

XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil

Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010 DOI:10.5150/jngcgc.2010.061-M © Editions Paralia CFL disponible en ligne – http://www.paralia.fr – available online

MAGEST : Surveillance en continu pour la connaissance de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde

Eric MANEUX¹, Patrice CASTAING², Gérard CHABAUD², Jean-Michel ESCALIER², Henri ETCHEBER², Marjorie SCHMELTZ², Sabine SCHMIDT², Aldo SOTTOLICHIO², Patrice WOERTHER³

- 1. GEO Transfert, ADERA, Pessac, France. e.maneux@epoc.u-bordeaux1.fr
- 2. EPOC, UMR 5805 CNRS, Université Bordeaux 1, France.
- 3. IFREMER, Plouzané, France.

Résumé:

L'estuaire de la Gironde est affecté par des pollutions chroniques (contamination métallique, rejets urbains,...) et présente des évènements de sous-oxygénation des eaux dans sa partie fluviale. L'évolution pluriannuelle de la zone de maximum de turbidité, déterminée par les processus hydrodynamiques et sédimentaires, contribue également à déterminer la qualité des eaux. Pour estimer l'évolution de l'état global des eaux de l'estuaire, un consortium d'organismes publics s'est doté en 2004 d'un réseau de surveillance : MAGEST (MArel Gironde ESTuaire). Quatre stations automatisées mesurent en continu quatre paramètres : température, salinité, turbidité et taux d'oxygène dissous. L'environnement estuarien a imposé des choix techniques et l'adaptation des protocoles de mesures et des critères de qualité. Le réseau MAGEST a permis d'acquérir une base de données à haute fréquence adaptée à la variabilité intraestuarienne de la qualité des eaux. Les cycles journaliers, les variations saisonnières et interannuelles sont maintenant mieux décrits. La base de données MAGEST contribue à comprendre le fonctionnement de l'estuaire, et alimentera les propositions d'action du SAGE ESTUAIRE et contribuera à l'application de la Directive Cadre du l'Eau.

Mots-clés:

Surveillance – Qualité des eaux – Estuaire – Turbidité – Température – Salinité – Oxygène dissous

Abstract:

Metallic and organic contaminations, urban waste waters decrease the Gironde estuary water quality and disoxygenation periods used to be observed in the fluvial part. The Maximum Turbidity Zone comportment, depending from hydrodynamic and morphodynamic processes, is also a major controlling factor for water quality determination. Since 2004, the MAGEST network allows high frequency monitoring for water temperature, salinity, turbidity and dissolved oxygen. The MAGEST network's technical features had to be adapted to the macrotidal environment and to high salinity and turbidity gradients. Tidal cycles up to seasonal cycles are now fully documented.

1. Introduction

L'estuaire de la Gironde est affecté par des pollutions chroniques et par des évènements de sous-oxygénation des eaux dans sa partie fluviale (ECOBAG, 2005 ; COMMARIEU, 2007). Par ailleurs, le comportement de la zone de maximum de turbidité, déterminée par les conditions hydrodynamiques et morphodynamiques de l'estuaire, a également un rôle important sur la qualité des eaux (CASTAING & ALLEN, 1981).

Afin d'évaluer les conséquences de l'évolution de l'oxygénation des eaux et de la turbidité sur la qualité des eaux et sur le fonctionnement de l'écosystème, dans un contexte d'aménagement territorial et de changement climatique, il est important de disposer de bases de données adaptées. En particulier pour l'estuaire de la Gironde, les chercheurs et les gestionnaires ont identifié deux questions principales :

- a) Comment les débits fluviaux et les cycles de marée influencent-ils le fonctionnement et le positionnement du bouchon vaseux ?
- b) Quel impact le bouchon vaseux a-t-il sur l'oxygénation des eaux ?

Pour répondre à ces questions, un consortium d'organismes publics s'est doté en 2004 d'un outil d'acquisition de données sur la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde : le réseau de surveillance MAGEST (MArel Gironde ESTuaire). Ce consortium est constitué par les organismes suivants : AEAG (Agence de l'Eau Adour-Garonne) ; SMIDDEST (Syndicat MIxte pour le Développement Durable de l'ESTuaire de la Gironde) ; SMEAG (Syndicat Mixte d'Etudes et d'Aménagement de la Garonne) ; EPIDOR (Etablissement Public Interdépartemental de la Dordogne) ; EDF ; GPMB (Grand Port Maritime de Bordeaux) ; Conseil Régional Aquitaine ; CG-33 (Conseil Général de Gironde); IFREMER ; CNRS ; Université Bordeaux 1.

Le cahier des charges de ce réseau de surveillance a conduit à élaborer un système de mesures à haute fréquence, adapté à la variabilité spatio-temporelle d'un estuaire macrotidal de 150 km². Cinq ans de fonctionnement ont permis de valider ou de préciser les choix techniques et d'élaborer une expertise propre à l'acquisition de données à haute fréquence en milieu estuarien, à leur qualification et à leur interprétation.

2. Description du réseau MAGEST

Le réseau MAGEST est basé sur le déploiement de 4 stations automatisées MAREL (WOERTHER & GROUHEL, 1998) qui mesurent en continu, toutes les 10 minutes, température, salinité, turbidité et taux d'oxygène dissous des eaux estuariennes.

2.1 <u>Localisation des sites de mesures</u>

Les stations de mesures ont été implantées sur des pontons flottants existants en quatre situations bien spécifiques de l'estuaire de la Gironde (figure 1) :

- estuaire central : Pauillac
- estuaire fluvial Garonne : Bordeaux, Portets
- estuaire fluvial Dordogne : Libourne

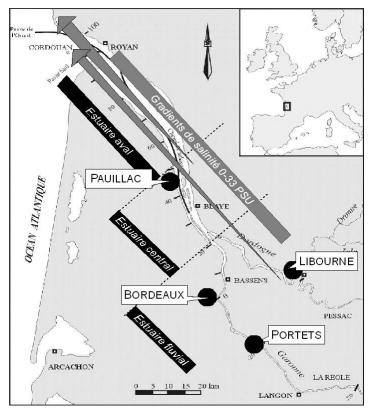


Figure 1. Situation géographique des quatre stations du réseau MAGEST.

2.2 Description des stations MAREL

Les stations de mesures MAREL sont constituées :

- d'une plate-forme technique avec local abri pour les dispositifs de mesure,
- d'un ensemble de capteurs physico-chimiques,
- d'un capteur de hauteur d'eau,
- d'un dispositif de mesure adapté pour un fonctionnement en milieu turbide,
- d'une électronique de commande et d'un dispositif de réinitialisation à distance,
- d'un système de communication entre les stations de surveillance et la station de gestion via le réseau téléphonique (GSM + filaire).

La prise d'eau est située à 1 mètre sous la surface. Un dispositif d'auto-nettoyage actif par chloration évite le développement de biofouling dans le circuit hydraulique et sur les capteurs. Ce dispositif est arrêté durant les mesures. Les travaux d'installation des stations ont été effectués par l'IFREMER et la société NKE/MICREL.

2.3 Caractéristiques et calibration des capteurs

Toutes les stations et les capteurs sont identiques. Seule la calibration du capteur de conductivité a été adaptée selon la gamme de salinité du secteur. Les caractéristiques des capteurs sont résumées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques des capteurs

Paramètres	Gamme de mesur	e Précision
Température de l'eau	0-35°C	±0,1 °C
Conductivité (Pauillac et Bordeaux)	0-70 mS/cm	± 0.3 mS/cm
Conductivité (Libourne et Portets)	0-2 mS/cm	± 0.1 mS/cm
Oxygène dissous	$0-20 \ mg/l$	±0.2 mg/l
Turbidité	$0-9999\ NTU*$	$\pm10\%$

(* 9999 NTU correspondent approximativement à 12 g/l)

Pour assurer la qualité de la base de données, il est nécessaire de calibrer régulièrement les capteurs au laboratoire.

Une salle de calibration de 12 m², climatisée, a été spécialement équipée pour permettre la mise en œuvre de 3 bancs de mesures :

- un bain thermostaté LAUDA RE 220 (20 litres; 0 200°C; résolution 0,1°C) associé à un conductimètre WTW 730 Inolab et un thermomètre Dostman Electronic de précision;
- un bain agité pour obtenir la saturation d'oxygène dissous et un banc de mesure WINCKLER pour vérification des teneurs en oxygène dissous (ISO 5813-14);
- des bains de calibration de la turbidité (Formazine à 100, 1000 et 3000 FNU).

2.4 Gestion du réseau MAGEST

Au laboratoire, une station de gestion contrôle le réseau et permet :

- le transfert toutes les 6 heures et le stockage provisoire des données acquises in situ,
- la réception d'alarmes en provenance des stations de mesures,
- la gestion technique et la maintenance du réseau,
- la visualisation et la validation des données.

Cette station de gestion est implantée sur Serveur Sun. L'accès au réseau de mesures est réalisé via une liaison GSM/modem téléphonique, puis un routeur qui assure la connexion intranet sur le réseau local. Les données sont archivées à l'OASU (Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers). Un serveur web indépendant assure la consultation intranet ou internet d'une copie de la base de données MAGEST (http://www.magest.u-bordeaux1.fr/).

2.5 Validation et qualification de la base de données MAGEST

Les données sont validées à trois niveaux :

T0.5 : automatiquement lors du téléchargement par la station de gestion ;

T1: par un expert, 3 à 4 fois par mois;

T2 : après vérification de la dérive des capteurs à leur retour au laboratoire, les données sont validées et qualifiées définitivement tous les 3 à 6 mois.

La qualité de la donnée est caractérisée par un "code qualité" qui peut prendre 6 valeurs. Le code qualité "hors statistique" n'a pas été encore utilisé en raison du manque de connaissance sur la variabilité temporelle et les extrêmes pouvant être rencontrés dans un estuaire macro-tidal.

3. Résultats du réseau MAGEST : 2005-2009

Depuis 2005, le réseau de surveillance MAGEST a permis d'acquérir une base de données significatives de mesures à haute fréquence, toutes les 10 minutes, adaptée à la variabilité temporelle inhérente à l'environnement d'un estuaire macrotidal.

3.1 <u>Description de la base de données MAGEST</u>

Depuis 2005, 15 campagnes de mesures (de 2 à 5 mois), ont permis l'acquisition d'environ 45 mois de mesures, pour chaque station, soit un taux de fonctionnement de l'ordre de 75%. Ceci représente environ 200000 mesures par station (MANEUX *et al.*, 2009). En cinq ans, le réseau MAGEST a donc produit environ 1 million d'enregistrements de qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde. Les statistiques de fonctionnement et le % de données qualifiées sont suivis mensuellement, station par station. A titre d'exemple, le tableau 2 montre les statistiques de fonctionnement de la station et des différents capteurs à Bordeaux en 2008. Il illustre la nécessité d'un suivi continu de ces stations qui sont soumises à de fortes turbidités, de forts courants,

Tableau 2. Exemple de statistiques mensuelles : Bordeaux 2008.

	Taux mensuel de	données qualifiées (% mensuel)			
	fonctionnement	Température	Salinité	O_2^{D}	Turbidité
Janvier	88	88	88	0	88
Février	84	84	84	0	84
Mars	54	54	54	0	33
Avril	96	96	80	22	22
Mai	98	98	98	94	79
Juin	95	95	95	64	35
Juillet	38	38	38	21	22
Août	10	10	10	10	10
Septembre	62	62	62	0	55
Octobre	78	78	<i>78</i>	0	63
Novembre	31	31	31	0	30
Décembre	88	88	88	88	88

3.2 Variabilité haute fréquence

A raison d'un enregistrement toutes les dix minutes, la base de données MAGEST permet de décrire les cycles tidaux et des évènements brusques de quelques heures (orage, arrivée de crue, ...). Même l'impact du mascaret peut être observé à la renverse de basse-mer. La figure 2 présente un exemple d'enregistrement à Pauillac, le 01 juin

2008. La salinité est le paramètre le plus simple à interpréter en lien avec le cycle de marée. Les autres paramètres présentent des variations plus complexes en lien avec le cycle de marée, la remise en suspension des sédiments et l'origine des masses d'eaux.

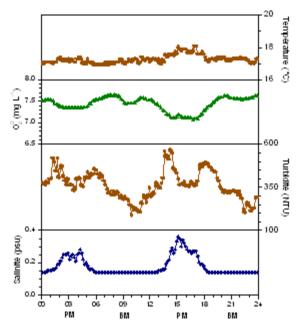


Figure 2. Exemple d'enregistrement à haute résolution temporelle de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde, obtenu le 01 juin 2008 à Pauillac.

3.3 Statistiques mensuelles des paramètres environnementaux

Le premier traitement statistique est de préciser la plage des mesures observées et l'évolution saisonnière des valeurs extrêmes (minimum et maximum), ainsi que les valeurs médianes. Afin de préciser la répartition des observations sur une période, les valeurs des $10^{ième}$ et $90^{ième}$ centiles sont également présentées (figure 3). L'exemple de Bordeaux en 2008 montre l'évolution au cours de l'année de la température des eaux, avec les valeurs les plus élevées enregistrées en fin d'été. L'intrusion saline est la plus prononcée à l'automne. La turbidité présente une variabilité annuelle plus forte. L'obtention de telles statistiques à plusieurs stations de l'estuaire et sur plusieurs années est un des objectifs du consortium pour surveiller la qualité des eaux de l'estuaire.

4. Discussion

Depuis 2005, avec environ 1 million d'enregistrements, le réseau de surveillance MAGEST a permis d'acquérir la base de données de données la plus complète sur la qualité des eaux d'un estuaire macrotidal. C'est pour quatre paramètres essentiels, température, salinité, turbidité et oxygène dissous, plus de 3000 mesures par jour.

Cette base de données exceptionnelle permet à la fois d'observer des phénomènes quasiment instantanés (remise en suspension de sédiment lors du passage du mascaret par exemple) et de disposer d'une masse de données nécessaire pour valider des analyses statistiques utiles à long terme (ETCHEBER *et al.*, 2009).

Pour obtenir les taux de fonctionnement prévu dans le cahier des charges, il a fallu résoudre des problèmes spécifiques à l'environnement estuarien :

- a) le micro-environnement autour de la station de mesure peut influencer la qualité de la mesure, voire la fiabilité de la station (chaleur des pontons, proximité du fond, ...);
- b) l'agressivité de l'environnement fluvio-estuarien pour les stations de mesures comme les tempêtes et les risques de percussion par un embâcle (déjà 3 accidents);
- c) la turbidité élevée (jusqu'à plus de 10 g/L) jouant sur la fiabilité des composants, dont la pompe de prélèvement ;
- d) le manque de fiabilité des capteurs à membrane pour la mesure d'oxygène dissous ; depuis 2008, l'utilisation de capteurs optiques Endress&Hauser a permis d'obtenir un taux de données qualifiées comparable aux autres paramètres.

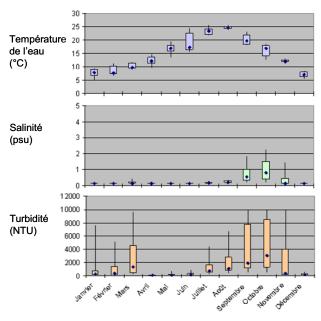


Figure 3. Statistiques mensuelles observées à Bordeaux en 2008.

5. Conclusions

Les perspectives concernant la valorisation de cette base de données sont multiples :

- a) Normales saisonnières et évènements extrêmes: En 2010, avec 5 ans de base de données, à partir des statistiques mensuelles, nous pourrons proposer des normales saisonnières et décrire des événements extrêmes "hors statistiques".
- b) Compréhension et modélisation du fonctionnement estuarien : Les premiers résultats scientifiques significatifs sont la description du déterminisme de la teneur en

oxygène dissous dans les eaux de l'estuaire de la Gironde (COMMARIEU, 2007) ; Des programmes de recherche ont pu être montés grâce à l'existence du réseau : ETIAGE 2010-2012, étude de l'impact des rejets urbains dans l'estuaire, EELSCOPE 2008-2010, étude de la vulnérabilité des anguilles,

- c) Aide à la décision : la variabilité de la turbidité des eaux (en surface) et de l'oxygénation des eaux est bien documentée, ce qui permet de répondre, au moins partiellement, aux questions à l'origine du réseau. Les premiers résultats alimentent les propositions du SAGE ESTUAIRE et/ou des études (EAUCEA, 2008).
- d) Outil de gestion expérimental: Le réseau MAGEST est également un outil de gestion expérimental. Depuis 2009, le SMEAG utilise les informations fournies par le réseau MAGEST pour définir la gestion du soutien d'étiage de la Garonne.
- e) Génie civil, réseau de surveillance temps réel: Cet outil de surveillance quasi temps réel, permet d'observer et de préciser l'impact d'incidents tels qu'un orage cinquantennal sur Bordeaux (2007) ou celui d'une "vague" fluviale (rupture du barrage de Tuilières, 2006). MAGEST apporte également des informations pour des travaux d'aménagement et d'infrastructure (risques d'envasement et de salinisation des eaux).

L'enjeu majeur pour la base de données MAGEST reste de continuer à faire converger les besoins des gestionnaires et des scientifiques au moins pendant une décade afin d'aboutir à l'objectif initial qui est d'observer et comprendre l'évolution de l'estuaire face à une évolution de la ressource en eau et aux conséquences d'un changement climatique.

6. Références bibliographiques

CASTAING P., ALLEN G.P. (1981). *Mechanisms controlling seaward escape of suspended sediment from the Gironde: A macrotidal estuary in France*. Marine Geology, 40, pp 101-18. doi:10.1016/0025-3227(81)90045-1

COMMARIEU M.V. (2007). Oxygénation des eaux dans un estuaire hyperturbide (Gironde): observation in situ, expérimentation et modélisation. Thèse, U. Bordeaux 1.

EAUCEA (2008), Evaluation des impacts du changement climatique sur l'estuaire de la Gironde et prospective à moyen terme, SMIDDEST, 111 p.

ECOBAG (2005). Système fluvio-estuarien de la Gironde, Cahier technique n°4/4. Ed. Agence de l'Eau Adour-Garonne, Toulouse, 28 p.

ETCHEBER H., CASTAING P., SCHMIDT S., MANEUX E., SOTTOLICHIO A., ABRIL G., SCHMELZT M., CHABAUD G. (2009). *Réseau MAGEST : Interprétation des données 2008*, 49 p. Disponible en ligne sur :

URL http://www.magest.u-bordeaux1.fr/Public/documents/rapport scientifique 2007-2008.pdf MANEUX E., ETCHEBER H., CHABAUD G. SCHMIDT S. (2009). *Rapport d'activité 2008 – bilan technique*, Consortium MAGEST, 80 p.

WOERTHER P., GROUHEL A. (1998). *MAREL*: Automated measurement network for the coastal environment, IEEE, Ocean's 98, Nice, pp 1149-1154.