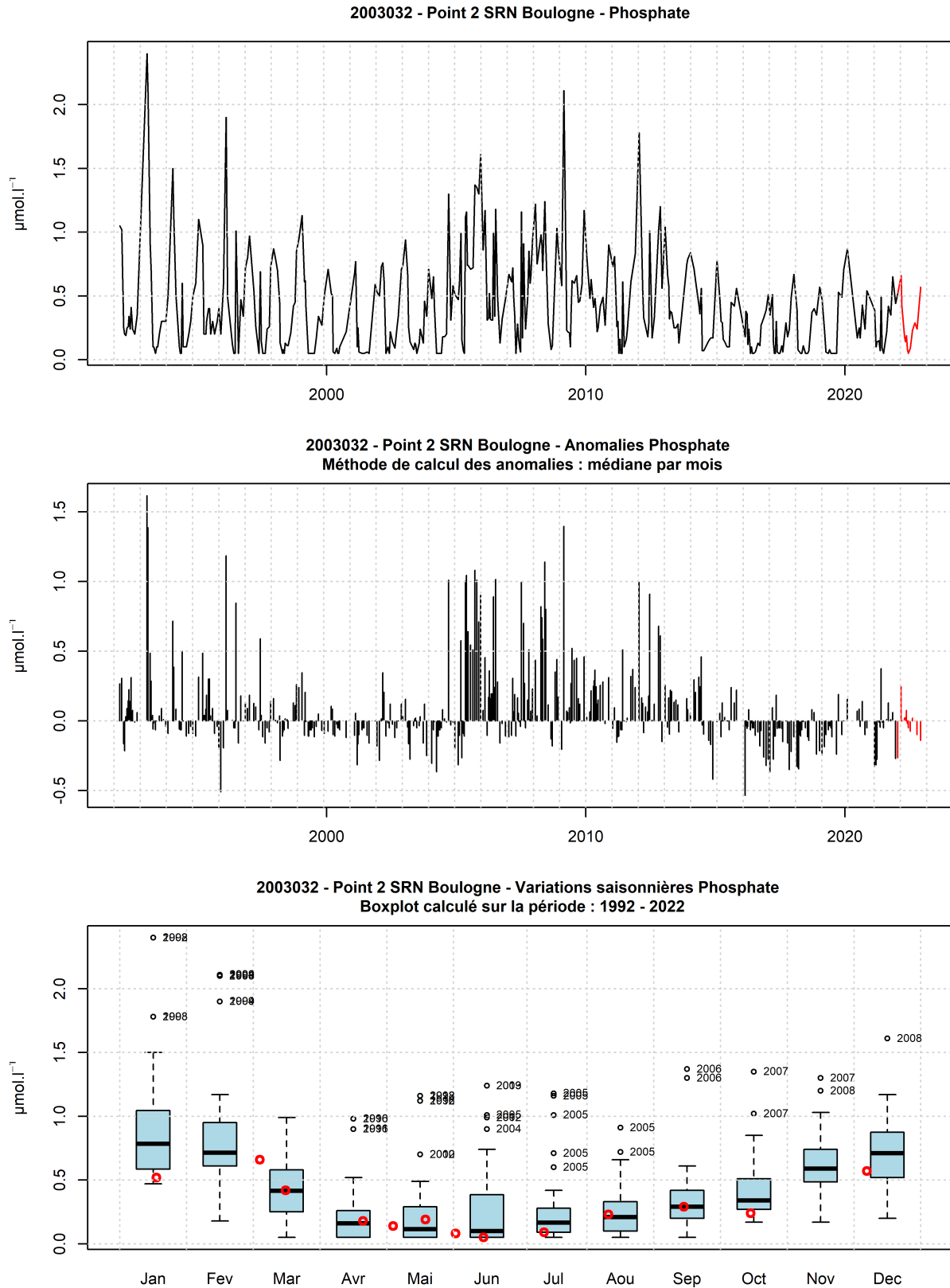


FIGURE 67 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

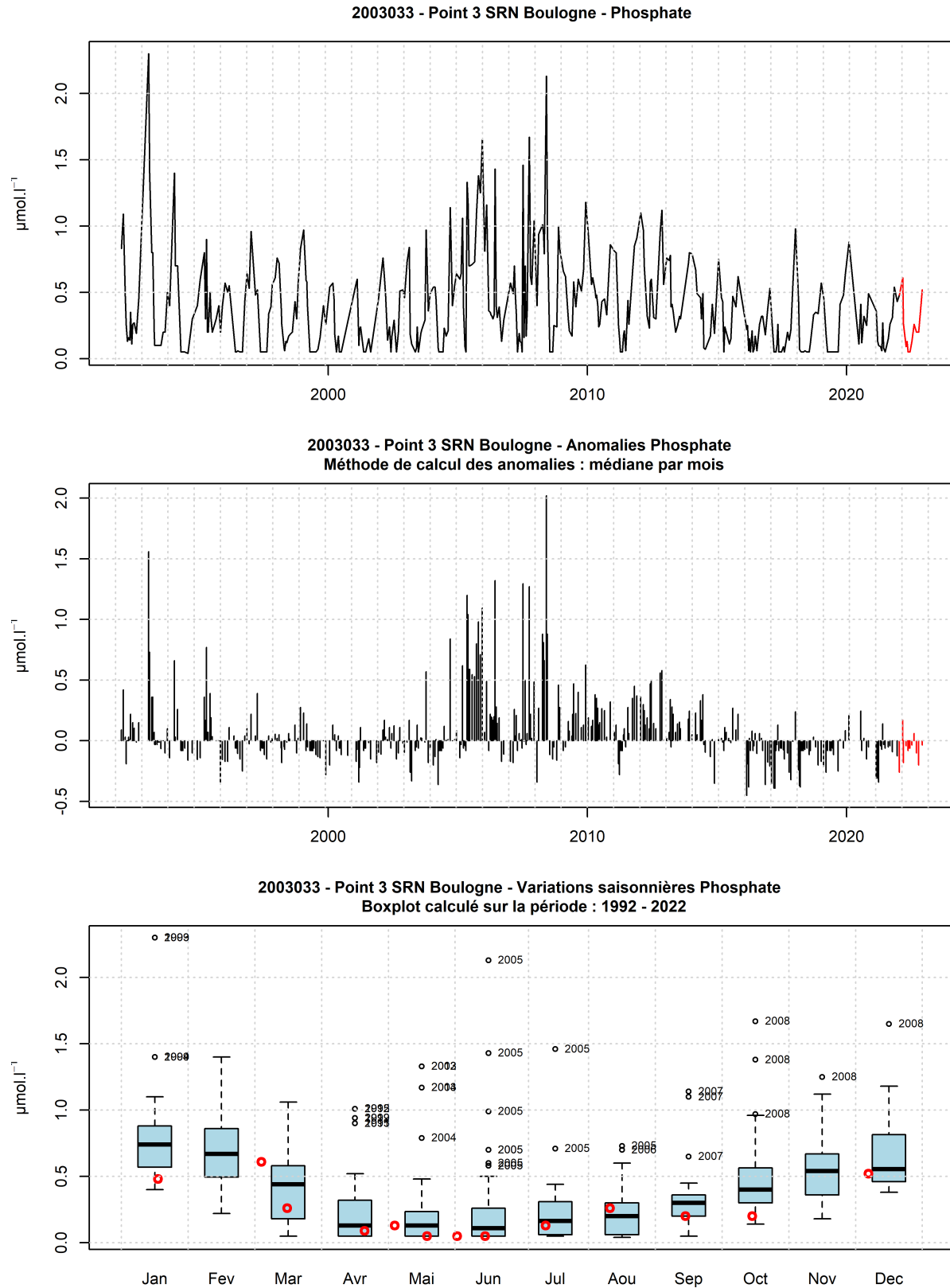


FIGURE 68 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.9 Silicate

De 1992 à 2021, la concentration en silicate était comprise entre 0.1 et 19.01 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en silicate moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 3.19 ; 2.58 et 2.34 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 42).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : (1994, 2002, 2003, 2005, 2007, 2009, 2012, 2014) (Figures 69 à 71).

TABLEAU 42 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.1	0.5	1.8	3.19	3.69	4.31	19.01	476
Point 2 SRN Boulogne	0.1	0.18	1.47	2.58	3.04	3.7	18.9	403
Point 3 SRN Boulogne	0.1	0.2	1.52	2.34	2.7	3.38	16.5	395

TABLEAU 43 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.41	1.3	4.6	5.14	4.18	8.7	12.5	17
Point 2 SRN Boulogne	0.1	1.01	3.35	3.69	2.98	6.7	8.78	13
Point 3 SRN Boulogne	0.1	1.34	2.89	3.13	2.29	4.76	7.95	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.1 et 12.5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 5.14, 3.69 et 3.13 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 42 et 43).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -5.4 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en janvier et 1.13 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai (Annexe 1).

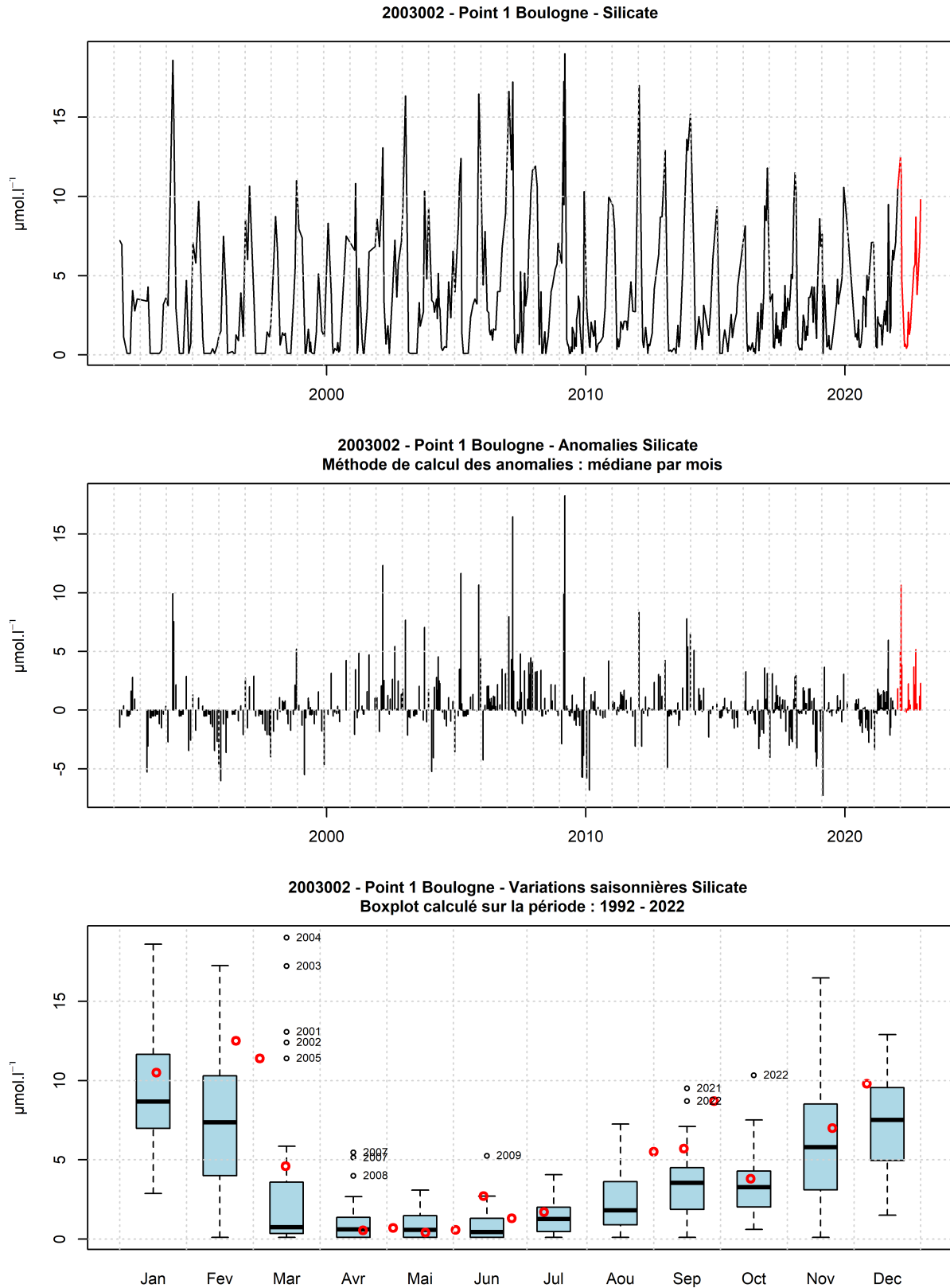


FIGURE 69 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

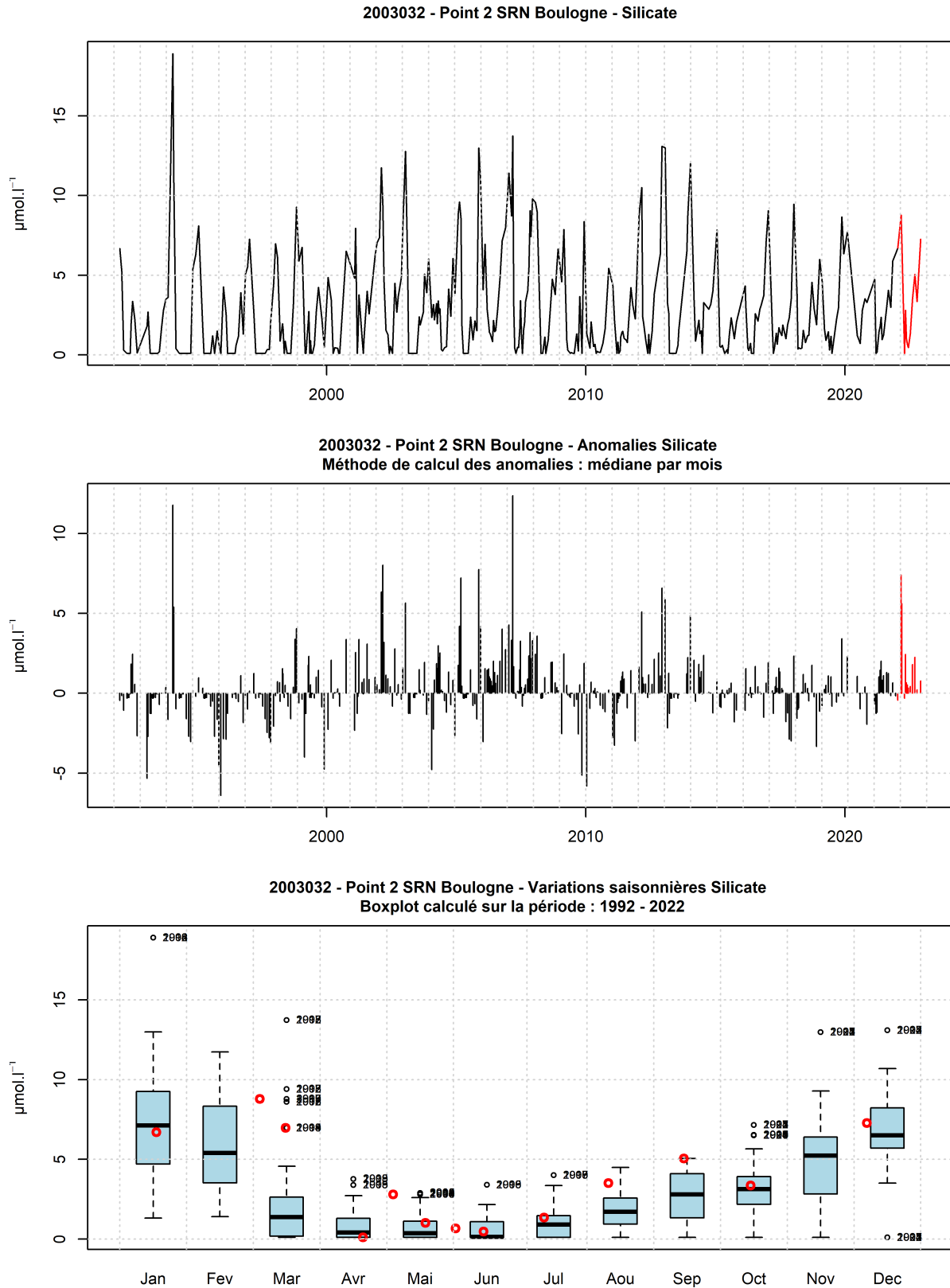


FIGURE 70 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

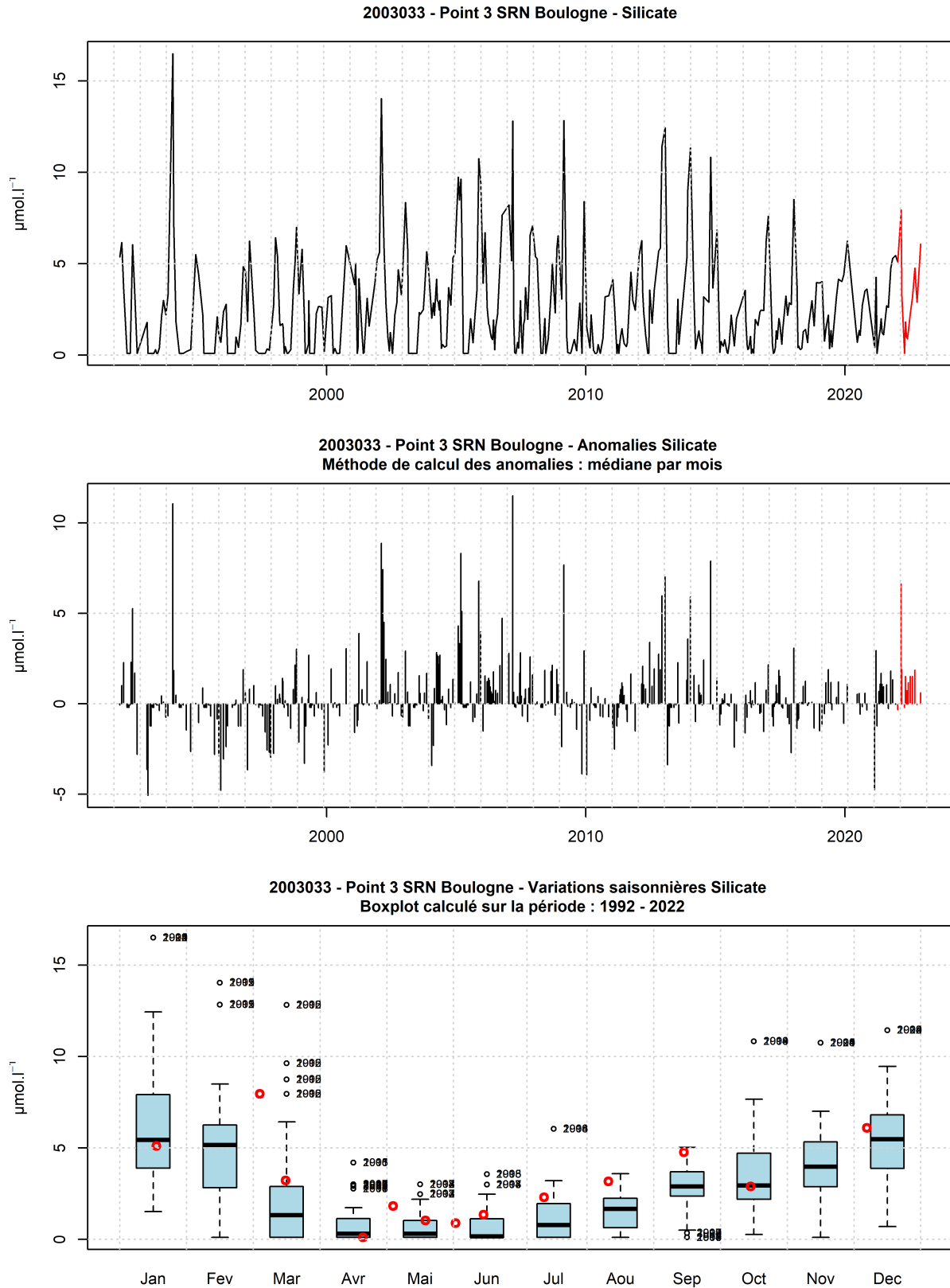


FIGURE 71 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.10 Oxygène dissous

De 1992 à 2021, la concentration en oxygène dissous était comprise entre 6.26 et 12.5 mg.l⁻¹. Les concentrations en oxygène moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 8.91 ; 8.84 et 8.96 mg.l⁻¹, de la côte au large (Tableau 44).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2007, 2008, 2009, 2022 (2007, 2008, 2017, 2018) (Figures 72 à 74).

TABLEAU 44 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en oxygène dissous (mg.l-1) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	6.26	7.94	8.64	8.91	1.23	9.8	12.5	249
Point 2 SRN Boulogne	7.24	7.99	8.59	8.84	1.05	9.56	11.31	88
Point 3 SRN Boulogne	7.22	8.1	8.88	8.96	1.01	9.83	11.35	90

TABLEAU 45 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en oxygène dissous (mg.l-1) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	7.14	7.69	8.29	8.57	1.09	9.77	10.77	19
Point 2 SRN Boulogne	6.69	7.71	8.5	8.61	1.24	9.58	10.84	13
Point 3 SRN Boulogne	7.29	7.58	8.64	8.74	1.24	9.95	11	13

En 2022, les valeurs se situent entre 6.69 et 11 mg.l⁻¹ et les moyennes sont égales à 8.57, 8.61 et 8.74 mg.l⁻¹ de la côte au large (Tableaux 44 et 45).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -0.8 mg.l⁻¹ en mai et 0.39 mg.l⁻¹ en mars (Annexe 1).

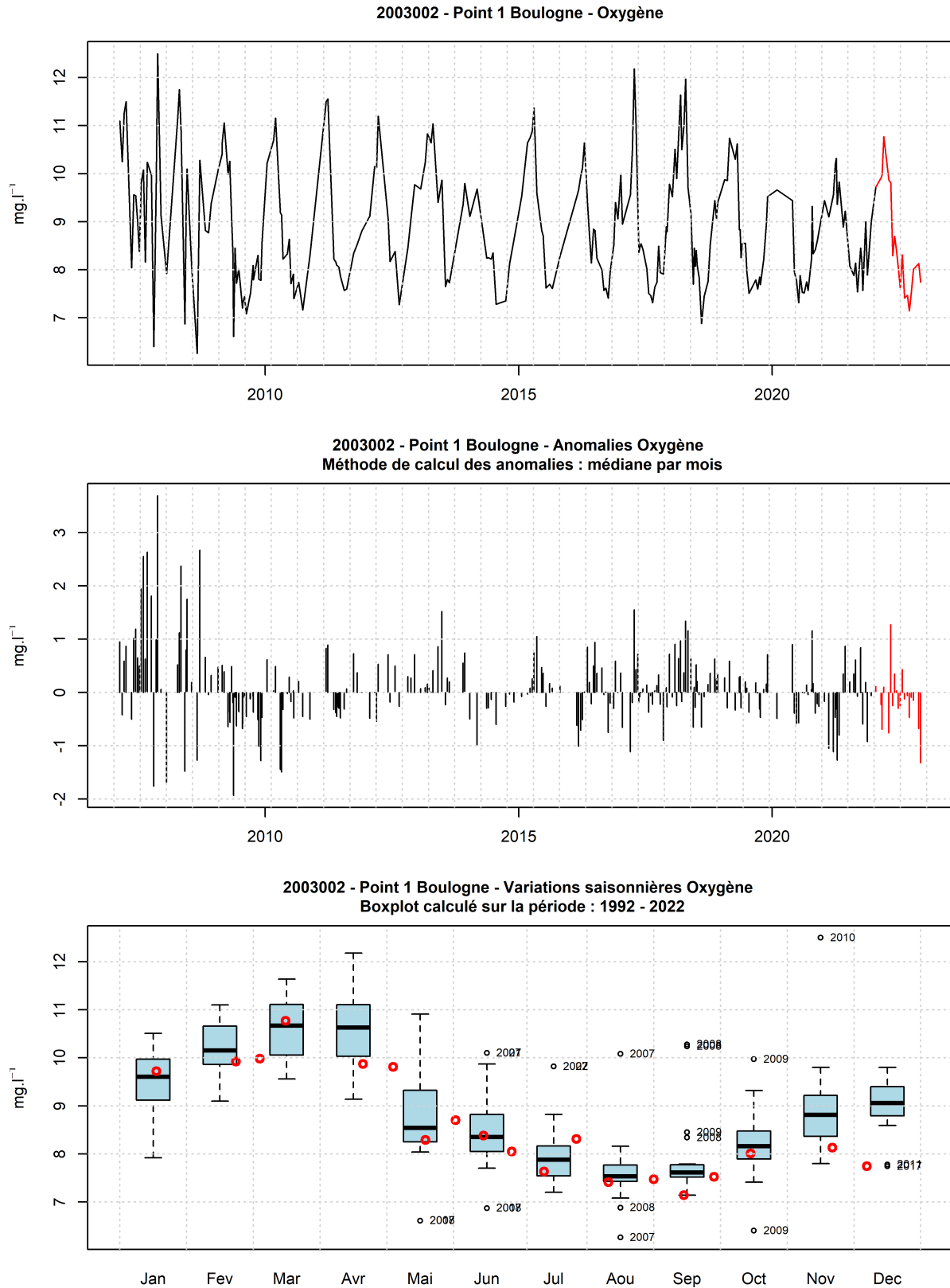


FIGURE 72 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

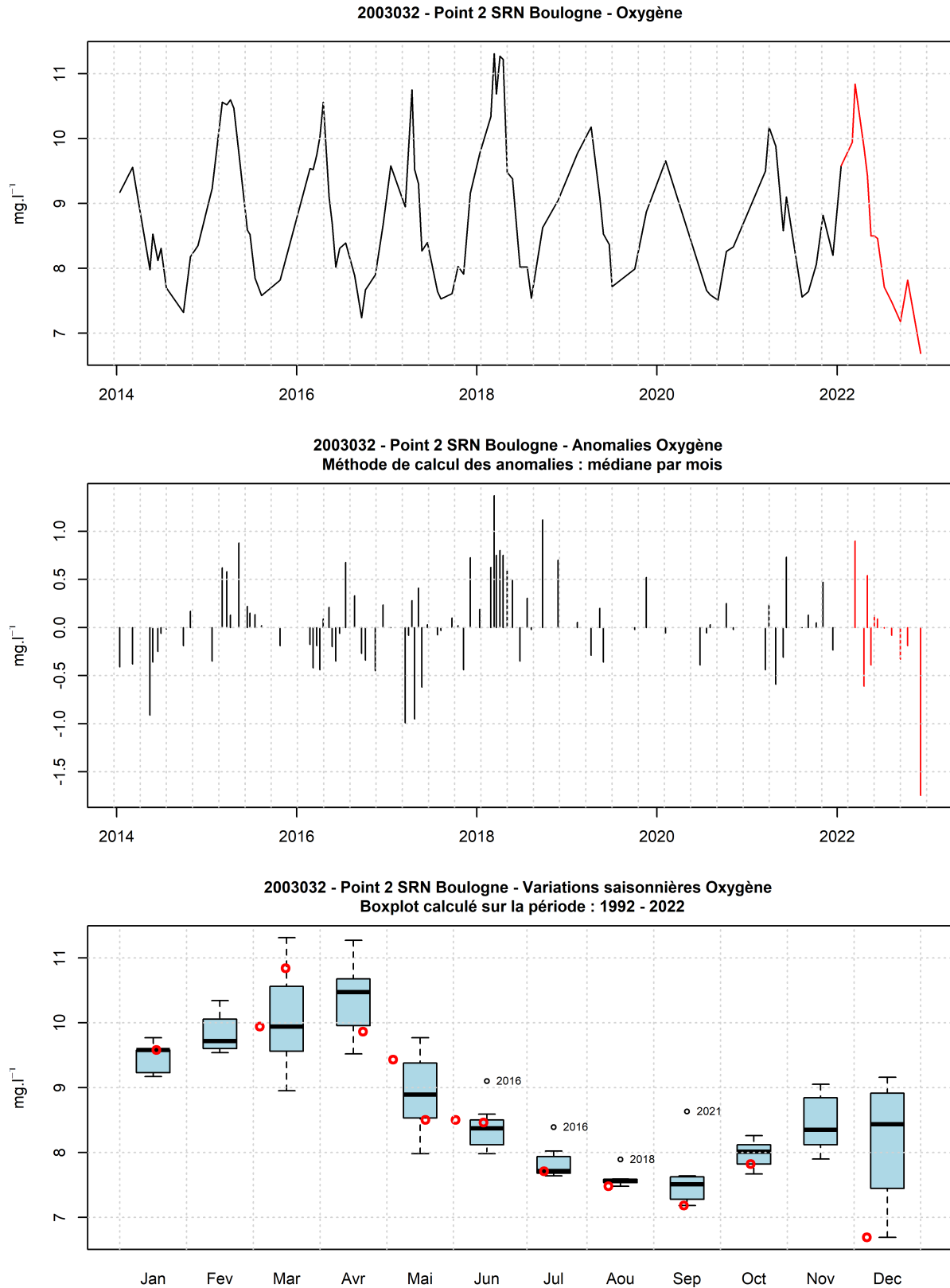


FIGURE 73 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

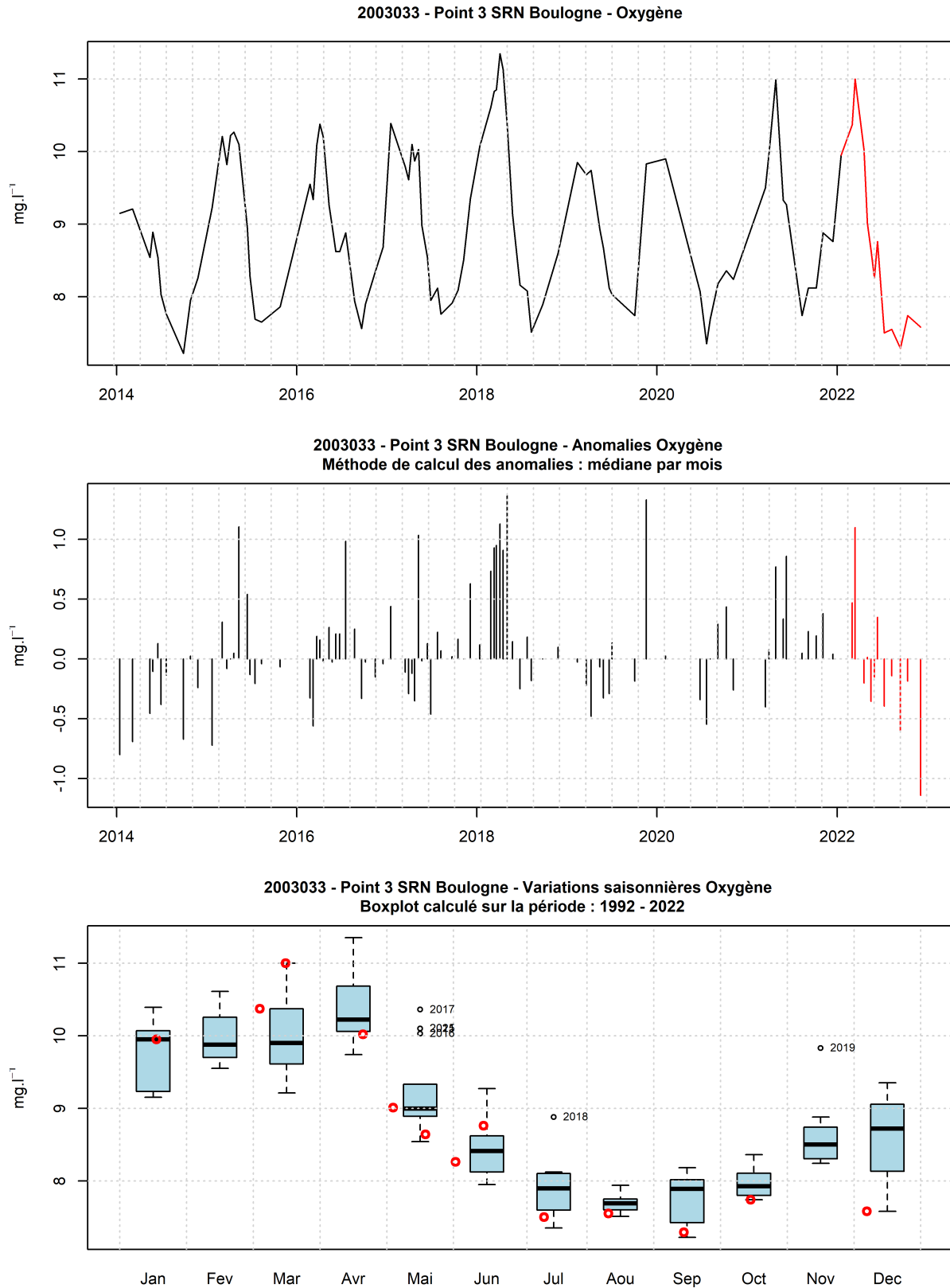


FIGURE 74 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.2.11 Limitation par les nutriments

Les Figures 75 à 77 représentent l'évolution temporelle des éléments nutritifs potentiellement limitants le long de la radiale de Boulogne-sur-mer. Les figures délimitent six zones qui définissent, par ordre de priorité, l'élément qui limite majoritairement la croissance des algues au point considéré. En effet, les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques.

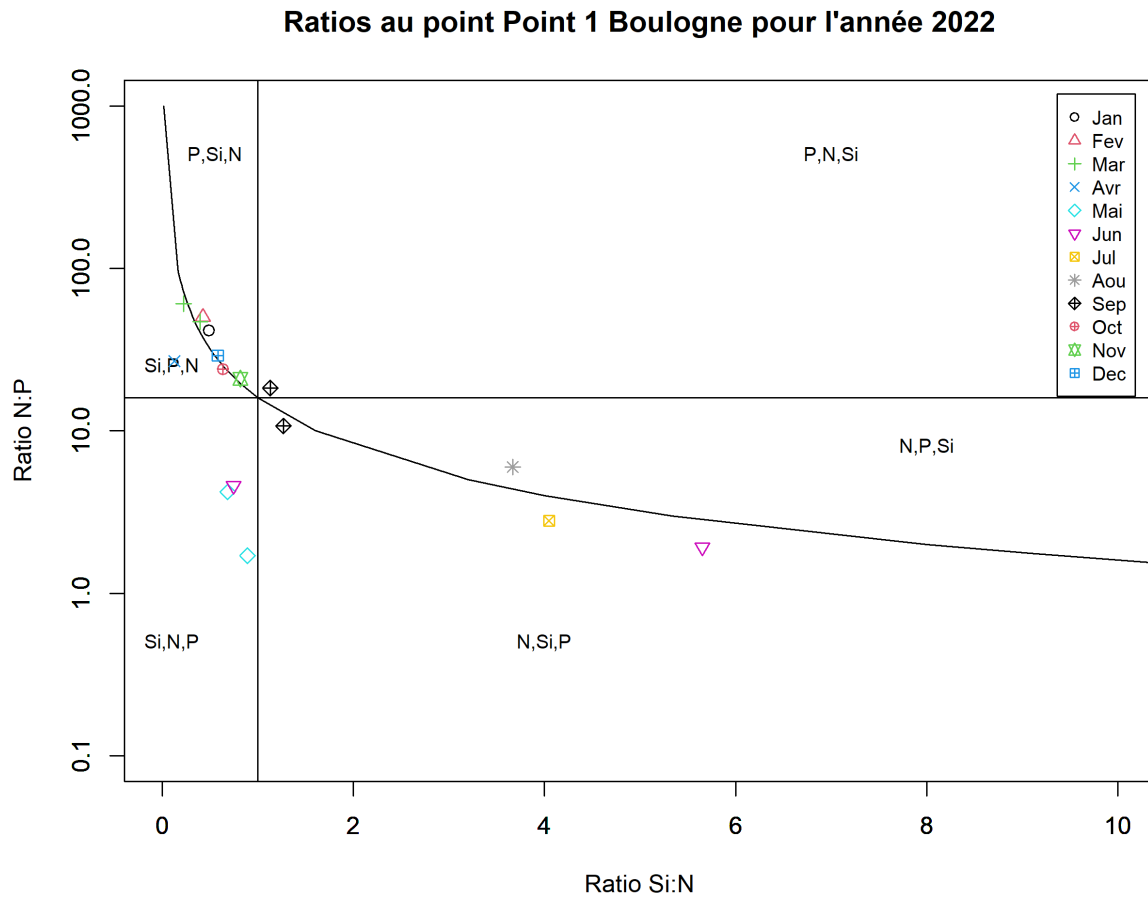


FIGURE 75 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022

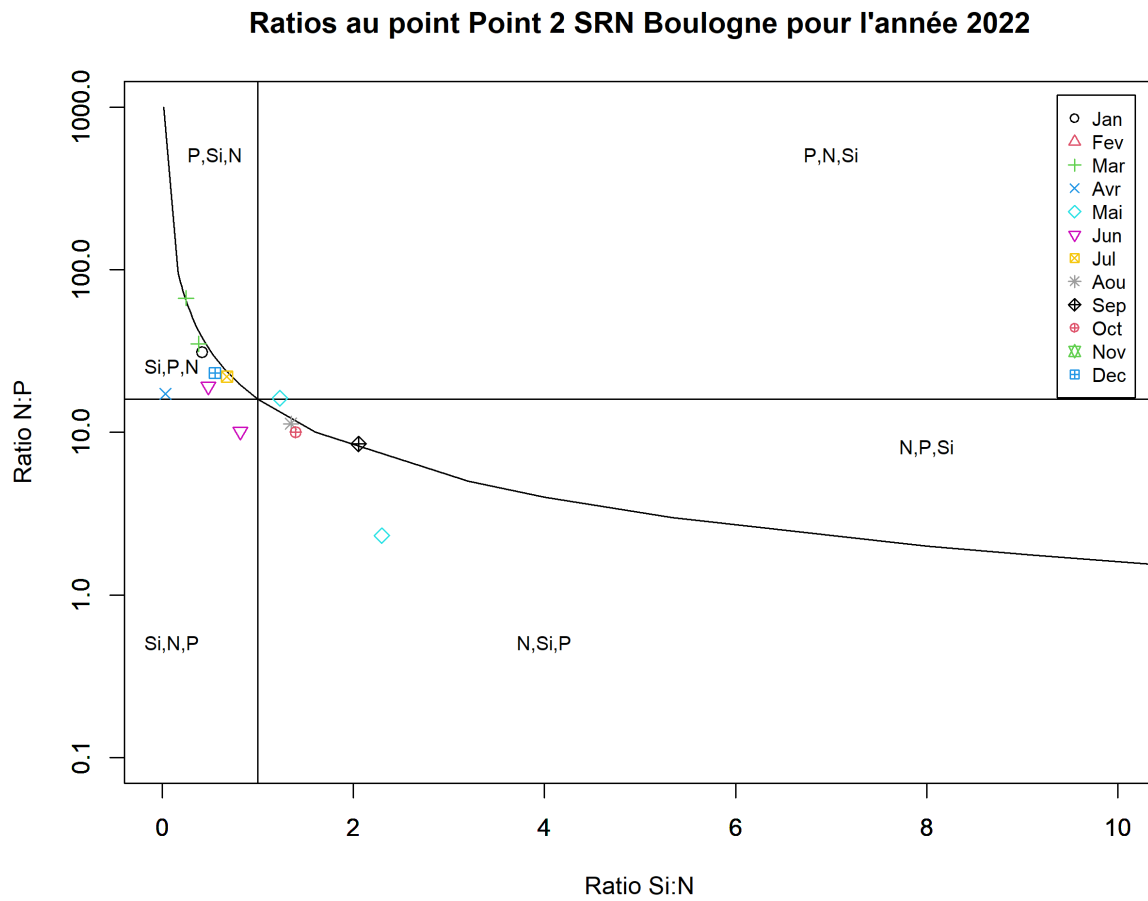


FIGURE 76 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022

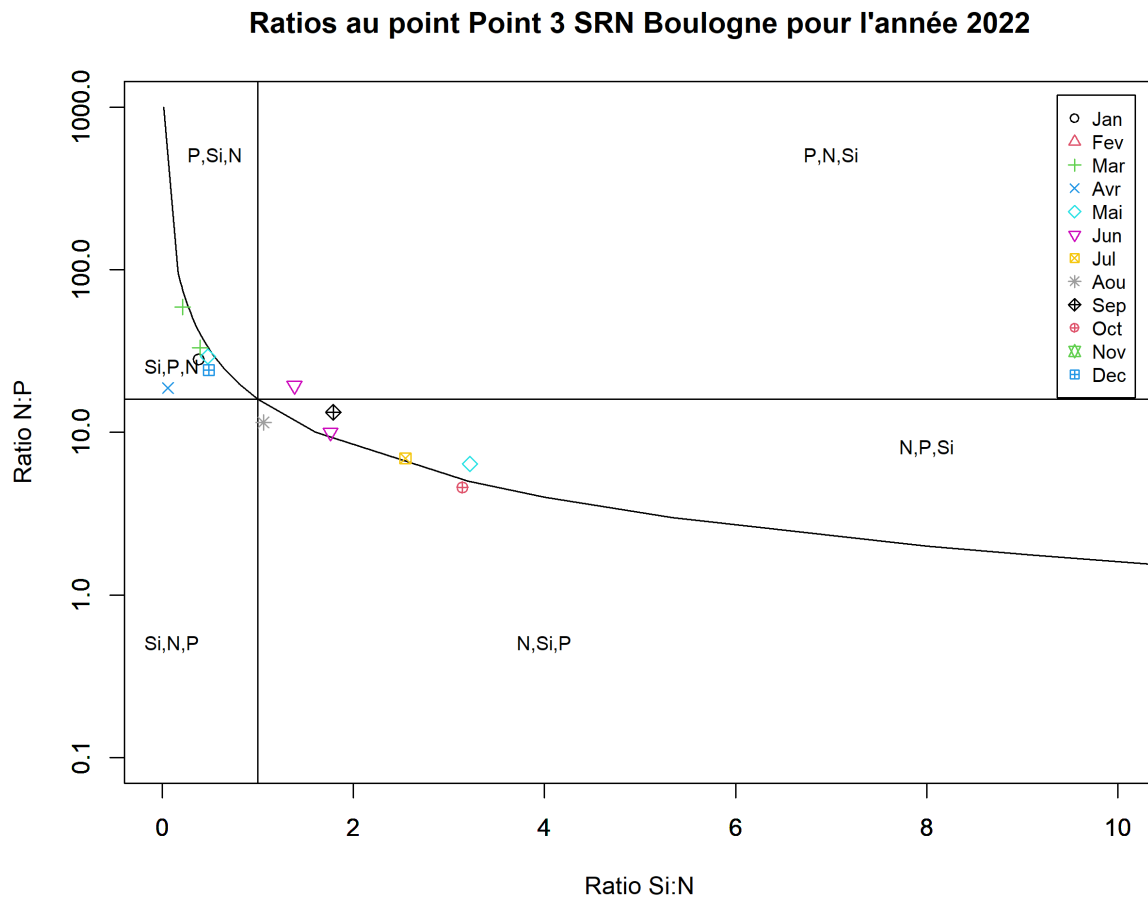


FIGURE 77 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022

3.1.2.12 Chlorophylle-a

De 1992 à 2021, la concentration en chlorophylle-*a* était comprise entre 0.01 et 29.6 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Les concentrations en chlorophylle-*a* moyennes des trois points de la radiale sur cette période sont 5.08 ; 3.48 et 2.17 $\mu\text{g.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 46).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 2002 (1994, 2000, 2002, 2003, 2008, 2009, 2011, 2015) (Figures 78 à 80).

TABLEAU 46 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.01	1.73	3.38	5.08	4.69	7.03	29.6	495
Point 2 SRN Boulogne	0.05	1.28	2.33	3.48	3.36	4.57	19.22	401
Point 3 SRN Boulogne	0.02	0.83	1.39	2.17	2.25	2.6	16.32	391

TABLEAU 47 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-*a* ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour la radiale de Boulogne-sur-Mer en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
Point 1 Boulogne	0.91	2.3	2.88	3.87	2.69	4.64	11.37	19
Point 2 SRN Boulogne	0.55	1.52	1.8	2.3	1.55	2.67	5.61	13
Point 3 SRN Boulogne	0.48	0.75	1.23	1.41	0.96	1.58	4.01	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.48 et 11.37 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 3.87, 2.3 et 1.41 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 46 et 47).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de Boulogne-sur-Mer, en 2022, celui-ci est compris entre -9.82 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en mai et -0.4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en décembre (Annexe 1).

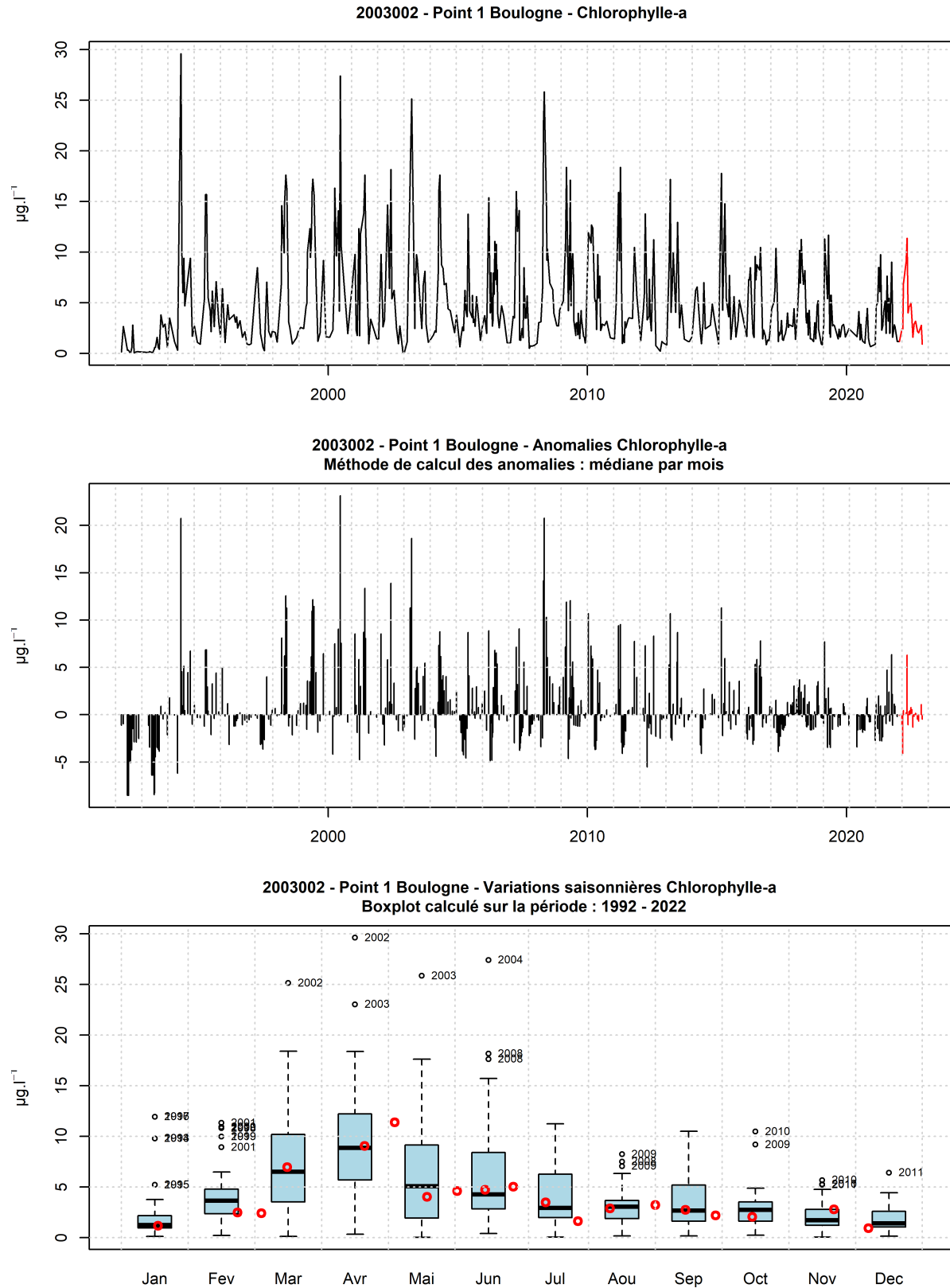


FIGURE 78 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

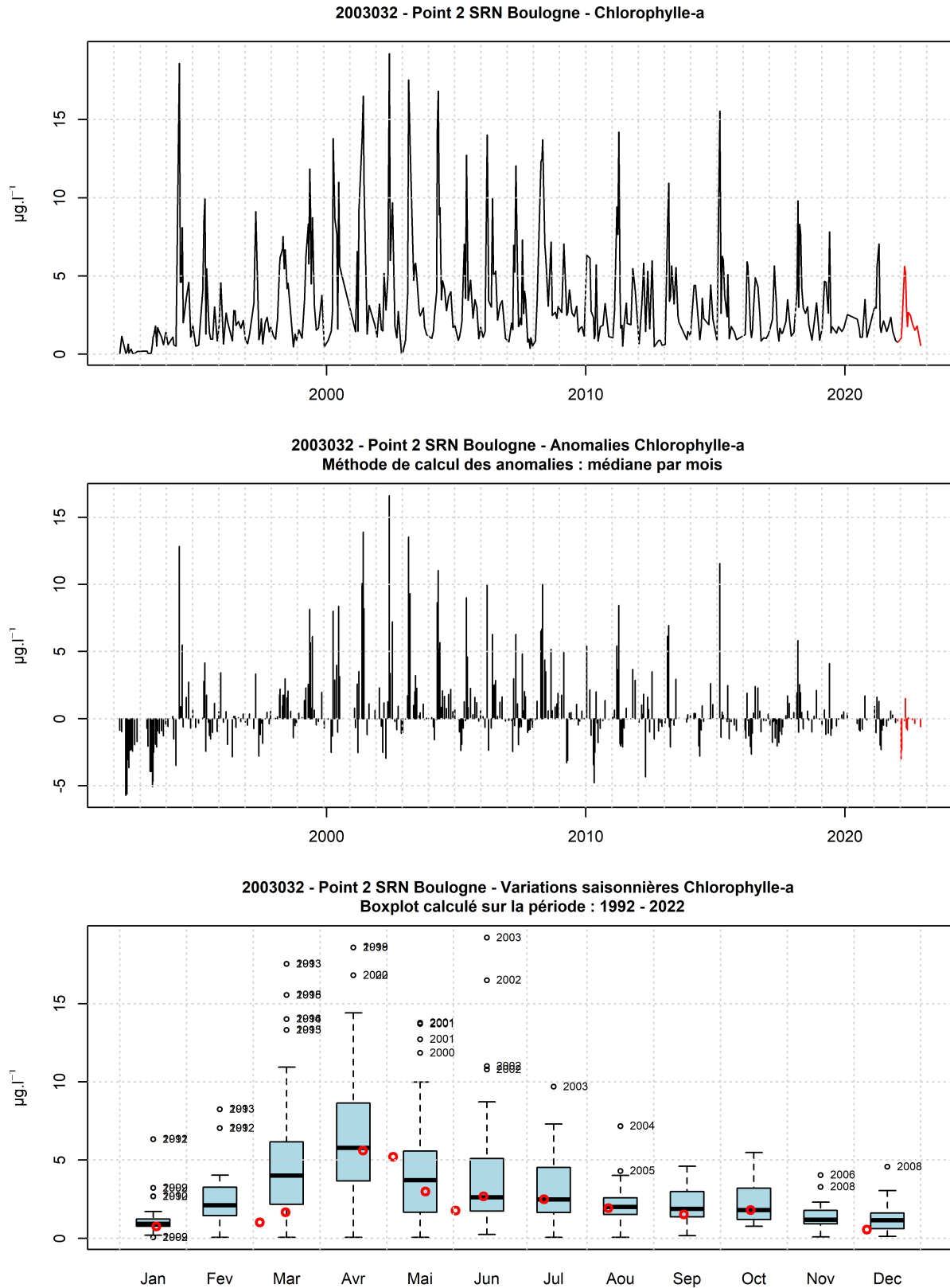


FIGURE 79 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

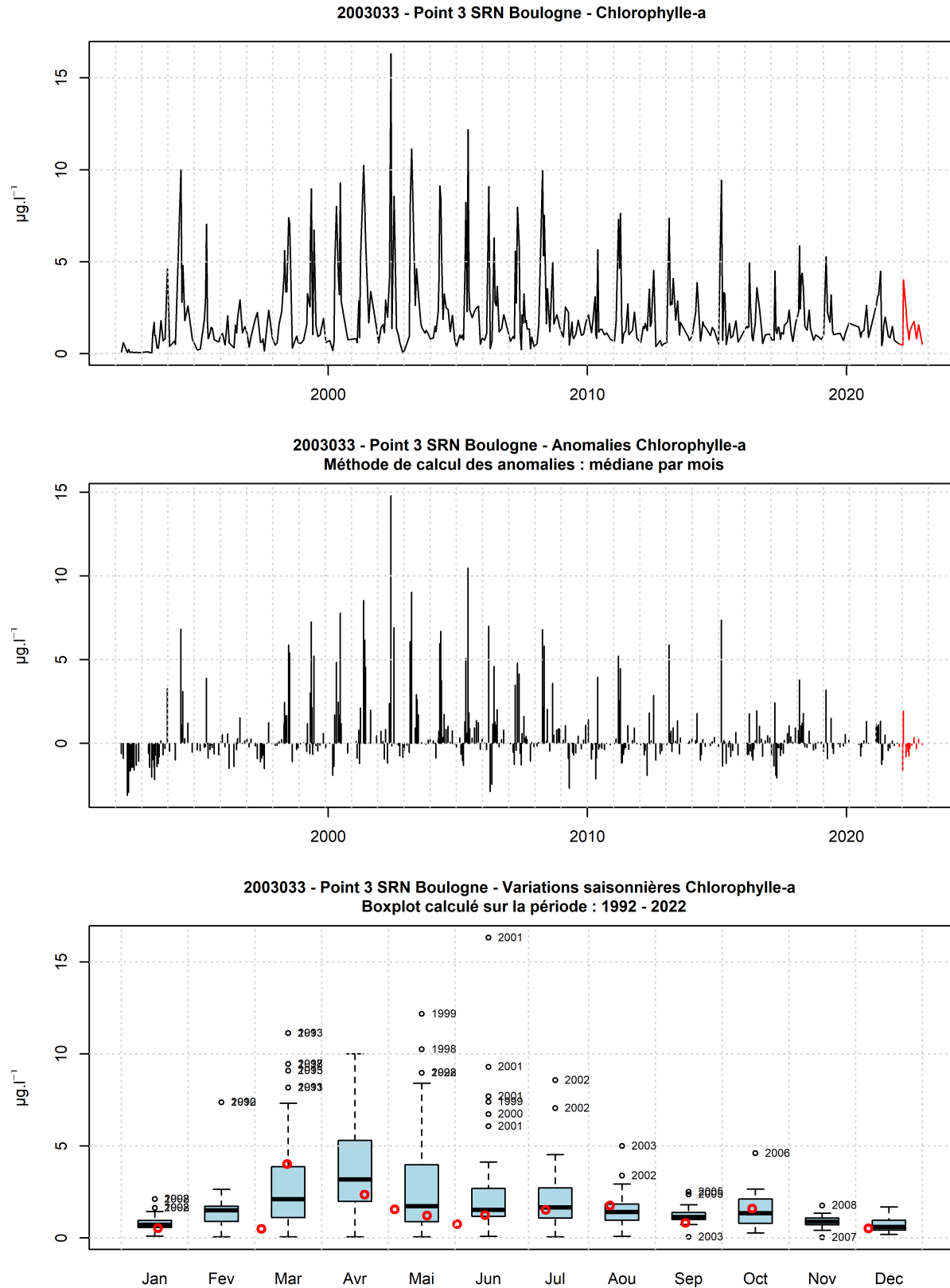


FIGURE 80 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3 La Baie de Somme

3.1.3.1 Température

De 1992 à 2021, la température était comprise entre 2 et 22.9 °C. Les températures moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 12.99 ; 12.57 ; 12.79 et 12.71 °C, de la côte au large (Tableau 48). L'évolution saisonnière de ce paramètre est classique pour un tel écosystème tempéré. Les courbes pluriannuelles de température indiquent une dynamique comparable d'une année sur l'autre.

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1997, 2010, 2012, 2013, 2018 (2003, 2018, 2020, 2022) (Figures 81 à 84).

TABLEAU 48 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	2	8.93	13	12.99	4.69	17.35	22.1	454
Bif	2.5	8.3	12.3	12.57	4.73	17	22.9	419
Mimer	3	8.5	12.55	12.79	4.73	17.17	22.8	334
SRN Somme mer 2	3	9	12.5	12.71	4.42	16.7	21.9	385

TABLEAU 49 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la température (°C) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	6.5	9.53	15.35	14.56	5.19	19.03	21.7	20
Bif	6.4	8.9	14.8	14.15	5.42	18.2	22.3	13
Mimer	6.3	9	14.5	14.15	5.42	18.3	22.3	13
SRN Somme mer 2	6.6	10.3	14.2	13.96	5.05	17.4	21.6	13

En 2022, les valeurs se situent entre 6.3 et 22.3 °C et les moyennes sont égales à 14.15, 14.15, 14.56 et 13.96 °C de la côte au large (Tableaux 48 et 49).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -0.5 °C en mai et 0.9 °C en octobre (Annexe 1).

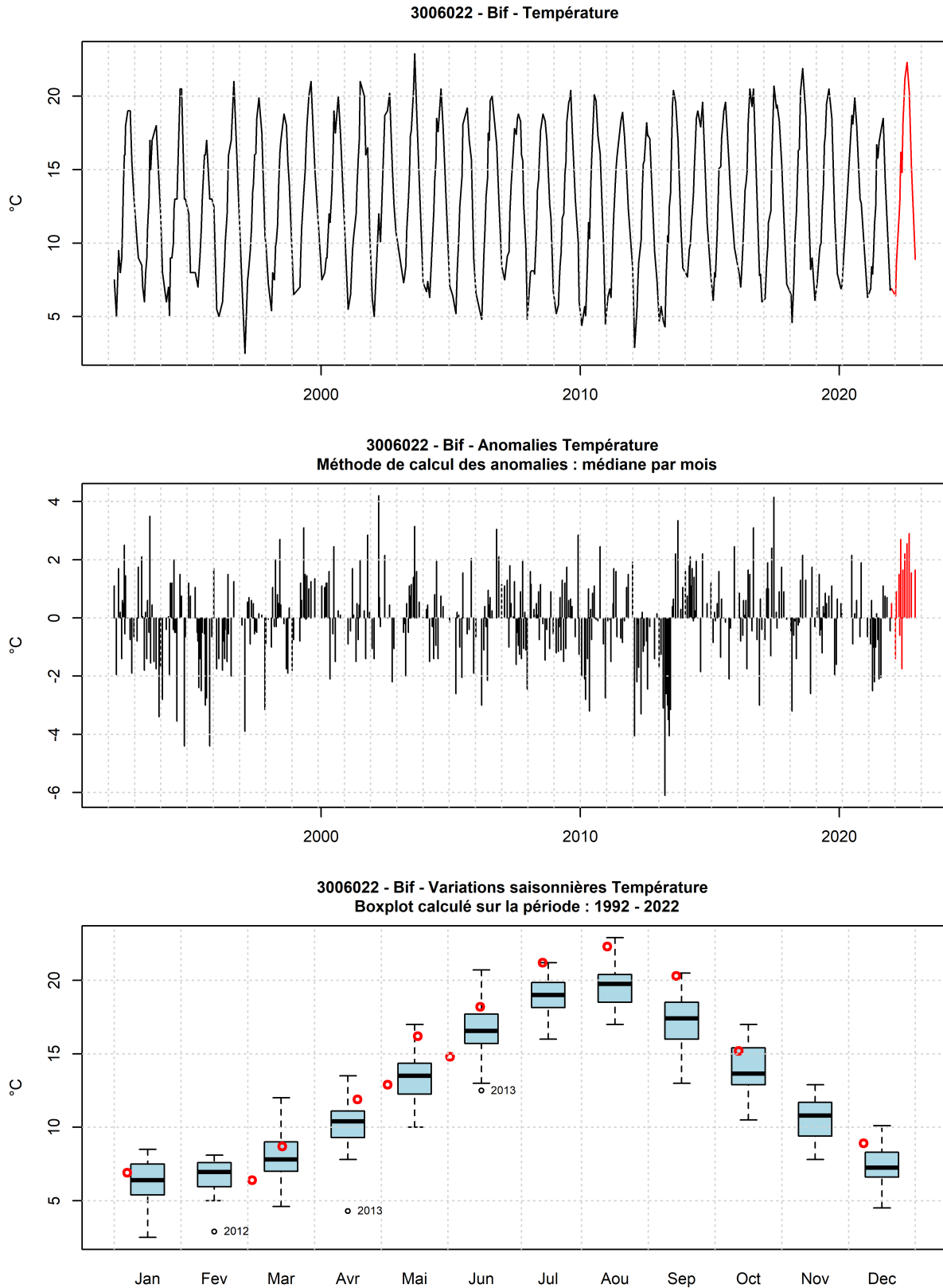


FIGURE 81 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Bif' de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

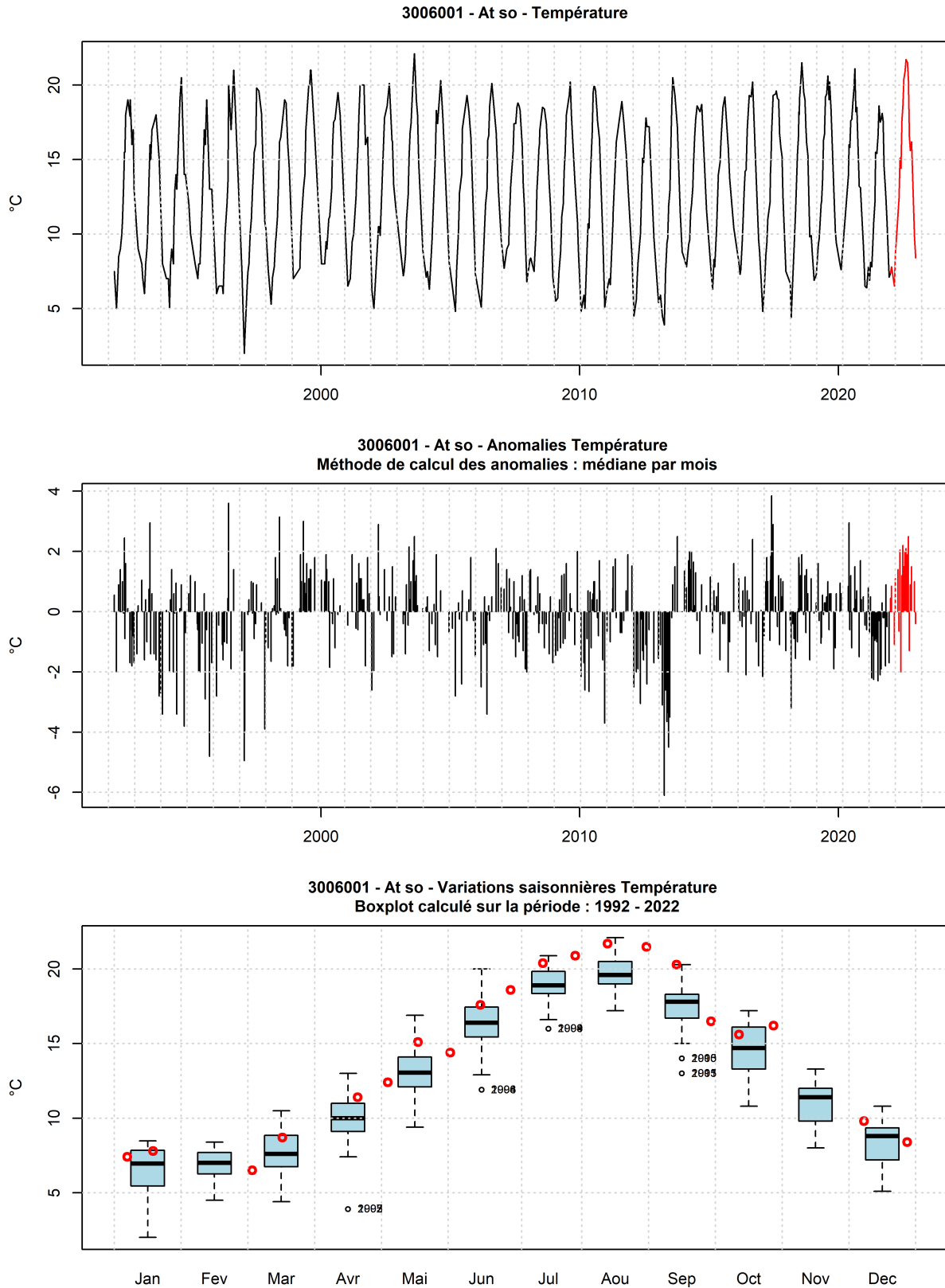


FIGURE 82 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

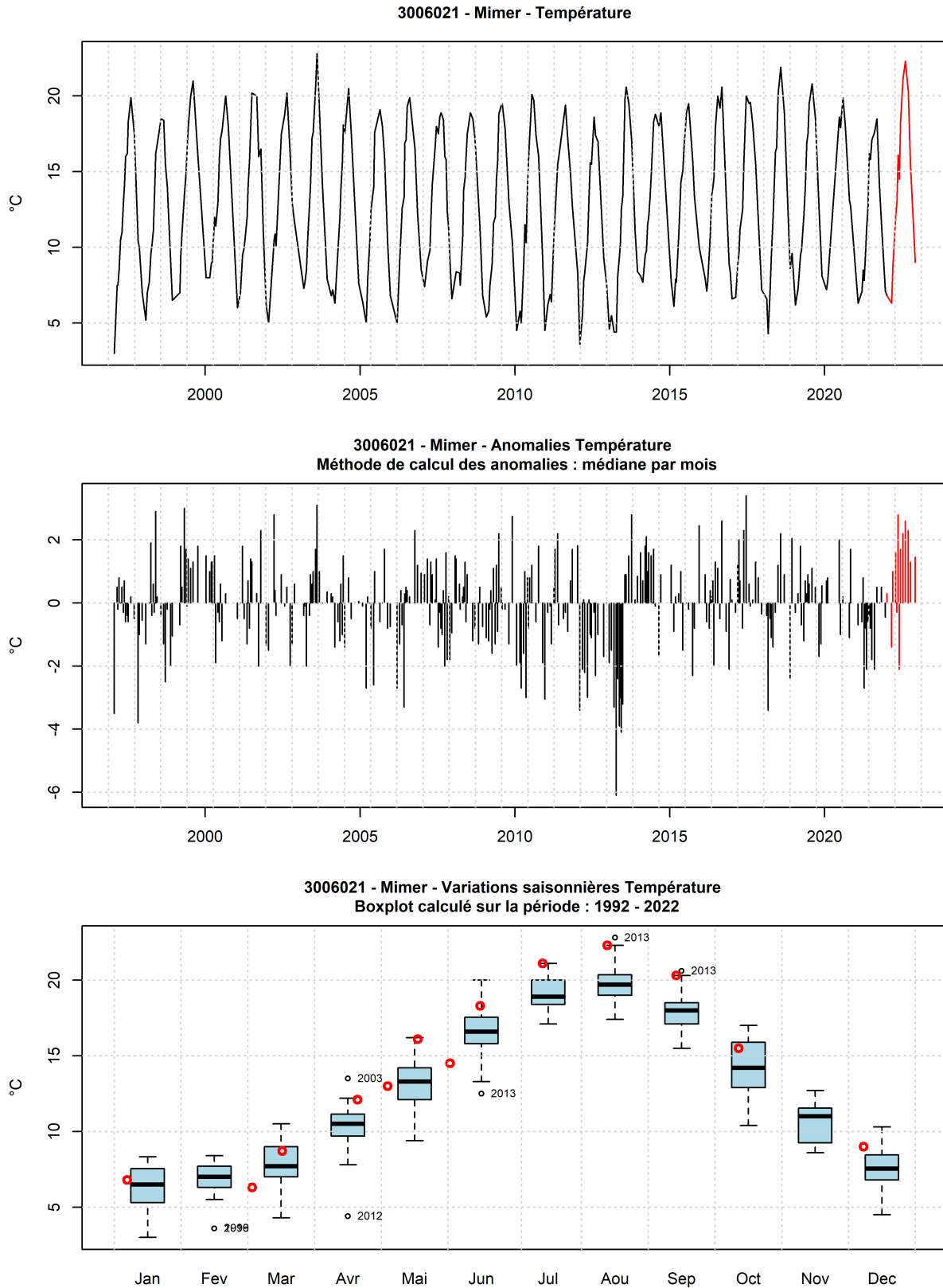


FIGURE 83 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Mimer' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

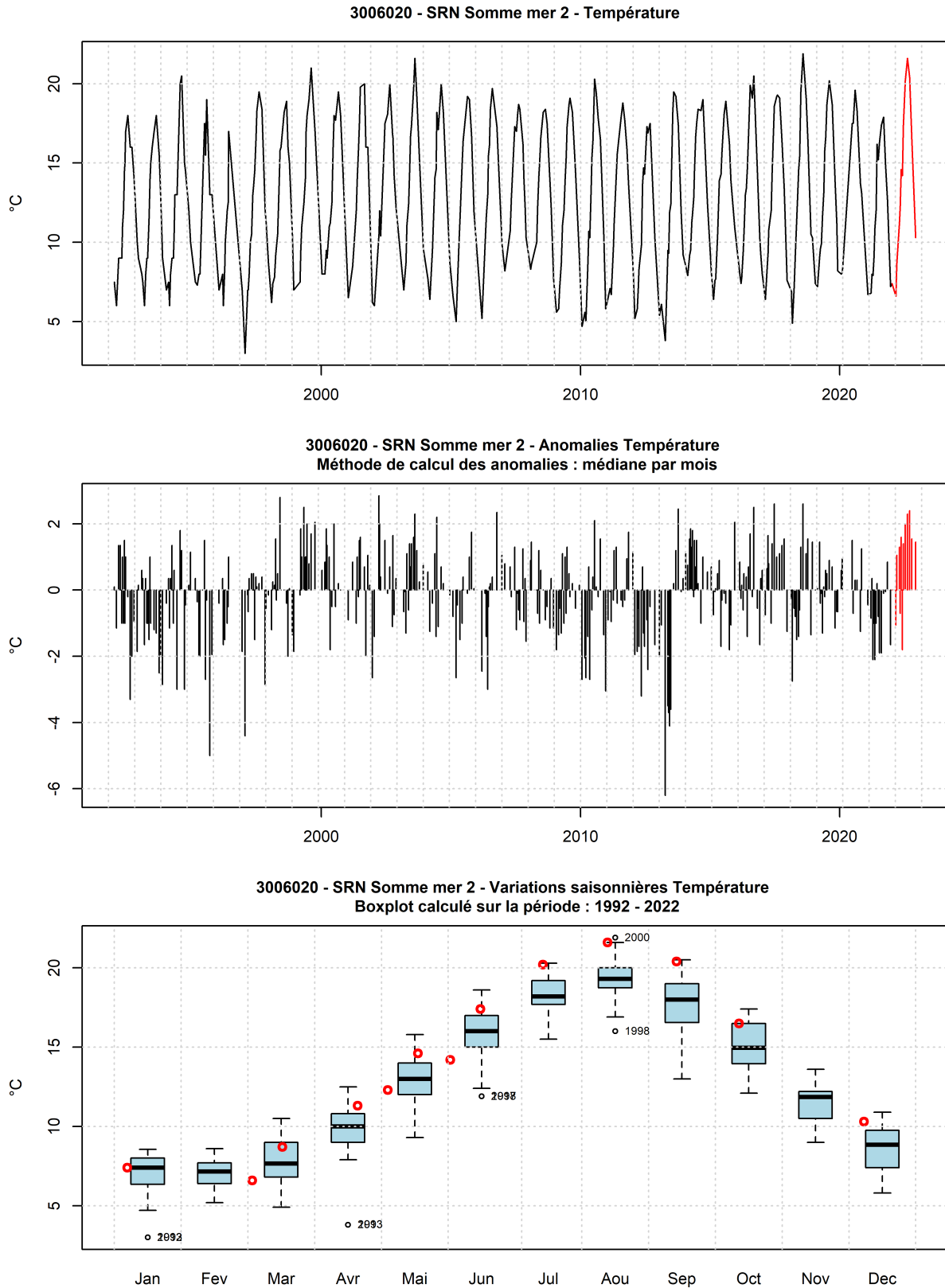


FIGURE 84 – Evolution temporelle de la température (°C), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.2 Salinité

De 1992 à 2021, la salinité était comprise entre 9.1 et 35.8. Les salinités moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 32.76 ; 31.59 ; 32.65 et 33.28, de la côte au large (Tableau 50).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1993, 1994, 1996, 2000, 2001, 2002, 2009, 2014 (2003, 2004, 2007, 2010, 2011, 2017, 2019) (Figures 85 à 88).

TABLEAU 50 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (PSU) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	26	32.2	33.2	32.76	1.43	33.7	35.1	461
Bif	9.1	31.1	32.1	31.59	2.53	33	35	424
Mimer	29.2	32.2	32.8	32.65	0.83	33.2	34.7	341
SRN Somme mer 2	28	32.8	33.6	33.28	1.32	34.2	35.8	389

TABLEAU 51 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la salinité (PSU) pour la radiale de la baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	32.6	33.22	33.95	33.76	0.65	34.3	34.4	20
Bif	32	32.7	33.3	33.2	0.7	33.8	34.1	13
Mimer	32.1	32.6	33.3	33.22	0.7	33.8	34	13
SRN Somme mer 2	32.7	33.8	34.1	34.03	0.65	34.6	34.9	13

En 2022, les valeurs se situent entre 32 et 34.9 et les moyennes sont égales à 33.2, 33.22, 33.76 et 34.03 de la côte au large (Tableaux 50 et 51).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -0.2 en juillet et 0.6 en octobre (Annexe 1).

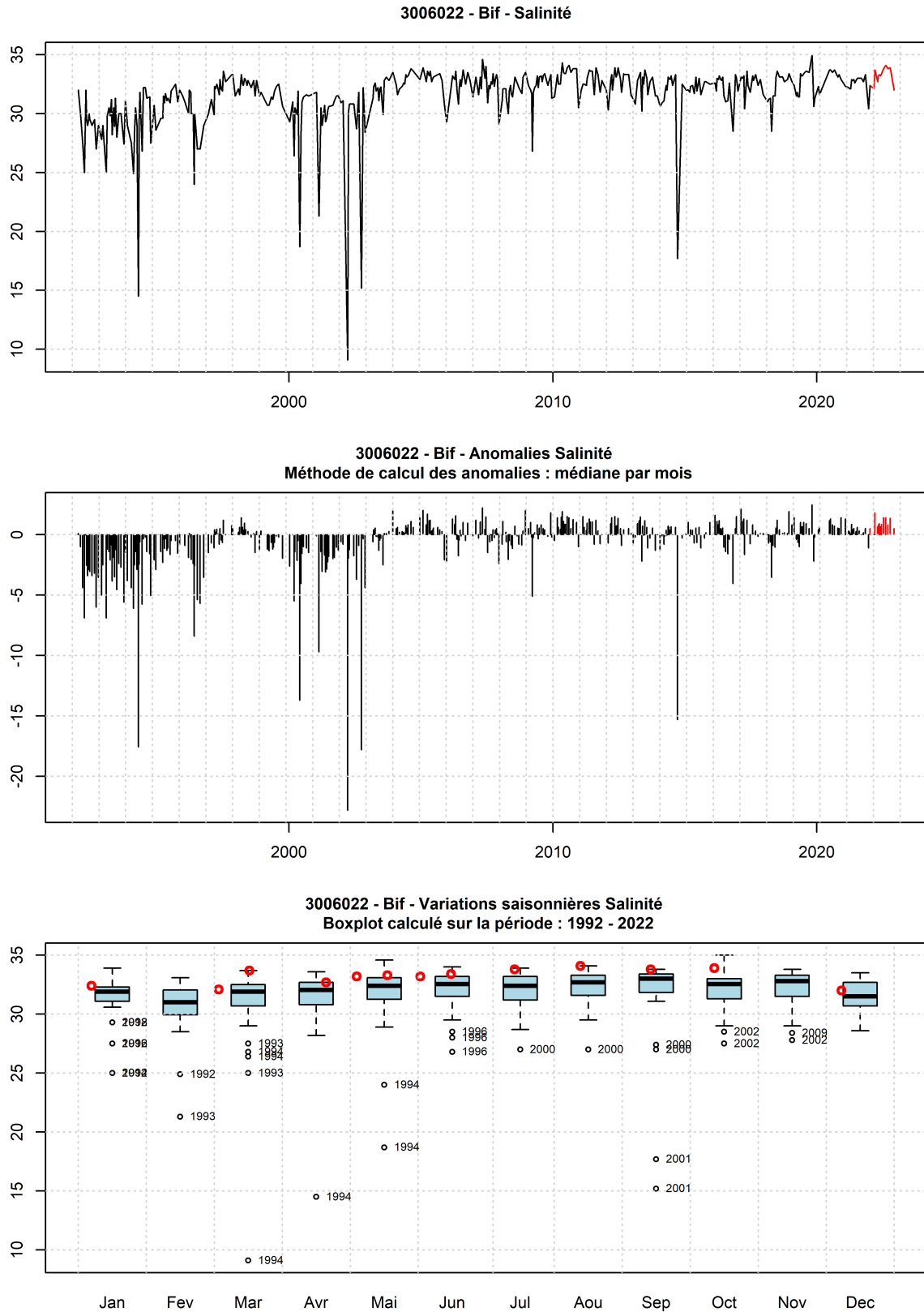


FIGURE 85 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Bif' de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

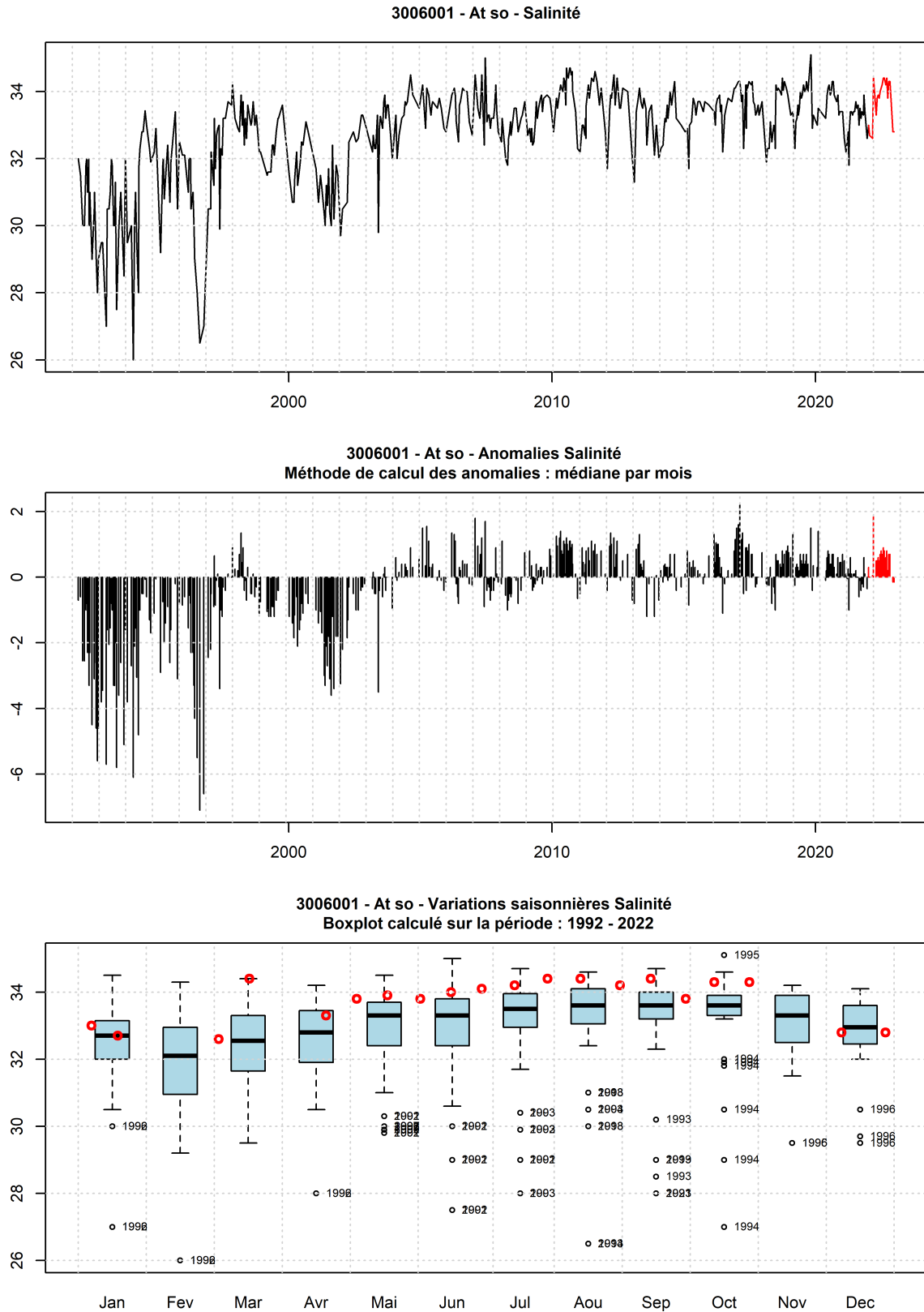


FIGURE 86 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'At so' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

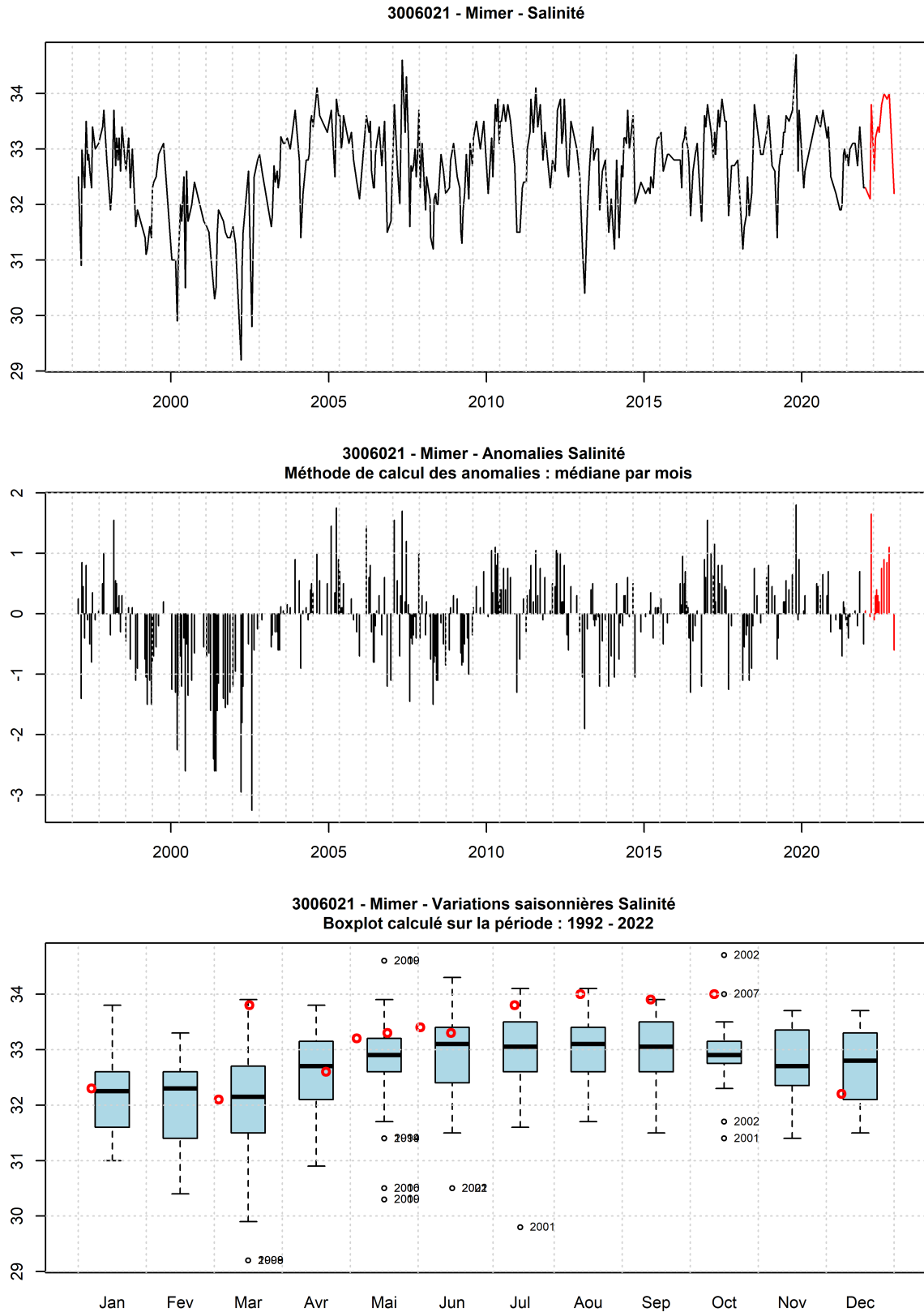


FIGURE 87 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Mimer’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

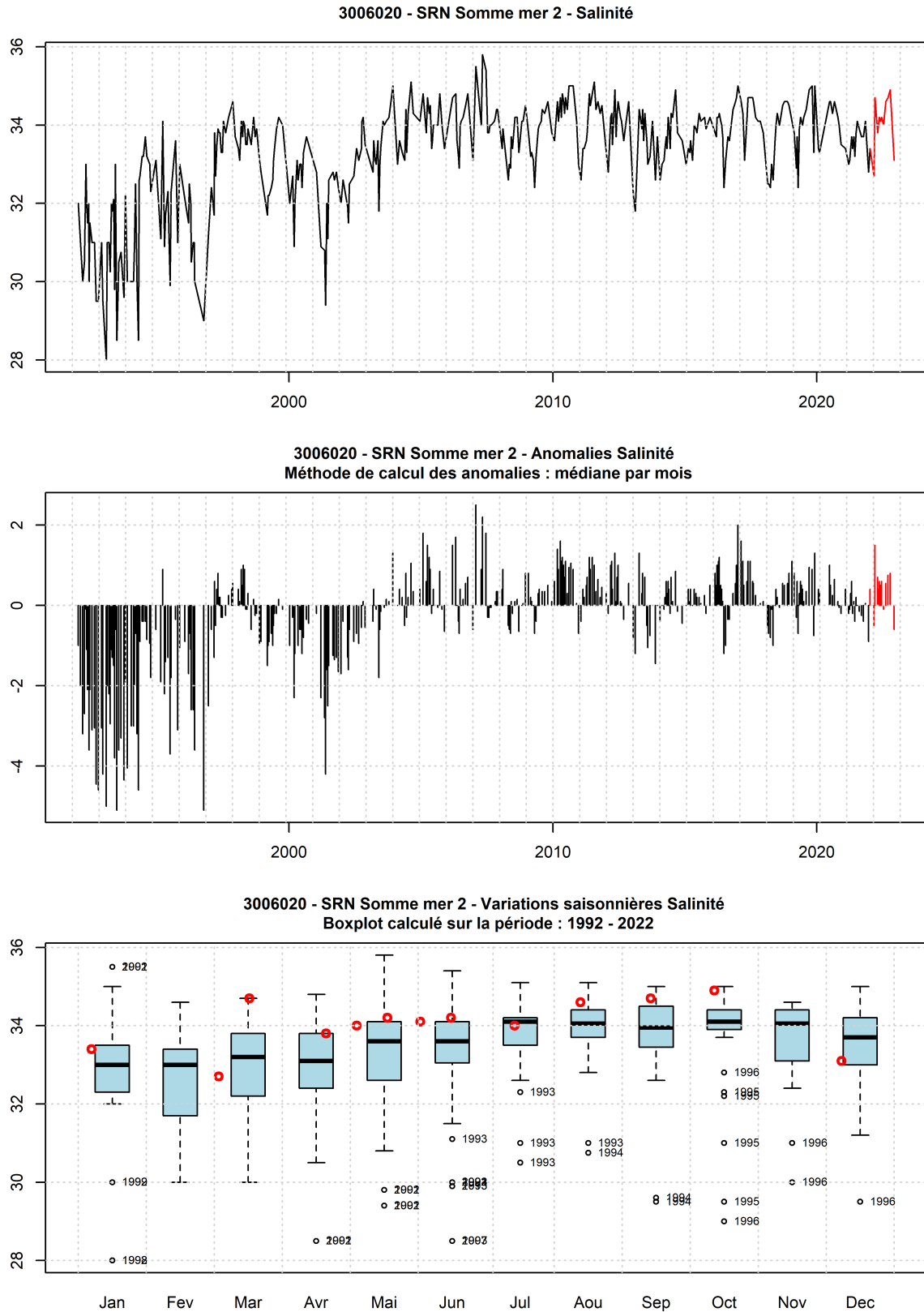


FIGURE 88 – Evolution temporelle de la salinité (PSU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.3 Turbidité et matières en suspension

De 1992 à 2021, la turbidité était comprise entre 0.23 et 139. Les turbidités moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 8.2; 21.56; 20.66 et 3.2, de la côte au large (Tableau 52).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2003, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2012, 2017, 2020 (1995, 1997, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2016, 2020, 2021) (Figures 89 à 92).

TABLEAU 52 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (NTU) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.51	3.25	5.5	8.2	7.45	10.3	55	408
Bif	0.93	8.02	16	21.56	18.83	29	139	365
Mimer	1.32	6.59	12.75	20.66	20.72	27.12	129	340
SRN Somme mer 2	0.23	1.39	2.18	3.2	3.44	3.5	23	331

TABLEAU 53 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la turbidité (NTU) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	3.64	4.92	6.12	9.74	6.72	13.55	25.7	20
Bif	5.17	9.01	15.1	18.48	14.8	18.2	60	13
Mimer	3.37	10.7	20.2	24.97	22.21	23.1	71.8	13
SRN Somme mer 2	1.13	1.8	3.04	3.77	2.68	4.65	11.1	13

En 2022, les valeurs se situent entre 1.13 et 71.8 et les moyennes sont égales à 18.48, 24.97, 9.74 et 3.77 de la côte au large (Tableaux 52 et 53).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -20.14 en janvier et -1.63 en juin (Annexe 1).

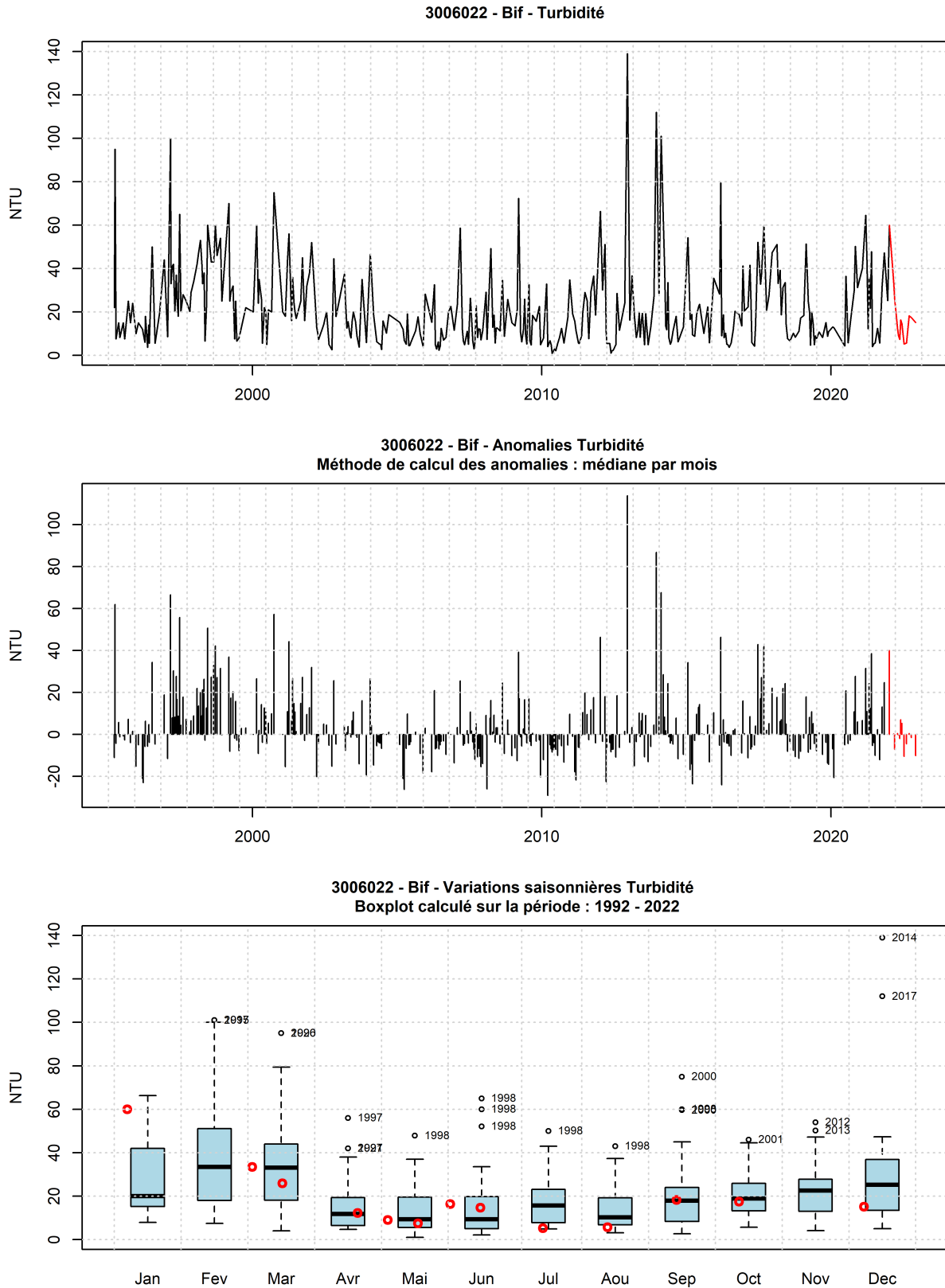


FIGURE 89 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

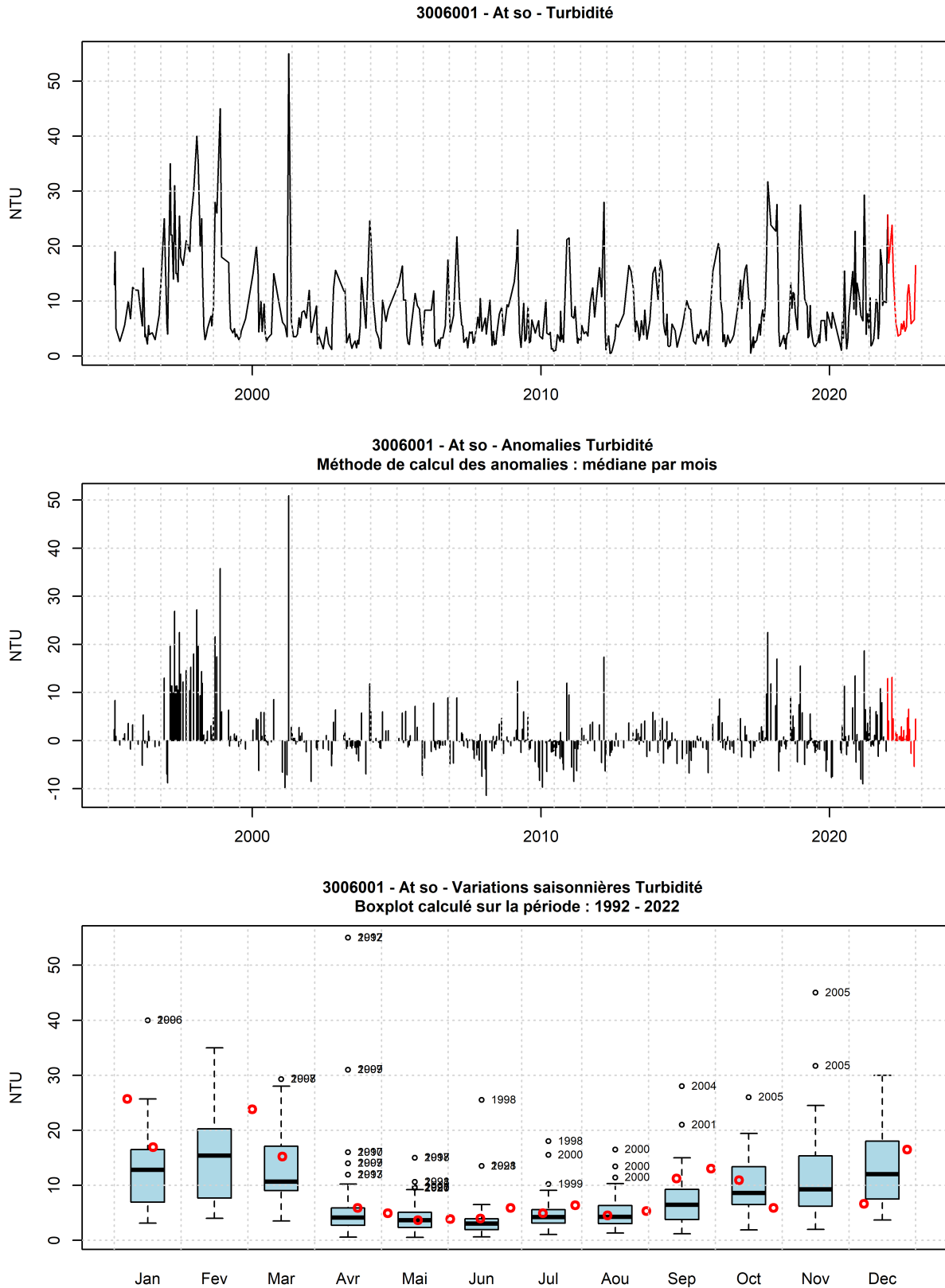


FIGURE 90 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

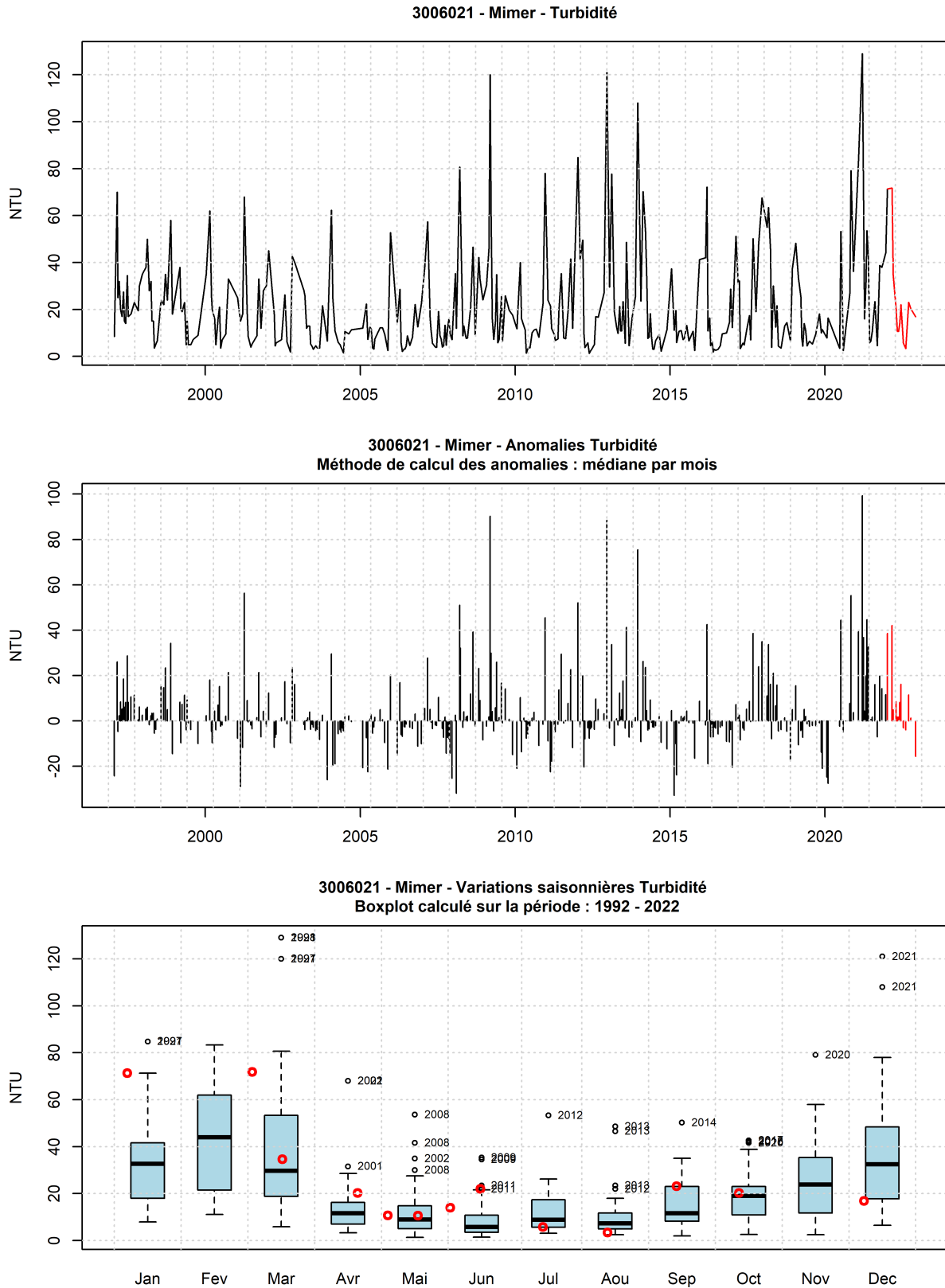


FIGURE 91 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Mimer’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

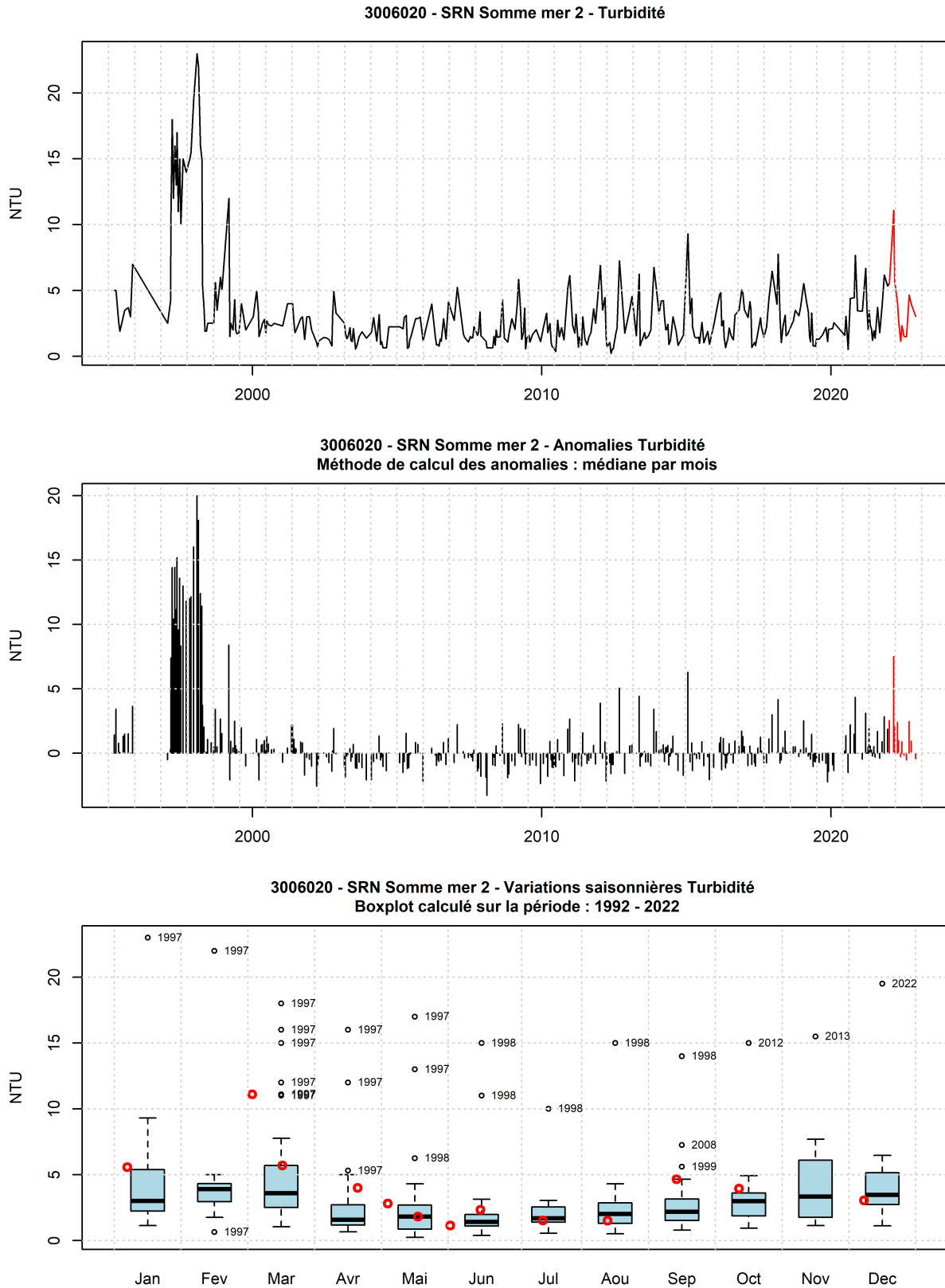


FIGURE 92 – Evolution temporelle de la turbidité (NTU), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.4 M.E.S.

De 1992 à 2021, la concentration en matière en suspension était comprise entre 0.4 et 239.2 mg.l⁻¹. Les concentrations en M.E.S moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 19.35 ; 40.52 ; 32.4 et 13.06, de la côte au large (Tableau 54).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2005, 2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2012, 2016, 2022 (1993, 1996, 2000, 2008, 2009, 2012, 2013, 2014) (Figures 93 à 96).

TABLEAU 54 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S (mg.l-1) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.9	7	13.48	19.35	17.81	25.76	167	451
Bif	3.5	18.63	30.6	40.52	31.95	55.1	239.2	409
Mimer	2.5	12.9	22.2	32.4	30.32	42.25	239.2	340
SRN Somme mer 2	0.4	3.9	6.2	13.06	15.99	14.35	101.3	391

TABLEAU 55 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S (mg.l-1) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	4.3	7.95	10.85	12.23	6.49	14.7	27.2	20
Bif	8.8	15.2	18.7	22.46	13.01	26.8	59.8	13
Mimer	2.5	17.8	24.6	27.67	19.32	29.3	70	13
SRN Somme mer 2	1.2	4.8	7.3	6.66	2.91	8.1	13.2	13

En 2022, les valeurs se situent entre 1.2 et 70 et les moyennes sont égales à 22.46, 27.67, 12.23 et 6.66 de la côte au large (Tableaux 54 et 55).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -18.4 en janvier et 1 en juin (Annexe 1).

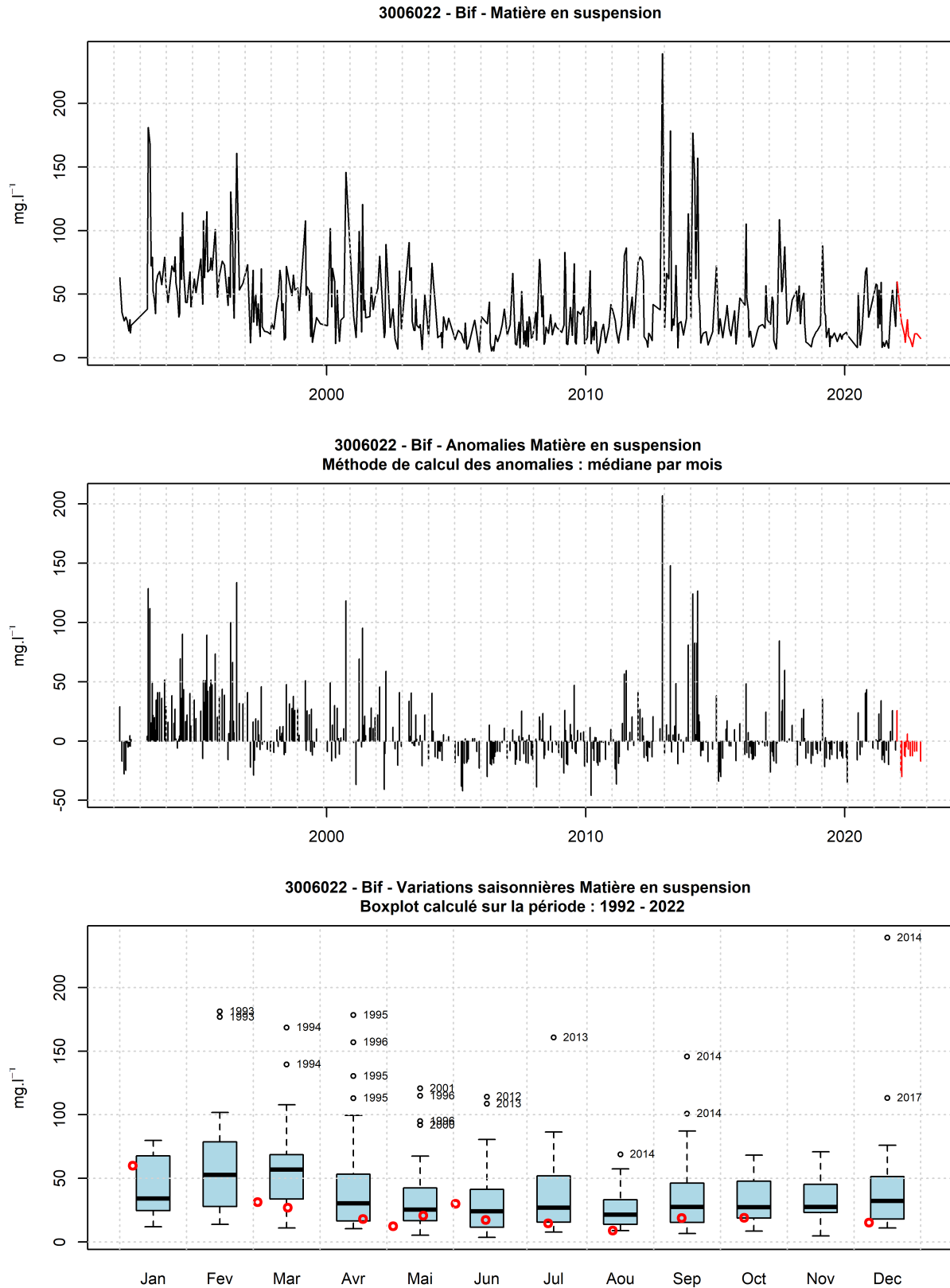


FIGURE 93 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

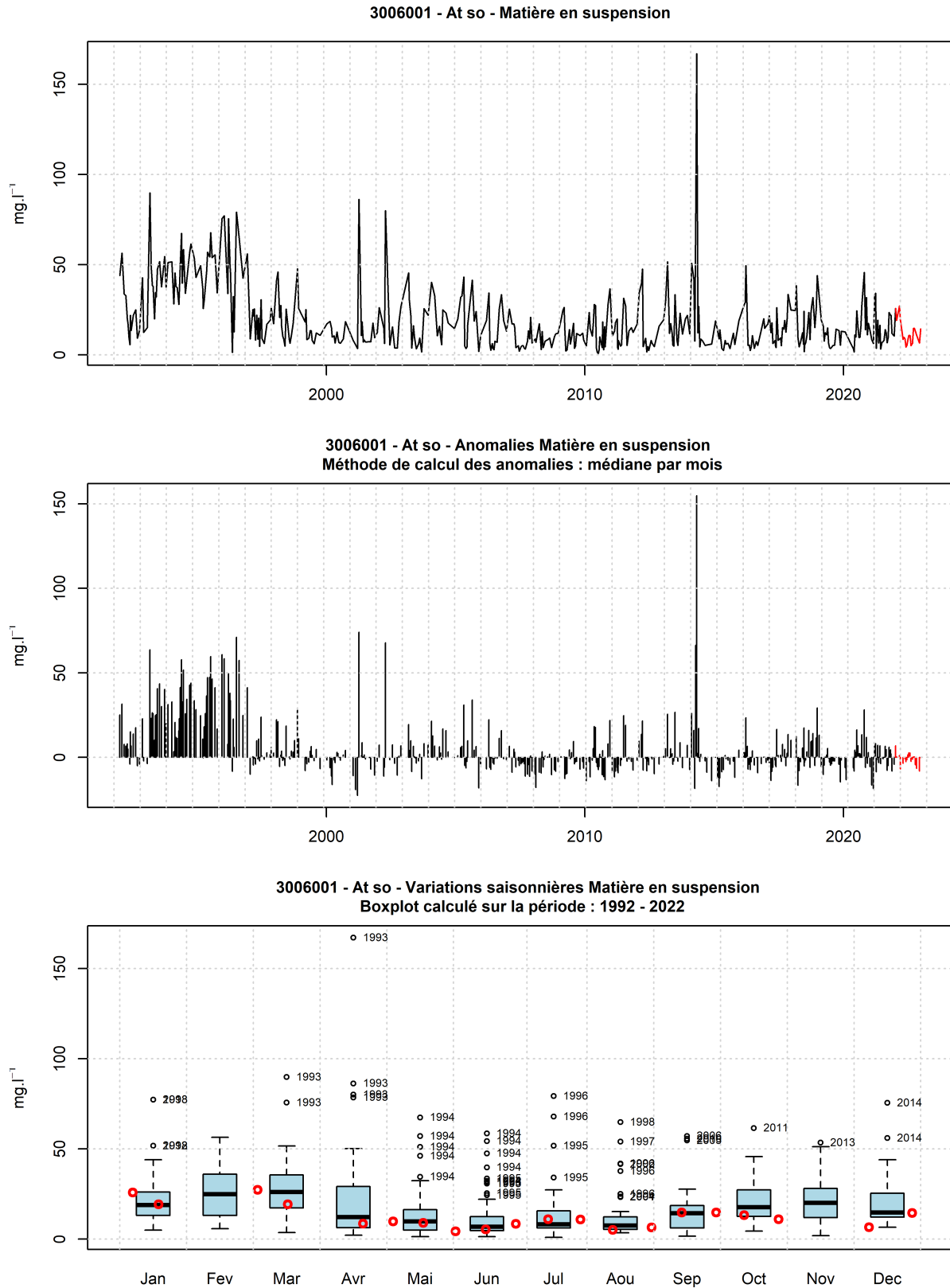


FIGURE 94 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

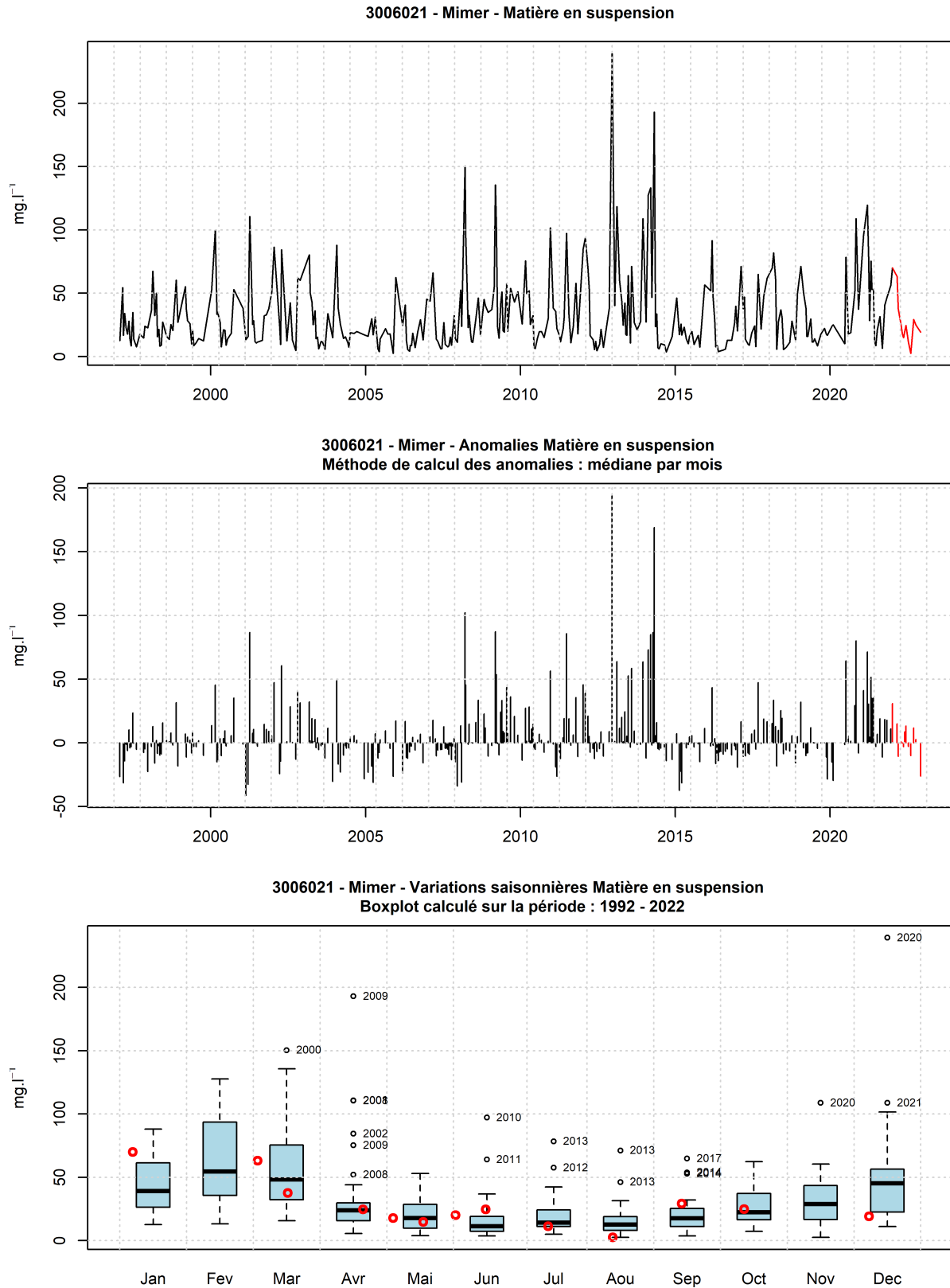


FIGURE 95 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Mimer' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

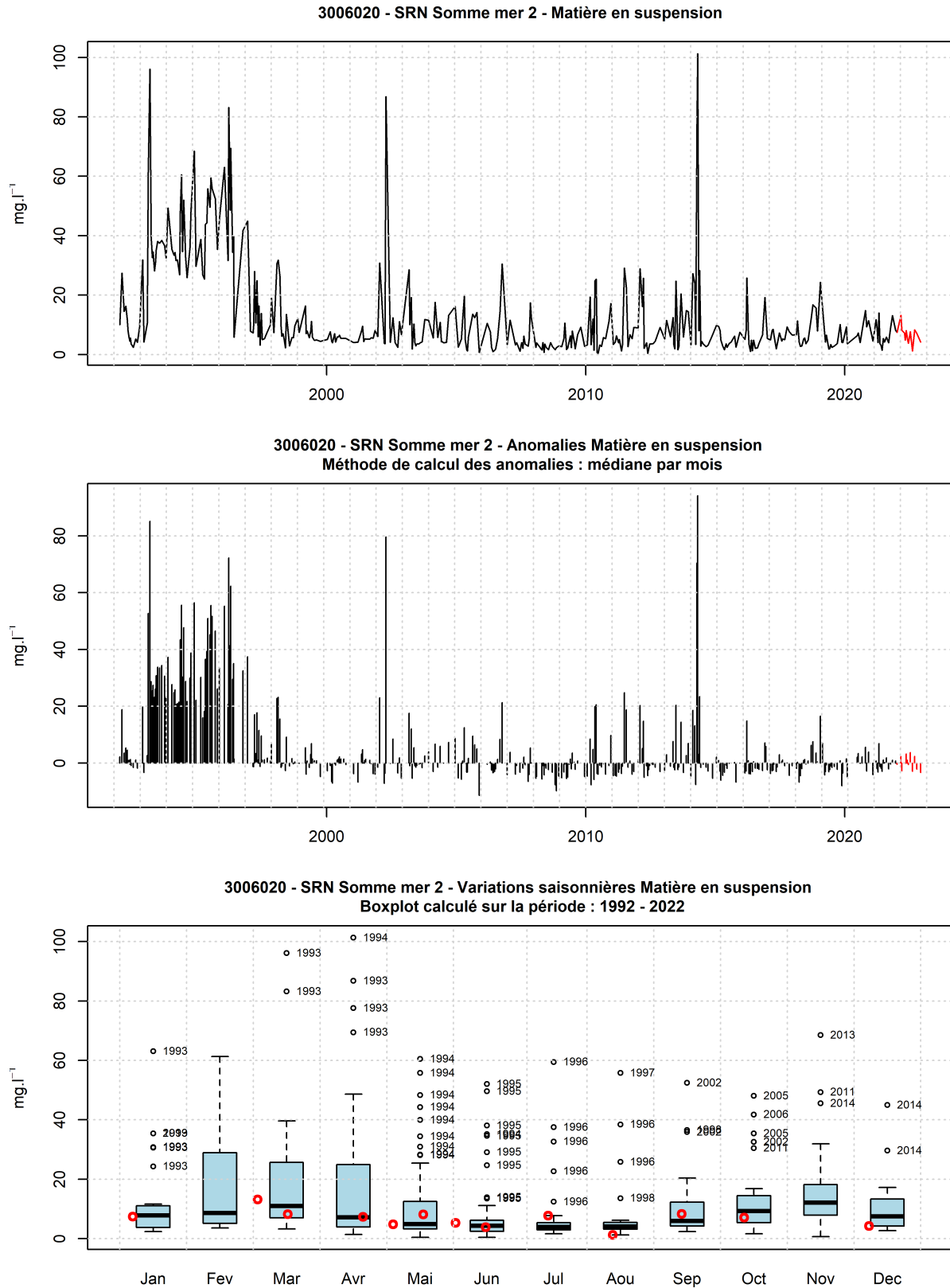


FIGURE 96 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.5 Matière organique

De 1992 à 2021, la concentration en matière organique était comprise entre 0.1 et 48 mg.l⁻¹. Les concentrations en M.E.S organique moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 4.22 ; 7.08 ; 5.18 et 3.41, de la côte au large (Tableau 56).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 2003, 2008, 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019 (1992, 1994, 1996, 1999, 2000, 2001, 2012, 2014) (Figures 97 à 100).

TABLEAU 56 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S organique (mg.l-1) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.2	1.6	2.7	4.22	4.09	5.67	39	449
Bif	0.6	2.8	4.9	7.08	6.24	9.39	45.04	393
Mimer	0.1	2.1	3.6	5.18	4.85	6.8	48	340
SRN Somme mer 2	0.2	1.3	1.9	3.41	3.52	4.2	24.7	391

TABLEAU 57 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en M.E.S organique (mg.l-1) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	1.1	1.67	1.85	2.02	0.68	2.1	3.6	20
Bif	1.5	2.5	2.8	3.12	1.27	3.8	5.9	13
Mimer	0.8	2	2.8	2.72	1.13	3.8	4.4	13
SRN Somme mer 2	0.9	1.1	1.4	1.53	0.54	1.7	2.5	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.8 et 5.9 et les moyennes sont égales à 3.12, 2.72, 2.02 et 1.53 de la côte au large (Tableaux 56 et 57).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -1.3 en mai et 0 en juin (Annexe 1).

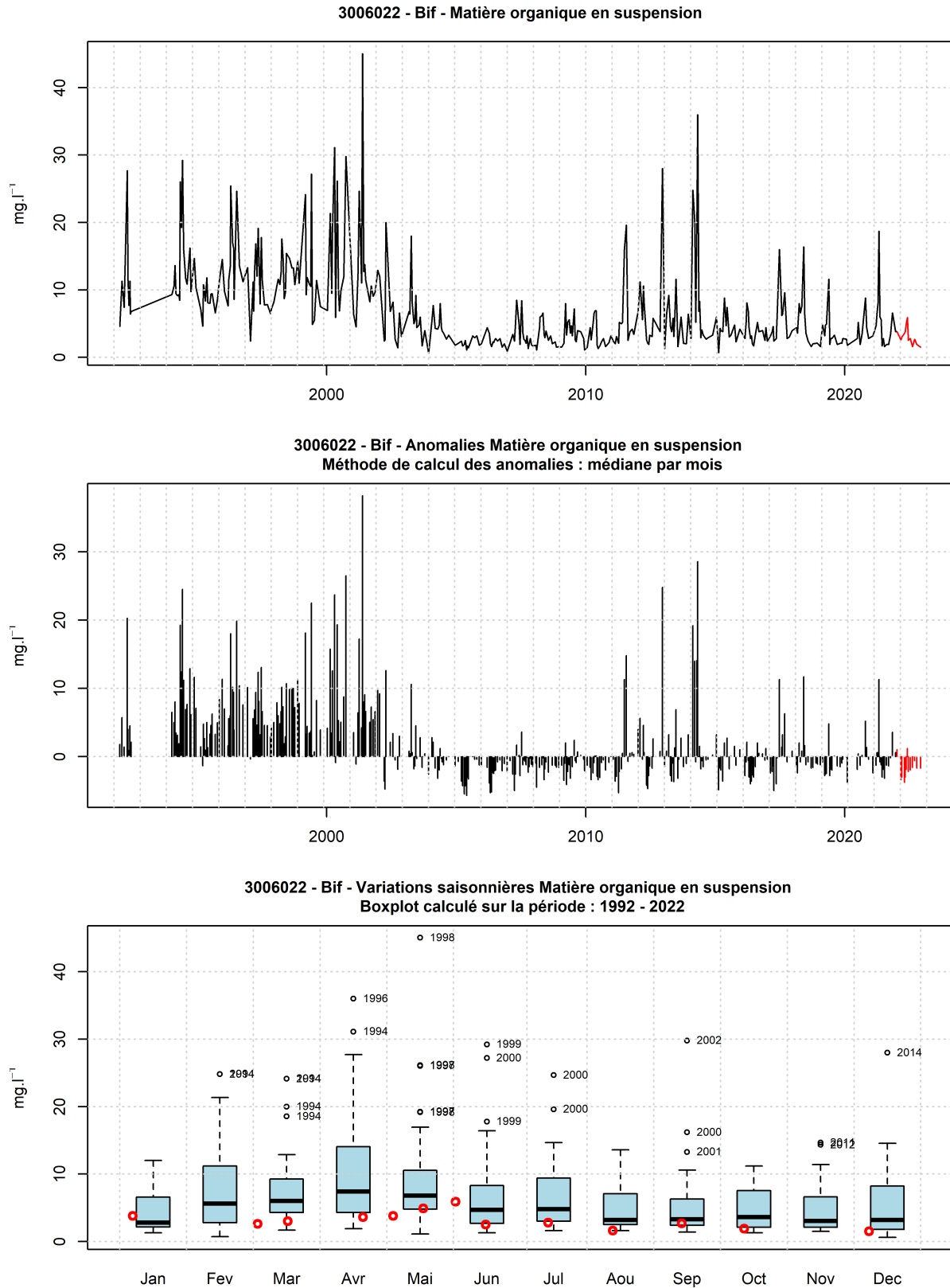


FIGURE 97 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

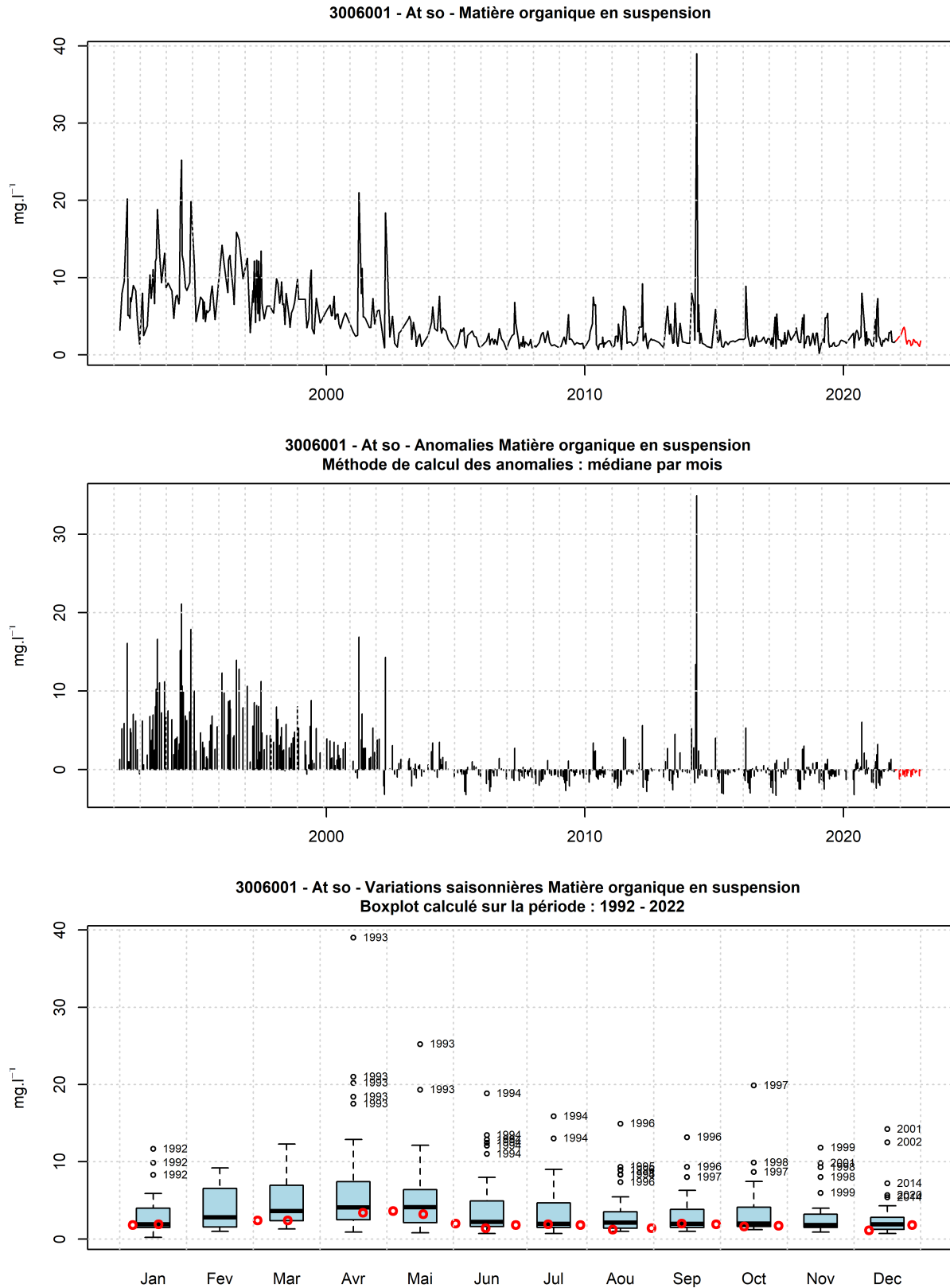


FIGURE 98 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

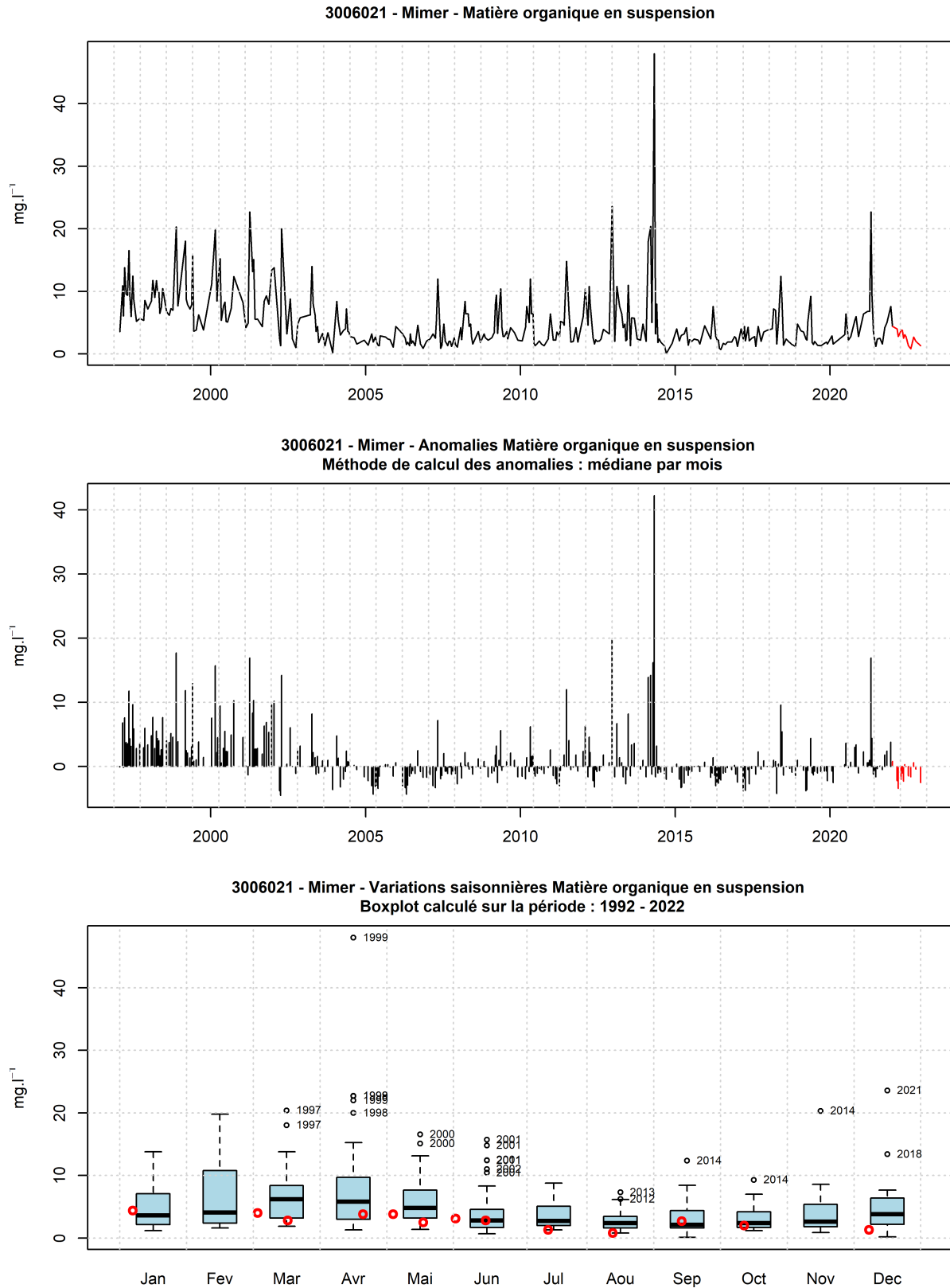


FIGURE 99 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Mimer' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

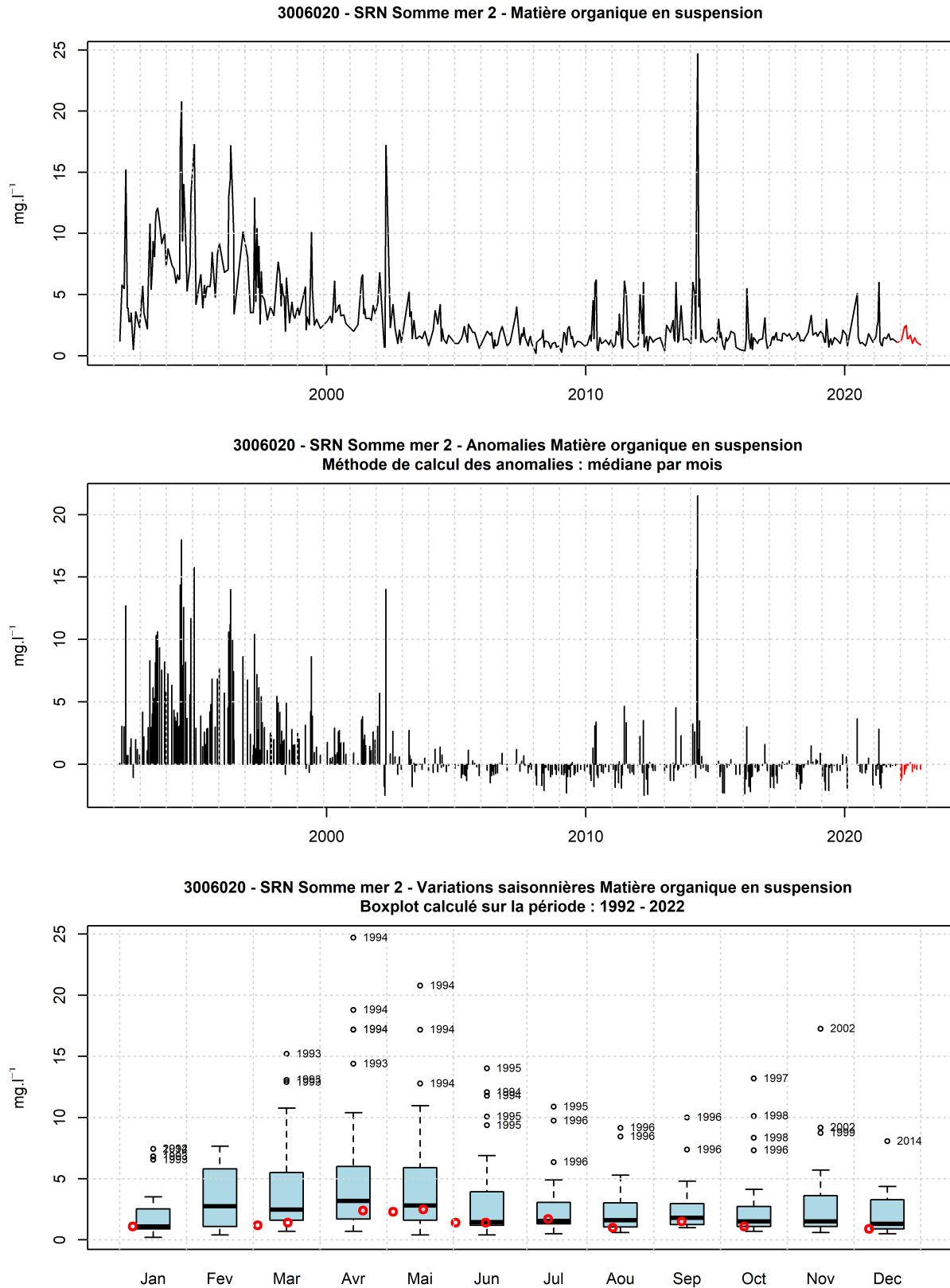


FIGURE 100 – Evolution temporelle de la concentration en M.E.S organique (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.6 Ammonium

De 1992 à 2021, la concentration en ammonium était comprise entre 0.01 et 33.06 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en ammonium moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 1.94 ; 2.4 ; 2.05 et 1.14 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 58).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1993, 1995, 1996, 2000, 2001 (1992, 1997, 1998) (Figures 101 à 104).

TABLEAU 58 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.02	0.36	0.89	1.94	3.37	2.43	30.7	447
Bif	0.01	0.45	1.19	2.4	3.11	3.1	24.67	414
Mimer	0.01	0.35	1.09	2.05	2.72	2.97	24.18	341
SRN Somme mer 2	0.05	0.15	0.38	1.14	2.53	1.15	33.06	390

TABLEAU 59 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.1	0.21	0.52	1.26	1.58	1.95	6.5	20
Bif	0.1	0.25	0.64	1.73	2.08	2.8	5.7	13
Mimer	0.15	0.33	0.77	1.68	1.71	2.85	4.81	13
SRN Somme mer 2	0.15	0.15	0.42	0.57	0.57	0.55	1.92	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.1 et 6.5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 1.73, 1.68, 1.26 et 0.57 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 58 et 59).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -2.49 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en octobre et 0.37 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en avril (Annexe 1).

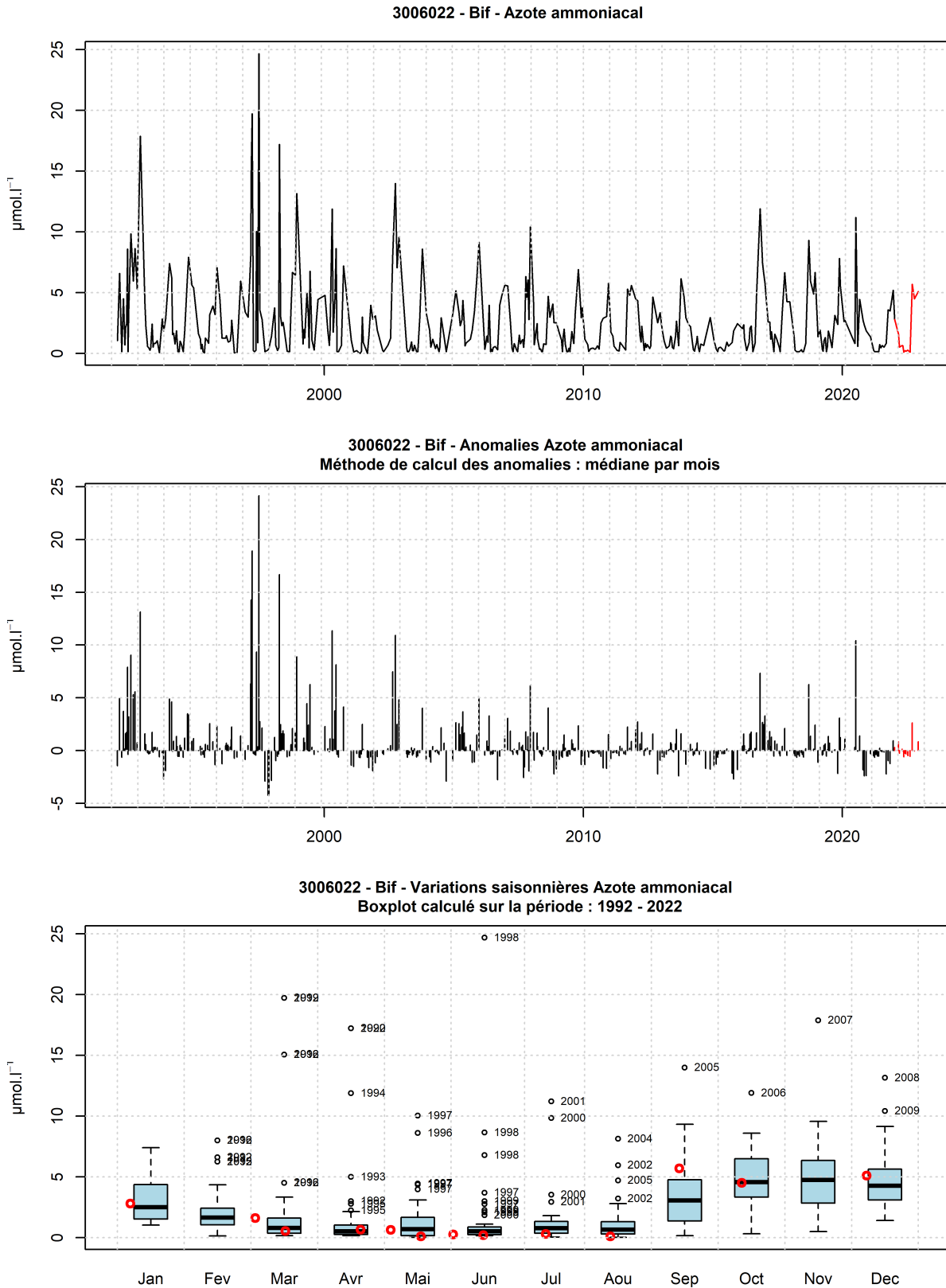


FIGURE 101 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Bif' de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

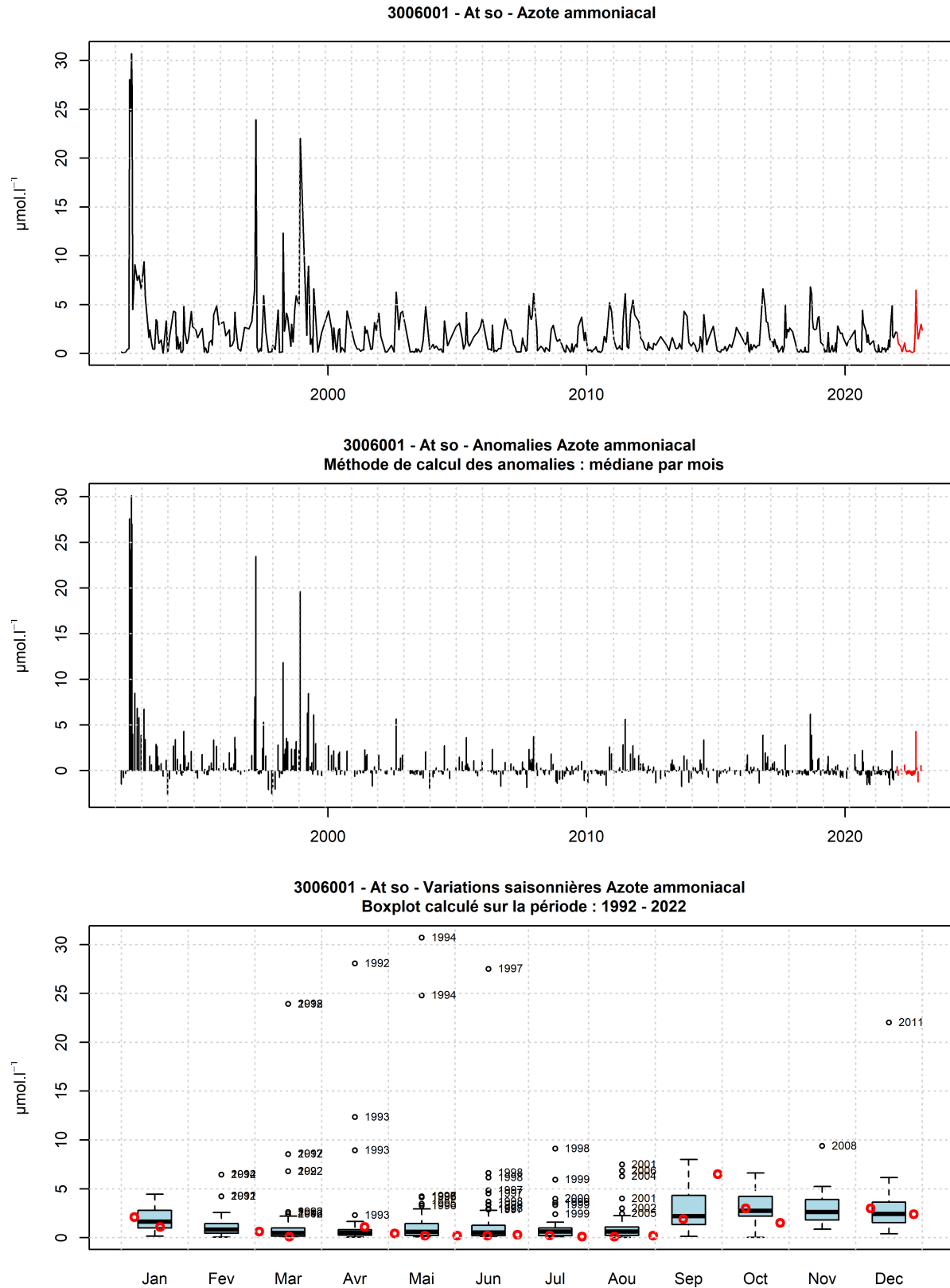


FIGURE 102 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'At so' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

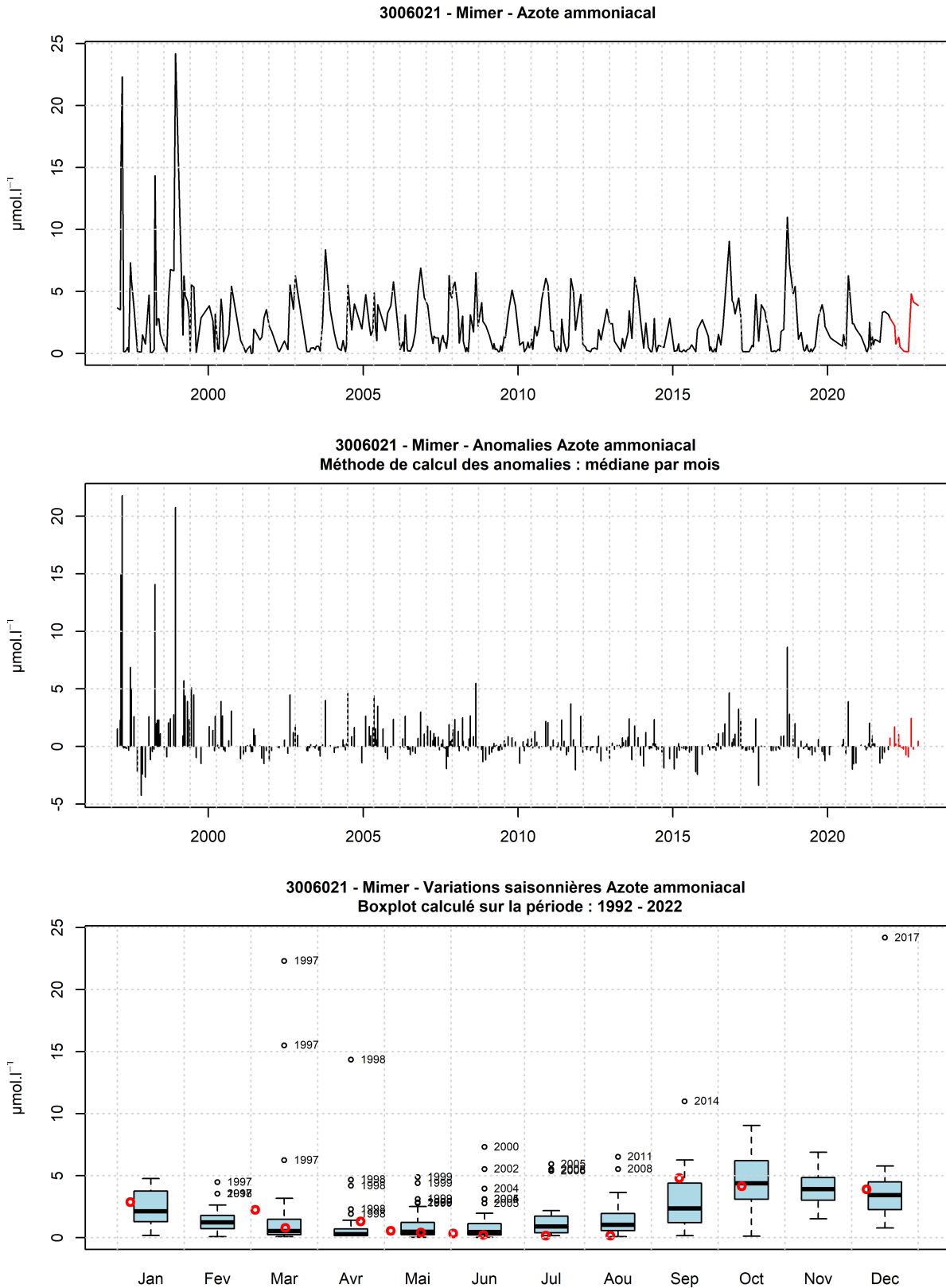


FIGURE 103 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Mimer' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

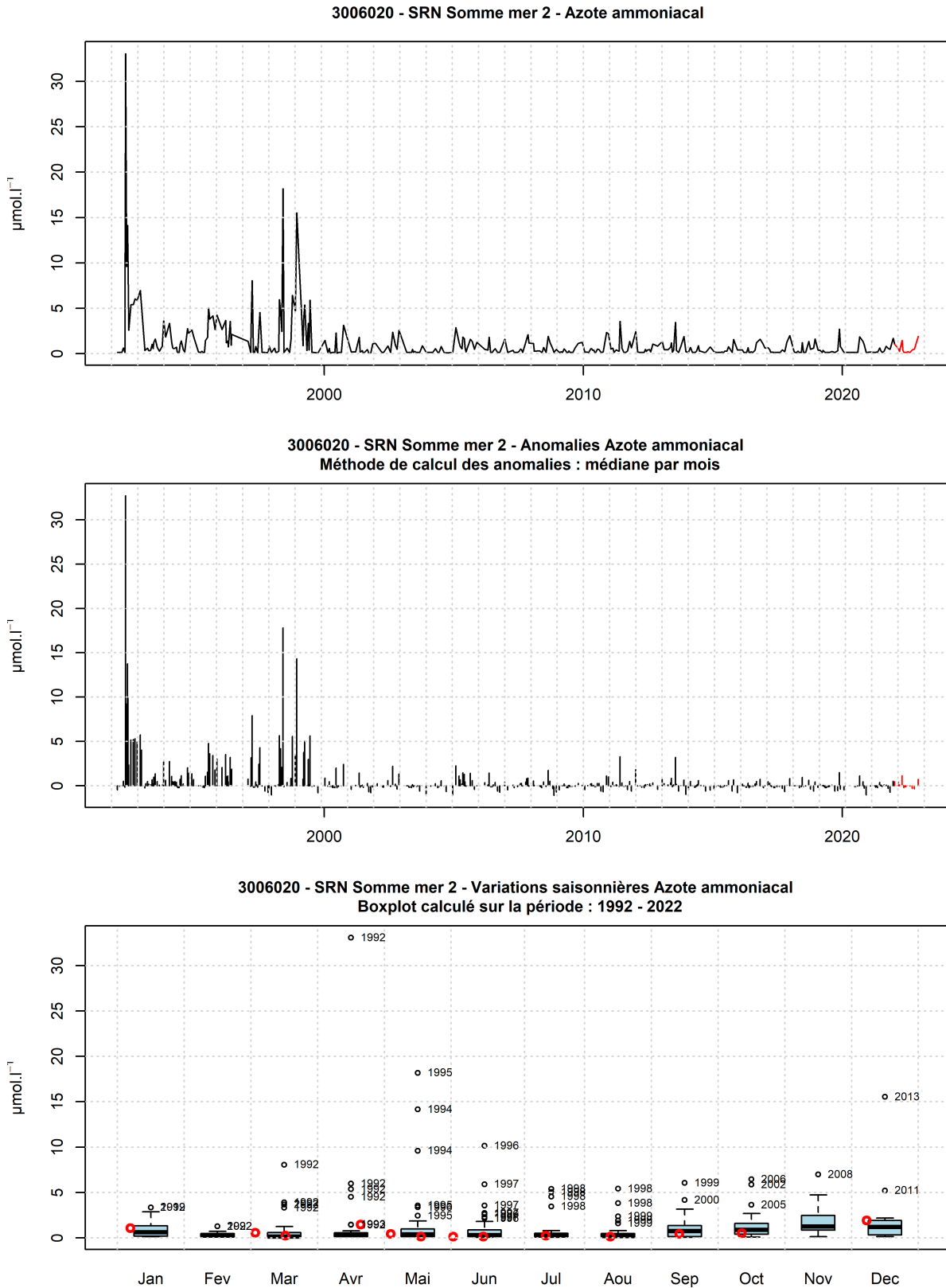


FIGURE 104 – Evolution temporelle de la concentration en ammonium ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.7 Nitrite + Nitrate

De 1992 à 2021, la concentration en nitrite + nitrate était comprise entre 0.03 et 133.9 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en nitrite + nitrate des quatre points de la radiale sur cette période sont 11.99; 18.22; 14.15 et 9.33 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 60).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1997, 2017, 2019, 2021 (1992, 1994, 1995, 2000, 2002, 2008, 2012, 2014, 2016) (Figures 105 à 108).

TABLEAU 60 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite + nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.1	1.7	6.85	11.99	12.53	19.38	56.86	446
Bif	0.15	3.47	13.2	18.22	18.47	28.1	133.9	414
Mimer	0.15	2.57	9.28	14.15	13.7	22.83	64.23	340
SRN Somme mer 2	0.03	0.71	4.09	9.33	11.04	15.88	51.48	388

TABLEAU 61 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en nitrite + nitrate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.27	1.04	3.45	11.22	14.13	24.98	42.6	20
Bif	0.23	2.6	7	14.76	16.88	31.5	47.8	13
Mimer	0.15	2.54	6.76	13.78	15.94	26.49	46.66	13
SRN Somme mer 2	0.15	0.32	1.22	9.38	13.51	19.85	38.6	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.15 et 47.8 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 14.76, 13.78, 11.22 et 9.38 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 60 et 61).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -5.19 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en janvier et -0.13 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en août (Annexe 1).

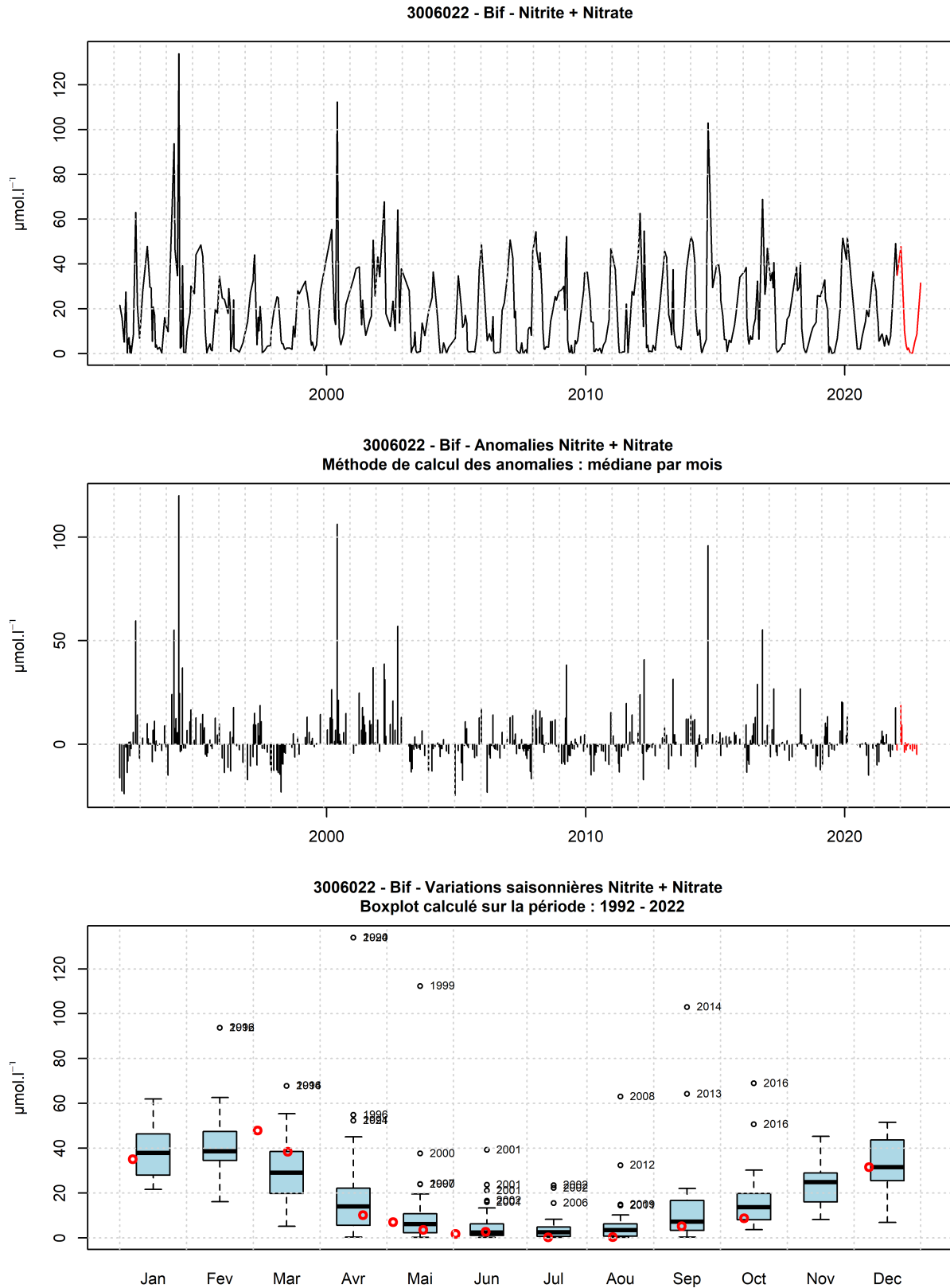


FIGURE 105 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

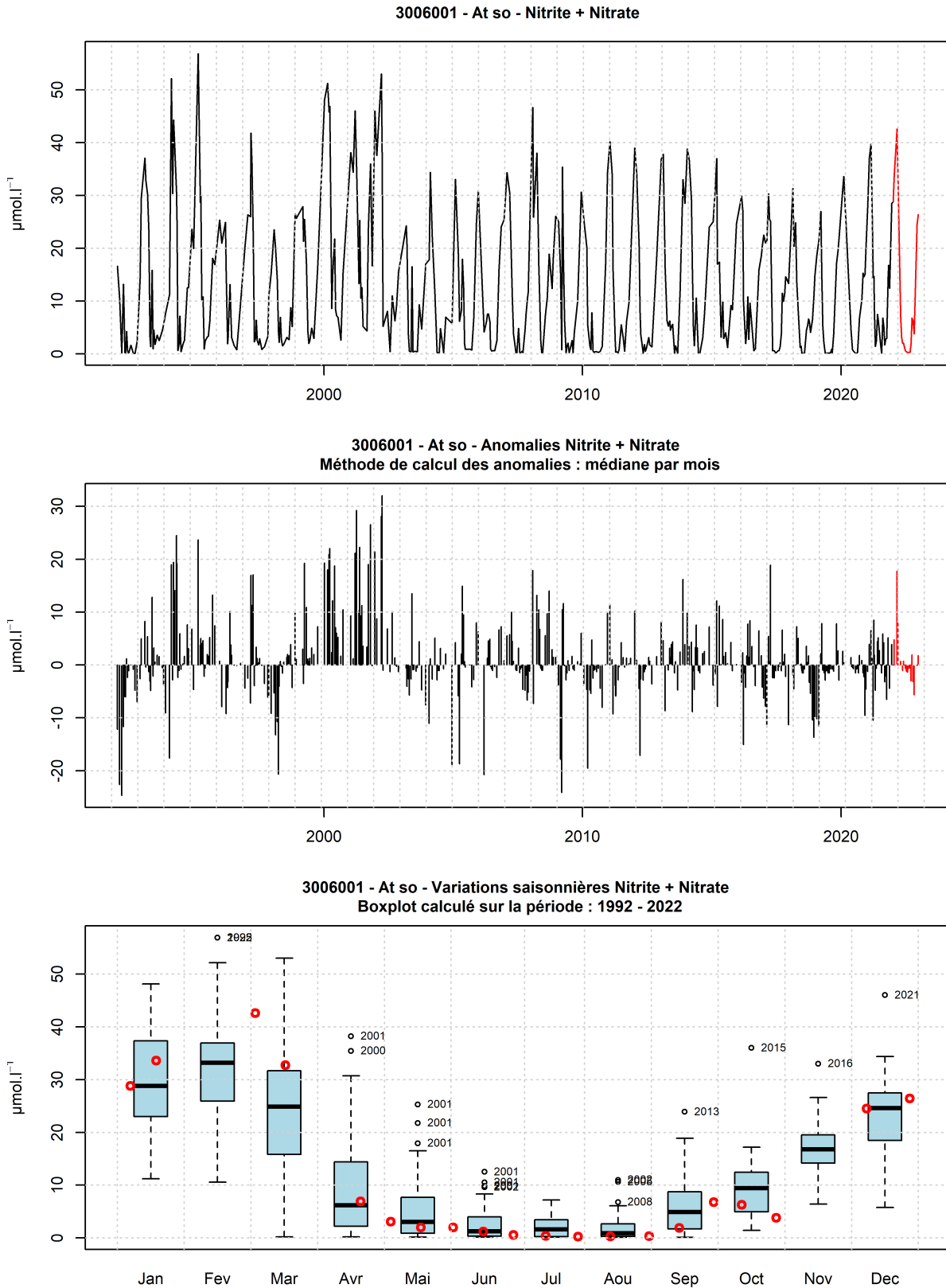


FIGURE 106 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'At so' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

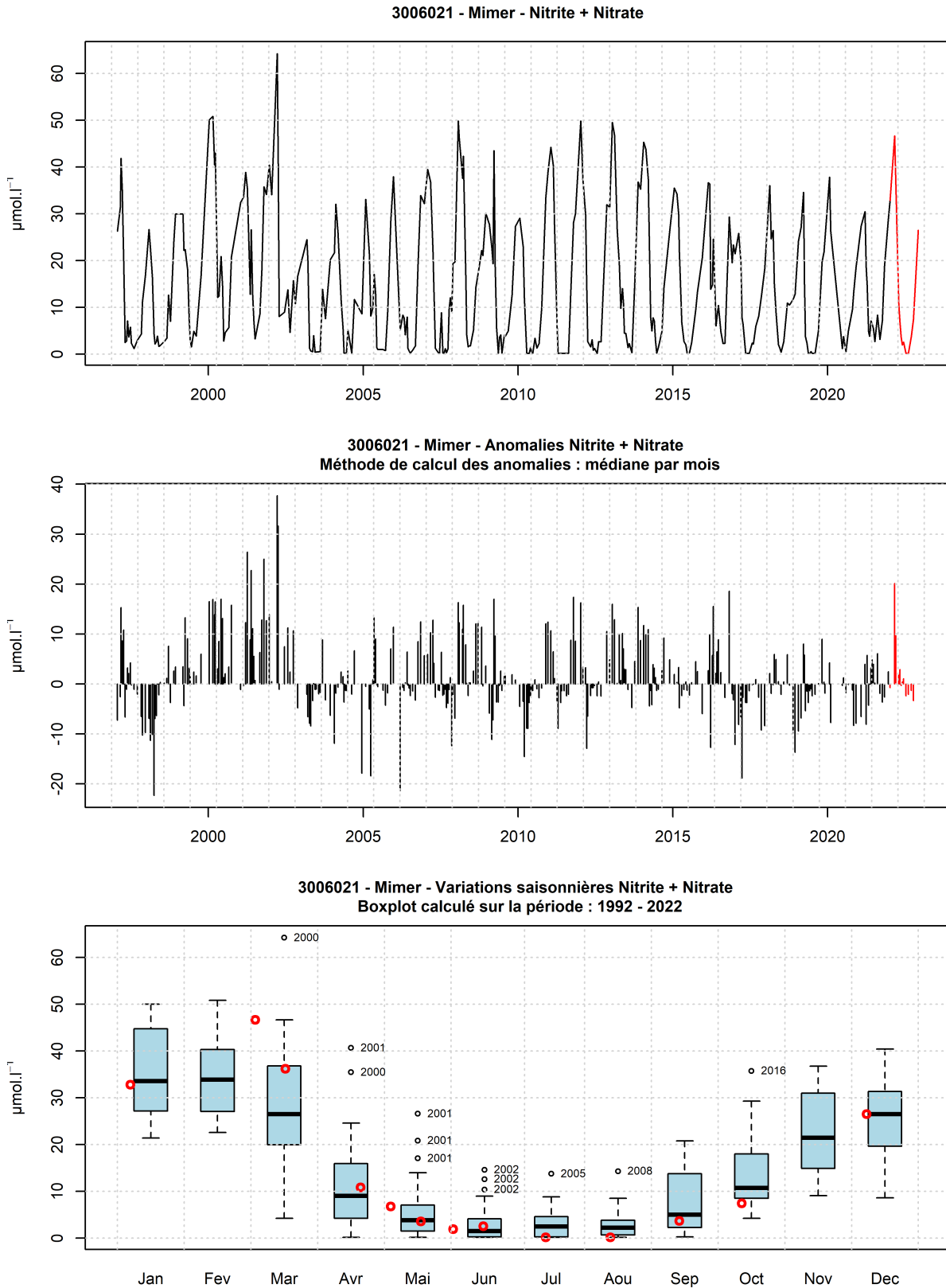


FIGURE 107 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Mimer' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

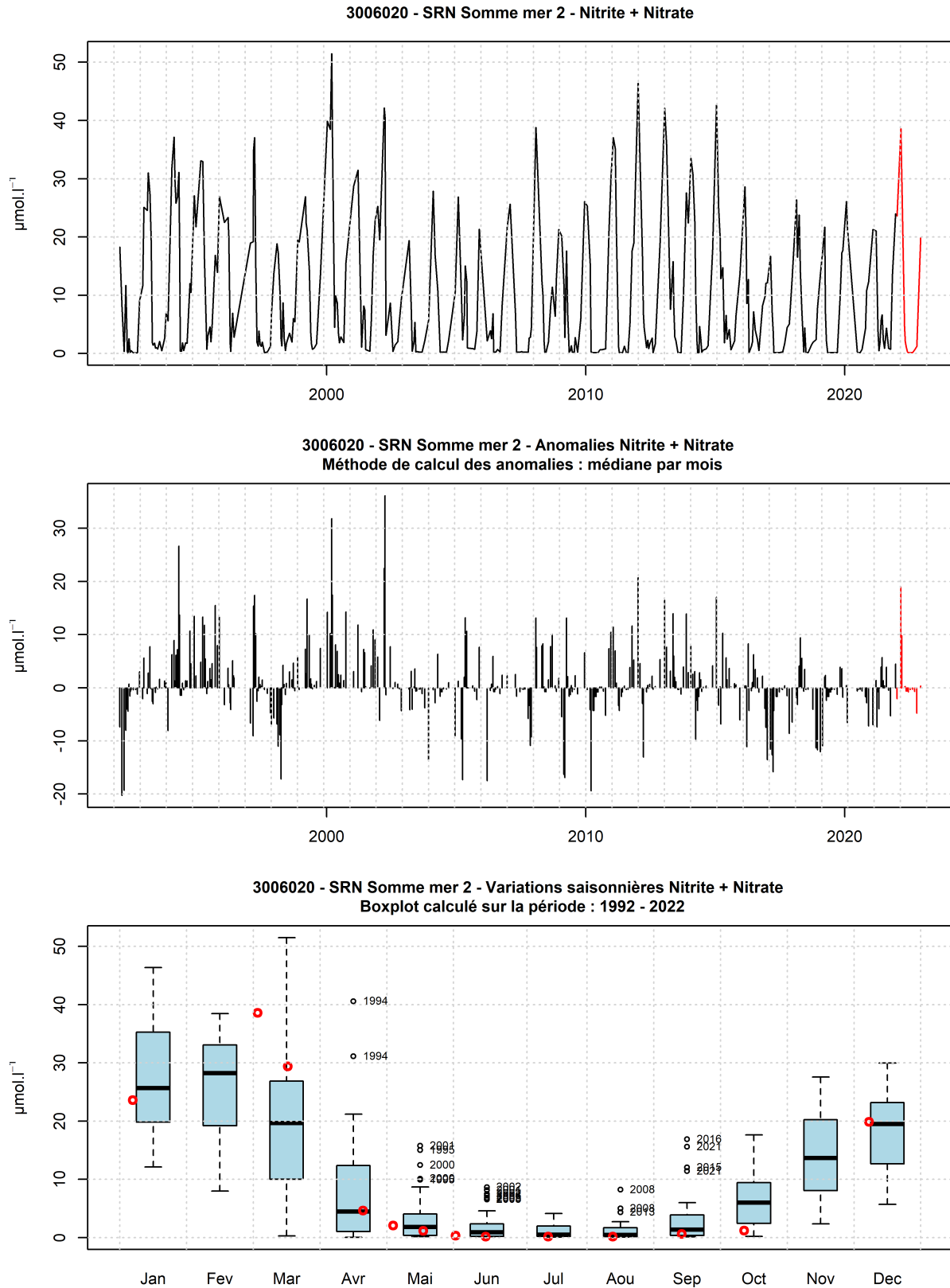


FIGURE 108 – Evolution temporelle de la concentration en nitrates + nitrites ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.8 Phosphate

De 1992 à 2021, la concentration en phosphate était comprise entre 0.02 et 31.5 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en phosphate moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 0.41 ; 0.82 ; 0.56 et 0.42 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 62).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1995, 1996, 2000 (1992, 1993, 2008) (Figures 109 à 112).

TABLEAU 62 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.03	0.14	0.27	0.41	0.39	0.6	3.03	447
Bif	0.02	0.19	0.37	0.82	2.25	0.77	31.5	410
Mimer	0.03	0.2	0.42	0.56	0.52	0.78	4.73	340
SRN Somme mer 2	0.03	0.1	0.27	0.42	0.45	0.62	3.32	391

TABLEAU 63 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.14	0.21	0.25	0.37	0.23	0.56	0.77	20
Bif	0.19	0.23	0.3	0.41	0.23	0.51	0.83	13
Mimer	0.13	0.28	0.46	0.53	0.33	0.64	1.19	13
SRN Somme mer 2	0.05	0.16	0.19	0.36	0.29	0.54	0.91	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.05 et 1.19 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 0.41, 0.53, 0.37 et 0.36 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 62 et 63).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -0.12 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en août et 0.15 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mars (Annexe 1).

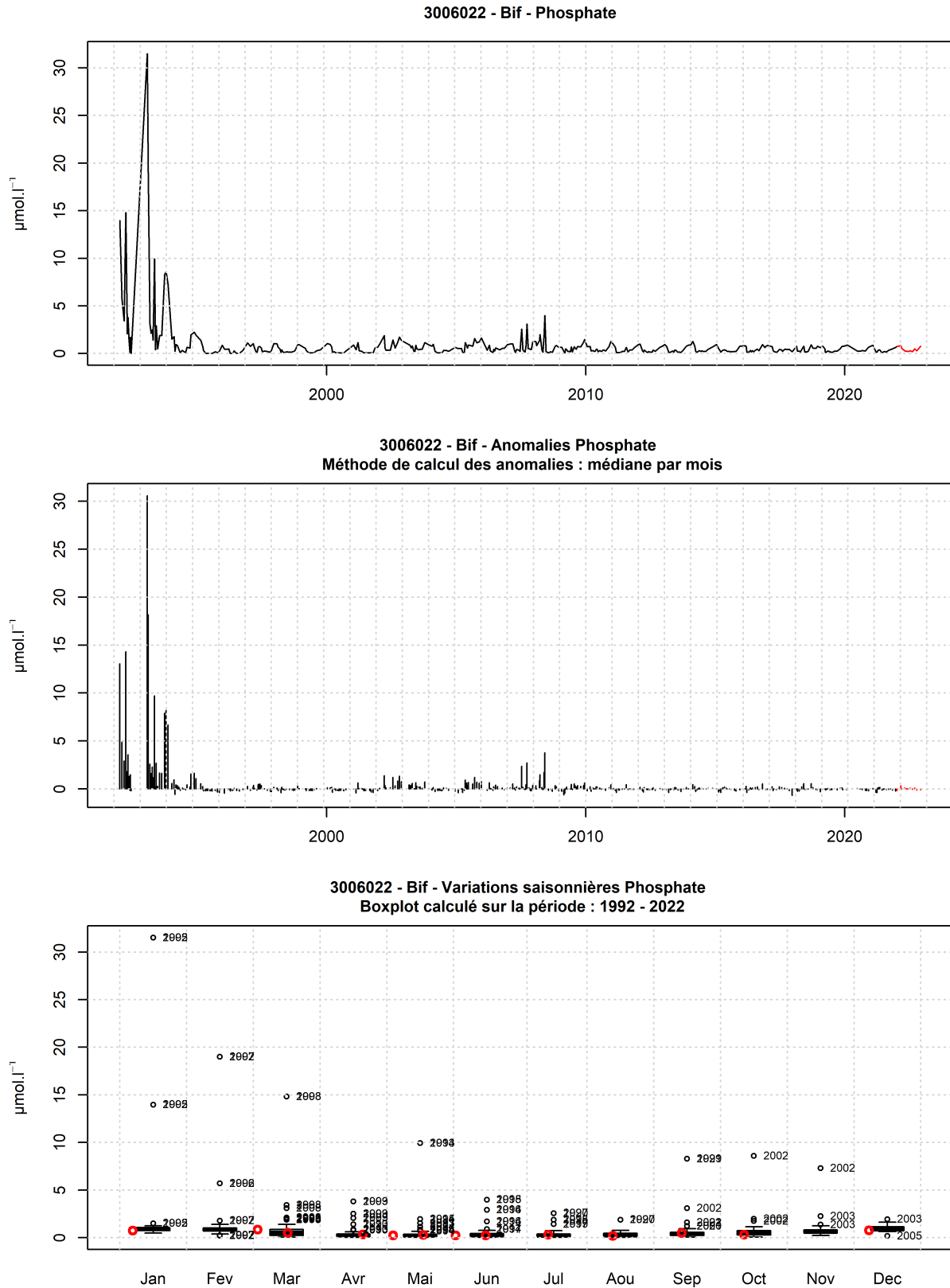


FIGURE 109 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

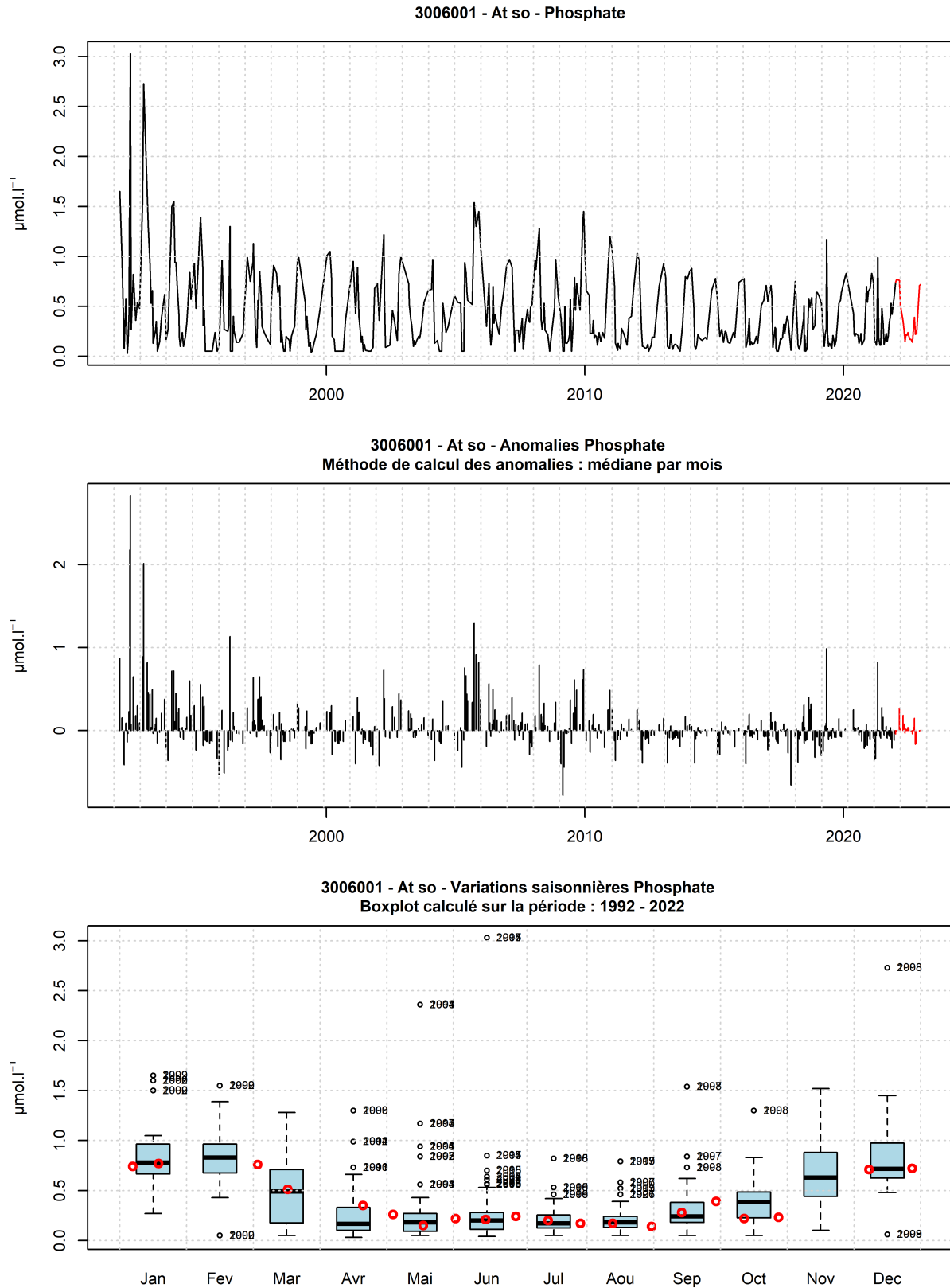


FIGURE 110 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

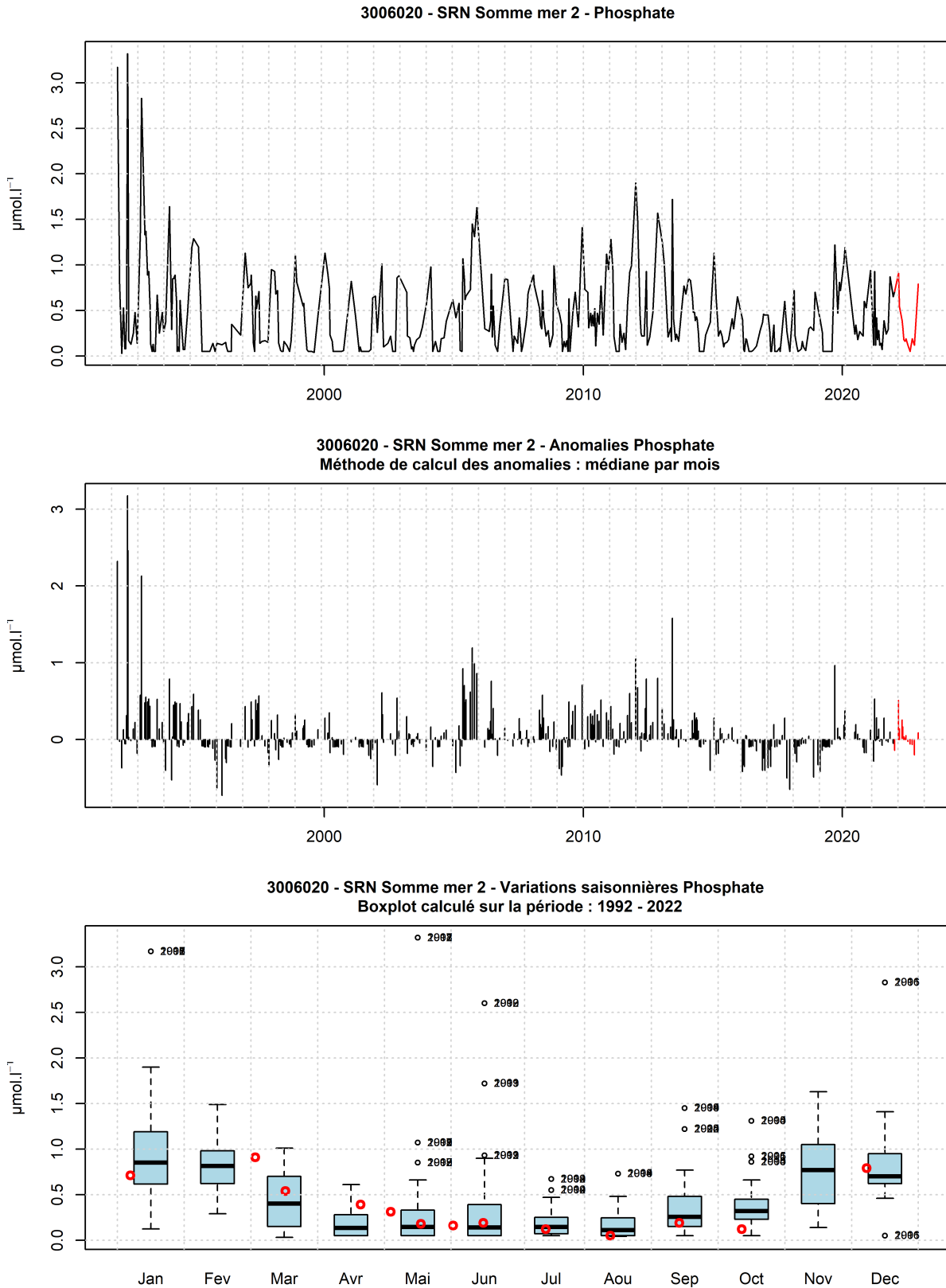


FIGURE 112 – Evolution temporelle de la concentration en phosphate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.9 Silicate

De 1992 à 2021, la concentration en silicate était comprise entre 0.06 et 108.78 $\mu\text{mol.l}^{-1}$. Les concentrations en silicate moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 6.1 ; 8.64 ; 7.21 et 4.32 $\mu\text{mol.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 64).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1993 (1994, 2001, 2002, 2005, 2007, 2012, 2013, 2014, 2016, 2019) (Figures 113 à 116).

TABLEAU 64 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.06	1.1	3.5	6.1	6.54	10.01	41	446
Bif	0.09	1.81	4.4	8.64	10.31	12.96	108.78	414
Mimer	0.1	1.46	4.57	7.21	7.15	11.73	32.1	340
SRN Somme mer 2	0.06	0.58	2	4.32	5.36	6.47	45.78	391

TABLEAU 65 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.49	1.52	5.5	7.53	7.08	14.12	19.5	18
Bif	0.84	2.33	6.6	9.15	8.28	15.15	21.6	12
Mimer	0.21	1.58	3.22	7.6	7.87	10.27	21.42	13
SRN Somme mer 2	0.11	0.6	1.39	4.62	5.65	8.5	16.99	13

En 2022, les valeurs se situent entre 0.11 et 21.6 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 9.15, 7.6, 7.53 et 4.62 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 64 et 65).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -6.14 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en janvier et 0.65 $\mu\text{mol.l}^{-1}$ en mai (Annexe 1).

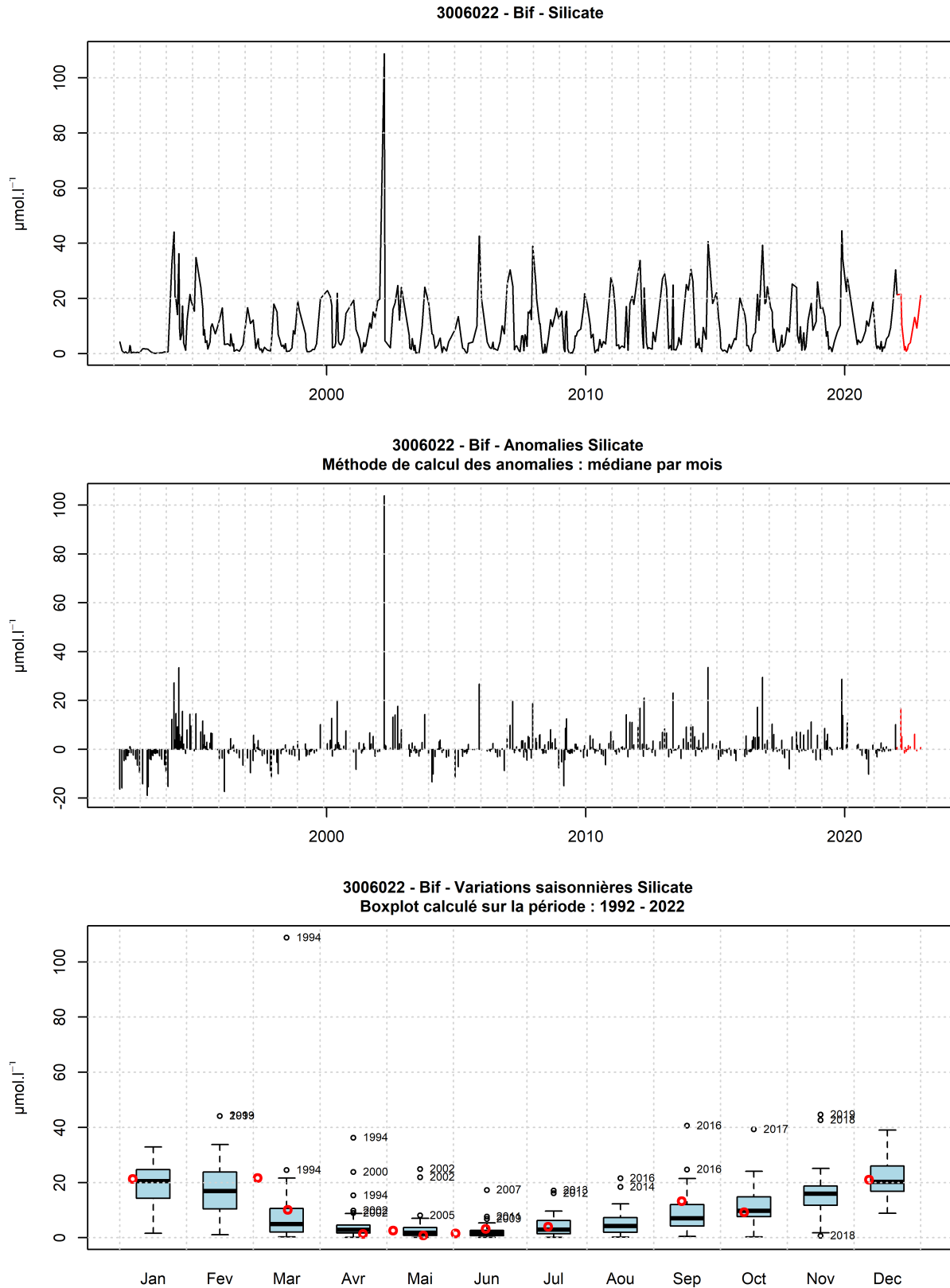


FIGURE 113 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

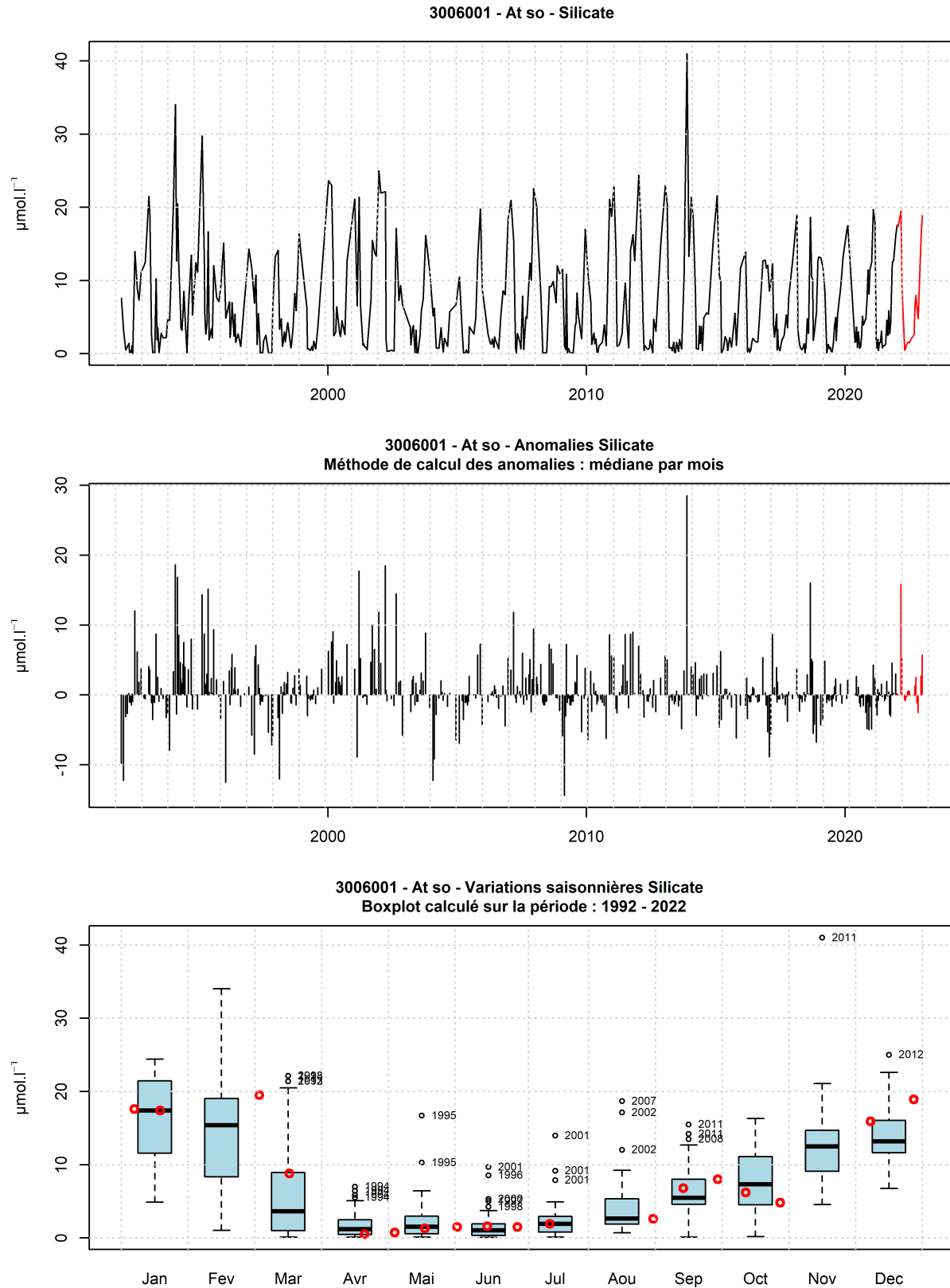


FIGURE 114 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

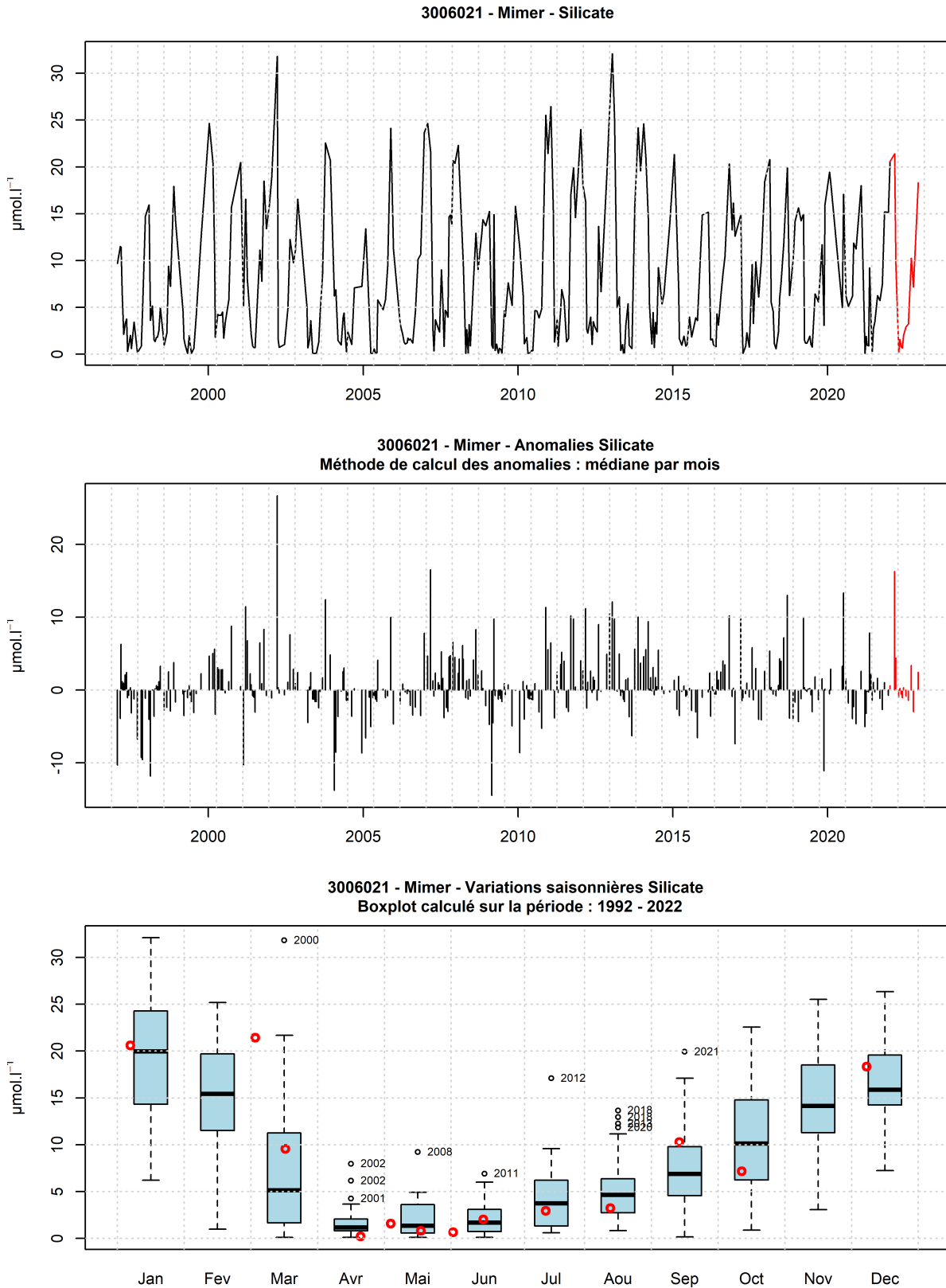


FIGURE 115 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'Mimer' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

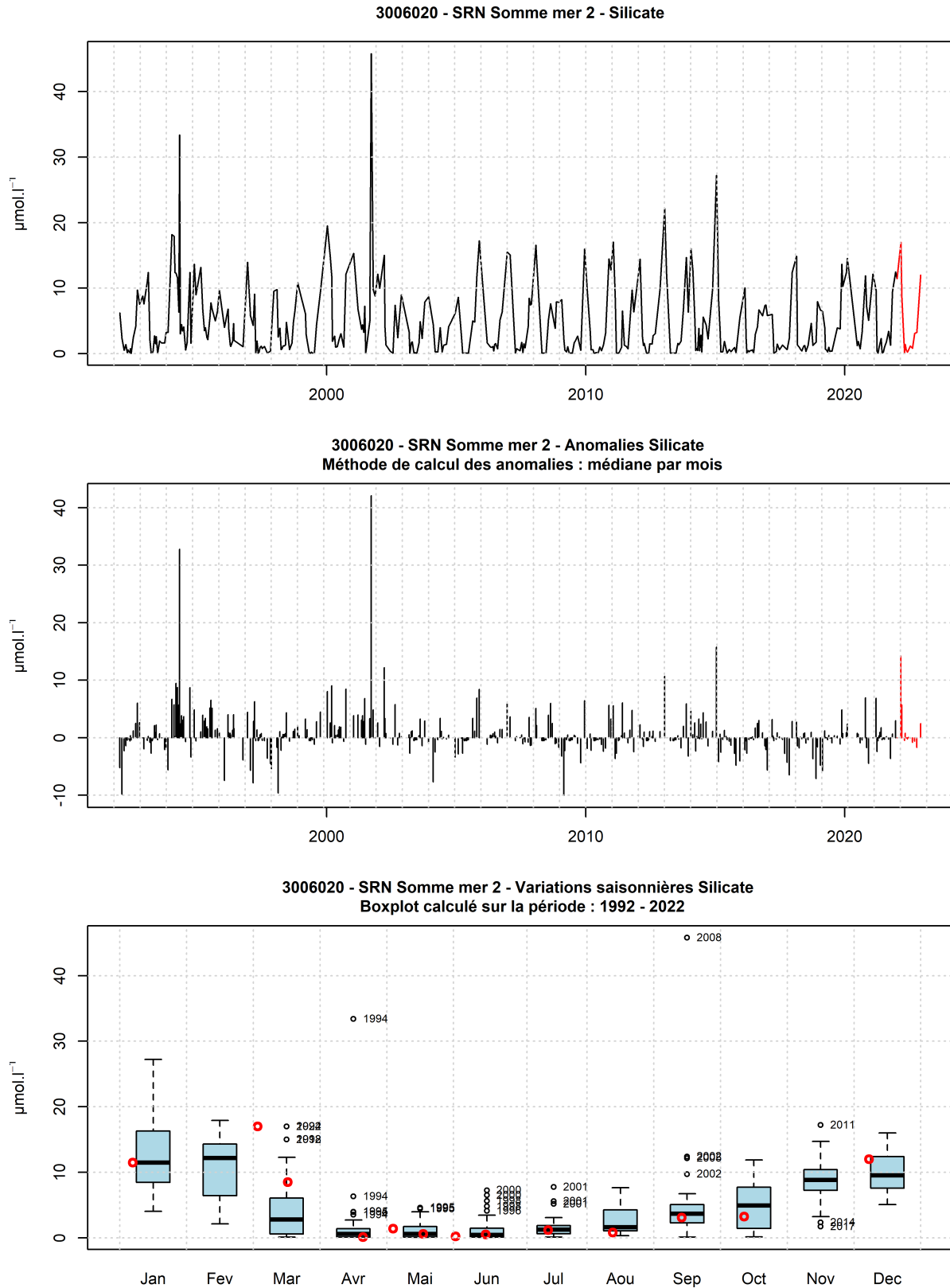


FIGURE 116 – Evolution temporelle de la concentration en silicate ($\mu\text{mol.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.10 Oxygène dissous

De 1992 à 2021, la concentration en oxygène dissous était comprise entre 4.06 et 13.98 mg.l⁻¹. Les concentrations en oxygène moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 9.24; 9.53; 9.34 et 9.48 mg.l⁻¹, de la côte au large (Tableau 66).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 2008, 2018, 2022 (2007, 2012) (Figures 117 à 120).

TABLEAU 66 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en oxygène dissous (mg.l-1) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	4.06	8.2	9.01	9.24	1.39	9.98	13.98	237
Bif	7.39	8.69	9.48	9.53	1.22	10.31	12.67	176
Mimer	7.12	8.28	9.31	9.34	1.15	10.08	11.9	102
SRN Somme mer 2	7.21	8.57	9.41	9.48	1.2	10.26	12.28	105

TABLEAU 67 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en oxygène dissous (mg.l-1) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	7.16	7.91	8.17	8.74	1.34	9.7	11.6	19
Bif	7.04	7.67	8.77	8.85	1.31	10.02	10.9	12
Mimer	7.04	7.61	8.75	8.8	1.29	9.8	10.85	12
SRN Somme mer 2	7.17	7.69	8.72	8.82	1.3	9.79	11.08	12

En 2022, les valeurs se situent entre 7.04 et 11.6 mg.l⁻¹ et les moyennes sont égales à 8.85, 8.8, 8.74 et 8.82 mg.l⁻¹ de la côte au large (Tableaux 66 et 67).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -0.22 mg.l⁻¹ en octobre et 0.23 mg.l⁻¹ en juillet (Annexe 1).

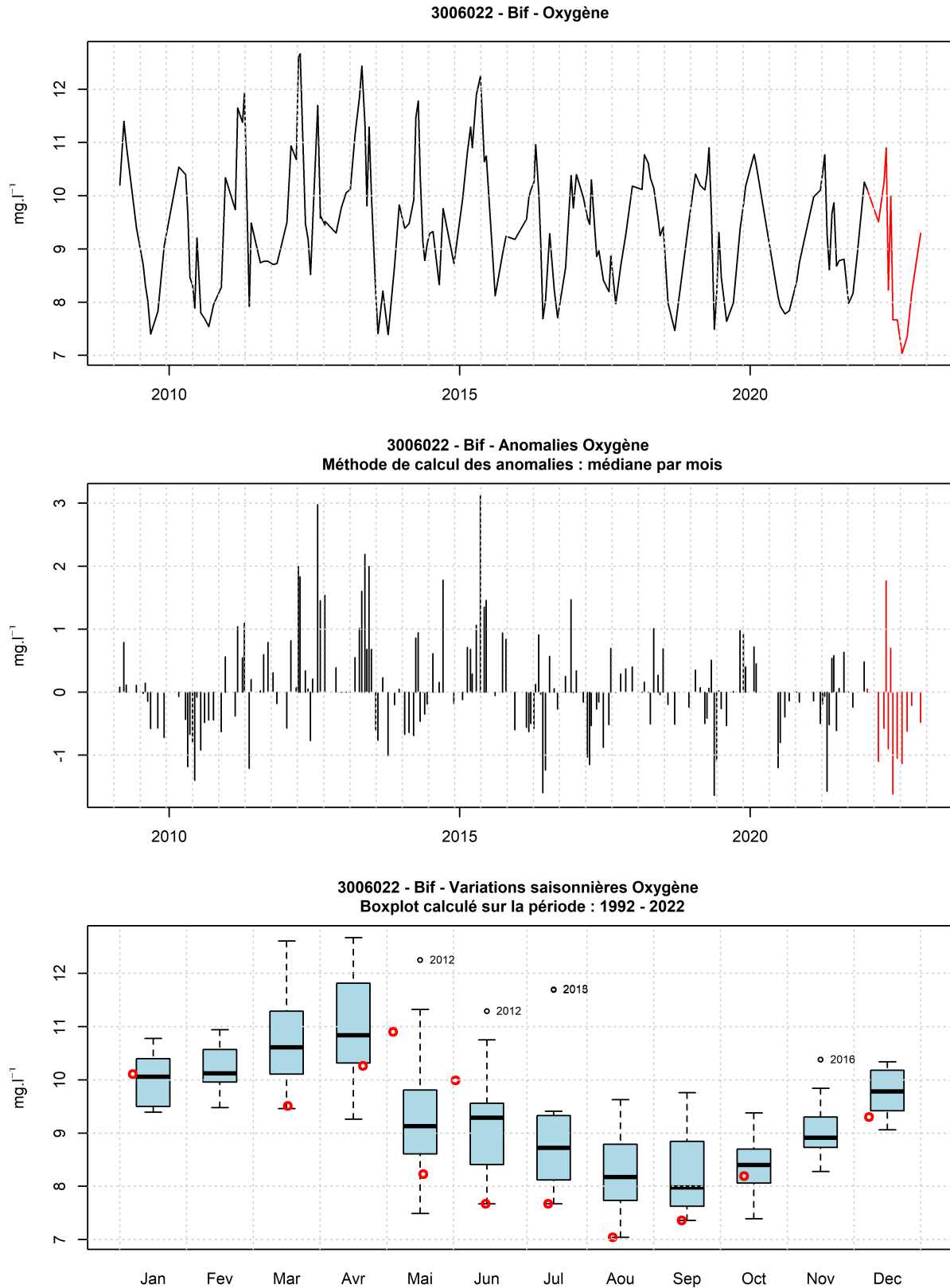


FIGURE 117 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

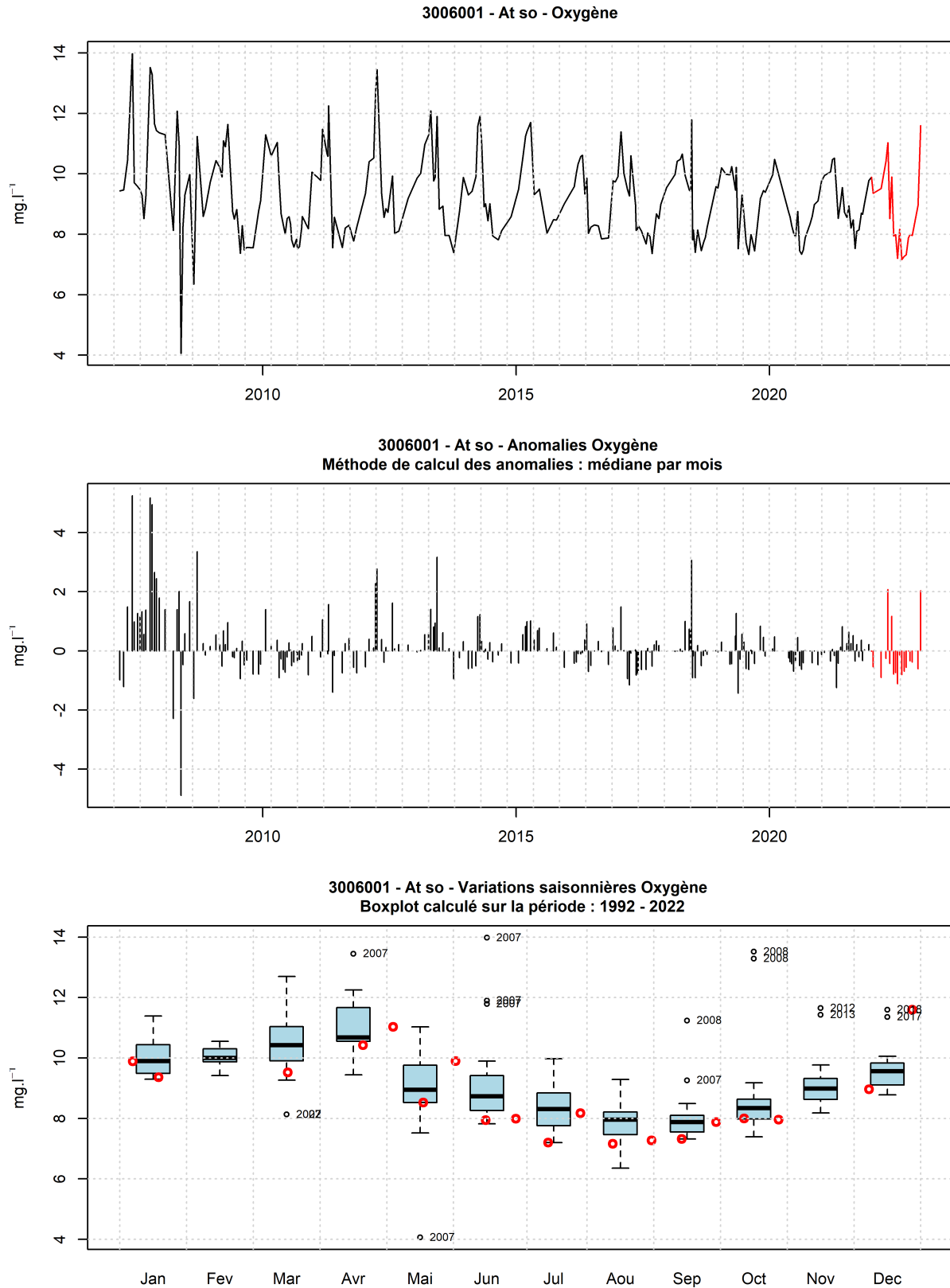


FIGURE 118 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘At so’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

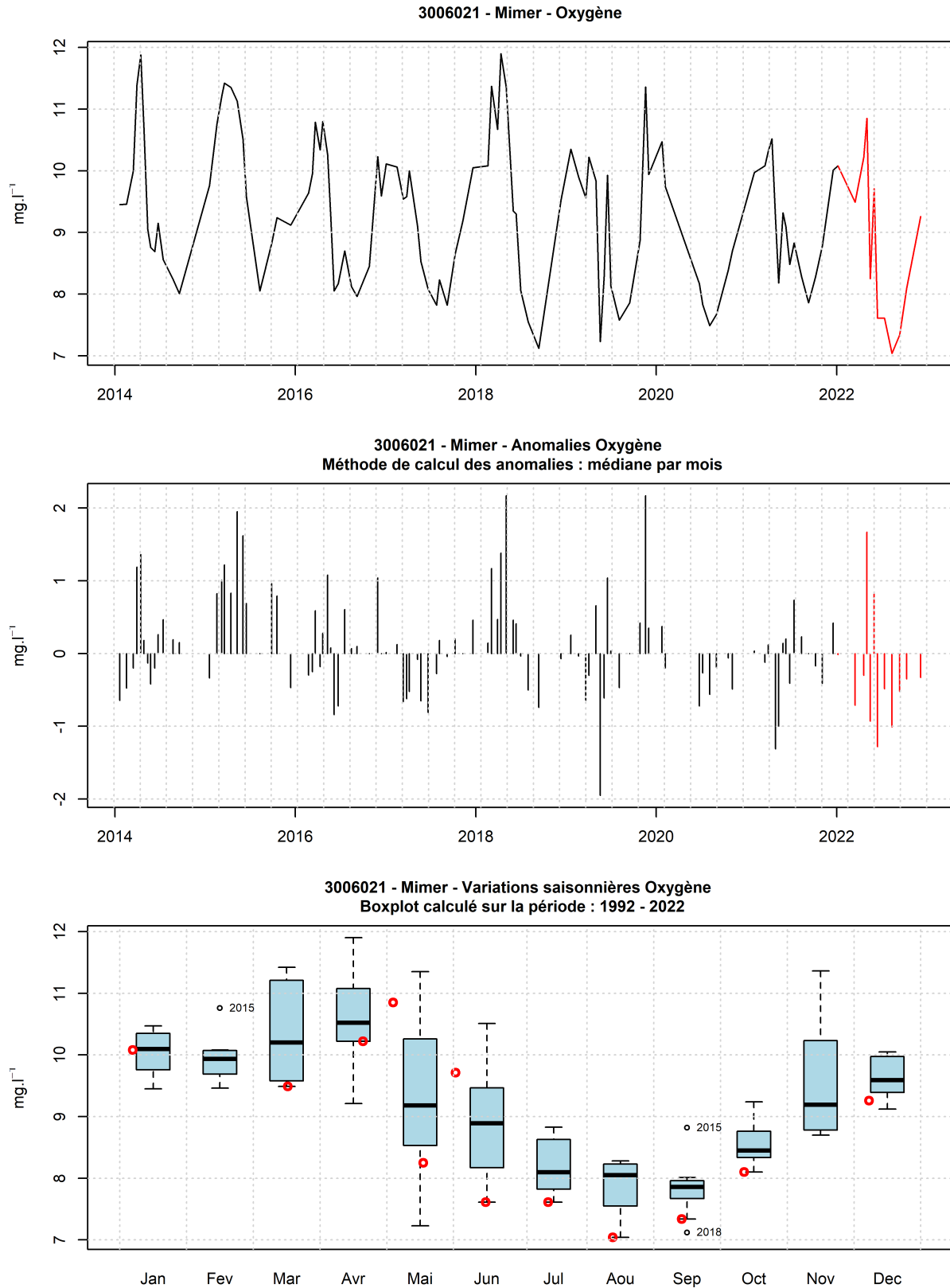


FIGURE 119 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l^{-1}), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Mimer’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

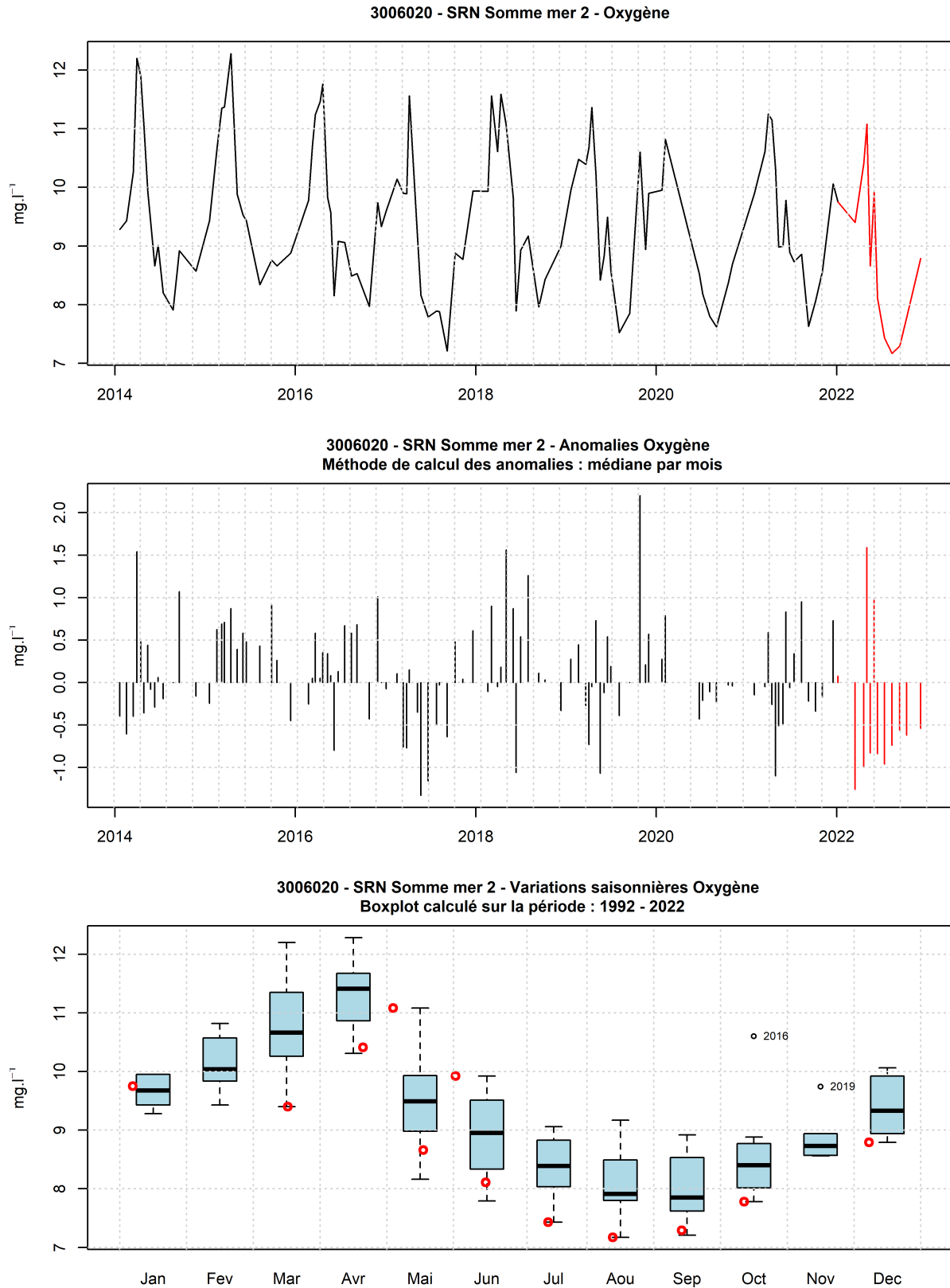


FIGURE 120 – Evolution temporelle de l’oxygène dissous (mg.l⁻¹), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.1.3.11 Limitation par les nutriments

Les Figures 121 à 124 représentent l'évolution temporelle des éléments nutritifs potentiellement limitants le long de la radiale Baie de Somme. Les figures délimitent six zones qui définissent, par ordre de priorité, l'élément qui limite majoritairement la croissance des algues au point considéré. En effet, les changements de concentrations en nutriments induisent des changements des rapports stœchiométriques.

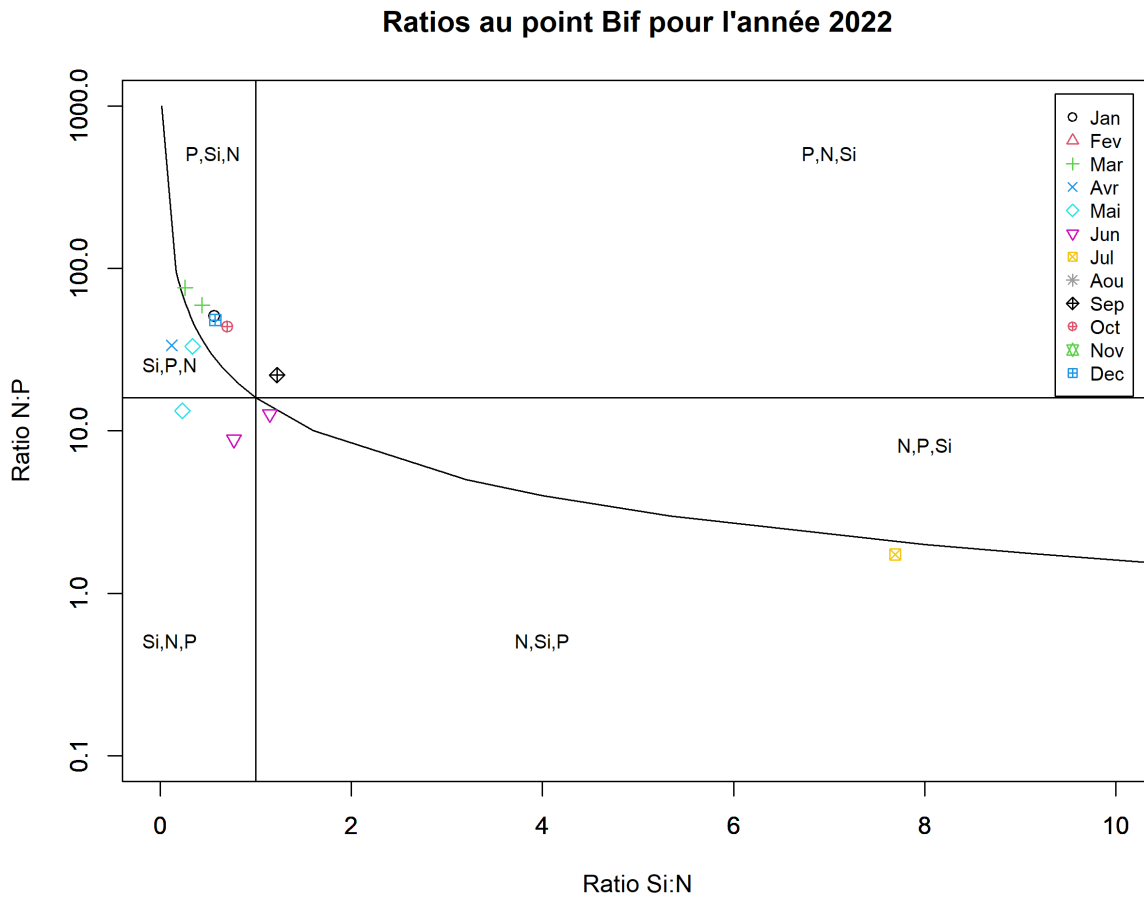


FIGURE 121 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 'Bif' de la radiale de la Baie de Somme en 2022

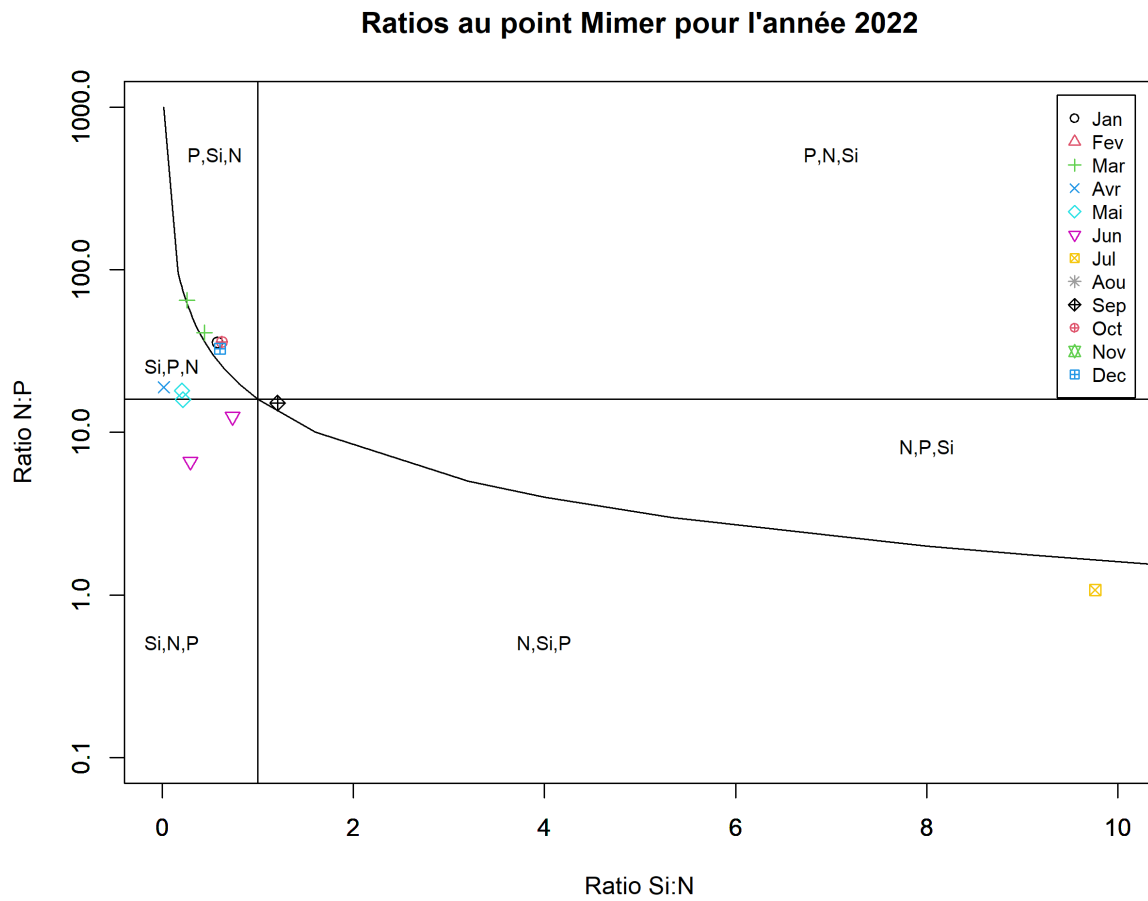


FIGURE 122 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point ‘Mimer’ de la radiale de la Baie de Somme en 2022

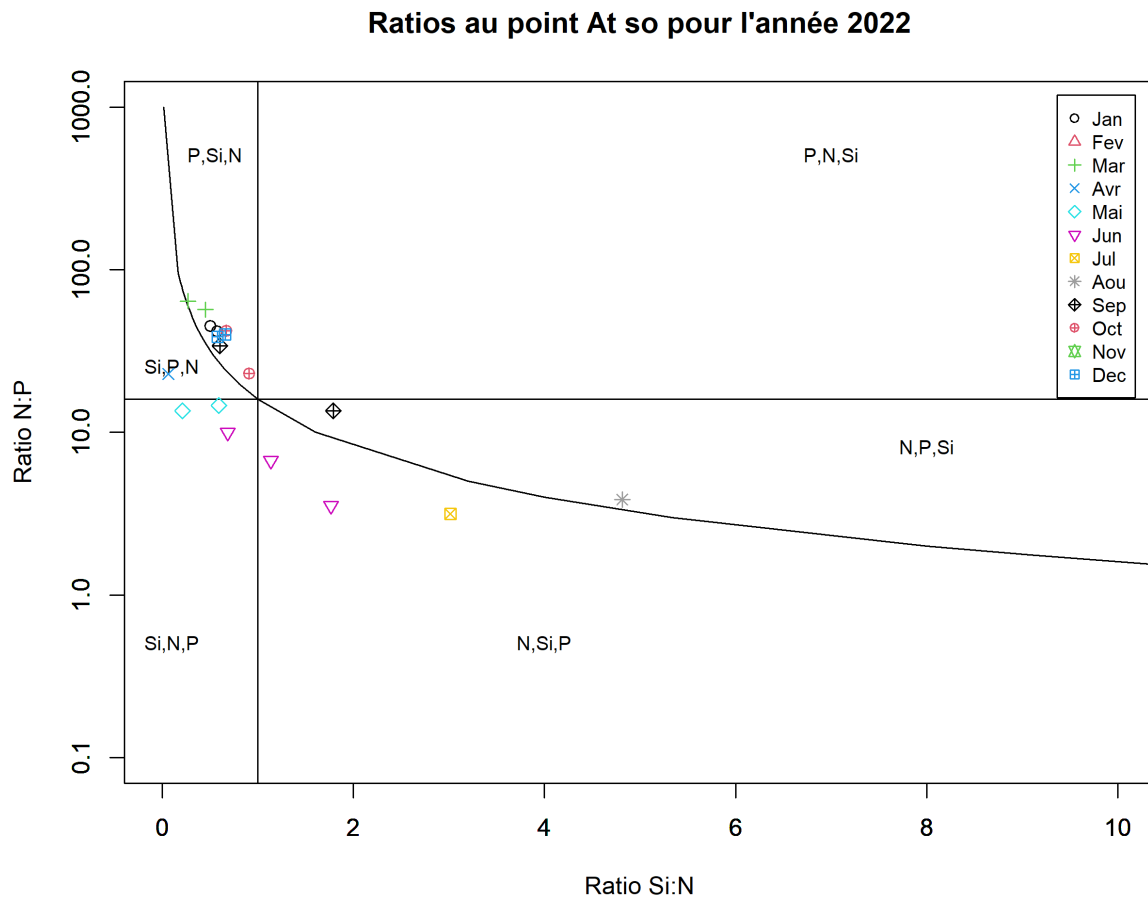


FIGURE 123 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point 'At so' de la radiale de la Baie de Somme en 2022

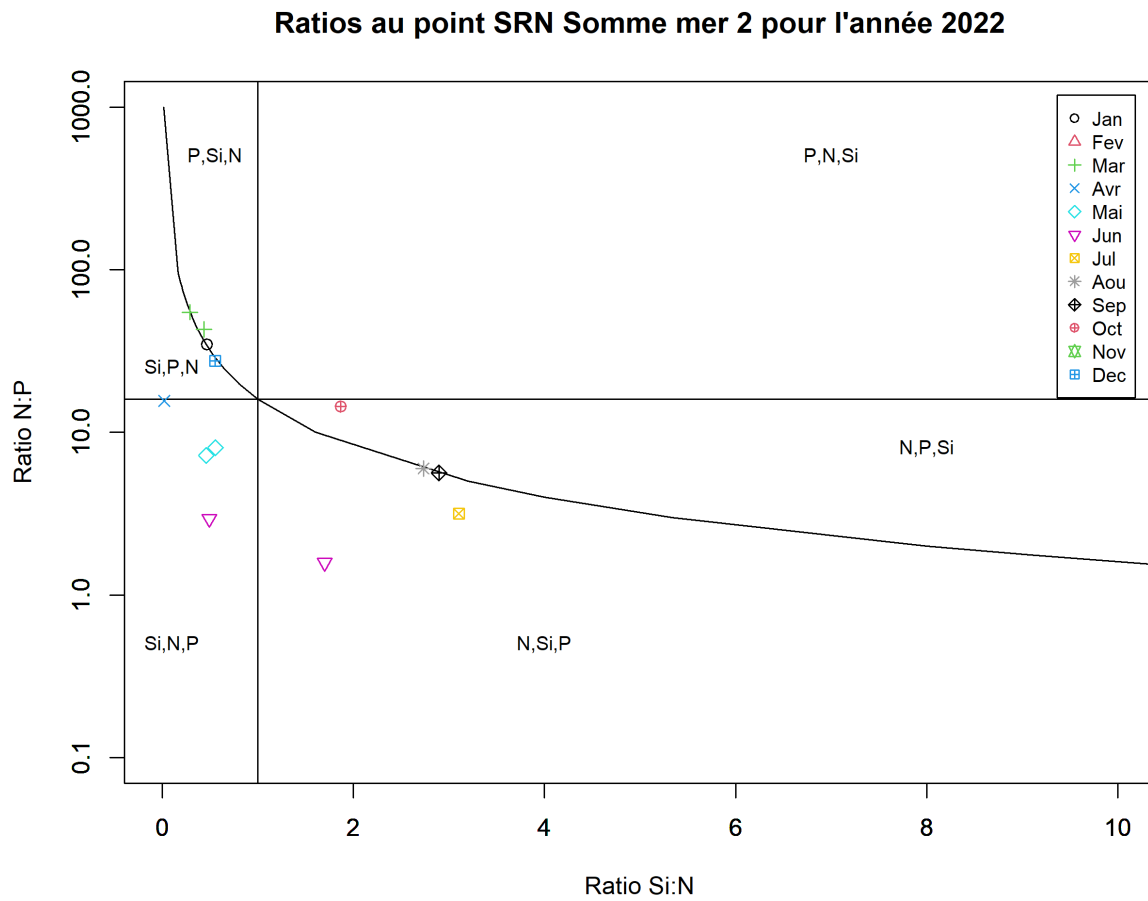


FIGURE 124 – Évolution temporelle des rapports stœchiométriques définissant les éléments nutritifs potentiellement limitants au point ‘Mer 2’ de la radiale de la Baie de Somme en 2022

3.1.3.12 Chlorophylle-a

De 1992 à 2021, la concentration en chlorophylle-*a* était comprise entre 0.05 et 128.16 $\mu\text{g.l}^{-1}$. Les concentrations en chlorophylle-*a* moyennes des quatre points de la radiale sur cette période sont 8.2 ; 17.08 ; 12.82 et 6.15 $\mu\text{g.l}^{-1}$, de la côte au large (Tableau 68).

Les valeurs extrêmes inférieures (et supérieures) ont été observées au cours des années : 1992, 1994, 1995, 2002 (1996, 1998, 2000, 2001, 2008, 2009, 2011, 2015, 2017, 2018) (Figures 125 à 128).

TABLEAU 68 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme sur la période 1992 à 2021.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	0.21	2.99	5.77	8.2	7.72	10.65	58.53	456
Bif	0.32	4.67	11.91	17.08	18.34	21.29	128.16	414
Mimer	0.19	3.95	8.48	12.82	13.5	16.97	88.17	339
SRN Somme mer 2	0.05	2.37	4.65	6.15	5.41	8.51	34.6	390

TABLEAU 69 – Paramètres de tendance centrale et de dispersion pour la concentration en chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$) pour la radiale de la Baie de Somme en 2022.

	Min	Q1	Médiane	Moyenne	Ecart-type	Q3	Max	n
At so	1.44	2.28	5	6.1	4.48	7.26	15.51	20
Bif	1.6	3.26	6.25	8.25	6.87	12.87	23.79	13
Mimer	1.44	3.44	4.93	8.09	7.39	11.43	27.15	13
SRN Somme mer 2	1.56	1.88	4.36	5.51	3.98	7.69	12.74	13

En 2022, les valeurs se situent entre 1.44 et 27.15 $\mu\text{g.l}^{-1}$ et les moyennes sont égales à 8.25, 8.09, 6.1 et 5.51 $\mu\text{g.l}^{-1}$ de la côte au large (Tableaux 68 et 69).

Le gradient côte-large traduit la différence des valeurs entre le point le plus proche de la côte et celui le plus éloigné de celle-ci. Sur la radiale de la Baie de Somme, en 2022, celui-ci est compris entre -4.03 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en mai et 1.07 $\mu\text{g.l}^{-1}$ en septembre (Annexe 1).

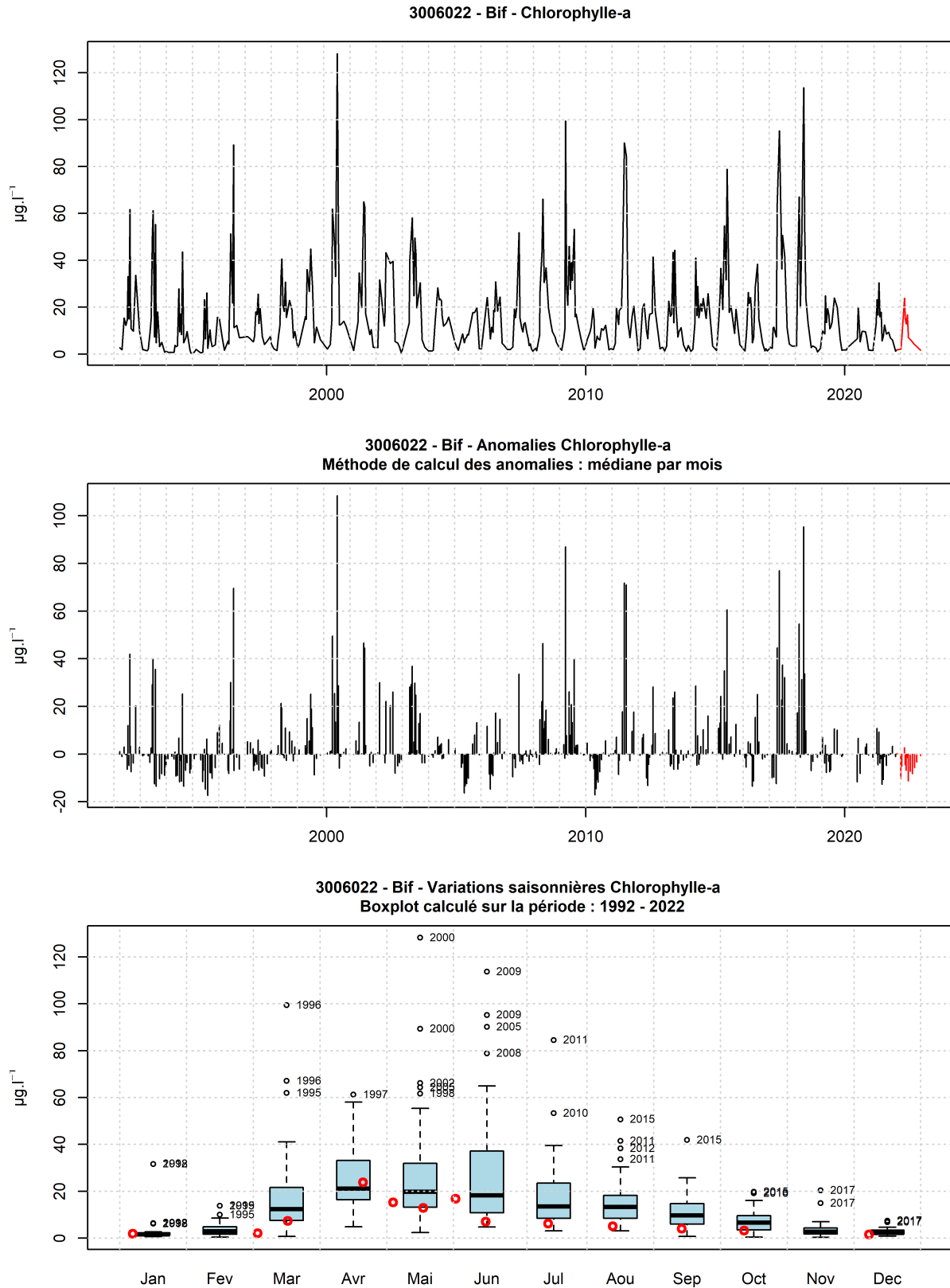


FIGURE 125 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Bif’ de la radiale de la Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

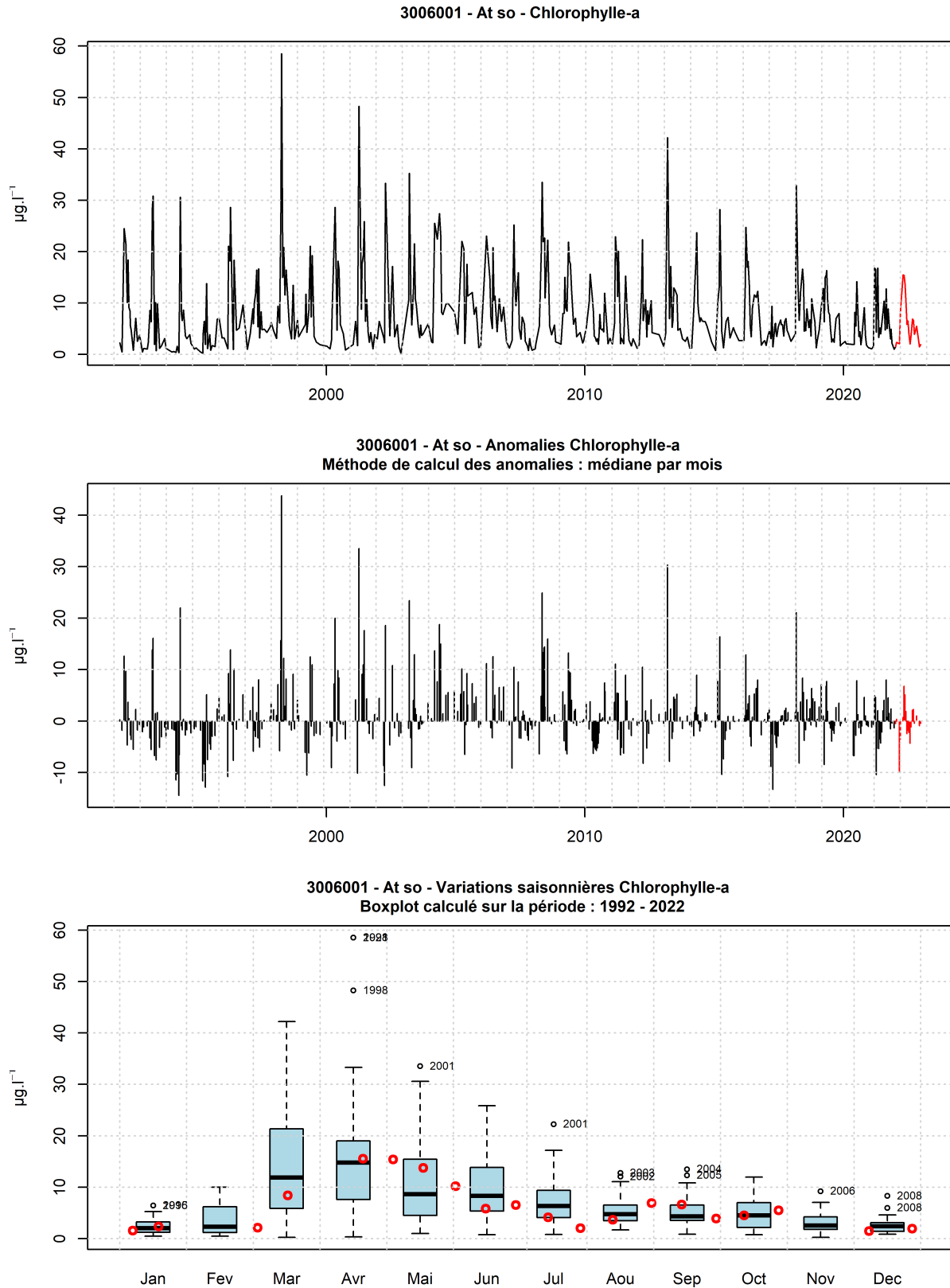


FIGURE 126 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point 'At so' de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

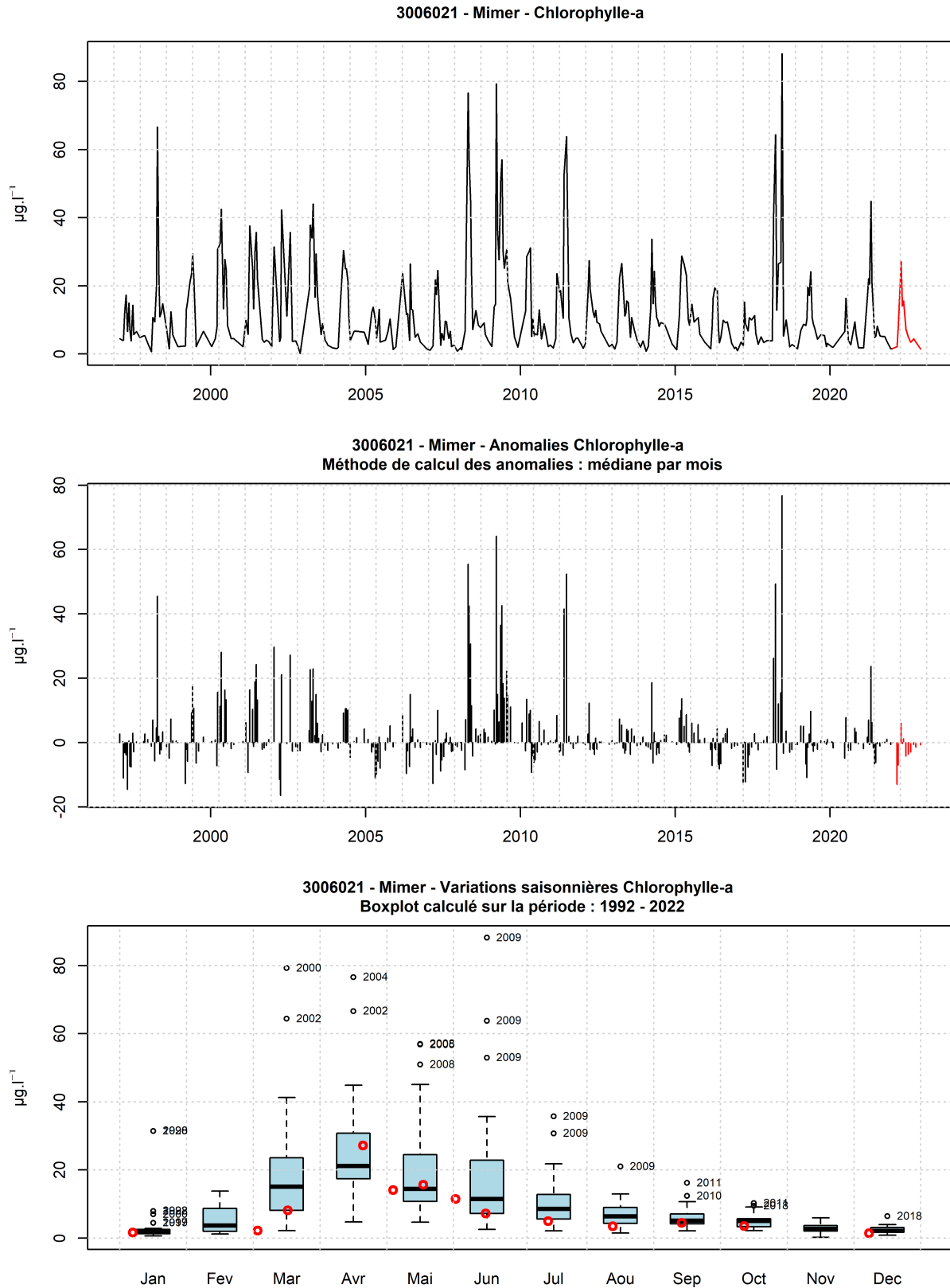


FIGURE 127 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘Mimer’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

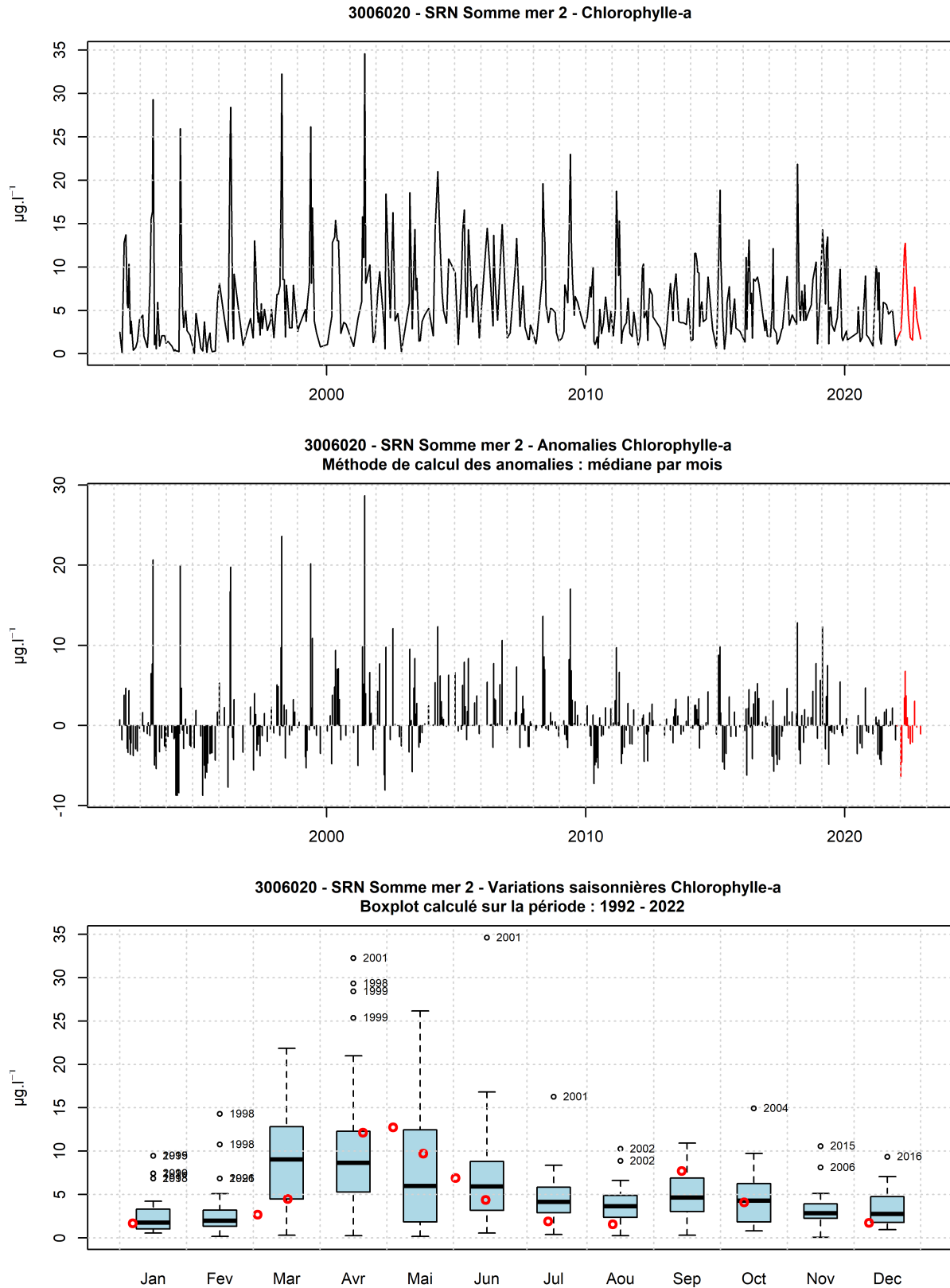


FIGURE 128 – Evolution temporelle de la chlorophylle-a ($\mu\text{g.l}^{-1}$), des anomalies (écart à la moyenne mensuel) et boîtes de dispersions pour le point ‘SRN Somme mer 2’ de la radiale de Baie de Somme et pour la période 1992-2022 (année 2022 en rouge)

3.2 Paramètres biologiques

3.2.1 Le phytoplancton

Le risque environnemental provoqué par la prolifération de certaines espèces d'algues microscopiques est à l'origine de la mise en veille de certaines masses d'eau marines côtières. On observe, au cours de l'année, des apparitions des blooms sans qu'on en soit capable d'en prédire la date ni la durée. Il existe environ 4 000 espèces phytoplanctoniques dans le monde ; certaines d'entre elles (environ 250) peuvent proliférer de façon importante en formant des eaux rouges, brunes ou vertes. D'autres espèces (environ 70) sont toxiques, mais la plupart d'entre elles sont totalement inoffensives. Parmi les espèces toxiques, certaines contiennent des toxines dangereuses pour l'homme, les coquillages ou les poissons. Face à ces menaces, il est important de procéder à des observations régulières pour mieux suivre la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques dans les eaux marines. C'est donc en raison du risque pour la santé publique qu'un réseau de surveillance du phytoplancton (REPHY) fonctionne depuis 1984 sur tout le littoral français. Le S.R.N (Suivi Régional des Nutriments) complète ce réseau vers le large.

Le phytoplancton est le premier maillon de la chaîne alimentaire puisqu'il se situe à la base d'un ensemble d'interactions qui structurent un réseau trophique. Sa présence dans un milieu est fonction de la disponibilité en nutriment et aussi la présence de facteurs physiques favorables à son développement (température, éclairage, turbulence, turbidité des masses d'eau, etc.). La production primaire est le processus par lequel les algues microplanctoniques transforment la matière minérale en matière organique nécessaire pour leur croissance. En effet, dans les conditions normales d'abondance en éléments nutritifs : allongement des jours d'éclairage et de réchauffement progressif des masses d'eau, la croissance du phytoplancton se fait de façon optimale. Au cours des périodes post-automnales, la température et surtout l'ensoleillement diminuent, limitant ainsi la croissance du phytoplancton. Ceci permet la reconstitution des stocks des éléments nutritifs par la minéralisation de la matière organique. L'apparition des blooms printaniers et estivaux entraîne généralement, dans les écosystèmes peu soumis aux apports terrigènes, une diminution progressive des concentrations en éléments nutritifs. Il arrive donc que certains éléments soient absents ou au-dessous des seuils pouvant permettre le développement des blooms. Cette limitation a pu être mise en évidence dans le chapitre précédent où de nombreux éléments ont été identifiés comme potentiellement limitants pour le phytoplancton au cours de l'année.

La Manche orientale est considérée comme ultime réceptacle de certains fleuves chargés en sels nutritifs, comme la Seine et la Somme. Elle représente donc un lieu propice au développement des blooms printaniers par exemple, susceptibles d'être envahissants, gênants ou même toxiques.

Le bassin de la Manche orientale montre une grande diversité d'espèces benthiques et pélagiques. Les communautés phytoplanctoniques présentent une forte variation et se succèdent au fur et à mesure des saisons. On observe généralement une succession printanière de Phaeocystis et de Diatomées. Pendant la période estivale, on observe les dinoflagellés dont la croissance et les besoins nutritionnels sont moindres. Une efflorescence accessoire de diatomées intervient en automne.

Ce chapitre est consacré à l'étude des variations d'abondance des espèces et de densité spécifique de la communauté phytoplanctonique, grâce notamment à l'utilisation d'un indice écologique.

3.2.2 Mesure de la diversité : Indice de Sanders

L'indice biologique d'une espèce est l'addition des rangs occupés par cette espèce pour toutes les dates (dates auxquelles l'espèce a été dénombrée). Le rang de l'espèce pour une date donnée est fonction de sa dominance par rapport à celles des autres espèces présentes. L'indice biologique est calculé selon la méthode de Sanders (1960). Pour chaque date, les espèces sont classées en fonction de leur abondance. La plus abondante, donc la plus dominante à cette date, est notée 10, la seconde 9, la troisième 8 jusqu'à la dixième 1 ; les suivantes étant notées 0. Ainsi pour chaque date, 10 espèces sont classées. Pour chaque espèce, les notes obtenues à toutes les dates sont additionnées et leur somme correspond à l'indice de Sanders rencontré dans les tableaux de résultats. Guille (1970) propose la classification biocénétique suivante des espèces en fonction de la valeur de l'indice de SANDERS pour un site donné :

- les espèces classées dans les dix premières sont appelées espèces *préférantes* du site,

- les espèces classées dans les dix suivantes sont les espèces *accompagnatrices* du site,
- les espèces dont l'indice de SANDERS est égal à 0 sont dites *accessoires* du site.

Les 10 taxons dominants, par point et par mois, pour l'année considérée, sont représentés dans un tableau qui indique une classe d'abondance. Ces taxons sont ordonnés de haut en bas en fonction de leur indice de Sanders. Le taxon en première ligne est jugé le plus caractéristique du point pour le mois considéré.

3.2.3 Genres toxiques et Toxicités

Une surveillance régulière de l'ensemble des espèces phytoplanctoniques permet la détection des espèces toxiques et nuisibles connues, mais également d'espèces potentiellement toxiques. Les résultats sont disponibles sur internet : http://envlit.ifremer.fr/infos/rephy_info_toxines

Plusieurs espèces de *Pseudo-nitzschia* produisent des toxines amnésiantes (dites toxines ASP ou Amnesic Shellfish Poison). *Dinophysis* produit des toxines diarrhéiques (dites toxines DSP ou Diarrheic Shellfish Poison). Plusieurs autres espèces d'*Alexandrium* produisent des toxines paralysantes (dites toxines PSP ou Paralytic Shellfish Poison).

C'est la présence de ces espèces toxiques dans l'eau, lorsqu'elles dépassent un seuil, qui déclenche la surveillance des toxines dans les coquillages.

Les espèces potentiellement toxiques et nuisibles avec leur seuil d'alerte faisant l'objet d'une surveillance dans les masses d'eaux côtières du littoral Nord / Pas-de-Calais / Picardie sont :

- *Pseudo-nitzschia delicatissima* (groupe des fines) avec un seuil d'alerte > 300 000 cell./L
- *Pseudo-nitzschia seriata* (groupe des larges) avec un seuil d'alerte > 100 000 cell./L
- *Pseudo-nitzschia sp.* (autres groupes) avec un seuil d'alerte > 100 000 cell./L
- *Dinophysis* alerte dès présence ou 500 cell./L si une toxicité n'a jamais été observée
- *Alexandrium minutum* avec un seuil d'alerte > 10 000 cell./L
- *Alexandrium catenella* ou tamarense avec un seuil d'alerte > 5 000 cell./L

3.2.4. Dynamique phytoplanctonique

3.2.4.1 Dunkerque

La chlorophylle-*a*, soit le proxy de la biomasse du phytoplancton, présente la même dynamique de 2018 à 2021 sur la radiale de Dunkerque (Figures 129 à 131). Elle augmente lors de la période productive avant de revenir à des valeurs plus basses et présentant une faible étendue. En ce qui concerne l'année 2022, la biomasse suit une dynamique saisonnière semblable à celle des années 2018 à 2021.

A l'instar de la biomasse, l'abondance des cellules augmente considérablement de mars à mai. Des valeurs plus faibles se distinguent lors des périodes froides.

Les 10 taxons dominants au sens de l'indice de Sanders pour la radiale de Dunkerque sont identifiés sur les figures 129 à 131 et dans l'annexe 2.

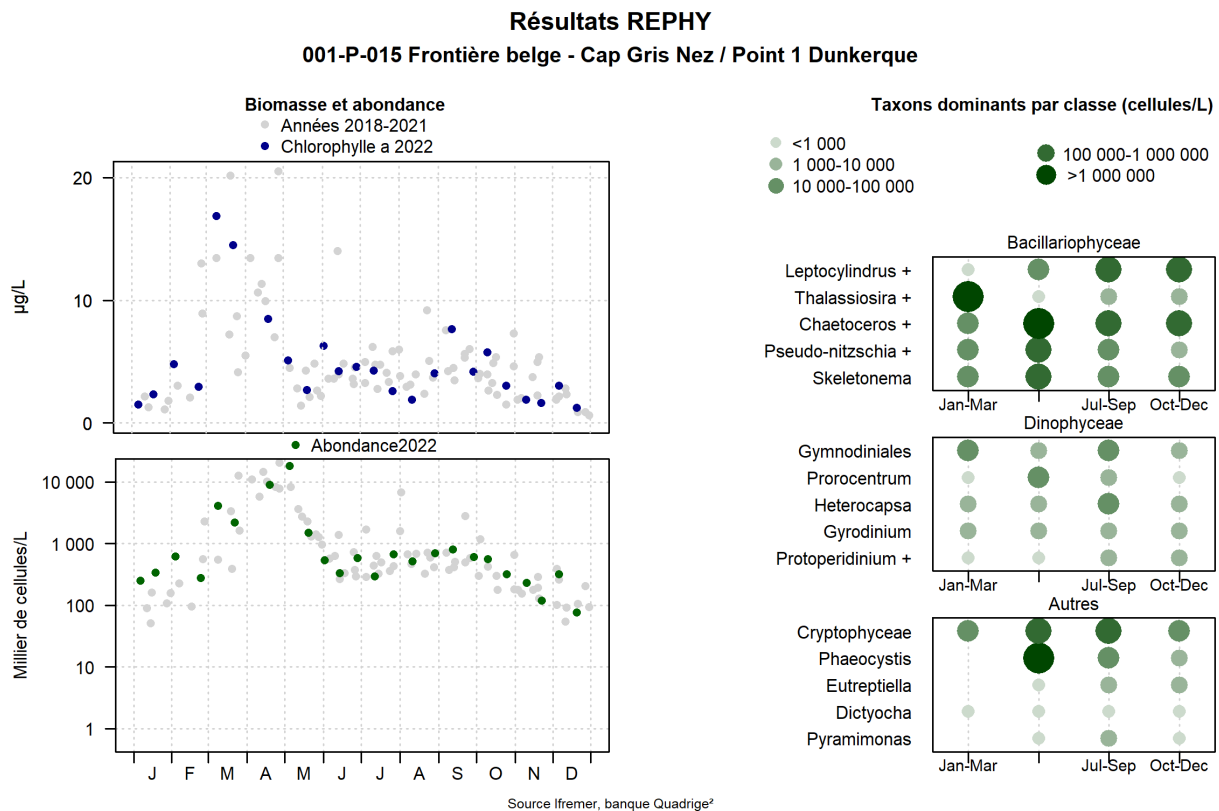


FIGURE 129 – Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l'indice de Sanders pour le point 1 de la radiale de Dunkerque.

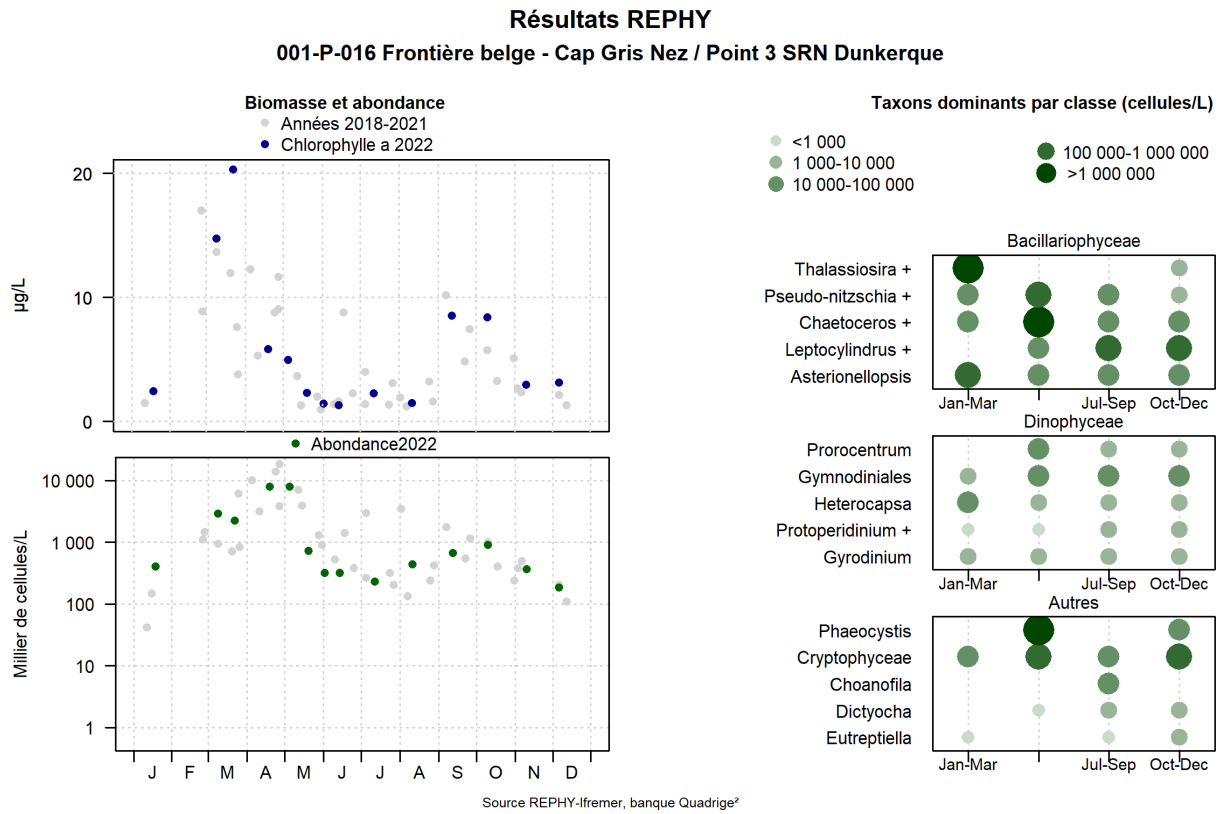


FIGURE 130 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point 2 de la radiale de Dunkerque.

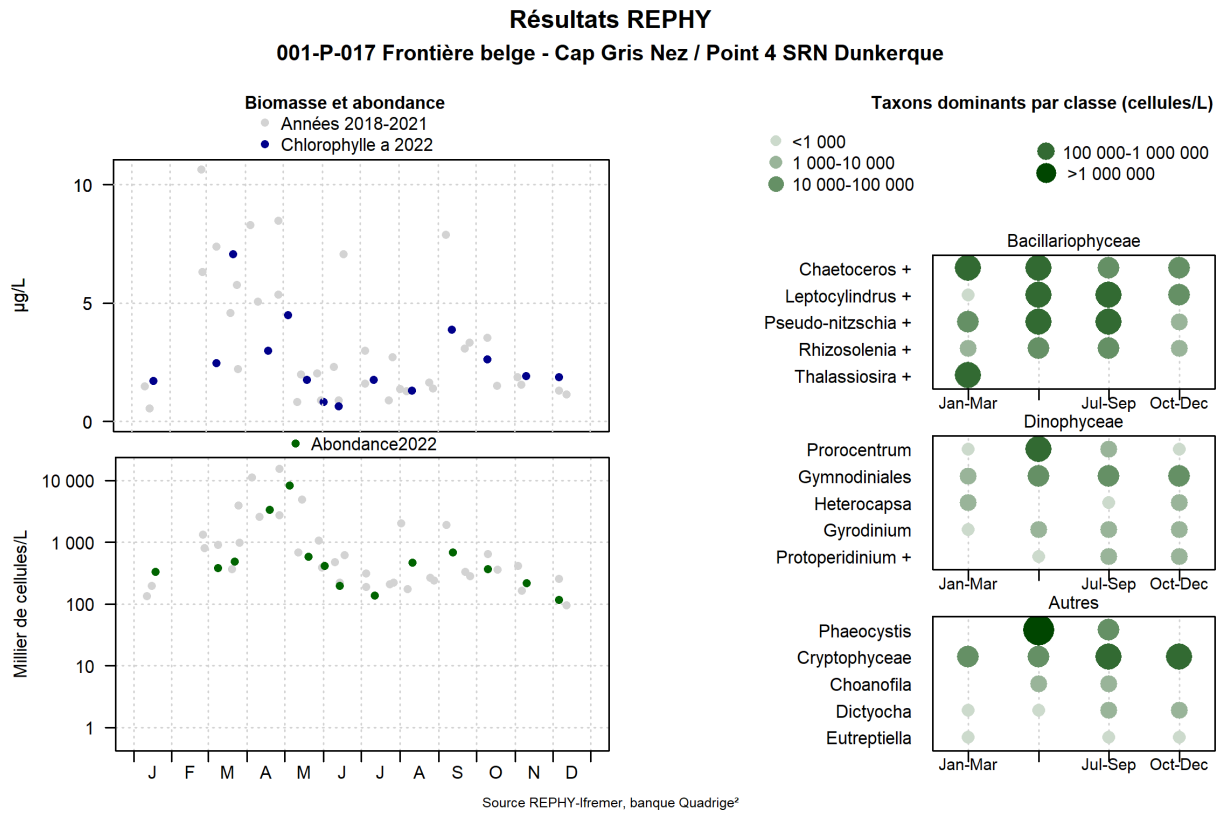


FIGURE 131 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point 3 de la radiale de Dunkerque.

- Abondance du phytoplancton toxique

Le seuil d'alerte de la surveillance REPHY pour le phytoplancton toxique ne concerne que le point 1 de la radiale de Dunkerque.

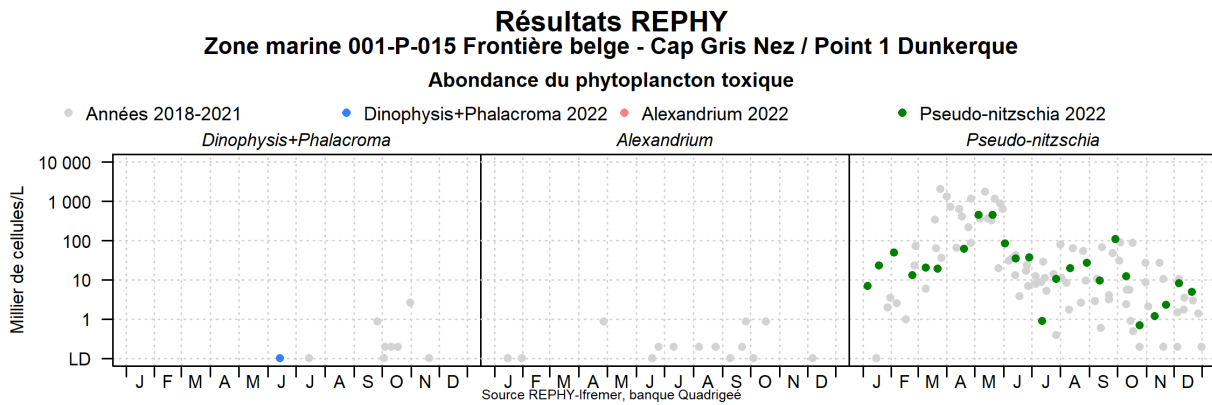


FIGURE 132 – Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique sur le point côtier de la radiale de Dunkerque pour les 4 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2022 (symboles en couleur).

3.2.4.2 Boulogne-sur-mer

La chlorophylle-*a*, soit le proxy de la biomasse du phytoplancton, présente la même dynamique de 2018 à 2021 sur la radiale de Boulogne-sur-mer (Figures 133 à 135). Elle augmente lors de la période productive avant de revenir à des valeurs plus basses et présentant une faible étendue. En ce qui concerne l'année 2022, la biomasse suit une dynamique saisonnière semblable à celle des années 2018 à 2021.

A l'instar de la biomasse, l'abondance des cellules augmente considérablement de mars à mai. Des valeurs plus faibles se distinguent lors des périodes froides.

Les 10 taxons dominants au sens de l'indice de Sanders pour la radiale de Boulogne-sur-mer sont identifiés sur les figures 133 à 135 et dans l'annexe 2.

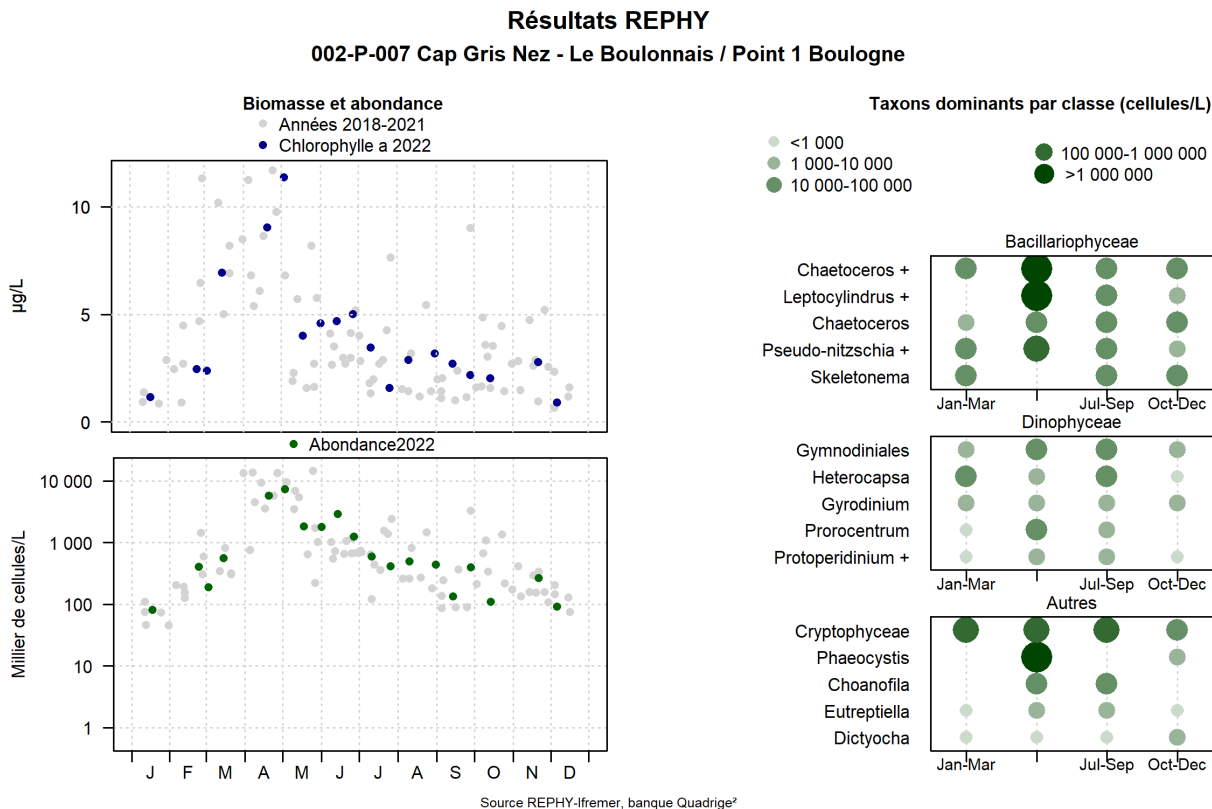


FIGURE 133 – Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l'indice de Sanders pour le point 1 de la radiale de Boulogne-sur-Mer.)

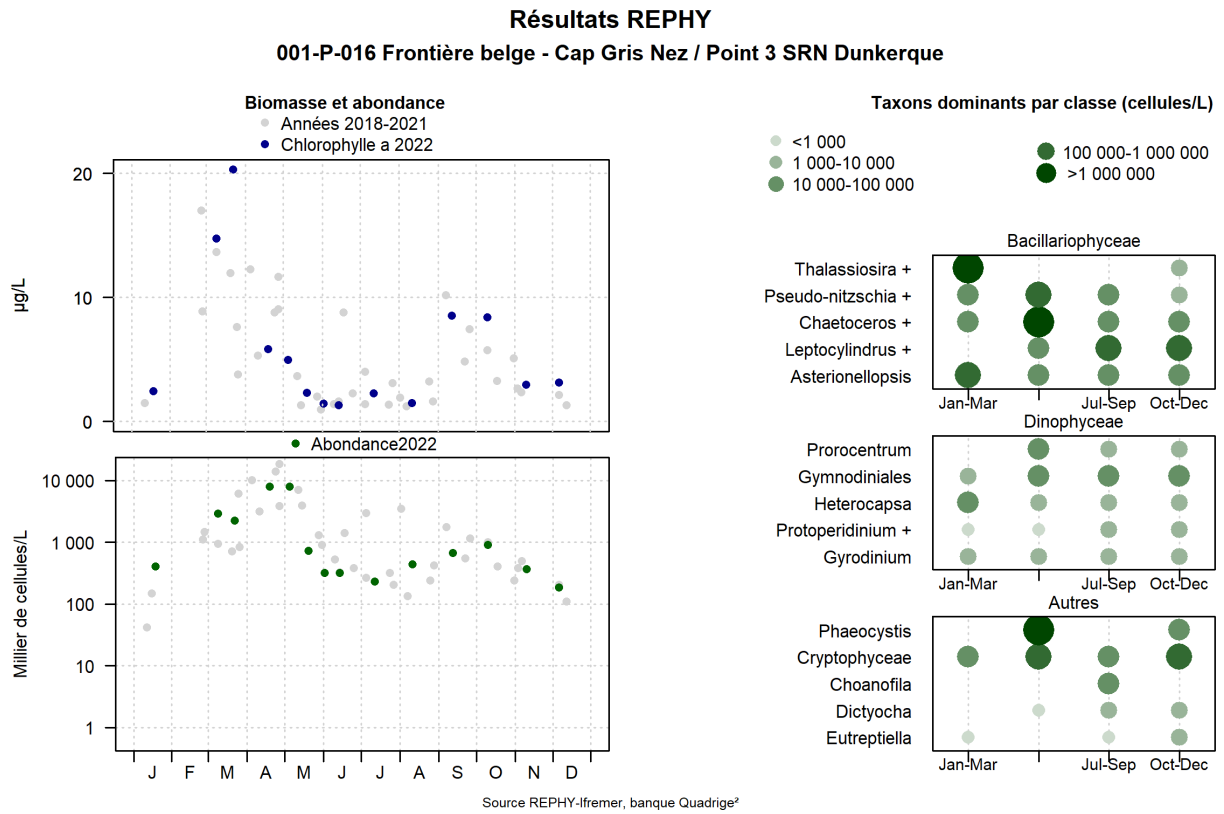


FIGURE 134 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point 2 de la radiale de Boulogne-sur-Mer.)

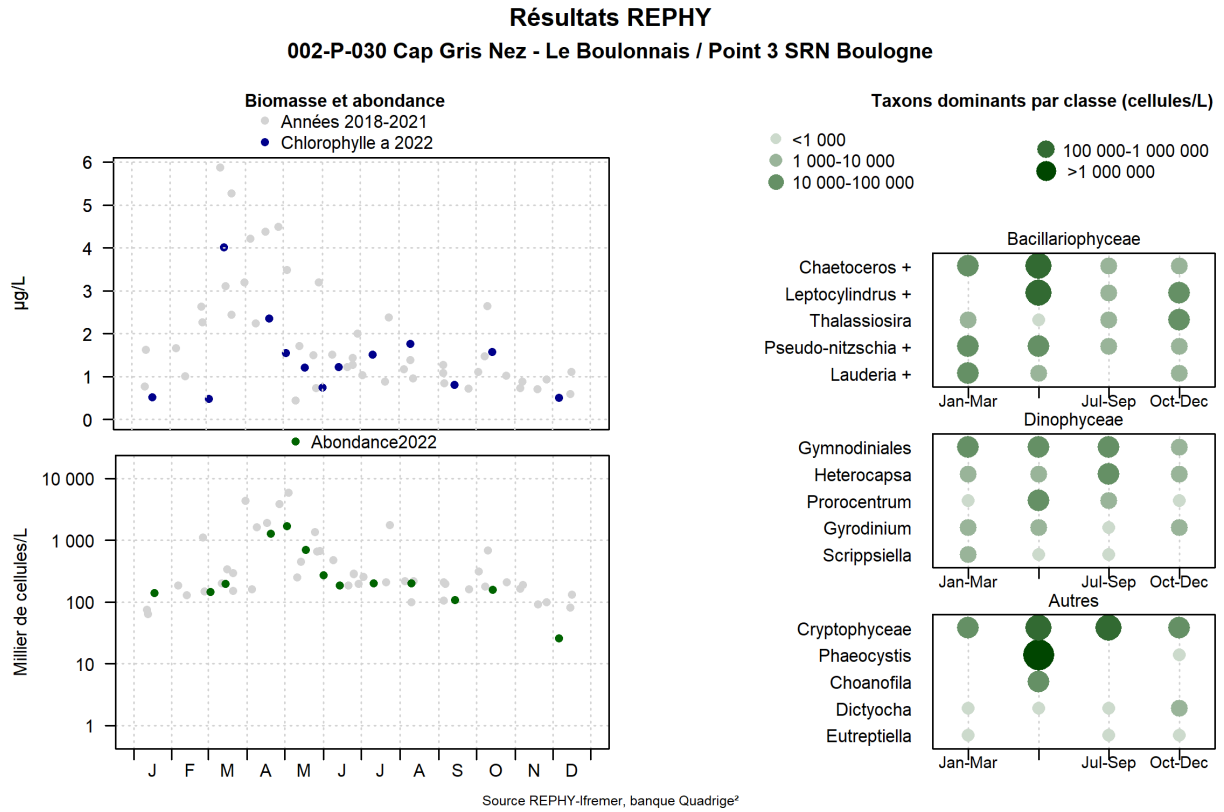


FIGURE 135 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point 3 de la radiale de Boulogne-sur-Mer.)

- **Abondance du phytoplancton toxique**

Le seuil d'alerte de la surveillance REPHY pour le phytoplancton toxique ne concerne que le point 1 de la radiale de Boulogne.

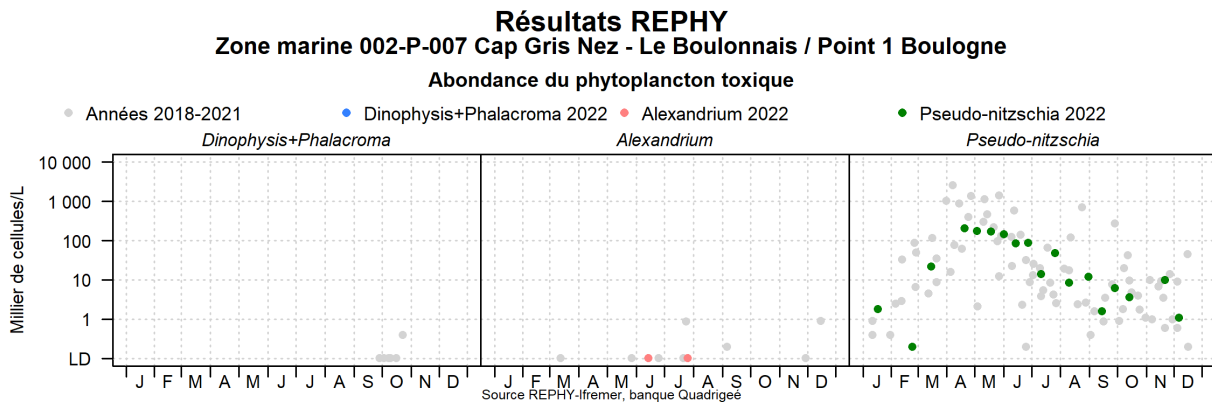


FIGURE 136 – Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique sur le point côtier de la radiale de Boulogne-sur-Mer pour les 4 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2022 (symboles en couleur)

3.2.4.3 Baie de Somme

La chlorophylle-*a*, soit le proxy de la biomasse du phytoplancton, présente la même dynamique de 2018 à 2021 sur la radiale Baie de Somme (Figures 137 à 139). Elle augmente lors de la période productive avant de revenir à des valeurs plus basses et présentant une faible étendue. En ce qui concerne l'année 2022, la biomasse suit une dynamique saisonnière semblable à celle des années 2018 à 2021.

A l'instar de la biomasse, l'abondance des cellules augmente considérablement de mars à mai. Des valeurs plus faibles se distinguent lors des périodes froides.

Les 10 taxons dominants au sens de l'indice de Sanders pour la radiale Baie de Somme sont identifiés sur les figures 137 à 139 et dans l'annexe 2.

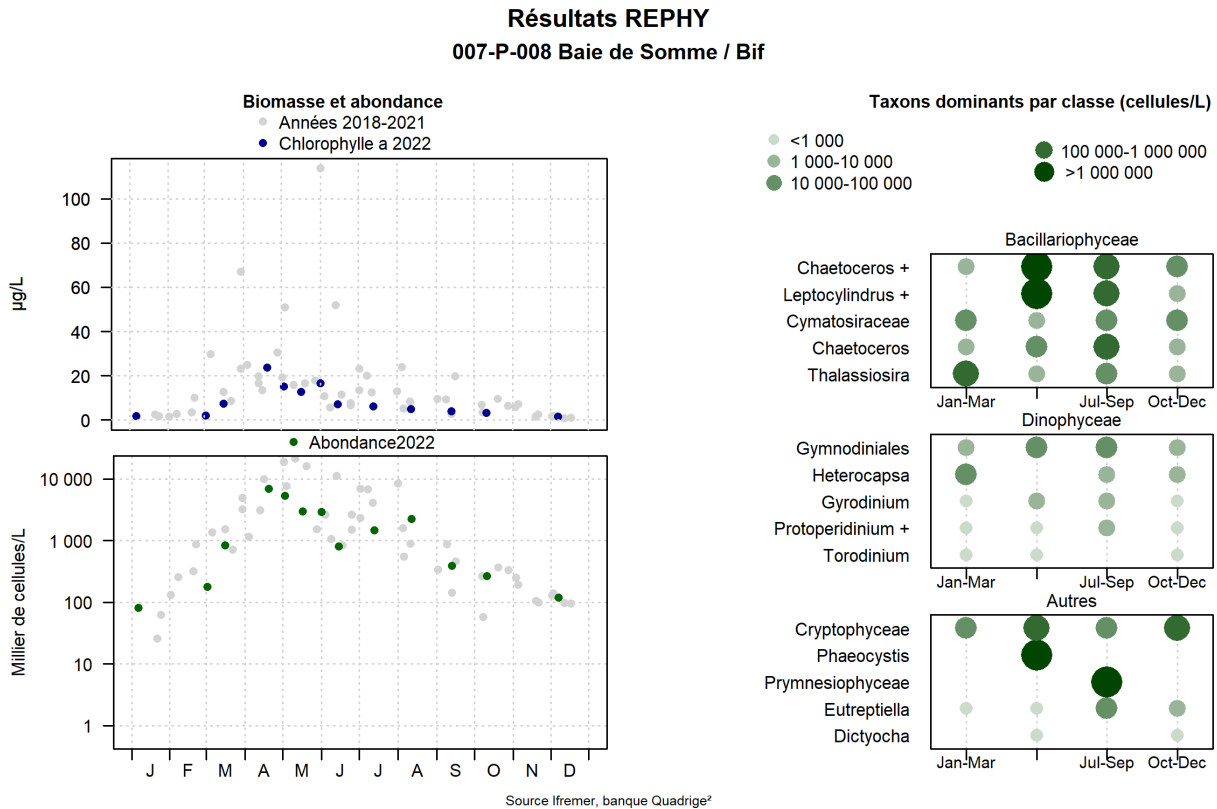


FIGURE 137 – Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l'indice de Sanders pour le point 'Bif' de la radiale de la Baie de Somme.)

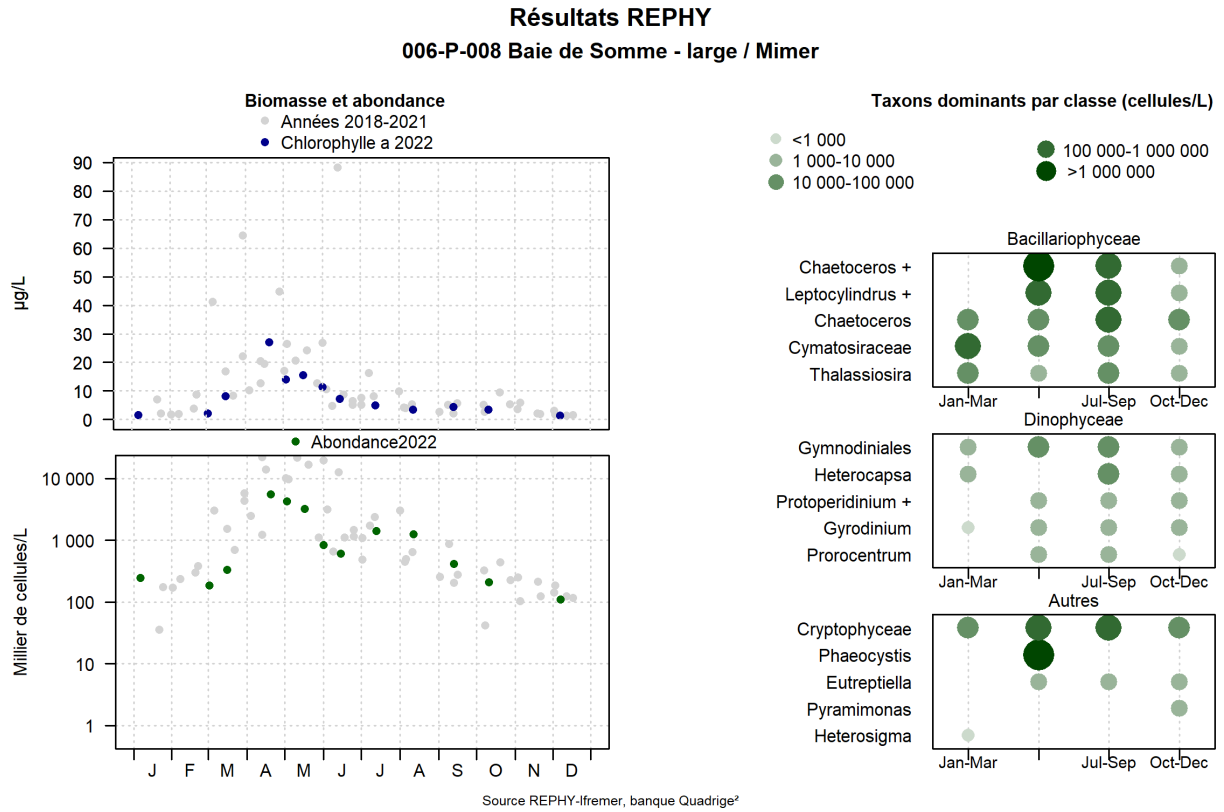


FIGURE 138 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point ‘Mimer’ de la radiale de la Baie de Somme.)

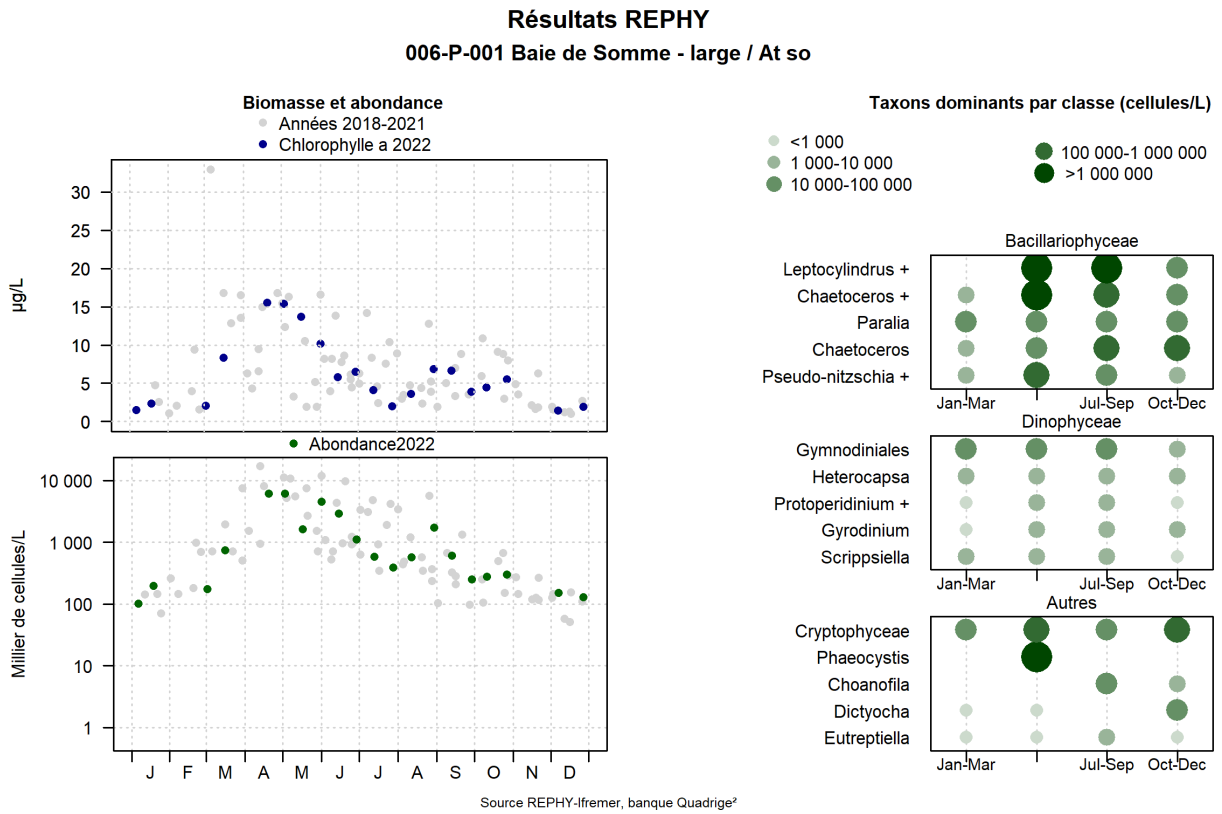


FIGURE 139 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point ‘Atso’ de la radiale de la Baie de Somme.)

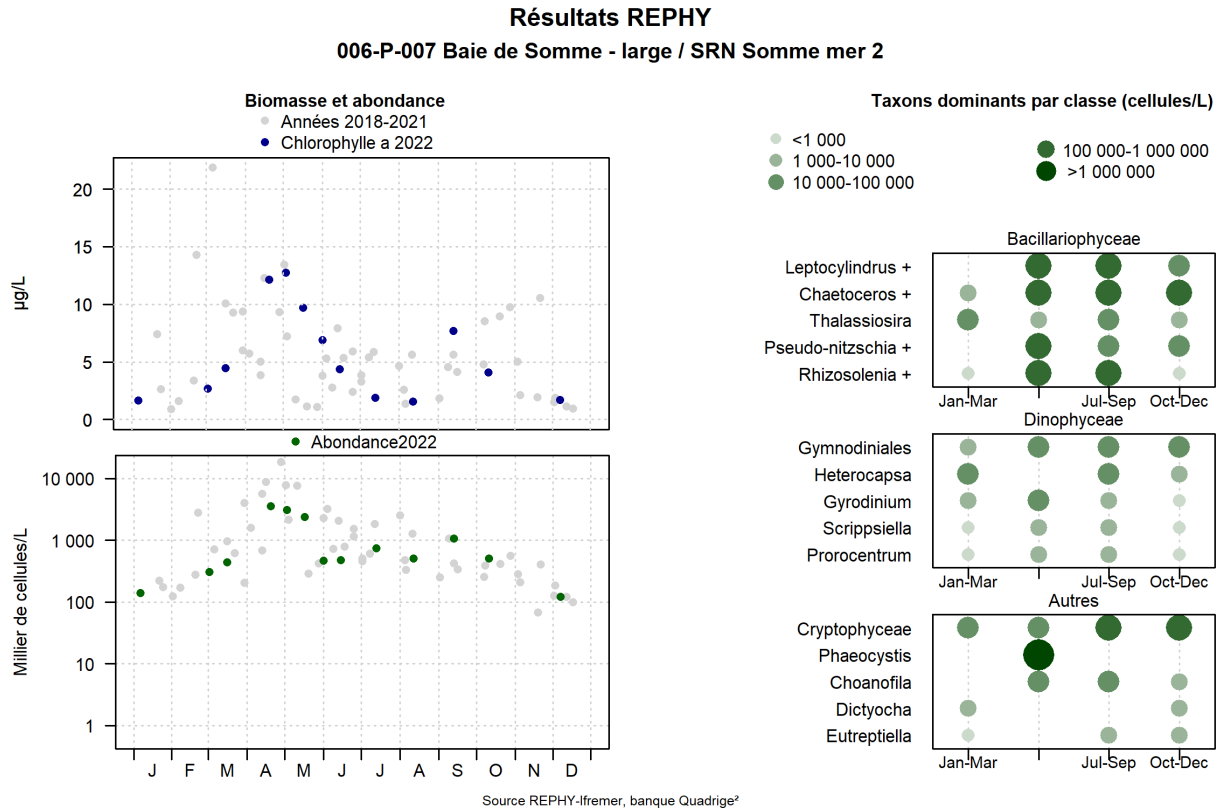


FIGURE 140 – Évolution de l’abondance phytoplanctonique totale entre 2018 et 2022 et classement des taxons dominants au sens de l’indice de Sanders pour le point ‘Somme Mer 2’ de la radiale de la Baie de Somme.)

- Abondance du phytoplancton toxique

Le seuil d'alerte de la surveillance REPHY pour le phytoplancton toxique ne concerne que le point Atso de la radiale Baie de Somme.

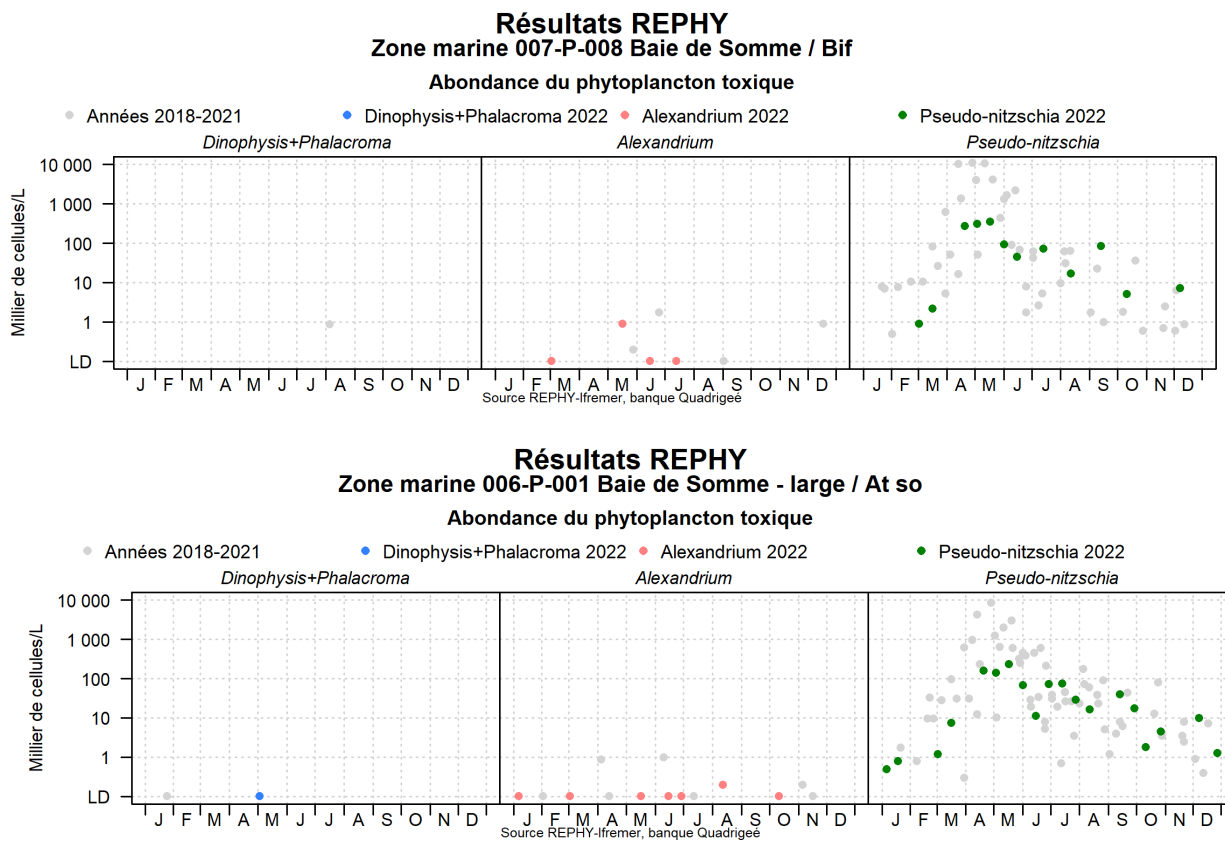


FIGURE 141 – Évolution de l'abondance du phytoplancton toxique sur les points côtier (Bif) et large (Atso) de la radiale de la Baie de Somme pour les 4 dernières années (symboles grisés) et pour l'année 2022 (symboles en couleur)

4. Discussion et conclusion

L'observation et la surveillance des écosystèmes se font généralement par la mise en place de réseaux de suivi des paramètres hydrologiques et biologiques qui constituent la base indispensable à la caractérisation globale du système aquatique. De ce fait, les descripteurs environnementaux sont très nombreux et sont reliés par des relations de cause à effet ; d'autres sont directement influencés par les activités anthropiques.

Dans le cadre du SRN (Suivi Régional des Nutriments), un ensemble de paramètres physico-chimiques et biologiques est utilisé comme indicateur de la qualité du milieu marin en vue de définir l'évolution spatiale et temporelle de quelques paramètres significatifs dans la compréhension de la dynamique du phytoplancton, de la qualité de l'eau et, plus particulièrement du processus d'eutrophisation des eaux côtières de la Manche orientale et la baie sud de la mer du Nord.

Le présent rapport résume ainsi les principaux résultats obtenus pour les campagnes de l'année 2022. Il constitue un outil de synthèse permettant de caractériser les masses d'eau échantillonnées au niveau des points de surveillance de trois radiales situées à Dunkerque, à Boulogne-sur-Mer et en Baie de Somme, c'est-à-dire au niveau de trois écosystèmes contrastés, caractéristiques de notre littoral.

La dynamique temporelle de l'ensemble des paramètres physico-chimiques observés au cours de l'année 2022 suit le schéma classique d'un système tempéré côtier. Les températures sont plus chaudes en été et plus froides en hiver. De même, le gradient thermique semble bien établi sur l'ensemble de la région, même si des études ont montré que l'écart thermique entre les eaux du large et côtières dépasse rarement 1 °C (Brylinsky & Lagadeuc 1990).

Le bassin oriental de la Manche est une mer épicontinentale à régime macrotidal qui génère des courants de marée rapides sensiblement parallèles à la côte et un courant résiduel en direction du nord-est. Cette dynamique est sous le contrôle des fortes contraintes hydrodynamiques qui caractérisent l'écosystème de la Manche et qui sont à l'origine d'une homogénéisation des masses d'eau sur la verticale, empêchant ainsi l'établissement d'une thermocline estivale.

La salinité varie peu au sein de la zone étudiée, à l'exception des sites directement influencés par les apports d'eaux douces en provenance des côtes où les valeurs mesurées sont plus basses (essentiellement au point Bif). Ces valeurs de salinité sont très proches de celles définies par Connor and Committee (2006) comme étant caractéristiques des zones côtières sous l'influence des eaux douces (32-34). Ces valeurs ne sont cependant pas représentatives de l'étendue des salinités observables dans cette zone dans la mesure où les prélèvements ne se font qu'à un moment restreint de la marée : PM +/- 2h.

Les apports fluviaux le long de la côte française, de la baie de Seine au Cap Gris-Nez, génèrent une masse d'eau côtière qui dérive le long du littoral, séparée de l'océan par une zone frontale. La frange d'eau côtière est nettement influencée par les apports terrestres : la salinité y est plus faible qu'au large et les valeurs de turbidité plus élevées. En effet, la plupart des paramètres hydrologiques et biologiques montrent l'existence d'un gradient côte-large bien marqué. Les valeurs de turbidité sont en moyenne fortes en hiver, faibles en été et diminuent à mesure de l'éloignement de la côte. La dynamique des M.E.S contribue à celle de la turbidité puisqu'elle résulte de la présence de particules minérales ou organiques en suspension. Néanmoins, la turbidité résulte également de la forte concentration des organismes vivants. De plus, une augmentation de la turbidité peut être la conséquence directe de mouvements sous l'action des vents et des courants corrélés au coefficient de marée. Sur l'ensemble des trois radiales, la Baie de Somme présente les valeurs de turbidité les plus fortes par comparaison aux deux autres radiales.

Le vent joue également un rôle particulièrement important dans la remise en suspension, la dispersion et la régulation de la turbidité entre les côtes et le large

La dynamique des matières en suspension et, par conséquent celle de la turbidité en zone côtière, jouent un rôle majeur dans la productivité de ces systèmes. L'évolution de la matière organique des sédiments témoigne de l'activité biologique sur les différentes stations. Elle est liée, en effet, au développement phytoplanctonique qui prédomine pendant les périodes de forte productivité biologique. Les valeurs sont plus fortes au printemps et en été, indiquant une activité de production importante.

La fluctuation de la quantité de matières organiques en Baie de Somme est liée à la dynamique sédimentaire du milieu avec, cependant, des valeurs supérieures à celles observées dans certains autres milieux estuariens. Des études dans d'autres estuaires ont montré que la matière organique contenue dans les sédiments reste en général très faible (Etcheber et al. 2007). Les fortes concentrations en matières organiques déterminent également les taux de minéralisation par les bactéries hétérotrophes.

L'apparition de certaines espèces responsables de blooms phytoplanctoniques au cours de la période productive peut expliquer les hausses de concentrations en matières organiques sur les trois radiales. C'est le cas de l'espèce *Phaeocystis globosa*, responsable de blooms importants sur l'ensemble des points de mesure des stations. La dynamique de cette espèce et celle des autres sont sous le contrôle direct des apports en nutriments depuis les bassins versants. En période hivernale, la faiblesse de l'ensoleillement, de faibles températures et d'autres paramètres, comme la turbidité, limitent le développement du phytoplancton. Le stock de nutriment n'étant pas consommé lors de cette période, il atteint une valeur maximale. Au printemps, le phytoplancton bénéficie de l'ensoleillement nécessaire à sa croissance et de ce stock conséquent de nutriments.

La dynamique des sels nutritifs au cours de l'année 2022 est classique et confirme la présence de cycles de nutriments caractéristiques des milieux tempérés. Sur l'ensemble des sites, on observe une utilisation notable des éléments nutritifs en période productive contrairement aux périodes non productives. Pendant la période non productive, en automne notamment, la reconstitution du stock a lieu en absence de consommateurs et lors de l'augmentation des débits des rivières, ce qui contribue à maintenir les stocks élevés observés au niveau des différentes stations.

Pendant la période productive, l'apparition des blooms coïncide avec une utilisation des nutriments. En effet, la quantité de cellules par litre augmente considérablement entre mars et avril, période à laquelle la concentration en nitrate diminue fortement.

Les concentrations en silicates diminuent au printemps et sont faibles en été du fait de l'apparition en mars et en juin des communautés de *Bacillariophycées* (diatomées) utilisant la silice pour fabriquer leur structure. L'ammonium chute lors des périodes productives en lien avec les fortes abondances de *P. globosa*. Cette chute prématurée de l'ammonium est caractéristique de l'évolution des formes azotées dans le milieu naturel. En effet, sur un cycle, l'azote ammoniacal apparaît le premier, suivent ensuite les nitrites et enfin les nitrates. Les propriétés chimiques de l'ammonium font que le phytoplancton utilise préférentiellement cet élément.

Il en est de même pour les phosphates qui sont faiblement présents en début d'année ; cependant leurs concentrations diminuent jusqu'à être proches de la limite de détection en été. Les concentrations augmentent dès l'automne, dues aux apports accrus des rivières. De plus, des phénomènes d'adsorption/désorption du phosphore dans les sédiments ont été identifiés dans les écosystèmes côtiers, ce qui contribue à sa remise à disposition.

Du fait de leur importance, certains de ces éléments ont été identifiés comme potentiellement limitants pour la croissance du phytoplancton. Sur les différents points de mesures en 2022, des épisodes de limitation de la croissance principalement par la silice et, dans une moindre mesure, par l'azote et les phosphates, ont été mis en évidence. Ces résultats ont été obtenus grâce à l'étude des rapports stœchiométriques de Redfield et al. (1963) et Brzezinski (1985). A l'échelle annuelle, est observée une variabilité de la limitation potentielle. La période automnale et hivernale est de type P : Si : N, Si : P : N ou Si : N : P limitant ; l'été est de type N : Si : P ou N : P : Si. La période productive présente, quant à elle, l'ensemble des limitations possibles. Cette distinction de limitation montre l'importance de la prise en compte de chaque élément et de leurs rapports afin de mieux comprendre le lien entre ces nutriments et la dynamique du phytoplancton et, par conséquent, permet d'identifier les priorités en termes de réduction des apports de nutriments.

La dynamique saisonnière des différents éléments joue un rôle important dans l'apparition des efflorescences phytoplanctoniques dans le milieu. L'absence ou la présence de l'un ou l'autre des éléments majeurs se répercute sur l'apparition et l'amplitude des blooms. Même si la limitation par le phosphore a été identifiée, cela n'empêche pas une apparition de bloom de certaines espèces aux périodes où la limitation est constatée. Dans le cas de l'azote, au contraire, des travaux en modélisation de la variation saisonnière des sels nutritifs réalisés sur la côte belge, ont montré que seule la réduction des apports d'azote pouvait induire une diminution significative des blooms de *Phaeocystis globosa* (Lancelot et al., 2009).

Lorsqu'on se réfère à la succession des espèces phytoplanctoniques au cours de l'année et qu'on l'associe à celle des sels nutritifs, on peut résumer la distribution saisonnière du phytoplancton en trois étapes. D'abord, une apparition de diatomées en février-mars avec par exemple *Asterionellopsis glacialis* et *Chaetoceros*, puis ces Bacillariophycées disparaissent pour laisser apparaître le bloom phytoplanctonique du groupe des Prymnésiophycées représenté par l'espèce *Phaeocystis globosa* entre mars et mai. Pour finir, on a encore une fois une dominance de certaines Bacillariophycées (*Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros*, *Leptocylindrus*) en été. Les résultats de l'année 2022 acquis dans le cadre du suivi REPHY/SRN permettent de compléter les études réalisées sur le même site d'étude (Lefebvre et al., 2004 ; Brunet, 1996) et complètent les observations et conclusions proposées par Lefebvre et al. (2011) élaborées à partir de cette série de données à long terme.

Les observations des années antérieures ont permis de dresser un schéma type de la succession phytoplanctonique (Figure 142),

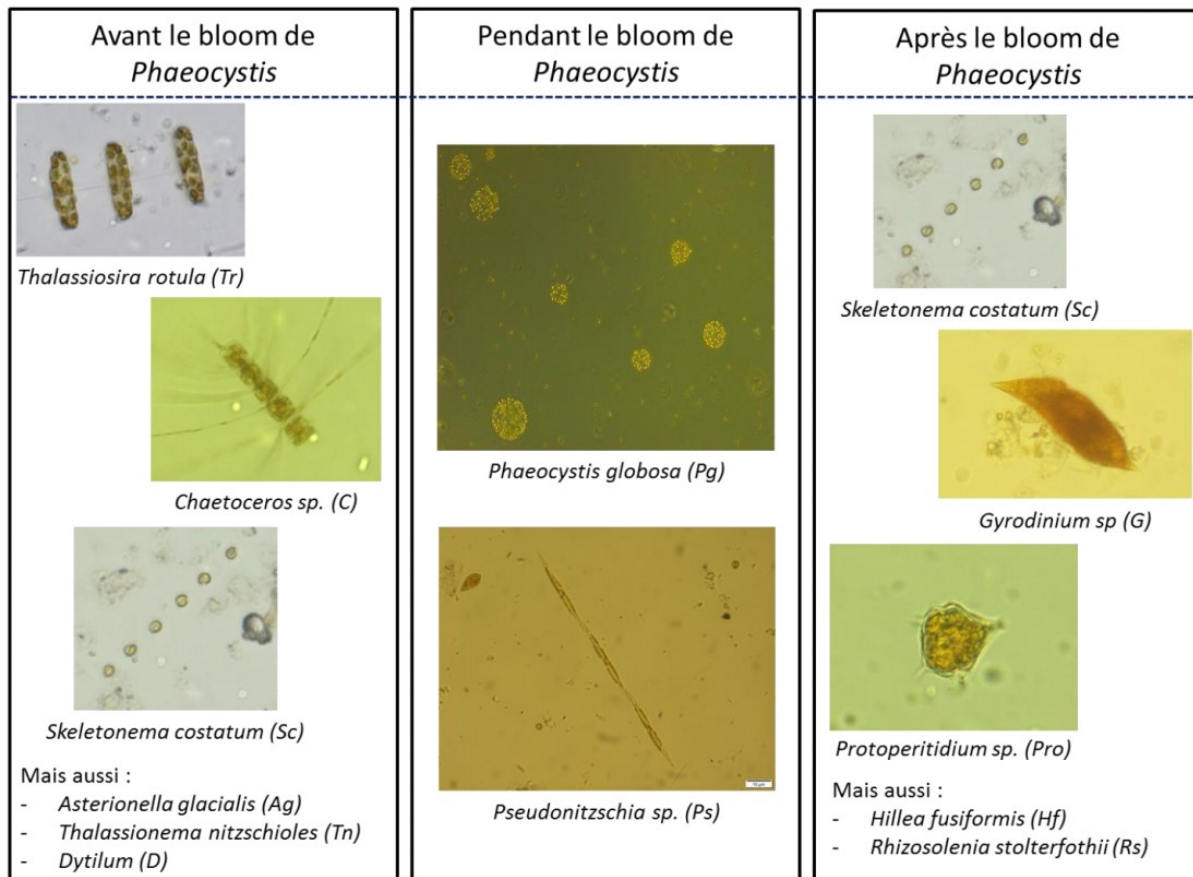


FIGURE 142 – Schéma type de la succession phytoplanctonique avant, pendant et après le bloom printanier de *Phaeocystis globosa*.

En 2022, la dynamique phytoplanctonique est semblable à celle des années précédentes si l'on considère la succession *Bacillariophycées*/*P. globosa*/*Bacillariophycées*. Les espèces observées ne sont cependant pas tout à fait les mêmes avant et après le bloom.

Bibliographie

- Aminot, A. and M. Chaussepied. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre National pour l'Exploitation des Océans : 395.
- Aminot, A. and R. Kérouel. 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Page 336. Ifremer.
- Bendschneider, K. and R. J. Robinson. 1952. A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *Journal of Marine Research*. 11 :86-96.
- Brunet, C., J. M. Brylinski, L. Bodineau, G. Thoumelin, D. Bentley, and D. Hilde. 1996. Phytoplankton Dynamics During the Spring Bloom in the South-eastern English Channel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 43 :469-483.
- Brylinsky, J. M. and Y. Lagadeuc. 1990. L'interface eaux côtières / eaux du large dans le Pas-de-Calais (côtes françaises) : une zone frontale. *Compte rendu de l'académie des sciences de Paris* 311 :535-540.
- Brzezinski, M. A. 1985. THE Si :C :N Ratio of Marine Diatoms : Interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology* 21 :347-357.
- Connor, D. W. and J. N. C. Committee. 2006. UKSeaMap : the mapping of seabed and water column features of UK seas. Joint Nature Conservation Committee.
- Etcheber, H., Taillez, A., Abril, G. et al. 2007. Particulate organic carbon in the estuarine turbidity maxima of the Gironde, Loire and Seine estuaries : origin and lability. *Hydrobiologia* 588 : 245-259.
- Guille, A. 1970. Benthic bionomy of continental shelf of the french catalane coast. II. Benthic communities of the macrofauna. *Vie Milieu* 21(8) : 239-250.
- Koroleff, F. 1969. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. International Conference on Evolvable Systems.C.M.C : 9.19.1969.
- Lancelot, C., V. Rousseau, and N. Gypens. 2009. Ecologically based indicators for Phaeocystis disturbance in eutrophied Belgian coastal waters (Southern North Sea) based on field observations and ecological modelling. *Journal of Sea Research* 61 :44-49.
- Lefebvre, A., N. Guiselin, F. Barbet, and F. L. Artigas. 2011. Long-term hydrological and phytoplankton monitoring (1992-2007) of three potentially eutrophic systems in the eastern English Channel and the Southern Bight of the North Sea. *ICES Journal of Marine Science : Journal du Conseil* 68 :2029-2043.
- Mullin, J. B. and J. P. Riley. 1955. The spectrophotometric determination of silicates-silicon in natural waters with special references to sea water. *Analytica Chimica Acta* 12 :162-170.
- Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* 27 :31-36.
- Redfield, A. C., B. H. Ketchum, and F. A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. Pages 27-77 in M. N. Hill, editor. *The Sea*, New-York.
- Sanders, H. L. 1960. Benthic studies in Buzzards Bay. III. The structure of the soft- bottom community. *Limnol. Oceanogr.* 5 :138-153.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull.Fish.Res.Bd.Can.* 167 :311.

Annexes

- **Annexe 1** : Bilan du nombre d'analyse (et donc de données bancarisées) par paramètre et par point et gradient large-côte pour l'ensemble des radiales en 2022
- **Annexe 2** Correspondance entre les intitulés de la base de données Quadriga 2 et la classe taxonomique pour toutes les radiales
- **Annexe 3** Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2022

- **Annexe 1** : Données brutes des analyses physico-chimiques et gradient large-côte pour l'ensemble des radiales en 2022
- *Bilan REPHY Observation-DCE/SRN : nombre de données bancarisées par paramètre et par point en 2022*

TABLEAU 70 – Données CHLOROA

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 71 – Données MES

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 72 – Données MESORG

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 73 – Données NH4

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	1	2	2	2	2	2	23 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 74 – Données NO2

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 75 – Données NO3+NO2

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 76 – Données OXYGENE

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	1	1	2	3	2	2	2	2	1	2	22 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	1	1	2	3	2	2	2	2	0	2	19 sur 24
DK3	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	13 sur 16

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK4	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	13 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	12 sur 16
Mimer	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	12 sur 16
Bif	1	0	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	12 sur 16

TABLEAU 77 – Données PHEO

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 78 – Données PO4

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 79 – Données SALI

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 80 – Données SIOH

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	1	0	2	2	2	2	21 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	1	1	2	1	1	1	17 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	1	1	2	2	0	2	18 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	0	1	1	0	1	12 sur 16

TABLEAU 81 – Données TEMP

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	23 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 82 – Données TURB

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

TABLEAU 83 – Données pigments HPLC

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 24
BL1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 24
Atso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 24
DK3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16
DK4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16
BL2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16
BL3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16
MER2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16
Mimer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16
Bif	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 sur 16

TABLEAU 84 – Données FLORTOT

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Sum
DK1	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	24 sur 24
BL1	1	1	2	1	2	3	2	2	2	1	1	1	19 sur 24
Atso	2	0	2	1	2	3	2	2	2	2	0	2	20 sur 24
DK3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
DK4	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	14 sur 16
BL2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
BL3	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
MER2	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Mimer	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16
Bif	1	0	2	1	2	2	1	1	1	1	0	1	13 sur 16

• GRADIENT CÔTE-LARGE

Radiale de Dunkerque

	Date	CHLOROA	MES	MESORG	NH4	NO3+NO2	OXYGENE	PO4	SALI	SIOH	TEMP	TURB
169	18/01/2022	-0.62	-4.3	-0.6	0.01	-4.63	0.07	-0.11	0.5	-3.78	1.0	-3.640
65	09/03/2022	-14.39	-12.2	-0.8	0.08	0.67	0.20	0.23	0.5	2.34	0.4	-8.980
223	22/03/2022	-7.45	-13.0	-0.8	0.06	-1.91	NaN	-0.01	0.3	0.37	0.0	-8.420
184	19/04/2022	-5.49	-8.7	-2.0	1.98	0.27	0.23	-0.07	0.4	-0.51	-0.6	-7.510
21	05/05/2022	-0.64	-2.1	-2.7	0.13	1.45	0.19	-0.16	0.5	0.02	-0.6	-4.090
202	20/05/2022	-0.96	-11.6	-2.3	0.03	1.20	2.58	-0.40	0.3	-2.82	-1.0	-7.740
6	02/06/2022	-5.46	-10.0	-0.8	0.05	-0.07	-0.01	-0.06	0.2	-0.67	-0.7	-6.810
132	14/06/2022	-3.58	-8.2	-1.5	0.22	-0.02	-0.05	-0.20	0.1	-0.31	-0.7	-5.491
113	12/07/2022	-2.51	-7.9	-0.9	NaN	-0.42	0.36	-0.09	-0.1	-0.47	-1.2	-1.790
104	11/08/2022	-0.60	-1.8	0.1	0.10	-0.16	0.13	-0.14	-0.1	NaN	-0.5	-1.280
114	12/09/2022	-3.76	-10.8	-1.5	0.32	0.26	0.05	-0.01	-0.8	-2.69	0.0	-7.930
90	10/10/2022	-3.13	-20.4	-1.7	-1.36	-0.64	-0.17	-0.09	0.4	-1.76	0.6	-12.020
91	10/11/2022	0.00	-16.2	-0.9	-3.17	-2.06	NaN	-0.07	0.0	-1.19	NaN	-11.820
39	06/12/2022	-1.16	-6.3	-1.9	-2.33	-3.55	-0.66	-0.03	0.5	-3.79	2.0	-3.500

Radiale de Boulogne-sur-mer

	Date	CHLOROA	MES	MESORG	NH4	NO3+NO2	OXYGENE	PO4	SALI	SIOH	TEMP	TURB
227	17/01/2022	-0.65	-3.4	-0.7	-0.71	-7.43	0.23	-0.04	0.7	-5.40	1.1	-1.960
9	03/03/2022	-1.92	-17.8	-0.7	0.09	-8.60	0.39	0.00	0.5	-3.45	0.3	-17.120
188	15/03/2022	-2.93	-8.4	-1.0	0.41	-5.68	0.23	-0.08	0.4	-1.38	0.1	-5.840
265	20/04/2022	-6.70	-8.5	-1.1	0.03	-2.64	0.15	-0.07	0.7	-0.44	-0.4	-7.040
14	03/05/2022	-9.82	-3.6	-1.7	1.64	1.16	-0.80	-0.11	0.5	1.13	-0.8	-2.190
242	18/05/2022	-2.80	-1.6	-0.4	0.05	-0.19	0.35	-0.22	0.5	0.62	-1.2	-1.482
3	01/06/2022	-3.84	-2.0	-0.6	0.10	-0.38	-0.44	-0.12	0.6	0.30	-1.1	-1.110
179	14/06/2022	-3.47	-3.1	-0.6	0.63	0.09	0.38	-0.13	0.3	-1.36	-0.8	-0.200
134	11/07/2022	-1.94	-2.4	-0.1	0.32	0.16	-0.13	-0.02	0.2	0.59	-0.9	-1.506
120	10/08/2022	-1.12	2.1	0.6	1.46	1.02	0.14	0.12	0.1	NaN	-0.6	0.170
180	14/09/2022	-1.91	-4.4	-0.5	-0.86	-0.98	0.15	-0.22	0.5	-0.94	-0.8	-4.080
183	14/10/2022	-0.45	-7.2	-1.0	-2.36	-2.72	-0.27	-0.05	0.4	-0.91	0.9	-3.900
59	06/12/2022	-0.40	-2.2	-0.1	0.65	-4.99	-0.16	-0.06	0.8	-3.71	1.2	-2.280

Radiale de la Baie de Somme

	Date	CHLOROA	MES	MESORG	NH4	NO3+NO2	OXYGENE	PO4	SALI	SIOH	TEMP	TURB
40	06/01/2022	0.16	-18.4	-0.7	-1.04	-5.19	-0.14	-0.03	0.4	-6.14	0.0	-20.14
9	02/03/2022	0.60	-14.0	-1.2	-0.07	-4.00	NaN	0.15	0.1	-2.51	0.1	-12.70
201	16/03/2022	-3.89	-11.0	-1.0	0.15	-3.29	-0.12	0.03	0.3	-0.30	0.0	-9.51
264	20/04/2022	-3.39	-1.3	-1.0	0.37	-2.27	-0.01	0.04	0.5	-0.38	-0.1	-1.87
22	03/05/2022	-2.64	-5.0	-1.3	-0.01	-1.02	0.05	0.05	0.2	0.65	-0.1	-2.13
221	17/05/2022	-4.03	-0.8	-0.7	-0.05	-0.85	0.14	0.03	0.3	-0.70	-0.5	-1.84
5	01/06/2022	-3.26	1.0	-0.6	-0.05	-1.68	0.02	-0.06	0.3	-1.27	-0.2	-2.71
187	15/06/2022	-1.46	-1.6	0.0	-0.06	-1.05	0.17	-0.02	0.2	-1.09	-0.2	-1.63
165	13/07/2022	-2.23	-3.2	-0.2	0.00	-0.25	0.23	-0.08	-0.2	-0.72	-0.2	-3.40
147	12/08/2022	-2.07	-3.9	-0.2	0.05	-0.13	0.01	-0.12	0.2	NaN	-0.1	-3.03
168	13/09/2022	1.07	-6.4	-0.5	-1.47	-1.26	-0.03	-0.09	0.3	-3.70	0.1	-6.55
136	11/10/2022	-0.40	-6.1	-0.5	-2.49	-5.08	-0.22	-0.10	0.6	-2.97	0.9	-6.97
75	07/12/2022	0.28	-2.4	-0.2	-1.08	-4.65	-0.17	0.08	0.3	-3.90	0.5	-3.59

- **Annexe 2** Correspondance entre les intitulés de la base de données Quadrigé 2 et la classe taxonomique pour toutes les radiales

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Acanthoica	Acanthoica	Prymnesiophyceae
Achnanthaceae	Achnanthaceae	Bacillariophyceae
Achnanthes	Achnanthes	Bacillariophyceae
Achnanthes	Achnanthes brevipes	Bacillariophyceae
Actinocyclus	Actinocyclus	Bacillariophyceae
Actinoptychus	Actinoptychus	Bacillariophyceae
Actinoptychus	Actinoptychus senarius	Bacillariophyceae
Actinoptychus +	Actinoptychus senarius + campanulifer	Bacillariophyceae
Oxytoxaceae	Adenoides	Dinophyceae
Akashiwo	Akashiwo	Dinophyceae
Akashiwo	Akashiwo sanguinea	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium affine	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium andersonii	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium catenella	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium insuetum	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium leei	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium margalefii	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium minutum	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium ostenfeldii	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium pseudogonyaulax	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium tamarense	Dinophyceae
Alexandrium +	Alexandrium tamarense + catenella + tamutum	Dinophyceae
Alexandrium	Alexandrium tamutum	Dinophyceae
Oxytoxaceae	Amphidiniopsis	Dinophyceae
Amphidinium	Amphidinium	Dinophyceae
Amphidinium +	Amphidinium + Katodinium	Dinophyceae
Amphidinium	Amphidinium carterae	Dinophyceae
Amphidinium	Amphidinium carterae + operculatum	Dinophyceae
Amphidinium	Amphidinium crassum	Dinophyceae
Amphidinium	Amphidinium sphenoides	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Amphidoma	Amphidoma	Dinophyceae
Amphidoma	Amphidoma caudata	Dinophyceae
Amphidomataceae	Amphidomataceae	Dinophyceae
Amphiprora	Amphiprora	Bacillariophyceae
Amphora	Amphora	Bacillariophyceae
Amylax	Amylax	Dinophyceae
Amylax	Amylax triacantha	Dinophyceae
Amylax +	Amylax triacantha + buxus	Dinophyceae
Anabaena	Anabaena	Cyanophyceae
Chlorophyceae	Ankistrodesmus	Chlorophyceae
Apedinella	Apedinella radians	Dictyochophyceae
Peridinales	Archaeoperidinium minutum	Dinophyceae
Asterionella	Asterionella	Bacillariophyceae
Asterionella +	Asterionella + Asterionellopsis + Asteroplanus	Bacillariophyceae
Asterionella	Asterionella formosa	Bacillariophyceae
Asterionellopsis	Asterionellopsis	Bacillariophyceae
Asterionellopsis glacialis	Asterionellopsis glacialis	Bacillariophyceae
Asterolampra	Asterolampra	Bacillariophyceae
Asterolampraceae	Asterolampraceae	Bacillariophyceae
Asteromphalus	Asteromphalus	Bacillariophyceae
Asteroplanus	Asteroplanus	Bacillariophyceae
Asteroplanus	Asteroplanus karianus	Bacillariophyceae
Attheya	Attheya	Bacillariophyceae
Attheya	Attheya armata	Bacillariophyceae
Coscinodiscales	Aulacodiscus	Bacillariophyceae
Aulacoseira	Aulacoseira	Bacillariophyceae
Auricula	Auricula	Bacillariophyceae
Azadinium	Azadinium	Dinophyceae
Azadinium	Azadinium caudatum	Dinophyceae
Bacillaria	Bacillaria	Bacillariophyceae
Bacillaria	Bacillaria paxillifera	Bacillariophyceae
Bacillariaceae	Bacillariaceae	Bacillariophyceae
Bacillariophyceae	Bacillariophyceae	Bacillariophyceae
Bacteriastrum	Bacteriastrum	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Bacteriastrum	Bacteriastrum hyalinum	Bacillariophyceae
Bellerochea	Bellerochea	Bacillariophyceae
Biddulphia	Biddulphia	Bacillariophyceae
Biddulphia	Biddulphia membranacea	Bacillariophyceae
Biddulphia	Biddulphia rhombus	Bacillariophyceae
Biddulphiaceae	Biddulphiaceae	Bacillariophyceae
Bleakeleya	Bleakeleya	Bacillariophyceae
Blepharocysta	Blepharocysta	Dinophyceae
Cymatosiraceae	Brockmanniella	Bacillariophyceae
Cymatosiraceae	Brockmanniella brockmannii	Bacillariophyceae
Caloneis	Caloneis	Bacillariophyceae
Campyloneis	Campyloneis	Bacillariophyceae
Cymatosiraceae	Campylosira	Bacillariophyceae
Cymatosiraceae	Campylosira cymbelliformis	Bacillariophyceae
Centriques	Centriques	Bacillariophyceae
Centrodinium	Centrodinium	Dinophyceae
Cerataulina	Cerataulina	Bacillariophyceae
Cerataulina	Cerataulina pelagica	Bacillariophyceae
Ceratiaceae	Ceratiaceae	Dinophyceae
Ceratiaceae	Ceratium	Dinophyceae
Ceratiaceae	Ceratium + Neoceratium	Dinophyceae
Ceratium	Ceratium fusus var. fusus	Dinophyceae
Ceratiaceae	Ceratium tripos + Ceratium à cornes recourbées	Dinophyceae
Ceratocorys	Ceratocorys	Dinophyceae
Cylindrotheca	Ceratoneis closterium	Bacillariophyceae
Ceratoperidinium	Ceratoperidinium	Dinophyceae
Ceratoperidinium	Ceratoperidinium falcatum	Dinophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros affinis	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros anastomosans	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros armatus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros compressus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros curvisetus	Bacillariophyceae
Chaetoceros +	Chaetoceros curvisetus + debilis + pseudocurvisetus	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Chaetoceros	Chaetoceros danicus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros debilis	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros decipiens	Bacillariophyceae
Chaetoceros +	Chaetoceros decipiens + lorenzianus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros densus	Bacillariophyceae
Chaetoceros +	Chaetoceros densus + eibeni + borealis + castracanei	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros diadema	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros didymus	Bacillariophyceae
Chaetoceros +	Chaetoceros didymus + protuberans	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros diversus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros eibeni	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros fragilis	Bacillariophyceae
Chaetoceros +	Chaetoceros fragilis + wighamii + diversus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros lauderi	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros lorenzianus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros peruvianus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros protuberans	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros pseudocurvisetus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros rostratus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros similis	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros simplex	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros socialis	Bacillariophyceae
Chaetoceros +	Chaetoceros socialis + socialis f. radians	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros socialis f. radians	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros subtilis	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros subtilis var. abnormis	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros tenuissimus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros teres	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros tortissimus	Bacillariophyceae
Chaetoceros	Chaetoceros wighamii	Bacillariophyceae
Chaetocerotaceae	Chaetocerotaceae	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Raphidophyceae	Chattonella	Raphidophyceae
Raphidophyceae	Chattonellales	Raphidophyceae
Chlorophyceae	Chlorophyceae	Chlorophyceae
Choanofila	Choanofila	
Chromista	Chromista	
Chrysochromulina	Chrysochromulina	Prymnesiophyceae
Chrysophyceae	Chrysophyceae	Chrysophyceae
Ciliophora	Ciliophora	
Climaconeis	Climaconeis	Bacillariophyceae
Climaconeis	Climaconeis inflexa	Bacillariophyceae
Coccolithaceae	Coccolithaceae	Prymnesiophyceae
Coccolithaceae	Coccolithus	Prymnesiophyceae
Cocconeis	Cocconeis	Bacillariophyceae
Coccosphaerales	Coccosphaerales	Prymnesiophyceae
Cochlodinium	Cochlodinium	Dinophyceae
Cochlodinium	Cochlodinium polykrikoides	Dinophyceae
Coolia	Coolia	Dinophyceae
Corethron	Corethron	Bacillariophyceae
Corethron	Corethron pennatum	Bacillariophyceae
Prymnesiophyceae	Corymbellus	Prymnesiophyceae
Oxytoxaceae	Corythodinium	Dinophyceae
Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	Bacillariophyceae
Coscinodiscales	Coscinodiscales	Bacillariophyceae
Coscinodiscales	Coscinodiscophycidae	Bacillariophyceae
Coscinodiscus	Coscinodiscus	Bacillariophyceae
Coscinodiscus +	Coscinodiscus + Stellarima	Bacillariophyceae
Coscinodiscus +	Coscinodiscus asteromphalus + oculus-iridis + perforatus	Bacillariophyceae
Coscinodiscus	Coscinodiscus granii	Bacillariophyceae
Coscinodiscus	Coscinodiscus oculus-iridis	Bacillariophyceae
Coscinodiscus	Coscinodiscus radiatus	
Coscinodiscus +	Coscinodiscus radiatus + marginatus	Bacillariophyceae
Coscinodiscus	Coscinodiscus wailesii	Bacillariophyceae
Cryptophyceae	Cryptomonadales	Cryptophyceae
Cryptophyceae	Cryptophyceae	Cryptophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Cyanophyceae	Cyanobacteria	Cyanophyceae
Cyanophyceae	Cyanophyceae	Cyanophyceae
Cyclotella	Cyclotella	Bacillariophyceae
Cylindrotheca	Cylindrotheca	Bacillariophyceae
Cylindrotheca	Cylindrotheca closterium	Bacillariophyceae
Cylindrotheca +	Cylindrotheca closterium + Nitzschia longissima	Bacillariophyceae
Cylindrotheca	Cylindrotheca gracilis	Bacillariophyceae
Cymatosiraceae	Cymatosiraceae	Bacillariophyceae
Cymbella	Cymbella	Bacillariophyceae
Cymbellaceae	Cymbellaceae	Bacillariophyceae
Dactyliosolen	Dactyliosolen	Bacillariophyceae
Dactyliosolen	Dactyliosolen fragilissimus	Bacillariophyceae
Dactyliosolen	Dactyliosolen phuketensis	Bacillariophyceae
Delphineis	Delphineis	Bacillariophyceae
Detonula	Detonula	Bacillariophyceae
Detonula	Detonula pumila	Bacillariophyceae
Diatoma	Diatoma	Bacillariophyceae
Dictyocha	Dictyocha	Dictyochophyceae
Dictyocha	Dictyocha fibula	Dictyochophyceae
Dictyocha	Dictyocha speculum	Dictyochophyceae
Dictyochaceae	Dictyochaceae	Dictyochophyceae
Dictyochales	Dictyochales	Dictyochophyceae
Dictyochophyceae	Dictyochophyceae	Dictyochophyceae
Dinobryon	Dinobryon	Chrysophyceae
Dinoflagellata	Dinoflagellata	Dinophyceae
Dinophyceae	Dinophyceae	Dinophyceae
Dinophysiaceae	Dinophysiaceae	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis	Dinophyceae
Dinophysis +	Dinophysis + phalacroma	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis acuminata	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis acuta	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis caudata	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis fortii	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis norvegica	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Dinophysis	Dinophysis sacculus	Dinophyceae
Dinophysis	Dinophysis tripos	Dinophyceae
Diploneis	Diploneis	Bacillariophyceae
Diplopsalis	Diplopsalis	Dinophyceae
Diplopsalis +	Diplopsalis + Diplopelta + Diplopsalopsis + Preperidinium + Oblea	Dinophyceae
Diplopsalis +	Diplopsalis+Diplopelta+Diplopsalopsis+Preperidinium+Oblea	Dinophyceae
Diplopsalis	Diplopsalopsis	Dinophyceae
Discosphaera	Discosphaera	Prymnesiophyceae
Pyrocystaceae	Dissodinium	Dinophyceae
Pyrocystaceae	Dissodinium + Pyrocystis	Dinophyceae
Ditylum	Ditylum	Bacillariophyceae
Ditylum	Ditylum brightwellii	Bacillariophyceae
Ditylum	Ditylum sol	Bacillariophyceae
Donkinia	Donkinia	Bacillariophyceae
Ebria	Ebria	Ebriophyceae
Ebria	Ebria tripartita	Ebriophyceae
Ebriaceae	Ebriaceae	Ebriophyceae
Ensiculifera	Ensiculifera	Dinophyceae
Entomoneidaceae	Entomoneidaceae	Bacillariophyceae
Entomoneis	Entomoneis	Bacillariophyceae
Eucampia	Eucampia	Bacillariophyceae
Eucampia +	Eucampia + Climacodium	Bacillariophyceae
Eucampia	Eucampia zodiacus	Bacillariophyceae
Euglenia	Euglenia	Euglenoidea
Euglenia	Euglenaceae	Euglenoidea
Euglenia	Euglenia	Euglenoidea
Euglenoidea	Euglenoidea	Euglenoidea
Anaulales	Eunotogramma	Bacillariophyceae
Eutreptia	Eutreptia	Euglenoidea
Eutreptiida	Eutreptiaceae	Euglenoidea
Eutreptiella	Eutreptiella	Euglenoidea
Eutreptiida	Eutreptiida	Euglenoidea
Fibrocapsa	Fibrocapsa	Raphidophyceae
Fibrocapsa	Fibrocapsa japonica	Raphidophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Fragilaria	Fragilaria	Bacillariophyceae
Fragilariaceae	Fragilariaceae	Bacillariophyceae
Fragilariopsis	Fragilariopsis	Bacillariophyceae
Fragilidium	Fragilidium	Dinophyceae
Gambierdiscus	Gambierdiscus	Dinophyceae
Cymbellales	Gomphonema	Bacillariophyceae
Cymbellales	Gomphonema + Gomphoneis	Bacillariophyceae
Cymbellales	Gomphonemataceae	Bacillariophyceae
Goniodoma	Goniodoma	Dinophyceae
Goniodoma	Goniodoma polyedricum	Dinophyceae
Goniodomataceae	Goniodomataceae	Dinophyceae
Gonyaulacaceae	Gonyaulacaceae	Dinophyceae
Gonyaulacales	Gonyaulacales	Dinophyceae
Gonyaulax	Gonyaulax	Dinophyceae
Gonyaulax +	Gonyaulax complexe spinifera (diegensis + digitale + spinifera)	Dinophyceae
Gonyaulax	Gonyaulax digitalis	Dinophyceae
Gonyaulax	Gonyaulax grindleyi	Dinophyceae
Gonyaulax	Gonyaulax polygramma	Dinophyceae
Gonyaulax	Gonyaulax spinifera	Dinophyceae
Gonyaulax	Gonyaulax verior	Dinophyceae
Grammatophora	Grammatophora	Bacillariophyceae
Grammatophora	Grammatophora oceanica	Bacillariophyceae
Grammatophora	Grammatophora serpentina	Bacillariophyceae
Guinardia	Guinardia	Bacillariophyceae
Guinardia	Guinardia delicatula	Bacillariophyceae
Guinardia	Guinardia flaccida	Bacillariophyceae
Guinardia	Guinardia striata	Bacillariophyceae
Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	Dinophyceae
Gymnodiniales	Gymnodiniales	Dinophyceae
Gymnodiniales	Gymnodiniida	Dinophyceae
Gymnodinium	Gymnodinium	Dinophyceae
Gymno. + Gyro.	Gymnodinium + Gyrodinium	Dinophyceae
Gymnodinium	Gymnodinium catenatum	Dinophyceae
Gymnodinium	Gymnodinium impudicum	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Gyrodinium	Gyrodinium	Dinophyceae
Gyrodinium	Gyrodinium fusiforme	Dinophyceae
Gyrodinium	Gyrodinium spirale	Dinophyceae
Gyrosigma	Gyrosigma	Bacillariophyceae
Gyrosigma	Gyrosigma fasciola	Bacillariophyceae
Halosphaera	Halosphaera	Prasinophyceae
Nitzschia + Hantz.	Hantzschia	Bacillariophyceae
Prymnesiophyceae	Haptolina hirta + ericina + Chrysochromulina spinifera	Prymnesiophyceae
Haslea	Haslea	Bacillariophyceae
Haslea	Haslea ostrearia	Bacillariophyceae
Haslea	Haslea wawrikan	Bacillariophyceae
Ciliophora	Helicostomella	
Helicotheca	Helicotheca	Bacillariophyceae
Helicotheca	Helicotheca tamesis	Bacillariophyceae
Coscinodiscales	Heliopeltaceae	Bacillariophyceae
Hemiaulus	Hemiaulus	Bacillariophyceae
Hemiaulus	Hemiaulus hauckii	Bacillariophyceae
Hemiaulus	Hemiaulus membranaceus	Bacillariophyceae
Hemiaulus	Hemiaulus sinensis	Bacillariophyceae
Coscinodiscales	Hemidiscaceae	Bacillariophyceae
Hermesinum	Hermesinum	Ebriophyceae
Heterocapsa	Heterocapsa	Dinophyceae
Heterocapsa	Heterocapsa niei	Dinophyceae
Heterocapsa	Heterocapsa rotundata	Dinophyceae
Heterocapsa	Heterocapsa triquetra	Dinophyceae
Heterocapsaceae	Heterocapsaceae	Dinophyceae
Heterosigma	Heterosigma	Raphidophyceae
Heterosigma	Heterosigma akashiwo	Raphidophyceae
Hyalodiscaceae	Hyalodiscaceae	Bacillariophyceae
Isthmia	Isthmia	Bacillariophyceae
Karenia	Karenia	Dinophyceae
Karenia	Karenia brevis	Dinophyceae
Karenia	Karenia brevis + papilionacea	Dinophyceae
Karenia	Karenia mikimotoi	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Karenia	Karenia papilionacea	Dinophyceae
Kareniaceae	Kareniaceae	Dinophyceae
Gymnodiniales	Karlodinium	Dinophyceae
Gymnodiniales	Karlodinium veneficum	Dinophyceae
Gymnodiniales	Katodinium	Dinophyceae
Gymnodiniales	Katodinium glaucum	Dinophyceae
Kryptoperidinium	Kryptoperidinium	Dinophyceae
Kryptoperidinium	Kryptoperidinium foliaceum	Dinophyceae
Ciliophora	Laboea	
Lauderia	Lauderia	Bacillariophyceae
Lauderia +	Lauderia + Detonula	Bacillariophyceae
Lauderia	Lauderia annulata	Bacillariophyceae
Lepidodinium	Lepidodinium	Dinophyceae
Lepidodinium	Lepidodinium chlorophorum	Dinophyceae
Leptocylindraceae	Leptocylindraceae	Bacillariophyceae
Leptocylindrus	Leptocylindrus	Bacillariophyceae
Leptocylindrus	Leptocylindrus danicus	Bacillariophyceae
Leptocylindrus +	Leptocylindrus danicus + curvatus	Bacillariophyceae
Leptocylindrus	Leptocylindrus mediterraneus	Bacillariophyceae
Leptocylindrus	Leptocylindrus minimus	Bacillariophyceae
Leptocylindrus +	Leptocylindrus, complexe danicus groupe des larges (danicus + curvatus + mediterraneus + aporus + convexus + hargravesii + adriaticus)	Bacillariophyceae
Leptocylindrus +	Leptocylindrus, complexe minimus groupe des fines (L. minimus + Tenuicylindrus belgicus)	Bacillariophyceae
Lessardia	Lessardia	Dinophyceae
Levanderina	Levanderina fissa	Dinophyceae
Licmophora	Licmophora	Bacillariophyceae
Lingulodinium	Lingulodinium	Dinophyceae
Lingulodinium	Lingulodinium polyedra	Dinophyceae
Lingulodinium	Lingulodinium polyedrum	Dinophyceae
Lioloma	Lioloma	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Lithodesmiaceae	Lithodesmiaceae	Bacillariophyceae
Lithodesmium	Lithodesmium	Bacillariophyceae
Lithodesmium	Lithodesmium undulatum	Bacillariophyceae
Lyrella	Lyrella	Bacillariophyceae
Mediopyxis	Mediopyxis	Bacillariophyceae
Mediopyxis	Mediopyxis helysia	Khakista incertae sedis
Melosira	Melosira	Bacillariophyceae
Melosira	Melosira moniliformis	Bacillariophyceae
Melosira	Melosira nummuloides	Bacillariophyceae
Melosiraceae	Melosiraceae	Bacillariophyceae
Meringosphaera	Meringosphaera	Xanthophyceae
Merismopedia	Merismopedia	Cyanophyceae
Mesodinium	Mesodinium	Litostomatea
Mesodinium	Mesodinium rubrum	Litostomatea
Prorocentraceae	Mesoporos	Dinophyceae
Dinophysiacae	Metaphalacroma	Dinophyceae
Meuniera	Meuniera	Bacillariophyceae
Meuniera	Meuniera membranacea	Bacillariophyceae
Prymnesiophyceae	Michaelsarsia adriaticus	Prymnesiophyceae
Gonyaulacales	Micracanthodinium	Dinophyceae
Cyanophyceae	Microcystis	Cyanophyceae
Cymatosiraceae	Minutocellus	Bacillariophyceae
Cnidaria	Modeeria	Hydrozoa
Naviculales	Navicula	Bacillariophyceae
Naviculales	Navicula + Fallacia + Haslea + Lyrella + Petroneis	Bacillariophyceae
Naviculales	Navicula gregaria	Bacillariophyceae
Naviculales	Navicula gregaria + cryptocephala	Bacillariophyceae
Naviculales	Navicula pelagica	Bacillariophyceae
Naviculales	Naviculaceae	Bacillariophyceae
Naviculales	Naviculales	Bacillariophyceae
Warnowiaceae	Nematodinium	Dinophyceae
Neocalyptrella	Neocalyptrella	Dinophyceae
Rhizosoleniaceae	Neocalyptrella robusta	Bacillariophyceae
Neoceratium	Neoceratium	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Ceratiaceae	Neoceratium arietinum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium azoricum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium candelabrum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium concilians	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium declinatum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium furca	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium fusus	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium horridum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium lineatum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium lineatum + minutum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium macroceros	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium pentagonum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium ranipes	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium symmetricum	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium teres	Dinophyceae
Ceratiaceae	Neoceratium tripos	Dinophyceae
Nitzschia	Nitzschia	Bacillariophyceae
Nitzschia + Hantz.	Nitzschia + Hantzschia	Bacillariophyceae
Nitzschia	Nitzschia bicapitata	Bacillariophyceae
Nitzschia	Nitzschia longissima	Bacillariophyceae
Noctilucales	Noctiluca	Noctiluacea
Noctilucales	Noctiluca scintillans	Noctiluacea
Noctilucales	Noctilucaceae	Noctiluacea
Noctilucales	Noctilucales	Noctiluacea
Noctilucales	Noctilucida	Noctiluacea
Oblea	Oblea	Dinophyceae
Octactis	Octactis	Dictyochophyceae
Odontella	Odontella	Bacillariophyceae
Odontella	Odontella aurita	Bacillariophyceae
Odontella	Odontella granulata	Bacillariophyceae
Odontella	Odontella mobiliensis	Bacillariophyceae
Odontella	Odontella regia	Bacillariophyceae
Odontella	Odontella sinensis	Bacillariophyceae
Ophiaster	Ophiaster	Syracosphaeraceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Ornithocercus	Ornithocercus	Dinophyceae
Cyanophyceae	Oscillatoria	Cyanophyceae
Ostreopsis	Ostreopsis	Dinophyceae
Ostreopsis	Ostreopsis ovata	Dinophyceae
Oxyrrhis	Oxyrrhis	Dinophyceae
Oxyrrhis	Oxyrrhis marina	Dinophyceae
Oxytoxaceae	Oxytoxaceae	Dinophyceae
Oxytoxum	Oxytoxum	Dinophyceae
Oxytoxum +	Oxytoxum + Corythodinium	Dinophyceae
Oxytoxum	Oxytoxum scolopax	Dinophyceae
Oxytoxum	Oxytoxum variabile	Dinophyceae
Gonyaulacales	Palaeophalacroma	Dinophyceae
Paralia	Paralia	Bacillariophyceae
Paralia	Paralia sulcata	Bacillariophyceae
Pediastrum	Pediastrum	Chlorophyceae
Pedinellales	Pedinellales	Dictyochophyceae
Pennées	Pennées	Bacillariophyceae
Peridinales	Peridiniaceae	Dinophyceae
Peridinales	Peridinales	Dinophyceae
Gonyaulacales	Peridiniella	Dinophyceae
Peridinales	Peridiniida	Dinophyceae
Peridiniida	Peridiniida incertae sedis	Dinophyceae
Peridinium	Peridinium	Dinophyceae
Peridinium	Peridinium quinquecorne	Dinophyceae
Phaeocystis	Phaeocystis	Prymnesiophyceae
Phalacroma	Phalacroma	Dinophyceae
Phalacroma	Phalacroma cuneus	Dinophyceae
Phalacroma	Phalacroma rapa	Dinophyceae
Phalacroma	Phalacroma rotundata	Dinophyceae
Phalacroma	Phalacroma rotundatum	Dinophyceae
Chromista	Phytoflagelles excepte dinoflagelles	
Pinnularia	Pinnularia	Bacillariophyceae
Plagiogramma	Plagiogramma	Bacillariophyceae
Plagiogrammopsis	Plagiogrammopsis	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Plagiogrammopsis	Plagiogrammopsis vanheurckii	Bacillariophyceae
Plagiolemma	Plagiolemma	Bacillariophyceae
Plagiolemma	Plagiolemma distortum	Bacillariophyceae
Plagiolemma	Plagiolemma sp. nov.	Bacillariophyceae
Plagiotropidaceae	Plagiotropidaceae	Bacillariophyceae
Plagiotropis	Plagiotropis	Bacillariophyceae
Pleurosigmataceae	Pleurosigma	Bacillariophyceae
Pleurosigmataceae	Pleurosigma + Gyrosigma	Bacillariophyceae
Podocystis	Podocystis	Bacillariophyceae
Podolampas	Podolampas	Dinophyceae
Podolampas	Podolampas palmipes	Dinophyceae
Podosira	Podosira	Bacillariophyceae
Podosira +	Podosira + Hyalodiscus	Bacillariophyceae
Podosira	Podosira stelligera	Bacillariophyceae
Polykrikaceae	Polykrikaceae	Dinophyceae
Polykrikaceae	Polykrikos	Dinophyceae
Polykrikaceae	Polykrikos schwarzii	Dinophyceae
Porosira	Porosira	Bacillariophyceae
Prasinophyceae	Prasinophyceae	Prasinophyceae
Proboscia	Proboscia	Bacillariophyceae
Proboscia	Proboscia alata	Bacillariophyceae
Proboscia	Proboscia alata f. alata	Bacillariophyceae
Proboscia	Proboscia indica	Bacillariophyceae
Proboscia	Proboscia truncata	Bacillariophyceae
Noctilucales	Pronoctiluca	Dinophyceae
Prorocentrales	Prorocentrales	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum	Dinophyceae
Prorocentrum +	Prorocentrum balticum + cordatum	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum compressum	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum cordatum	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum dentatum	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum gracile	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum lima	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum mexicanum	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Prorocentrum	Prorocentrum micans	Dinophyceae
Prorocentrum +	Prorocentrum micans + arcuatum + gibbosum + scutellum	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum scutellum	Dinophyceae
Prorocentrum	Prorocentrum triestinum	Dinophyceae
Protoceratium	Protoceratium	Dinophyceae
Protoceratium	Protoceratium reticulatum	Dinophyceae
Protoctista	Protoctista	
Protoperidinium	Protoperidinium	Dinophyceae
Protoperidinium +	Protoperidinium + Peridinium	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium bipes	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium brevipes	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium claudicans	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium conicum	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium crassipes	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium depressum	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium diabolum	Dinophyceae
Protoperidinium +	Protoperidinium diabolum + longipes	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium divergens	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium granii	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium oblongum	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium obtusum	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium pallidum	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium quinquecorne	Dinophyceae
Protoperidinium	Protoperidinium steinii	Dinophyceae
Protoperidinium +	Protoperidinium steinii + pyriforme	Dinophyceae
Prymnesiophyceae	Prymnesiaceae	Prymnesiophyceae
Prymnesiophyceae	Prymnesiales	Prymnesiophyceae
Prymnesiophyceae	Prymnesiophyceae	Prymnesiophyceae
Prymnesiophyceae	Prymnesium	Prymnesiophyceae
Pseliodinium	Pseliodinium	Dinoflagellata incertae sedis
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia americana	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia australis	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia delicatissima	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia fraudulenta	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia multistriata	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia seriata	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia	Pseudo-nitzschia subpacifica	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, complexe americana (americana + brasiliana)	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, complexe delicatissima, groupe des fines (calliantha + delicatissima + pseudodelicatissima + subcurvata)	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, complexe seriata, groupe des effilées (multiseries + pungens)	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, complexe seriata, groupe des larges (australis + fraudulenta + seriata + subpacifica)	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, groupe des larges asymétriques (australis + seriata + subpacifica)	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, groupe des larges symétriques (fraudulenta)	Bacillariophyceae
Pseudo-nitzschia +	Pseudo-nitzschia, groupe des sigmoïdes (multistriata)	Bacillariophyceae
Pedinellales	Pseudopedinella	Dictyochophyceae
Pseudosolenia	Pseudosolenia	Bacillariophyceae
Pseudosolenia	Pseudosolenia calcar-avis	Bacillariophyceae
Pyramimonas	Pyramimonas	Prasinophyceae
Pyramimonas	Pyramimonas longicauda	Prasinophyceae
Pyrocystaceae	Pyrocystaceae	Dinophyceae
Pyrocystaceae	Pyrocystis	Dinophyceae
Pyrocystaceae	Pyrocystis robusta	Dinophyceae
Pyrophacaceae	Pyrophacaceae	Dinophyceae
Pyrophacus	Pyrophacus	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Raphidophyceae	Raphidophyceae	Raphidophyceae
Prymnesiophyceae	Rhabdolithes	Prymnesiophyceae
Rhabdonema	Rhabdonema	Bacillariophyceae
Rhabdonema	Rhabdonema adriaticum	Bacillariophyceae
Rhaphoneis	Rhaphoneis	Bacillariophyceae
Rhaphoneis +	Rhaphoneis + Delphineis	Bacillariophyceae
Rhaphoneis	Rhaphoneis amphiceros	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia hebetata	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia hyalina	
Rhizosolenia	Rhizosolenia imbricata	Bacillariophyceae
Rhizosolenia +	Rhizosolenia imbricata + styliformis	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia robusta	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia setigera	Bacillariophyceae
Rhizosolenia +	Rhizosolenia setigera + setigera f. pungens	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia setigera f. pungens	Bacillariophyceae
Rhizosolenia	Rhizosolenia styliformis	Bacillariophyceae
Rhizosoleniaceae	Rhizosoleniaceae	Bacillariophyceae
Scenedesmus	Scenedesmus	Chlorophyceae
Scenedesmus	Scenedesmus quadricauda	Chlorophyceae
Schroederella	Schroederella	Bacillariophyceae
Scrippsiella	Scrippsiella	Dinophyceae
Scrippsiella +	Scrippsiella + Ensiculifera + Pentapharsodinium	Dinophyceae
Chlorophyceae	Selenastrum	Chlorophyceae
Skeletonema	Skeletonema	Bacillariophyceae
Skeletonema	Skeletonema costatum	Bacillariophyceae
Noctilucales	Spatulodinium	Dinophyceae
Noctilucales	Spatulodinium pseudonociluca	Dinophyceae
Stauroneis	Stauroneis	Bacillariophyceae
Stephanopyxis	Stephanopyxis	Bacillariophyceae
Stephanopyxis	Stephanopyxis turris	Bacillariophyceae
Striatella	Striatella	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Striatella	Striatella unipunctata	Bacillariophyceae
Surirellaceae	Surirella	Bacillariophyceae
Surirellaceae	Surirellaceae	Bacillariophyceae
Synedra	Synedra	Bacillariophyceae
Synedra +	Synedra + Toxarium	Bacillariophyceae
Prymnesiophyceae	Syracosphaera	Prymnesiophyceae
Tabellaria	Tabellaria	Bacillariophyceae
Tetraselmis	Tetraselmis	Prasinophyceae
Tetraselmis +	Tetraselmis + Prasinocladus	Prasinophyceae
Thalassionema	Thalassionema	Bacillariophyceae
Thalassionema +	Thalassionema + Thalassiothrix + Lioloma	Bacillariophyceae
Thalassionema	Thalassionema bacillare	Bacillariophyceae
Thalassionema	Thalassionema frauenfeldii	Bacillariophyceae
Thalassionema	Thalassionema nitzschioides	Bacillariophyceae
Thalassionemataceae	Thalassionemataceae	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira	Bacillariophyceae
Thalassiosira +	Thalassiosira + Porosira	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira angulata	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira anguste-lineata	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira antarctica	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira decipiens	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira eccentrica	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira gravida	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira hendeyi	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira levanderi	Bacillariophyceae
Thalassiosira +	Thalassiosira levanderi + minima	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira minima	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira nordenskiöldii	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira punctigera	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira rotula	Bacillariophyceae
Thalassiosira +	Thalassiosira rotula + gravida	Bacillariophyceae
Thalassiosira	Thalassiosira subtilis	Bacillariophyceae
Thalassiosiraceae	Thalassiosiraceae	Bacillariophyceae
Thalassiosirales	Thalassiosirales	Bacillariophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Thalassiothrix	Thalassiothrix	Bacillariophyceae
Thecadinium	Thecadinium	Dinophyceae
Ciliophora	Tiarina	Prostomatea
Ciliophora	Tintinnidae	Oligotrichea
Ciliophora	Tintinnina	Oligotrichea
Torodinium	Torodinium	Dinophyceae
Torodinium	Torodinium robustum	Dinophyceae
Dinophysis	tous Dinophysis ronds avec epitheque bien visible	Dinophyceae
Toxarium	Toxarium undulatum	Bacillariophyceae
Trachyneis	Trachyneis	Bacillariophyceae
Triadinium	Triadinium	Dinophyceae
Triceratiaceae	Triceratiaceae	Bacillariophyceae
Triceratium	Triceratium	Bacillariophyceae
Triceratium	Triceratium favus	Bacillariophyceae
Trieres	Trieres	Bacillariophyceae
Trieres	Trieres mobiliensis	Bacillariophyceae
Trieres	Trieres regia	Bacillariophyceae
Trigonium	Trigonium alternans	Bacillariophyceae
Tripos	Tripos	Dinophyceae
Tripos	Tripos falcatus	Dinophyceae
Tripos	Tripos furca	Dinophyceae
Tripos	Tripos fusus	Dinophyceae
Tripos	Tripos horridus	Dinophyceae
Tripos	Tripos limulus	Dinophyceae
Tripos	Tripos lineatus	Dinophyceae
Tripos +	Tripos lineatus + minutus	Dinophyceae
Tripos	Tripos longipes	Dinophyceae
Tripos	Tripos muelleri	Dinophyceae
Tripos	Tripos symmetricus	Dinophyceae
Tripos	Tripos trichoceros	Dinophyceae
Vulcanodinium	Vulcanodinium	Dinophyceae
Vulcanodinium	Vulcanodinium rugosum	Dinophyceae
Warnowia	Warnowia	Dinophyceae
Warnowia +	Warnowia + Nematodinium + Nematopsides	Dinophyceae

Intitulé.Graphe	Libellé.taxon	Classe
Warnowiaceae	Warnowiaceae	Dinophyceae
	Aulacodiscaceae	Bacillariophyceae
	Aulacoseiraceae	Bacillariophyceae
	Ceratocorys armata	Dinophyceae
	Chaetoceros atlanticus	Bacillariophyceae
	Chaetoceros brevis	Bacillariophyceae
	Chaetoceros lacinosus	Bacillariophyceae
	Chaetoceros mitra	Bacillariophyceae
	Climacosphenia	Bacillariophyceae
	Closterium	
	Cystodinium	Dinophyceae
	Dactyliosolen blavyanus	Bacillariophyceae
	Dinophysis hastata + odiosa	Dinophyceae
	Dinophysis odiosa	Dinophyceae
	Entomoneis alata	Bacillariophyceae
	Eucampia cornuta	Bacillariophyceae
	Gyrodinium fusus	Dinophyceae
	Oxytoxum sphaeroideum	Dinophyceae
	Peridinium quadridentatum	Dinophyceae
	Plagiotropis lepidoptera	Bacillariophyceae
	Podolampas bipes	Dinophyceae
	Protoperidinium oviforme	Dinophyceae
	Protoperidinium pellucidum	Dinophyceae
	Protoperidinium pyriforme	Dinophyceae
	Pseudo-nitzschia galaxiae	Bacillariophyceae
	Pyrocystis lunula	Dinophyceae
	Rhizosolenia calcar-avis	Bacillariophyceae
	Rhizosolenia striata	Bacillariophyceae

- **Annexe 3** Tableau de synthèse des limitations potentielles en nutriments pour l'ensemble des radiales en 2022

TABLEAU 86 – Limitation en nutriments en 2022.

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov
Point 1 Dunkerque	P,Si,N	P,Si,N	Si,P,N	Si,N,P	N,Si,P	N,Si,P			N,P,Si	Si,N,P Si,P,N	Si,P,N P,Si,N
Point 3 SRN Dunkerque	Si,P,N		Si,P,N	Si,N,P	N,Si,P	N,Si,P N,P,Si	Si,N,P	N,Si,P	N,P,Si	N,Si,P	Si,P,N
Point 4 SRN Dunkerque	Si,P,N		Si,P,N	Si,P,N	Si,N,P	N,Si,P N,P,Si	N,Si,P	N,Si,P	N,P,Si	N,Si,P	Si,P,N
Point 1 Boulogne	P,Si,N	P,Si,N	P,Si,N Si,P,N	Si,P,N	Si,N,P	Si,N,P N,Si,P	N,Si,P	N,P,Si	N,Si,P P,N,Si	Si,P,N	P,Si,N
Point 2 SRN Boulogne	Si,P,N		Si,P,N P,Si,N	Si,P,N	P,N,Si N,Si,P	Si,N,P Si,P,N	Si,P,N	N,Si,P	N,P,Si	N,Si,P	
Point 3 SRN Boulogne	Si,P,N		Si,P,N	Si,P,N	Si,P,N N,P,Si	N,P,Si P,N,Si	N,P,Si	N,Si,P	N,P,Si	N,Si,P	
At so	P,Si,N		P,Si,N	Si,P,N	Si,N,P	Si,N,P N,Si,P	N,Si,P	N,P,Si	N,P,Si P,Si,N	P,Si,N	
SRN Somme mer 1											
SRN Somme mer 2	P,Si,N		P,Si,N Si,P,N	Si,N,P	Si,N,P	Si,N,P N,Si,P	N,Si,P	N,P,Si	N,P,Si	N,P,Si	
Mimer	P,Si,N		P,Si,N	Si,P,N	Si,N,P Si,P,N	Si,N,P	N,Si,P	N,P,Si	N,P,Si	P,Si,N	
Bif	P,Si,N		P,Si,N	Si,P,N	Si,P,N Si,N,P	Si,N,P N,Si,P	N,Si,P		P,N,Si	P,Si,N	