

BILAN DES OBSERVATIONS HYDROLOGIQUES DU SECTEUR COTIER AU LARGE DE LA LOIRE ET DE LA VILAINE EN 2016

Retho Michaël • Bizzozero Lucie • Le Merrer Yoann • Manach Soazig • Collin Karine • Fortune
Mireille • Scmitt Anne • Gabellec Raoul • Souchu Philippe • Cochenec-Laureau Nathalie

Décembre 2017



Fiche documentaire

Titre du rapport : Bilan des observations hydrologiques du secteur côtier au large de la Loire et de la Vilaine	
Référence interne : RST/LER/MPL 17-19 Diffusion : <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d’embargo : AAA/MM/JJ <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	Date de publication : 2017 Version : 1.0.0 Référence de l’illustration de couverture ©LER/MPL Langue(s) : français
Résumé/ Abstract :	
<p>Ce rapport décrit le contexte hydrologique du littoral côtier du Morbihan, de la Loire Atlantique et de la Vendée Nord, sous l’influence de la Loire et de la Vilaine, durant l’année 2016. Il s’appuie sur les suivis environnementaux réalisés dans le cadre des réseaux REPHY et de la DCE, complétés des données acquises en haute fréquence sur la bouée MOLIT (réseau COAST HF-HOSEA).</p>	
Mots-clés/ Key words :	
Hydrologie, DCE, nutriment, Loire Bretagne, REPHY, phytoplancton	
Comment citer ce document :	
Disponibilité des données de la recherche :	
DOI :	

Commanditaire du rapport :	
Nom / référence du contrat :	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) :	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
Retho Michaël	ODE/UL/LER/MPL
Bizzozero Lucie	
Le Merrer Yoann	
Manach Soazig	
Collin Karine	
Fortune Mireille	
Schmitt Anne	
Gabellec Raoul	
Souchu Philippe	
Cochennec-Laureau Nathalie	
Encadrement(s) :	
Destinataire :	
Validé par : Cochennec-Laureau Nathalie nathalie.cochennec@ifremer.fr	

Sommaire

1. Introduction.....	5
2. Stratégie d’observation.....	6
3. Acquisition des données	8
3.1. Météorologie.....	8
3.2. Hydrologie	8
3.3. Nutriments	8
3.4. Phytoplancton	8
4. Résultats et discussion	9
4.1. Conditions climatiques	9
4.1.1. Ensoleillement	9
4.1.2. Pluviométrie.....	9
4.2. Mesures physico-chimiques.....	11
4.2.1. Température de l’eau	11
4.2.2. Salinité	14
4.2.3. Oxygène dissous	19
4.3. Nutriments	22
4.4. Communautés phytoplanctoniques.....	30
5. Conclusions.....	34
6. Références bibliographiques.....	36
7. Glossaire	37
8. Abréviations	38

1. Introduction

Le suivi hydrologique du LER/MPL s'appuie sur treize stations littorales du Morbihan au Nord Vendée (Figure 1). Ces stations sont suivies dans le cadre du réseau d'observation et de Surveillance du Phytoplancton et de l'hydrologie dans les eaux littorales (REPHY) et de la Directive cadre sur l'eau (DCE). Elles sont réparties de la Laïta (ouest de Lorient dans le Morbihan) à La Vie (à Saint Gilles-croix-De-Vie en Vendée) (Tableau 1). Parmi ces treize stations, quatre stations bénéficient d'un suivi complémentaire dans le cadre du REPHY-Observation (REPHY-Obs) et une station dans le cadre du réseau High Frequency Observation network for the environment in coastal SEAs (HOSEA). Ce document synthétise les données hydrologiques obtenues en 2016 dans ce secteur fortement influencé par les apports de la Loire et de la Vilaine. Il s'appuie sur les sept stations les plus pertinentes de ce secteur pour suivre l'impact de ces deux grands fleuves sur la qualité des eaux littorales et les phénomènes consécutifs d'eutrophisation : du nord au sud, « Lorient 16 », « Men er Roué », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud », « Pointe Saint Gildas large », « Bois de la Chaise large » (Figure 1). Par ailleurs, ce bilan a été enrichi, en 2016, par les résultats d'expérimentations spécifiques du programme de recherche DIETE (Diagnostic ETendu de l'Eutrophisation dans le Mor Braz, Souchu *et al.*, 2016).

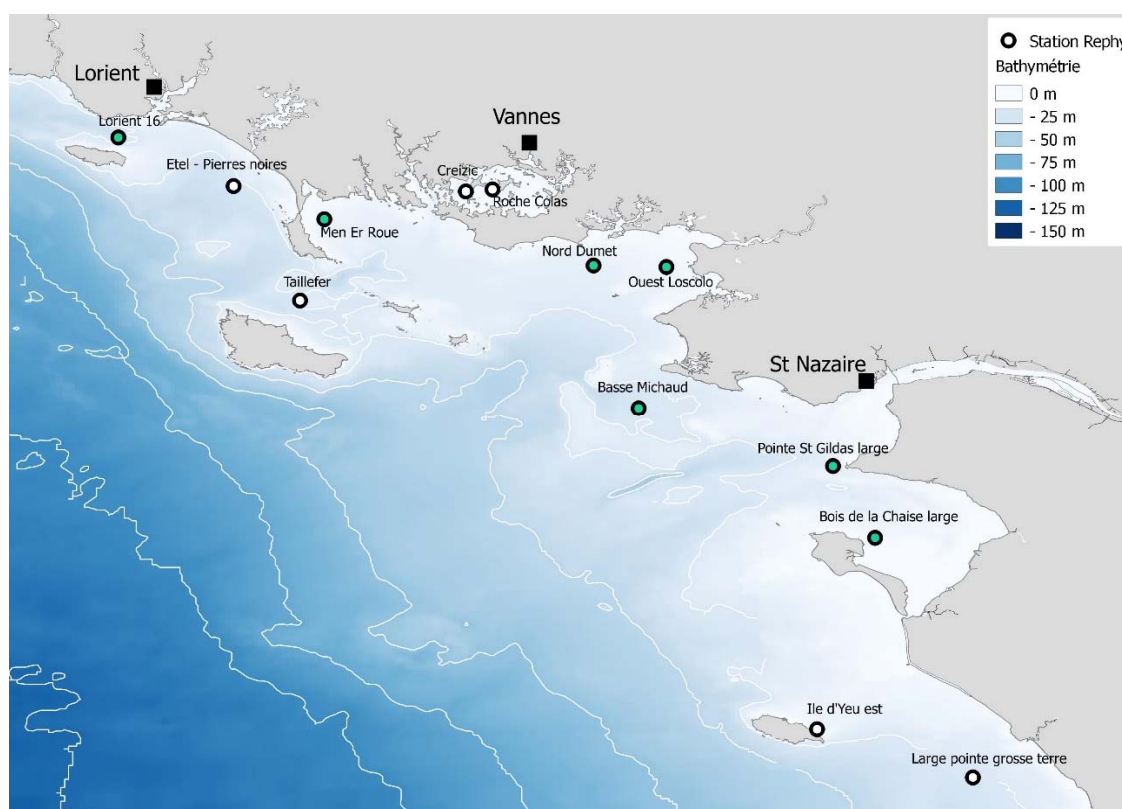


Figure 1. Stations de suivi hydrologique le long du linéaire côtier du Morbihan, des Pays de Loire et du Nord Vendée (environ 1000 km de linéaire côtier). Les points verts correspondent aux 7 stations retenues pour l'analyse des données présentée dans ce rapport, du nord au sud de ce secteur, « Lorient 16 », « Men er Roué », « Ouest Loscolo », « Nord Dumet », « Basse Michaud », « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise large ».

2. Stratégie d'observation

Le Tableau 1 liste l'ensemble des stations suivies dans le cadre du réseau REPHY Observation et la DCE ainsi que leur stratégie de suivi. Le détail des stratégies d'échantillonnage est précisé dans le Tableau 2. Le suivi environnemental est complété pour certaines stations :

- « Lorient 16 », « Taillefer », Creizic », Roche Colas », « Pointe Saint Gildas large », « Ile d'Yeu est » : un suivi sanitaire en cas d'alerte dans le cadre du réseau REPHYTOX, sur les paramètres hydrologiques (sauf nutriments) et les flores toxiques,
- « Men er Roué », « Ouest Loscolo » : un suivi de l'indice pigmentaire dans le cadre d'une étude ONEMA/Agence de l'eau,
- « Nord Dumet » : un suivi hydrologique en continu haute fréquence (bouée MOLIT) dans le cadre du réseau HOSEA.

Tableau 1 : Ensemble des stations hydrologiques suivies par le LER/MPL dans le cadre des réseaux d'observations de la DCE (DCE) et du réseau REPHY observation (REPHY-Obs)

Numéro de station	Nom de la station	Stratégie	Complément
049-P-020	Lorient 16*	DCE	Suivi sanitaire Profil hydro vertical
052-P-010	Etel - Pierres noires	DCE	
054-P-005	Taillefer	DCE	Suivi sanitaire
055-P-001	Men er Roue*	DCE/Rephy-Obs	Suivi pigment
061-P-003	Creizic	DCE	Suivi sanitaire
061-P-073	Roche Colas (début du suivi DCE 2016)	DCE depuis 2017	Suivi sanitaire
062-P-018	Nord Dumet*	DCE	Suivi HOSEA Profil hydro vertical
063-P-002	Ouest Loscolo*	DCE/Rephy-Obs	Suivi pigment Profil hydro vertical
069-P-024	Pointe St Gildas large*	DCE	Suivi sanitaire Profil hydro vertical
069-P-075	Basse Michaud*	DCE/Rephy-Obs	Profil hydro vertical
071-P-061	Bois de la Chaise large*	DCE/Rephy-Obs	Profil hydro vertical
072-P-005	Ile d'Yeu est	DCE	Suivi sanitaire
074-P-016	Large pointe grosse terre	DCE	

* Stations dont les données sont traitées dans ce document.

Tableau 2 : Détails des stratégies d'échantillonnage DCE et REPHY-obs

		Nutriment	Hydrologie (T°C, Sali., O ₂ , Turb)	Chla	Flore indicatrice	Flore totale
DCE	fréquence	mensuelle	mensuelle	mensuelle	mensuelle	-
	période	nov-fév ¹	<ul style="list-style-type: none"> toute l'année juin à sept pour O₂ dissous au fond 	mars-oct	toute l'année	-
Rephy-Obs	fréquence	bimensuelle	bimensuelle	bimensuelle		bimensuelle
	période	toute l'année	toute l'année	toute l'année		toute l'année

¹ Saur pour la station Nord Dumet : les prélèvements sont effectués toute l'année car cette masse d'eau est à risque pour les phénomènes d'eutrophisation

REPHY Observation

Le linéaire côtier du LER/MPL (environ 1000 km) comprend quatre stations d'observation qui sont destinées au suivi en surface des paramètres physico-chimiques, des concentrations de nutriments, de la biomasse chlorophyllienne (Chl a) et du dénombrement et l'identification du phytoplancton. Elles sont représentatives de la qualité des masses d'eau de ce littoral : « Men er Roué », « Ouest Loscolo », « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise large » (Figure 1).

En 2016, nous avons initié la mise en place d'une nouvelle station « Basse Michaud » pour le réseau d'observation en complément de la station « Pointe Saint Gildas large » située à proximité du continent et en sortie immédiate de l'estuaire de la Loire. La station « Basse Michaud » est située plus au large entre l'estuaire de la Loire et la Baie de Vilaine (Figure 1).

Directive Cadre sur l'Eau

Dix masses d'eaux côtières font l'objet d'un suivi hydrologique mensuel. Le nombre de mois échantillonnés dans l'année varie en fonction des paramètres. La DCE impose le suivi de(s) :

- nutriments, de novembre à février,
- oxygène dissous, de juin à septembre,
- chlorophylle a , de mars à octobre,
- phytoplancton et paramètres physico-chimiques (T° , salinité et turbidité), toute l'année.

La comparaison des résultats acquis sur les stations « Basse Michaud » et « Pointe Saint Gildas large », pendant 2 ans de 2016 à 2017 permettra de définir la stratégie d'échantillonnage de cette masse d'eau. Cette analyse fera l'objet d'un autre rapport.

High frequency Observation network for the environment in coastal SEAs (HOSEA)

La station « Nord Dumet » (Figure 1) fait également l'objet pendant la période productive, d'un suivi hydrologique en continu haute fréquence (bouée MOLIT) en sub-surface et au fond. La bouée instrumentée permet de suivre les paramètres température, salinité, oxygène dissous, turbidité et fluorescence, avec une fréquence horaire (HF). Elle constitue un des systèmes de mesure du réseau Ifremer HOSEA (High frequency Observation network for the environment in coastal SEAs). Les données de cette station de mesures HF sont accessibles en temps réel sur le site web des réseaux eulériens : <http://www.ifremer.fr/co-en>.

3. Acquisition des données

3.1. Météorologie

Les données sont acquises par Météo France et mises à disposition contractuellement au LER/MPL pour les stations de Vannes, Saint Nazaire et Nantes Bouguenais (Site Météo France).

3.2. Hydrologie

Les données des débits fluviaux et des mesures de la bouée Molit sont issues de la banque de données des réseaux Eulériens : <http://www.ifremer.fr/co-en/allEulerianNetworks>.

Les analyses hydrologiques ponctuelles sont réalisées *in situ* conformément au protocole précisé dans le cahier de prescription REPHY.

Les profils verticaux dans la colonne d'eau sont issus des mesures *in situ* des sondes multi-paramètres autonomes lors des prélèvements DCE/REPHY-Obs, aux stations « Lorient 16 », « Men Er Roué », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud », « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise large ».

3.3. Nutriments

Les concentrations en nutriments proviennent des prélèvements DCE et REPHY-Obs, réalisés à la bouteille de type Niskin, à -1 m d'eau de mer préfiltrée pour les paramètres ammonium, somme de nitrate et nitrite, phosphate, et filtrée pour le silicate. Les analyses sont réalisées au LER/MPL de Nantes, au laboratoire accrédité Cofrac pour l'analyse des nutriments. Le protocole détaillé est précisé dans le cahier de prescription REPHY.

3.4. Phytoplancton

Le dénombrement et l'identification des espèces de phytoplancton proviennent des prélèvements DCE et REPHYObs réalisés à la bouteille de type Niskin d'eau de mer à -1 m, fixé au Lugol acide. Les échantillons sont observés au microscope optique inversé dans des cuves de 10 ml. Le protocole détaillé est précisé dans le cahier de prescription REPHY.

4. Résultats et discussion

4.1. Conditions climatiques

4.1.1. Ensoleillement

Sur la période de janvier à mai 2016, l'ensoleillement a été relativement proche de celui des moyennes observées de 1987 à 2015 (Figure 2). En revanche, le mois de juin s'est caractérisé par un ensoleillement plus faible sur les deux départements du Morbihan et de Loire-Atlantique (Figure 2). Le deuxième semestre de l'année a présenté des valeurs d'ensoleillement supérieures à celles observées de 1987 à 2015 (excepté pour le mois de septembre).

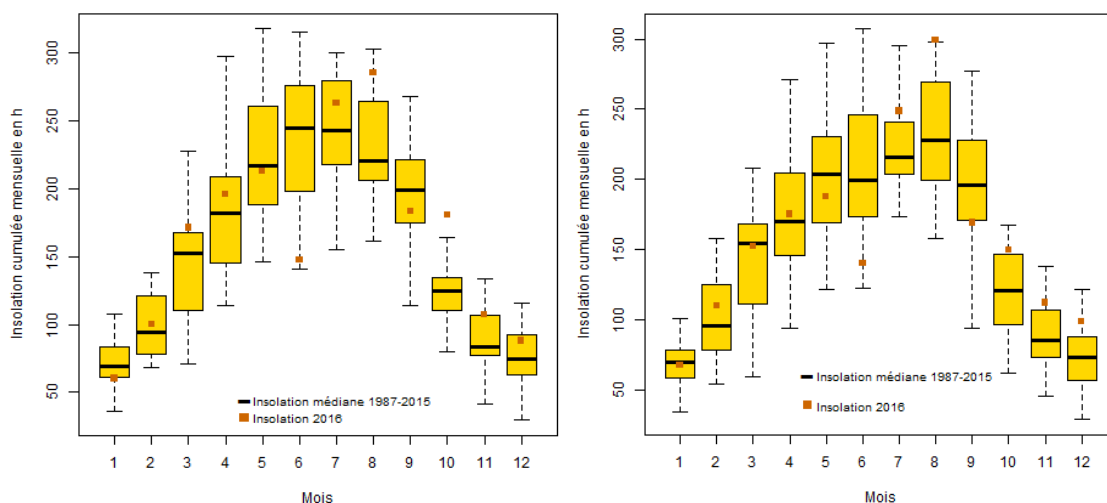


Figure 2. Insolation à Vannes (gauche) et à Nantes-Bouguenais (à droite) en 2016 (carrés oranges) comparée aux valeurs moyennes de la période 1987-2015. Le trait horizontal de la boîte à moustaches représente la médiane sur cette période (données Météo France).

4.1.3. Pluviométrie

La pluviométrie s'est située, pour les deux départements, au niveau des valeurs maximales de janvier à mars 2016 (Figure 3). Les autres mois se sont caractérisés par une pluviométrie faible à l'exception des mois de juin et novembre qui ont présenté des valeurs comparables à celles des moyennes observées les années précédentes.

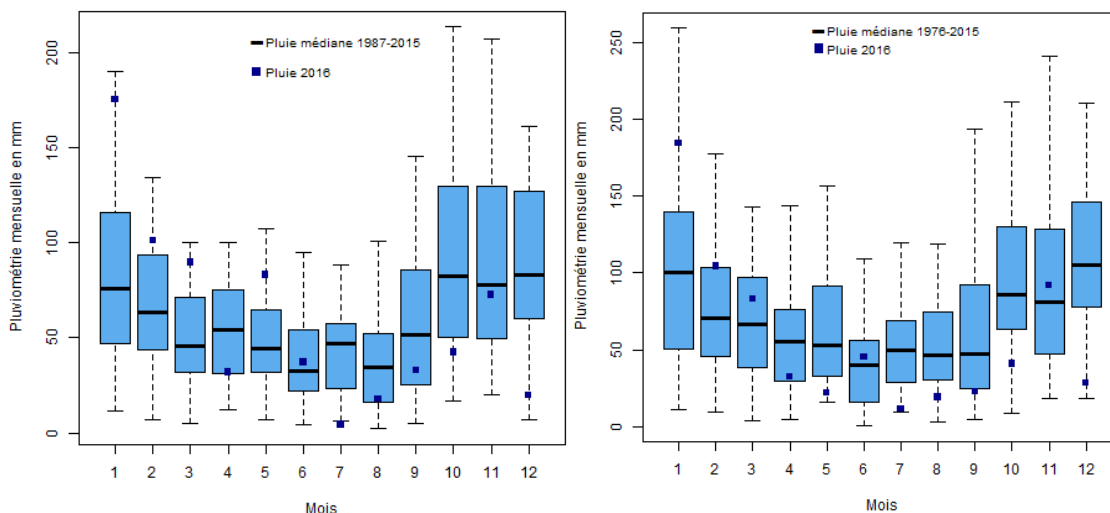


Figure 3. Cumuls des précipitations mensuelles à Vannes (à gauche) et à Saint Nazaire (à droite). Le trait horizontal de la boîte à moustaches représente le cumul médian de 1987 à 2015 (pour Vannes) et de 1976 à 2015 (pour Saint Nazaire) (données Météo France).

De janvier à fin avril 2016, le débit de la Vilaine s’est situé au-dessus des moyennes de la période 1970-2015 (Figure 4 gauche). En revanche, en janvier et février 2016, le débit de la Loire a présenté un déficit important (Figure 4 droite). Après un mois de mai qui a connu des débits un peu plus bas que la moyenne (en relation avec la faible pluviométrie dans le Morbihan), les débits d’été de la Vilaine ont été proches de la moyenne, puis ont montré un déficit qui s’est accru durant l’automne et jusqu’à la fin de l’année 2016.

Des épisodes pluvieux importants ont frappé le centre de la France et le bassin parisien durant le mois de juin sans concerner la Bretagne. Ce printemps 2016 est considéré comme l’un des plus humides reportés jusqu’à présent (<http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/bilans-climatiques/bilan-2016/bilan-du-printemps-2016>). La Loire a tracé ces épisodes par un débit trois fois supérieur aux moyennes observées de 1960 à 2015 au mois de juin (Figure 4 droite).

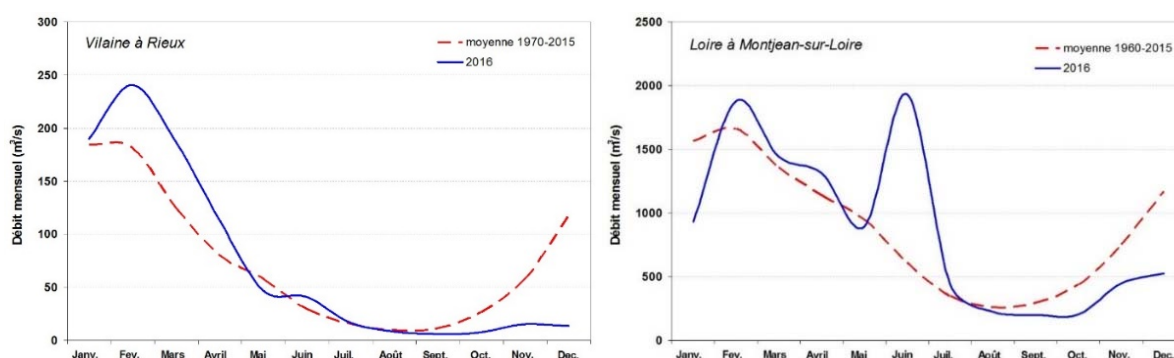


Figure 4. Moyennes mensuelles des débits de la Vilaine (à gauche) et de la Loire (à droite) et comparées aux moyennes respectivement sur la période 1970-2015 et 1960-2015.

4.2. Mesures physico-chimiques

4.2.1. Température de l'eau

4.2.1.1. Température de surface

Les températures de l'eau enregistrées en surface sur le littoral du Morbihan et des Pays de Loire, ont présenté en début d'année 2016 des valeurs parmi les plus fortes observées depuis 2006 (Figure 5). Ensuite, la température de l'eau s'est située au niveau des moyennes déjà observées, exceptée la première quinzaine de septembre à la station « Ouest Loscolo », où la température en baie de Vilaine a été plus élevée qu'à l'accoutumée. Les températures estivales de cette masse d'eau (Baie de Vilaine) sont restées supérieures à celles enregistrées sur les deux autres secteurs du littoral morbihannais « Lorient 16 » et « Men er Roué » et sont supérieures à 20°C. Ces températures plus élevées caractérisent le confinement particulier des eaux de la baie de Vilaine qui présentent moins d'échange avec les eaux du large du fait de sa géomorphologie et la présence d'une ligne de hauts fonds.

Au large de la Loire, les températures de surface observées ont été du même niveau que celles des années précédentes comme le montrent les données acquises sur les stations « Bois de la Chaise large » et « Pointe Saint Gildas large » (Figure 5). Les températures relevées à la nouvelle station « Basse Michaud » ont été comparables à celles des autres stations.

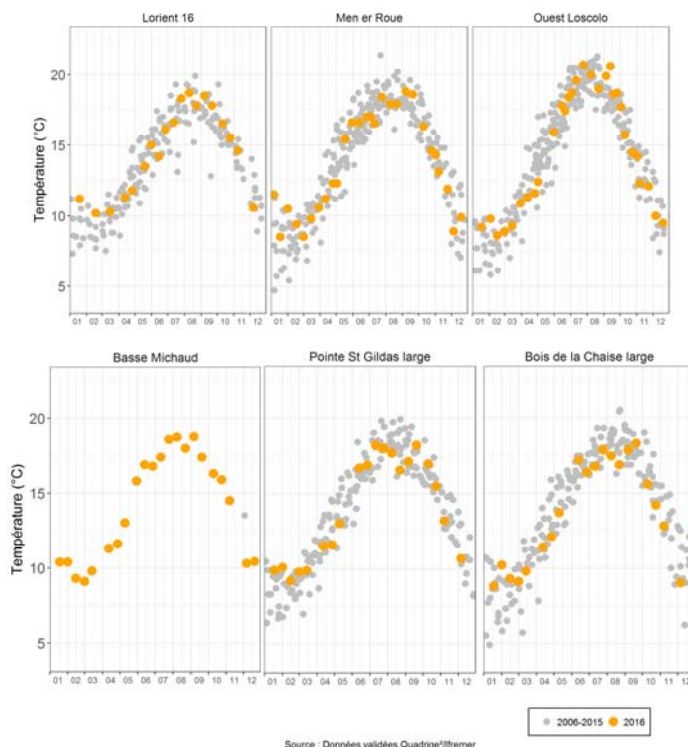


Figure 5 : Évolution de la température de surface dans le Mor Braz et au large de Lorient en 2016 (haut) et au large de la Loire (bas).

4.2.1.2. Profils de température

La Figure 6 permet d'étudier la stratification des masses d'eau en présentant la différence de température entre l'eau de surface et celle du fond.

La structure physique des stations situées au Nord et au Sud de la Loire présente des différences remarquables. Les masses d'eau des quatre stations au nord de la Loire (« Lorient 16 », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud »), ont présenté des profils relativement similaires avec des amplitudes qui ont varié en fonction des secteurs et des saisons (Figure 6).

La stratification thermique a démarré en mai 2016 et est restée relativement présente jusqu'en septembre pour toutes ces stations (Figure 6 et 7).

En revanche, les stations au sud de la Loire « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise Large » n'ont pratiquement pas présenté de différence de température entre la surface et le fond.

On note des eaux plus froides en surface qu'en profondeur :

- en novembre à la sortie sud de l'estuaire de la Loire (« Pointe Saint Gildas large »),
- en février-mars sur les points « Nord Dumet », « Ouest Loscolo » et « Men Er Roué ».

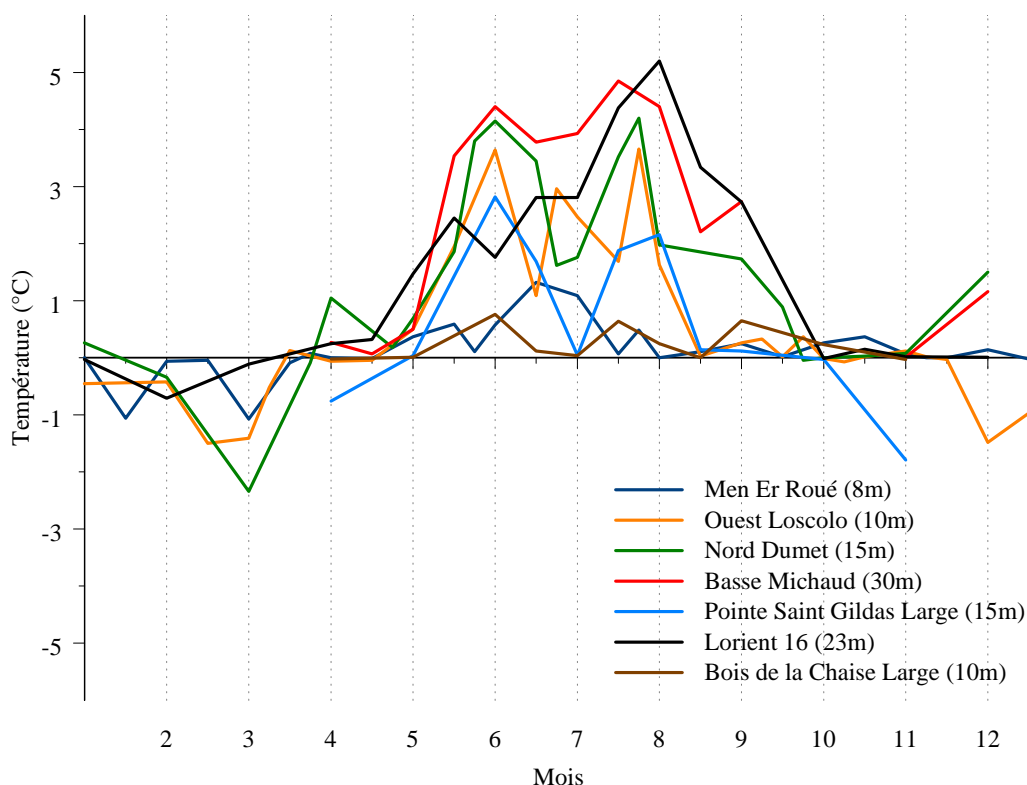


Figure 6. Évolution mensuelle de la stratification thermique (valeur surface – valeur fond) aux stations REPHY observation du secteur Bretagne sud et au large de la Loire et de la Vilaine en 2016.

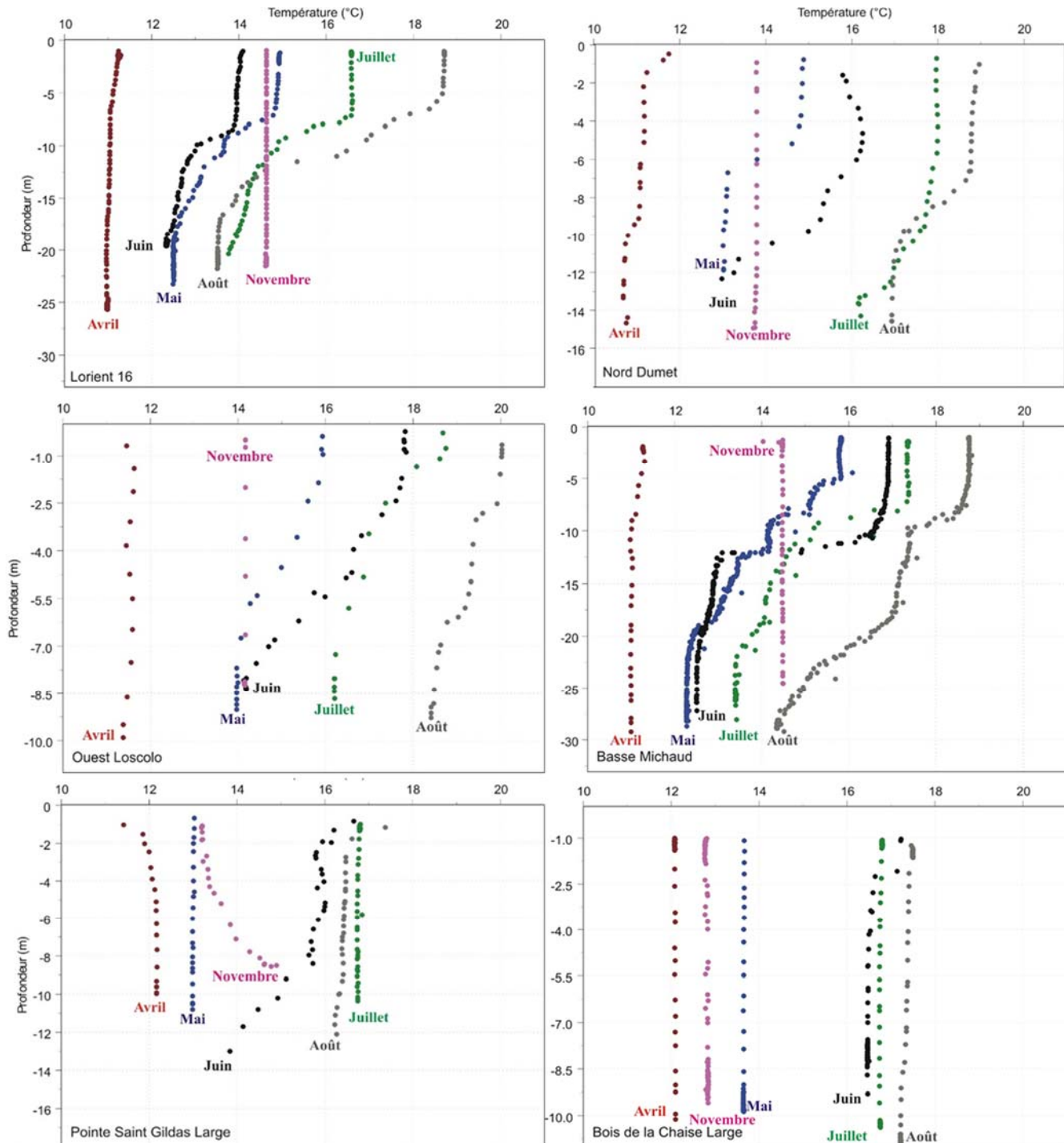


Figure 7. Profils de température aux stations « Lorient 16 », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud », « Pointe-Saint-Gildas large » et « Bois de la Chaise large » en 2016. Pour des questions de lisibilité seuls les mois les plus représentatifs sont présentés sur ces figures (avril à novembre). A noter l'absence de différence de température entre la surface et le fond à la station « Bois de la Chaise large ».

Les enregistrements HF de la bouée MOLIT à la station « Nord Dumet » ont confirmé l’amorce de la stratification thermique en avril-mai 2016. Elle a été permanente jusqu’au début du mois de septembre avec des écarts de température qui ont pu dépasser 5°C entre la surface et le fond de l’eau (Figure 8). Pendant la période estivale, la température du fond a fluctué de manière importante avec les coefficients de marée (Figure 8). L’hypothèse qui prévaut serait qu’il existe des phénomènes d’entrées d’eaux froides du large par le fond lorsque les coefficients de marée diminuent. Ces phénomènes ont déjà été mis en évidence dans le Mor Braz, favorisés notamment par des vents d’Ouest - Nord Ouest (Stanisière *et al.*, 2013). La température du fond de l’eau est restée plus basse jusqu’à la fin du mois de septembre.

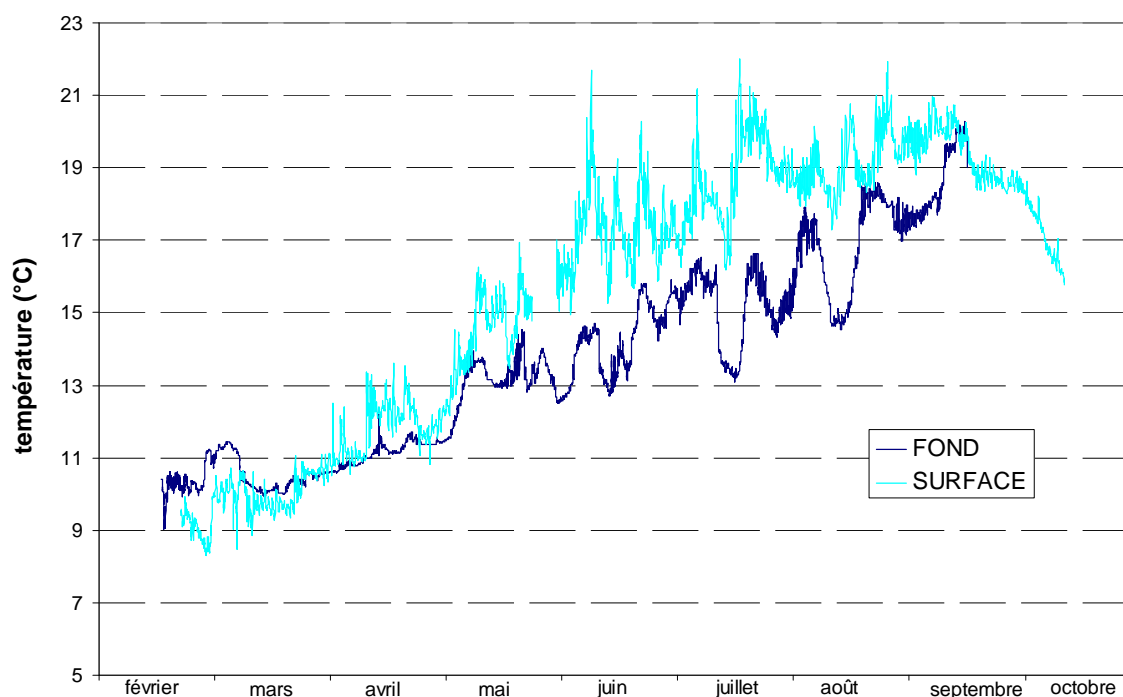


Figure 8. Évolution de la température à la station MOLIT (« Nord Dumet ») de février à octobre 2016.

4.2.2. Salinité

4.2.2.1 Salinité de sub-surface

Les résultats ont montré une salinité de surface plus faible en hiver sur l’ensemble des stations, liée aux apports d’eau douce par les fleuves. Les salinités estivales et automnales élevées sur l’ensemble des stations du littoral ont confirmé les faibles apports fluviaux observés pendant ce deuxième semestre 2016 (Figure 9). La station « Ouest Loscolo », influencée par la Loire et la Vilaine, a montré les salinités hivernales les plus faibles (inférieures à 30). Sur cette station, une dessalure importante a été enregistrée début février correspondant aux crues hivernales (Figure 4). La salinité de surface a baissé en juin probablement sous l’influence de la crue importante de la Loire. Les mesures de salinité HF mesurées à la station « Nord Dumet » ont permis de préciser les périodes et l’amplitude des phénomènes de dessalure en Baie de Vilaine (Figure 9).

Des apports d’eau douce importants ont été enregistrés en fin d’hiver jusqu’à la mi-avril 2016. Ces dessalures sont descendues jusqu’à 25.

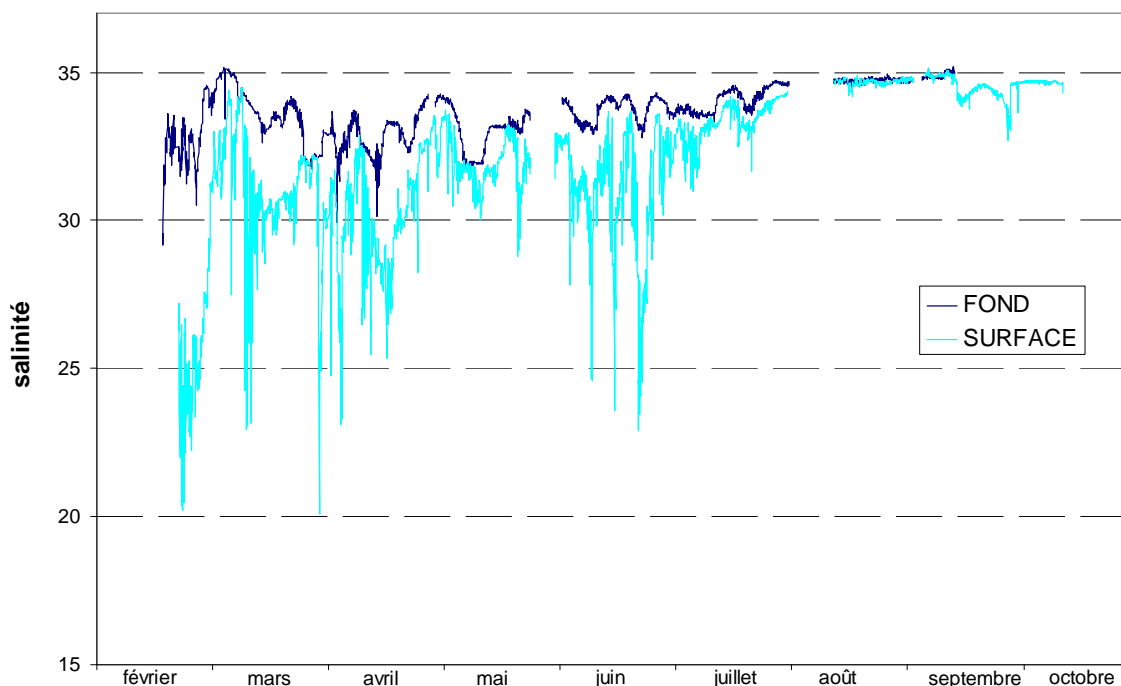
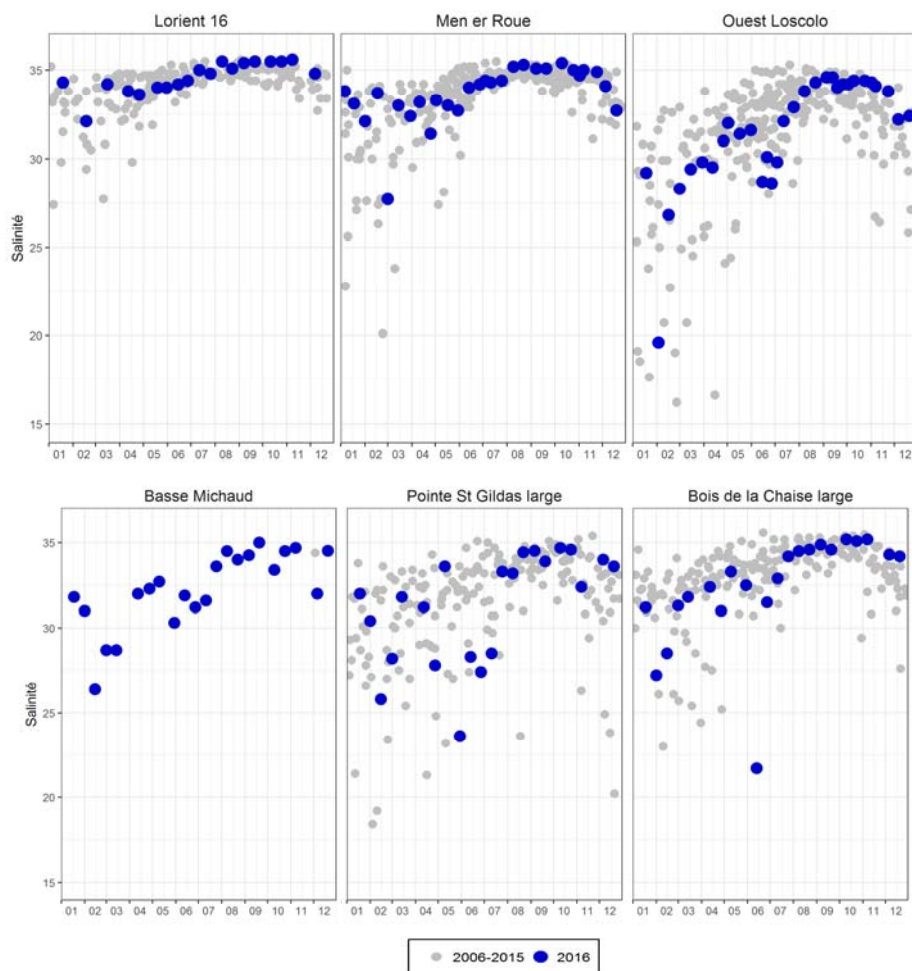


Figure 9. Évolution de la salinité à la station MOLIT de février à octobre 2016.

La station « Basse Michaud », située entre la Loire et la Vilaine, a montré le même profil temporel mais avec des valeurs de salinité plus élevées.

Plus les stations sont éloignées de la Baie de Vilaine vers le Nord, moins la dessalure de février est marquée comme l'ont montré les résultats observés à la station « Men er Roué » et celle de « Lorient 16 » (Figure 10). Toutefois, la fréquence d'échantillonnage plus faible sur la station « Lorient 16 », pendant cette période, peut aussi expliquer le fait que la dessalure n'y soit pas observée.

Les stations situées au sud de l'estuaire de la Loire « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la chaise large » sont, elles, principalement influencées par la Loire. Deux dessalures de surface, l'une en février et l'autre, très marquée en juin, en lien avec la crue de la Loire, ont été nettement observées (Figure 10).



Source : Données validées Quadrigé²/Ifremer

Figure 10. Évolution de la salinité de sub-surface dans le Mor Braz et au large de Lorient en 2016 (haut) et au large de la Loire (bas).

4.2.2.2. Stratification de salinité

En 2016, la structure haline des masses d’eau côtières du secteur a été principalement influencée par les apports d’eau douce. En février 2016, une stratification, fortement marquée, a été observée à la station « Ouest Loscolo ». Elle est également observée, mais de façon plus ténue, aux stations « Nord Dumet » et « Lorient 16 » plus éloignées du panache de la Vilaine (Figures 11 et 12).

En mars 2016, une légère stratification des masses d’eau « Nord Dumet » et « Men Er Roué » a été observée. En avril, on observe une stratification marquée à « Pointe Saint Gildas large » et « Nord Dumet » et moins marquée à « Basse Michaud » et « Ouest Loscolo ».

En juin, la crue importante de la Loire a eu un impact remarquable sur la structure haline des masses d’eau en entrainant une dessalure en surface et donc une stratification haline de toutes les stations, sauf celles de « Lorient 16 » et « Men Er Roué », qui sont les plus éloignées de l’estuaire de la Loire. La station

« Bois de la Chaise Large » a présenté la plus forte dessalure de surface avec une valeur d'environ 20 observée à - 1m (Figure 12).

En juillet, la stratification haline est observée sur les stations « Basse Michaud » et « Ouest Loscolo » et en août sur « Pointe Saint Gildas large ».

A partir du mois d'août, la colonne d'eau a été homogène pratiquement jusqu'à la fin de l'année confirmant les faibles apports d'eaux douce cette deuxième partie de l'année 2016 (Figures 11 et 12).

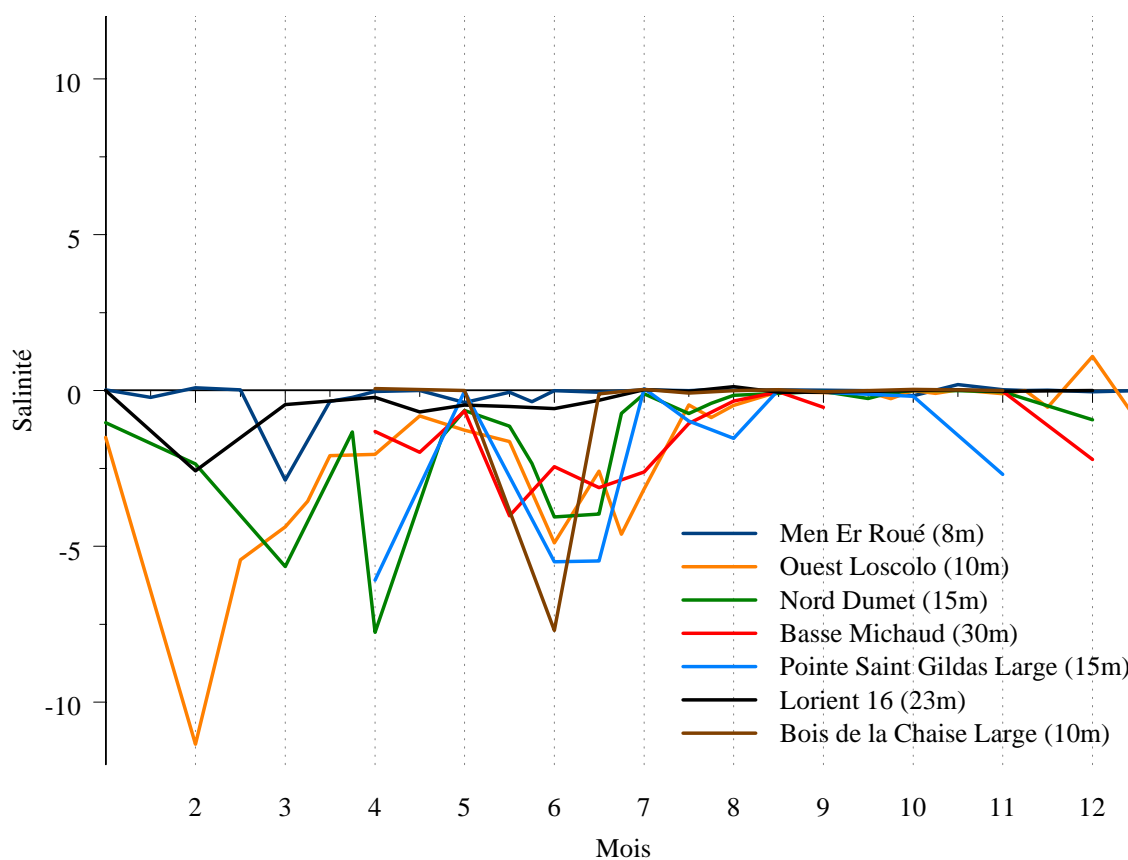


Figure 11. Évolution mensuelle de la stratification haline (valeur de surface – valeur du fond) aux stations REPHY observation du secteur Bretagne sud et au large de la Loire et de la Vilaine en 2016.

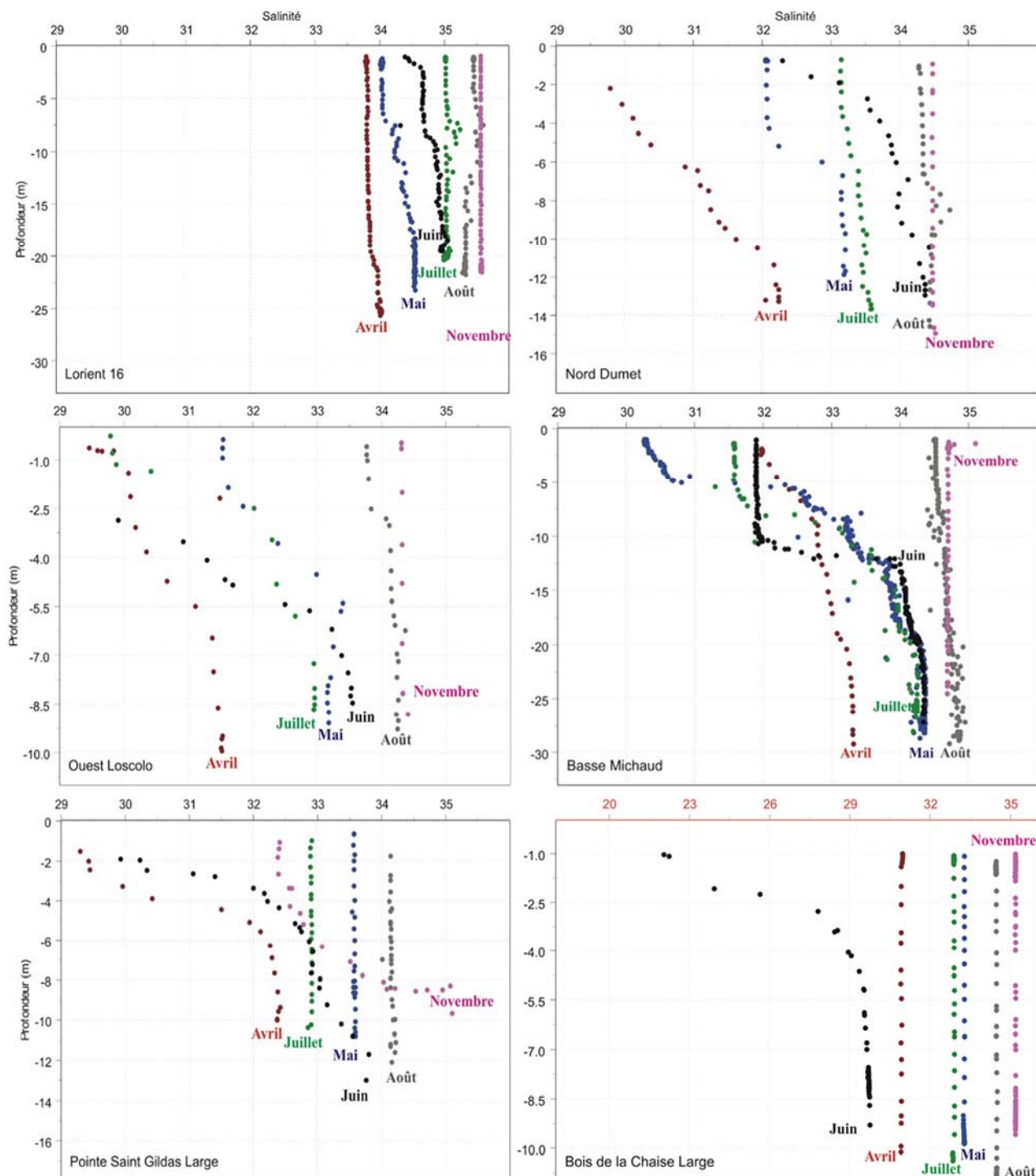


Figure 12. Profils de salinité dans la colonne d'eau à « Lorient 16 », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud », « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise large » en 2016. Pour des questions de lisibilité, seuls les mois les plus représentatifs ont été représentés sur les figures (avril à novembre).

4.2.3. Oxygène dissous

Sur l'année 2016, la concentration en oxygène dissous a varié de manière plus importante au fond qu'en surface et d'un secteur à un autre.

Les variations de concentration d'oxygène ont été les plus marquées sur les stations « Nord Dumet », « Ouest Loscolo » et « Basse Michaud » (Figures 13, 14 et 15). Les concentrations de surface ont été fortes au printemps et en été (de mai à août). Entre juin et juillet, les niveaux d'oxygène au fond, observés sur ces stations, ont été très faibles, avec des différences surface - fond comprises entre 50% et 70% (Figure 13). Les fortes concentrations printanières et estivales observées en surface sur ces stations sont liées à la production d'oxygène par l'activité photosynthétique du phytoplancton, et notamment à la multiplication phytoplanctonique. L'appauvrissement en oxygène des eaux de fond en été est lié à la minéralisation de la matière organique qui a sédimenté en fin de bloom (sénescence du phytoplancton) et aux stratifications haline et thermique de la masse d'eau qui ont limité le renouvellement et l'oxygénation des eaux de fond.

La station « Basse Michaud » est la station la plus profonde de ce secteur d'étude. Elle a été marquée par une stratification plus importante, avec une séparation très nette de la colonne d'eau surface - fond au printemps et en été (Figure 14). Cette limite s'est déplacée entre -5m et -13 m environ, entre mai et juillet.

La station « Pointe Saint Gildas Large » a montré peu de variations à l'exception des mois de juin et d'août où une légère stratification a été observée (Figure 14).

La station « Bois de la Chaise large » n'a présenté aucune variation d'oxygène sur toute la colonne d'eau et toute l'année : probablement à rapprocher avec l'absence de stratification thermique observée en 2016 sur cette station.

Ces résultats mettent en exergue un fort contraste entre les stations situées au Nord et au Sud de la Loire.

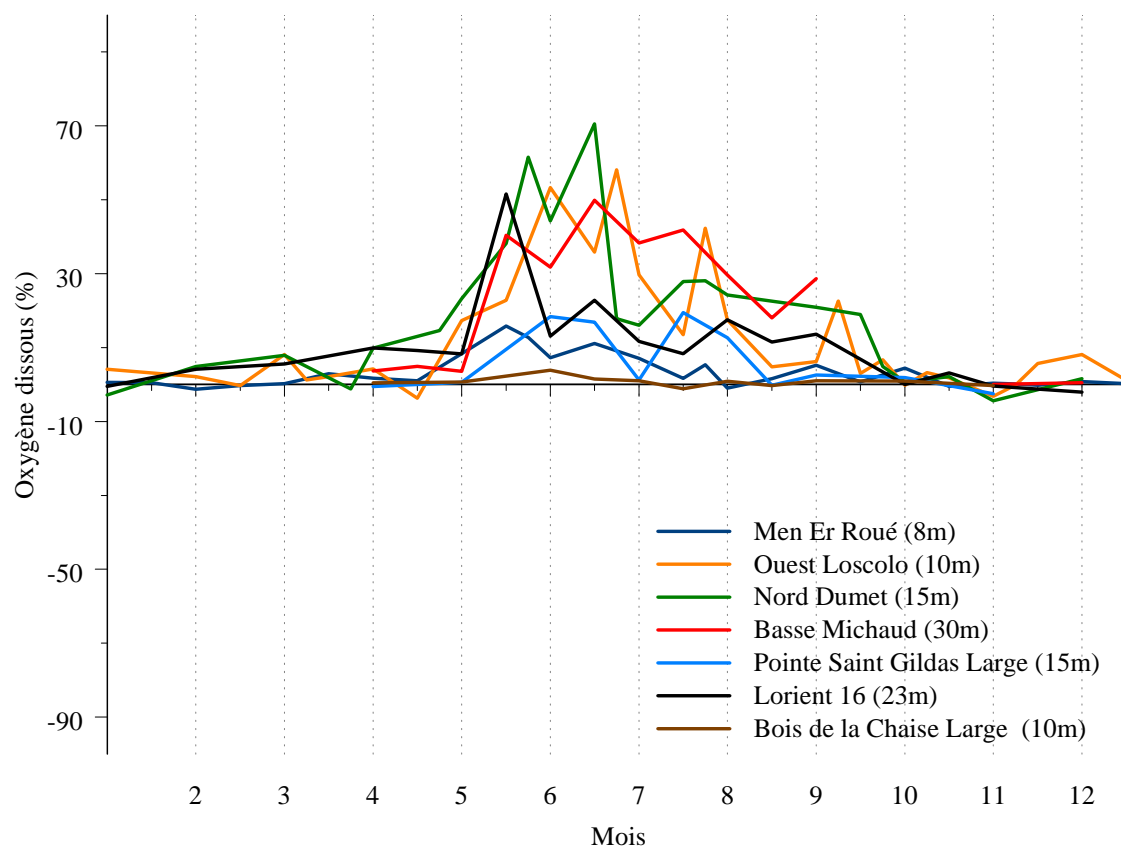


Figure 13. Évolution mensuelle de la stratification en oxygène (valeur du pourcentage par rapport à la saturation en surface – valeur fond) aux stations REPHY observation du secteur Bretagne sud et au large de la Loire et de la Vilaine en 2016.

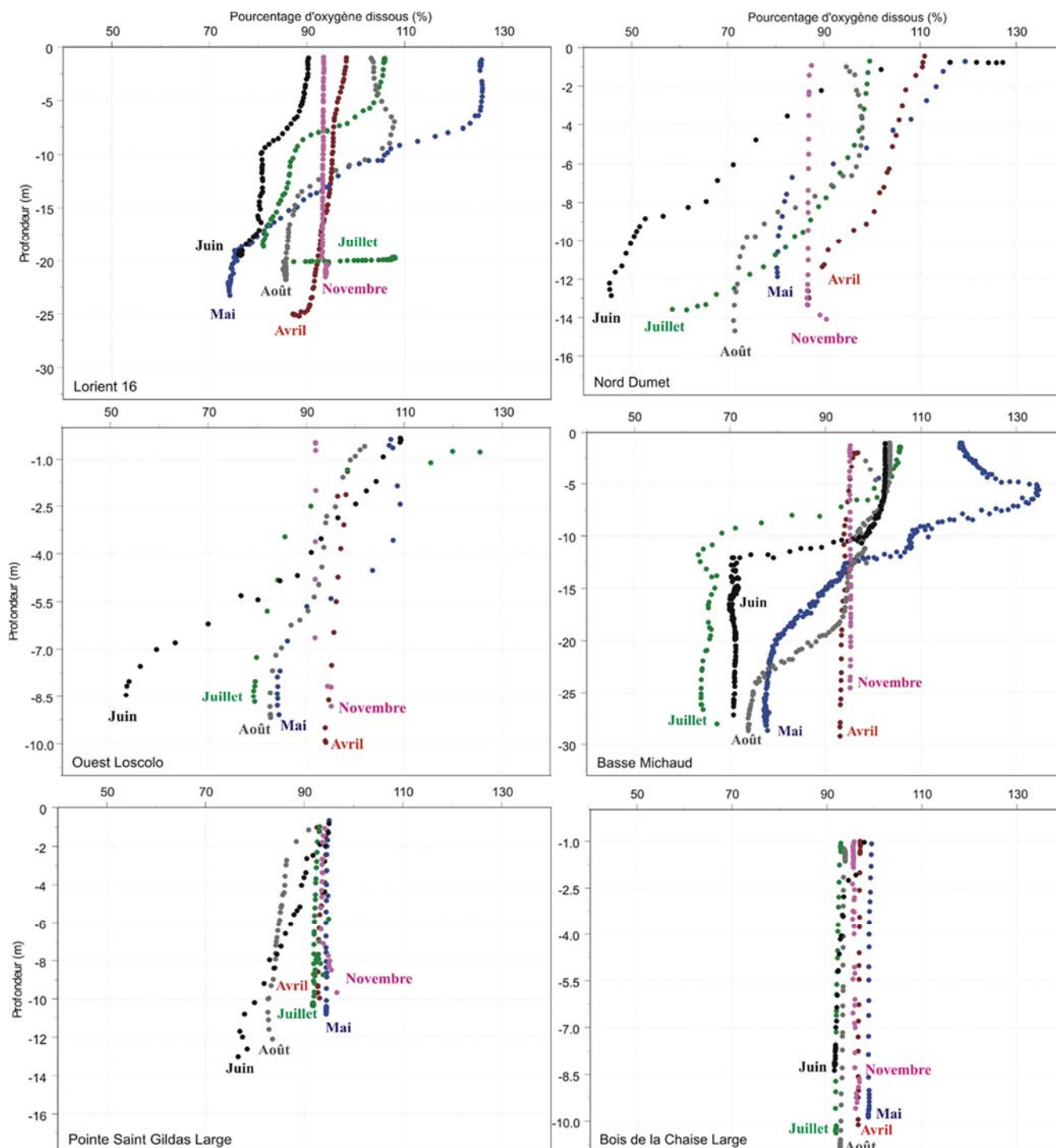


Figure 14. Profils d'oxygène dissous dans la colonne d'eau à « Lorient 16 », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo », « Basse Michaud », « Pointe Saint Gildas large » et « Bois de la Chaise large » en 2016. Pour des questions de lisibilité, seuls les mois les plus représentatifs ont été représentés sur cette figure (avril à novembre).

Les concentrations en oxygène dissous enregistrées, à « Nord Dumet », par la bouée MOLIT ont été pratiquement systématiquement plus faibles au fond qu'en surface. Ces enregistrements ont bien montré le phénomène de stratification de cette masse d'eau (Figure 15). La teneur en oxygène des eaux de fond a fortement diminué à partir de juin 2016, sans atteindre la valeur seuil de 1,4 ml.l⁻¹ en dessous de laquelle les auteurs Diaz & Rosenberg (2008) considèrent que le risque d'hypoxie est élevé. La valeur minimale enregistrée par la bouée en juillet 2016 a été de 2,1 ml.l⁻¹. Des problèmes de capteurs n'ont pas permis de suivre l'évolution et la durée de cette baisse. Les valeurs en oxygène dissous de fond les plus basses ont été observées en mortes eaux (Figure 15).

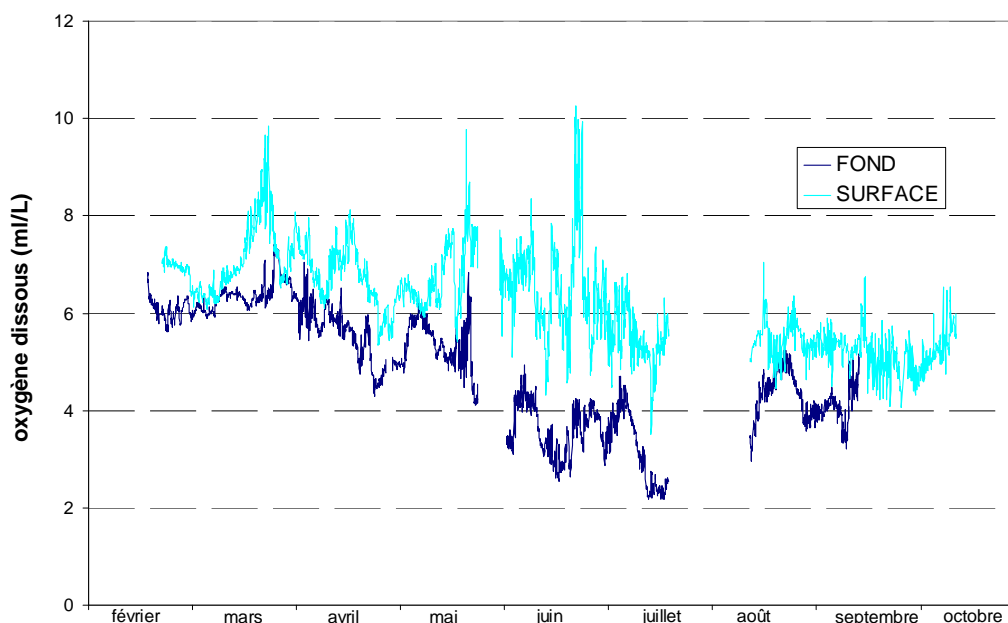


Figure 15. Évolution de la teneur en oxygène dissous à la station MOLIT de février à octobre 2016.

4.3. Nutriments

L'évolution saisonnière des concentrations de nutriments (N, P et Si) dans les eaux côtières trouve des éléments d'interprétation dans les apports fluviaux, indiqués par les débits et dans la biomasse chlorophyllienne représentée par le dosage de la chlorophylle *a* (Chl *a*) et qui reflètent en partie les pressions de consommation de ces nutriments.

Les figures 21 à 26 montrent l'évolution en 2016 des concentrations d'azote inorganique dissous (NID), de silicate (DSi) et de phosphore inorganique dissous (PID) ainsi que celle de Chl *a*.

Globalement l'ensemble des stations a montré des concentrations hivernales élevées en nutriment (NID, PID, DSi) qui sont apportées par les fleuves (débits hivernaux élevés). Le pic majeur de concentration a été observé en février sur la majorité des stations, lié aux crues importantes des deux fleuves.

Les concentrations ont été plus élevées sur les stations les plus proches des estuaires de la Loire et de la Vilaine, respectivement « Pointe Saint-Gildas » et « Ouest Loscolo ».

Les résultats ont montré que les profils de nutriments et de Chl *a* sont semblables sur les trois stations du Morbihan, « Mer Er Roué », « Nord Dumet », « Ouest Loscolo » (Figures 21 à 26). Les pics de concentration en Chl *a* et en nutriments ont été observés aux mêmes périodes, mais avec des valeurs différentes suivant un gradient est-ouest. En s'éloignant de la baie de Vilaine, les concentrations sont plus faibles. On note principalement quatre événements majeurs concernant les biomasses chlorophylliennes :

- un **pic de Chl *a* en mars - avril** sur les trois stations morbihannaises : à cette période de l'année, l'augmentation de l'ensoleillement et les apports hivernaux de nutriments ont favorisé le développement du phytoplancton.
- La biomasse chlorophyllienne printanière, mesurée à la surface, n'a pas été très élevée ensuite sur le littoral morbihannais. Elle a été limitée principalement par le phosphore. Les concentrations de Chl *a* observées par satellite, sur ce secteur d'étude, ont confirmé la présence d'une biomasse phytoplanctonique assez faible pour cette saison (Figure 16).

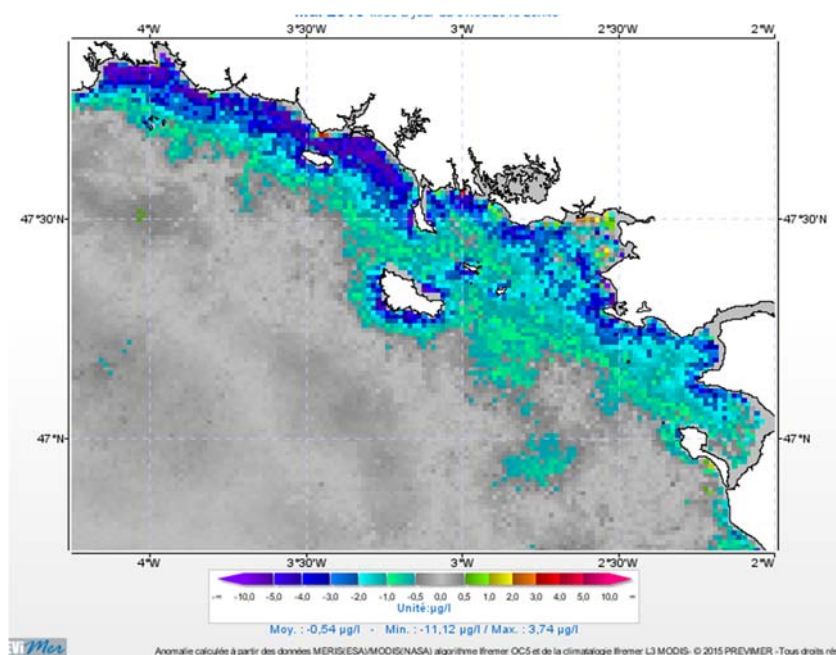


Figure 16. Anomalie mensuelle de chlorophylle *a* observée par satellite en mai 2016 (source Prévimer). Les couleurs froides (bleu-vert) indiquent un déficit de chlorophylle *a* par rapport aux observations des 10 dernières années, les couleurs chaudes (non observées en 2016) indiquant une anomalie positive).

- un **pic de Chl α** a été observé en juin sur les trois stations : il s'est amorcé dès le mois de mai. A cette période, le phytoplancton a profité des apports nutritifs de la Loire et de la crue importante du mois de juin. L'épuisement en azote et en silice a mis probablement fin à ce bloom mi-juillet.
- **entre mi-juillet et mi-août**, des eaux colorées vertes à *Lepidodinium chlorophorum* ont été observées près de la côte en baie de Vilaine (Figure 17).



Figure 17. Eaux colorées vertes à *Lepidodinium chlorophorum* au large de la baie de Pont Mahé 25 juillet 2016

Les suivis réalisés dans le cadre du programme DIETE nous ont permis de mieux comprendre le phénomène. En effet, des mesures complémentaires ont été réalisées au cours de la période productive et ont été complétées par des observations réalisées lors des expérimentations *in situ*.

Bien que les concentrations de *L. chlorophorum* soient restées assez faibles en surface aux stations « Nord Dumet » et « Ouest Loscolo », la présence d'une biomasse phytoplanctonique importante a été confirmée par l'observation de fluorescence très marquée au niveau de la thermocline à ces deux stations (Figures 18 et 19).

Sur ces deux stations plus profondes, la forte stratification thermique en place depuis la fin mai a joué son rôle de « barrière physique » limitant les échanges de la masse d'eau (entre les eaux de surface et celles de fond). A la station « Nord Dumet », la concentration en ammonium (NH_4^+) dans les eaux de fond a augmenté à partir de fin mars, suite à la sédimentation et la sénescence des premières efflorescences phytoplanctoniques (figure 20). L'ammonium présent au fond est issu de la reminéralisation de cette matière organique déposée. *L. chlorophorum*, mobile, s'est probablement déplacé le long de la colonne d'eau pour chercher des conditions de nourriture plus favorables au fond avec la présence d'ammonium (NH_4^+). Les profils de fluorescence mesurant la Chl α , réalisés le 25 juillet 2016, à « Nord Dumet » et « Ouest Loscolo » (figure 18) ont corroboré cette hypothèse en enregistrant un pic de fluorescence très important sous la thermocline. La fluorescence enregistrée par la bouée MOLIT a également montré des valeurs plus élevées au fond qu'en surface entre mi-juillet et mi-août (figure 19).

Ouest Loscolo

Nord Dumet

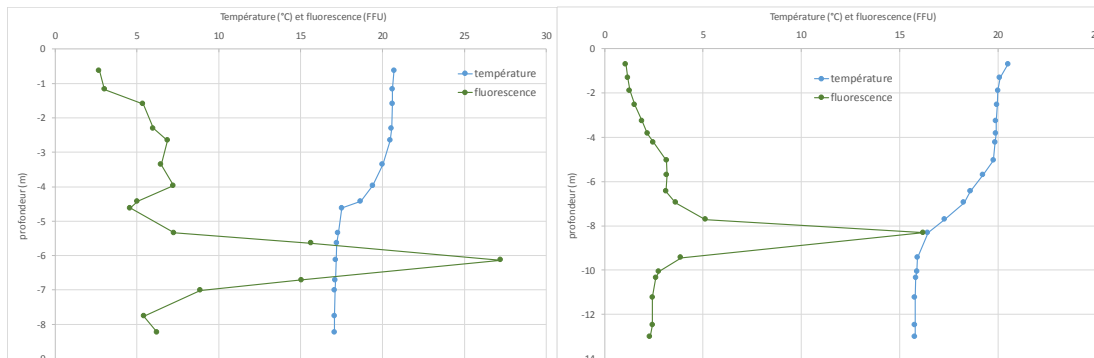


Figure 18. Profils de température et fluorescence enregistrés à « Ouest Loscolo » et « Nord Dumet » le 25 juillet 2016. Résultats DIETE

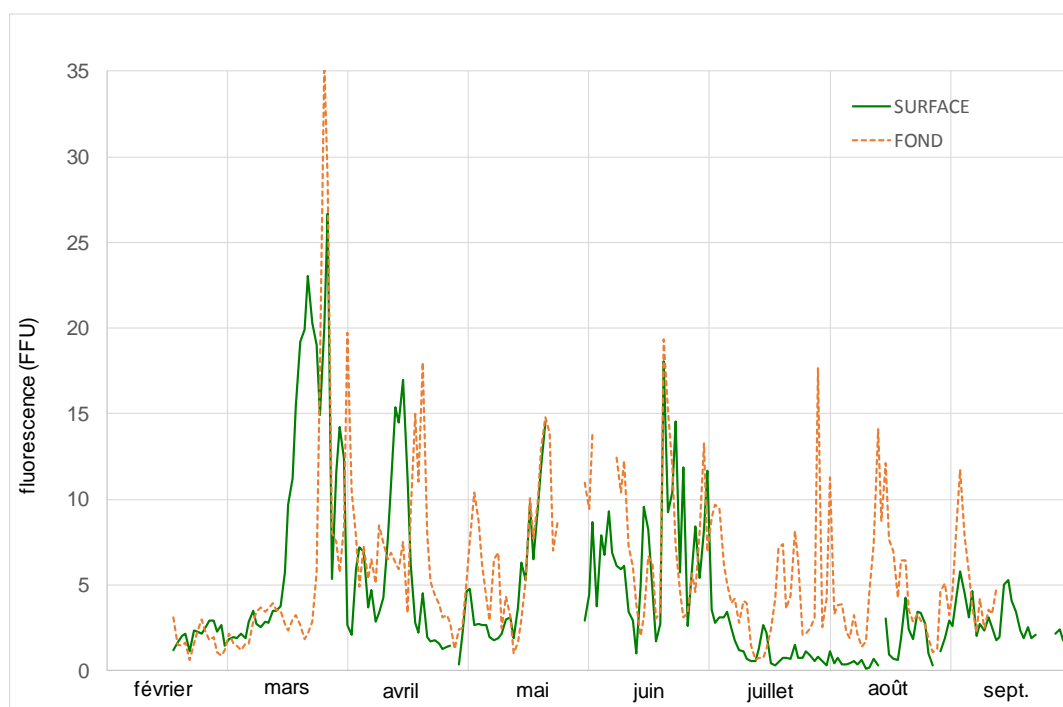


Figure 19. Evolution du signal de fluorescence journalier (moyenne des valeurs enregistrées entre minuit et 4h) au fond et en sub-surface enregistré par la bouée MOLIT (station « Nord Dumet ») de février à septembre 2016.

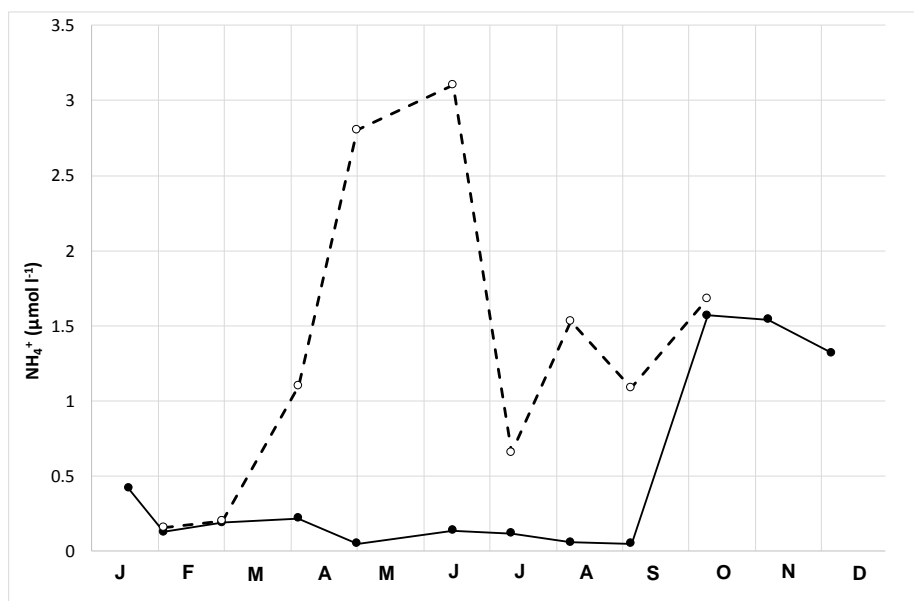


Figure 20. Evolution de la concentration en NH_4^+ dans les eaux de surface et fond à la station « Nord Dumet » en 2016. Résultats DIETE.

- une **reprise du développement du phytoplancton a été observée en surface au mois d'août** et s'est poursuivie jusqu'en octobre sur les deux stations de la baie de Vilaine comme le montrent les concentrations observées en Chl α . A cette période, le phytoplancton a profité des conditions d'ensoleillement et du recyclage interne de DSI et de PID à l'interface eaux-sédiment, lui-même favorisé par l'augmentation de la température. L'azote a limité la production primaire pendant cette période.
- un **pic tardif de Chl α a été observé début novembre en Baie de Quiberon (« Men Er Roué ») et en baie de Vilaine « Ouest Loscolo »**. Ces pics ont été favorisés par l'ensoleillement encore important pour cette période (Figure 2). C'est à nouveau la limitation en NID qui a engendré la fin de cette efflorescence.

Les deux stations situées au sud de la Loire ont présenté, elles aussi, des profils de concentration en nutriments et chlorophylle α similaires, avec un gradient décroissant nord-sud. Les concentrations les plus élevées ont été observées sur la station en sortie d'estuaire de Loire « Pointe Saint Gildas large » (Figure 25).

Deux pics de chlorophylle α ont été particulièrement observés :

- un **pic de Chl α au printemps en mars-avril** : la croissance du phytoplancton a bénéficié de l'ensoleillement printanier et des apports hivernaux de nutriments provenant de la Loire,
- un **pic de Chl α en juin-juillet** : la croissance du phytoplancton a également bénéficié de l'ensoleillement et des nutriments apportés par la crue de la Loire de juin. Le pic de chlorophylle α est toutefois moins élevé qu'en baie de Vilaine. Le NID a limité la production primaire le reste de l'été.

Ces résultats confirment la forte dépendance de la production phytoplanctonique estivale de cette zone côtière vis-à-vis des apports fluviaux d'azote inorganique dissous.

La station « Basse Michaud » a présenté un profil différent entre les stations de la baie de Vilaine et celles de sud Loire, du fait de sa situation intermédiaire entre ces deux estuaires et de sa profondeur (Figure 24). Elle est influencée par les apports hivernaux de la Loire comme le montre les augmentations de concentrations en nutriments observées entre janvier et mars. Pour autant, aucun pic printanier de Chl a n'a été observé en mars-avril. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer cela : une dispersion des nutriments au large de la Loire due à des courants de fond importants (Souchu *et al*, 2015). En effet, en juin-juillet, l'augmentation de la concentration des nutriments apportés par la crue de la Loire observée sur les deux stations de sud Loire, n'a pas été observée à la station « Basse Michaud ». Le panache de la Loire aurait donc eu moins d'influence sur cette station que sur les deux stations sud Loire. Pour autant, une augmentation de la chlorophylle a a été relevée entre mai et juillet. Ce pic a pu être déclenché par les apports de nutriments du mois de mai (Figure 24) associés à des conditions de développement du phytoplancton plus favorables qu'en hiver. En effet à cette même période, une dessalure en surface a été observée sur cette station, ce qui suggère un apport d'eau douce et donc de nutriments. De plus, à cette période comme en été, les apports de nutriments par les eaux douces de la Loire sont moins dispersés qu'en hiver (augmentation du temps de résidence des nutriments dans la masse d'eau), l'ensoleillement est plus important, et l'influence de la turbidité du panache de la Loire est plus faible. Tous ces facteurs ont donc pu favoriser le développement du phytoplancton. L'épuisement en azote a limité ce bloom mi-juillet.

Une reprise du développement du phytoplancton a été observée en août et s'est poursuivie jusqu'en novembre. Cette activité pourrait être expliquée par les mêmes raisons que celles évoquées pour le bloom de juin – juillet, mais toutefois avec une intensité plus faible du fait d'un ensoleillement moindre.

Les résultats ci-dessus montrent l'intérêt du suivi de cette nouvelle station sur laquelle les paramètres hydrologiques n'ont pas évolué de la même manière que sur les stations plus au sud de la Loire et en baie de Vilaine. Située sur un secteur plus profond, légèrement au nord de l'estuaire, elle complète le suivi plus côtier réalisé sur les stations « Bois de la Chaise large », « Pointe Saint Gildas large » et « Ouest Loscolo ». En fonction des conditions courantologiques et météorologiques, l'influence du panache de la Loire sur les stations sud Loire et nord Loire semble différente.

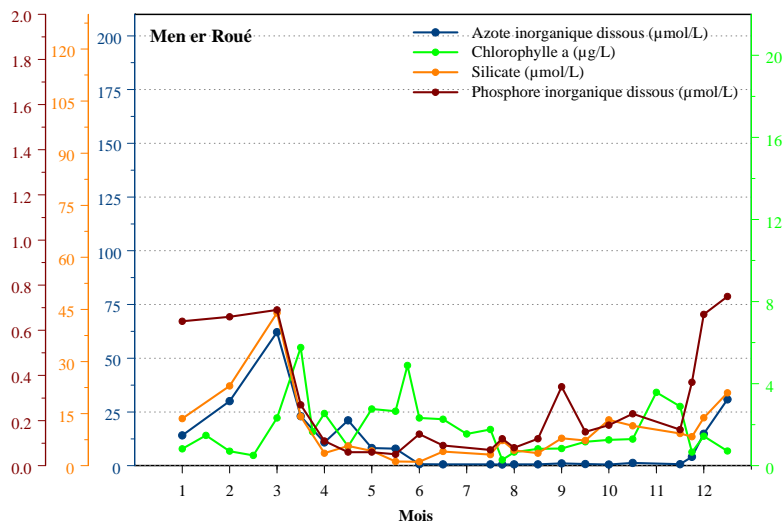


Figure 21. Évolution mensuelle des concentrations de nutriments et de Chl a à la station « Men er Roué » en 2016

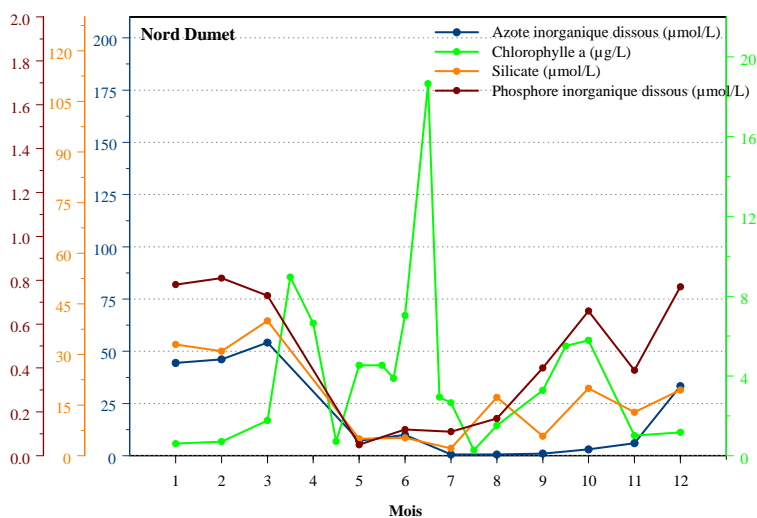


Figure 22. Évolution mensuelle des concentrations de nutriments et de Chl a à la station « Nord Dumet » en 2016.

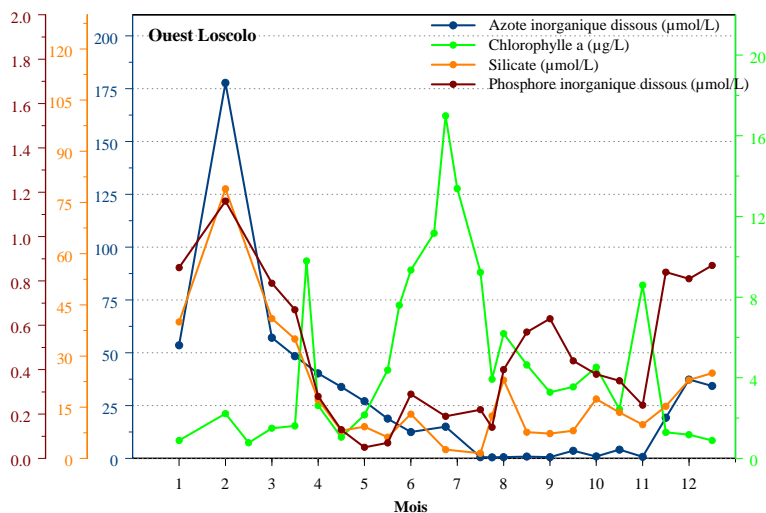


Figure 23. Évolution mensuelle des concentrations de nutriments et de Chl a à la station « Ouest Loscolo » en 2016

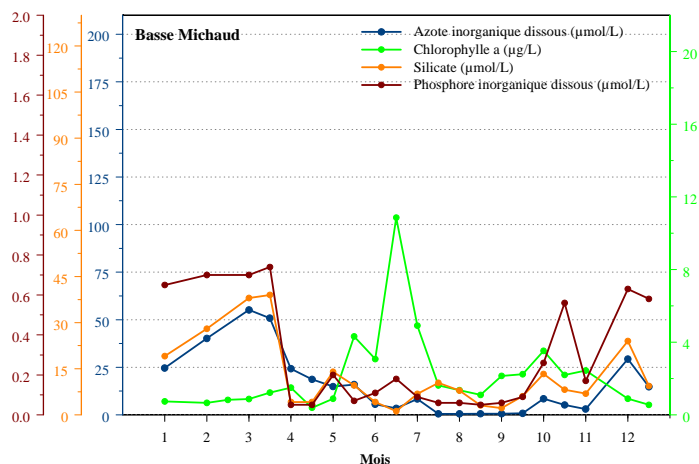


Figure 24. Évolution mensuelle des concentrations de nutriments et de Chl a à la station « Basse Michaud » en 2016

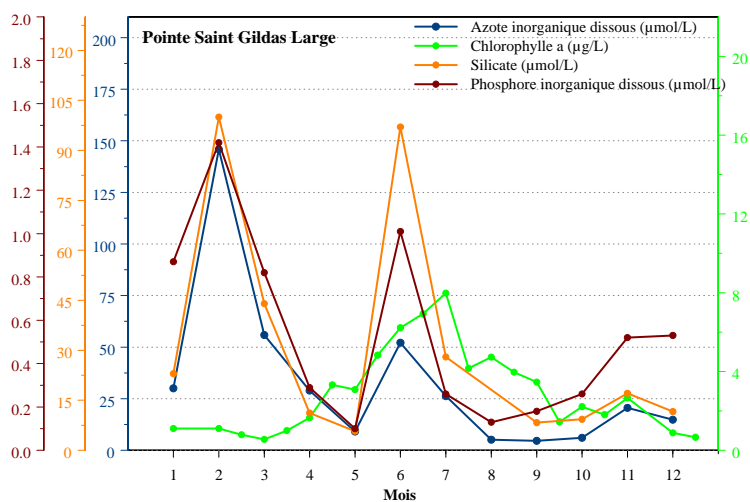


Figure 25. Évolution mensuelle des concentrations de nutriments et de Chl a à la station « Pointe Saint Gildas large » en 2016.

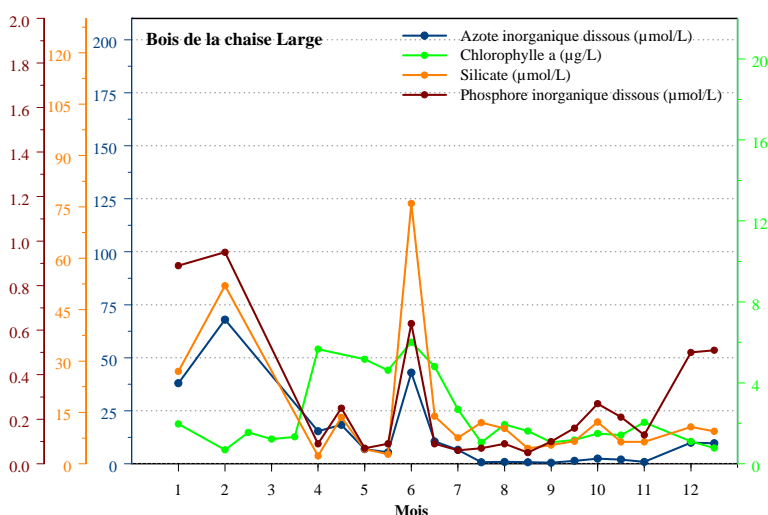


Figure 26. Évolution mensuelle des concentrations de nutriments et de Chl a à la station « Bois de la Chaise large » en 2016.

4.4. Communautés phytoplanctoniques

La description s'appuie sur les quatre stations du réseau REPHY sur lesquelles sont réalisées des dénombrements et identifications des flores totales. Ces analyses sont plus complètes que celles des seules flores indicatrices réalisées sur les stations DCE.

4.4.1. Secteur Baie de Quiberon – « Men Er roué »

Le premier bloom phytoplanctonique de l'année 2016 a été décrit dès la mi-mars en Baie de Quiberon. Il était composé des deux genres de diatomées habituellement présents à cette période : *Skeletonema* sp. et *Thalassiosira* sp..

Les dénombrements de phytoplancton printanier et estival sont assez faibles.

Début novembre, les conditions hydro-climatiques favorables ont favorisé un bloom tardif des diatomées de l'espèce *Guinardia delicatula*.

L'année 2016 s'est révélée pauvre en dénombrement du genre des dinoflagellés, et les espèces n'appartenant ni au groupe des diatomées, ni à celui des dinoflagellés, semblent être de plus en plus abondantes (Figure 27).

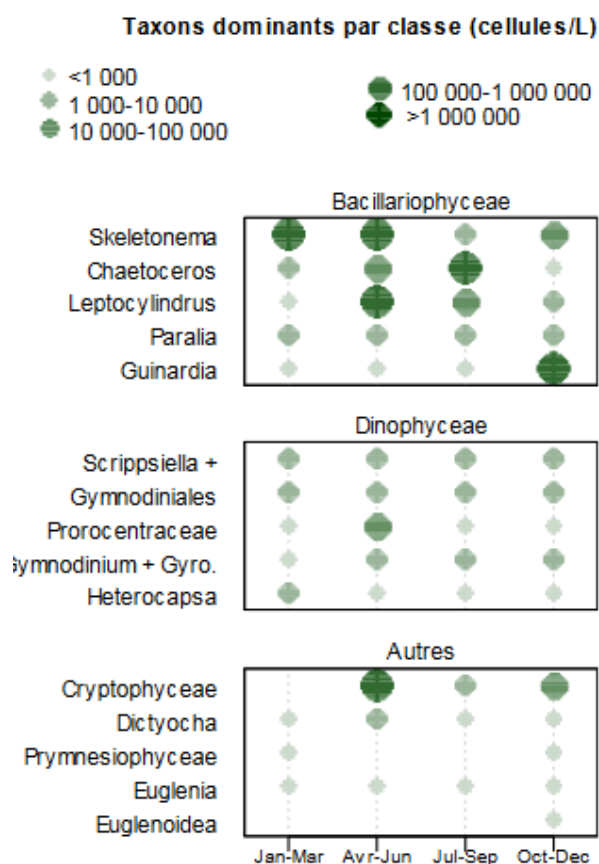


Figure 27 : Taxons dominants sur la station « Men Er Roué » en 2016.

4.4.2. Baie de Vilaine – «Ouest Loscolo»

Quatre périodes d'efflorescence de diatomées ont été observées au cours de l'année 2016 (Figure 28). La première au printemps, fin mars, a été dominée par le genre *Skeletonema* sp..

Une seconde efflorescence, au mois de juin, est intervenue après la crue exceptionnelle de la Loire. Elle a persisté jusqu'en juillet avec une prédominance des genres *Chaetoceros* sp. et *Leptocylindrus* sp..

L'espèce *Leptocylindrus minimus* a engendré la troisième efflorescence observée fin-septembre.

Enfin, en novembre, une dernière efflorescence de l'espèce *G. delicatula* a été observée.

En juillet 2016, des eaux colorées vertes à *L. chlorophorum* ont été observées près de la côte en baie de Vilaine. Ces dinoflagellés n'ont pas été observés en quantité importante à la station « Ouest Loscolo », probablement en raison de la fréquence et de la profondeur des prélèvements réalisés dans le cadre du réseau REPHY qui ne sont pas adaptés à son suivi spécifique.

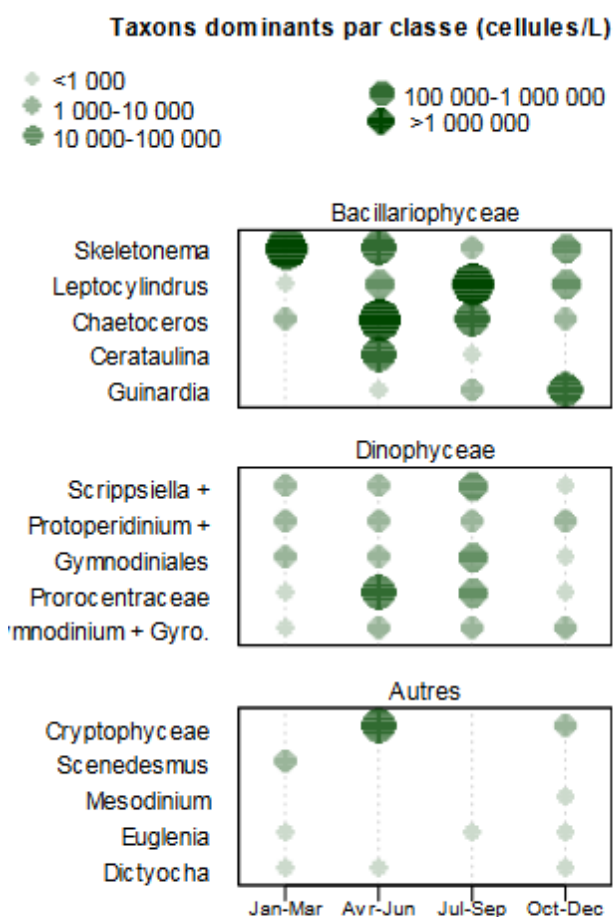


Figure 28 : Taxons dominants sur la station « Ouest Loscolo » en 2016.

4.4.3. Estuaire de Loire – « Basse Michaud »

La station « Basse Michaud » est un lieu de surveillance qui a été créé en janvier 2016 dans le cadre de la DCE pour remplacer la station « Le Croisic(a) » pour le suivi des flores totales (Figure 29). Les premières efflorescences ont débuté mi- avril sur cette zone. Le genre dominant au printemps a été *Chaetoceros* sp.. L'été 2016 a été riche en efflorescences de diatomées dominées par le genre *Leptocylindrus* sp..

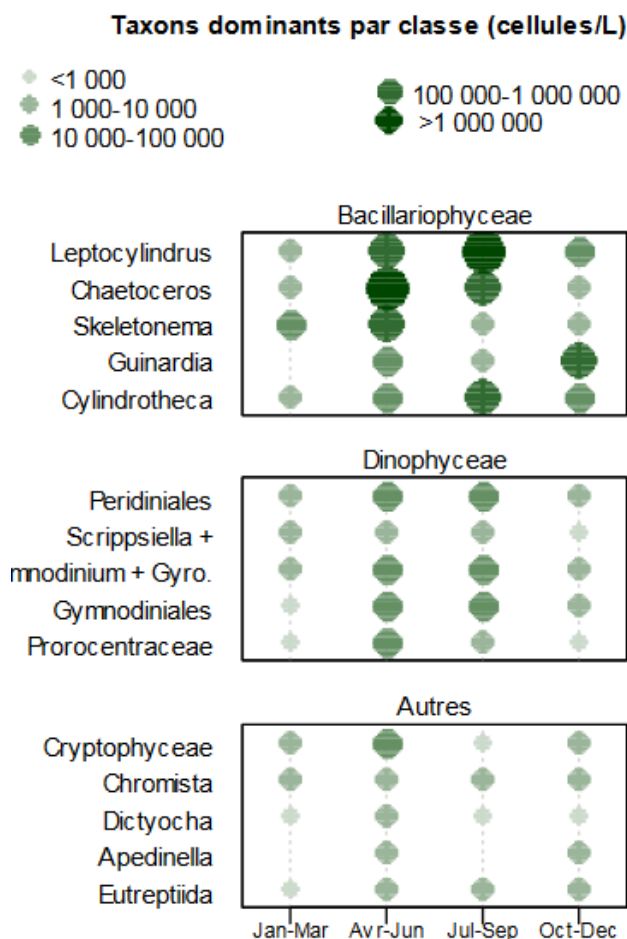


Figure 29 : Taxons dominants sur la station « Basse Michaud » en 2016

4.4.4. Baie de Bourgneuf – « Bois de la Chaise large »

Plusieurs efflorescences ont été observées principalement du genre diatomée. En avril-juin, les genres dominants ont été constitués de *Skeletonema* sp. et *Chaetoceros* sp.

Les genres *Leptocylindrus* sp. et *Chaetoceros* sp. sont restés présents tout l'été. Les dinoflagellés n'ont pas été très nombreux au cours de cette année 2016 (Figure 30).

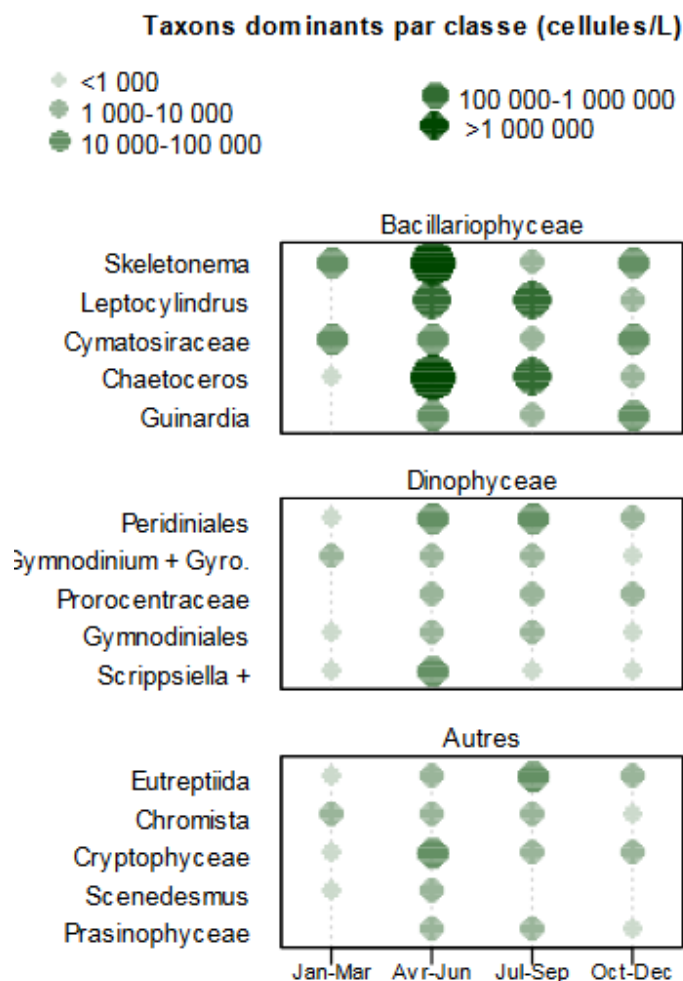


Figure 30 : Taxons dominants sur la station « Bois de la chaise large » en 2016 (Ifremer, 2017b)

5. Conclusions

Ce rapport décrit le contexte hydrologique 2016 du secteur au large de la Loire et de la Vilaine, sur les trois départements du Morbihan, de la Loire-Atlantique et de la Vendée nord. Il s'appuie sur les suivis environnementaux réalisés dans le cadre du réseau REPHY, de celui de la DCE, complétés par des données acquises en haute fréquence sur la bouée MOLIT (réseau HOSEA).

Certains événements, notamment, ceux des « eaux colorées » dues à *L. chlorophorum* ont pu être expliqués grâce aux suivis complémentaires réalisés dans le programme DIETE (Souchu *et al.*, 2016).

L'année 2016 a été marquée par un ensoleillement relativement important à partir du mois de juillet jusqu'à la fin de l'année avec des débits faibles relevés à partir du mois d'août, qui caractérisent une année 2016 relativement sèche. Le débit de la Loire a été toutefois marqué par une crue exceptionnelle au mois de juin.

Le temps de résidence des eaux de la baie de Vilaine est plus long que pour les autres masses d'eau au large de la Loire et de la Vilaine. C'est le seul secteur où la température de surface a dépassé 20°C l'été et l'automne 2016. Les courants y sont plus faibles, ce qui laisse du temps au phytoplancton pour consommer les nutriments d'origine fluviale.

Les eaux de la baie de Vilaine ont été stratifiées une bonne partie de l'année avec des eaux moins salées en surface après les crues hivernales et celle du mois de juin. A la fin de ces crues, la stratification thermique a relayé la stratification haline. Ces stratifications limitent les échanges entre les eaux de fond et celle de surface, conduisant à un véritable découplage entre les deux couches d'eau.

Les paramètres physicochimiques, les concentrations en nutriments et en Chl *a* ainsi que les abondances en microphytoplancton ont été suivis pendant les périodes productives. Les apports d'eaux douces issus des fleuves, en lien direct avec les baisses de salinité de surface, ont conduit à un enrichissement des eaux de surface en azote organique dissous (NID surtout sous forme nitrates : NO₃⁻), silicium (silicates : DSi) et en phosphore (Phosphate ou phosphore inorganique dissous : PID). La dynamique mensuelle de concentration des nutriments (P, N, Si) a suivi celle des débits des fleuves, confirmant la fertilisation de cette zone littorale par les apports d'eau douce. La biomasse chlorophyllienne a été importante sur les stations « Nord Dumet » et « Ouest Loscolo » durant l'été 2016. Dès que la lumière a été suffisante (fin février à début mars), les blooms de diatomées se sont développés de manière majoritaire sur l'ensemble des stations.

Les efflorescences estivales ont été, elles aussi, dominées par les diatomées du genre, *Chaetoceros* sp. et *Leptocylindrus* sp.. Ces résultats sont en adéquation avec les observations rapportées par Ratmaya *et al* (2017) qui montrent depuis plusieurs années une augmentation de la biomasse chlorophyllienne, des abondances de phytoplancton et une augmentation des diatomées en été en baie de Vilaine.

Des eaux colorées vertes, dues à la présence du dinoflagellé *L. chlorophorum*, ont été détectées en Baie de Vilaine entre mi-juillet et mi-août. Ces phénomènes sont toutefois mal évalués par les réseaux REPHY et/ou DCE dont les prélèvements ne sont effectués qu'en surface. L'inventaire de ces phénomènes reste donc difficile à réaliser et l'ampleur et la fréquence de ces épisodes sont souvent sous-estimés (Souchu *et al.*, 2016).

L'exemple du suivi des profils de fluorescence réalisés sur les deux stations « Ouest Loscolo » et « Nord Dumet » est intéressant car il montre que des prélèvements plus complets au niveau de la colonne d'eau permettent d'identifier clairement leur présence au niveau de la thermocline.

Ces eaux colorées qui caractérisent les phénomènes d'eutrophisation décrits dans la baie de Vilaine, depuis probablement 1982 et la crise anoxique (Souchu *et al.* 2016) restent toutefois peu étudiés. Des projets de recherche devraient être mis en œuvre pour suivre ces épisodes qui dégradent de façon récurrente la qualité des masses d'eaux de ce secteur et qui peuvent avoir des conséquences sur les ressources vivantes naturelles ou exploitées de ce secteur.

6. Références bibliographiques

- Diaz RJ, Rosenberg R (2008) Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321:926-929.
- Ratmaya W, Soudant D, Salmon-Monviola J, Cochennec-Laureau N, Goubert E, Barillé L, Souchu P. Long-term changes in nutrient concentrations and phytoplankton in the Vilaine Bay (France), en prep pour *Estuaries & Coasts*.
- Souchu *et al* (2016). DIETE : Synthèse des connaissances et analyse critique des données historiques et bilan sur les besoins en informations nouvelles.
- Stanisiere Jean-Yves *et al.* (2013). Les risques conchylicoles en Baie de Quiberon. Troisième partie : le risque d'hypoxie pour l'huître creuse *Crassostrea gigas*. Rapport final du projet Risco 2010-2013. RST/LER/MPL/13.21. <http://doi.org/10.13155/29131>

7. Glossaire

Bloom : Terme d'origine anglo-saxonne pour définir une efflorescence phytoplanctonique qui rapporte les proliférations de phytoplancton dans les milieux aquatiques. Ces dernières résultent de la conjonction de facteurs du milieu comme l'éclairement et les concentrations en nutriments dans l'eau. Les blooms peuvent se matérialiser par une coloration de l'eau (eaux colorées).

Eutrophisation anthropique : processus représentant la réponse biogéochimique d'un écosystème aquatique à des apports excessifs de nutriments issus des activités humaines. L'eutrophisation anthropique se différencie de l'eutrophisation naturelle (ou géologique). Cette dernière peut se définir comme l'augmentation de la production de matière organique qui accompagne l'évolution d'un écosystème aquatique sur des temps géologiques jusqu'à son éventuel comblement.

Nutriments : terme utilisé pour définir les trois macronutriments : N, P et Si et plus précisément les formes inorganiques que sont les nitrates, nitrites et ammonium pour N, les phosphates pour P et les silicates pour Si.

Saison froide/chaude : le climat des pays tempérés peut se caractériser par deux saisons :

- la saison froide, centrée sur l'hiver, déborde sur le début de printemps et la fin de l'automne (novembre à avril),
- la saison chaude (appelée aussi saison productive), centrée sur l'été, qui déborde sur le début de l'automne et la fin du printemps (mai à octobre).

Syndrome : terme d'origine médicale se définissant comme un ensemble de signes cliniques et de symptômes qu'un patient est susceptible de présenter lors de certaines maladies.

8. Abréviations

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

Chl *a* : Chlorophylle *a*

NH₃ : Ammoniac

NH₄⁺ : Ammonium

NID : Azote inorganique dissous = NH₄⁺ + NO₂⁻ + NO₃⁻

NO₂⁻ : Nitrite

NO₃⁻ : Nitrate

PID : Phosphate = phosphore inorganique dissous = PO₄³⁻

DSi : Silicate