



MAGEST: Rapport scientifique sur les données 2022

Sabine Schmidt

► To cite this version:

| Sabine Schmidt. MAGEST: Rapport scientifique sur les données 2022. CNRS. 2023. <hal-04673168>

HAL Id: hal-04673168

<https://hal.science/hal-04673168v1>

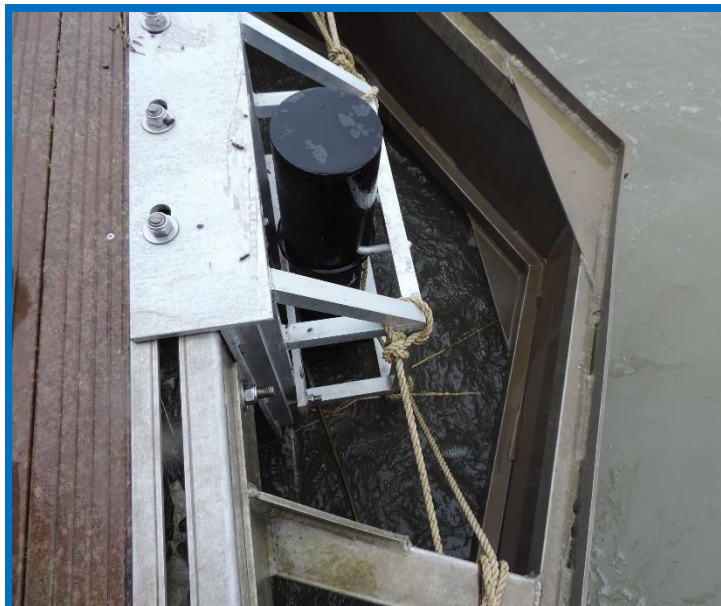
Submitted on 19 Aug 2024

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License



**Réseau d'observation
automatisée
pour la surveillance de
la qualité des eaux des
estuaires de la Charente, de la
Gironde et de la Seudre**

MAGEST

Rapport scientifique sur les données 2022

Version 1 du 20 avril 2023



Sabine SCHMIDT
UMR5805 CNRS OASU EPOC
Université de Bordeaux

MAGEST.Gironde@gmail.com

PREAMBULE

L'objectif de ce rapport scientifique est de présenter l'évolution saisonnière de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde, qualifiée par la température, la salinité, la charge en matière en suspension et l'oxygénation, pour l'année 2022. Il s'appuie sur les données acquises par le réseau MAGEST et les données de débits de la Charente, de la Garonne, de la Dordogne et de l'Isle (Source : @HydroPortail, www.hydro.eaufrance.fr). Ce rapport comprend des figures originales et variées dont le but est d'illustrer des résultats marquants. Il est donc important que toute utilisation de ce rapport (texte, figures) respecte les règles suivantes :

- attribution : la citation de la source, à savoir :
Schmidt Sabine (2023). Rapport scientifique MAGEST sur les données 2022. p. 30.
- pas d'utilisation commerciale,



ATTRIBUTION / PAS D'UTILISATION
COMMERCIALE / PAS DE
MODIFICATION



- pas de modification des figures.

Si vous souhaitez une des figures de ce rapport, merci d'en faire la demande à l'adresse MAGEST.Gironde@gmail.com

REMERCIEMENTS

Merci à toutes celles et tous ceux qui ont apporté leur aide pour le fonctionnement du réseau en 2022, plus particulièrement :

- Les collègues d'EPOC et de l'OASU qui participent aux interventions sur le terrain : Iris I. Diallo (Education Nationale), Stéphane Bujan (service terrain, EPOC), Olivier Ther (équipe Paléo, EPOC) et Ludovic Devaux (équipe Paléo, EPOC), Doris Diallo (ADERA-EPOC).
- Fabrice Mendes (OASU) et le CDS-IS OASU ODATIS / CEDONA pour le développement de la base de données et sa maintenance ;
- La société Aquitaine Ascension ;
- Monsieur Gorichon du port de Pauillac;
- Les capitaineries du port de Libourne, du port industriel du Verdon et du port pétrolier d'Ambès ;
- Les Mairies de Tonnay-Charente, Libourne, Portets et de Branne;
- La communauté de communes Convergence Garonne ;
- La Communauté d'agglomération du Libournais (CALI), et M. Christophe Montet du port de Libourne ;
- M Philippe Vignac, Président de l'AAPPED de la Gironde, qui héberge une sonde sur son ponton depuis septembre 2018;
- Mr Mickael Vallée, pêcheur professionnel de l'estuaire de la Loire, affrété pour réaliser les longitudinales en Charente et Seudre ; Energie de la Lune et Marc Lafosse pour la longitudinale en Garonne aval ;
- Mme Valérie Moreau de l'ADERA.

SOMMAIRE

RESUME.....	3
ABSTRACT.....	3
1. RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS DU RESEAU MAGEST.....	4
2. LES DONNEES ACQUISES EN 2022.....	4
3. LES CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET METEOROLOGIQUES EN 2022	5
4. LES PARAMETRES SUIVIS PAR MAGEST EN 2022	8
4.1. La température en 2022	8
4.2. La salinité en 2022	10
4.3. Le bouchon vaseux en 2022	13
4.4. L'oxygène dissous en 2022.....	16
5. SUIVI DE LA DISPOSITION OXYGENE DU SAGE ESTUAIRE DE LA GIRONDE	18
5.1. Rappel de la disposition Oxygène	18
5.2. Bilan 2022 de la disposition oxygène dans les estuaires nord-aquitains	18
5.2. Classification horaire de la qualité des eaux à l'aval des fleuves.....	19
6. EVOLUTION SPATIALE DE LA QUALITE DES EAUX	21
6.1 Longitudinale dans l'estuaire de la Seudre.....	21
6.3 Longitudinale dans l'estuaire de la Charente	22
6.3 Longitudinale dans la Garonne aval.....	23
7. DYNAMIQUE DES LARVES DE POISSONS DANS LES ESTUAIRES TEMPERES	24
8. ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER, DRAGAGES ET MORPHOLOGIE ESTUARIENNE.....	25
9. TENDANCE DE DECONTAMINATION DU CADMIUM DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	26
10. CRUE EXCEPTIONNELLE ET HYPOXIE DANS L'ESTUAIRE DE LA LOIRE.....	26
ANNEXE 1 : L'OXYGENE DISSOUS ET GRILLE DE QUALITE	28

RESUME

Le rapport scientifique sur les données acquises en 2022 par le réseau MAGEST présente l'ensemble des données, avec la production de nombreuses figures pour illustrer la variabilité spatio-temporelle des paramètres suivis (température, salinité, turbidité / charges en matières en suspension, oxygène dissous, et pH à certaines stations). Le bilan de la disposition oxygène du SAGE Estuaire de la Gironde est aussi détaillé et comparé à ceux des années antérieures. Le suivi de la qualité physico-chimiques des eaux des estuaires de la Charente, de la Seudre et de la Gironde, au moyen des sondes multi-paramètres du réseau MAGEST, montre que :

- l'année 2022 a été hors normes, exceptionnellement chaude et peu arrosée. Cela s'est traduit par des températures estivales des eaux estuariennes parmi les plus élevées depuis le début des mesures du réseau MAGEST, comprises, en moyennes journalières, entre 26.0°C à Tonnay-Charente et 28.7°C à Cadillac. Les débits déficitaires ont favorisé une intrusion saline remarquable à l'aval des fleuves avec des maximums mesurés de salinité de 2.04 à Libourne (Dordogne aval), 4.98 à Bordeaux (Garonne aval) et de 14.92 à Tonnay-Charente (Charente aval). Le bouchon vaseux a été observé à l'ensemble des stations aval (hors L'Eguille sur la Seudre), avec une présence presque permanente en 2022 d'eaux très turbides à Bordeaux et à Tonnay-Charente.

- ces conditions étaient défavorables à une bonne oxygénation des eaux à l'aval de la Charente et de la Garonne. Les objectifs de la disposition oxygène du SAGE *Estuaire de la Gironde et milieux associés* n'ont pas été atteints à Bordeaux avec un total de 85 jours sous le seuil objectif de 5 mg L⁻¹ (0 jours < 3 mg L⁻¹) et de longues périodes continues sous ce seuil (15 et 69 jours consécutifs). A Libourne, avec un étiage très peu marqué, les objectifs ont été atteints. A titre de comparaison, il y a eu 122 jours sous le seuil objectif de 5 mg L⁻¹ (dont 40 jours < 3 mg L⁻¹) à Tonnay-Charente.

Enfin, quatre articles d'intérêt général parus récemment sont présentés.

ABSTRACT

The scientific report on data acquired by the MAGEST network in 2021 presents all the data, with the production of many figures to illustrate the spatio-temporal variability of the monitored parameters (temperature, salinity, turbidity/suspended particulate load, dissolved oxygen (DO)). The assessment of the oxygen disposition of the SAGE Estuary of Gironde is also detailed and compared to the previous years. The time series of physical-chemical surface water quality from the mouth of the Gironde River to the tidal Isle, Dordogne and Garonne, recorded by MAGEST stations, show that in 2022:

- The year 2022 was beyond the norm, exceptionally warm and poorly watered. This resulted in summer temperatures of estuarine waters among the highest recorded by the MAGEST network, with daily averages ranging from 26.0°C at Tonnay-Charente to 28.7°C at Cadillac. The low fluvial discharge induced a remarkable saline intrusion upstream with maximum measured salinity of 2.04 at Libourne (Dordogne), 4.98 at Bordeaux (Garonne) and 14.92 at Tonnay-Charente (Charente). The turbidity maximum zone was observed at all the upstream stations (except L'Eguille on the Seudre), with an almost continuous presence in 2022 of very turbid water at Bordeaux and Tonnay-Charente

- these conditions were not suitable for good oxygenation of the Charente and Garonne tidal rivers. The objectives of the oxygen disposition were not reached at Bordeaux with a total of 85 days below the objective threshold of 5 mg L⁻¹ (0 days < 3 mg L⁻¹) and long continuous periods below this threshold (15 and 69 consecutive days). At Libourne, the objectives were respected. In comparison, there were 122 days below the objective threshold of 5 mg L⁻¹ (including 40 days below 3 mg L⁻¹) at Tonnay-Charente.

Finally, four recent scientific articles of broad interest are briefly presented.

RESEAU D'OBSERVATION AUTOMATISEE POUR LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DES EAUX DES ESTUAIRES DE LA CHARENTE, DE LA GIRONDE ET DE LA SEUDRE

RAPPORT SCIENTIFIQUE 2022

1. RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBJECTIFS DU RESEAU MAGEST

Le premier objectif du réseau MAGEST¹ est de documenter les bases de données qui permettent la description à haute résolution temporelle :

- des processus hydrodynamiques et sédimentaires (turbidité ; dynamique du bouchon vaseux) ;
- des conditions physico-chimiques (température, salinité, oxygène dissous) qui déterminent l'oxydation de la matière organique, le taux d'oxygénation des eaux, ou la solubilisation des métaux, dont le Cadmium (Cd) ;
- des conditions environnementales qui contrôlent la dynamique des chaînes primaires et des populations biologiques (survie, croissance et migrations) dans les estuaires nord-aquitains.

Ce réseau contribue également à surveiller des épisodes critiques (événements climatiques exceptionnels, crues, orages ; vagues de chaleur ; pollution accidentelle ; accident hydraulique ; désoxygénation estivales), les pollutions chroniques (rejets urbains) ou encore l'impact régional du changement climatique² (intrusion marine, modifications des débits ; température).

Enfin, grâce à l'ensemble des informations acquises, le réseau MAGEST doit être pour les partenaires un outil d'aide à la définition et au contrôle des politiques de gestions des estuaires de la Charente, de la Seudre et de la Gironde et de leurs bassins versants. Le réseau MAGEST porte notamment le suivi et l'analyse du respect des objectifs du Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD³) du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) de l'*Estuaire de la Gironde et milieux associés* sur la concentration en oxygène dissous de l'aval des fleuves Garonne et Dordogne.

2. LES DONNEES ACQUISES EN 2022

En 2022, le réseau MAGEST comprenait **dix (10) sites de mesures automatisées de la qualité des eaux**, équipés de sondes multi-paramètres (SAMBAT ou WIMO, NKE Instrumentation) qui mesurent toutes les 10 à 20 minutes la température, la salinité, la charge en matière en suspension⁴ et l'oxygénation des eaux de surface (Figure 1):

- dans la Charente aval :
 - à **Tonnay-Charente**, du 1 janvier au 31 décembre 2022 (le pH est mesuré à ce site) ;
- dans la Seudre aval :
 - à **L'Eguille**, du 1 janvier au 31 décembre 2021, (le pH est mesuré à ce site, *seule station où la mesure est acquise dans l'eau de fond*)
- à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde, au **Verdon** : du 6 janvier au 31 décembre 2022; avec une interruption du 31 mars au 5 mai en raison de problème de sonde ;
- dans l'estuaire central de la Gironde, à **Pauillac** : du 1 janvier au 31 décembre 2022, avec deux interruptions techniques du 25 février au 5 mars et du 19 avril au 5 mai ;

¹ Les partenaires du consortium MAGEST sont : l'Agence de l'Eau Adour Garonne (AEAG), Bordeaux Métropole, le CNRS, le Conseil Régional de la Nouvelle-Aquitaine, les départements de la Gironde et de la Charente-Maritime, EDF - CNPE BLAYAIS, l'EPTB Charente, l'EPTB de la Dordogne (EPIDOR), le Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB), INRAE, le Syndicat Mixte d'Etude et d'Aménagement de la Garonne (SMEAG), le Syndicat Mixte pour le Développement Durable de l'Estuaire (SMIDDEST), l'Université de Bordeaux, et ADERA SAS.

² <https://www.smiddest.fr/indicateurs-des-changements-globaux.html>

³ Pour plus d'information : <http://www.smiddest.fr/les-grands-enjeux-et-objectifs-du-sage.html>

⁴ la charge en matières en suspension est mesurée par la mesure optique de la turbidité de l'eau

- dans la Dordogne aval :
 - à **Libourne** : du 1 janvier au 31 décembre 2022,
 - à **Branne** : du 1 janvier au 31 décembre 2022;
- dans l'Isle aval :
 - à **Saint-Denis-de-Pile**, du 25 janvier au 31 décembre 2022,
- dans la Garonne aval :
 - à **Ambès** : du 20 octobre au 21 décembre 2022
 - à **Bordeaux**, du 1 janvier au 31 décembre 2022,
 - le site de **Portets** n'a pas été instrumenté en 2022 par défaut d'accès à un ponton ;
 - à **Cadillac** du 1 au 27 janvier et du 11 mai au 20 novembre 2022

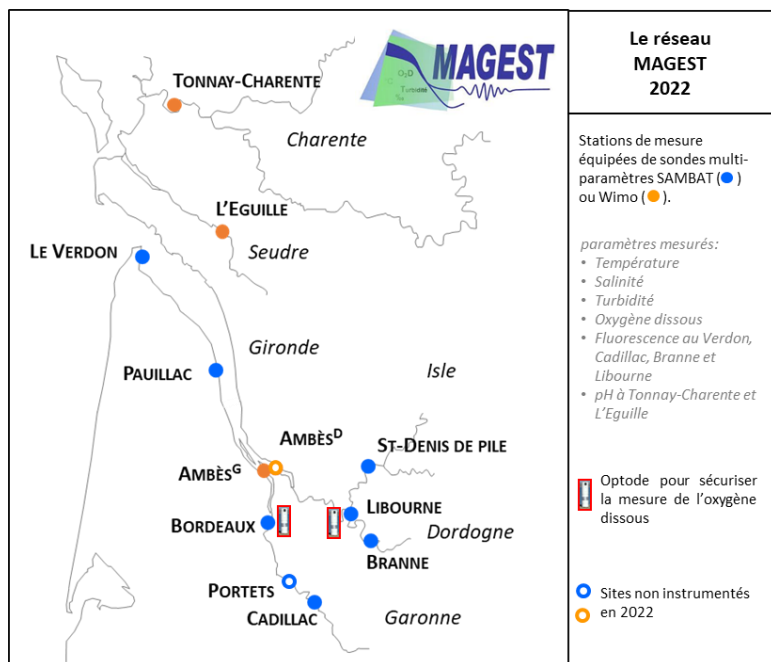


Figure 1 : Carte des estuaires nord-aquitains avec indication des sites instrumentés. Les coordonnées GPS des sites sont détaillées sur la carte au lien : magest.oasu.u-bordeaux.fr

Les sites les plus amont de la Dordogne et de Garonne aval (Portets, Cadillac, Branne, Saint-Denis de Pile) sont instrumentés de base pendant l'étiage (juin-octobre), le maintien des mesures en hors de cette période dépend des conditions hydrologiques, de l'accessibilité des pontons et de l'état de la sonde.

Il est à noter que les sites d'Ambès-Dordogne et d'Ambès-Garonne ont été instrumentés en 2021, mais des problèmes techniques avaient nécessité la dépose des équipements ; seul le site Ambès-Garonne a pu être remis en service en 2022.

3. LES CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET METEOROLOGIQUES EN 2022

Les débits fluviaux sont un des facteurs déterminants de la variabilité spatio-temporelle de la salinité, du positionnement et de la concentration du bouchon vaseux et de l'oxygénation des eaux.

En 2022, les débits moyens annuels (source : <https://www.hydro.eaufrance.fr/>) à l'aval des fleuves étaient de :

Charente :	39.1 m ³ .s ⁻¹	min 8.5	max 182.5	
Isle :	36.7 m ³ .s ⁻¹	min 4.4	max 236.0	module = 62.1 ;
Dordogne :	155.2 m ³ .s ⁻¹	min 28.4	max 1870	module = 269 ;
Garonne :	352.6 m ³ .s ⁻¹	min 60.5	max 755	module = 609 ;

Alors qu'en 2021, les bilans annuels étaient très contrastés selon les bassins versants, inférieur au module pour la Garonne par exemple, mais légèrement supérieur pour la Dordogne et l'Isle, en 2022 les débits moyens annuels à l'aval des fleuves sont systématiquement inférieurs aux modules (Figure 2; Tableau 1).

A titre d'illustration, pour le bassin de la Garonne, l'année 2022 se distingue par un étiage sévère qui a nécessité un soutien d'étiage précoce et long (sur 4 mois d'affilée) (Source : SMEAG). Pour le bassin de la Charente, l'étiage 2022 a été particulièrement long et sec malgré des précipitations abondantes enregistrées durant la deuxième quinzaine du mois de juin, et s'est prolongé jusqu'en novembre (Source : EPTB Charente, 2022⁵). Le bilan de l'étiage de la Dordogne est disponible au lien https://www.eptb-dordogne.fr/public/content_files/64427cac75f15.pdf

⁵ <https://www.fleuve-charente.net/actualites/bilan-de-letiage-2021-et-situation-debut-2022.html>

	GARONNE (TONNEINS)			DORDOGNE (LAMONZIE ST MARTIN)		
DEBITS DE REFERENCE ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$) :						
MODULE		609			269	
DOE		110			33	
CRUE BIENNALE		3 400			1 300	
	2011	2013	2022	2011	2013	2022
MOYENNE ANNUELLE	311.3	747.6	352.6	118.7	282.1	155.2
MOYENNE 1 ^{ER} JUILLET- 15 SEPTEMBRE	154.8	262.5	85.1	43.3	69.8	46.3
NB DE JOURS $Q \geq$ CRUE BIENNALE	0	2	2	0	0	0
NB DE JOURS $Q \geq$ MODULE	26	182	57	28	169	68
NB DE JOURS $Q \leq$ DOE	49	0	129	0	0	30
DEBIT MOYEN JOURNALIER MAX (QMJ MAX)	2000	3950	4630	934	987	755
DEBIT MOYEN JOURNALIER MIN (QMJ MIN)	85.3	112	60.5	33.1	41.0	28.4

Tableau 1: Résumé des données hydrologiques de la Garonne et de la Dordogne pour les années 2011, 2013 et 2022. 2011 et 2013 sont les années les plus sèches et humides de la période 2005-2021. (Source des données de débits : Hydroportail)

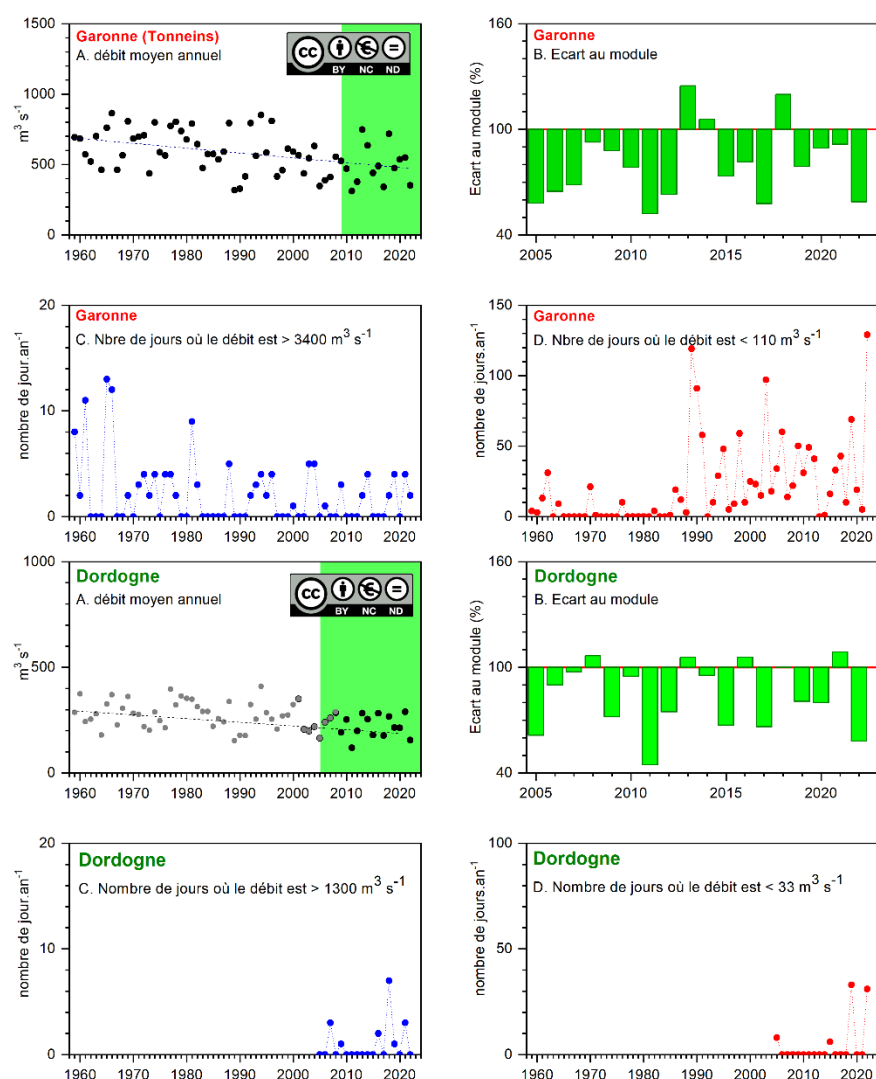


Figure 2: Evolution du débit moyen annuel de la Garonne (haut) et de la Dordogne (bas) de 1959 à 2022:

A : débit moyen annuel (la zone verte souligne les années d'acquisition MAGEST);

B : écart des années MAGEST aux modules;

C : nombre de jours où le débit est supérieur au seuil de crue biennale (Garonne $> 3400 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$; Dordogne $> 1300 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$) ou D : inférieur au Débit d'Objectif d'Etiage (Garonne $< 110 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$; Dordogne $< 33 \text{ m}^3 \text{s}^{-1}$).

2022 : une année hors normes, exceptionnellement chaude, ensoleillée et peu arrosée

Source Météo France, bilan du 12 janvier 2023

- année la plus chaude jamais enregistrée en France depuis le début du XX^{ème} siècle, avec une température annuelle moyennée sur le pays de 14.5 °C, soit + 1.6 °C de plus que la normale, au 1^{er} rang des années les plus chaudes depuis le début des mesures en 1900 ;
- des épisodes de chaleur et de douceur remarquables, notamment un épisode de chaleur très précoce en mai, trois vagues de chaleur durant l'été et un épisode de chaleur tardif exceptionnel du 15 au 31 octobre ;
- de rares épisodes de froid, mais une offensive hivernale tardive début avril et la première quinzaine de décembre marquée par le retour du froid ;
- une année peu arrosée, avec un déficit* pluviométrique moyen sur le pays proche de 25 %, au 2^{ème} rang des années les moins pluvieuses depuis 1959 quasi ex æquo avec 1989 qui reste au premier rang et loin devant 2005, déficitaire de près de 20 %. Seuls les mois de juin, septembre et novembre ont connu une pluviométrie excédentaire.

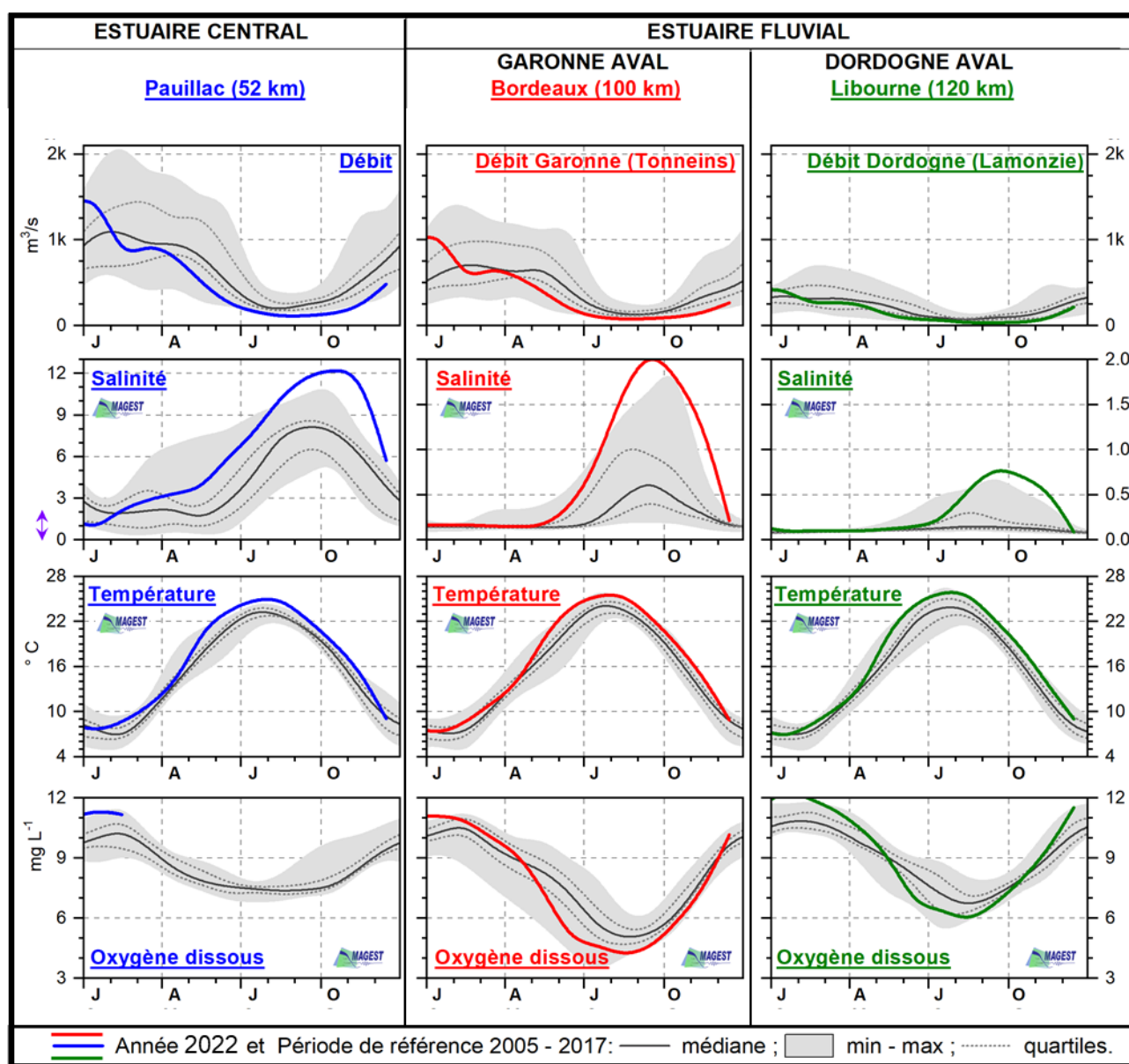


Figure 3 : Comparaison de l'année 2022 (moyennes mensuelles) avec l'évolution mensuelle (min, médiane, max, quartiles 25% et 75%) du débit (Garonne, Dordogne, Gironde), de la salinité, de la température et de l'oxygénation des eaux de surface pour la période 2005-2017 à Pauillac, Bordeaux, et Libourne. Attention au changement d'échelle pour la gamme de salinité : 0-13 pour Pauillac, et 0-2 pour les deux autres stations.

4. LES PARAMETRES SUIVIS PAR MAGEST EN 2022

Pour un aperçu de l'année 2022, les différents paramètres suivis par les stations MAGEST sont présentés en moyennes mensuelles (Figure 3, seulement les stations *historiques* Pauillac, Bordeaux et Libourne) et journalières (Figures 4 ; 7 et 16). Les figures 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 15 présentent les mesures continues de la température, de la salinité, de la turbidité et la présence du bouchon vaseux à l'aval des fleuves.

4.1. LA TEMPERATURE EN 2022

En 2022, les températures moyennes journalières des eaux de surface des estuaires nord-aquitains étaient comprises entre 4.7 et 28.7°C, avec un signal saisonnier bien marqué (Fig. 3 et 4). Les températures minimales étaient plus fraîches que celles reportées en 2020 (6.9°C). Par contre, elles ont atteint des niveaux élevés, comme lors des étés 2019 (jusqu'à 29°C lors des vagues de chaleur) et 2020 (jusqu'à 28.3°C). Ceci reflète évidemment le bilan climatique de l'année 2022. A la différence de l'année 2021 où il y avait un décalage du sommet de la courbe de température vers l'automne, les eaux les plus chaudes ont été observées pendant les mois de juillet et d'août 2022.

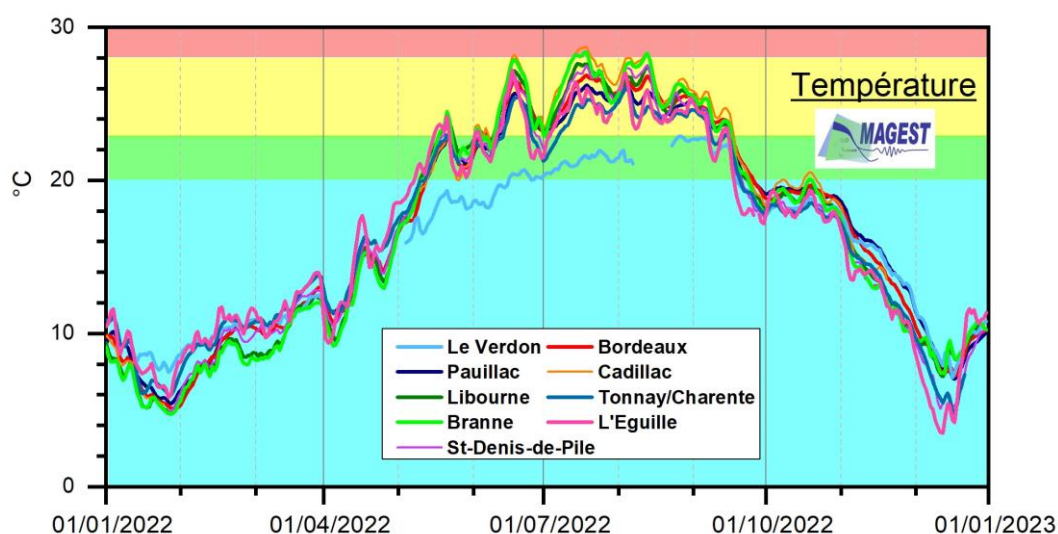


Figure 4 : Evolution de la température moyennes journalières aux stations MAGEST au cours de l'année 2022. Les discontinuités des courbes traduisent des périodes d'arrêt des mesures (pannes d'un capteur, maintenance de la sonde, absence de ponton). Les couleurs indiquent la qualité des eaux selon la grille de critère détaillée annexe 1.

Détail de l'amplitude de variation des températures moyennes journalières de l'eau de surface en 2022 par site (Figure 4) et rappel des valeurs maximales atteintes en 2020 et 2021

Charente	Tonnay-Charente	entre 4.8 et 26.0 °C	26.0°C en 2020	24.4°C en 2021
Isle	St-Denis de Pile*	entre 4.85 et 27.6 °C	27.3°C en 2020	25.9°C en 2021
Dordogne	Branne	entre 4.7 et 28.4 °C	28.3°C en 2020	24.3°C en 2021
	Libourne	entre 4.7 et 27.6 °C	27.1°C en 2020	24.6°C en 2021
Garonne	Bordeaux	entre 5.1 et 26.9 °C	26.5°C en 2020	25.3°C en 2021
	Cadillac	entre 5.4* et 28.7 °C	28.0°C en 2020	26.3°C en 2021
Seudre	L'Eguille*	entre 3.5 et 27.2 °C		26.1°C en 2021

* : à ce site, les mesures n'ont pas couvert toute l'année 2022, cette valeur est donnée à titre indicatif / ** mesures dans les eaux de fond

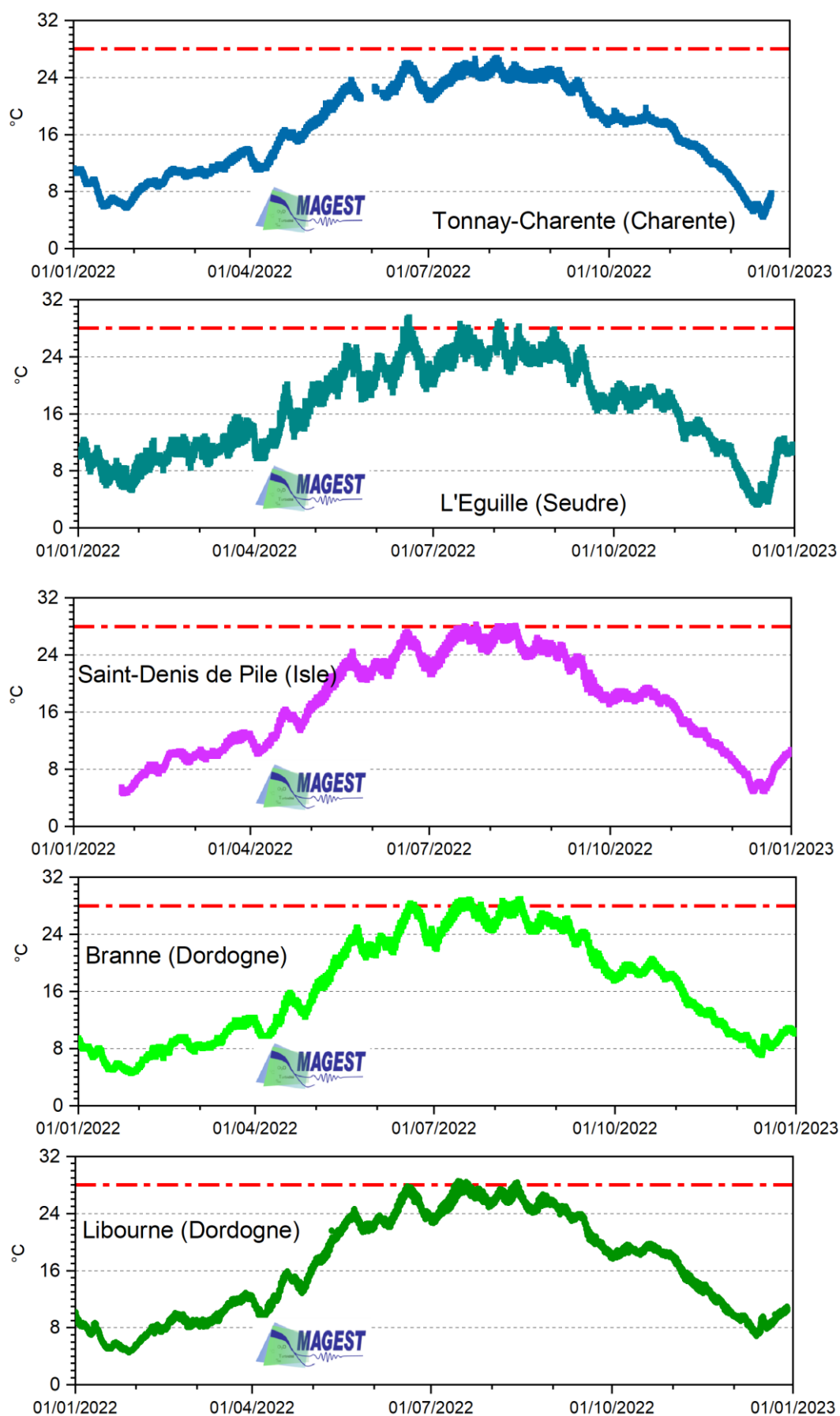


Figure 5 : Mesures continues de la température de l'eau de surface à Tonnay-Charente (Charente aval), à L'Eguille (Seudre aval), à Saint-Denis de Pile (Isle aval) et à Branne et Libourne (Dordogne aval) en 2022. Le tireté rouge indique le seuil de température défavorable ($> 28^{\circ}\text{C}$) pour les organismes aquatiques (annexe 1).

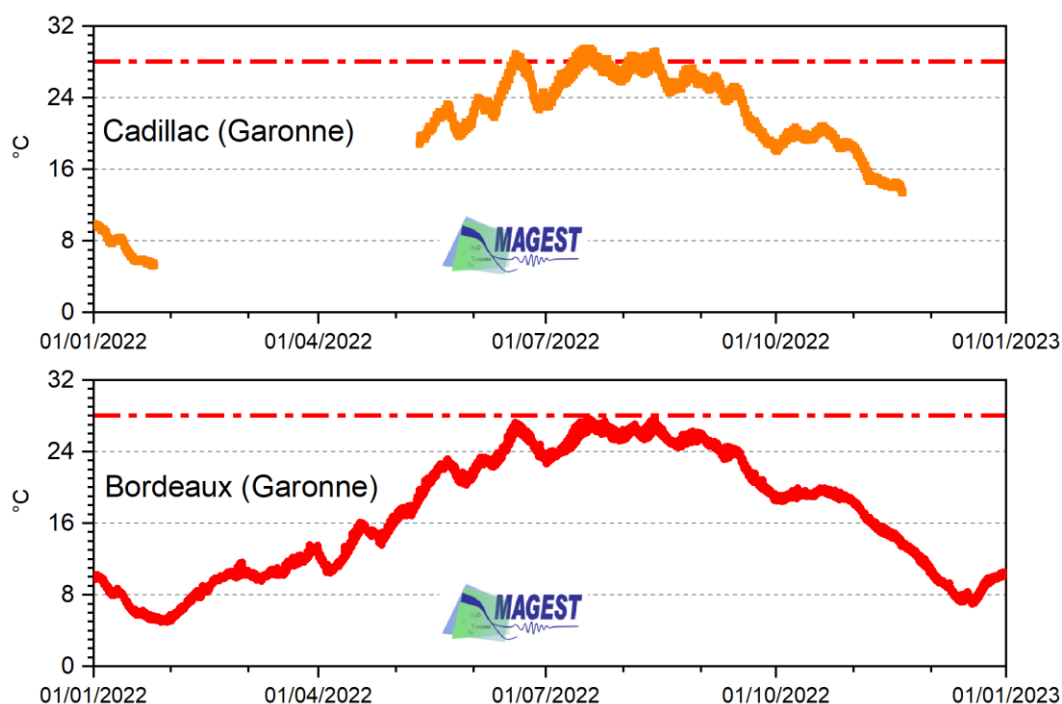


Figure 6 : Mesures continues de la température de l'eau de surface à Bordeaux et à Cadillac (Garonne aval) en 2022. Le tireté rouge indique le seuil de température défavorable ($> 28^{\circ}\text{C}$) pour les organismes aquatiques (annexe 1).

4.2. LA SALINITE EN 2022

La salinité est la concentration en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, etc.) dans l'eau. Bien qu'elle corresponde à la masse de sels contenue dans un litre d'eau (g/l), la salinité est sans unité. La salinité océanique des océans, d'environ 35, est assez constante. En revanche, elle est très variable dans les estuaires, ces interfaces naturelles où l'eau de mer entrante se mélange à l'eau douce venant du continent.

En 2022, la salinité moyenne journalière des eaux de surface à l'amont des estuaires nord-aquitains a été comprise entre 0.06 et 7.55, avec une persistance de valeurs élevées jusqu'en novembre (Fig. 3 et 7). Les valeurs maximales sont bien supérieures à celles observées en 2020 et 2021, en raison des débits déficitaires, favorisant une intrusion saline marquée.

Les fourchettes de salinité moyenne journalière de l'eau de surface en 2022 sont (Figure 7):

Charente	Tonnay-Charente	entre 0.3 et 7.55	5.15 en 2020	3.20 en 2021
Isle	St-Denis de Pile*	entre 0.13 et 0.22	0.22 en 2020	0.22 en 2021
Dordogne	Branne	entre 0.06 et 0.16	0.16 en 2020	0.12 en 2021
	Libourne	entre 0.07 et 1.08	0.52 en 2020	0.19 en 2021
Garonne	Bordeaux	entre 0.13 et 2.56	1.3 en 2020	0.6 en 2021
	Cadillac	entre 0.11 et 0.18	0.17 en 2020	0.19 en 2021
Seudre	L'Eguille**	entre 8.1 et 38.0		29.9 en 2021

* : à ce site, les mesures n'ont pas couvert toute l'année 2022, cette valeur est donnée à titre indicatif / ** mesures dans les eaux de fond

A l'aval de la Garonne, l'intrusion saline, définie par une salinité (moyenne journalière) supérieure à 0.5, a été observée 125 jours à Bordeaux en 2022 (pour rappel : 76 jours en 2019) (Figures 7 et 9). Toutefois, ce seuil de 0.5 n'a jamais été atteint en amont de Bordeaux : les salinités sont restées négligeables à Cadillac. De façon plus inhabituelle, une intrusion saline, moins marquée, a aussi été observée 58 jours à Libourne. Un peu en amont sur la Dordogne (Branne) et à l'aval de l'Isle (Saint-Denis de Pile), les eaux sont restées douces (Figures 7 et 10).

A l'aval de la Charente, les salinités mesurées à Tonnay-Charente ont une large amplitude de variations, jusqu'à 14.9 (Figure 8). La moyenne journalière maximale (7.55) est franchement supérieure à celles mesurées en 2020 et 2021. L'intrusion saline a été présente 169 jours, de mi-mai à fin décembre (Figure 7).

Dans l'estuaire de la Seudre, le plus marin des trois estuaires suivis par MAGEST, les moyennes journalières des eaux de fond à L'Eguille sont comprises entre 8 et 36 (Figure 8). C'est à ce site que sont observées les plus grandes amplitudes journalières de la salinité (29), passant d'eaux saumâtres à des eaux marines.

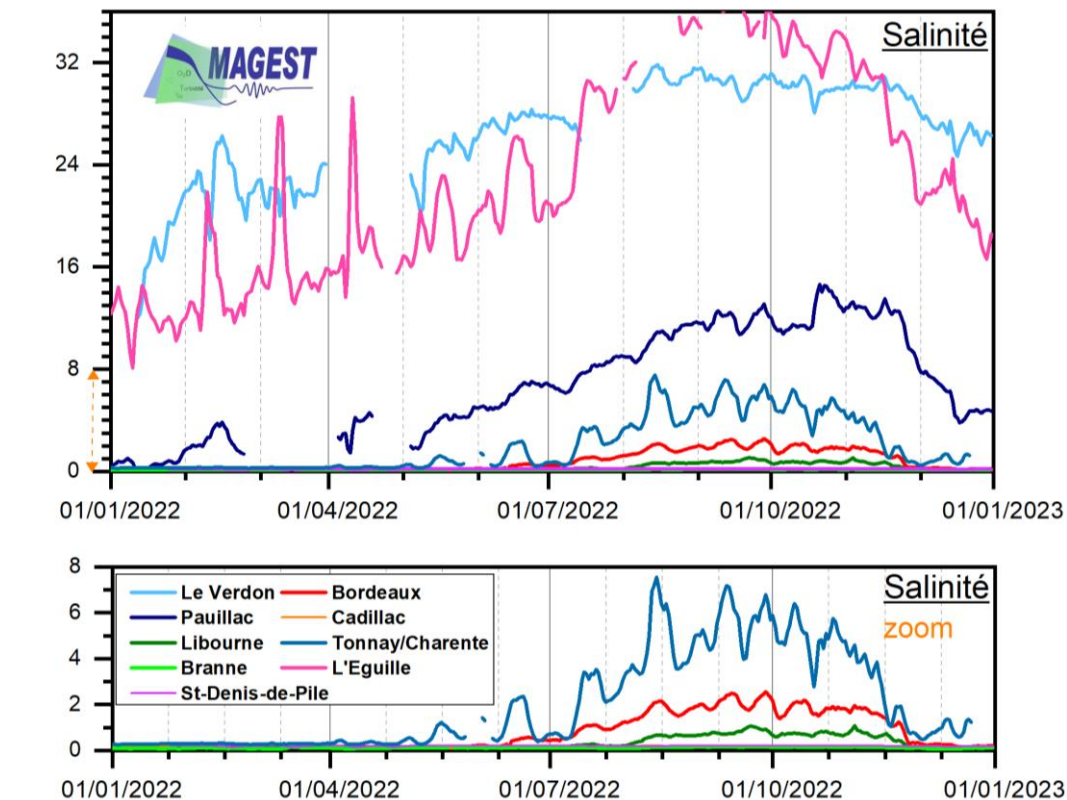


Figure 7 : Evolution de la salinité moyenne journalière, aux stations MAGEST au cours de l'année 2022. La figure du bas présente un zoom sur les salinités des stations de Bordeaux, Cadillac, Libourne, Branne et de Saint-Denis de Pile. (A L'Eguille eaux de fond).

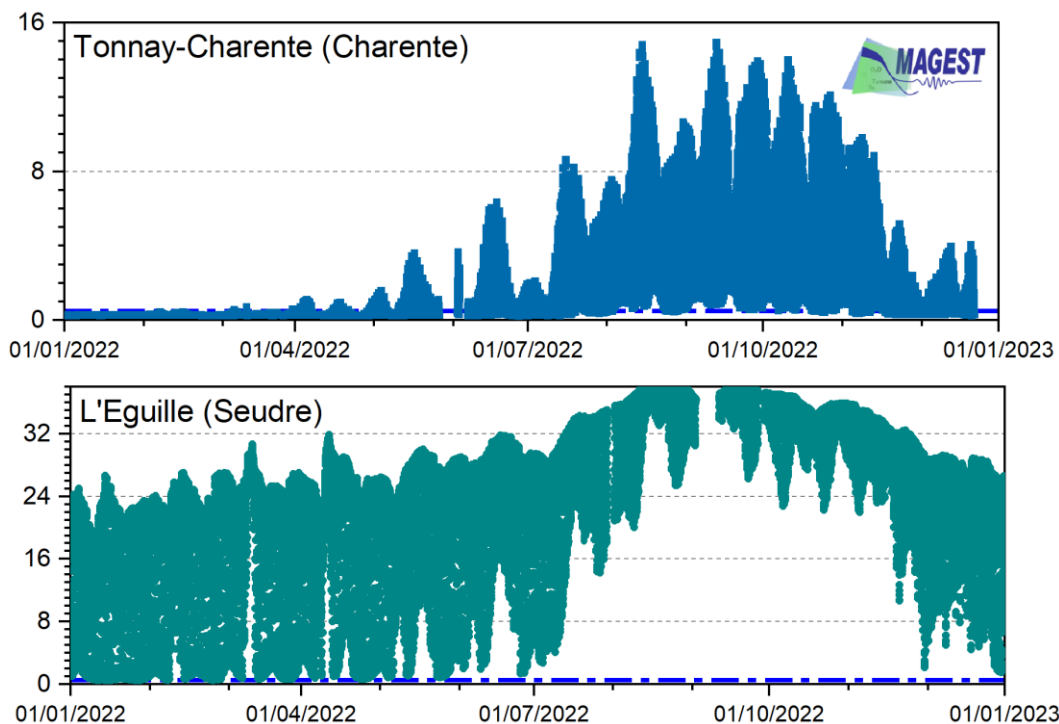


Figure 8 : Mesures continues de la salinité de l'eau à Tonnay-Charente (Charente) et à L'Eguille (Seudre). Le tireté bleu indique le seuil de l'intrusion saline. Attention L'Eguille est la seule station où les mesures sont effectuées dans les eaux de fond.

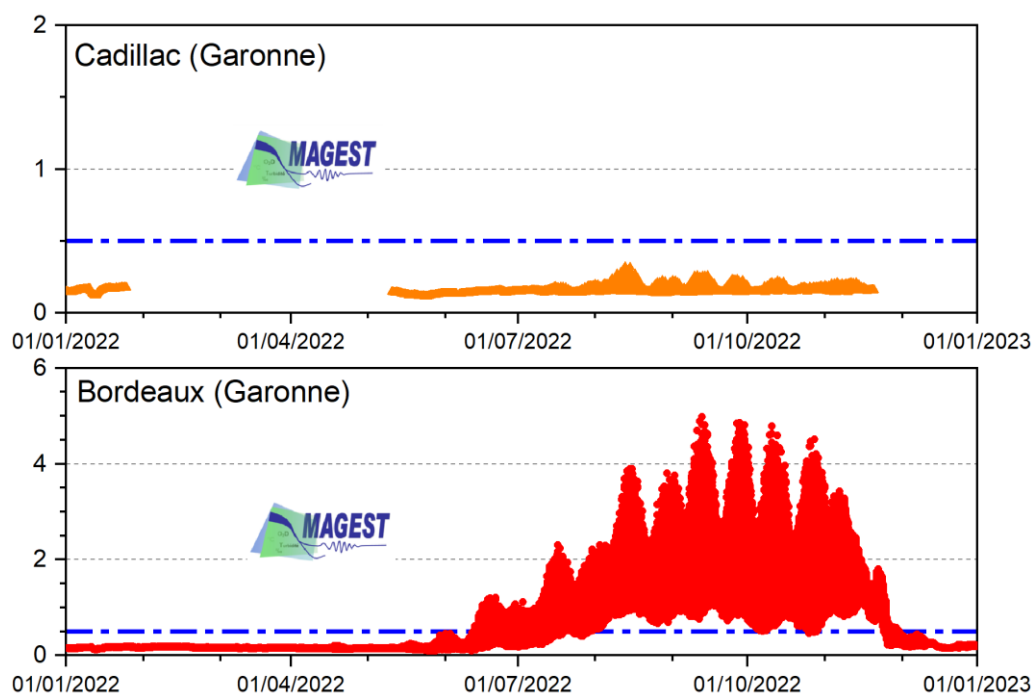


Figure 9 : Mesures continues de la salinité des eaux à Cadillac, Portets et Bordeaux (Garonne aval). Le tireté bleu indique le seuil de l'intrusion saline.

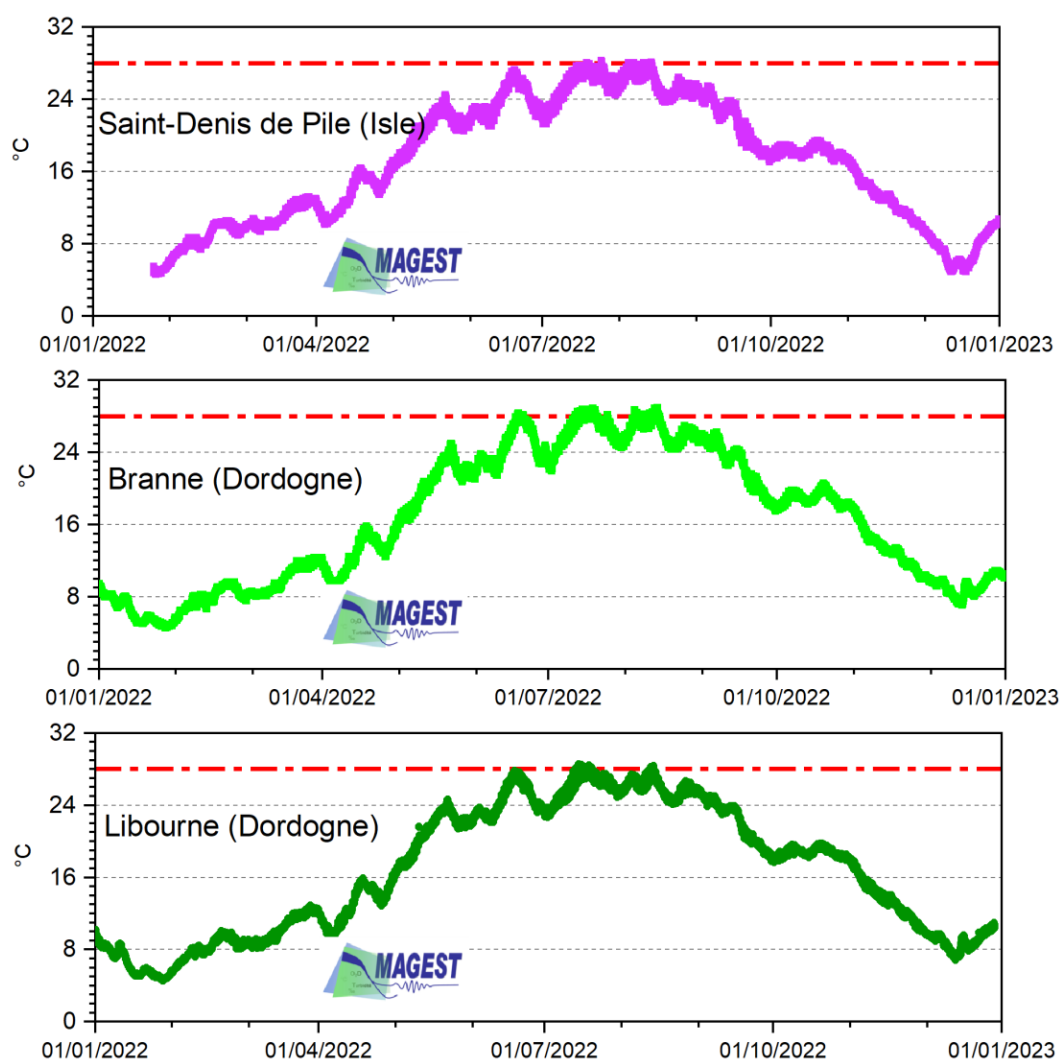


Figure 10 : Mesures continues de la température de l'eau de surface à Saint-Denis de Pile (Isle aval) et à Branne et Libourne (Dordogne aval). Le tireté bleu indique le seuil de l'intrusion saline.

4.3. LE BOUCHON VASEUX EN 2022

Le bouchon vaseux est une caractéristique des estuaires macrotidaux et résulte de la rencontre des eaux marines et fluviales. C'est une zone d'un estuaire où les sédiments fins en suspension sont bien plus concentrés, dite zone de "maximum de turbidité", qu'en amont ou en aval. Sa position, son extension et sa concentration évoluent au rythme des marées et du débit fluvial. Pour l'estuaire de la Gironde, il est défini par une concentration en matières en suspension supérieure (MES) à 1 g L^{-1} . Le réseau MAGEST permet de documenter en continu la présence du bouchon vaseux aux sites instrumentés. Dans la pratique, c'est une mesure optique de la turbidité, qui donne un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. La turbidité, exprimée en NTU peut être convertie en concentration de matière en suspension (MES) au moyen d'une relation turbidité / MES établie pour des particules collectées aux différents sites de MAGEST.

Charente aval. A Tonnay-Charente, il avait fallu attendre les derniers jours du mois de décembre 2021 pour observer des débits aptes à chasser le bouchon vaseux qui y était présent depuis près de 9 mois. En janvier 2022, les débits étaient encore suffisants à maintenir le bouchon vaseux à l'aval de Tonnay-Charente (Figure 11). Toutefois, la baisse rapide des débits en-dessous de $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ne semble pas avoir permis une expulsion complète de la masse turbide liée au bouchon vaseux. En effet, de février à avril, il y avait des fluctuations de la charge en matière en suspension avec des diminutions en phase avec les quelques pics de débit. Mais rapidement il y a eu une forte augmentation de la turbidité qui restera à des valeurs très élevées tout le reste de l'année. Le bouchon vaseux a ainsi été présent presque toute l'année 2022 à Tonnay-Charente.

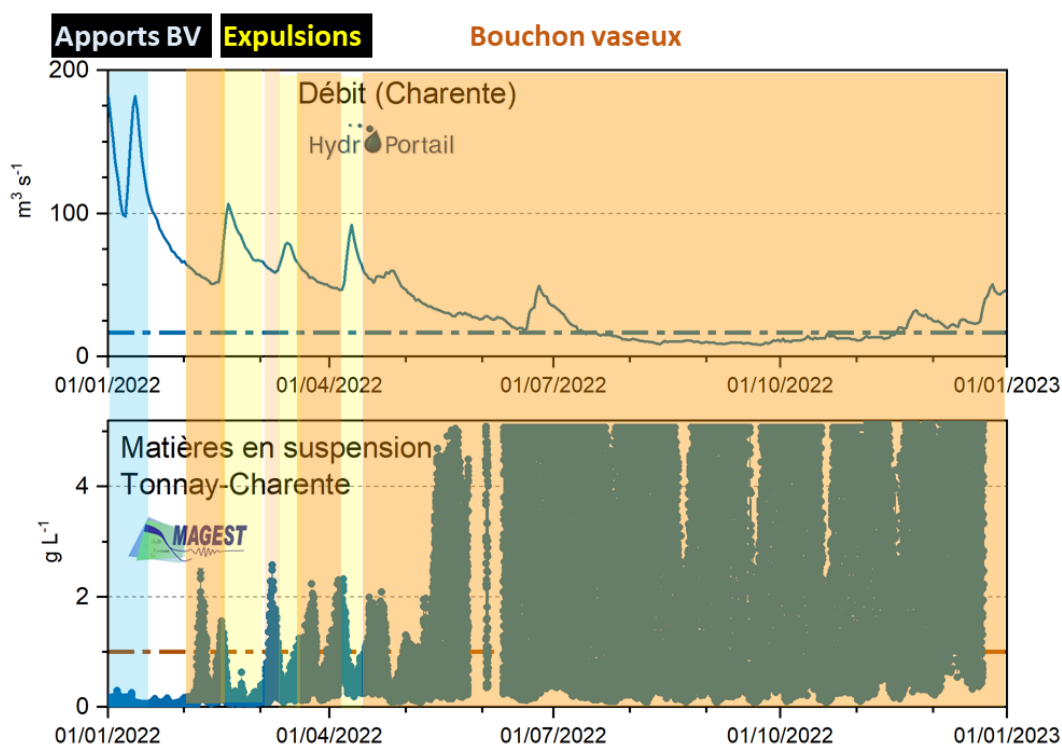


Figure 11 : Evolution de la charge en matière en suspension (moyennes journalières) de l'eau de surface à Tonnay-Charente et du débit de la Charente en 2021. Le tireté bleu indique le seuil correspondant au DOE ; le tireté orange indique le seuil correspondant à la définition girondine du bouchon vaseux. Les zones en couleur soulignent les rythmes du bouchon vaseux (installation, expulsion, présence) et les périodes de crues.

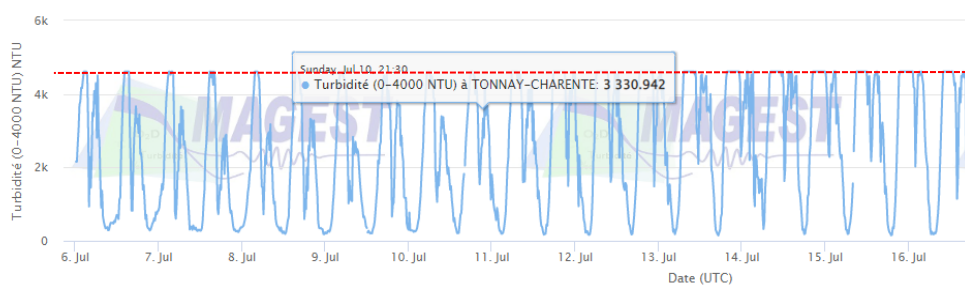


Figure 12 : Exemple d'enregistrement de la turbidité toutes les 15 minutes à Tonnay-Charente, où l'effet de saturation est visible.

Il est à noter que le capteur de turbidité des sondes Wimo (NKE) sature à des charges de matières en suspension d'environ 5 – 5.5 g de matière sèche par litre à Tonnay-Charente. Cela signifie que les valeurs sont *capées* lors des périodes où ce seuil est atteint (Figures 11 et 12) et donc que les valeurs journalières calculées lors de ces périodes sont minorées.

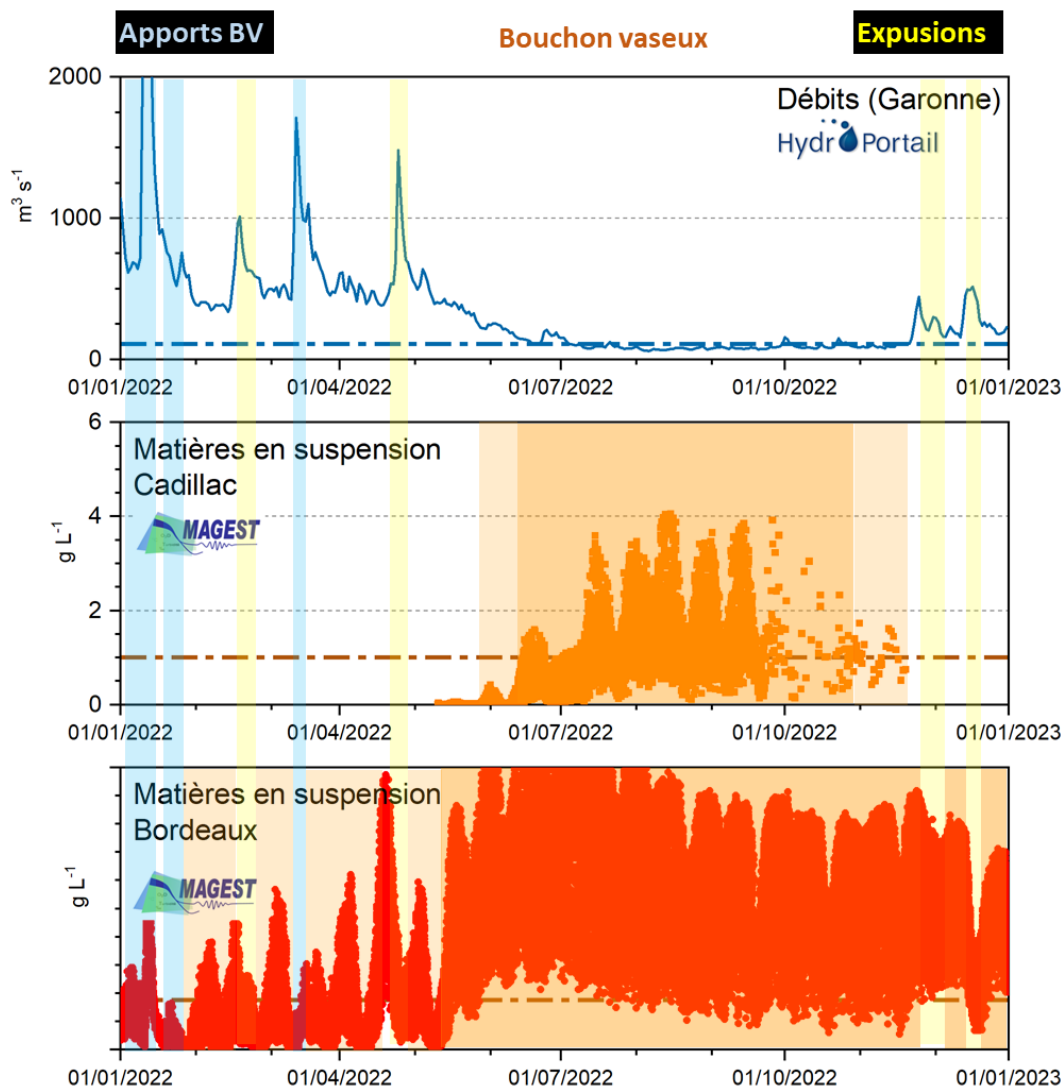


Figure 13 : Evolution de la charge en matière en suspension (moyennes journalières) de l'eau de surface à Cadillac, Portets et Bordeaux et du débit de la Garonne en 2021. Le tireté bleu indique le seuil correspondant au DOE ; le tireté orange indique le seuil correspond à la définition girondine du bouchon vaseux. Les zones en couleur soulignent les rythmes du bouchon vaseux (installation, expulsion, présence) et les périodes de crues. Attention la gamme de MES n'est pas précisée à Bordeaux en raison d'un problème de perte de sensibilité du capteur de turbidité, les valeurs sont données à titre indicatif.

Garonne aval. A Bordeaux, une 1^{ère} crue avait permis d'initier l'expulsion du bouchon vaseux mi-décembre 2021. Ensuite, le schéma est assez similaire à celui observé à Tonnay-Charente, avec des débits au 1^{er} trimestre 2022 qui poursuivent l'effet de chasse des masses turbides, mais demeurent insuffisants pour permettre une évacuation complète du bouchon vaseux à l'aval (Figure 13). A partir de mi-mai, le bouchon vaseux est bien présent et très concentré, un état qui perdurera jusqu'à la fin de l'année. L'augmentation du débit en décembre a induit une diminution brève de la charge en matière en suspension. Le débit moyen annuel de la Garonne, bien inférieur au module, a favorisé une présence quasi permanente du bouchon vaseux en 2022.

En amont, à Cadillac, la période de mesures est centrée sur la campagne de soutien d'étiage. A environ 35 km en amont, le bouchon vaseux reproduit une évolution saisonnière similaire à celle observée à Bordeaux, mais avec une durée de présence et des concentrations moindres (Fig. 13). L'installation de bouchon vaseux s'opère fin mai – début juin, il y reste jusqu'au moins le 20 novembre lors du retrait de la sonde. Eu égard

aux observations des années antérieures, il est fort probable que l'augmentation du débit à partir de fin novembre a permis l'expulsion du bouchon de ce secteur, soit une présence d'environ 6 mois.

Dordogne aval. A Libourne, les débits supérieurs au module en 2021 avaient conduit à une présence d'un bouchon vaseux dilué qui s'était dissipé courant octobre. Ce contexte avait permis une bonne évacuation des masses turbides qui s'est poursuivie au 1^{er} trimestre 2022 (absence de données en raison d'une perte de sensibilité du capteur de turbidité) (Figure 14). A partir de mi-mai, la diminution du débit s'accompagne d'une augmentation rapide de la charge en matière en suspension. Le bouchon vaseux est bien présent de juin à novembre, soit environ 6 mois. L'augmentation du débit à partir de fin novembre permet d'initier son évacuation

Comme sur l'axe Garonne, le site de Branne reproduit une évolution saisonnière des matières en suspension analogue à celle observée à Libourne (Figure 14). Les pics de débit de janvier à avril 2022 sont associés à des brèves augmentations de la charge en matière en suspension qui tracent des apports amont. Ensuite, le bouchon vaseux s'installe environ deux semaines plus tard qu'à Libourne et se dissipe fin novembre.

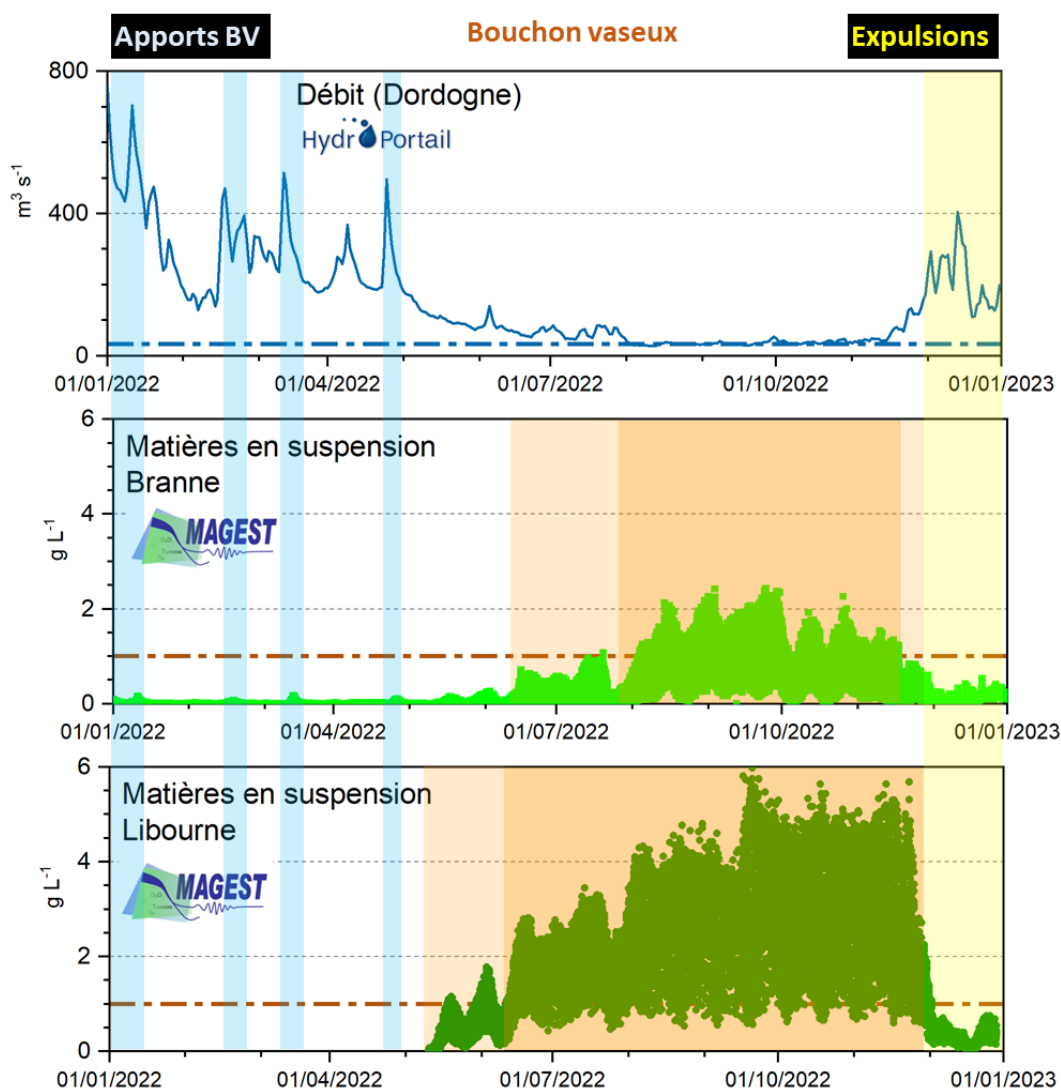


Figure 14 : Evolution de la charge en matière en suspension (moyennes journalières) de l'eau de surface à Libourne et Branne et du débit de la Dordogne en 2021. Le tireté bleu indique le seuil correspondant au DOE ; le tireté orange indique le seuil correspondant à la définition girondine du bouchon vaseux. Les zones en couleur soulignent les rythmes du bouchon vaseux (installation, expulsion, présence) et les périodes de crues

Sur l'Isle, à Saint-Denis de Pile, la concentration moyenne journalière en matières en suspension était restée assez faible tout au long de l'année 2021, avec une valeur maximale de 0.09 g L^{-1} en lien avec un étiage plutôt humide (Figure 15). Aussi en début d'année 2022, les concentrations étaient encore très faibles (sous le seuil de détection). Par contre à partir de mi-juin, il y a une augmentation de la charge en matière en

suspension typique de la présence d'un bouchon vaseux. Il y a clairement une intrusion marquée du bouchon vaseux dans l'Isle, qui se maintiendra tout l'été et l'automne.

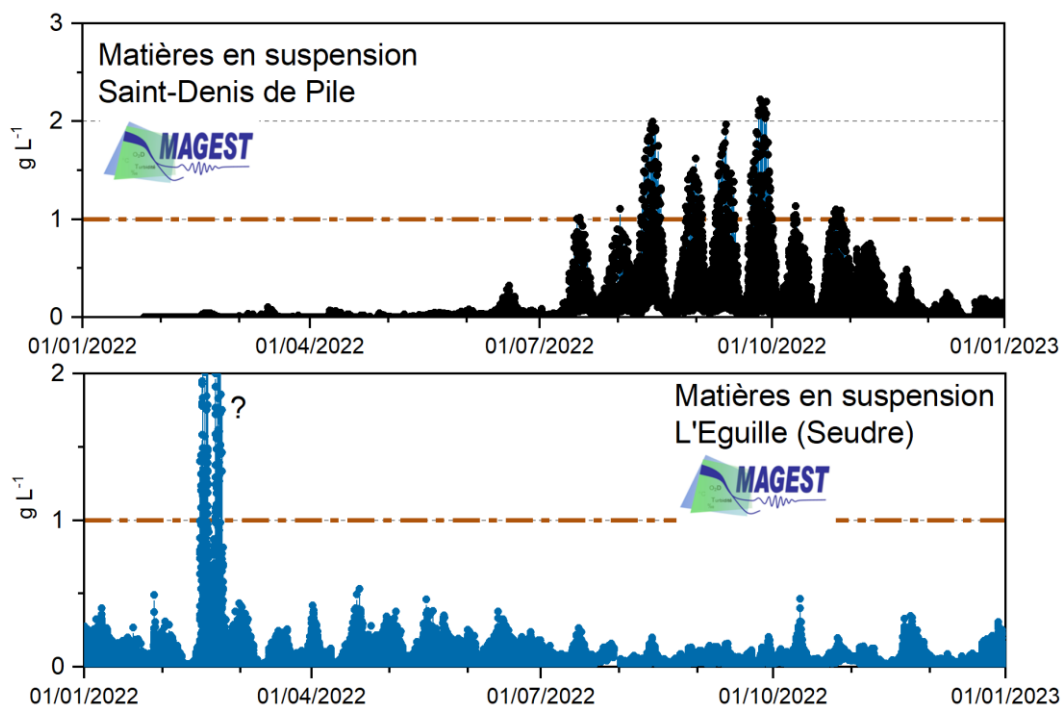


Figure 15 : Mesures continues de la charge en matière en suspension de l'eau de surface à Saint-Denis de Pile (Isle) et de l'eau de fond à L'Eguille (Seudre) Le tireté orange indique le seuil correspond à la définition girondine du bouchon vaseux.

Le site de L'Eguille est le seul où les mesures sont réalisées au fond, ce qui rend délicat le nettoyage des données (décider si l'augmentation des valeurs est un effet très local ou bien représentative des eaux de fond). Par exemple les fortes augmentations mi-février sont douteuses. Les eaux de fond sont légèrement turbides l'essentiel de l'année (Figure 15).

4.4. L'OXYGENE DISSOUS EN 2022

En 2022, les concentrations moyennes journalières d'oxygène dissous ont été comprises entre 1.4 (3.9 en 2021 ; 2.9 en 2020) et 13.6 mg.L⁻¹ (Figure 3 ; 16) dans les eaux de surface. Les valeurs les plus basses coïncident avec la période estivale alors que la température et la salinité des eaux sont les plus élevées et le bouchon vaseux présent⁶. De janvier à mars, avec une température des eaux entre 4.8 et 11.6°C et l'absence du bouchon vaseux des sections fluviales, la concentration en oxygène dissous était le plus souvent supérieure à 10 mg L⁻¹, ce qui correspond à une très bonne oxygénation des eaux estuariennes au 1^{er} trimestre 2022. Ensuite, l'augmentation printanière des températures a induit une diminution de l'oxygénation des eaux. A partir du mois de mai, deux tendances se dégagent entre les différentes stations suivies par le réseau MAGEST. D'une part, les stations où le bouchon vaseux est présent, à des niveaux de concentration modérés à moyens (Saint-Denis de Pile, Branne, Libourne, Cadillac) présentent un clair signal saisonnier avec des concentrations en oxygène dissous les plus basses pendant l'été et l'automne. Toutefois les valeurs restent à des niveaux qualifiés *bon* (> 5 mg L⁻¹)

Par contraste, les stations de Tonnay-Charente et de Bordeaux se distinguent par une forte désoxygénation des eaux de surface, en particulier en fin d'été. Ces stations présentent des températures estivales des eaux dans la même fourchette de valeurs que celles observées sur l'ensemble du réseau : ce sont donc des

⁶ Pour rappel, la solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est fonction de la température, et dans une moindre mesure de la salinité: elle est supérieure dans les eaux douces et froides (Annexe 1).

facteurs additionnels qui amplifient la consommation de l'oxygène dissous. Les débits lors de l'hiver précédent n'avaient pas permis une évacuation complète du bouchon vaseux. Ceci a favorisé une installation précoce d'un bouchon vaseux très concentré à ces deux stations. Les faibles débits, un bouchon vaseux persistant et très concentré, des eaux saumâtres et chaudes, tous ces facteurs ont concouru à créer des conditions très défavorables à une bonne oxygénation des eaux. La 1^{ère} vague de chaleur (14 au 19 juin 2022) est associée à un 1^{er} déficit majeur d'oxygène dissous à Tonnay-Charente et à Bordeaux, suivie d'une relaxation rapide, mais brève, vers des niveaux corrects. Ensuite à Bordeaux, les valeurs ont de nouveau diminué et oscillé entre 3.2 et 4.8 mg L⁻¹ de mi-juillet à fin septembre. A Tonnay-Charente, où les eaux sont légèrement plus fraîches et aussi turbides, voire plus, l'oxygénation était encore plus faible, avec des oscillations entre 1.5 et 4.4 mg L⁻¹. Fin septembre, il y a un tassement des températures (diminution d'environ -6°C) et, en dépit de la présence d'un bouchon vaseux encore très concentré, l'oxygénation se restaure rapidement à Bordeaux et dans une moindre mesure à Tonnay-Charente pour atteindre des niveaux *très bon* à partir de mi-novembre.

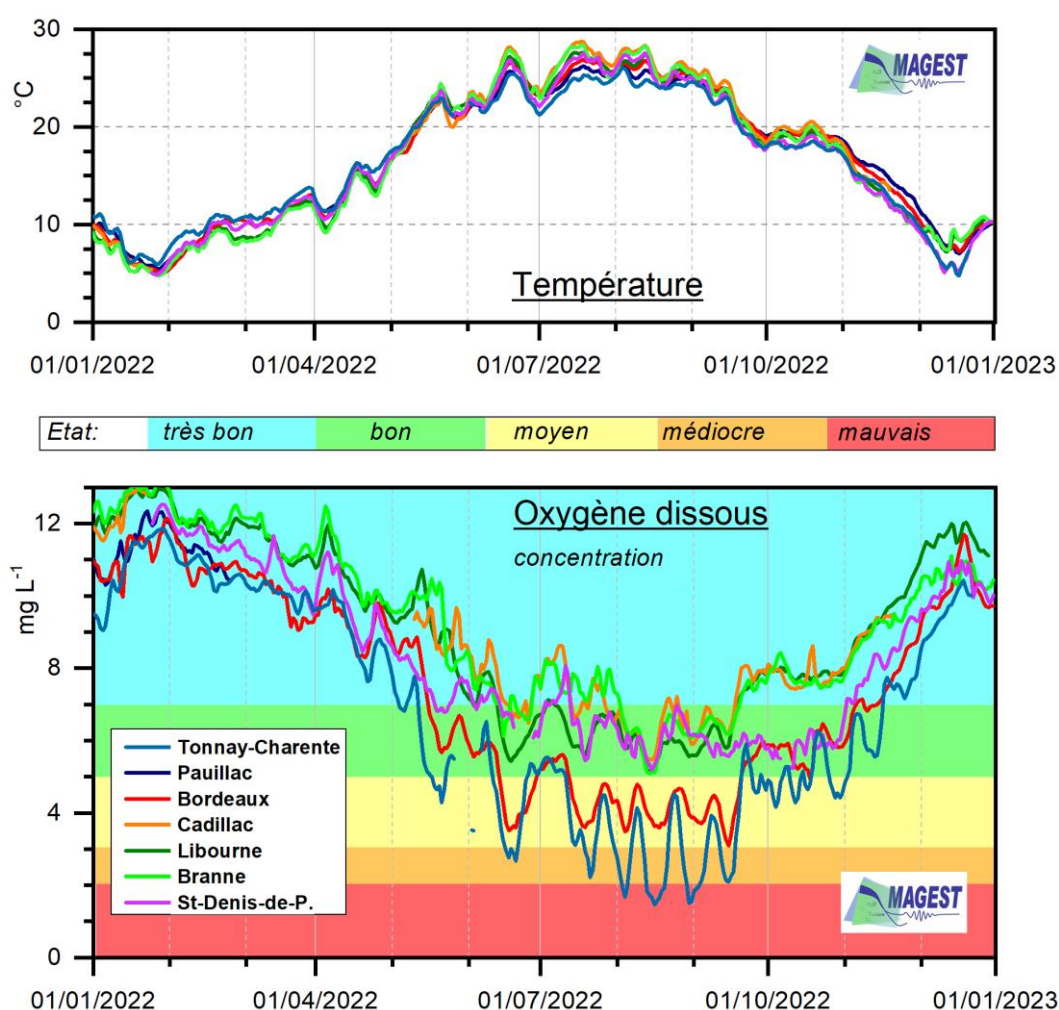


Figure 16 : Evolution de l'oxygène dissous, en moyennes journalières, aux stations MAGEST au cours de l'année 2022. Les couleurs indiquent la qualité des eaux selon la grille de critère détaillée annexe 1.

A L'Eguille, l'oxygène dissous est mesuré dans l'eau de fond et présente une gamme de variation très large de 1.4 à 10.16 mg L⁻¹. Le mauvais fonctionnement de la sonde en août et septembre n'a pas permis d'assurer une chronique complète de ce paramètre en 2022.

5. SUIVI DE LA DISPOSITION OXYGENE DU SAGE ESTUAIRE DE LA GIRONDE

5.1. RAPPEL DE LA DISPOSITION OXYGENE

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) de l'Estuaire de la Gironde et milieux associés et les conditions de leur réalisation. Le SAGE vise à atteindre le bon état de l'aval des fleuves sur le paramètre concentration en oxygène pour favoriser les migrations piscicoles. L'analyse des marges de manœuvres sur les différents paramètres influant sur la concentration en oxygène avait conduit le SAGE à retenir un seuil 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). Les objectifs de concentration en oxygène dissous dans l'eau à l'aval des fleuves à respecter sont définis comme suit:

- 9 et 4 jours maximum consécutifs par an à Bordeaux et à Libourne, respectivement, durant lesquels la teneur en oxygène dissous dans l'eau est inférieure, en moyenne journalière, à 5 mg L⁻¹;
- disparition des situations où la concentration en oxygène dissous dans l'eau est inférieure à 3 mg L⁻¹ en moyenne journalière.

5.2. BILAN 2022 DE LA DISPOSITION OXYGENE DANS LES ESTUAIRES NORD-AQUITAINS

Le respect des objectifs du SAGE est mesuré au niveau des stations du réseau MAGEST de Bordeaux et de Libourne. Le tableau 2 et la figure 17 comparent le nombre de jours où la concentration (moyenne journalière) en O₂ dissous à l'aval des fleuves a été inférieure aux seuils de 5 et de 3 mg.L⁻¹ de 2013 à 2022. Le bilan pour Tonnay-Charente est donné à titre de comparaison. En 2022,

- **à Libourne (Dordogne aval)**, la concentration en oxygène dissous (moyenne journalière) a toujours été supérieure à 5 mg L⁻¹ en 2021;
- **à Bordeaux (Garonne aval)**, la concentration en oxygène dissous (moyenne journalière) a été inférieure à 5 mg L⁻¹ **pendant 85 jours au total, dont 0 jours < 3 mg L⁻¹**.
- **à Tonnay-Charente (Charente aval)**, la concentration en oxygène dissous (moyenne journalière) a été inférieure à 5 mg L⁻¹ **pendant 122 jours au total, dont 40 jours < 3 mg L⁻¹**.

Oxygène dissous à l'aval des fleuves	Site	Objectifs SAGE : nombre de jours max.	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
			Nombre de jours consécutifs par an									
à teneur en O ₂ dissous < 5 mg L ⁻¹	Bordeaux	9	7*	13*	26*	45*	38 *	47*	95*	50	75	85*
	Libourne	4	0	0	1	0	nd	0	0	5	0	0
	Tonnay-Charente	x	x	x	x	x	x	x	x	54	22	122*
à teneur en O ₂ dissous < 3 mg L ⁻¹	Bordeaux	0								2	0	0
	Libourne	0	0	0	0	0	nd	0	0	0	0	0
	Tonnay-Charente	x	x	x	x	x	x	x	x	13	1	40

Tableau 2 : Oxygène dissous et suivi des objectifs du SAGE : bilan des années 2013 à 2022. * Ce nombre de jours total correspond au cumul de plusieurs périodes de jours consécutifs inférieurs au seuil. La disposition oxygène relève du SAGE Estuaire de la Gironde, le bilan pour l'estuaire de la Charente au site de Tonnay-Charente est donné à titre indicatif.

Détails des périodes pendant lesquelles la concentration moyenne journalière était inférieure à 5 mg L⁻¹ en 2022:

à **Bordeaux** : **15 jours consécutifs** du 15 au 29 juin; **69** du 13 juillet au 19 septembre et 1 le 18 octobre

à **Tonnay-Charente** : 5 jours consécutifs du 19 au 23 mai , 6 du 31 mai au 5 juin ; **14** du 12 au 25 juin ; **71** du 12 juillet au 20 septembre ; 3 du 25 au 27 septembre ; 8 du 9 septembre au 6 octobre ; 5 du 10 au 14 octobre ; 3 du 16 au 18 octobre ; 8 du 26 octobre au 2 novembre.

Détails des périodes pendant lesquelles la concentration moyenne journalières était inférieure à 3 mg L⁻¹ en 2022:

à **Tonnay-Charente** : **2** jours consécutifs du 17 au 18 juin ; **2** du 20 au 21 juin ; **4** du 19 au 22 juillet ; **6** du 1 au 6 août ; **10** du 12 au 21 août ; **10** du 28 août au 6 septembre ; **6** du 12 au 17 septembre

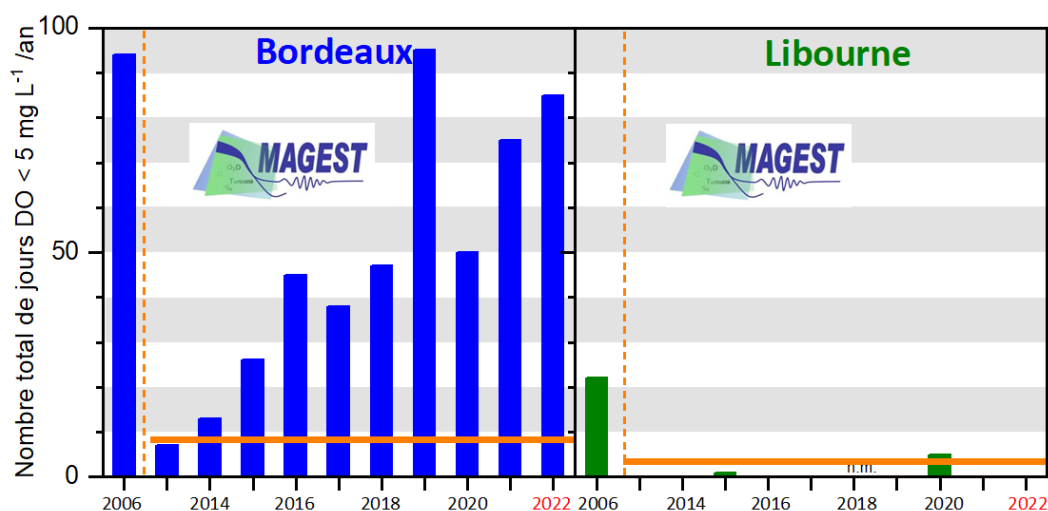


Figure 17 : Nombre de jours cumulés pendant lesquels l'oxygénation des eaux était < 5 mg L⁻¹ à Bordeaux et à Libourne de 2013 à 2022 (2006 à titre de comparaison). Le trait orange indique l'objectif de nombre de jours maximum par an sous ce seuil. n.m : pas de mesures. L'année 2006, année exceptionnellement chaude avec une vague de chaleur de 21 jours, préfigure les conditions estivales attendues dans un futur proche.

5.2. CLASSIFICATION HORAIRE DE LA QUALITE DES EAUX A L'AVAL DES FLEUVES

Pour réaliser les variations de la concentration d'oxygène dissous au cours de la journée, les figures 18, 19 et 20 détaillent, pour chaque jour, le nombre d'heures par gamme de concentration en oxygène dissous (<2 ; 2-3 ; 3-4-5 ; 5-7 ; >7 mg.L⁻¹). Pour la période du 1 avril au 1 décembre 2022, il apparait que :

sur l'axe Charente (Figure 18):

- à Tonnay-Charente, des périodes d'oxygénation < 5 mg.L⁻¹ apparaissent dès le 14 mai, soit 15 jours plus tôt qu'en 2021, et se poursuivent jusque début novembre. Pendant l'été, il y a régulièrement des périodes de plusieurs heures consécutives (jusqu'à 24h) pendant lesquelles la concentration d'oxygène dissous est inférieure à 3 mg.L⁻¹, le seuil hypoxique.

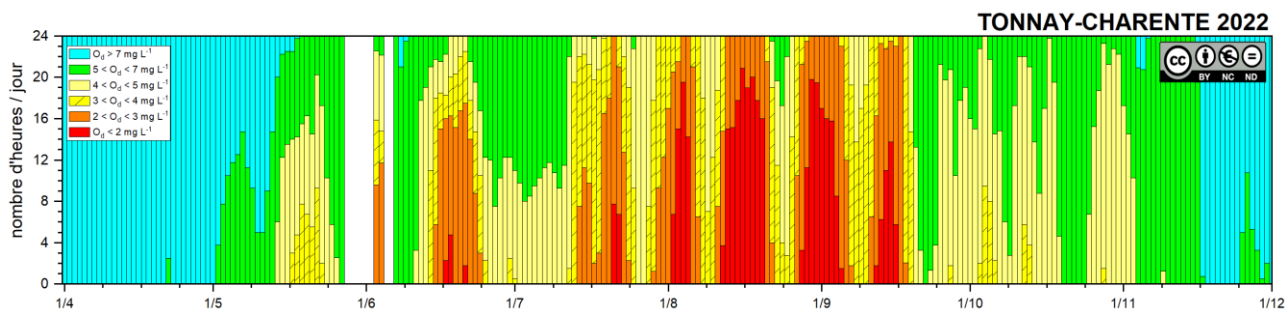


Figure 18 : Nombre d'heures par jour pendant lesquelles l'oxygénation de l'eau de surface est comprise dans les gammes de valeurs définies par la légende à Tonnay-Charente en 2022. La période représentée est : 1 avril – 1 décembre 2022.

sur l'axe Dordogne (Figure 19):

- à Libourne et à Branne, en 2021 la concentration en oxygène dissous était toujours restée bonne à très bonne. En 2022, la tendance est différente, à Libourne il y a eu 3 périodes de 6 à 7 jours lors desquelles la concentration a été comprise entre 4 et 5 mg L⁻¹ jusqu'à 10h20 par jour. A Branne, il y a eu une seule période de 5 jours mi-août au cours de laquelle la concentration a été comprise entre 4 et 5 mg L⁻¹ jusqu'à 9h52 par jour.

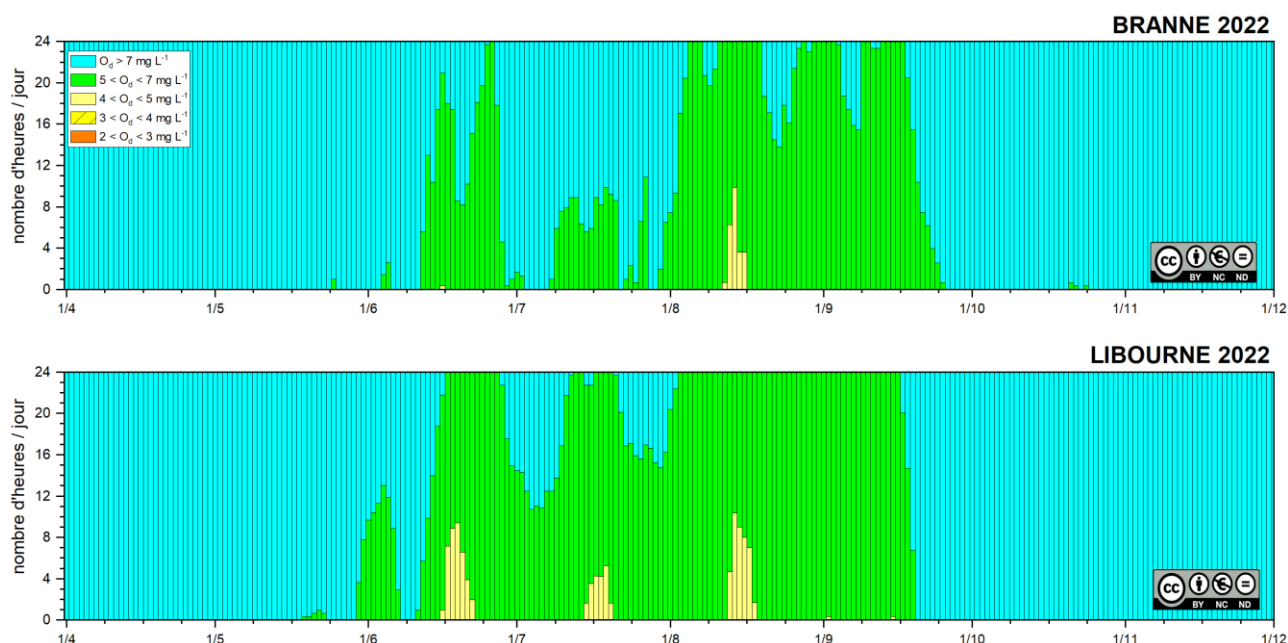


Figure 19 : Nombre d'heures par jour pendant lesquelles l'oxygénation de l'eau de surface est comprise dans les gammes de valeurs définies par la légende. De haut en bas : Branne et Libourne. La période représentée est : 1 avril – 1 décembre 2022.

sur l'axe Garonne (Figure 20):

- à Cadillac, la station la plus amont, l'oxygénation des eaux est le plus souvent supérieure à 5 mg.L⁻¹ hormis 4 périodes de 1 à 9 jours lors desquelles la concentration a été comprise entre 4 et 5 mg L⁻¹;
- par contre, à Bordeaux, les périodes d'oxygénation < 5 mg.L⁻¹ sont dominantes de mi-juillet à fin septembre ; plus rarement la concentration en oxygène dissous a été inférieure à 3 mg.L⁻¹ (mais toujours > 2 mg L⁻¹) jusqu'à 10h45 lors de la journée du 15 septembre.

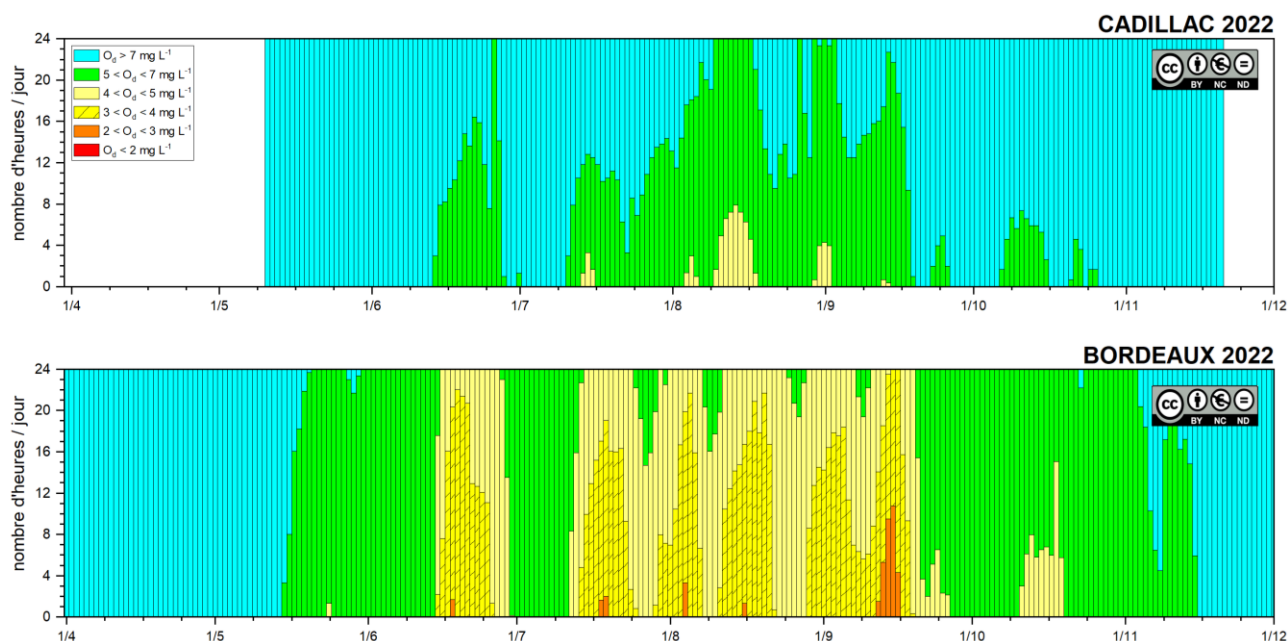


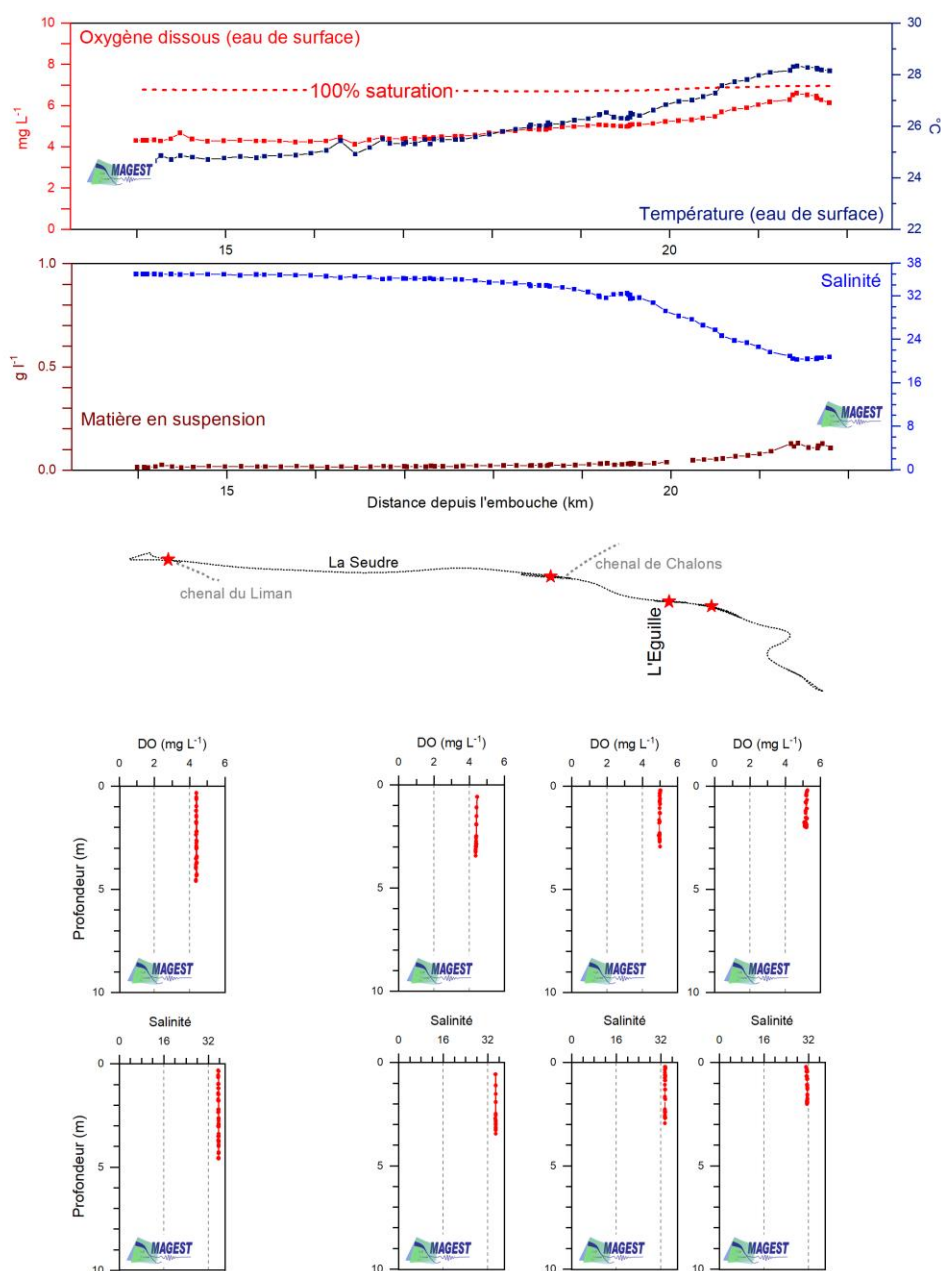
Figure 20 : Nombre d'heures par jour pendant lesquelles l'oxygénation de l'eau de surface est comprise dans les gammes de valeurs définies par la légende. De haut en bas : Cadillac et Bordeaux. La période représentée est : 1 avril – 1 décembre 2022.

6. EVOLUTION SPATIALE DE LA QUALITE DES EAUX

Des campagnes de mesure ont été réalisées en août 2022 dans les trois estuaires (Charente, Gironde secteur Garonne aval, Seudre). Ces trajets ont duré plusieurs heures chacun, avec une sonde maintenue à environ 50 cm de profondeur, et donc ne permettent d'avoir des mesures simultanées, mais les enregistrements donnent un aperçu de la distribution spatiale des paramètres d'intérêt, et notamment de la position de la zone d'oxygène minimum. Plusieurs arrêts lors des trajets ont permis de réaliser ponctuellement des profils avec la profondeur au moyen d'une seconde sonde.

6.1 LONGITUDINALE DANS L'ESTUAIRE DE LA SEUDRE

Dans l'estuaire de la Seudre, le profil longitudinal établi le 1 août 2022, depuis l'amont du site de L'Eguille vers l'aval, signale des eaux de surface très bien oxygénées, légèrement sursaturées à l'amont de l'Eguille associées à des salinités d'environ 21-22 et des températures élevées (28.2°C) (Figure 21). Ensuite vers l'aval, la salinité augmente alors que la température et l'oxygène dissous diminuent. Dès le niveau de l'Eguille, les eaux commencent à être sous-saturées en oxygène dissous ; les concentrations sont assez peu variables autour de 4.2 – 4.5 mg L⁻¹. La charge en matière en suspension est très faible, à l'exception du secteur le plus amont. Les profils d'oxygène sont assez homogènes, et n'indiquent pas de desoxygénation accrue près du fond.



6.3 LONGITUDINALE DANS L'ESTUAIRE DE LA CHARENTE

Dans l'estuaire de la Charente, le profil longitudinal a été réalisé le 2 août 2022, de Tonnay-Charente, en début de marée descendante, vers Soubise (Figure 22).

La salinité croît vers l'aval, de 6.7 à 13.6, la température des eaux est plutôt constante (autour de 24.6°C). La charge en matière en suspension est comprise entre 0.1 et 0.4 g L⁻¹, des valeurs plutôt modérées qui s'expliquent par le moment de marée et un coefficient de marée faible (67/68). La concentration d'oxygène dissous augmente vers l'aval de 2.8 à 4.3 mg L⁻¹, confirmant les observations des années antérieures qui situaient la zone d'oxygène minimum en amont de Rochefort. Dans la 1^{ère} section de la longitudinale, les eaux de surface sont fortement désoxygénées, et les eaux de fond le sont encore plus (voir profils aux deux stations les plus amont). A hauteur de la station de mesure de Tonnay-Charente, la concentration d'oxygène dissous des eaux de fond est de 1.64-1.8 mg L⁻¹, presque la moitié de celle mesurée en (2.9 mg L⁻¹). Vers l'aval les profils sont assez constants avec la profondeur.

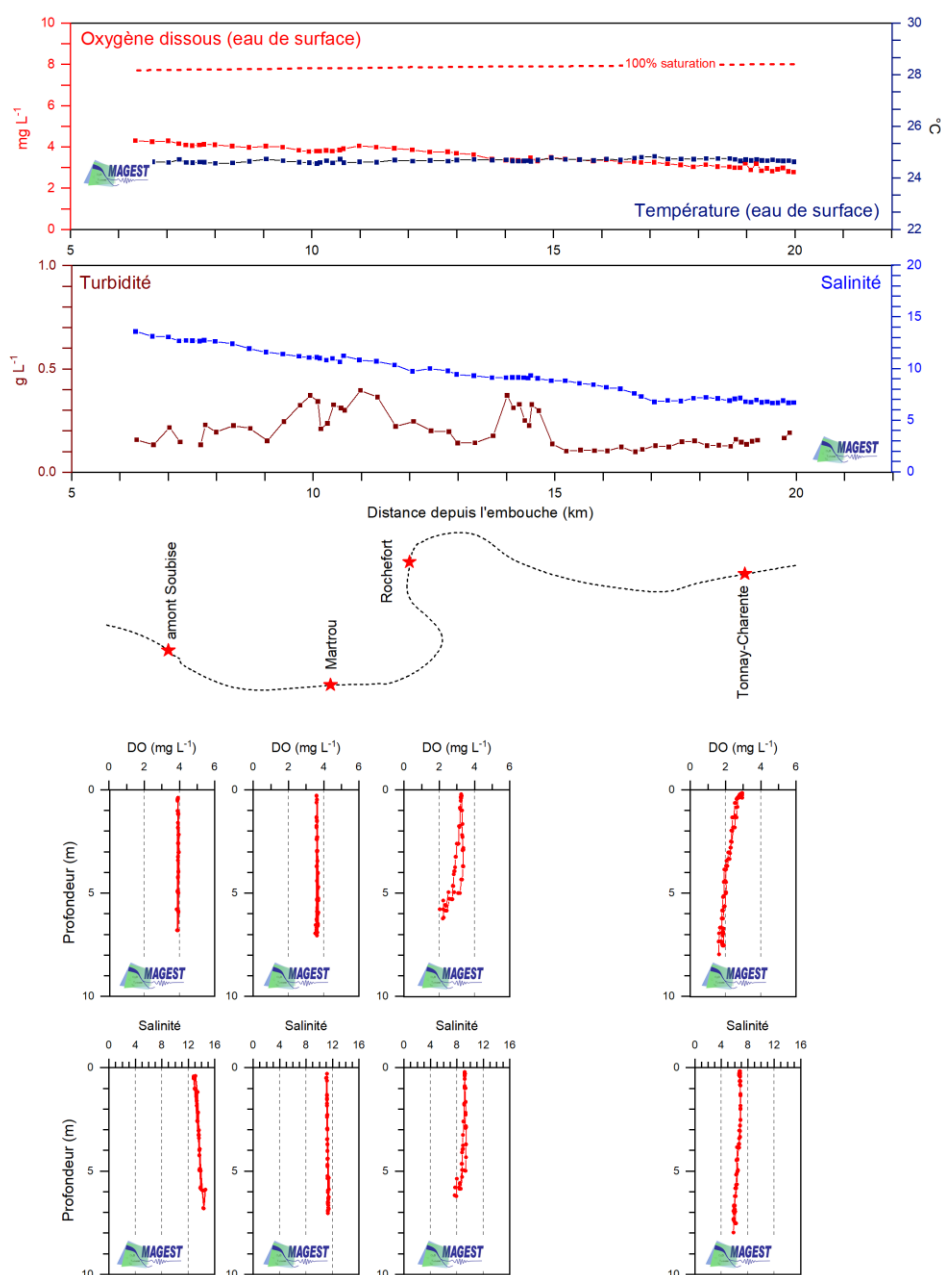


Figure 22. Evolution longitudinale (du bas vers le bas) : de l'oxygène dissous, de la température, de la charge en matières en suspension, et de la salinité dans l'estuaire de la Charente (2 août 2022) selon le trajet indiqué (les mesures sont tracées en fonction de la distance à l'embouchure). Les étoiles indiquent les stations où des profils avec la profondeur ont été établis. « 100% » saturation correspond à la valeur attendue à l'équilibre avec l'atmosphère compte-tenu de la température et la salinité de l'eau. La différence entre valeurs mesurées et théoriques permet de visualiser le déficit en oxygène dissous.

6.3 LONGITUDINALE DANS LA GARONNE AVAL

Dans l'estuaire de la Gironde, le profil longitudinal a été établi le 11 août 2022 dans la Garonne aval, de Bordeaux à Langoiran, à marée montante. Le coefficient de marée était de 90, soit un peu plus élevé par rapport aux conditions des deux autres sorties (Figure 23).

La salinité est faible, <1 , avec néanmoins une tendance à l'augmentation vers l'aval bien marqué ; la température de l'eau d'environ 27.2°C à Bordeaux et de 28°C à Portets. La charge en matière en suspension est élevée, de plusieurs grammes par litre, en lien avec la présence du bouchon vaseux et des conditions hydrodynamiques favorables à la re-suspension, notamment en fin de trajet (mi marée et donc courant élevé ; fort coefficient de marée). L'oxygénation des eaux augmente vers l'amont, de 3.7 mg L^{-1} à 4.8 mg L^{-1} , situant la zone d'oxygène minimum au niveau de Bordeaux Métropole. Les profils d'oxygène dissous soulignent une tendance à une diminution de la concentration avec la profondeur plus marquée à hauteur de Bègles.

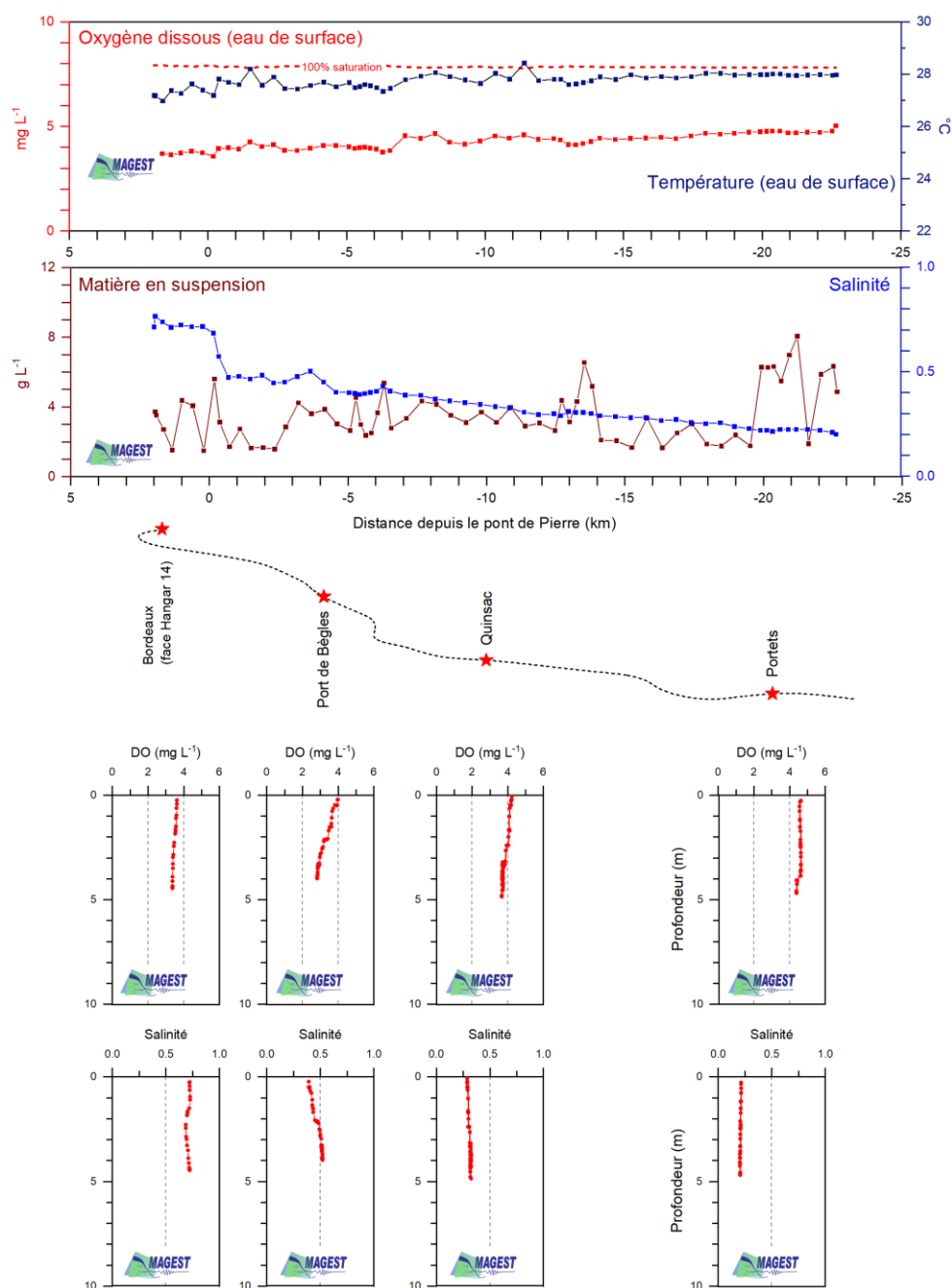


Figure 23. Evolution longitudinale (du bas vers le bas) : de l'oxygène dissous, de la température, de la charge en matières en suspension, et de la salinité dans la Garonne aval (11 août 2022) selon le trajet indiqué (les mesures sont tracées en fonction de la distance au pont de Pierre (environ 100 km en aval de l'embouchure). Les étoiles indiquent les stations où des profils avec la profondeur ont été établis.

7. DYNAMIQUE DES LARVES DE POISSONS DANS LES ESTUAIRES TEMPERES

Référence: E. Arevalo, H.N. Cabral, B. Villeneuve, C. Possémé (2023) Species on the move around the Australian coastline: A continental-scale review of climate-driven species redistribution in marine systems. *Fish and Fisheries* 27, 3200-3217. DOI: 10.1111/faf.12740

Résumé : Les premiers stades de la vie des poissons (œufs et larves) sont particulièrement vulnérables avec des taux de mortalité pouvant atteindre jusqu'à 99 % pour un grand nombre d'espèces. Les taux de mortalité élevés s'expliquent par la capacité de nage limitée des larves, qui les empêche d'échapper à un environnement non optimal, des prédateurs ou des zones à faible densité de proies. Dans ce contexte, les estuaires sont des zones de reproduction essentielles pour les larves et les juvéniles de poissons. Les habitats estuariens offrent des conditions environnementales favorables à la survie et à la croissance des premiers stades, grâce à l'abondance de proies et une protection contre les prédateurs. Il existe une vaste littérature sur les larves dans les estuaires tempérés, mais il manque une perspective d'ensemble. L'occurrence de larves de poissons dans les estuaires tempérés dépend de plusieurs facteurs. Tout d'abord, le choix de la période et du lieu de ponte est primordial car ils ont évolué pour optimiser l'entrée et la rétention des larves dans les estuaires. Deuxièmement, la croissance et la survie des larves dépendent de facteurs environnementaux clés (par exemple, la salinité, la température de l'eau, les apports d'eau douce, la turbidité et la concentration en oxygène dissous). Les connaissances sur la dynamique larvaire dans les estuaires tempérés sont rares pour certains sujets et biaisées pour certaines espèces ou zones géographiques. L'objectif principal de la présente analyse documentaire est de synthétiser les connaissances existantes concernant la période et la localisation du frai et l'écologie larvaire pour les espèces de poissons présentes dans les estuaires, en identifiant les principaux modèles, les hypothèses consensuelles ou contradictoires et de mettre en évidence les principales lacunes. Les besoins en matière de recherche et les perspectives d'avenir ont été soulignés

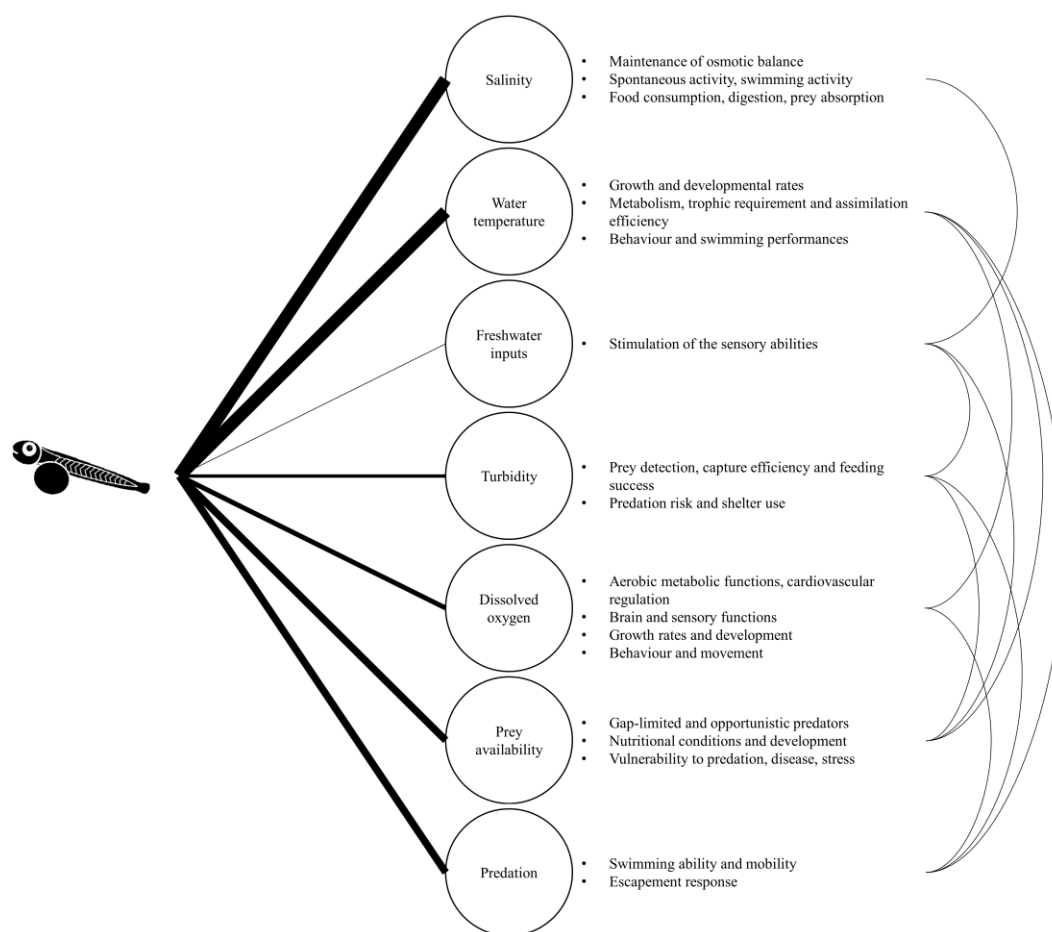


Figure extraite de Arevalo et al (2023) (Fig. 2) Principaux facteurs abiotiques et biotiques influençant la physiologie et le comportement des larves de poissons dans les estuaires. Plus les facteurs sont importants pour les larves, plus les lignes sont épaisses. Les liens entre les différents facteurs sont également indiqués.

8. ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER, DRAGAGES ET MORPHOLOGIE ESTUARIENNE

Référence: J.R. Cox, J. Lingbee, S.A.H. Weisscher, M.G. Kleinhans (2022). Effets de l'élévation du niveau de la mer sur le dragage et la morphologie de l'estuaire dragué. JGR Earth Surface <https://doi.org/10.1029/2022JF006790>

Résumé: Les chenaux fluviaux sont souvent dragués pour permettre aux grands navires d'accéder aux ports maritimes. L'élévation du niveau de la mer (SLR) mettra les zones côtières sous pression, les chenaux fluviaux devant faire face à des niveaux d'eau plus élevés et à des problèmes de sécurité en cas d'inondation, mais on peut également penser que le SLR pourrait conduire à des efforts de dragage moins intensifs. Ce travail étudie l'effet du SLR sur les chenaux naturels par rapport aux chenaux dragués en utilisant des expériences à l'échelle des embouchures de rivières pour déterminer comment le SLR affectera les pratiques de dragage et les effets qu'il aura sur les chenaux (s'éroderont-ils ?) et les zones environnantes (se noieront-elles ?). Les auteurs ont constaté que les chenaux dragués présentent une érosion et un effondrement des berges plus importants que les systèmes non dragués. Les volumes de dragage augmenteront également en raison de la SLR, de sorte que le dragage devra être effectué plus fréquemment et coûtera plus cher à long terme. De nombreux estuaires européens sont actuellement plus susceptibles de se noyer à cause des effets du dragage qu'à cause du SLR. Ces effets négatifs peuvent être partiellement atténués par une gestion des sédiments qui tient compte du transport naturel du sable et de la forme des chenaux et des barres

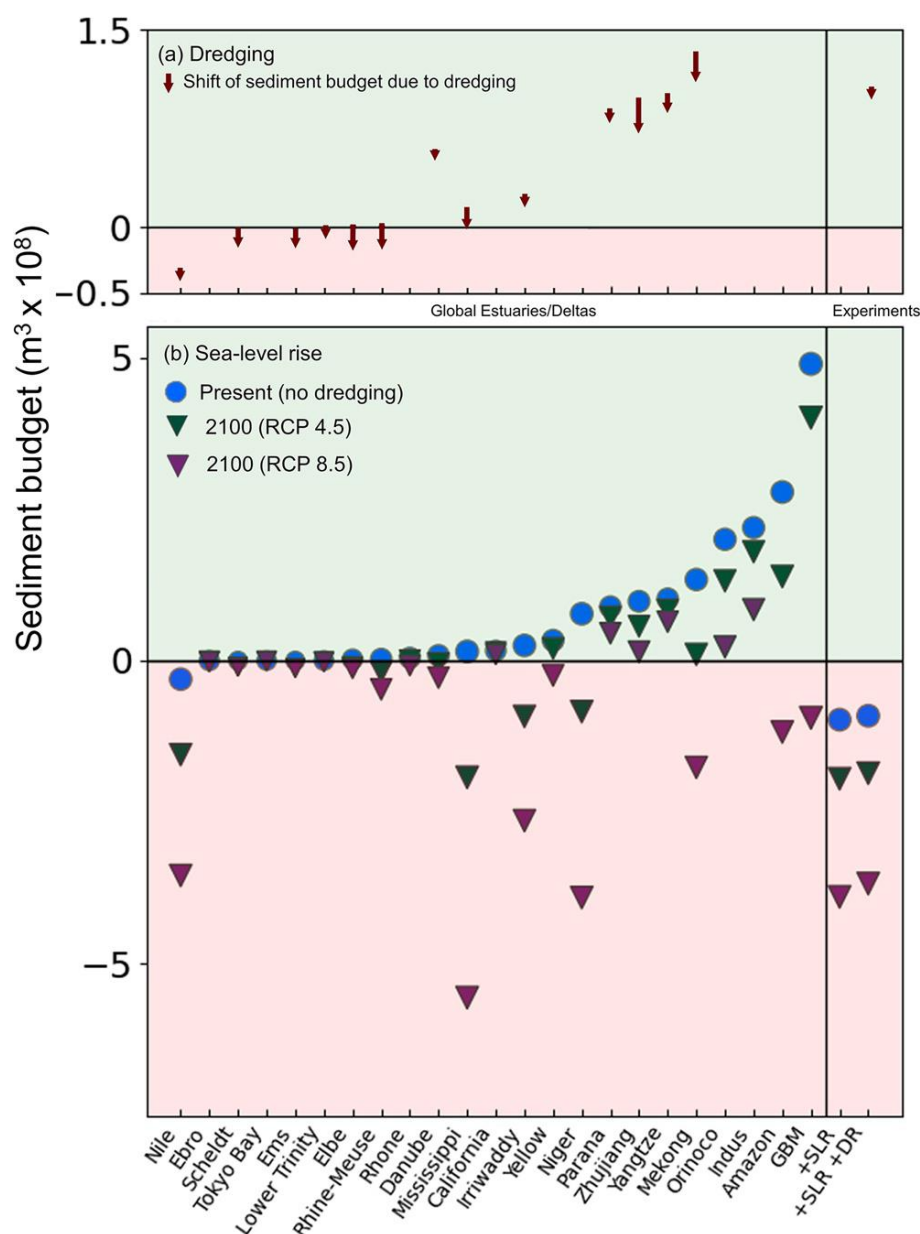


Figure 8 extraite de Cox et al (2022) (Fig. 8) Modification du bilan sédimentaire due (a) au dragage et (b) à l'élévation du niveau de la mer pour une sélection de deltas mondiaux et d'expériences. Voir l'article pour plus détail

9. TENDANCE DE DECONTAMINATION DU CADMIUM DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE

Référence: F. Pougnet, T. Gil-Diaz, A. Coynel, C. Bossy, J. Schäfel J. (2022). Bilan de masse historique des tendances de décontamination du cadmium dans un important système de transition continentale européenne.: Étude de cas de l'estuaire de la Gironde. *Marine Environmental Research* <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105594>

Résumé : Malgré l'efficacité des efforts de remédiation suite à l'arrêt de l'activité métallurgique il y a trente ans en amont dans le bassin versant de la rivière Lot, les niveaux de cadmium (Cd) accumulés dans les huîtres sauvages de l'estuaire de la Gironde en aval dépassent encore aujourd'hui la limite admissible pour la consommation humaine (5 mg/kg, p.s.). L'objectif principal de ce travail est de quantifier le rôle des sédiments en tant que sources ou puits intra-estuariens à long terme de Cd et le transport de ce contaminant vers l'embouchure de l'estuaire, en prenant comme étude de cas l'exemple de l'estuaire hyper turbide de la Gironde. Le stockage de Cd dans les sédiments estuariens de la Gironde était d'environ 43, 22 et 13 t pour les années 1990, 2000 et 2010, respectivement. Toutefois, pendant les années où les flux bruts sont faibles, les sédiments estuariens agissent comme des sources secondaires supplémentaires de Cd biodisponible/ dissous dans la colonne d'eau, ce qui pourrait expliquer les observations persistantes de concentrations élevées de Cd dans les huîtres sauvages à l'embouchure de l'estuaire. En plus de la solubilité naturelle du Cd particulaire le long des gradients de salinité, la remobilisation naturelle et anthropique des particules de sédiments de fond contribue à sa mobilisation à partir de la phase particulaire, ainsi que celles de d'autres nombreux polluants inorganiques et organiques. Les bilans de masse présentés dans ce travail pourraient soutenir une nouvelle politique de gestion des sédiments potentiellement plus bénéfique pour l'écosystème estuarien

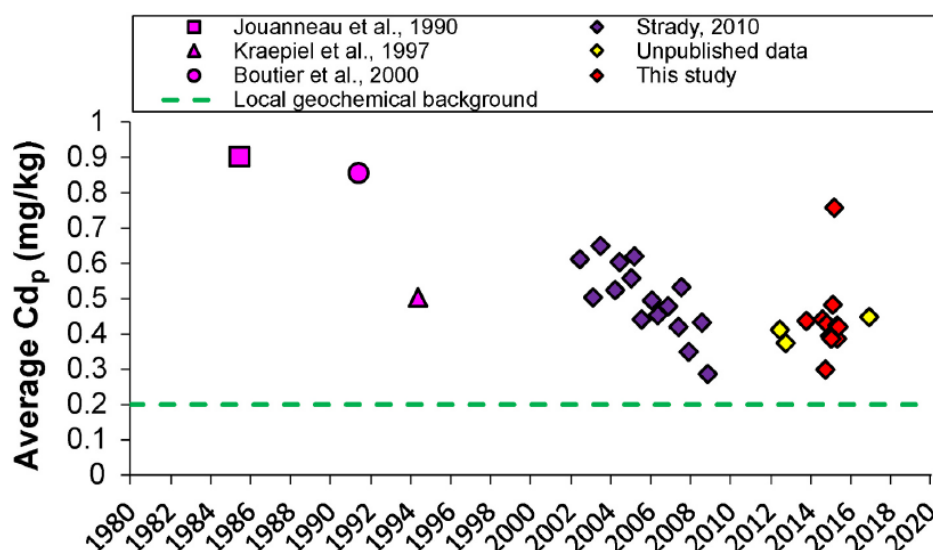


Figure 8 extraite de Pougnet et al (2022) (Fig. 2) Variations temporelles des concentrations moyennes de particules en Cd dans l'estuaire entre 1982 et 2015.

10. CRUE EXCEPTIONNELLE ET HYPOXIE DANS L'ESTUAIRE DE LA LOIRE

Référence: V. Hulot, E. Metzger, A. Thibault de Chanvalan, A. Mouret, S. Schmidt, B. Deflandre, S. Rigaud, E. Beneteau, N. Savoye, Ph. Souchu, Le Merrer Y., Maillet G.M. (2023) Impact d'une crue hivernale exceptionnelle sur les flux d'oxygène et de nutriments benthiques dans un estuaire macrotidal tempéré : Conséquences potentielles sur la désoxygénation estivale. *Front. Mar. Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1083377>

Résumé : Malgré 20 ans de lutte contre l'eutrophisation, des épisodes d'hypoxie estivale se produisent encore dans l'estuaire de la Loire, impactant la qualité de l'eau et posant un défi scientifique et de gestion majeur. Ce travail visait à quantifier la contribution du compartiment benthique à l'hypoxie dans l'estuaire de la Loire par la mesure directe des flux eau-sédiment et une compréhension approfondie des variations saisonnières des stocks d'oxydes et de phosphore. Pendant la période estivale de faible débit, les résultats montrent que le dépôt riche en oxydes de fer est stable en conditions hypoxiques, limitant la libération de phosphore dissous dans la colonne d'eau sus-jacente. La forte teneur en nitrates de la colonne d'eau semble être un important oxydant du fer en période d'hypoxie, limitant la fuite de phosphore dissous et l'aggravation de l'hypoxie. Lors de la crue hivernale exceptionnelle, une érosion sédimentaire importante associée à des phénomènes de bullage (attribués à l'efflux de méthane) a créé des fractures sévères dans le sédiment et stimulé les échanges eau-sédiment. Au cours des mois suivants, ces fractures ont été progressivement comblées, ce qui a diminué l'intensité des flux benthiques. Cependant, en raison du temps de résidence élevé dans l'eau

pendant la période estivale, un modèle simple a démontré que les contributions benthiques étaient suffisantes pour affecter directement (par la consommation directe d'oxygène) ou indirectement (en favorisant l'oxydation de l'ammoniac) le stock d'oxygène dans la colonne d'eau pendant la période de faible débit. Cette étude démontre l'importance du compartiment benthique dans l'apparition de l'hypoxie et le manque évident de connaissances pour illustrer et modéliser le fonctionnement biogéochimique de l'estuaire.

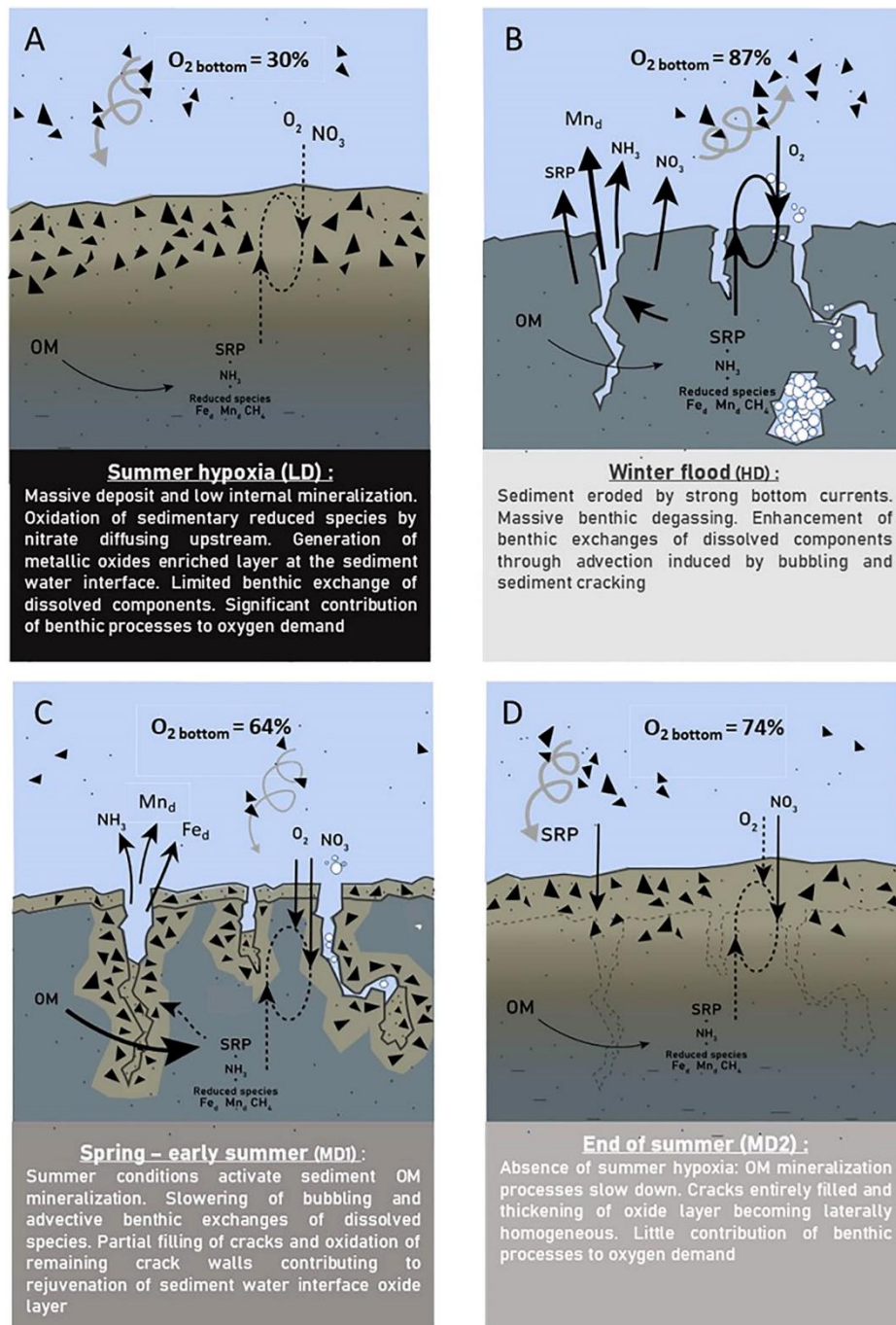
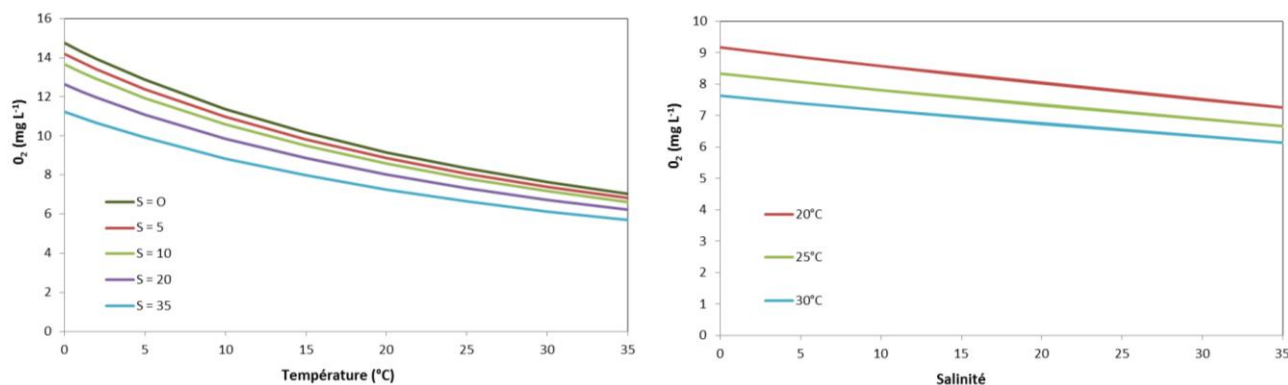


Figure 8 extraite de Hulot et al (2023) (Fig. 8) Fonctionnement conceptuel des processus benthiques au Pellerin pour 2020-2021 dans le contexte de conditions hydrologiques contrastées. (A) Août 2020. (B) Février 2021. (C) Juin 2021. (D) Août 2021. Les triangles sombres indiquent les oxydes et hydroxydes métalliques. Les flèches noires indiquent les échanges dissous. Les spirales brunes indiquent la sédimentation/resuspension des matières en suspension.

ANNEXE 1 : L'OXYGENE DISSOUS ET GRILLE DE QUALITE

Comme pour les gaz atmosphériques, la solubilité, ou saturation, de l'oxygène dissous varie avec la température et la salinité des eaux. La solubilité de l'oxygène peut être calculée à partir d'algorithmes, le plus fiable étant celui de Benson & Krause (Limnology and Oceanography, 29 : 620-632 ; 1984). Par exemple : pour l'eau douce, le taux est 14,6 mg/l à 0 °C et 8,3 mg/l à 25 °C. Ci-dessous deux figures qui illustrent l'évolution de la concentration à saturation de l'oxygène dissous en fonction de la température et de la salinité.



La grille de qualité par paramètre :

Le code couleur des représentations graphiques des données d'oxygène dissous se base sur la grille de qualité des documents de restitution BEEST, à savoir celui recommandé par IRSTEA qui est plus exigeant que celui DCE.

Le code couleur correspond aux catégories proposées par Taverny, Elie et Boet (2009; La vie piscicole dans les masses d'eau de transition) :

Classes	Oxygène	Température	Turbidité *
	$mg\ L^{-1}$	$^{\circ}C$	NTU
Très bonne	≥ 7	< 20	≤ 50
Bonne	≥ 5 et < 7	≥ 20 et < 23	
Moyenne	≥ 3 et < 5	≥ 23 et < 28	> 50 et ≤ 500
Médiocre	≥ 2 et < 3	≥ 28	> 500
Mauvaise	< 2		

MAGEST

**Réseau d'observation automatisée
pour la surveillance de la qualité des eaux
des estuaires
de la Charente, de la Gironde et de la Seudre
depuis 2004**

Partenaires du consortium MAGEST en 2022:



Visualisation des données : <http://magest.oasu.u-bordeaux.fr/>
Actualité du réseau : https://twitter.com/gironde_magest
Contact : MAGEST.Gironde@gmail.com