

Évaluer et gérer les risques d'hypoxie des eaux de transition : étude de cas sur l'estuaire de la Gironde (Sud-Ouest France)

Assessing and managing the risks of hypoxia in transitional waters: a case study in the Gironde estuary (South-West France)

Sabine Schmidt^{1/2}; Clément Bernard³; Mélina Lamouroux⁴; Alexandre Ventura⁵; Jean-Michel Escalier¹, Henri Etcheber¹

¹ CNRS, OASU, EPOC, UMR5805, 33615 Pessac, France (corresponding author : sabine.schmidt@u-bordeaux.fr). ² Univ. Bordeaux, EPOC, UMR 5805, 33615 Pessac. ³ SMIDDEST, 33390 Blaye. ⁴ Agence de l'Eau Adour-Garonne 33049 Bordeaux ⁵ SGAC – Lyonnaise des Eaux, 33300 Bordeaux.

RÉSUMÉ

L'estuaire de la Gironde (France S-O), formé par la confluence de la Garonne et de la Dordogne, est un des plus grands estuaires macrotidaux européens. Dans la Garonne tidale, des épisodes temporaires d'hypoxie ont déjà été enregistrés autour de Bordeaux. Les changements environnementaux à long terme (augmentation de la température et de la population, diminution du débit) laissent présager l'installation d'une hypoxie saisonnière permanente dans l'estuaire fluvial dans les prochaines décennies. L'évaluation et la gestion de ce risque sur un si vaste système fluvio-estuarien est complexe, en raison des pressions multiples (température, débit, turbidité, rejets urbains) agissant sur une large gamme d'échelles spatiales et temporelles. Dans un tel contexte, nous illustrerons l'intérêt du réseau MAGEST de surveillance de la qualité des eaux, qui enregistre en continu depuis 2004 la température, la salinité, la turbidité et l'oxygène dissous des eaux girondines. Ce réseau est financé et géré par un consortium qui réunit un laboratoire de recherche et des autorités publiques locales. A travers des résultats à des différentes échelles de temps (marée; saison), nous démontrerons l'intérêt d'une telle base de données pour mieux comprendre les facteurs qui contrôlent l'oxygénation des eaux. Cette surveillance en temps réel est également utilisée pour le développement d'outils de gestion de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde.

ABSTRACT

The Gironde estuary (S-W France), formed by the confluence of the Garonne and Dordogne Rivers, is one of the largest European macrotidal estuaries. In the tidal Garonne, episodes of borderline dissolved oxygen concentrations have been occasionally recorded close to Bordeaux. Long-term environmental changes (increase in temperature and population, decrease in river discharge) suggest the establishment of a permanent seasonal hypoxia in the fluvial estuary in the next decades. Assessing and managing the risk of hypoxia on such a large, hyper-turbid fluvio-estuarine system is complex, due to the different pressures (temperature, river discharge, turbidity, urban wastes) acting over a wide range of temporal and spatial scales. In this context, we show the interest of a real-time monitoring of the water quality, the MAGEST network, which continuously records since 2004 temperature, salinity, turbidity and dissolved oxygen (DO) in the Gironde waters. This network is funded and managed by a consortium that brings together a research laboratory and local public authorities. Through examples of results from intratidal to seasonal time scales, we demonstrate how this database is used to better understand the factors controlling DO concentrations and saturations. This real-time monitoring is also of great interest for the development of manager's oriented-tools and the follow-up of DO objectives in the fluvial Gironde estuary.

MOTS CLES

Gironde estuary, dissolved oxygen, hypoxia, monitoring, management.

1 INTRODUCTION

Le système fluvio-estuarien de la Gironde (France), formé par la confluence de la Garonne et de la Dordogne, est l'un des plus grands estuaires européens en termes de superficie (625 km²) (Fig. 1). Cet estuaire est caractérisé par une zone de turbidité maximale (ZTM, appelée aussi *bouchon vaseux*) avec des concentrations de particules en suspension dans les eaux de surface supérieures à 1 g L⁻¹, qui ont un effet direct localement (envasement, limitation de la production primaire, consommation d'oxygène). L'oxygène dissous (DO), indispensable à la vie aquatique, est un indicateur critique de la qualité des eaux. Des épisodes d'hypoxie ont déjà été enregistrés dans la Garonne tidale, près de la métropole bordelaise (715 000 habitants), lors d'étiages secs et chauds (Lanoux et al, 2013). Dans le contexte des changements à long terme de l'environnement (augmentation de la température et de la population, diminution du débit de la rivière), la mise en place d'une hypoxie saisonnière permanente dans l'estuaire fluvial est attendue dans les prochaines décennies, ce qui pourrait être problématique pour la dévalaison des juvéniles de poissons migrateurs. L'évaluation et la gestion de risque d'hypoxie sur un si grand estuaire est complexe, en raison des différentes pressions (température, débits fluviaux, turbidité, rejets urbains) agissant sur une large gamme d'échelles spatiales et temporelles. Après une brève description du réseau MAGEST, qui enregistre en continu depuis 2004 la qualité physico-chimique des eaux de l'estuaire de la Gironde, nous illustrerons l'intérêt d'une telle surveillance en temps réel pour mieux comprendre les facteurs qui contrôlent l'oxygénation des eaux et pour le développement d'outils de gestion.

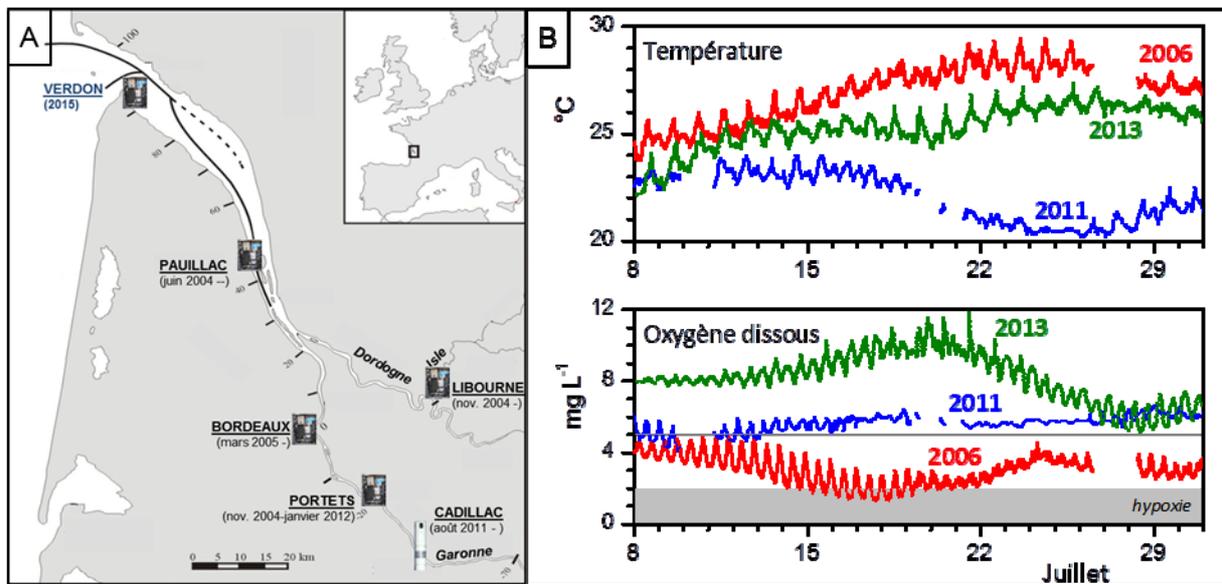


Figure 1 : A : Estuaire de la Gironde et localisation des sites instrumentés. B : Comparaison de la température et de la concentration en oxygène dissous (DO) dans les eaux bordelaises du 8 au 31 juillet 2006, 2011 et 2013. La ligne souligne le seuil de 5 mg L⁻¹, la zone grisée le domaine de concentrations en DO qui correspond à l'hypoxie.

2 MATERIEL ET METHODES

Le réseau MAGEST comprend 4 stations automatisées de mesure de la qualité physico-chimique des eaux installées dans l'estuaire central (Pauillac) et fluvial (Garonne : Bordeaux, Portets (2005-2011) ; Dordogne : Libourne) (Fig. 1A). Ces stations, placées sur des pontons flottants, mesurent toutes les 10 mn la température, la salinité, la turbidité et l'oxygène dissous des eaux prélevées à 1 mètre de profondeur (Etcheber et al, 2011). Depuis 2013, des capteurs autonomes de turbidité et d'oxygène dissous sont placés en étiage à Cadillac, en amont de Bordeaux. Ce réseau est financé 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); CUB (Communauté Urbaine de Bordeaux); Conseil Régional Aquitaine; CG-33 (Conseil Général de Gironde); CNRS; Université de Bordeaux. Le laboratoire EPOC gère le réseau : maintenance, calibration des capteurs, validation des données.

3 INTERET D'UN SUIVI CONTINU DE L'OXYGENATION DES EAUX

3.1 Analyse de l'évolution saisonnière de l'oxygène dissous

Les moyennes journalières d'oxygène dissous sont les plus élevées en hiver, entre 8 et 12.5 mg.L⁻¹, quand les températures basses de l'eau favorisent la solubilité de l'oxygène, et les plus faibles en été, entre 1.8 et 10 mg L⁻¹, quand les eaux sont chaudes (20 – 28.5°C). Il y a une forte variabilité interannuelle des concentrations estivales, notamment à Bordeaux où la valeur instantanée mesurée la plus faible est de 1,22 mg L⁻¹ le 17 juillet 2006 (Figure 1B). L'analyse de la base de données a permis de hiérarchiser les paramètres qui contrôlent l'oxygénation des eaux, dans l'ordre: la température des eaux, directement liée à la météorologie régionale; la charge en matière en suspension, liée aux débits de la Garonne; le débit, qui dépend de la météorologie régionale et des usages dans le bassin versant, et les rejets urbains. Cette connaissance a permis d'émettre des recommandations sur les conditions de rejets d'effluents des stations d'épurations de la Métropole Bordeaux.

3.2 Suivi du respect des objectifs du SAGE de l'estuaire de la Gironde

Adopté en 2013, le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD) décrit les objectifs du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) *Estuaire de la Gironde et milieux associés* et les conditions de leur réalisation. Le PAGD a un objectif ambitieux d'un seuil minimal de 5 mg.L⁻¹ d'oxygène dissous dans les eaux pour apporter une amélioration significative des conditions pour l'écosystème de l'aval des fleuves Garonne et Dordogne et pour les migrations amphihalines (SMIDDEST, 2013). Le réseau MAGEST porte le suivi et l'analyse du respect de cet objectif. Le tableau 1 compare le nombre de jours où la concentration (moyenne journalière) en O₂ dissous à l'aval des fleuves a été inférieure aux seuils de 5 mg L⁻¹ de 2012 à 2014. Le bilan de l'année 2012 à Bordeaux est particulièrement mauvais au regard de ce critère, et s'explique par un étiage marqué de la Garonne et un épisode caniculaire en août.

Oxygène dissous à l'aval des fleuves	Objectifs SAGE : Nbre de jours max.	2012	2013	2014
à teneur en O ₂ dissous < 5 mg L ⁻¹	Bordeaux	9	46 jours *	7 jours *
	Libourne	4	0	0

Tableau 1: Oxygène dissous et suivi des objectifs du SAGE : bilan des années 2012, 2013 et 2014. *: ce nombre de jours total correspond au cumul de plusieurs périodes de jours consécutifs inférieurs au seuil.

4 CONCLUSION

Le réseau MAGEST de mesures continues de paramètres physico-chimiques est un outil de compréhension de l'oxygénation des eaux et du risque d'hypoxie, dans un contexte de changements environnementaux, et d'aide à la définition et au contrôle des politiques de gestion de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde. L'originalité de ce réseau est la forte interaction entre recherche et gestion opérationnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Etcheber, H., Schmidt S., et al. (2011). Monitoring water quality in estuarine environments: lessons from the MAGEST monitoring program in the Gironde fluvial-estuarine system. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 831-840.
- Lanoux, A., Etcheber, H., Schmidt, S., Sottolichio, A., Chabaud, G., Richard, M. and Abril, G. (2013). Factors contributing to hypoxia in a highly turbid, macrotidal estuary (the Gironde, France). *Environ. Sci.: Processes Impacts*, 15, 585–595.
- Smiddest (2013). SAGE Estuaire. Schéma d'aménagement et de gestion des eaux "Estuaire de la Gironde et de Gestion Durable – PAGD Règlement, p. 144.