



HAL
open science

Observation multiparamètres automatique par navire d'opportunités le long du continuum terre-mer de la rade de Brest et de la mer d'Iroise

Eric Duvieilbourg, Georges Chapalain, Nicolas Guillou

► **To cite this version:**

Eric Duvieilbourg, Georges Chapalain, Nicolas Guillou. Observation multiparamètres automatique par navire d'opportunités le long du continuum terre-mer de la rade de Brest et de la mer d'Iroise. XIIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil, Jun 2012, Cherbourg, France. hal-01889815

HAL Id: hal-01889815

<https://hal.science/hal-01889815>

Submitted on 8 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Observation multiparamètres automatique par navire d'opportunités le long du continuum terre-mer de la rade de Brest et de la mer d'Iroise

Eric DUVIEILBOURG¹, Georges CHAPALAIN², Nicolas GUILLOU²

1. Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin (LEMAR),
Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Place Nicolas Copernic,
Technopôle Brest-Iroise, 29280 Plouzané, France.
Eric.duvieilbourg@univ-brest.fr
2. Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales (CETMEF),
Laboratoire de Génie Côtier et Environnement (LGCE), 155 rue Pierre Bouguer,
Technopôle Brest-Iroise, BP5, 29280 Plouzané, France.
Georges.Chapalain@developpement-durable.gouv.fr ;
Nicolas.Guillou@developpement-durable.gouv.fr

Résumé :

La présente note expose les aspects techniques, la mise en oeuvre, les premiers résultats et l'ébauche d'une application pour valider un modèle numérique du dispositif de surveillance automatique des paramètres hydrologiques (température, salinité, pH, Chlorophylle *a*, turbidité) des eaux de surface en mer d'Iroise et rade de Brest sur la ligne maritime régulière Brest-Molène-Ouessant.

A ce stade, les résultats montrent le potentiel de ces mesures pour mieux décrire, comprendre et prédire les processus-clés contrôlant les échanges le long du continuum terre-mer et assister les scientifiques, ingénieurs et gestionnaires impliqués dans le domaine de la qualité des eaux côtières.

Mots-clés :

Observation automatique – Navire d'opportunités – Hydrologie – Zone côtière – Apports fluviaux – Marée – Rade de Brest – Mer d'Iroise

1. Introduction

Affectée par la métropole brestoise qui compte plus de 200000 habitants et des apports fluviaux chargés en nutriments d'origine agricole, la rade de Brest communique par un étroit goulet de 1,8 km de large avec l'espace naturel ouvert de la mer d'Iroise dont la préservation a motivé la création du Parc naturel marin d'Iroise en 2007. Les variations de niveau de la mer, qui avoisinent 4,5 m en condition de marée moyenne, s'accompagnent deux fois par jour d'un flux alternatif à travers le goulet de 700 millions de m³ à comparer aux 2 milliards de m³ d'eau approximativement contenus dans la rade (TROADEC & LE GOFF (coordinateurs) *et al.*, 1997). Cette circulation intense a des répercussions sur les caractéristiques hydrologiques (physico-chimiques,

biologiques et sédimentologiques) des eaux le long du continuum terre-mer. La quantification des phénomènes en jeu est essentielle, tant d'un point de vue fondamental pour leur compréhension, que dans une optique appliquée de surveillance et de gestion raisonnée d'un environnement d'une exceptionnelle biodiversité.

Depuis les années 70, plusieurs études multidisciplinaires ont été entreprises, tout particulièrement dans le cadre du Schéma d'Utilisation de la Mer : rade de Brest (SAUM, 1980 ; MONBET & BASSOULLET, 1989) et du Contrat de Baie de la rade de Brest et de son bassin versant (TROADEC & LE GOFF (coordinateurs) *et al.*, 1997). A la fin des années 90, une approche d'observation opérationnelle se développe avec la mise en place de la bouée automatique MAREL-Iroise et de la station manuelle hebdomadaire SOMLIT-Brest, toutes deux situées dans l'Anse de Sainte-Anne du Portzic dans le goulet (<http://www-iuem.univ-brest.fr/observatoire/>). Récemment, des modèles numériques tridimensionnels (3D) ont été implémentés sur la zone de la mer d'Iroise pour étudier l'hydrodynamique (courant, houle, turbulence en couche limite de fond) et le transport sédimentaire (GUILLOU, 2007) et la dynamique du front d'Ouessant (CAMBON, 2008). Depuis 2006, sous la houlette de l'Ifremer, le programme PREVIMER consacre un modèle opérationnel à la mer d'Iroise (<http://www.previmer.org/>).

En 2009, le CETMEF et l'IUEM ont entrepris le programme commun de Surveillance des eaux de surface en mer d'Iroise et RAde de Brest par des Navires d'Opportunités (SIRANO). Son objectif est de mesurer de manière automatique, pérenne et prioritaire la température, la salinité, le pH, la teneur en chlorophylle *a* et la turbidité des eaux de surface le long des trajets réguliers de plusieurs navires de passagers entre Brest et les îles de Molène et Ouessant (BMO monitoring), Audierne et l'île de Sein (AS Monitoring), Brest et l'île Longue (BIL monitoring) ou Brest et Lanvéoc-Poulmic (BLP monitoring) à l'intérieur de la rade de Brest.

Avec ses données multiparamètres spatialisées, sub-quotidiennes et à long terme, le programme SIRANO vise à scruter la variabilité spatio-temporelle de l'écosystème de la rade de Brest et de la mer d'Iroise en situations courante, possiblement affectée par des perturbations chroniques, voire le changement climatique, et exceptionnelles (crues, étiages, pollutions accidentelles).

La présente note a trait à la première opération du programme SIRANO, à savoir BMO monitoring, sur la desserte quotidienne depuis Brest, des îles de Molène et d'Ouessant par le navire "Enez Eussa III" de la Compagnie maritime Penn ar Bed (figure 1). Après la description du dispositif SIRANO et de sa mise en œuvre, une sélection de données recueillies au cours de l'année 2011 est présentée. Les résultats préliminaires de la confrontation des données SIRANO avec les prédictions du modèle COHERENS (LUYTEN *et al.*, 1999) sont ensuite montrés. Enfin, quelques conclusions et perspectives sont énoncées.

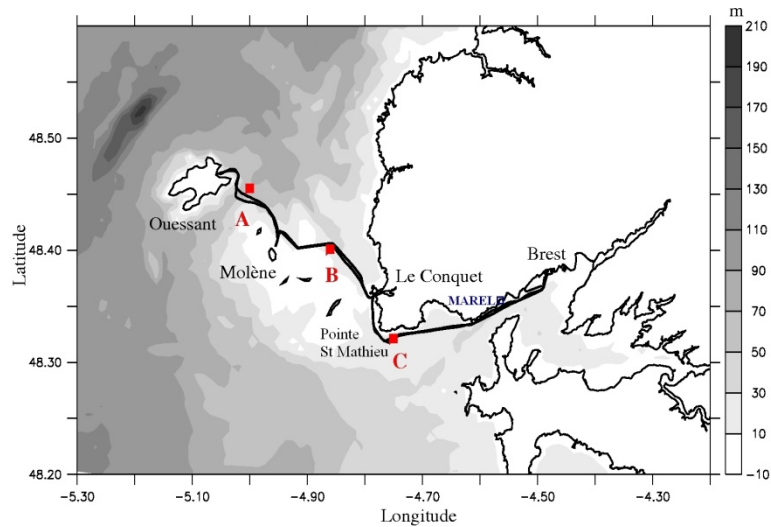


Figure 1. Illustration du trajet du navire "Enez Eussa III" entre Brest et Ouessant, bathymétrie et localisation des points d'extraction A, B et C.

2. Dispositif SIRANO

Le dispositif SIRANO comprend un double module de mesure et de communication embarqué sur le navire (figure 2) et un module terrestre de réception, gestion, archivage et diffusion (par réseau internet via un portail web dynamique accessible sur <http://www.memphys-igce.fr.ht/>) des données. Le module de mesure embarqué se compose d'un circuit hydraulique avec (i) une prise d'eau jouxtant celle du circuit de refroidissement des moteurs du navire située 1,4 m sous la ligne de flottaison, (ii) une pompe centrifuge, (iii) une enceinte de "débullage" et de mesure dans laquelle est implantée une sonde multiparamétrique YSI 6920V2-2-M, et (iv) une évacuation au-dessus de la ligne de flottaison. La cadence d'acquisition de la sonde est programmable. Sur le navire "Enez Eussa III" qui file jusqu'à 16 noeuds entre Brest, Molène et Ouessant, elle est réglée à 1 Hz, de sorte que deux mesures consécutives soient distantes de moins de 100 m. Le module de mesure incorpore un GPS pour la géolocalisation des points de mesure. L'ensemble est géré par deux systèmes électroniques de commande et de contrôle qui assurent par ailleurs la communication (rapatriement des données et reprogrammation à distance du dispositif). Trois modes de communication sont disponibles : Wi-Fi + internet différé à quai, GSM-GPRS et VHF en temps réel en mer. Pour des raisons de coût et de configuration portuaire à Ouessant, la communication par Wi-Fi + internet au retour à quai à Brest, chaque soir, est pratiquée.

SIRANO s'apparente à des dispositifs à l'oeuvre dans divers sites à travers le monde : Waden Sea (Pays-Bas), Southampton-île de Wight (UK), Neuse river (Caroline du Nord, USA), Oslo-Kiel (Allemagne), Oslo-Hirtshals (Norvège). Il se rapproche aussi du dispositif FerryBox qui, avec des routes à travers le Golfe de Gascogne, la Manche et la Mer du Nord, s'intéresse à des processus hauturiers de plus grandes échelles spatiales.

SIRANO a été conçu compact et évolutif de manière à être installé sur des navires de taille modeste et suivre les besoins et les progrès en matière de métrologie. Un multi-échantillonneur d'eau complétera prochainement SIRANO pour des analyses complémentaires en laboratoire, notamment à des fins d'étalonnage *in situ* des capteurs de la sonde multiparamétrique et de détermination planctonique.

Côté maintenance, un rinçage à l'eau douce du circuit hydraulique est opéré à l'issue de chaque trajet. Par ailleurs, la sonde multiparamétrique est remplacée tous les mois par une sonde ré-étalonnée.



Figure 2. Dispositif SIRANO dans la salle des machines du navire "Enez Eussa III".

3. Exemples de mesures SIRANO

Les figures 3 et 4 montrent la température et la salinité de surface le long du trajet du navire les 01/03/2011 (situation hivernale) et 01/07/2011 (situation estivale).

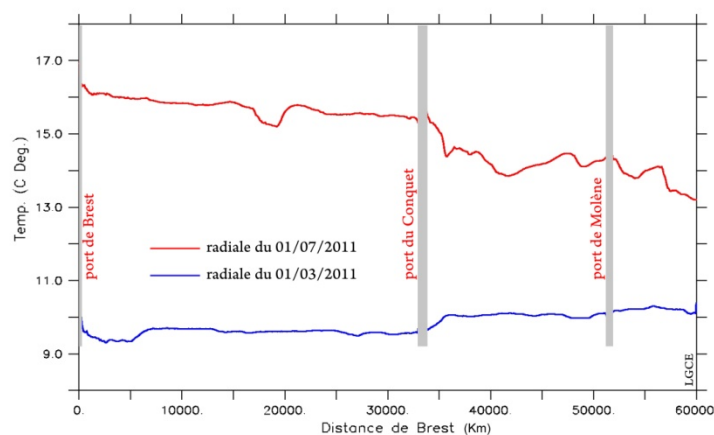


Figure 3. Température de surface le long du trajet du navire les 01/03/2011 et 01/07/2011.

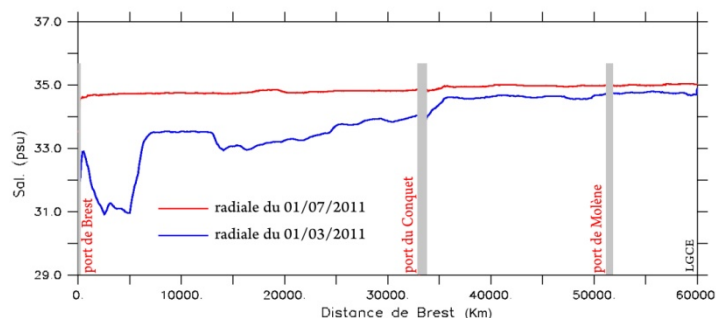


Figure 4. Salinité de surface le long du trajet du navire les 01/03/2011 et 01/07/2011.

A titre d'exemple, une représentation géolocalisée sous l'API Google Earth de la température de surface le 01/07/2011, telle que disponible quotidiennement sur le site (www.memphys-igce.fr.ht), est présentée à la figure 5.

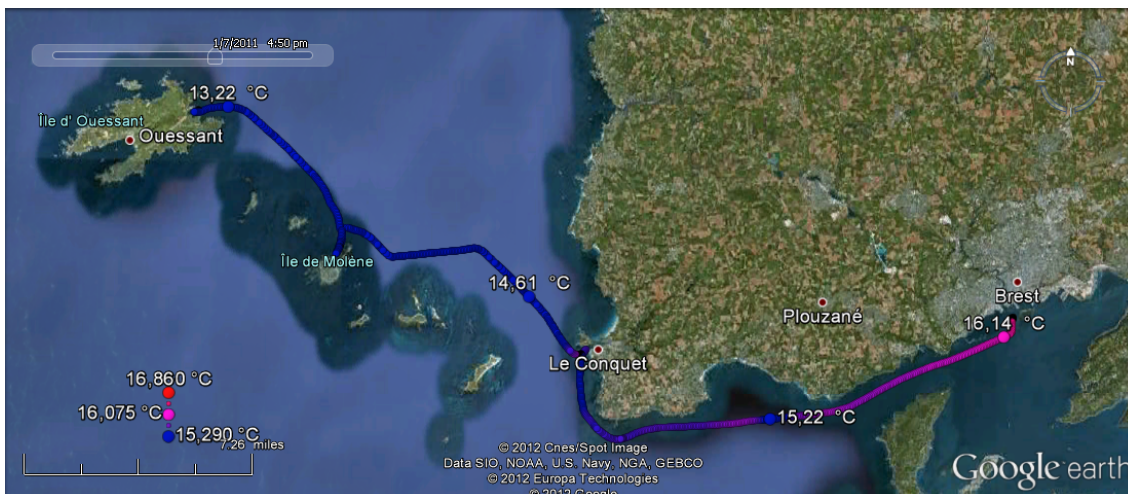


Figure 5. Température de surface le long du trajet du navire le 01/07/2011.

En régime hivernal de crue des rivières, les eaux de la rade sont significativement dessalées (-2 à -3,5 psu) et légèrement plus froides (-0,5°C) que les eaux de la mer d'Iroise. En situation estivale d'étiage, on enregistre une élévation de la salinité de 1 à 3,5 psu dans l'avant-goulet et la rade et de 0,4 psu en mer d'Iroise qui conduit à l'évanescence du gradient général de salinité, avec un écart de salinité inférieur à 0,5 psu entre Brest et Ouessant. De manière concomitante, les eaux subissent un réchauffement également plus marqué en rade qu'en mer d'Iroise. Faiblement décroissante (-0,5°C sur 18 milles) entre Brest et Le Conquet, la température chute de 1,5°C sur 4,5 milles en direction du Nord-Est pour fluctuer de plus 0,5°C autour de 13°C aux abords de Molène, au gré des alternances de hauts-fonds et de chenaux, comme du reste localement dans l'avant-goulet.

L'évolution temporelle au cours de 2011 de la température à proximité de la surface extraite en trois points fixes le long du trajet : A entre les îles de Ouessant et Molène, B entre Molène et Le Conquet et C face à la pointe Saint-Mathieu (figure 1) est présentée à la figure 6. Ces observations montrent le basculement de la situation hivernale à la situation estivale, qui se révèle plus ample au point C proximal de la rade qu'aux points A et B situés en mer d'Iroise.

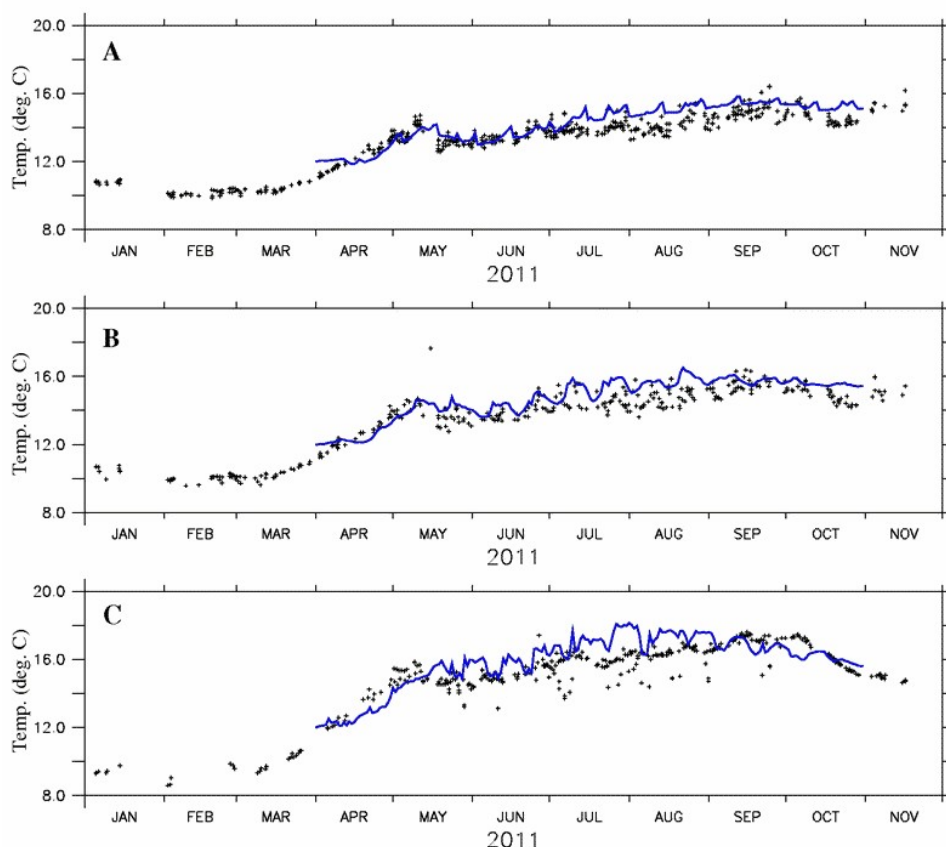


Figure 6. Séries temporelles de la température de surface mesurées (points noirs) et prédites (lignes continues bleues) aux points A, B et C de janvier à novembre 2011.

4. Mesures SIRANO vs. prédictions du modèle COHERENS

Les évolutions temporelles de la température mesurée extraites aux points A, B et C sont confrontées à celles prédites par le modèle numérique tri-dimensionnel (3D) de circulation côtière COHERENS (LUYTEN *et al.*, 1999) appliqué au domaine de la mer d'Iroise et de la rade de Brest avec une résolution spatiale de 1 km (figures 6 et 7). Le modèle est "forcé" le long de ses frontières océaniques par les prédictions de hauteur d'eau, courant, température et salinité du système opérationnel IBI (Iberian Biscay Irish, Puertos del Estado) à la résolution spatiale au 1/36^{ème} de degré. Ces données distribuées par Mercator Ocean sont disponibles à compter du 1^{er} avril 2011. Cet exercice

préliminaire révèle que les prédictions du modèle COHERENS s'accordent globalement aux mesures SIRANO. Il ressort toutefois que les signaux prédits par le modèle sont plus clairement modulés par le cycle morte-eau/vive-eau que ne le sont les signaux mesurés.

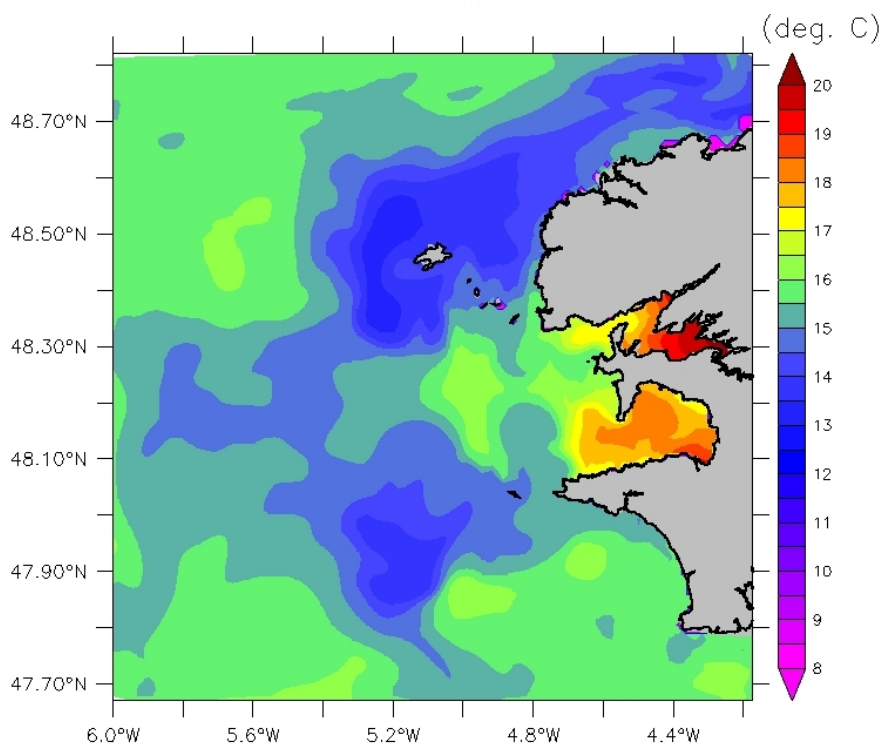


Figure 7. Champ de température de surface prédite par le modèle 3D COHERENS le 01/07/2011 à 12h00 TU.

5. Conclusion

Le dispositif SIRANO mis en place sur le navire de passagers "Enez Eussa III" desservant quotidiennement, depuis Brest, les îles de Molène et Ouessant est un dispositif innovant pour la mesure et la surveillance des paramètres-clés de l'eau de surface le long du continuum rade de Brest-mer d'Iroise.

Les mesures SIRANO permettront de mieux décrire et comprendre :

- le transport et la dispersion des apports d'eau douce originaires du bassin versant et pourvoyeurs à la rade de matière en suspension, de nutriments et de contaminants, ainsi que les modalités d'échanges avec le milieu maritime de la mer d'Iroise ;
- la genèse et la dynamique des efflorescences phytoplanctoniques dans la rade de Brest et la mer d'Iroise et leurs incidences sur le fonctionnement de l'écosystème (e.g., eutrophisation du milieu, altération des bancs de maërl et des herbiers par la turbidité ambiante).

Les résultats préliminaires de la confrontation des mesures SIRANO aux prédictions du modèle numérique 3D de circulation côtière COHERENS sont encourageants. Ils laissent augurer une contribution déterminante de ce dispositif à l'amélioration et la validation de la modélisation.

Les données SIRANO offrent par ailleurs :

- une assistance à la définition et la planification d'interventions scientifiques et techniques à la mer (déploiements instrumentaux et échantillonnages) réactives, ciblées et optimisées ;
- une aide à la prise de décision, voire une alerte, pour les autorités responsables de la qualité du milieu et du cadre de vie.

6. Remerciements

Les auteurs remercient le Conseil Général du Finistère et Brest Métropole Océane pour leur soutien financier, ainsi que la Compagnie maritime Penn ar Bed, sa direction, son ingénieur d'armement et ses équipages, pour l'accueil à bord du navire "Enez Eussa III" et les nombreux conseils et aides techniques.

7. Références bibliographiques

CAMBON G. (2008). *Etude numérique de la mer d'Iroise : Dynamique, variabilité du front d'Ouessant et évaluation des échanges cross-frontaux*. Thèse de doctorat en océanographie physique de l'Université de Bretagne Occidentale. 195 p.

GUILLOU N. (2007). *Rôle de l'hétérogénéité des sédiments de fond et des interactions houle-courant sur l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire en zone subtidale - applications en Manche Orientale et à la pointe de la Bretagne*. Thèse de doctorat en océanographie physique de l'Université de Bretagne Occidentale. 469 p. URL <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00376679/en/>

LUYTEN P.J., JONES J.E., PROCTOR R., TABOR A., TETT P., WILD-ADEN K. (1999). *COHERENS : A Coupled Hydrodynamical-Ecological Model for Regional and Shelf seas – Part III Model Description*. Management Unit of the North Sea Mathematical Models, Belgium, 200 p.

MONBET Y., BASSOULLET P. (1989). *Bilan des connaissances océanographiques en rade de Brest*. Commissariat à l'Energie Atomique, Rapport IFREMER/DERO/EL-89.23, 106 p.

SAUM (1980). *Schéma d'Aptitude et d'Utilisation de la Mer : rade de Brest*. CNEXO/DDE, 197 p + pièces complémentaires.

TROADEC P., LE GOFF R. (coordinateurs) et al. (1997). *Etat des lieux et des milieux de la rade de Brest et de son bassin versant*. Phase préliminaire du Contrat de Baie de la rade de Brest. Edition Communauté Urbaine de Brest, 355 p, 88 cartes