

Rapport N°3

MAREL Carnot

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

Bilan de l'année 2007



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

Bilan de l'année 2007

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : Ifremer/RST.DOP/LER/BL.08.04 Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		Date de publication : Juin 2008 Nombre de pages : 23 bibliographie : Oui Illustration(s) : Oui Langue du rapport : Français
Contact : A. Lefebvre Adresse électronique : alain.lefebvre@ifremer.fr		
Titre de l'article Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Données de l'année 2006.		
Contrat n° Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
Auteur : Alain Lefebvre Collaborateurs : <u>Mesures <i>in situ</i></u> Camille Blondel Vincent Duquesne <u>Maintenance</u> Michel Repecaud Jean-Valery Facq Renaud Vuillemin Karenn Bucas David Le Piver Loïc Quémener	Organisme / Direction / Service, laboratoire Ifremer – LER/BL Ifremer – LER/BL Ifremer – LER/BL Ifremer – TSI/SI/Brest Ifremer – ERT/HO/BL Ifremer – TSI/SI/Brest Ifremer – TSI/SI/Brest Ifremer – TSI/DM/Brest Ifremer – TSI/DM/Brest	
Cadre de la recherche : OCO – Océanographie Côtière Opérationnelle – MAREL Carnot C.P.E.R. Nord Pas-de-Calais		
Destinataires : Agence de l'Eau Artois Picardie, SMCO, Universités, SMBC, DIRENs		
Résumé 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 2007 mais présente quelques travaux en cours et un certain nombre de perspectives.		
Mots-clés Détroit du Pas-de-Calais, rade de Boulogne-sur-Mer, mesures à haute fréquence, MAREL, paramètres généraux de qualité du milieu marin		
Comment citer ce rapport : Lefebvre A., 2008. MAREL Carnot : Rapport n°3 : Valorisation des données d'une surveillance à haute fréquence en zone côtière sous influence anthropique (Boulogne-sur-Mer). Bilan de l'année 2006. Ifremer/RST.LER.BL/08.04, 23 pages.		

sommaire

1. INTRODUCTION	9
2. RAPPELS : FONCTIONNEMENT DE MAREL CARNOT	9
3. RESULTATS – DISCUSSIONS	12
3.1. <i>Bilan de fonctionnement</i>	12
3.2. <i>Valorisation des données</i>	13
3.2.1. Influence de la fréquence d'échantillonnage sur la distribution de la fluorescence et son percentile 90	13
3.2.2. Vers une meilleure évaluation du status écologique des masses d'eaux côtières grâce à l'utilisation des données de concentrations en chlorophylle a issues des mesures satellites.....	14
3.2.3. Surveillance multi-échelles des paramètres biologiques dans les eaux côtières de la Manche orientale.....	14
4. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES	16
5. REFERENCES	20
6. AUTRES DOCUMENTS.....	21



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.

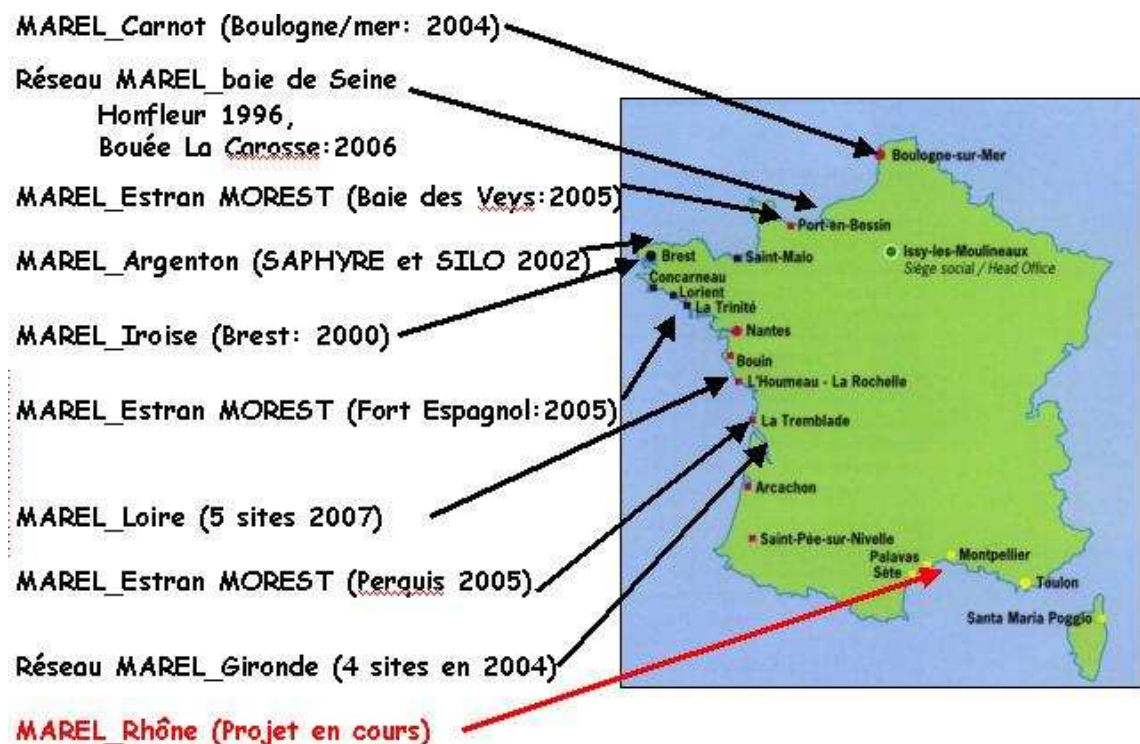


Figure 1 : Localisation des stations instrumentées du réseau ROSLIT

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.

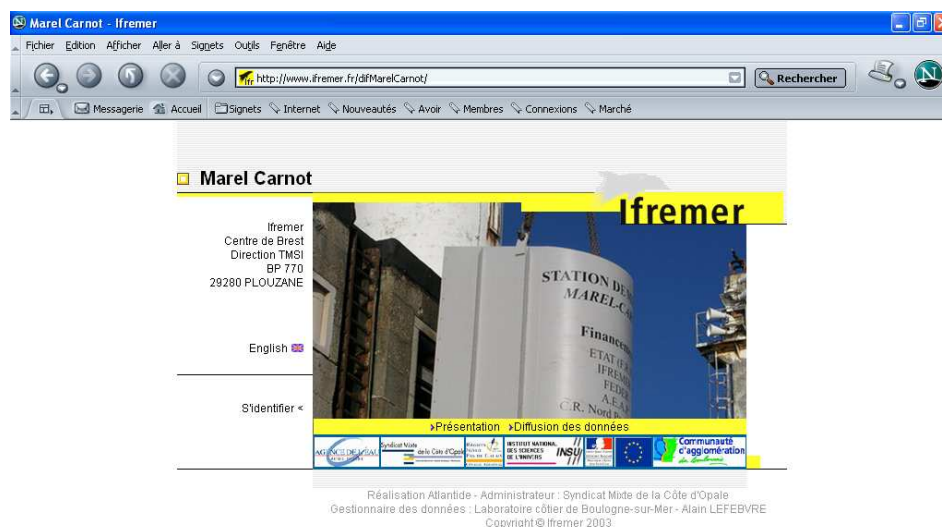


Figure 3 : Page d'accueil du site de consultation des données MAREL Carnot

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 – DISCUSSIONS

3.1. Bilan de fonctionnement

MAREL Carnot entre en 2008 dans sa 4^{ième} année de fonctionnement. Le présent rapport fait le bilan des données acquises en 2007. Pour les paramètres de base, cela représente au maximum 24336 données. La fréquence d'acquisition est inférieure (1/12 h et non 36/12 h) pour les nutriments.

Pour l'année 2007, le pourcentage mensuel de données acquises varie entre 78,5 et 97,5 % (Tableau 3).

Tableau 3 : Pourcentages mensuels d'acquisition de données en 2007.

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
% données acquises	78,5	87,8	86,5	93,7	94,6	95,5
	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
% données acquises	95,9	93,2	94,6	95,2	90,6	97,5

La plupart des interruptions majeures de l'acquisition des données (de l'ordre d'une journée) sont liées aux maintenances du système.

En 2007, la chambre de passage portant les capteurs de température, turbidité, pH, fluorescence, oxygène dissous a fait l'objet de 4 rotations (07/03, 28/06, 02/10, 16/11) : désinstallation d'une chambre qui sera vérifiée au laboratoire et installation d'une nouvelle chambre dont le fonctionnement des capteurs est validé par le laboratoire de métrologie. **L'utilisateur des données se doit de prendre connaissance des rapports de métrologie afin d'interpréter au mieux les données.**

En parallèle, l'analyseur de sels nutritifs fait l'objet de 3 rotations : remplacement de l'analyseur par son jumeau et/ou arrêt prolongé pour maintenance (15/01, 15/05, 16 au 27/11). Les poches de réactifs sont, en moyenne, changées tous les mois. Les standards sont modifiés en fonction de la saison afin de tenir compte des variations importantes de concentrations entre les périodes automnales-hivernales et printanière-estivale.

Le Service Maritime des ports de Boulogne/mer et de Calais transmet trimestriellement les fichiers de gestion des ouvertures/fermetures du barrage Marguet. Le traitement de ces données (une information toutes les 10 minutes) a été automatisé grâce au logiciel R (Ihaka et Gentleman, 1996, R development Core Team 2004, <http://www-r.project.org>) ce qui permet, entre autres, de classer la gestion du barrage en 3 modes principaux :

- # Valeur PC_POSITION_PI < 30 : régulation normale de la Liane
- # 30 < Valeur PC_POSITION_PI < 60 : régulation intermédiaire (apports d'eau importants)
- # Valeur PC_POSITION_PI > 60 : régulation rapide (crue)

3.2. Valorisation des données

Depuis son installation, en dehors des accès « grand public » pour lesquels aucun mot de passe n'est nécessaire et en dehors des utilisateurs de l'Ifremer (équipes techniques et scientifiques), un certain nombre de demandes spécifiques de création d'identifiant en profil « scientifique » a été émis en externe Ifremer. Ces utilisateurs sont référencés à l'Université des Sciences et Technologies de Lille, à l'Université du Littoral Côte d'Opale, à l'Agence de l'Eau Artois Picardie, au centre de la mer Nausicaa, à Météo France, à la DIREN Nord Pas-de-Calais, au Syndicat Mixte pour le SAGE du Boulonnais, au lycée Mariette de Boulogne-sur-Mer et dans divers bureaux d'études.

La réunion annuelle du groupe ROSLIT s'est tenue le 28 février 2008 au siège de l'Ifremer à Issy les Moulineaux. Cette réunion a été l'occasion de faire un bilan des utilisations de systèmes de mesures à haute fréquence en zone littoral et côtière. Le système MAREL Carnot a été présenté lors d'une communication intitulée « Haute fréquence et événements singuliers ».

L'expérience acquise depuis la mise en œuvre du système et un recul nécessaire afin d'appréhender au mieux la complexité des données acquises à une fréquence élevée permettent d'envisager une valorisation plus poussée des données acquises par le système MAREL Carnot. Trois projets d'études, en cours ou à venir, utilisant directement ou indirectement les données MAREL Carnot sont présentés ci-dessous :

3.2.1. Influence de la fréquence d'échantillonnage sur la distribution de la fluorescence et son percentile 90

Participants : D. Soudant, A. Lefebvre (Ifremer)

La directive cadre sur l'eau (DCE) induit la mesure de plusieurs paramètres hydrologiques dont la chlorophylle *a*. L'indicateur de ce paramètre est le percentile 90. L'influence de la fréquence d'échantillonnage sur cet indicateur a déjà été approchée à plusieurs reprises. Toutefois, les données utilisées ne permettaient pas un examen détaillé de l'influence de la fréquence d'échantillonnage sur la distribution de la chlorophylle *a* et le percentile 90.

La fluorescence est un paramètre qui est lié à la chlorophylle *a*. Ce paramètre est mesuré avec une fréquence tri-horaire par la bouée MAREL Carnot. Toutefois on sait

que le rapport de la chlorophylle *a* à la fluorescence est très variable et ainsi ne permet pas la détermination de la première sur la base de la seconde. Toutefois, fluorescence et chlorophylle *a* pourraient posséder des variabilités similaires sous certaines conditions. Sous cette hypothèse, l'examen de l'influence de la fréquence d'échantillonnage de la fluorescence à l'aide des données mesurées par la bouée MAREL serait riche d'enseignement pour la chlorophylle *a*.

3.2.2. Vers une meilleure évaluation du statut écologique des masses d'eaux côtières grâce à l'utilisation des données de concentrations en chlorophylle *a* issues des mesures satellites.

Participants : Francis Gohin^{a,*}, Bertrand Saulquin^a, Héléne Oger-Jeanerret^b, Loïc Lozac'h^c, Luis Lampert^d, Alain Lefebvre^e, Philippe Riou^d et Franck Bruchon^f

^a Ifremer, Dynamique des Écosystèmes Côtiers, Brest

^b Ifremer, LERMPL, Nantes

^c HOCER, Guipavas

^d Ifremer, LERN, Port-en-Bessin

^e Ifremer, LERBL, Boulogne

^f Agence de l'Eau Seine-Normandie, Délégation au Littoral et à la Mer, Honfleur

Ce travail est en cours de publication dans la revue internationale 'Remote Sensing of Environment'.

L'application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) de l'Union européenne (2000/60/CE) nécessite, entre autres, une surveillance dense et fréquente de la concentration en chlorophylle *a* en zone côtière. L'objet de ce travail était d'évaluer la capacité de l'imagerie de la couleur de l'océan de compléter l'approche conventionnelle d'échantillonnage *in situ*. Les concentrations en chlorophylle *a* dérivées des images satellites sont obtenues grâce à une table de correspondance entre mesures *in situ* et images SeaWifs. Dans un premier temps, les données du réseau S.R.N. (Suivi Régional des Nutriments – Cofinancement Ifremer/Agence de l'Eau Artois Picardie) ont été utilisées (ainsi que d'autres sources de données permettant d'étendre l'approche à la Manche). Cette comparaison a permis de confirmer que l'imagerie satellite est valide pour classifier les masses d'eaux côtières selon les critères de la DCE.

Les données de MAREL Carnot devraient être utilisées à terme dans ce genre d'approche. Elles contribuent actuellement au processus de calibration/validation des données satellites acquises sur notre littoral.

Cette approche de classification sur la base d'image satellite validée à partir de données *in situ* semble incontournable dans le contexte de la mise en œuvre de nouvelles directives comme, par exemple, la Stratégie Marine européenne qui étend et complète la « surveillance » type DCE aux eaux du large.

3.2.3. Surveillance multi-échelles des paramètres biologiques dans les eaux côtières de la Manche orientale

Participants : S. B. Zongo^a, F. G. Schmitt^a et A. Lefebvre^b

^a Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, UMR LOG 8187

^b Ifremer, LERBL, Boulogne

Ce travail sera soumis, pour publication, à la revue internationale 'Biogéosciences'.

Afin de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes, les changements qui s'y opèrent et leurs conséquences, il est indispensable de bénéficier de longues séries d'observations ainsi que d'approches à différentes échelles spatiales et temporelles. Dans ce contexte, une étude a été entreprise à partir des données acquises par le réseau SOMLIT (<http://www.obs-vlfr.fr/Somlit/data.htm>) et celles acquises par MAREL Carnot. Dans un premier temps, l'approche de co-variation basée sur la moyenne conditionnelle par estimateurs de régression de type Kernel (Wand et Jones, 1995) a été appliquée afin d'étudier la dépendance statistique (ou la co-variation) entre les paramètres biologiques. La figure 4 met en évidence une dynamique de réponse de la communauté phytoplanctonique (estimation de sa densité via la mesure de chlorophylle *a*) qui est fonction de la concentration en azote total. Par ailleurs, il apparaît que la fréquence d'acquisition de données par SOMLIT qui est moins élevée que celle de MAREL puisse conduire à des interprétations erronées. En effet, une mesure peut être réalisée à l'occasion d'un événement particulier qui n'est le reflet que de la grande variabilité des phénomènes biologiques mais qui ne représente pas le schéma d'évolution moyen ou classique (Exemple : Augmentation de la valeur de la moyenne conditionnelle de la concentration en chlorophylle *a* mesurée via SOMLIT pour une concentration en azote totale de l'ordre de 20 $\mu\text{mol/L}$).

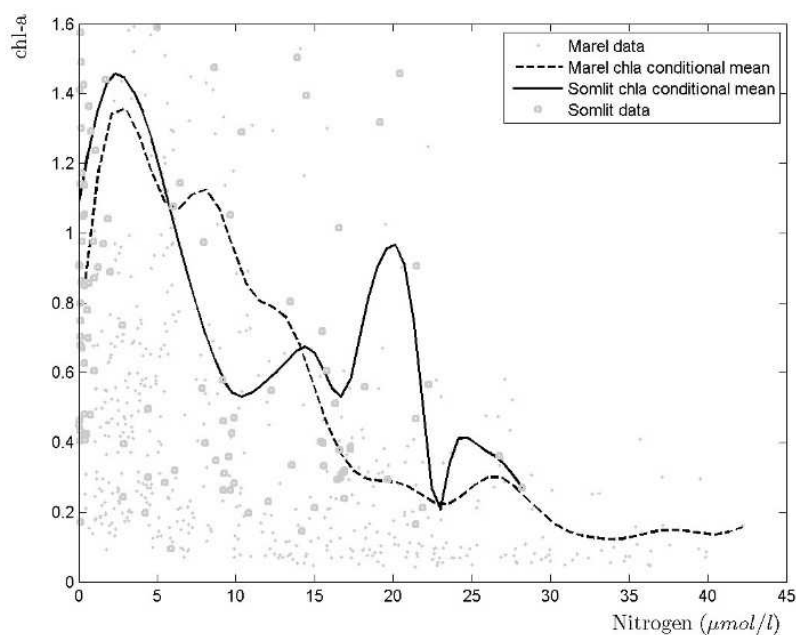


Figure 4 : Évolution des moyennes conditionnelles des concentrations en chlorophylle *a* (unité arbitraire) et en azote total ($\mu\text{mol/L}$) pour SOMLIT et pour MAREL Carnot.

Dans un deuxième temps, les données ont fait l'objet d'analyses spectrales (algorithme de transformation rapide de Fourier - Legendre et Legendre, 1998 ; Platt et Denman, 1975) permettant l'étude statistique de paramètres dynamiques. Cette méthode mathématique permet la description de la dépendance d'échelle des fluctuations. Les données MAREL sont caractérisées par de fortes fluctuations, qui correspondent à de l'intermittence alors que les données SOMLIT montrent des cycles saisonniers plus lissés (Figure 5). Les fluctuations observées sont par conséquent certainement très fortement influencées par la turbulence (Schmitt, 2005). La figure 5 montre que la distribution de l'information révèle 3 pics d'énergie : un premier à 12 heures (\downarrow), le second au environ de 14 jours (*) et le troisième à 1 an (\bullet). Ainsi, la période naturelle des oscillations de ce paramètre est telle qu'elle peut être considérée comme co-oscillant avec le cycle annuel, le cycle de marée semi-diurne lunaire et le cycle de marée.

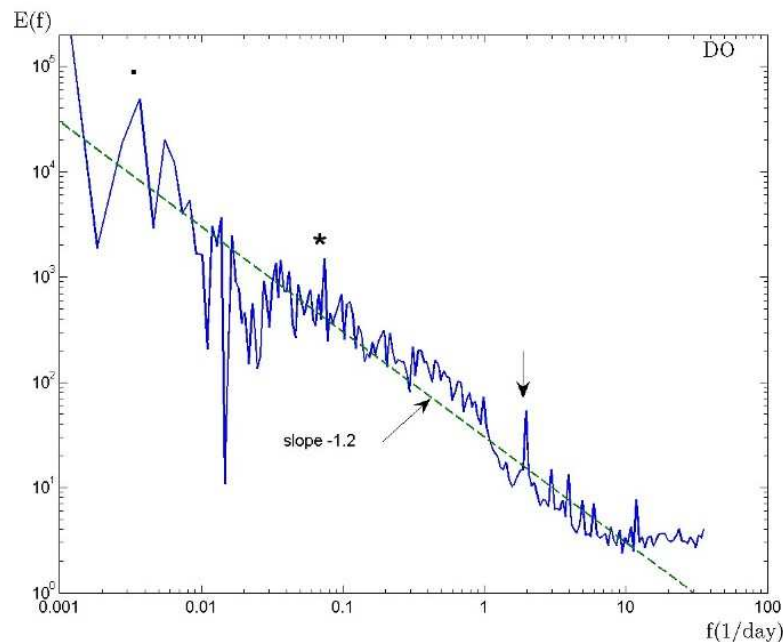


Figure 5 : Spectre de la concentration en oxygène dissous (échelle log-log).

4. CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Le bilan de fonctionnement du système MAREL Carnot en 2007 (3^{ème} année de fonctionnement) met en évidence un pourcentage d'acquisition de données compris entre 78,5 et 97,5, soit 24113 résultats pour chaque paramètre de qualité générale du milieu marin. Les résultats pour les nutriments sont moins nombreux en raison de la fréquence d'échantillonnage différente.

Le développement de programme d'aide au traitement des données grâce au logiciel R se poursuit (voir Lefebvre, 2007 pour les objectifs). Les données de gestion du barrage Marguet, dont la prise en compte est nécessaire afin d'appréhender les épisodes d'apports d'eau douce via la Liane dans la zone côtière (apports de nutriments, de

contaminants microbiologiques), sont désormais gérées via R dès réception des fichiers transmis par le service maritime des ports de Boulogne et de Calais.

La connaissance de la variabilité de la réponse de chacun des paramètres pour la fréquence d'acquisition de MAREL (20 min) permet d'envisager d'améliorer les procédures de validation/qualification des données permettant ainsi de les mettre en ligne pour tous le plus rapidement possible (<http://www.ifremer.fr/difMarelCarnot/>).

La démonstration de la fiabilité du système par une valorisation simple des données acquises (Lefebvre & Repecaud, 2006 ; Lefebvre, 2007) permet d'envisager maintenant l'utilisation des données dans un contexte « Recherche ». Trois exemples d'études sont ainsi présentés dans ce rapport. Les objectifs sont variés. Il s'agit soit d'une volonté d'amélioration de la connaissance du fonctionnement de l'écosystème, soit de développements méthodologiques : application de nouvelles méthodes de traitements des données ou développement/test d'indicateur de qualité du milieu marin.

L'installation de l'analyseur CHEMINI (CHEMical MINIaturised analyser) sur la station de mesures MAREL Carnot (Cofinancement Ifremer / FEDER dans le cadre du Contrat de Plan État Région Nord Pas-de-Calais) devrait permettre d'envisager le même type d'approche sur la dynamique de l'ammonium. L'expérience acquise après un premier déploiement *in situ* du système à la fin de l'année 2007 permet maintenant d'entrer dans la dernière phase de validation du système avant sa mise en service sur la station de mesures. Une série de tests a été réalisée concernant le choix du fluide porteur (eau de mer ou eau pure) en vue d'une possible économie de réactif. Il est apparu que l'eau de mer n'était pas adaptée en tant que fluide porteur ; un dépôt occultant se formant dans le circuit et la cuve de mesure. De plus, des tests concernant la partie thermostat sont en cours pour réduire au maximum la consommation électrique de l'analyseur *in situ*, au regard des contraintes particulières du site en alimentation énergétique et en conditions météorologiques (basses températures en hiver) (Bucas, 2005, 2006a, 2006b).

La connaissance du fonctionnement des écosystèmes, de leurs réponses aux évolutions naturelles ou anthropiques ne peut s'envisager que par l'acquisition de longues séries d'observations à différentes échelles spatiales et temporelles et en couplant différents « outils » (modélisation, images satellites,...). En ce qui concerne le littoral Nord, Pas-de-Calais et Picardie et la Manche plus généralement, les réseaux de mesures existent (REPHY, SRN, MAREL,... : <http://www.ifremer.fr/delbl/> et SOMLIT), les travaux de développement de modèles hydrodynamique et biologique sont en cours (certains résultats sont déjà publiés : Vanhoutte-Brunier et al., 2008) et les images satellites sont disponibles. Malgré cela, la méso-échelle n'est appréhendée que (i) via les images satellites pour un nombre limité de paramètre et avec les restrictions propres à cet outil (mesures au niveau de la couche d'eau superficielle), (ii) via la modélisation dont les résultats ne sont utilisables qu'après validation par les données *in situ* qui manquent au large dans la mesure où les réseaux d'observations sont la plupart du temps mis en œuvre en zones littorale et côtière. Les grands projets hauturiers d'observations (PREVIMER, MERCATOR,...) ne rayonnent pas en Manche. Un moyen d'améliorer cette approche à méso-échelle en Manche serait de déployer des systèmes dits de « navires d'opportunités ».

Les transects mis en place dans le cadre du projet européen FerryBox (2003-2005) ne répondent qu'en partie aux problématiques de la Manche et de la baie sud de la Mer du Nord (Figure 6). L'échantillonnage mis en place se fait selon une approche orientée

dans le sens de la dérive résiduelle des courants (axe sud-ouest vers le nord-est) mais aucun transect perpendiculaire à ce grand axe n'est mis en oeuvre. Ceci limite les possibilités d'études des impacts anthropiques et des grands changements environnementaux selon une approche basée sur le continuum eau douce- eau salée.

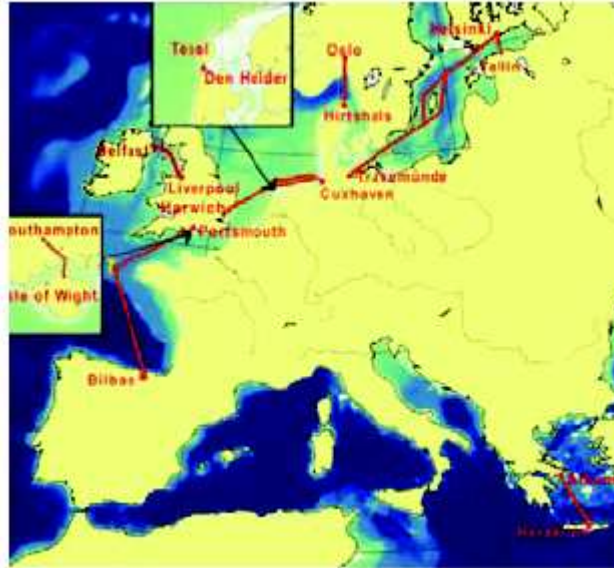


Figure 6 : Itinéraires du projet européen FerryBox 2003-2005 au niveau de la zone cible 'Manche'.

Les huit lignes de ferry recensées sur la figure 6 se concentrent sur trois objectifs relatifs à la qualité des eaux, la dynamique des écosystèmes ainsi que les changements et variabilités climatiques :

- l'eutrophisation incluant la productivité planctonique et sa variabilité par rapport aux contraintes physiques et biochimiques,
- le transport de sédiment et des contaminants associés,
- l'utilisation des données pour calibrer et valider des modèles numériques de transport de masses d'eaux.

Une évolution de ce réseau pourrait consister en l'équipement de deux lignes de ferry avec un système de mesures automatisées (paramètres physico-chimiques, biologiques de base + préleveur phyto- et zooplancton) : Roscoff-Plymouth et Calais-Douvres. Cette double approche permettra de mettre en place un système de surveillance de type Amont –Aval à l'échelle de la Manche. En effet, le positionnement de transects trans-Manche permettra l'étude des gradients côte-large alors que la position de ces transects en entrée et en sortie de Manche permettra de contribuer à l'élaboration de bilan de transferts de différents éléments.

Les cibles envisagées grâce à ce type d'approche seront :

- La compréhension des changements saisonniers pour les principaux paramètres de qualité de l'eau,
- L'amélioration des connaissances quant aux gammes de variations naturelles ou sous contraintes anthropiques de ces paramètres,
- L'amélioration des connaissances sur les structures frontales (front Atlantique – Manche, fleuve côtier le long des côtes du nord de la France), avec notamment l'évolution des densités de surface, indicatrices des phénomènes de mélange.

-
- Le transfert de nutriments au niveau inter- et intra-écorégion (ex. des flux transfrontaliers entre la France et la Belgique intégrant les apports des bassins de la Manche à comparer à une référence Atlantique),
 - La caractérisation à méso-échelle de la dynamique du phyto- et du zooplancton,
 - La fourniture de données de référence à la côte comme au large afin d'appréhender les changements à long-terme des écosystèmes marins,
 - L'alimentation des bases de données nécessaire (i) à la validation/calibration des modèles opérationnels, écologiques pour les paramètres hydrodynamiques et environnementaux, et (ii) à la calibration des algorithmes des applications satellitaires.

5. REFERENCES

- Aminot, A., Kirkwood, D. et K  rouel, 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  rouel, 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 analyses. *Water Research*, 35 (7) :1777-1785.
- Aminot A. & R. K  rouel, 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.
- 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. & Dewaele Kévin, 2007. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral du Nord, Pas-de-Calais, Picardie. Bilan de l'année 2004. *Ifremer/RST.LER.BL/07.05/Laboratoire côtier de Boulogne-sur-Mer*, 149 p.
- 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.
- Schmitt, F. G., 2005. Relating lagrangian passive scalar scaling exponents to eulerien scaling exponents in turbulence. *European Physical Journal*, B48, 129-137.
- 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.

6. 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



Audomarois - Boulonnais - Calaisis - Dunkerquois - Montreuillois



INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
DE L'UNIVERS

