

Variation spatio-temporelle des nutriments / SRM MC

Marc Sourisseau, Marine Rogé IFREMER/DYNECO/PELAGOS

Centre de Brest BP 70 29280 Plouzané

Contributeurs: Alain Lefèbvre, Dominique Levèvre, Michèle Fichaut, Thierry Cariou

1. Présentation du jeu de données réalisé

Les données de cette étude couvrent une zone géographique allant de 53°N à 43°N et de 9°W à 3°E, qui correspond à tout l'espace national. L'ensemble des échantillons provient de prélèvements réalisés avec des bouteilles Niskin à différentes profondeurs, puis analysés en laboratoire. Les paramètres conservés dans la base et analysés sont :

- nitrate: NTRA ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
- nitrite: NTRI ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
- silicate: SLCA ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
- ammonium: AMMO ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
- phosphate: PHOS ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)

1.1 Interrogation des bases de données

Les données sont issues de bases de données nationales et internationales (ICES, SDN, QUADRIGE²). Il y a cependant dans ces bases des données non validées ou sous moratoire: ces données ne sont donc pas utilisées dans cette étude. Au total, cette sous région marine des mers celtiques compte 3250 données.

Tableau 1 : Contribution des différentes bases de données pour l'ensemble de la sous région maritime des Mers Celtiques.

Bases de données	Point de contact	Nombre de données
QUADRIGE ²	Anne Daniel	8 (0,25%)
ICES	Produit du CIEM ([1])	679 (20,89%)
SDN	Michèle Fichaut	2563 (78,86%)

1.2 Qualité de la donnée

Suivant leurs origines, les données sont qualifiées de manière hétérogène (ex: ICES qualifie ses données soit bonnes, douteuses ou mauvaises). La qualité de la donnée est dépendante des protocoles de prélèvement, des méthodes analytiques, des laboratoires, etc. De plus, les protocoles analytiques ne sont pas explicités dans toutes les bases. Les données dont les méthodes analytiques ne sont pas définies ont été identifiées comme douteuses dans notre jeu de données. Ces données douteuses représentant la part principale du jeu de données (plus de 75% contre 23% de données bonnes), il est donc difficile de ne pas les intégrer dans cette étude. La recherche de doublons, créés essentiellement par des données saisies dans 2 bases de données différentes, a également diminué de 41% le jeu de données initial.

2. Répartition spatiale et temporelle des mesures de nutriments

Les données sont réparties de façon non hétérogène au niveau spatial et au niveau temporel (cf

¹ ICES =CIEM (Conseil International pour l' Exploitation de la Mer. SDN : SeaDataNet.

QUADRIGE² :Base de données Ifremer

annexes 1, 2, 4, 5 et 6).

2.1 Répartition spatiale

La couverture géographique n'est pas homogène. Pour la sous région marine des mers celtiques, plus de 50% des données sont enregistrées dans des zones où la profondeur est inférieure à 20 mètres. Les données sont principalement associées aux études en mer d'Iroise et au front d'Ouessant.

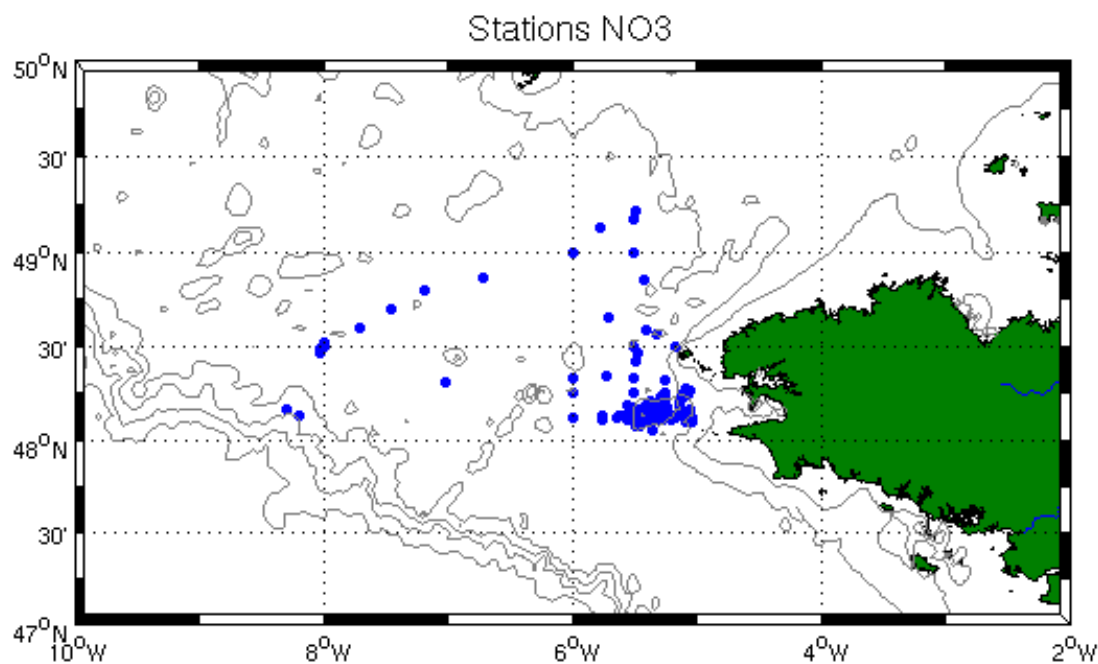


Figure 1 : Distribution spatiale de l'ensemble des stations des données de nitrate pour la sous région maritime des Mers Celtiques.

2.2 Répartition temporelle

Le jeu de données s'étend sur une période comprise entre 1930 et 2010 (Figure 2), la plupart des données étant acquises entre 1982 et 2005 avec un pic maximum en 1982. Depuis 2005, aucune données n'a été recensée (données en attente ou non transmises). Il est cependant très probable que le nombre de mesures réalisées ne soit pas nul depuis cette date et des campagnes de sollicitations auprès des laboratoires devraient être menées.

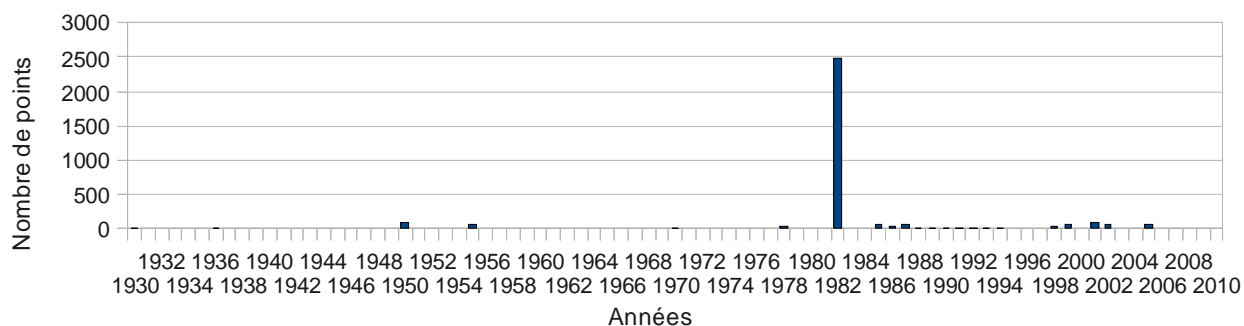


Figure 2 : Répartition annuelle du jeu de données sur la sous région marine des mers celtiques.

3. État des lieux et tendances

3.1 Évolution à long terme

Le jeu de données de nutriments utilisé dans cette étude ne permet pas d'identifier de tendances significatives. Il n'existe, à notre connaissance, aucune radiale ou point d'observation faisant l'objet d'un suivi régulier depuis plus de dix ans qui permettrait d'établir une tendance. La station SOMLIT (rade de Brest) localisée dans la sous-région Manche-mer du Nord pourrait être avantageusement utilisée dans cette analyse pour décrire les évolutions en mer d'Iroise.

3.2 Dynamique saisonnière

La répartition des nutriments en mers celtiques est contrôlée par plusieurs facteurs : la consommation par les producteurs primaires, les apports anthropiques et les processus physiques entraînant un mélange vertical car une grande partie des mers celtiques se stratifie en période estivale. Les cartes ci-dessous ont été réalisées en effectuant une interpolation sur les données de surface (0 -10 m) par la méthode des voisins naturels sous ARCMAP pour deux saisons, une saison hivernale regroupant les mois de janvier, février et mars, et une saison printanière regroupant les mois d'avril, mai et juin.

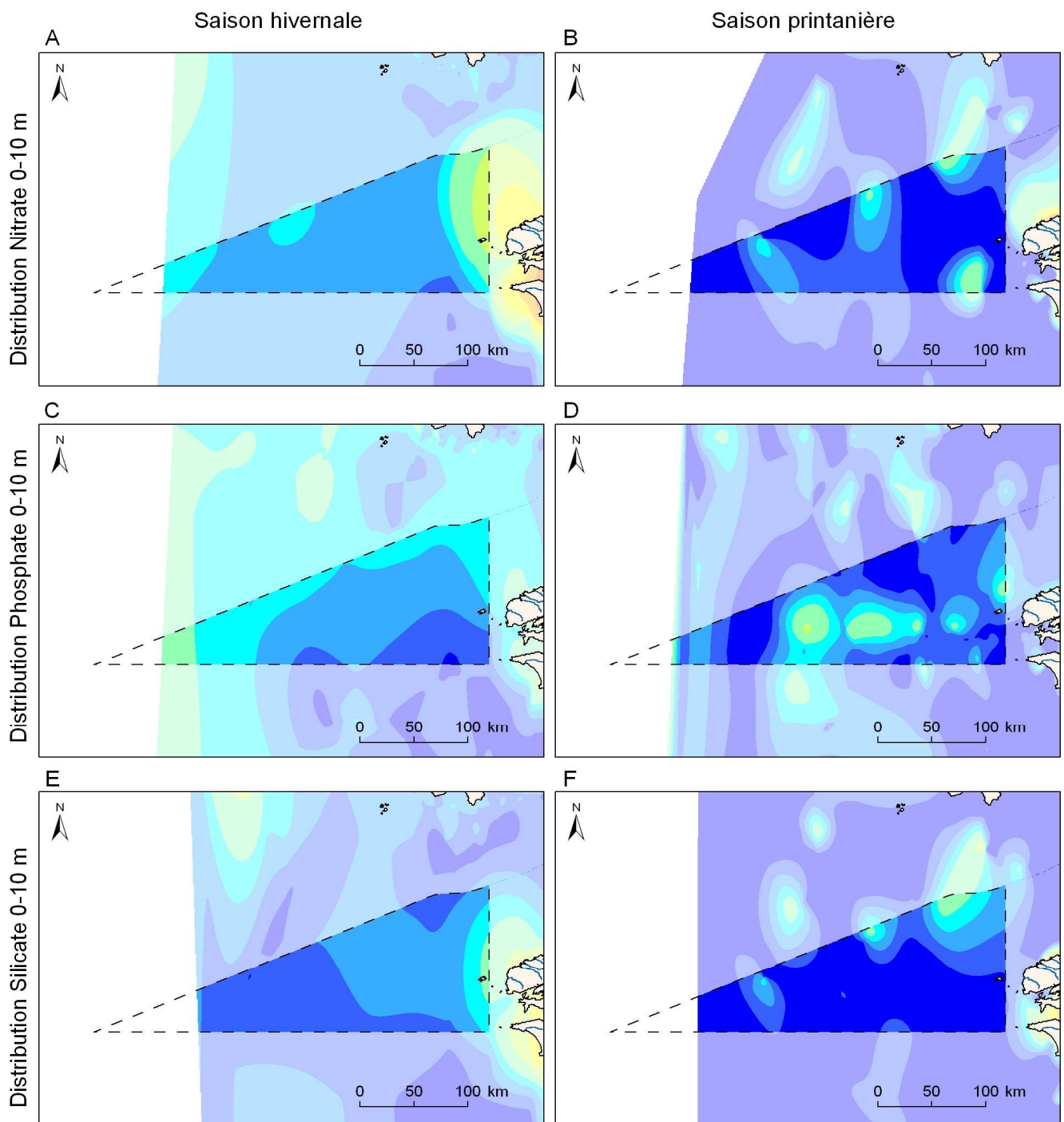
En dessous de la zone stratifiée (0 - 70 m), les concentrations en nutriments sont stables au cours de l'année (les concentrations en nitrates sont par exemple proches de $7 \mu\text{mol.L}^{-1}$) avec des rapports stœchiométriques équivalents à ceux de Redfield. A l'inverse, dans la zone euphotique des dynamiques complexes sont observées en fonction des saisons et sont associées à la dynamique physique intense de cette sous-région (fronts de marée).

En période hivernale, des fronts halins s'installent et séparent les masses d'eau océaniques de la masse d'eau côtière. Au large les concentrations en surface sont proches des concentrations mesurées en profondeur (Figures 3A, 3C et 3E) alors que proche de la côte les concentrations sont plus élevées. Ces fortes concentrations sont associées aux apports fluviaux (Loire, Vilaine et rivières de la rade Brest) transportés vers le nord en période hivernale ([2]; [3]). Ces apports fluviaux sont dépendants des débits des fleuves et des conditions météorologiques (vents et précipitations) ce qui entraînent une grande variabilité spatio-temporelle. De plus, ces fronts halins hivernaux sont mis en place sous l'action de la marée. Ils se positionnent donc aux mêmes niveaux que les fronts thermiques estivaux ([2]) et ont une dynamique identique: spatialement réduite et très dynamique ([4]). Sans un échantillonnage dédié et à haute fréquence, ces processus se retrouvent souvent lissés dans les cartes moyennes ou bien créés des points de concentrations élevés (Figure 3B, 3D et 3F) avec une distribution hétérogène. Cette grande variabilité spatio-temporelle les rend ainsi peu visibles sur des cartes climatologiques.

Les premières baisses des concentrations sont observées en mars et sont associées à des blooms précoces sur les fronts halins ([2]). Durant la période estivale, la stratification thermique se met en place au large et les concentrations diminuent jusqu'aux limites de détection dans l'ensemble des eaux de surfaces. En période de post-bloom et à la différence des enrichissements hivernaux, ce sont cette fois les eaux profondes océaniques qui amènent les nutriments (notamment de l'ammonium) dans les zones frontales. Ces fronts de marée constituent en période estivale les zones avec les concentrations en nutriments de surfaces les plus élevées des mers celtiques et ces aires sont extrêmement productives. La concentration en nitrates dans la zone du front est proche de $2 \mu\text{mol/L}$ et les concentrations peuvent être corrélées de manière négative avec la température de surface ([5]). Le front d'Ouessant est donc la zone caractéristique des nutriments en mers celtiques et à l'entrée Manche ([4]; [6]; [7]). Malgré une position similaire spatialement (très dépendante de la marée et de la bathymétrie), les processus et les sources sont alors très différents. Les apports fluviaux ne respectant pas toujours les rapports stœchiométriques à la différence des eaux profondes océaniques.

On notera également à la pointe ouest de cette sous-région marine, un impact significatif des ondes internes sur les enrichissements en nutriments en période de stratification ([8]). Ce

processus est identique à celui le long du talus continental de la sous-région du golfe de Gascogne mais à une intensité plus élevée. Le passage de ces ondes est visible sur l'ensemble de cette sous-région marine.



**Cartes de distribution en surface (0-10 m) de nitrate, phosphate et silicate
saison hivernale (janvier, février, mars) et saison printanière (avril, mai, juin).**

NO3 (µMole/L)	PO4 (µMole/L)	Si (µMole/L)
0 - 4.5	0 - 0.2	0 - 2.5
4 - 6	0.2 - 0.3	2.5 - 3.5
6 - 7.5	0.3 - 0.4	3.5 - 4.5
7 - 9	0.4 - 0.5	4.5 - 5.5
9 - 15	0.5 - 0.75	5.5 - 7.5
15 - 25	0.75 - 1.25	7.5 - 13.5
25 - 50	1.25 - 2.5	13.5 - 27
50 - 110	2.5 - 5	27 - 60
110 - 250	5 - 10	60 - 135
250 - 600	10 - 20	135 - 315

--- limite de la sous-région
mers Celtiques

Projection Mercator (48.5°N)

Sources des données :
Ifremer, IGN, SHOM, SeaDataNet, Somlit, ICES,
communication personnelles de responsables de campagne
ESRI

Figure 3 : Cartes de distribution en surface (0 – 10 m) des données de nitrate, phosphate et silicate pour deux saisons (janvier, février, mars et avril, mai, juin) réalisées par la méthode des voisins naturels sous ARCMAP.

4. Conclusion

Le présent rapport est une analyse des données potentiellement mobilisables à l'échelle nationale sur la période 1930-2010. Des manques dans la répartition spatiale et temporelle des données ont été d'identifiés. On note par exemple, la bonne couverture dans la zone Iroise (front d'Ouessant interne et externe) mais très peu de données au large de cette zone même si on suppose une bonne homogénéité. Cette analyse des données, bien que préliminaire, met donc en évidence la nécessité d'une observation régulière de la distribution des éléments nutritifs dans les eaux à l'échelle du large si on veut pouvoir extraire les composantes climatique et anthropique de la variabilité observée (profondeur > 50 m) comme pour la sous-région Manche-mer du Nord. L'état initial va donc être fortement biaisé par les années les plus échantillonnées.

Références :

[1] www.ices.dk

[2] Morin, P. ; Le Corre, P.; Marty, Y; L'Helguen, S. 1991. Spring evolution of nutrients and phytoplankton on the Armorican shelf (North-West European shelf). *Oceanologica acta*. 14(3)263-279.

[3] Kelly-Gerreyn, B.A.; Hydes, D.J.; Fernand, L.J.; Jegou, A.M.; Lazure, P.; Puillat, L.; Petersson, S.E. 2006. Linking French Atlantic rivers to low salinity intrusions in the western English Channel: highly resolved monitoring from the EU FerryBox project. European Operational Oceanography: Present and future. *Proceedings of the Fourth International Conference on EuroGOOS*, 6-9 June 2005, Brest France. pp. 432-436. 2006.

[4] Le Boyer, A. Cambon, G. Daniault, N. Herbette, S. Le Cann, B. Marié L. and Morin, P. 2009. Observations of the Ushant tidal front in September 2007. *Continental Shelf Research*. 29(8) 1026-1037.

[5] Morin, P. Wafar, M. V. M. Le Corre, P. 1993. Estimation of Nitrate Flux in a Tidal Front From Satellite-Derived Temperature Data. *Journal of Geophysical Research*. 98(C3) 4689-4695.

[6] Le Fevre, J. Le Corre, P. Morin, P. Birrien, J. L. (1983). The pelagic ecosystem in frontal zones and other environments off the west coast of Brittany. Proceedings of the 17th European Marine Biology. *Oceanologica acta. SPEC.*: 125-129.

[7] Videau, C. (1987). Primary production and physiological-state of phytoplankton at the Ushant tidal front (West-coast of Brittany, France). *Marine Ecology Progress Series*. 35 (1-2), 141-151.

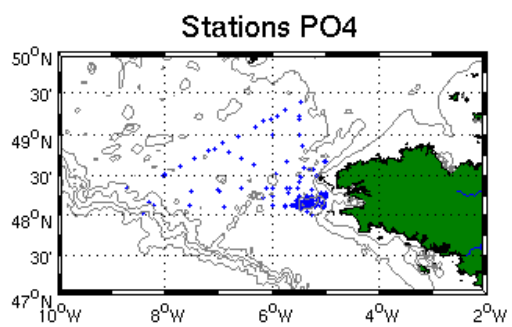
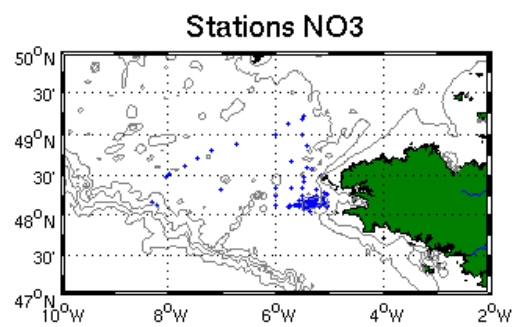
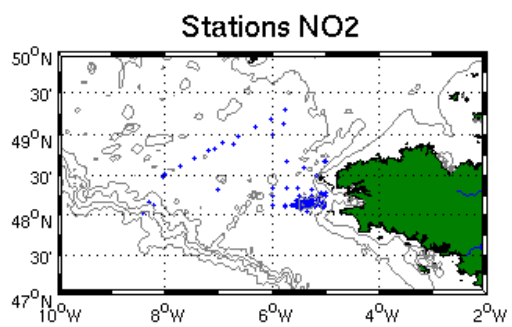
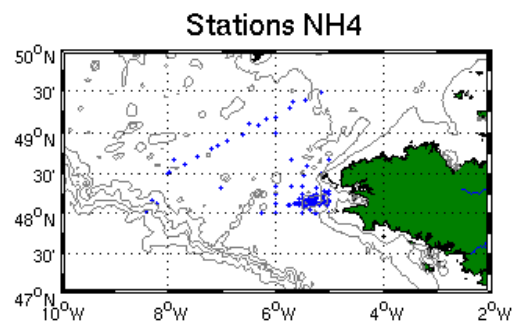
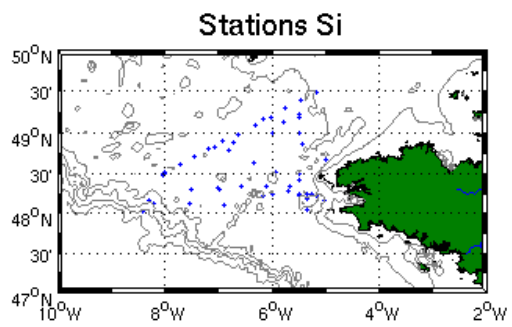
[8] Sharples, J.; Tweddle, J. F; Green, J. A. M.; Palmer, M. R.; Kim Y.-N.; Hickman, A. E.; Holligan, P. M.; Moore, C. M.; Rippeth, T. P.; Simpson, J. H.; Krivtsov, V. 2007. Spring-neap modulation of internal tide mixing and vertical nitrate fluxes at a shelf edge in summer. *Limnology and Oceanography*, 52(5) 1735-1747.

Variation spatio-temporelle des nutriments / SRM MC

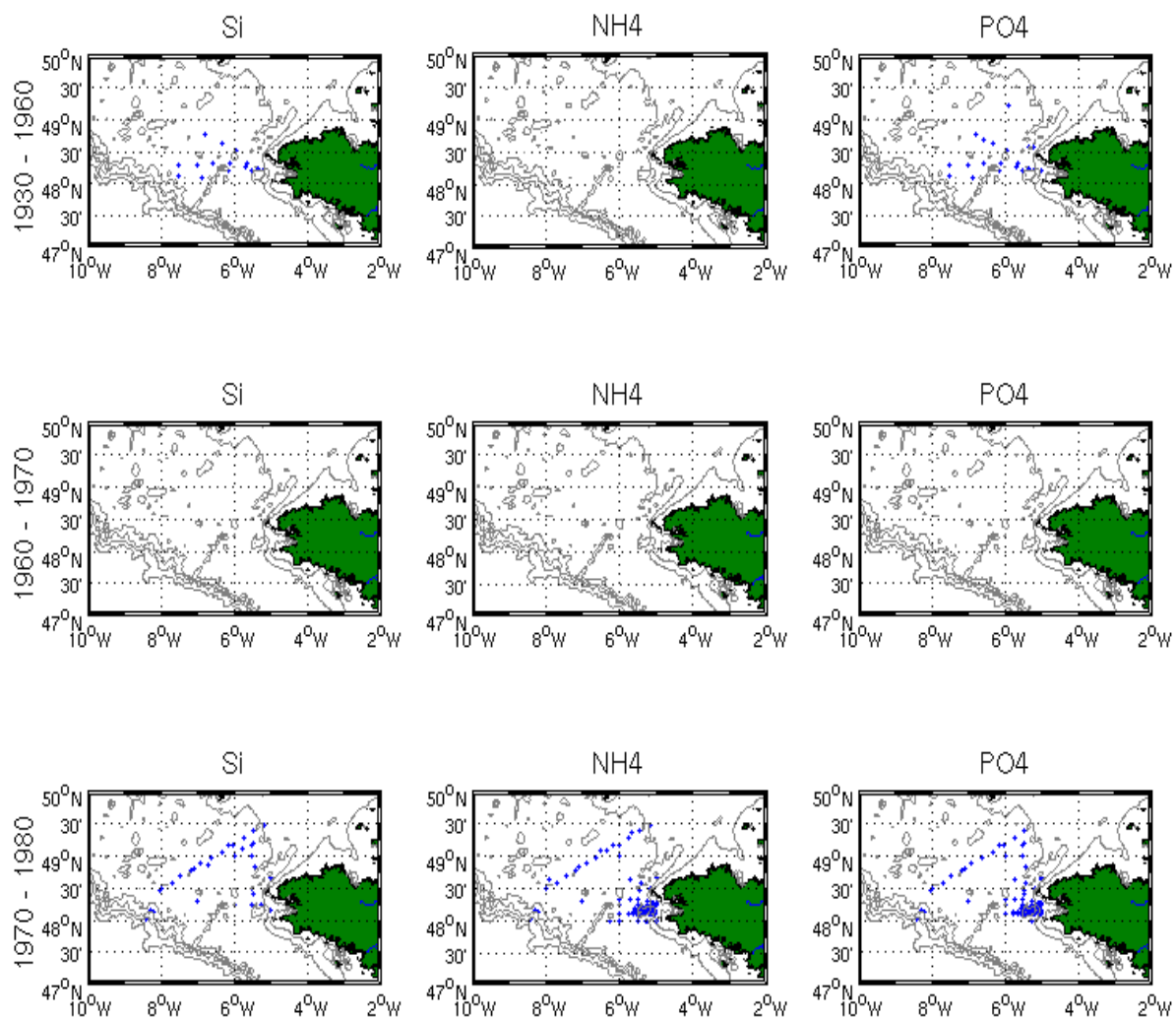
Marc Sourisseau, Marine Rogé IFREMER/DYNECO/PELAGOS
Centre de Brest BP 70 29280 Plouzané

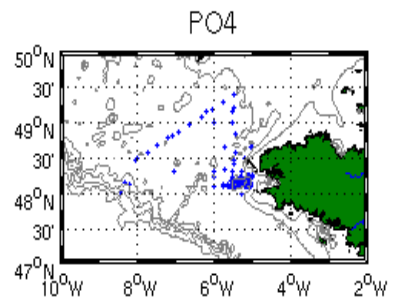
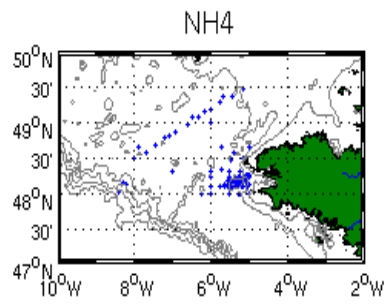
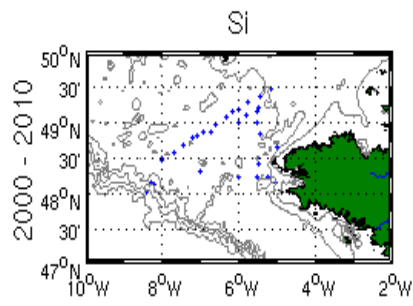
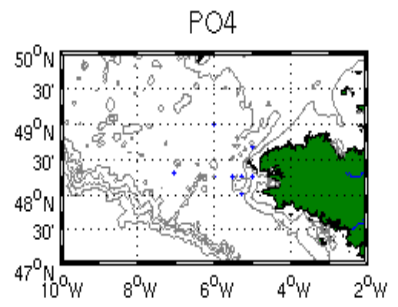
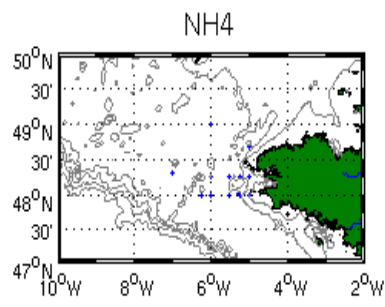
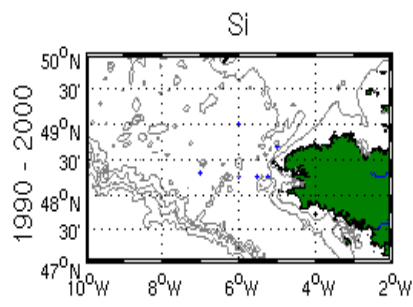
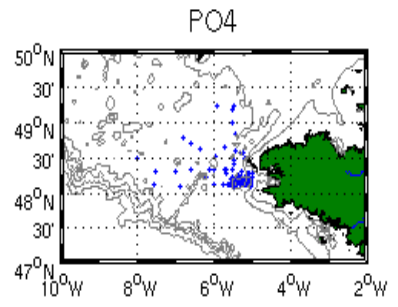
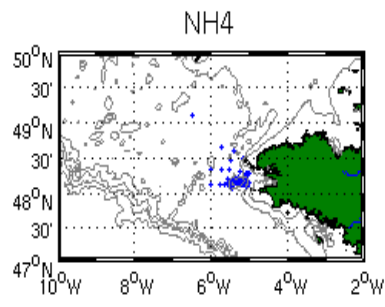
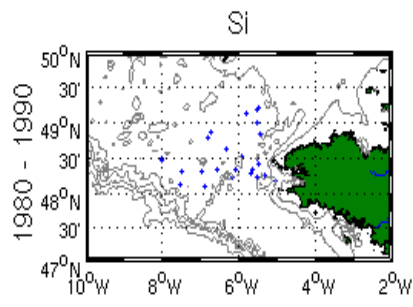
ANNEXES

Annexe1: Cartes des stations par sels nutritifs

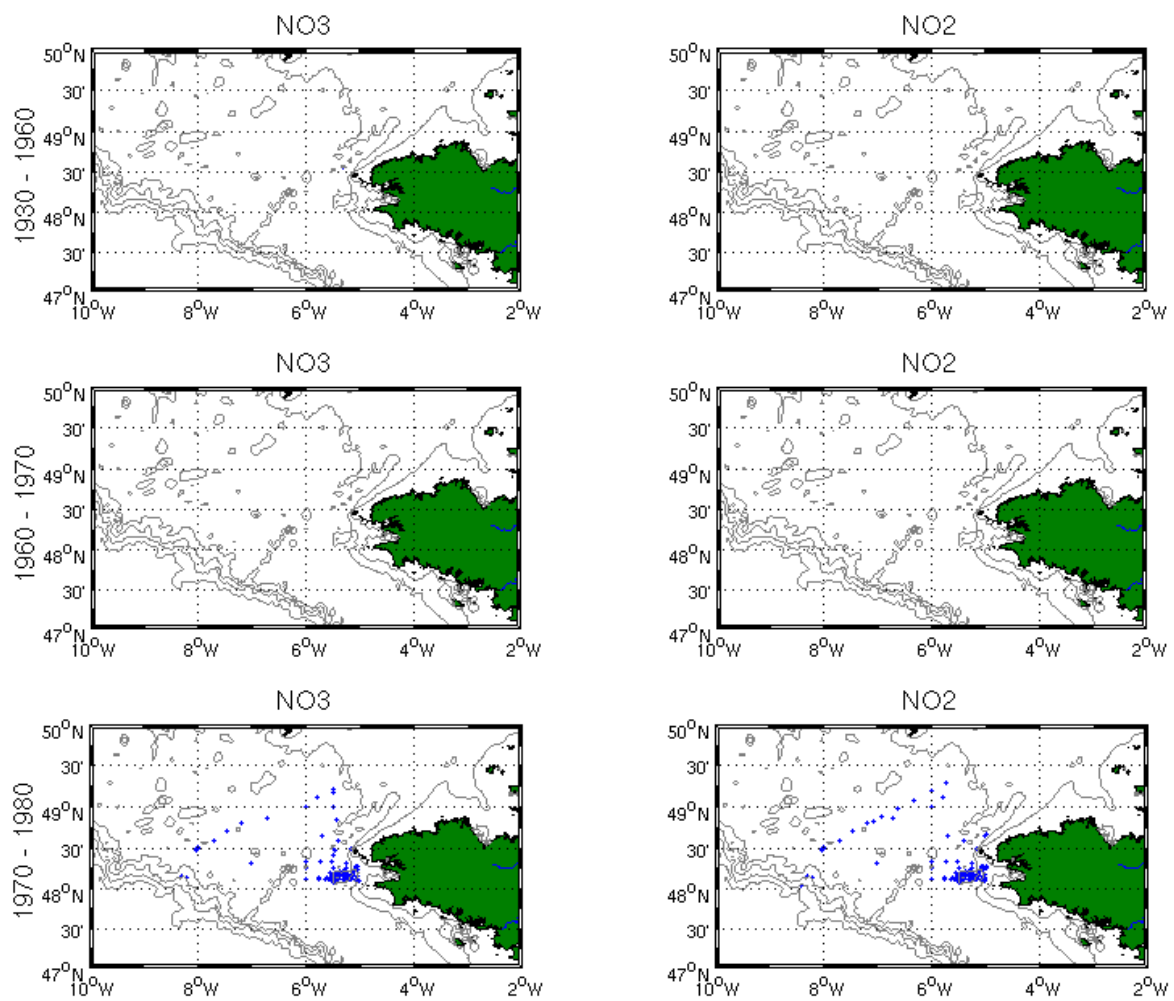


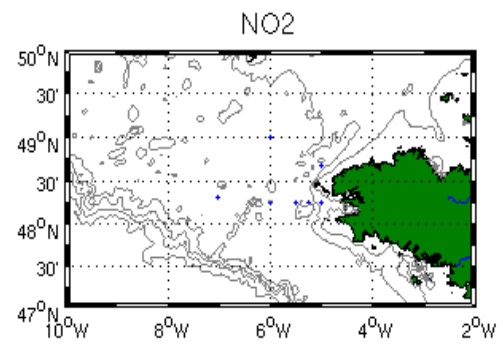
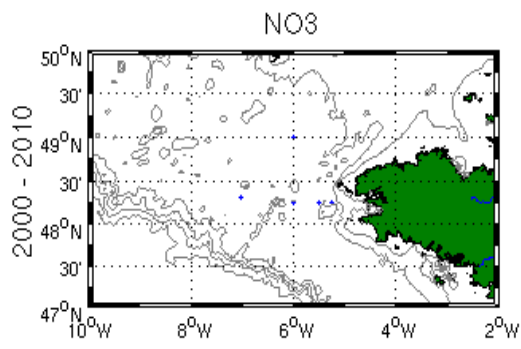
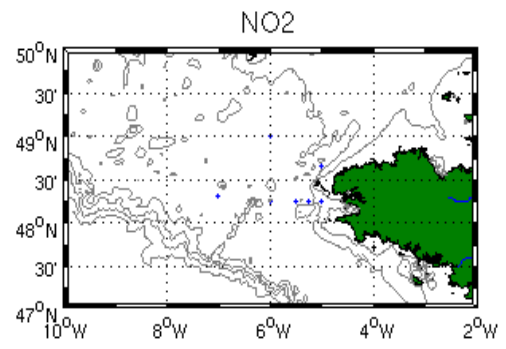
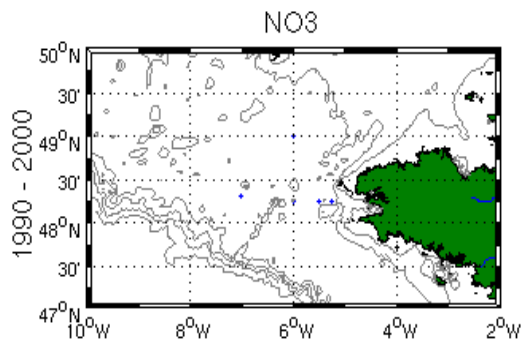
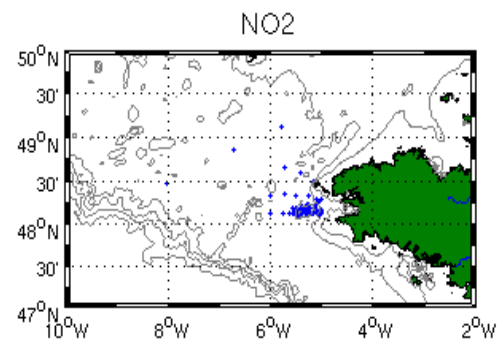
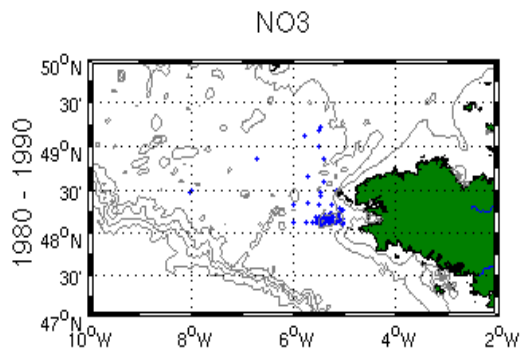
Annexe 2a: Cartes des distributions spatiales du silicate (colonne 1), de l'ammonium (colonne 2) et du phosphate (colonne 3) par décennie.



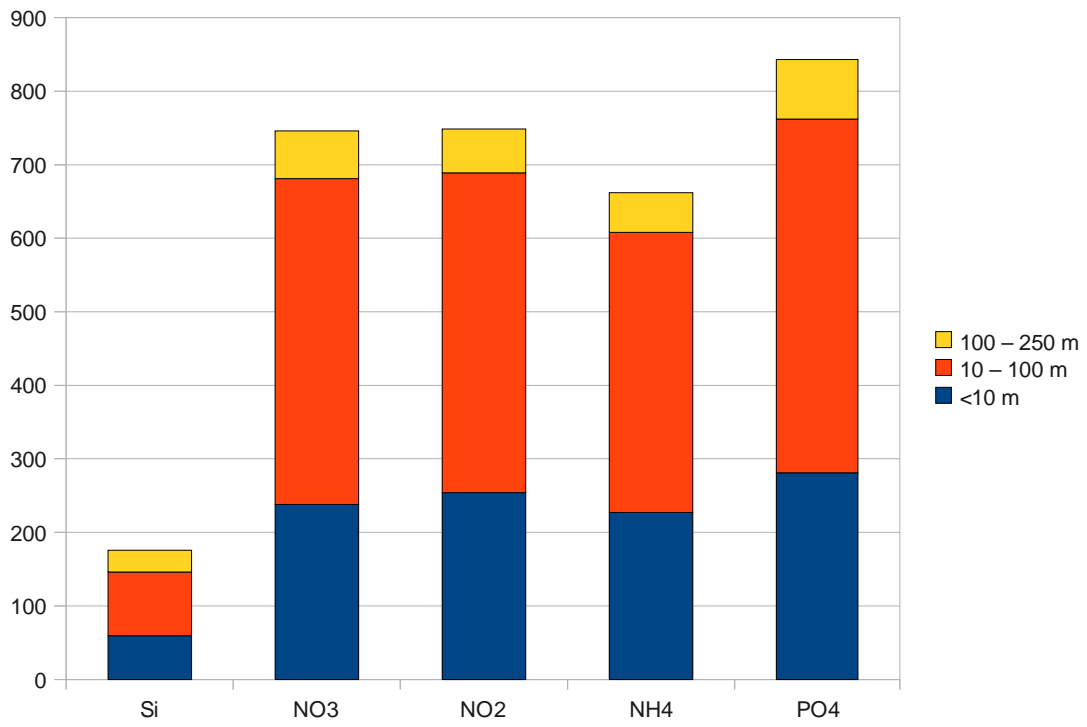


Annexe 2b: Cartes des distributions spatiales du nitrate (colonne 1), du nitrite (colonne 2) par décennie.

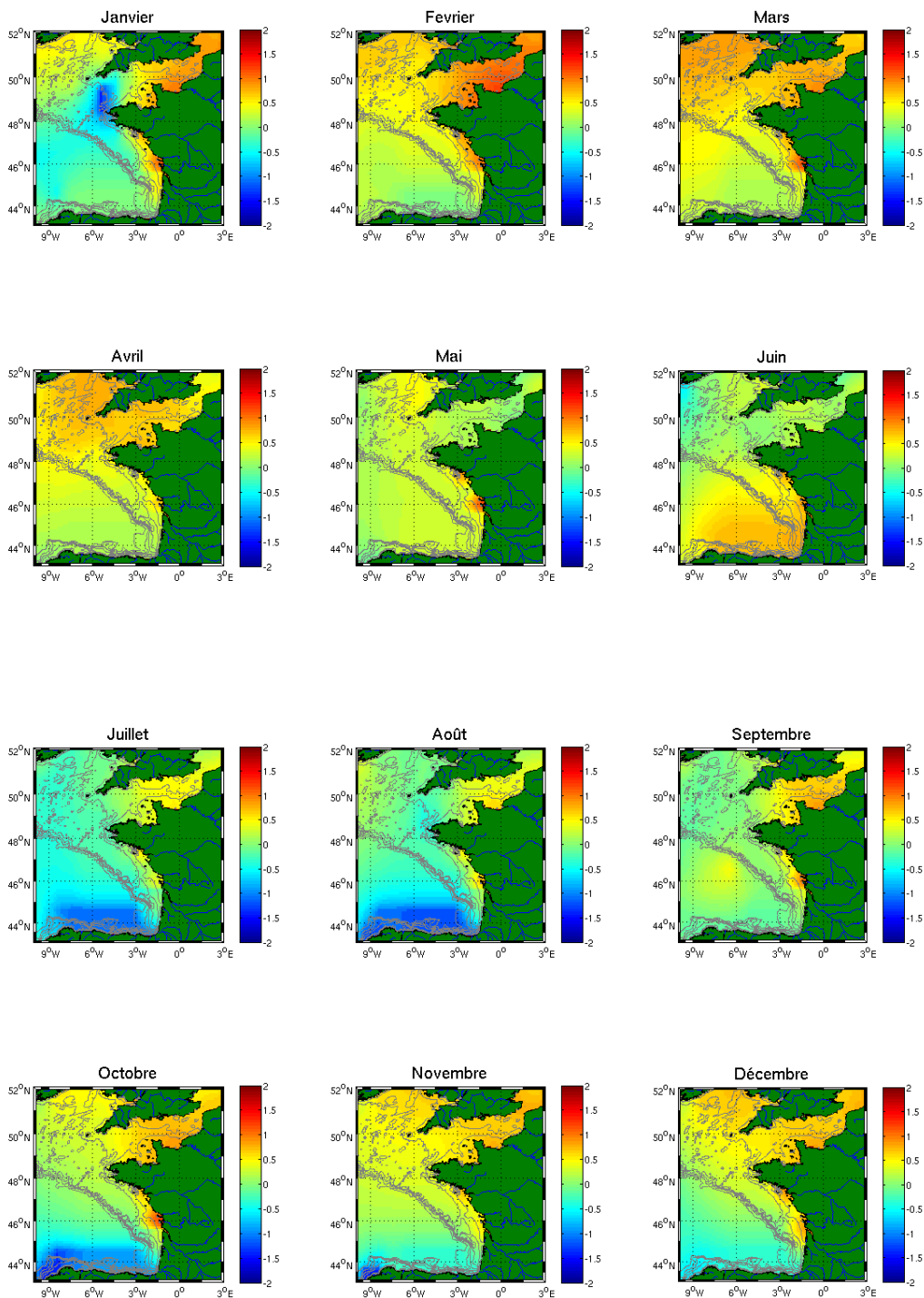




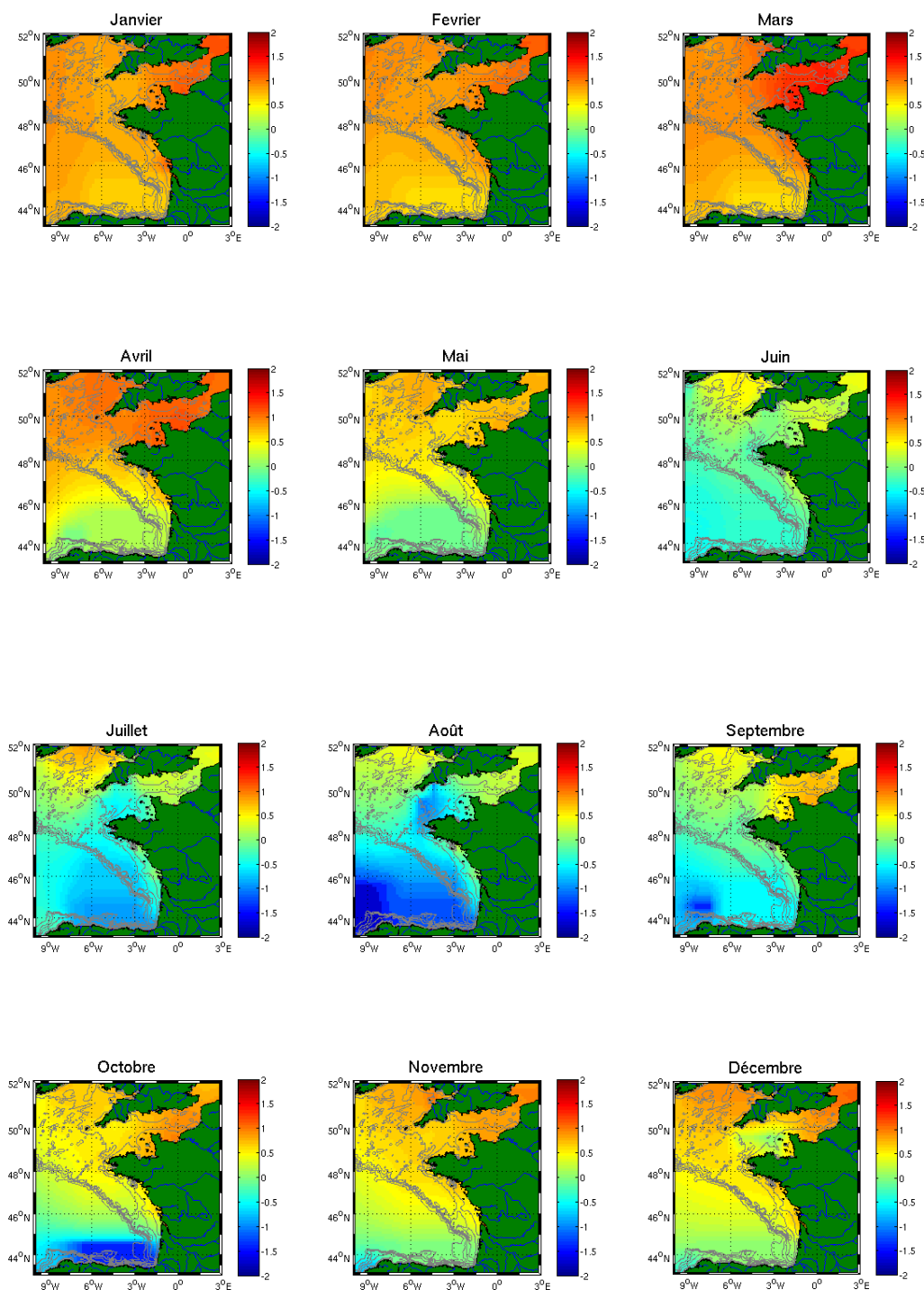
Annexe 3: Effectifs des données de sels nutritifs par couche bathymétrique.



Annexe 4a: Cartes mensuelles finales créées avec l'outil ISAS pour le silicate en couche de surface (0 – 10 m), correspondant au champ interpolé à l'itération 0. Les concentrations sont en $\mu\text{mol/L}$ et en échelle \log_{10} .

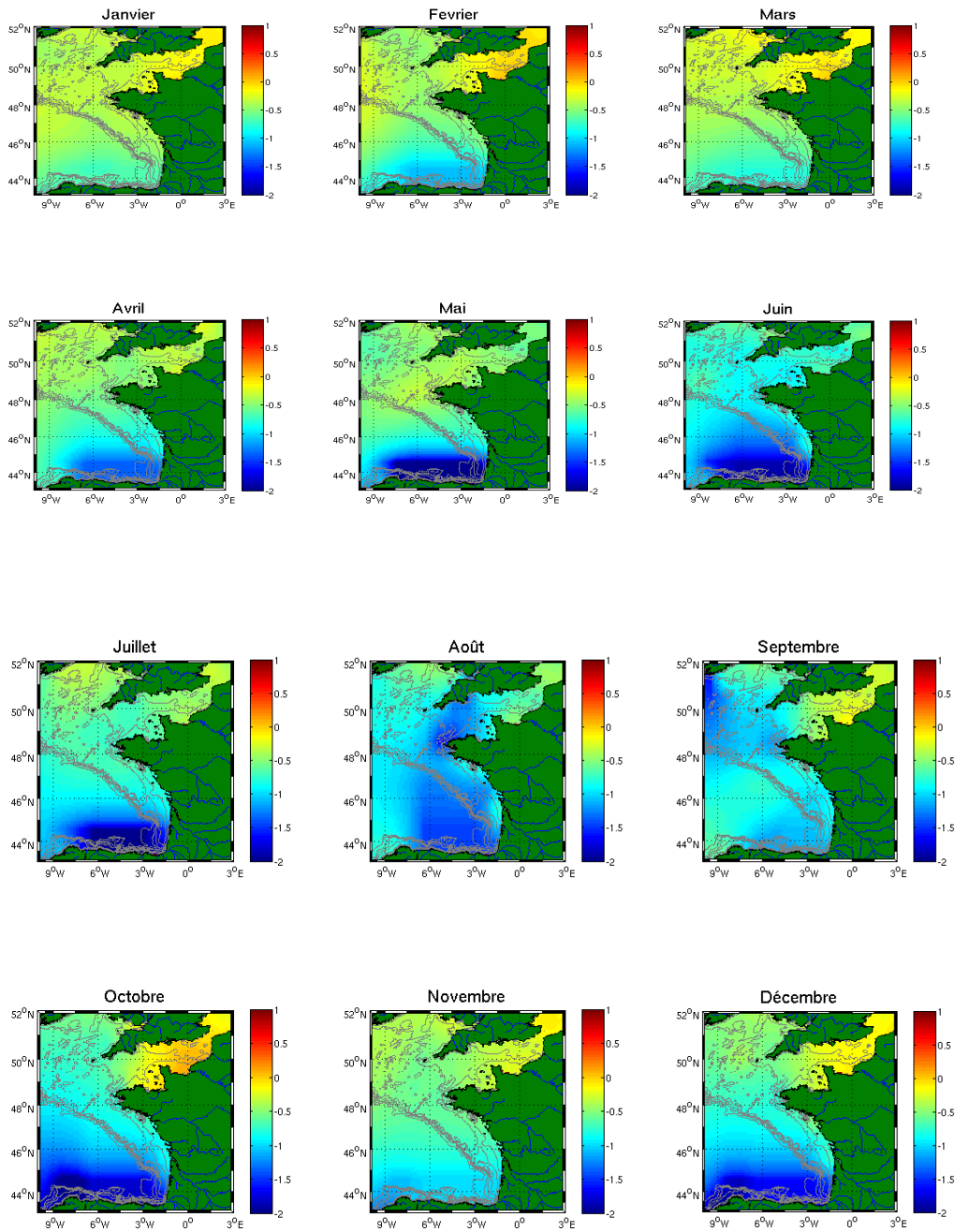


Annexe 4b: Cartes finales créées avec l'outil ISAS pour le nitrate en couche de surface (0 – 10 m), correspondant au champ interpolé à l'itération 0. Les concentrations sont en $\mu\text{mol/L}$ sur une échelle \log_{10} .

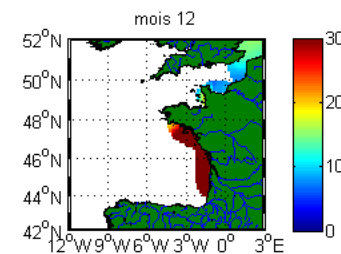
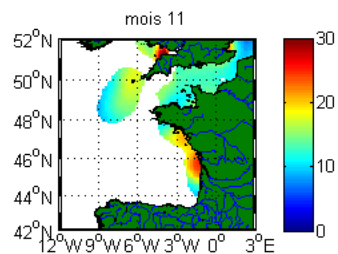
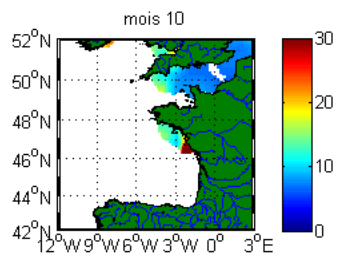
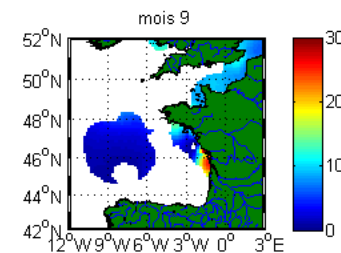
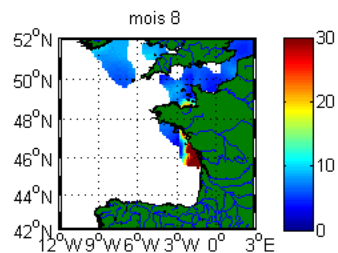
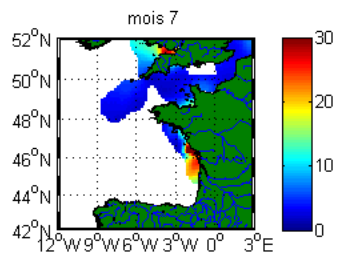
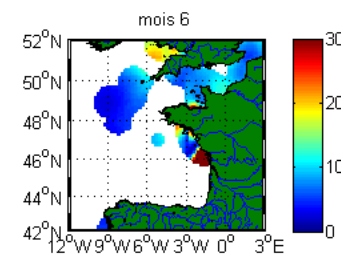
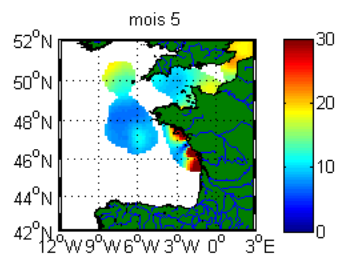
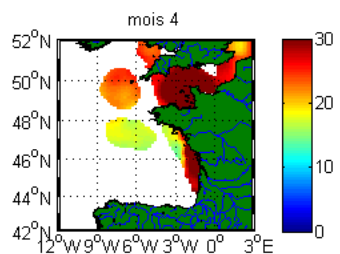
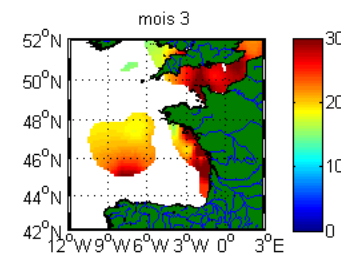
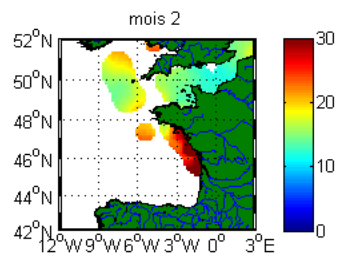
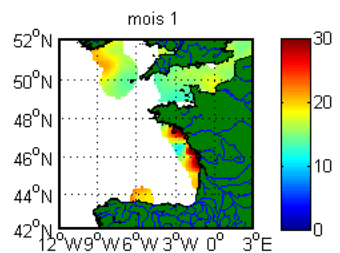


Annexe 4c: Cartes finales créées avec l'outil ISAS pour le phosphate en couche de surface (0 – 10 m), correspondant au champ interpolé à l'itération 0. Concentrations en $\mu\text{mol/L}$ sur une échelle

\log_{10} .



Annexe 5 : Rapports N/P mensuels. Les rapprts sont calculés si les concentrations sont supérieures au maximum de détection pour chaque nutriments et si l'erreur est < à 95.



Annexe 6 : Rapports N/Si mensuels. Calculés de la même manière que pour l'annexe 5

