

Rapport N°5

## MAREL Carnot

Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer)

Bilan de l'année 2010





**Valorisation des données d'une  
surveillance à haute fréquence en zone  
côtière sous influence anthropique  
(Boulogne-sur-Mer)**

Bilan de l'année 2010



## Fiche documentaire

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> Ifremer/RST.DOP/LER/BL.11.04		<b>Date de publication :</b> Avril 2011 <b>Nombre de pages :</b> 19 <b>bibliographie :</b> Oui <b>Illustration(s) :</b> Oui <b>Langue du rapport :</b> Français	
<b>Diffusion :</b> libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> <b>Contact :</b> A. Lefebvre Adresse électronique : alain.lefebvre@ifremer.fr			
<b>Titre du rapport :</b> Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Bilan de l'année 2010.			
Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/>		Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>Auteur :</b> Alain Lefebvre <b>Collaborateurs :</b> <u>Mesures <i>in situ</i></u> Camille Blondel <u>Nutriments</u> Vincent Duquesne <u>Maintenance</u> Michel Repecaud Jean-Valery Facq Karenn Bucas David Le Piver Loïc Quémener		<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> Ifremer – LER/BL  Ifremer – LER/BL  Ifremer – LER/BL  Ifremer – RDT-DSMI/Brest Ifremer – RDT/HO/BL Ifremer – RDT/EIM/Brest Ifremer – RDT-DSMI/Brest Ifremer – RDT-DSMI/Brest	
Cadre de la recherche : Action Ifremer « MAREL Carnot »			
<b>Résumé</b> Installée dans la rade de Boulogne-sur-Mer et inaugurée le 25 novembre 2004, la station MAREL Carnot mesure toutes les 20 minutes la salinité, la température de l'eau et de l'air, la fluorescence, la turbidité, la concentration en oxygène dissous, le pourcentage de saturation en oxygène, le P.A.R., l'humidité relative, la direction et la vitesse du vent, la hauteur d'eau et toutes les 12 heures, la concentration en nitrate, en phosphate et en silicium. Le présent rapport n'est pas destiné à valoriser l'ensemble des données acquises en 2010 sous forme de tableaux et de figures car ces traitements dépendent de la question posée et donc de l'intérêt du lecteur. Ce rapport présente les travaux de valorisation de données par les différentes équipes impliqués dans le projet MAREL Carnot.			
<b>Mots-clés</b> Manche orientale, détroit du Pas-de-Calais, Boulogne-sur-Mer, mesures à haute fréquence, MAREL, paramètres généraux de qualité du milieu marin			
<b>Comment citer ce rapport :</b> Lefebvre A., 2011. MAREL Carnot : Rapport n° 5 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Bilan de l'année 2010. Ifremer/RST.LER.BL/11.04, 19 pages.			



# sommaire

---

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>9</b>
<b>2. RAPPELS : FONCTIONNEMENT DE MAREL CARNOT.....</b>	<b>10</b>
<b>3. RESULTATS.....</b>	<b>12</b>
3.1. <i>Bilan de fonctionnement.....</i>	12
3.2. <i>Valorisation des données.....</i>	12
3.2.1. Développement méthodologiques pour le traitement des données à haute fréquence .....	12
3.2.2. Utilisation des données MAREL Carnot pour estimer l'état des masses d'eau à haute fréquence. Etude de l'UMR CNRS 8187 LOG, Wimereux (Schmitt F. & Zongo S.).	13
3.2.3. Mesures à haute fréquence et Océanographie Opérationnelle.....	14
3.2.4. Soutenance de la thèse de Sylvie Zongo (UMR 8187 LOG, Wimereux).....	15
3.2.5. Bilan du monitoring à Haute Fréquence pour la surveillance du milieu littoral	15
<hr/> <b>4. REFERENCES.....</b>	<b>16</b>
<b>5. AUTRES DOCUMENTS.....</b>	<b>18</b>







## 1. INTRODUCTION

La prise de conscience générale des problèmes d'environnement, notamment au niveau du littoral, conduit à renforcer la surveillance qui s'y exerce.

Par l'expérience acquise depuis de nombreuses années dans l'exploitation des réseaux de surveillance de l'environnement, l'Ifremer a mis en évidence le besoin de développer des systèmes de surveillance automatisée de l'environnement et des effets directs et indirects des activités humaines sur le milieu marin. Les développements technologiques concernant les capteurs physico-chimiques permettent la réalisation de réseaux de stations instrumentées autonomes, effectuant des mesures à fréquence élevée et rapidement disponibles pour les utilisateurs (site web).

Depuis les années 1992-1995, le concept des stations MAREL a été validé puis décliné selon différentes familles de produits adaptés aux contraintes environnementales ainsi qu'aux demandes des utilisateurs. Une large gamme de paramètres est maintenant mesurée sur des sites très variés, la stabilité des mesures dans le temps étant assurée par la chloration des capteurs.

Le maintien de ces installations en bon état de fonctionnement a permis aux équipes concernées d'acquérir une solide expérience en maintenance opérationnelle. D'autre part, la multiplication des stations MAREL en France métropolitaine, regroupées en réseaux locaux a nécessité la mise en place d'une structure chargée d'organiser ces différents réseaux : le projet ROSLIT (Figure 1). La métrologie, sous assurance qualité, représente un des aspects les plus importants de cette organisation.

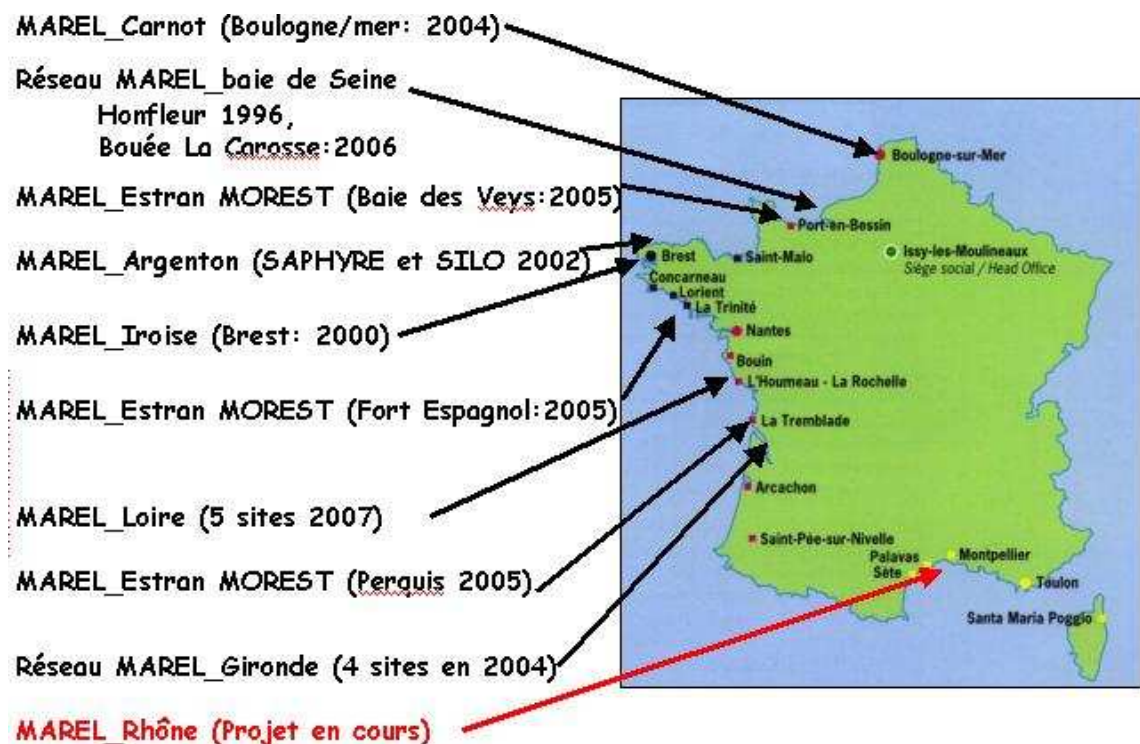


Figure 1 : Localisation des stations instrumentées du réseau ROSLIT

## 2. RAPPELS : FONCTIONNEMENT DE MAREL CARNOT

Un premier rapport de 2006 présente les différentes étapes de mise en place du système depuis les études avant implantation jusqu'à l'inauguration du site (Lefebvre & Repecaud, 2006).

Les stations de mesure MAREL ont pour objectifs communs la mesure à haute fréquence et de manière automatique des paramètres physico-chimiques essentiels de l'eau de mer ainsi que de quelques autres indicateurs caractéristiques. L'ensemble de ces grandeurs mesurées peut être transmis en temps réel vers un centre de traitement de données à terre.

Le cœur du système est constitué d'une cellule de mesure regroupant plusieurs capteurs. L'originalité du système est le pompage de l'eau à travers la zone où elle est analysée, avec une chloration de celle-ci lorsqu'il n'y a pas de cycle de mesure. La chloration de l'eau de mer par électrolyse protège les capteurs contre le développement de bio-fouling. C'est donc cette chloration qui rend possible la bonne tenue dans le temps des capteurs qui restent en place sans intervention de maintenance pendant 3 mois.

Le système MAREL Carnot enregistre, toutes les 20 minutes, la température de l'air et de l'eau et la salinité de cette dernière, l'oxygène dissous, la fluorescence (chlorophylle), la turbidité, le pH, l'humidité relative et la radiation disponible pour la photosynthèse (P.A.R.). Les concentrations en sels nutritifs (nitrates, silicates et phosphates) sont mesurées toutes les 12 heures (Tableau 1). Ces fréquences sont ajustables.

Tableau 1 : Gamme et caractéristiques des paramètres mesurés

Paramètres physico-chimiques	Gamme	Incertitude
Température	- 5 à + 30 °C	0,1 °C
Conductivité	0 à 70 mS/cm	0,3 mS/cm
Oxygène dissous	0 à 20 mg/L	0,2 mg/L
PH	6,5 à 8,5 UpH	0,2 UpH
Turbidité	0 à 4000 NTU	10 %
Fluorescence	0 à 50 FFU	10 %
Nitrate	0,1 à 100 µmol/L	5 %
Phosphate	0,1 à 100 µmol/L	5 %
Silicate	0,1 à 100 µmol/L	5 %

L'ensemble de ces données est transmis deux fois par jour au Centre Ifremer Manche Mer du Nord de Boulogne-sur-Mer par liaison GSM, ensuite débute la validation et le traitement des données. Dès cette phase de transmission, les données sont soumises à un ensemble de procédures de contrôle de qualité. Les données sont caractérisées par un niveau de traitement et par un niveau de qualité (Figure 2).

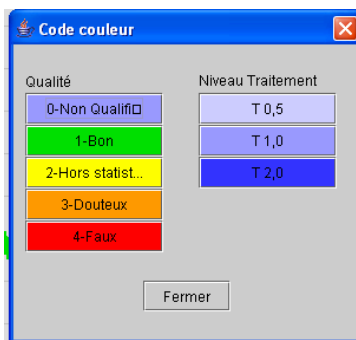


Figure 2 : Niveau de traitement et de qualité des données lors de la procédure de contrôle (capture d'écran de l'outil de contrôle qualité)

Une partie de ce contrôle est fait automatiquement (contrôle du format des fichiers, de la gamme de valeurs observées en référence à des valeurs de références) ; les données sont alors dans un niveau de traitement T0,5. Un contrôle visuel est également réalisé afin d'identifier « à dire d'experts » le niveau de qualité de la donnée.

Après cette étape, les données passent en niveau de traitement T1,0 et sont accessibles par l'internet via <http://www.ifremer.fr/difMarelCarnot/> (Figure 3). Les accès sont possibles via trois domaines : public, scientifique et technique en fonction du profil de l'utilisateur. **Les informations disponibles sont différentes en fonction du profil utilisateur.** Ainsi, le profil 'public' permet de visualiser les données et d'avoir accès aux rapports de métrologie alors que le profil 'scientifique' permet en plus de télécharger les données et d'avoir accès à d'autres informations sur le fonctionnement du système. Le profil 'technique' est principalement réservé aux personnes chargées de la maintenance du système.

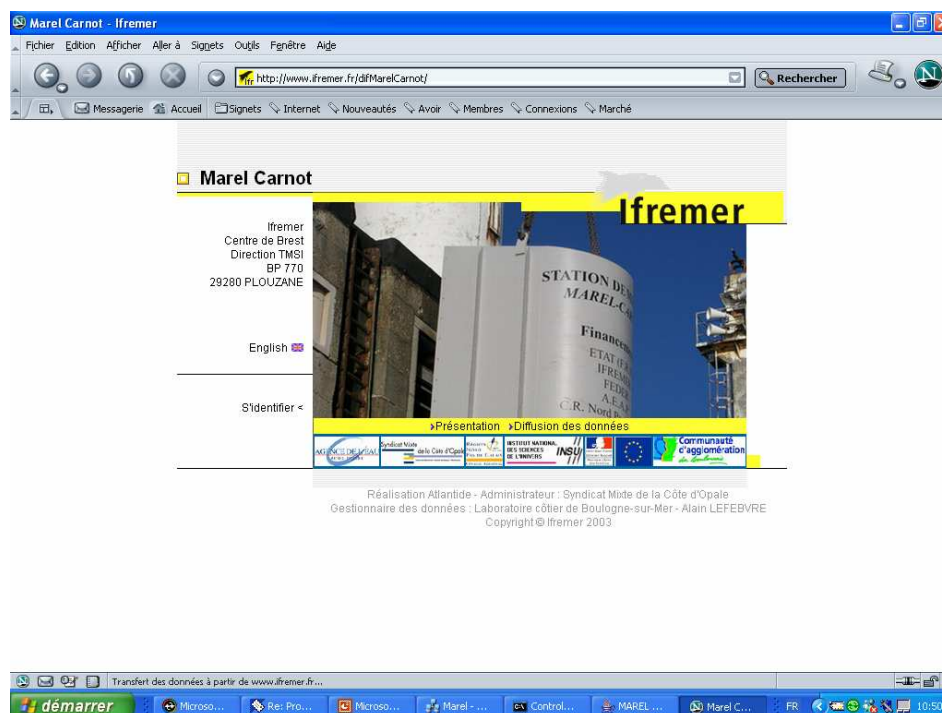


Figure 3 : Page d'accueil du site de consultation des données MAREL Carnot

La chambre de passage est changée trimestriellement et conduit à la vérification sous assurance de qualité de l'étalonnage des capteurs (Tableau 2). Un rapport de métrologie permet alors d'affecter un niveau de qualité définitif à la donnée qui passe en niveau de traitement final T2,0.

Tableau 2 : Métrologie : Règle de conformité des capteurs de MAREL Carnot

Paramètres	Oxygène dissous (mg/L)	Conductivité (mS/cm)	pH	Turbidité (N.T.U.)	Fluorescence (U.A.) Sans nettoyage	Température (° C)
Conformité	+/- 0,20	+/- 0,30	+/- 0,20	+/- 10 %	+/- 10 %	+/- 0,1

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Bilan de fonctionnement

Les informations relatives aux périodes de fonctionnement précédentes sont disponibles dans les rapports de Lefebvre & Repecaud (2006), Lefebvre (2007), Lefebvre (2008), Duval (2009), Lefebvre (2010). Ces rapports sont téléchargeables sur le site du laboratoire Environnement & ressources du centre Ifremer Manche Mer du Nord : [http://wwz.ifremer.fr/manchemerdunord/activites\\_et\\_missions/environnement](http://wwz.ifremer.fr/manchemerdunord/activites_et_missions/environnement)

L'année 2010 a été marquée par des dysfonctionnements majeurs, inhabituels à ce niveau, des analyseurs de nutriments Systeac.

La chambre de passage, support des capteurs de salinité, température de l'eau, turbidité, concentration en oxygène et fluorescence, a fait l'objet de 3 rotations. L'ensemble du système a fait l'objet d'une révision et d'une maintenance générale appelées « grand carénage ». Cette opération consiste à remplacer tous les 2 ans différentes pièces d'usures du système. Les autres opérations de maintenance ont porté sur le système de communication, la pompe d'amorçage, le module principal de commande, les jambes de prélèvement, le circuit hydraulique, les galets de roulements, les batteries, le groupe électrogène. Certaines opérations sont liées au remplacement des pièces d'usures, d'autres peuvent être liées à des pannes.

#### 3.2. Valorisation des données

*L'utilisateur des données se doit de prendre connaissance des rapports de métrologie disponible sur le site internet dédié à MAREL Carnot afin d'interpréter au mieux les données.*

##### 3.2.1. Développements méthodologiques pour le traitement des données à haute fréquence

Fortement impliqué dans la surveillance de la qualité de l'environnement marin et dans les études relatives à la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques via le déploiement de réseaux nationaux, régionaux ou

---

via son implication dans des programmes de recherches, le laboratoire LER BL gère depuis 2004 la station de mesures automatisées MAREL Carnot. Cet outil permet de mieux appréhender les processus biologiques et physico-chimiques qui se produisent à des échelles de temps de l'ordre de la dizaine de minutes qui peuvent être structurants pour le fonctionnement de l'écosystème. Ce travail se fait en étroite collaboration avec le laboratoire d'analyse des signaux de l'Université du Littoral (ULCO, LISIC, Calais) et l'UMR 8187 LOG (Univ. de Lille, Univ. du Littoral Côte d'Opale et CNRS implantés à Wimereux).

L'année 2010 a vu se concrétiser le projet Interreg IVa des 2 mers intitulé DYMAPHY ((Towards the development of a DYNAMIC observation system of MARine water quality based on PHYtoplankton analysis by flow cytometry) ([www.dymaphy.eu](http://www.dymaphy.eu)). En partenariat avec l'UMR 8187 LOG (F), l'ULCO-LISIC (F), le CEFAS (UK), le Rijkswater state (NL), l'objectif de ce projet est de mettre en place un dispositif efficace pour la détermination et le suivi à haute résolution (haute fréquence spatiale et temporelle) de l'état écologique des eaux marines, à travers le suivi de la dynamique phytoplanctonique, de par l'utilisation en routine de la cytométrie en flux, en association à des méthodes traditionnelles (microscopie) et synoptiques (télé-détection).

Le travail de collaboration entre le Laboratoire Environnement & Ressources du centre Ifremer de Boulogne-sur-Mer et le laboratoire LISIC de l'Université du Littoral Côte d'Opale permet d'envisager l'application de nouvelles méthodes aux traitements des données à haute fréquence. En effet, ce type de données ne peut être traité par les méthodes classiques en raison de leur volume (plusieurs milliers de données par an), de leur non régularité en raison des périodes de panne ou de maintenance, de leur extrême variabilité qui est telle que l'expertise scientifique en est rendue très difficile. Ce travail fera l'objet d'une valorisation sous forme d'un poster (Caillaud et Lefebvre, 2011) et d'une communication orale (Lefebvre et Caillaud, 2011), respectivement, lors des colloques NTMS INNOVATIVE PROJECTS 2011 (Fourth International Conference on New Technologies, Mobility and Security in conjunction with IFIP NTMS 2011, 10 février 2011, Paris) et EGU 2011 (European Geosciences Union, 3 au 8 avril 2011, Vienne, Autriche).

La méthode employée (classification non-supervisée - MacQueen, 1969) a également pu être appliquée à un jeu de données issues d'une sonde multi-paramètres déployés en baie de Somme dans le contexte de l'étude de l'origine, de la dynamique et des conséquences de la prolifération des annélides polydores sur la zone mytilicole des bouchots de Quend (Schiffrine, 2010).

### 3.2.2. Utilisation des données MAREL Carnot pour estimer l'état des masses d'eau à haute fréquence. Etude de l'UMR CNRS 8187 LOG, Wimereux (Schmitt F. & Zongo S.).

Cette étude a bénéficié du soutien financier de l'Agence de l'Eau Artois Picardie au titre de sa convention avec l'UMR LOG.

La Directive Cadre sur L'Eau (200/60/CE) définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux. En ce qui concerne les eaux côtières, la méthode retenue pour établir l'état des masses d'eau fait appel, entre autres, à la concentration en chlorophylle *a* (percentile 90), au nombre de blooms et à la concentration en oxygène dissous (percentile 10). Selon le protocole retenu, une estimation de la qualité des eaux

n'est possible que sur une période de 6 ans, et l'estimation se fait à partir de 48 ou 96 valeurs obtenues tous les 15 jours. L'objet de cette étude est d'examiner l'influence de la stratégie et de la fréquence d'échantillonnage sur la classification de l'état biologique des masses d'eaux.

Ce travail est complémentaire de celui de Soudant et al. (2008) dont le but était de réaliser une première approche de l'étude de l'influence de la fréquence et de la période mars-octobre d'échantillonnage sur le percentile 90 de la fluorescence. Le P90 de l'ensemble des données valides étant considéré comme la référence, il s'agissait donc de rééchantillonner (méthode du bootstrap) à différents moments et avec différentes fréquences les données du système de mesures MAREL sur des années pleines ou bien sur la fenêtre mars-octobre préconisée par la DCE.

### 3.2.3. Mesures à haute fréquence et Océanographie Opérationnelle

Les observations des satellites de la couleur de l'eau peuvent aujourd'hui être utilisées conjointement avec les mesures *in-situ* obtenues à partir des réseaux conventionnels. Les stations automatiques équipées en fluorimètre, comme les bouées MAREL, fournissent aussi des produits particulièrement adaptés à la surveillance et ont un intérêt tout particulier dans le cadre de la mise en œuvre de nouvelle directive, comme par exemple, la Directive Cadre sur l'Eau (200/60/CE) ou la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (2008/56/CE). La figure 4 montre sur une année, de mars 2010 à mars 2011, l'évolution de la chlorophylle déduite de la fluorescence *in-situ* et des réflectances de MERIS et MODIS dans le port de Boulogne. Dans cette région brassée et au gradient côte-large régulier en chlorophylle, les observations des satellites et les mesures, plus ponctuelles, des fluorimètres se complètent particulièrement bien.

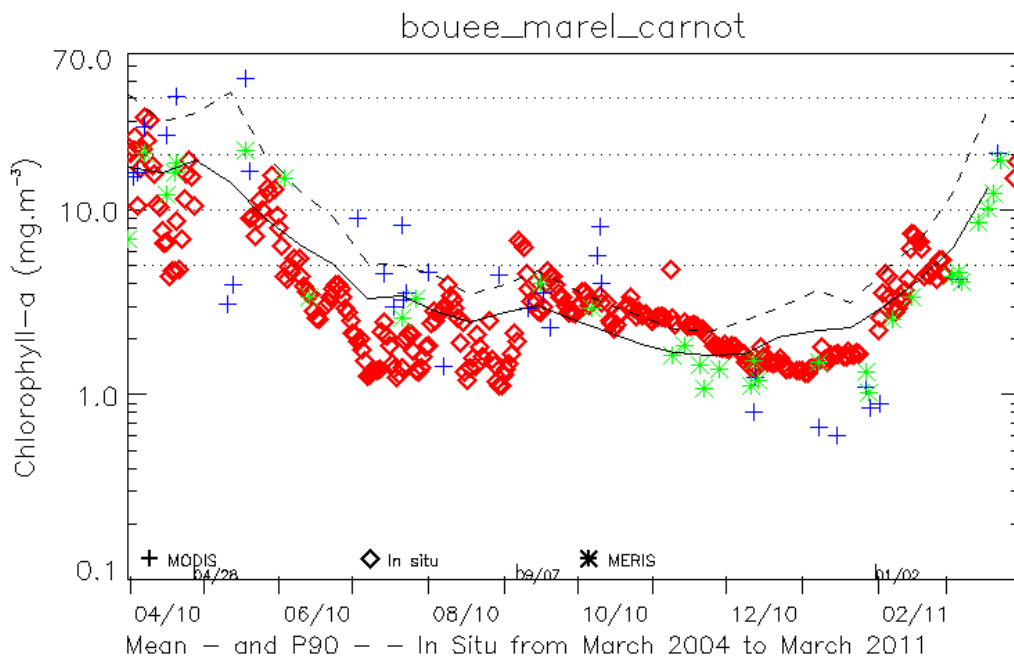


Figure 4 : Graphe annuel, mars 2010-mars 2011, de la chlorophylle déduite de la fluorescence *in-situ* et des réflectances satellite à la position de la station MAREL/Carnot dans le port de Boulogne.

---

### 3.2.4. Soutenance de la thèse de Sylvie Zongo (UMR 8187 LOG, Wimereux)

La thèse de doctorat de L'université de Lille I intitulée «Fluctuations multi-échelles dans les séries temporelles biogéochimiques à moyen et long terme en milieu marin côtier» a été soutenue le 12/10/2010 devant le jury composé de G. Durrieu (Univ. Bordeaux 1), S. Blain (Paris VI), P. Morin (Roscoff), S. Souissi (Univ. Lille 1), F. Schmitt (CNRS, LOG), B. Sautour (Univ. Bordeaux 1), J. Prygiel (AEAP) et A. Lefebvre (Ifremer).

Cette thèse porte sur l'étude des séries temporelles de façon à caractériser leurs fluctuations et en particulier leurs extrêmes à des échelles multiples via l'utilisation de méthodes empruntées aux domaines de l'analyse numérique et de la turbulence. Les données analysées proviennent notamment de la station MAREL Carnot.

### 3.2.5. Bilan du monitoring à Haute Fréquence pour la surveillance du milieu littoral

A la demande de l'ONEMA (Office National pour l'Etude des Milieux Aquatiques), un travail de synthèse portant sur l'état de l'art en terme de monitoring à haute fréquence pour la surveillance du milieu littoral en France et à l'étranger a été rédigé par l'Ifremer en collaboration avec l'ensemble des partenaires impliqués dans ce type de monitoring (Samen et al., 2010). Le système MAREL Carnot y est bien entendu répertorié. Le rapport est disponible via le site internet du Laboratoire Environnement & Ressources du centre Ifremer de Boulogne-sur-Mer, dans la section consacrée à MAREL Carnot.

## 4. REFERENCES

- Aminot, A., Kirkwood, D. et K erouel, R., 1997. Determination of ammonia in seawater by the indophenol-blue method: evaluation of the ICES NUTS I/C 5 questionnaire. *Marine Chemistry*, 56 : 59-75.
- Aminot, A., K erouel, R. et Birot D., 2001. A flow injection-fluorometric method for the determination of ammonium in fresh and saline waters with a view to in situ analysis. *Water Research*, 35 (7) :1777-1785.
- Aminot A. & R. K erouel, 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses.  d. Ifremer, 336 p.
- Brylinski J.-M. & Lagadeuc Y., 1990. L'interface eaux côtières/eaux du large dans le Pas-de-Calais (côte française) : une zone frontale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 311, Série II, p. 535-540.
- Caillault E., Lefebvre A., Hamad D., 2009. Modélisation de la dynamique de l'efflorescence de l'écosystème côtier. Atelier du Réseau National des Stations Marines sur les mesures à haute fréquence dans l'environnement marin, Wimereux, 22-23 octobre 2009.
- Caillault E. & Lefebvre A., 2011. Phytoplankton monitoring system and countermeasures to prevent toxics algae blooms. Communication lors du colloque NTMS INNOVATIVE PROJECTS 2011 (Fourth International Conference on New Technologies, Mobility and Security) in conjunction with IFIP NTMS 2011, 10 février 2011, Paris.
- Duval P., 2009. Etude à haute fréquence de la dynamique de l'écosystème côtier sous influence anthropique : contexte des efflorescences de la prymn siophyc e *Phaeocystis globosa* au large de Boulogne sur Mer. Ifremer/TMR.LER.BL/09.06, 44 pages (Encadrement A. Lefebvre).
- Gentilhomme V. & F. Lizon, 1998. Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a well-mixed coastal system (Eastern English Channel). *Hydrobiologia*, 361 : 191-199.
- Hébert C. & A Lefebvre, 2004. Circulation des masses d'eau dans la rade de Boulogne sur Mer –  tude préalable à l'implantation de la station de mesures automatisées MAREL Carnot - *Rapport Ifremer DEL/BL/RST/04/08*, 18 pages.
- Ihaka R. & R. Gentleman, 1996. R : a language for data analysis and graphics. *J. Comput. Graphics Stat.*, 5 : 299-314.
- Lefebvre A. , Repecaud M., Facq J.-V., Lefebvre G. & B. Hitier, 2002. Projet d'implantation de la station de mesures automatisées MAREL dans le port de Boulogne-sur-Mer - Mesures *in situ* et résultats du modèle d'advection-diffusion Mars 2D. *Rapport Ifremer DEL/BL/RST/02/07*, 51 pages.
- Lefebvre A. & M. Repecaud, 2006. MAREL Carnot - Partie 1 : Bilan de la mise en place d'un système de mesures automatisées à haute fréquence en zone côtière de Boulogne-sur-Mer. *Rapport Ifremer/RST.LER.BL/06.09*, 18 pages + CD ROM.
- Lefebvre A., 2007. MAREL Carnot : Partie 2 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Données de l'année 2006. Ifremer/RST.LER.BL/07.08, 44 pages.
- Lefebvre A., 2008. MAREL Carnot : Partie 3 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique



- 
- (Boulogne-sur-Mer). Données de l'année 2007. Ifremer/RST.LER.BL/08.04, 23 pages.
- Lefebvre A., 2009. Mise en œuvre d'un système de Mesures Automatisées en Réseau de l'Environnement Littoral (MAREL Carnot) en Manche orientale : Une zone à problème potentiel au regard de l'eutrophisation sous haute surveillance. Atelier du Réseau National des Stations Marines sur les mesures à haute fréquence dans l'environnement marin. Wimereux, 22-23 octobre 2009.
- Lefebvre A., 2010. MAREL Carnot : Rapport n° 4 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Bilan de l'année 2009. Ifremer/RST.LER.BL/10.08, 20 pages.
- Lefebvre A. & Caillault E., 2011. Study of the dynamic of the Phytoplankton bloom in the eastern English Channel using an high frequency instrumented station (MAREL) and a naive clustering classification method. Colloque EGU (European Geosciences Union) General Assembly 2011, Vienna, Austria, 3-8 April 2011.
- Legendre L. & P. Legendre, 1998. *Numerical Ecology*. Elsevier, Amsterdam, 853 p.
- Plat, T., Denman, K. L., 1975. Turbulent structure function in turbulent shear flows. *Ann, Rev, Ecol, Syst*, 6, 189-210.
- Samen F., Aoustin Y., Repecaud M., Rolin J.F., Woerther P., 2010. Monitoring à Haute Fréquence pour la surveillance du milieu littoral. Rapport Ifremer RDT/IPR/10/074, 158 p.
- Schiffrine N., 2010. Origine, dynamique et conséquences de la prolifération des annélides polydores sur la zone mytilicole de la Baie de Somme : Mise en place d'un suivi à haute fréquence des paramètres physico-chimiques et biologiques. Ifremer/RST.LER.BL/10.04/Laboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer, 71 p.
- Schmitt, F. G., 2005. Relating lagrangian passive scalar scaling exponents to eulerien scaling exponents in turbulence. *European Physical Journal*, B48, 129-137.
- Soudant A., Soudant D., Lefebvre A., 2008. Influence de la période et de la fréquence d'échantillonnage sur le percentile 90 de la fluorescence. Ifremer/R.INT. DOP/DYNECO/VIGIES2008.17, 36 p.
- Vanhoutte-Brunier A., Ménesguen A., Lefebvre A., Cugier P., 2008. Using a nitrogen-tracking technique in a 3D model of the primary production to assess the fueling sources of *Phaeocystis globosa* blooms in the eastern English Channel and the southern North Sea. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, en révision.
- Zongo S., 2010. Fluctuations multi-échelles dans les séries temporelles biogéochimiques à moyen et long terme en milieu marin côtier. Thèse de doctorat de L'université de Lille I, 308 pages.

## 5. AUTRES DOCUMENTS

- Barbet F. & Alizier S., 2006. Étude comparative des données issues de la station automatisée MAREL et du réseau SOMLIT au niveau de Boulogne/Mer sur la période 2004-2005. Rapport de projet du Master 2 Professionnel « Gestion de la Biodiversité et des Écosystèmes Côtiers » de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Encadrant F. Schmitt, 22 pages.
- Bucas K., 2005. Synthèse des tests méthodologiques de CHEMINI pour le dosage de l'ammonium. Rapport Interne Ifremer TSI/ME.05.12, 25 pages.
- Bucas K., 2006a. Compte rendu des tests en température sur le CHEMINI Ammonium du 9 mai 2006. Rapport Interne Ifremer TSI/ME.06.16, 19 pages.
- Bucas K., 2006b. Manuel d'utilisation et de maintenance du CHEMINI Ammonium. Rapport Interne Ifremer TSI/ME.05.56, 32 pages.
- Claudel H. & Roossens J., 2007. Les systèmes de mesures haute fréquence en Manche et en Mer du Nord : Bouées et FerryBox. Rapport de projet du Master 2 Professionnel « Gestion de la Biodiversité et des Écosystèmes Côtiers » de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Encadrant : A. Lefebvre, 35 pages + Poster (Annexe 4).
- Degorre O., 2005. Évolution temporelle des sels nutritifs à haute fréquence : premier traitement des données de la station automatisée MAREL. Rapport de stage du Master 1 Environnement de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Encadrant : V. Gentilhomme, 29 pages.
- Giacomini E., Vodouhe G. & Pleignet R., 2005. Analyse des données des bouées MAREL en baie de Seine et en rade de Boulogne-sur-Mer. Rapport de projet du Master 2 Professionnel « Gestion de la Biodiversité et des Écosystèmes Côtiers » de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, Encadrant : F. Schmitt, 19 pages.
- Schmitt, F. : Outils multi-échelles pour l'estimation des flux particuliers et dissous; acquisition et analyse de données, Rapport final, programme Seine Aval, 2006, 24 pp.

## PARTENAIRES DU PROJET



Syndicat Mixte  
de la Côte d'Opale



RÉGION  
NORD  
PAS DE CALAIS



INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
DE L'UNIVERS



Communauté  
d'agglomération  
*du Boulonnais*