CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MERS CELTIQUES

CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MERS CELTIQUES

JUIN 2012

ÉTAT PHYSIQUE ET CHIMIQUE

Caractéristiques chimiques

Répartition spatio-temporelle de la chlorophylle *a*

Francis Gohin (Ifremer, Brest).
Avec la participation de
Stéphane L'Helguen (IUEM, Brest).

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie
Agence des aires marines protégées
Ifremer

Le phytoplancton est une composante essentielle du milieu marin : premier maillon de la chaîne alimentaire, il est indispensable à la vie marine.

Cependant, son excès peut être redouté, lorsque l'espèce dominante émet des toxines ou lorsque la biomasse atteint de tels niveaux que l'équilibre du milieu est en jeu : on parle alors d'eutrophisation.

Le pigment chlorophyllien, qui caractérise les végétaux en permettant la photosynthèse, est un indicateur de la biomasse du phytoplancton. Les cartes proposées dans cette étude sont essentiellement basées sur les données des capteurs optiques embarqués sur satellite et privilégient donc l'observation de la chlorophylle *a* (*chla*) de la couche de surface.

Dans la partie française des mers celtiques, mais dans une moindre mesure qu'en Manche, cette approche de surface est d'autant plus représentative de la colonne d'eau que le brassage par la marée et le vent est élevé. Les cartes de la température de surface estivale issues de l'atlas réalisé pour la DCSMM en début d'année 2011 [1] permettent de mieux cerner les zones stratifiées de celles plus mélangées.

Contrairement aux autres sous-régions marines, nous ne disposons pas ici de séries de données *in situ* récoltées à des stations fixes par des réseaux côtiers qui permettraient de valider localement les cycles annuels de la concentration en chlorophylle

a obtenus à partir des satellites. Toutefois, la sous-région pose peu de problèmes techniques particuliers car ses eaux sont claires et donc optiquement simples à analyser : il y a peu de remise en suspension, pas de charriage par les fleuves, et les côtes sont éloignées, à l'exception du voisinage d'Ouessant et de l'archipel de Molène. Les propriétés optiques des eaux de la sous-région sont cependant impactées saisonnièrement par la présence des coccolithophoridés, algues unicellulaires, principalement au printemps et au début de l'été. Si elles compliquent l'analyse du signal optique de la surface de l'océan, les plaquettes de calcite ($CaCO_3$) contenues dans le squelette externe de ces algues unicellulaires sont aussi un excellent marqueur de leur présence dans des eaux qui prennent alors un aspect blanc laiteux.

1. MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION DE LA CONCENTRATION DE SURFACE EN CHLOROPHYLLE PAR SATELLITE

Depuis 1978 et le lancement du capteur Coastal Zone Color Scanner à bord du satellite *Nimbus-7* par la NASA, un premier jeu de données de la couleur de l'eau (réflectance) a été mis à la disposition de la communauté scientifique pour évaluer le développement du phytoplancton et son rôle dans le cycle global du carbone. Cependant, c'est depuis l'année 1997 et le lancement du capteur SeaWiFS que les applications des méthodes optiques spatiales sont devenues véritablement opérationnelles. En 2002, MODIS/*Aqua* et MERIS/*ENVISAT* furent lancés à quelques mois d'intervalle par la NASA et l'Agence Spatiale Européenne.

La méthode d'estimation de la chlorophylle *a* à partir de la réflectance marine de la lumière solaire est basée sur la propriété du pigment chlorophyllien d'absorber préférentiellement la lumière bleue pour la photosynthèse. De fait, les eaux riches en phytoplancton apparaissent vertes car une grande partie de la lumière solaire bleue qui pénètre dans l'océan n'en ressort pas. Le milieu côtier est cependant optiquement beaucoup plus complexe que celui du large. C'est pourquoi, parallèlement à la mise en place des méthodes de traitement spécifiques [2] [3] permettant d'évaluer les concentrations en chlorophylle *a* sur les eaux côtières de l'ouest européen, l'Ifremer, dans le cadre des projets MarCoast, ECOOP et MyOcean, a pratiqué des calibrations et validations systématiques sur les mesures des réseaux *in situ* conventionnels.

Il est à noter cependant que les mers celtiques sont la seule sous-région marine française ne disposant pas de station de mesure *in situ* offrant des séries longues de chlorophylle *a* aptes à valider les produits des satellites. Toutefois ces eaux, en dehors des efflorescences de coccolithophoridés déjà mentionnées, ne sont pas optiquement complexes et ne nécessitent donc pas un traitement particulier dans un premier abord.

2. CARACTÉRISATION DE LA RÉPARTITION SPATIO-TEMPORELLE DE LA CHLOROPHYLLE *A*

La variation saisonnière de la concentration en chlorophylle *a* de surface est présentée en figure 1. On constate sur ces cartes que la production ne démarre véritablement qu'en mars-avril à l'ouest est plus tardivement à l'est de la zone.

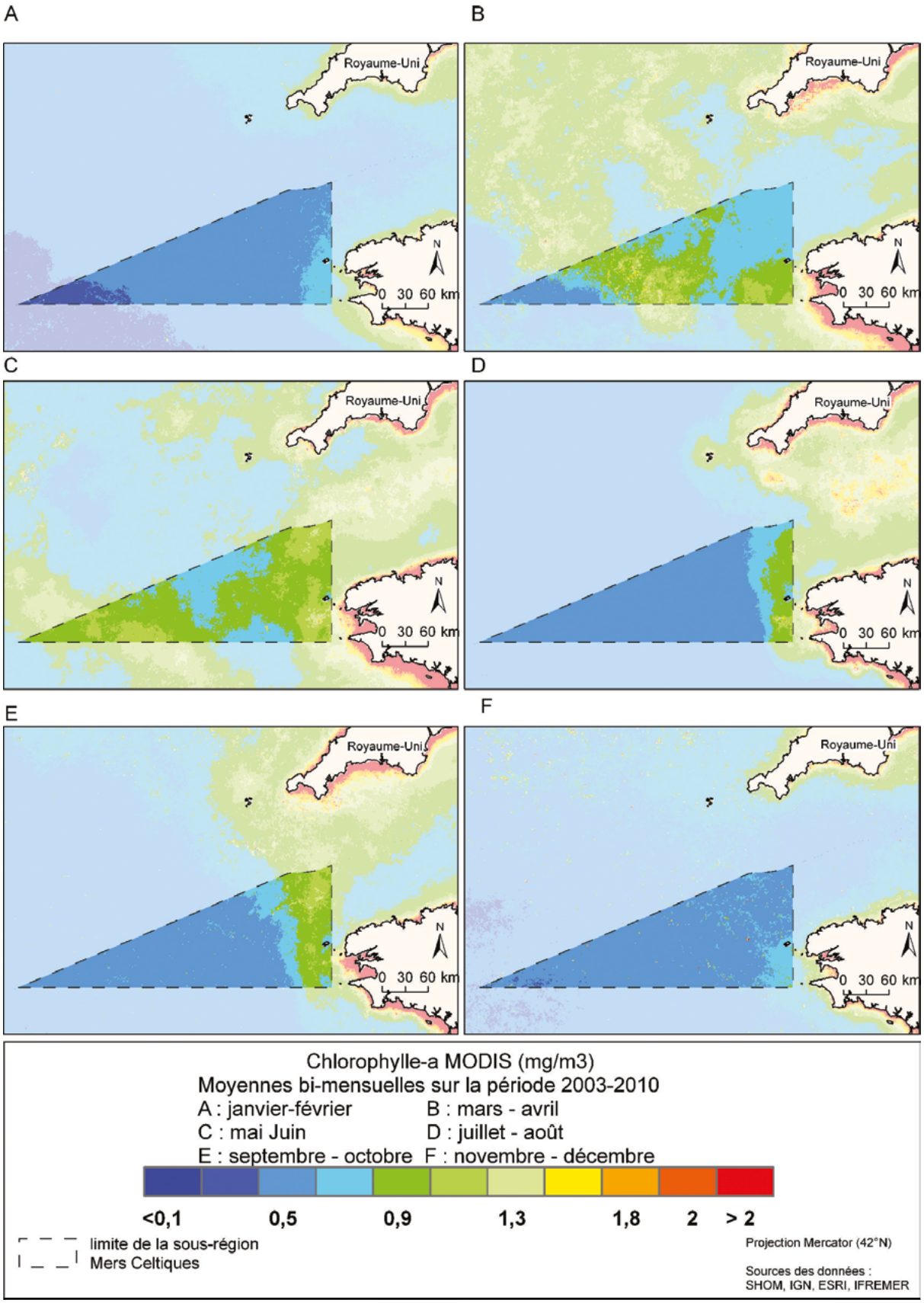

Figure 1 : Variation saisonnière de la concentration en chlorophylle (moyennes bimensuelles) dans la sous-région marine mers celtiques (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer, 2011).

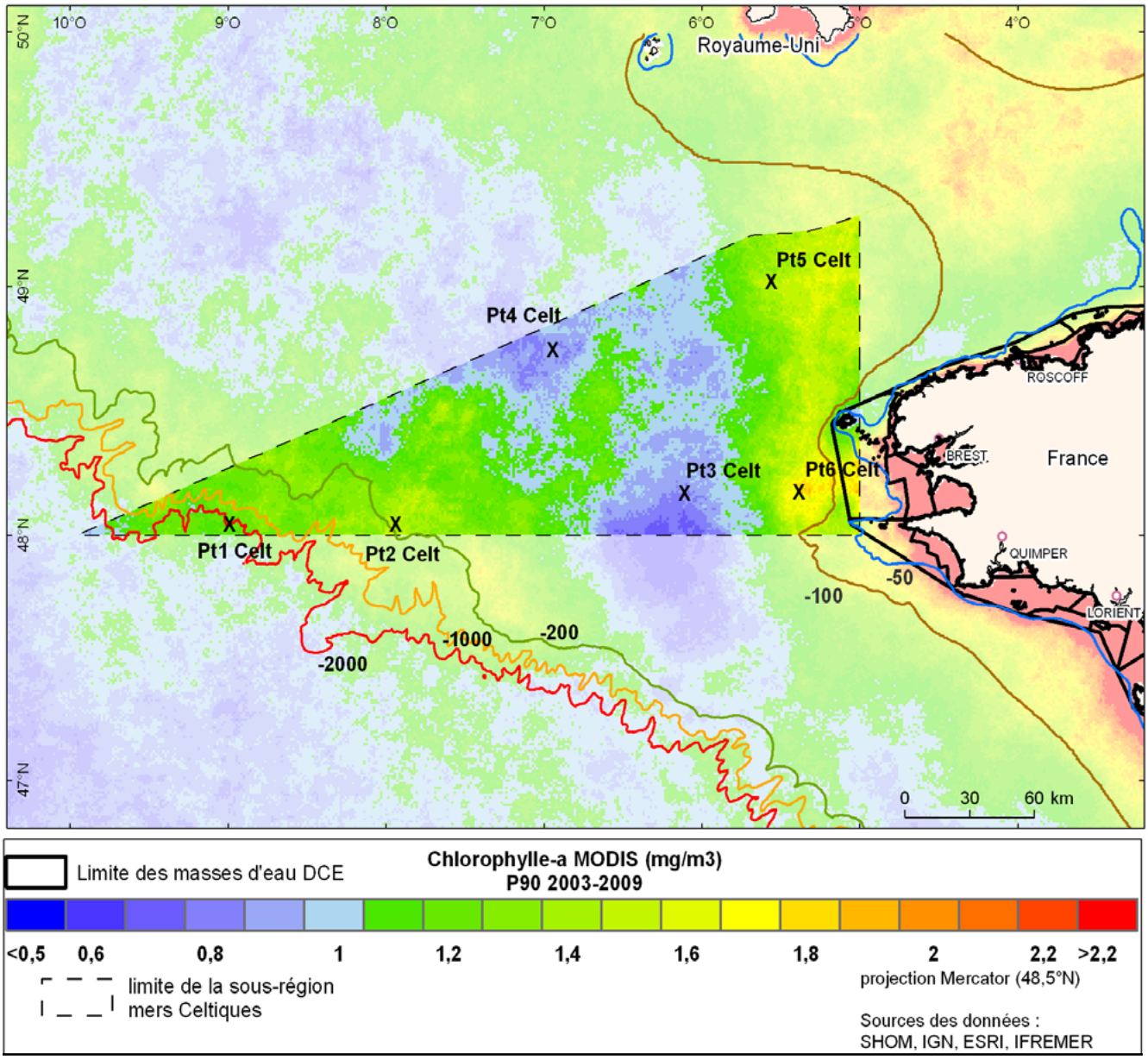

Figure 2 : Percentile 90 de la distribution de la chlorophylle *a* lors de la période productive, de mars à octobre (2003-2009). Six points, pour lesquels les cycles annuels de la chlorophylle *a* et des matières en suspension seront analysés en détail, sont indiqués (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer, 2011).

La figure 2 présente le percentile 90 de chlorophylle *a* lors de la période productive, au sens de la DCE (Directive Cadre Eau – 2000/60/CE), s'étendant de mars à octobre. Le percentile 90 indique le niveau en-dessous duquel se situent 90 % des observations. 10 % seulement des observations étant supérieures au percentile 90, celui-ci est donc un bon indicateur des niveaux élevés, sans donner toutefois trop de poids aux événements extrêmes, et il a donc été choisi pour la DCE comme métrique de l'indicateur phytoplancton (AM 25/01/2010).

Le niveau de *chla* atteint sur la sous-région correspond à des eaux en très bon état phytoplanctonique selon le critère d'eutrophisation tel que défini dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE (mauvaise qualité pour des valeurs supérieures à 40 $mg{\cdot}m^{-3}$ sur la Manche et l'Atlantique). Cela ne signifie pas que cette sous-région soit peu productive car, comme c'est le cas sur une grande partie de la Manche, la turbulence créée par la marée favorise la régénération [4]. Les limites des masses d'eaux DCE sont aussi indiquées sur la figure 2. On constate qu'une partie de la masse d'eau DCE intégrant Ouessant appartient à la région mers celtiques. Selon le critère DCE, défini pour des eaux côtières, l'ensemble de la sous-région marine peut être considéré en très bon état car le percentile 90 de la concentration en chlorophylle lors de la période productive y est partout inférieur à 5 $\mu g{\cdot}l^{-1}$.

La figure 3 présente les cartes bimensuelles de la concentration en Matières En Suspension minérales (MES) obtenues par satellite. Sur l'ouest de la sous-région, peu soumise aux remises en suspension des sédiments, la concentration en MES est un bon indicateur de la concentration en coccolithes, les plaquettes de calcite formant le squelette des coccolithophoridés. En effet, leur signal se dégage clairement du signal de fond des MES sur les cycles saisonniers.

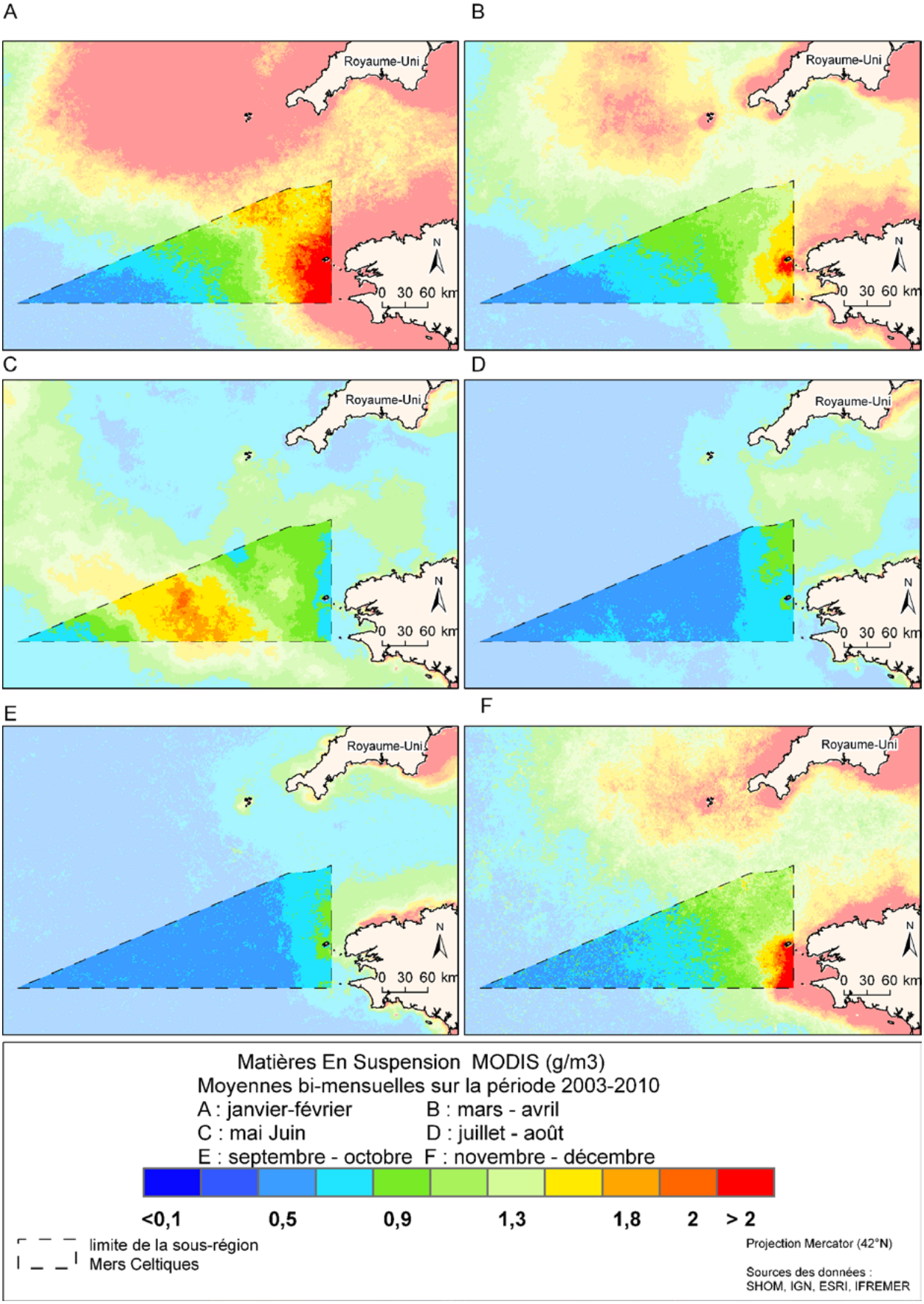

Figure 3 : Cartes bimensuelles de la concentration en matières en suspension minérales. En janvier-février, les valeurs élevées à l'est de la sous-région correspondent à l'effet des remises en suspension alors que les valeurs élevées en mai-juin sur le talus correspondent aux coccolithes (Sources : SHOM, IGN, ESRI, Ifremer, 2011).

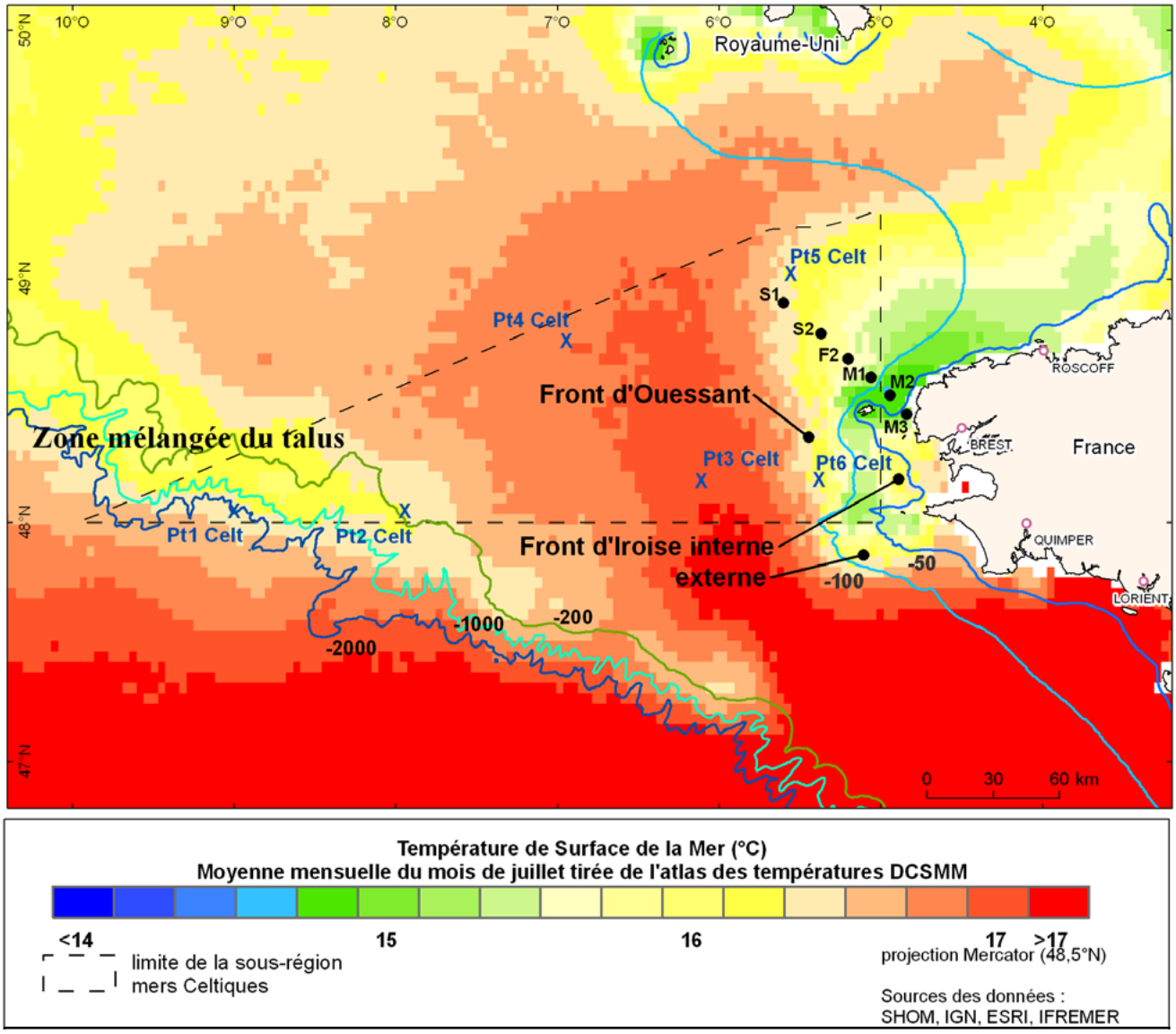

Figure 4 : Carte de la température de surface de juillet (moyenne 1986-2009) montrant les zones brassées (froides) et stratifiées (chaudes).

En se basant sur la température de surface de la mer lors d'un mois d'été (figure 4), on peut distinguer les zones mélangées (froides) et stratifiées (chaudes). En zone mélangée, la concentration en chlorophylle est stable sur une grande profondeur alors qu'en zone stratifiée, elle a tendance à s'accumuler au niveau de la thermocline en été (20-40 m). La figure 5, extraite de [5], montre une situation bien représentative de ce schéma moyen lorsque l'on passe d'une zone stratifiée (points S du transect S1-M3 indiqué sur la figure 4) à une zone mélangée en juillet. La marée rythme l'intensité du brassage autour de ce schéma moyen (période de 14,7 jours), déplaçant les nutriments et donc la production biologique [6].

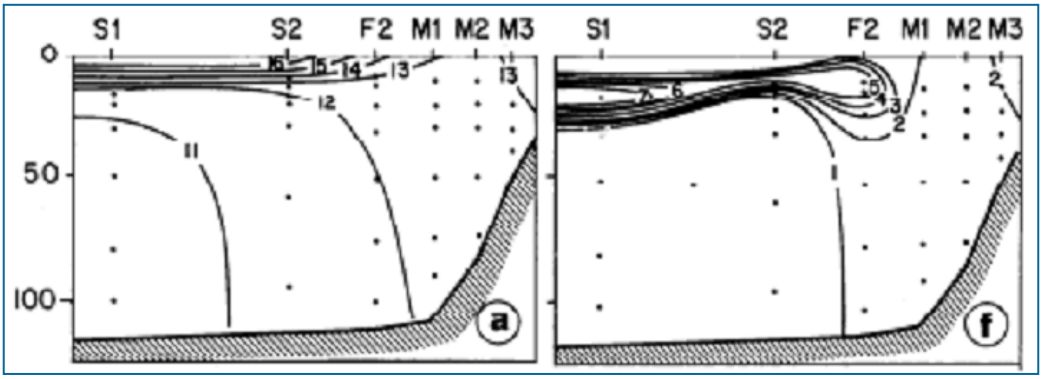

Figure 5 : Profil de température (°C, gauche) et chlorophylle (µg·l^{-1}, droite) en juillet 1986 sur le trajet S1 (Stratifié) – M3 (Mélangé) indiqué sur la figure 4. *Illustration tirée de (4).*

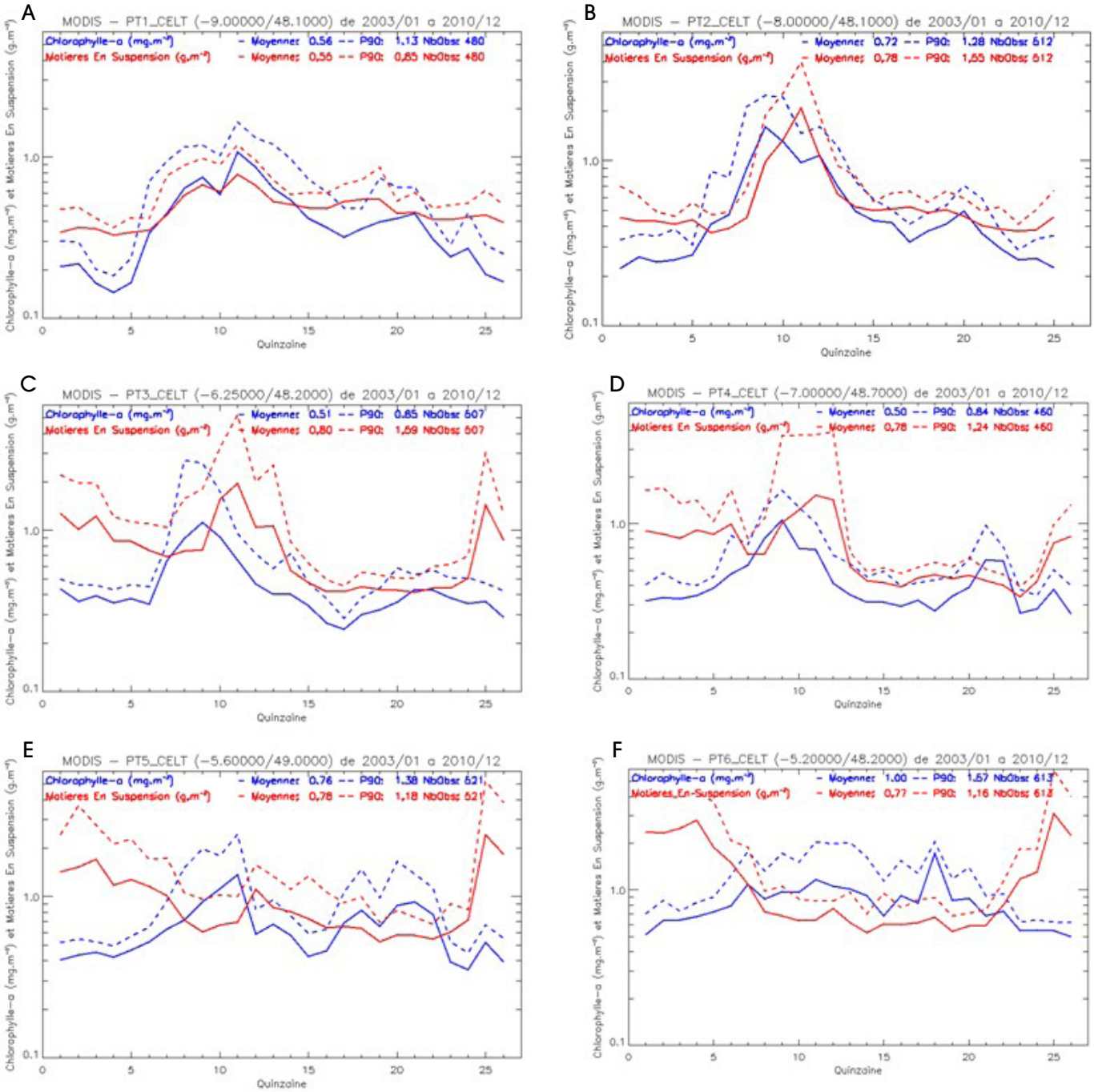

Figure 6 : Cycles saisonniers moyens de la chlorophylle *a* (en bleu) et des MES minérales (en rouge) aux six points indiqués sur la figure 2.

La figure 6 montre les cycles annuels de la chlorophylle *a* et des MES aux 6 points indiqués en figure 2. Cette figure permet de reprendre avec un plus grand détail temporel les évolutions visibles en figure 1 (*chla*) et 3 (MES). On constate sur chacune de ces figures le démarrage des efflorescences vers la mi-mars sur les 4 points les plus à l'ouest. Tous les sites montrent deux pics; le plus important est comme d'ordinaire celui du printemps (figure 6a-e), le second, en automne, est nettement plus faible, sauf aux points 5 et 6, les plus à l'est.

Sur ces deux derniers sites la concentration en chlorophylle *a* est relativement stable au cours de la période productive s'étendant de mars à octobre, telle que définie dans le cadre de la mise en œuvre de la DCE. Il est également intéressant de noter que le pic automnal de production au point 6 (figure 6f) est relativement important, ce qui est une configuration assez exceptionnelle sur l'Atlantique. Limitée par la lumière en fin d'hiver, la croissance du phytoplancton peut débuter relativement tôt sur le front interne de la mer d'Iroise, à l'est de la sous-région (figure 4) suivant la position du front de salinité séparant les eaux côtières moins salées des eaux océaniques [7].

Les courbes des MES permettent d'identifier la présence de coccolithes aux points 2 à 4 de mars à mi-juillet. Contrairement à ces pics de printemps, les remontées des MES en automne aux points 5 et 6 ne sont bien évidemment pas à attribuer aux coccolithes mais aux remises en suspension sous l'action des tempêtes. Les coccolithophoridés sont donc présents à un moment ou un autre à tous les points étudiés, sauf au point 6. La figure 3C montre bien le lieu, le talus continental, où ceux-ci sont en plus grande concentration. À cet endroit, la profondeur est telle qu'il y a très peu de remises en suspension par les tempêtes et que les MES minérales indiquées sur les cartes satellite et sur les graphes annuels sont exclusivement dues aux coccolithes.

3. OBSERVATION DE LA CHLOROPHYLLE-A ET OCÉANOGRAPHIE CÔTIÈRE OPÉRATIONNELLE

La sous-région n'est pas sensible à l'eutrophisation qui ferait suite à de trop fortes efflorescences du phytoplancton. Elle peut être surveillée efficacement par satellite mais peut aussi bénéficier des mesures automatiques (fluorescence) et des prélèvements à bord des ferries [8]. À noter qu'il peut être intéressant, si une procédure de suivi de la chlorophylle de la sous-région est mise en place, de suivre particulièrement les coccolithophoridés, non pas parce qu'ils présentent une quelconque toxicité ou risque mais pour leur rôle dans le cycle de carbone. L'effet de l'acidification des océans, suite au changement climatique, sur la calcification et donc l'élimination par sédimentation du carbone de la surface des mers par les organismes marins est particulièrement difficile à prédire. De façon paradoxale, alors que le phénomène d'acidification laissait envisager une baisse de calcification par les micro-organismes marins, les enregistrements CPR (Continuous Plankton Recorder) faites au SAFHOS (Sir Alister Hardy Foundation for Ocean Science) montrent une augmentation de la fréquence d'apparition des coccolithophoridés dans l'Atlantique Nord-est [9].

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Gohin F., Saulquin B. et Bryère P., 2011. Atlas de la Température, de la concentration en Cholorphylle et de la Turbidité de surface du plateau continental français et de ses abords de l'Ouest européen. *Rapport Ifremer DCSMM.* 53pp. http://wwz.ifremer.fr/dcsmm/Documentation

[2] Gohin F., 2011. Joint use of satellite and in-situ data for coastal monitoring ECOOP special issue of Ocean Science, Ocean Sci. Discuss., 8, 955-998, 2011, www.oceansci-discuss.net/8/955/2011/, doi : 10.5194/osd-8-955-2011.

[3] Gohin F., Saulquin B., Oger-Jeanneret H., Lampert L., Lefèbvre A., Riou P., Bruchon F., 2008. Towards a better assessment of the ecological status of coastal waters using satellite-derived chlorophyll-a concentration, *Remote Sensing of Environment*, 112, 3329-3340.

[4] L'Helguen S., Madec C. et Le Corre P., 1996. Nitrogen uptake in permanently well-mixed temperate coastal waters. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 42, 803-818.

[5] Le Corre P., L'Helguen S. et Wafar M., 1993. Nitrogen Source for Uptake by Gyrodinium cf. aureolum in a Tidal Front. *Limnol. Oceanogr.*, 38(2), 446-451.

[6] L'Helguen S., Morin P., Le Corre P., Salaûn C., Le Fèvre J., Le Tareau J.-Y. et Mazé R., 1993. Frontal Ecosystems : Physical Control of the C and N fluxes. *Ann. Inst. Océanogr.*, Paris, 69(1), 95-99.

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

[8] Garcia-Soto C., Pingree R.D., 2009. Spring and summer blooms of phytoplankton (SeaWiFS/MODIS) along a ferry line in the Bay of Biscay and western English Channel. *Continental Shelf Research,* 29(8), 1111-1122.

[9] SAFHOS, Ecological status report 2009. http://www.sahfos.ac.uk/research.aspx, 8pp.