

Direction Départementale des Territoires et de de la
Mer de la Gironde
Service Agriculture Forêt et Développement Rural
Unité Transmission et Vie des Exploitations

33090 BORDEAUX CEDEX

Arcachon, le 22/09/2020

Objet : Rapport d'expertise sur un éventuel lien de causalité directe entre les fortes pluies survenues au mois de mai 2020 et les surmortalités des huîtres creuses dans le Bassin d'Arcachon.

Expertise Ifremer n° 20-060 préparée par Isabelle Auby et Florian Ganthy. Relecture et validation par Elvire Antajan et Stéphane Pouvreau. Cette expertise a été réalisée conformément au processus interne P9 ('produire des expertises et fournir des avis') certifié ISO-9001 et selon la charte de l'expertise et de l'avis de l'Ifremer. Les experts ayant réalisé l'expertise ont indiqué l'absence de liens d'intérêt avec le demandeur et le sujet de la demande.

N/Réf. Département Océanographie et Dynamique des Écosystèmes (ODE)
Laboratoire Environnement et Ressources d'Arcachon (LER/AR)
Expertise Ifremer n° 20-060

Madame,

Par votre courriel du 10 août 2020, vous sollicitez une expertise de l'Ifremer permettant de déterminer si la surmortalité des huîtres constatée lors de la mission d'enquête ostréiculture du 5 août 2020 a été induite par les fortes pluies survenues entre les 9 et 11 mai, cela afin de pouvoir faire reconnaître cette surmortalité des huîtres au titre la procédure des calamités agricoles.

Suite à votre demande, vous trouverez ci-après notre rapport d'expertise qui est organisé en quatre parties :

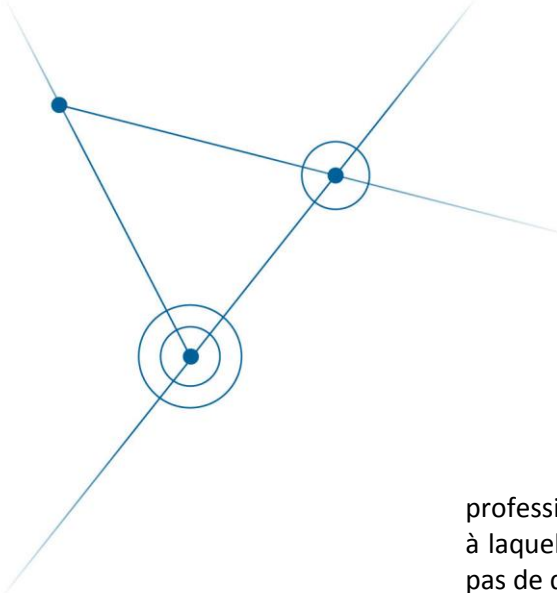
- le premier chapitre consigne les conditions météorologiques et hydrologiques du printemps 2020, comparées à celles des années précédentes ;
- le second chapitre présente les résultats acquis par le CREAA depuis plusieurs années, 2020 compris, en matière de mortalités des huîtres creuses dans différents sites du Bassin d'Arcachon. En effet, nous avons jugé préférable de nous appuyer sur ces données issues de protocoles bien établis et appliqués depuis plusieurs années, plutôt que sur les déclarations de mortalité issues des

Institut français de Recherche
pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Station d'Arcachon
Quai du Commandant Silhouette
33120 Arcachon
France
+33 (0)5 57 72 29 92

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

An abstract geometric diagram consisting of three blue dots connected by thin blue lines. One dot is at the top left, another at the top right, and the third at the bottom center. The top-right dot is enclosed in a single blue circle, and the bottom-center dot is enclosed in two concentric blue circles.

professionnels qui, d'une part, ne donnent pas une idée précise de la période à laquelle la mortalité a eu lieu et d'autre part, pour lesquelles on ne dispose pas de données historiques permettant de définir une référence en matière de mortalité ;

- le troisième chapitre traite de l'état des connaissances sur les relations entre la salinité et les mortalités d'huîtres creuses ;
- enfin, le quatrième chapitre tente de répondre à la question de savoir si les conditions météorologiques exceptionnelles du printemps 2020 peuvent expliquer les surmortalités d'huîtres observées cette année.

Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer
Etablissement public à caractère industriel et commercial

Station d'Arcachon
Quai du Commandant Silhouette
33120 Arcachon
France
+33 (0)5 57 72 29 92

Siège Social
1625 route de Sainte-Anne
CS 10070
29280 Plouzané
France
R.C.S. Brest B 330 715 368
APE 7219Z
SIRET 330 715 368 00032
TVA FR 46 330 715 368
+33 (0)2 98 22 40 40

www.ifremer.fr

1. Conditions météorologiques et hydrologiques du printemps 2020

1.2. Précipitations (données Météo France)

Après un début d'année caractérisé par des cumuls mensuels de précipitations relativement habituels par rapport à la normale établie depuis 1988, les précipitations au cours du mois de mai 2020 ont été exceptionnellement élevées aussi bien au Cap Ferret (Figure 1) qu'à Cazaux (Figure 2). En effet, en mai 2020, le cumul mensuel de pluie à Cazaux (131,5 mm) a été le plus important mesuré depuis 1988. Au Cap Ferret, la valeur atteinte (103,9 mm) avait déjà été dépassée à trois reprises, au cours des mois de mai 1988, 2007 et 2013.

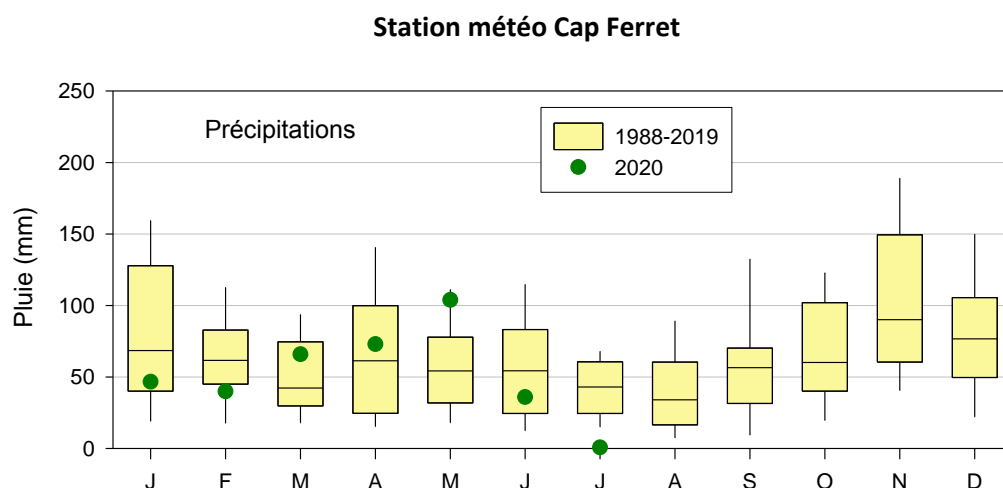


Figure 1 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie à la station du Cap Ferret (données Météo France).
Données 2020 par rapport à la série 1988-2019

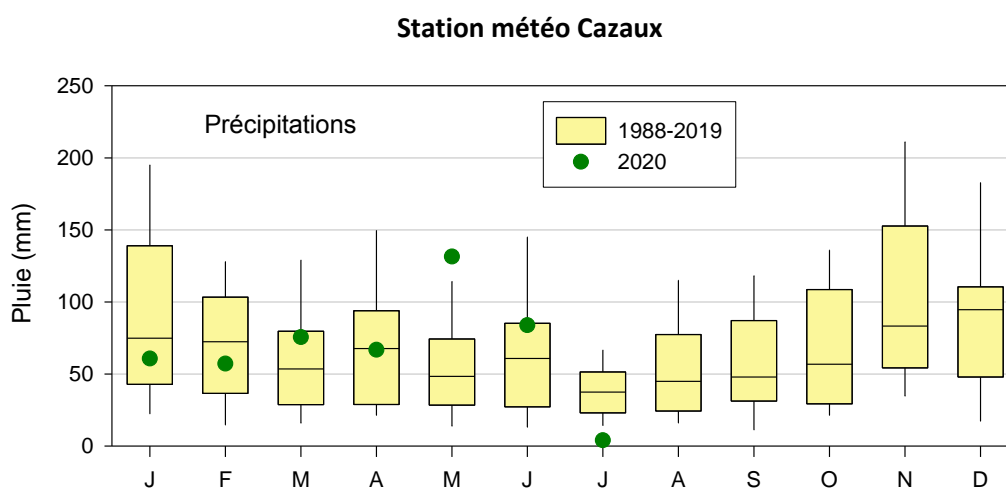


Figure 2 : Moyennes mensuelles de la pluviométrie à la station de Cazaux (données Météo France).
Données 2020 par rapport à la série 1988-2019

L'examen du graphique des précipitations cumulées (Figure 3) permet de mettre en évidence trois périodes de pluie au cours de la première moitié de l'année 2020 : de fin février à début mars, à la fin du mois d'avril, et du 9 au 11 mai qui s'est avéré particulièrement intense.

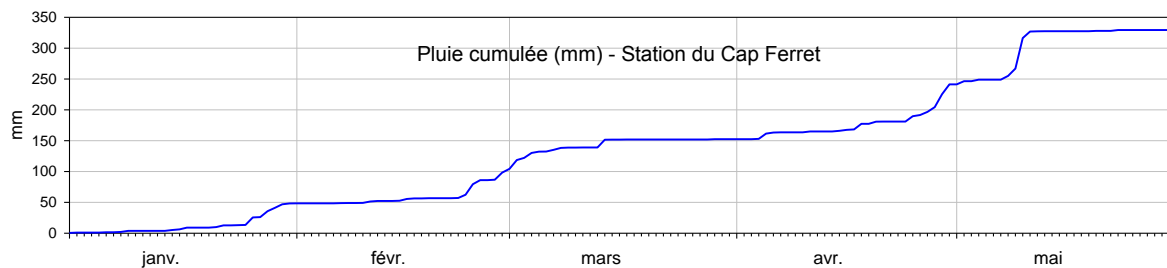


Figure 3 : Cumul des précipitations mesurées à la station du Cap Ferret entre janvier et mai 2020

1.2. Débit de l'Eyre à Salles (données DREAL)

Par rapport à la série 1988-2019, le débit de l'Eyre à la station de Salles a présenté trois anomalies mensuelles en 2020 : la première en mars (effet combiné des pluies importantes de fin février à début mars), la seconde en mai, avec une valeur très supérieure à celles observées depuis 1988, et la troisième en juin (Figure 4).

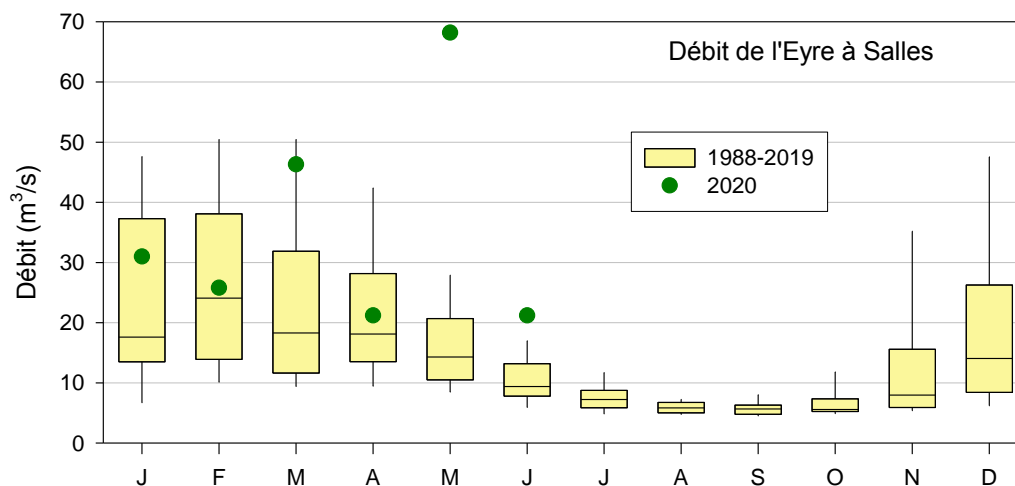


Figure 4 : Moyennes mensuelles du débit de l'Eyre à Salles (données DREAL). Données 2020 par rapport à la série 1988-2019

Les débits journaliers mesurés à Salles entre le 12 et le 15 mai 2020 (* sur la figure 5) sont les plus élevés jamais observés depuis 1988 (Figure 5 et 6).

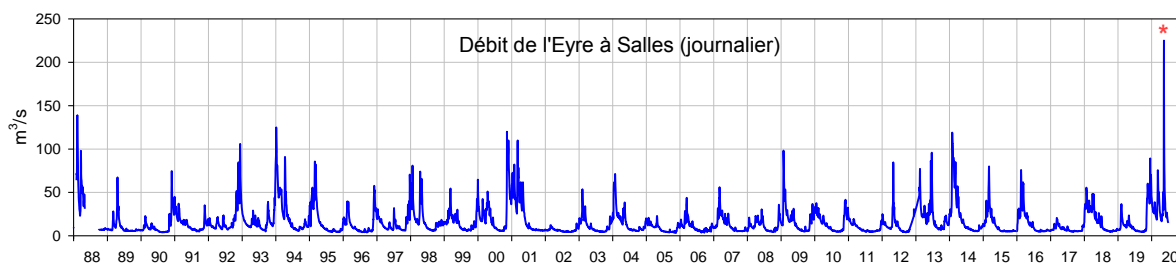


Figure 5 : Évolution des débits journaliers de l'Eyre à Salles de janvier 1988 à mai 2020

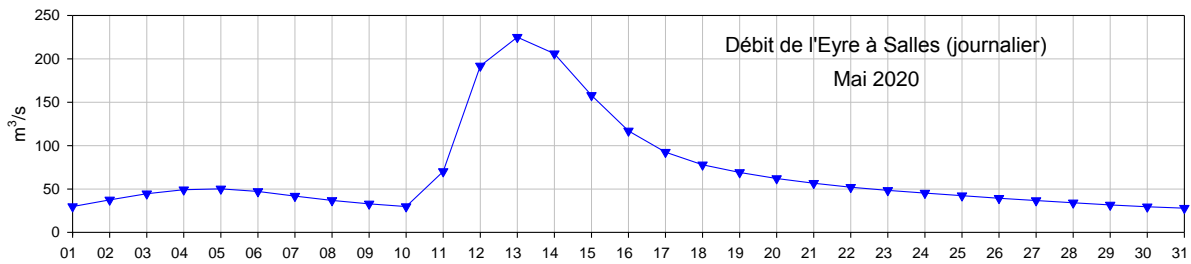


Figure 6 : Évolution des débits journaliers de l'Eyre à Salles en mai 2020

Témoignant du caractère exceptionnel de l'intensité des apports continentaux pendant cet épisode, des eaux colorées par les composés humiques et ferriques caractéristiques des sols de la région ont été observés pendant plusieurs jours dans l'ensemble du Bassin, y compris dans les zones les plus océaniques (Photo 1). En effet, bien que ce type de phénomène soit fréquemment observé pendant les épisodes de crue, il se limite généralement aux zones les plus orientales du Bassin.



Photo 1 : Couleur de l'eau à Arcachon depuis la jetée de la Chapelle en début de jusant le 16 mai 2020 et depuis la jetée d'Eyrac le 18 mai 2020

1.3. Salinité (données Ifremer –Réseau hydrologique Archyd – Bouée SMATCH – Modèle MARS-3D)

1.3.1. Sources de données

Le réseau ARCHYD

Depuis le mois de mars 1988, l'Ifremer met en œuvre un réseau hydrologique sur 7 stations (Figure 7), à une fréquence hebdomadaire, alternativement autour de la basse mer de vive eau et de la pleine mer de morte eau.



Figure 7 : Localisation des stations ARCHYD

Un certain nombre de paramètres sont mesurés à ces stations, dont la liste est présentée dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Paramètres mesurés hebdomadairement dans le cadre du réseau hydrologique ARCHYD

Paramètre	Niveau		Début série
	Fond	Sub-surface	
Température	X	X	1988
Salinité	X	X	1988
Matières en suspension		X	1989
Turbidité	X	X	2008
Oxygène	X	X	2008
Ammonium		X	1989
Nitrate+nitrite		X	1988
Phosphate		X	1993
Silicate		X	1988 (mais interruption entre 1995 et 1999)
Chlorophylle a		X	1988

En raison du confinement et des prescriptions de notre direction, ce réseau n'a pas été mis en œuvre entre la mi-mars et la mi-juin 2020.

La bouée SMATCH

Depuis 2008, une bouée destinée à mesurer en continu (acquisition toutes les 15 minutes) la température et la salinité en sub-surface est installée à proximité de la station ARCHYD « Tès » (au nord du banc du Tès, entre les parcs à huîtres et le banc de sable).

En raison du confinement et des prescriptions de notre direction, le nettoyage mensuel de la bouée SMATCH (salissures) n'a pas pu être réalisé entre le 24 février et le 21 mai 2020.

Le modèle MARS-3D

La plateforme de modélisation hydro-sédimentaire MARS-3D (Model for Application at Regional Scale ; Lazure et Dumas, 2008) a été développée par l'Ifremer afin de simuler l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire depuis des échelles régionales jusqu'à des échelles très locales. Le module hydrodynamique calcule le niveau de la surface libre, la courantologie, la température, la salinité et les caractéristiques de la turbulence. Il intègre également un module décrivant explicitement les interactions entre la végétation benthique (ici les herbiers de zostères naines, *Z. noltei*, et de zostères marines, *Z. marina*) et l'hydrodynamique (Kombiadou *et al.*, 2014).

Le modèle MARS-3D utilise le principe des modèles gigognes, qui consiste à construire une série de modèles emboîtés, d'emprise décroissante et de résolution croissante. Pour le cas du Bassin d'Arcachon, quatre modèles (rangs) sont ainsi construits (figure 8), avec des résolutions respectives de 2500, 500, 235 et 65 mètres. Pour cette étude, du fait des temps de calculs importants imposés par sa haute résolution, le dernier rang (rang-3) n'a pas été utilisé. Les rangs 0 et 1 sont utilisés en 2 dimensions (2D), afin d'optimiser les temps de calculs (pas de temps respectifs de 300 et 120 secondes), tandis que le rang-2 est utilisé en 3D avec 15 niveaux sur la verticale et un pas de temps de 3 secondes. Ce dernier rang est pleinement validé en termes d'hydrodynamique, de température et de salinité.

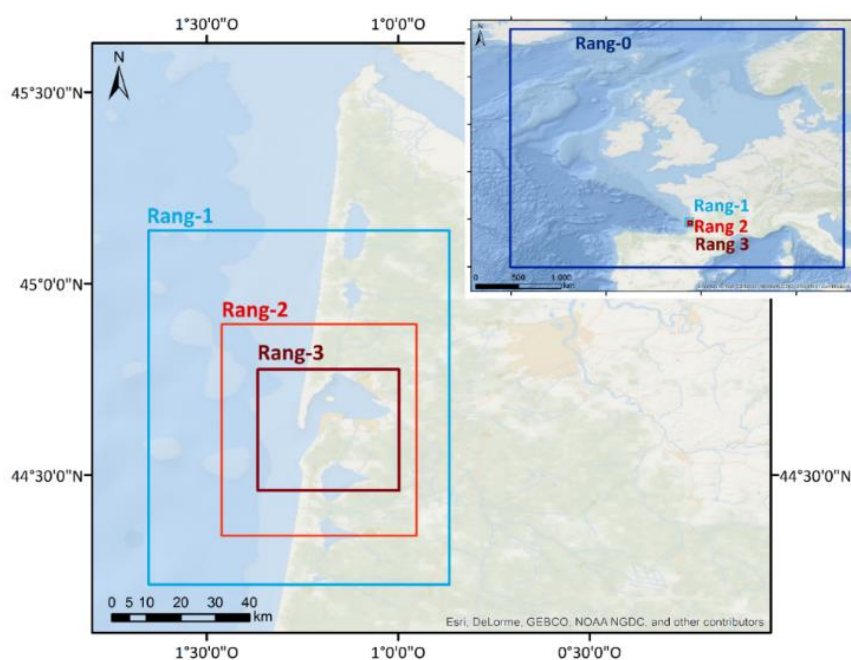


Figure 8 : Emprises spatiales des différents rangs du modèle MARS-3D appliqué au Bassin d'Arcachon

Les différents forçages pris en comptes par le modèle appliqué au Bassin d'Arcachon sont :

- **la marée** : la solution de marée Fes2012 (Carrère *et al.*, 2013) est appliquée au niveau des frontières ouvertes de chacun des rangs ;
- **les conditions météorologiques** : les vitesses et directions de vent, la pression atmosphérique, la température de l'air, la couverture nuageuse, l'humidité relative et les précipitations sont forcées pour chacun des rangs. Les données utilisées sont issues des modèles météorologiques de Météo France : les résultats du modèle ArpègeHR (résolution spatiale de 0,1° et résolution temporelle de 3 heures) sont utilisés pour forcer le rang-0, tandis que les résultats du modèle Arome (résolution spatiale de 0,025° et résolution temporelle de 1 heure) sont utilisés pour les rangs 1 et 2. Ces paramètres permettent de tenir compte (1) des surcotes-décotes atmosphériques dues aux variations de pression atmosphérique et aux vents, (2) des effets du rayonnement solaire, de la température de l'air et de la couverture nuageuse sur la température de l'eau et donc sur l'évaporation (et la salinité de surface), (3) de l'effet des précipitations sur la salinité de surface ;
- **les apports continentaux** : il s'agit ici du débit des rivières et autres exutoires du Bassin d'Arcachon. Ces forçages ne sont appliqués qu'au rang-2 ;
- **les températures et salinités aux frontières ouvertes** : les données utilisées proviennent des simulations réalisées dans le cadre du projet MARC (Ifremer) couvrant l'ensemble du Golfe de Gascogne à une résolution spatiale de 2500 m et une résolution temporelle horaire. Ces forçages ne sont appliqués qu'au rang-2.

La bathymétrie utilisée est une composition des données du LiDAR 2016 (Institut Géographique National), du levé bathymétrique 2016 (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) et de levés bathymétriques plus anciens provenant du Service Maritime de Navigation de la Gironde et du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

Trois simulations ont été réalisées :

- **printemps 2007** : correspondant à une année moyenne en termes de débits sur les mois d'avril et de mai ;
- **printemps 2012** : correspondant à une année pluvieuse et de débits importants sur les mois d'avril et de mai ;
- **printemps 2020** : la période d'intérêt.

Pour chacune des simulations, le modèle a été lancé sur la période du 1^{er} mars au 1^{er} juin de l'année considérée, avec un enregistrement des résultats de salinité toutes les 30 minutes. Des statistiques temporelles (salinité moyenne, salinité minimale et amplitude journalière maximale) ont été calculées sur le mois de mai de l'année considérée.

1.3.2. Résultats

a. Le Tès : Données ARCHYD et bouée SMATCH

Les données de salinité en sub-surface obtenues à la station « Tès » entre mars 1988 et mars 2020 dans le cadre du réseau ARCHYD sont présentées sur la figure 9. Il apparaît sur ce graphe que les plus faibles salinités mesurées sont de 15 environ (fin d'année 1992), et que les valeurs inférieures à 20 sont rares et très généralement observées en hiver.

Il convient toutefois de rappeler qu'en raison du confinement, aucune donnée n'a pu être acquise aux mois d'avril et de mai 2020.

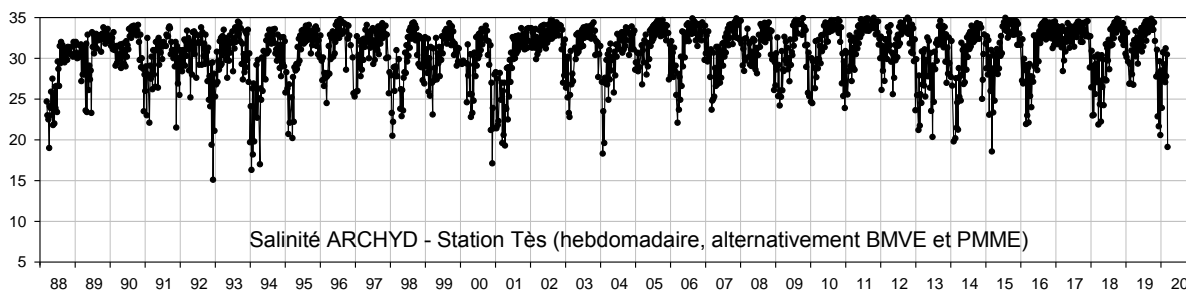


Figure 9 : Évolution des salinités en sub-surface mesurées à la station Tès du réseau ARCHYD entre mars 1988 et mars 2020

Les **seules mesures** de salinité dont on dispose pendant la crue de mai 2020 sont celles acquises par la sonde de la bouée Smatch du Tès (Figure 10).

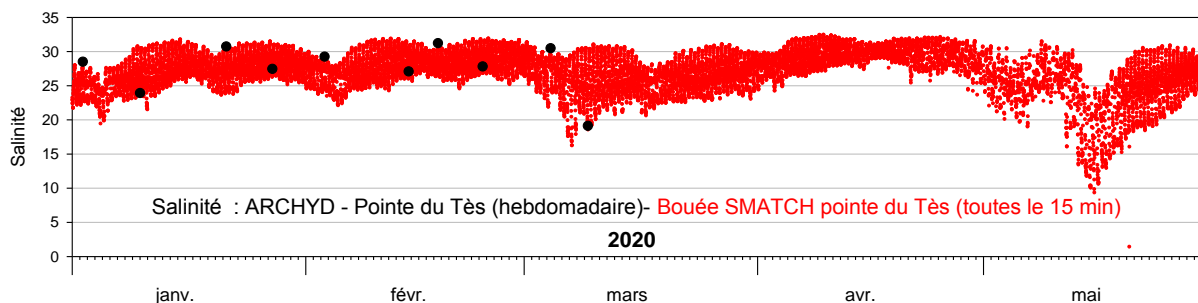


Figure 10 : Évolution des salinités en sub-surface mesurées à la station « Tès » du réseau ARCHYD entre janvier et mars 2020 et par la bouée SMATCH entre janvier et mai 2020

Les dessalures modérées de début mars et de tout début mai, consécutives à l'augmentation de débit de l'Eyre à ces périodes, sont clairement visibles sur la Figure 10, avec des valeurs minimales atteignant respectivement 15 et 18.

L'épisode de dessalure de la mi-mai a été plus long et plus drastique, avec douze jours pendant lesquels la salinité atteignait des valeurs inférieures à 20 et six jours pendant lesquels elle atteignait des valeurs inférieures à 15, avec un minimum de 10 environ.

Au cours de cet épisode, l'amplitude de la salinité a été particulièrement marquée (environ 15 unités) (Figure 11). Sur cette figure, nous avons fait apparaître la date de nettoyage de la sonde SMATCH (21 mai), qui, à cause du confinement, n'avait pas été entretenue depuis deux mois (24 février). Cette absence d'entretien aurait pu provoquer une dérive de la sonde, mais au regard des valeurs mesurées avant et après ce nettoyage, il apparaît que cela n'a pas été le cas.

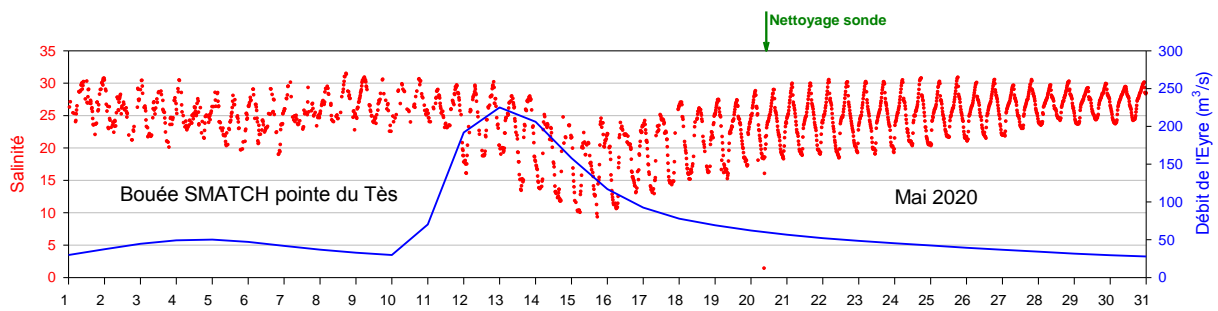
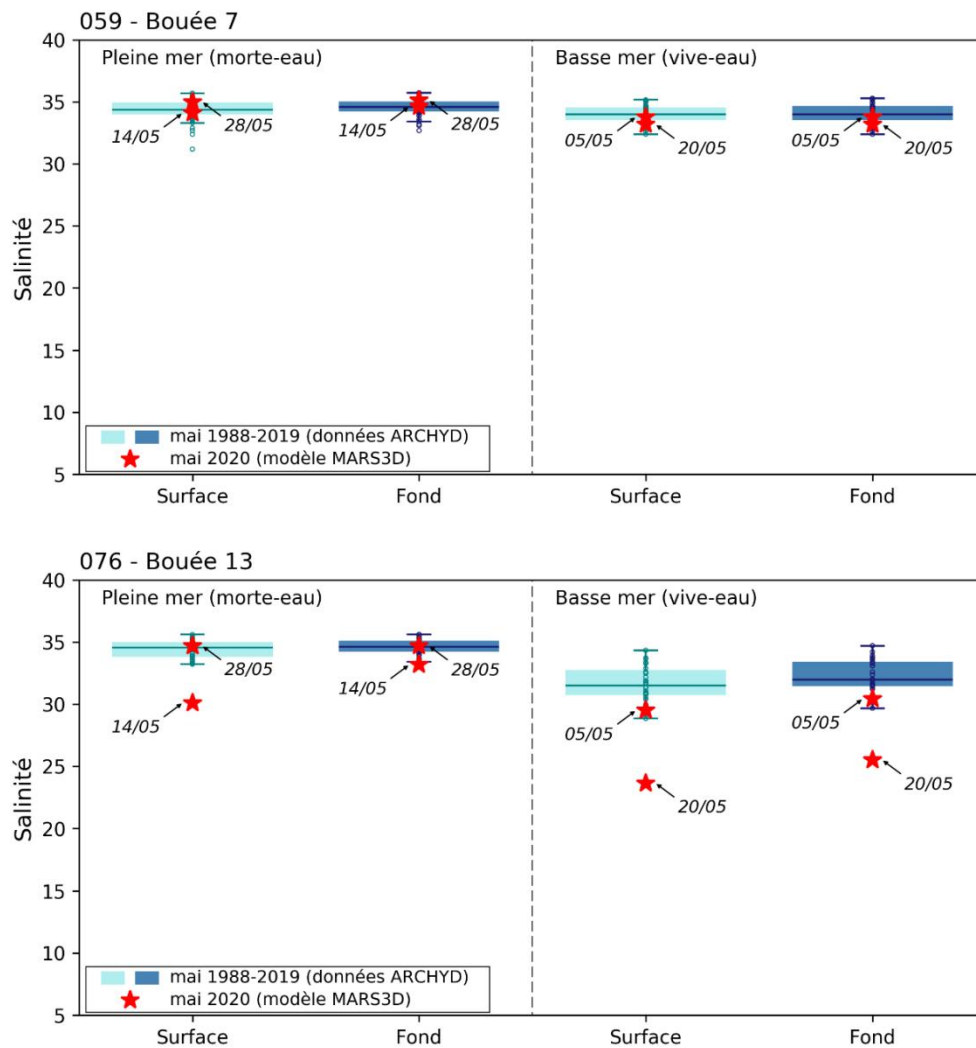
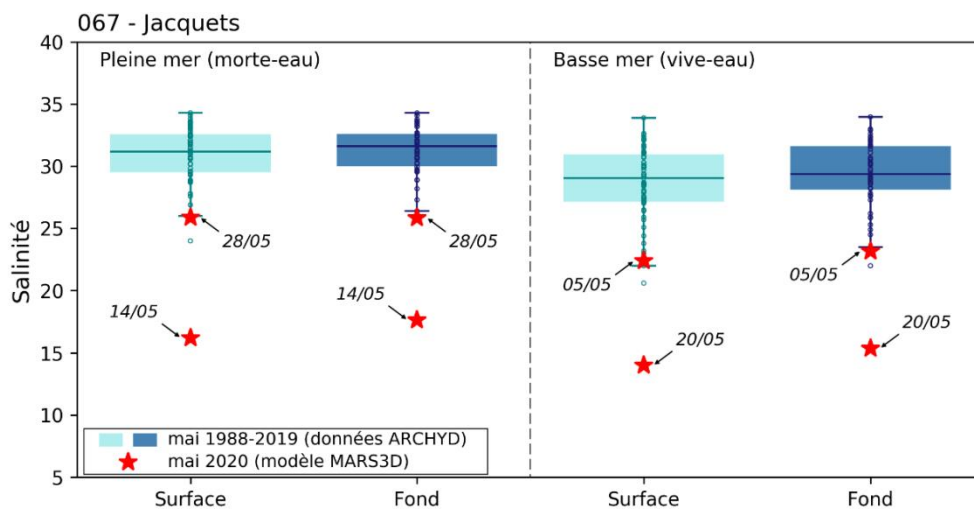
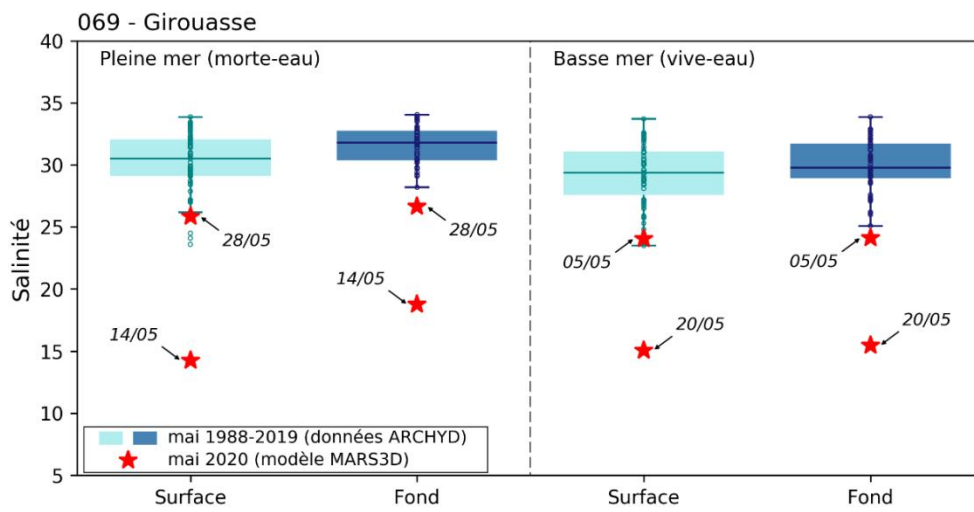
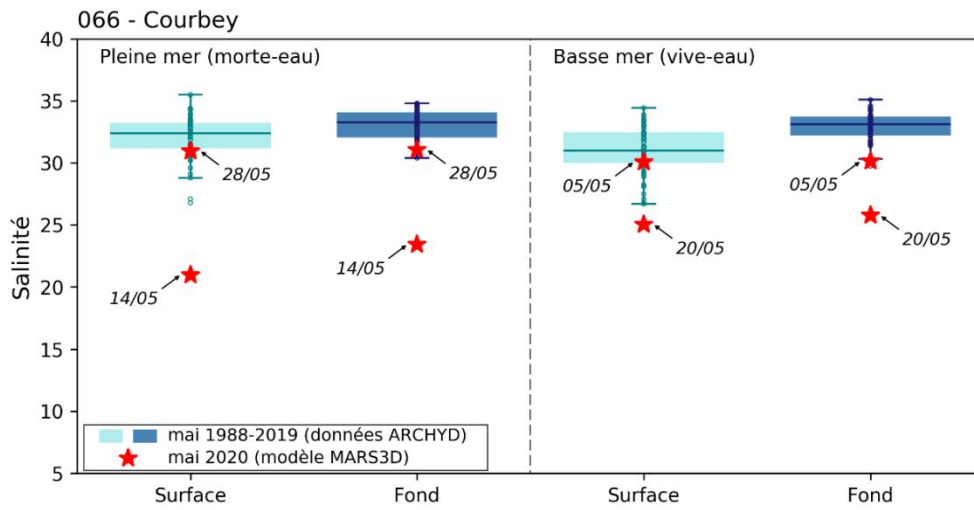


Figure 11 : Évolution des salinités en sub-surface mesurées au nord du banc du Tès en mai 2020

b. Ensemble des stations ARCHYD

Les données de salinité obtenues dans le cadre du réseau ARCHYD au cours des mois de mai 1988 à 2019 sur les différents points du réseau ont été tracés sous forme de boîtes à moustaches. Sur ces figures ont été rajoutées les salinités calculées par le modèle MARS-3D pour les dates où l'échantillonnage aurait dû avoir lieu au cours du mois de mai 2020 (5 et 20 mai pour la Basse Mer de Vive Eau, 14 et 28 mai pour la Pleine Mer de Morte Eau).





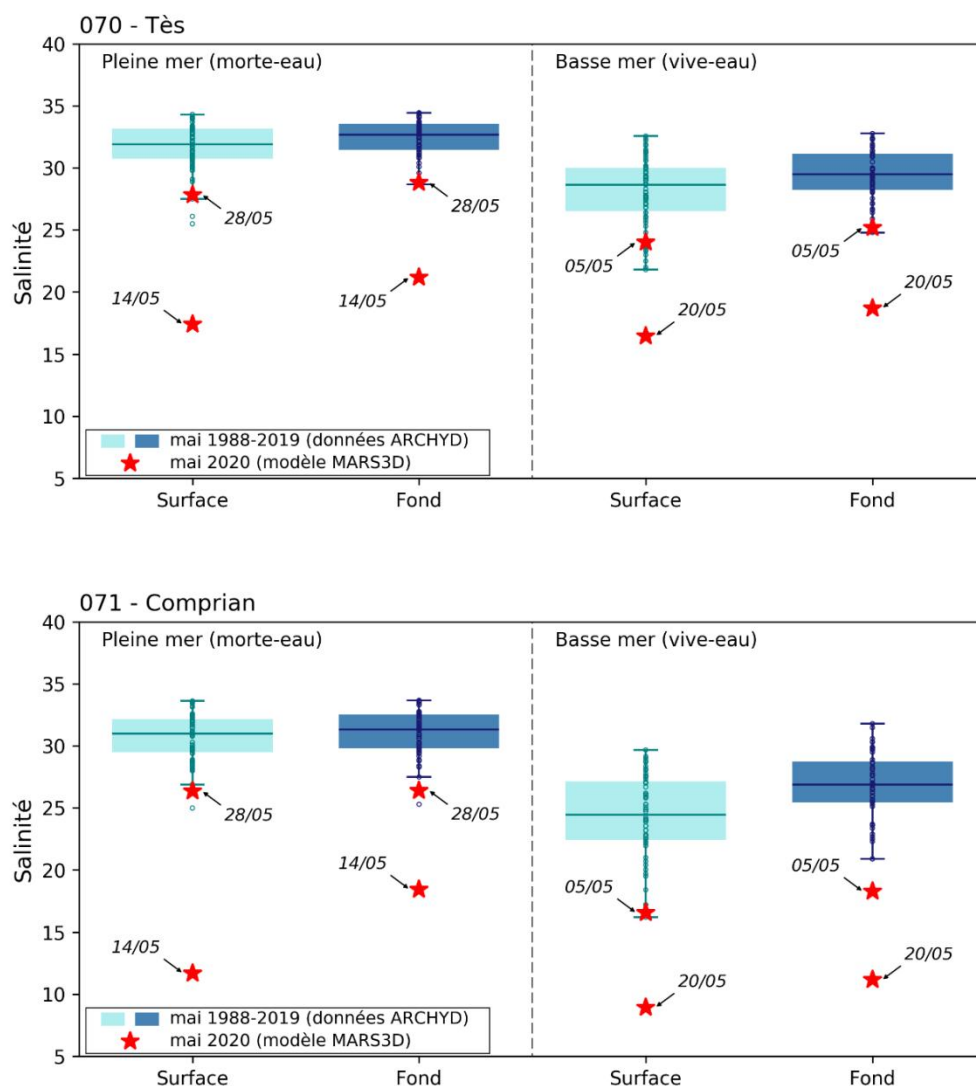


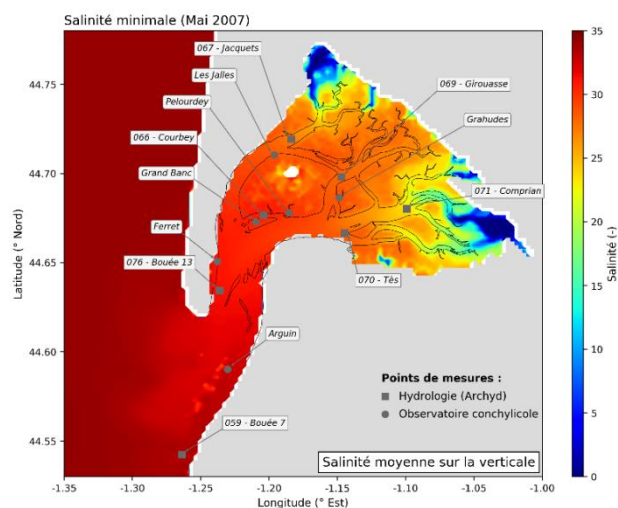
Figure 12 : Salinités dans les différentes stations ARCHYD (1) mesurées au cours des mois de mai de 1988 à 2019 – boîtes à moustaches ; et (2) calculées par le modèle MARS-3D pour le mois de mai 2020 – croix rouges

Les graphiques de la figure 12 mettent bien en évidence l’occurrence de salinités exceptionnellement faibles par rapport aux mois de mai des autres années, les 14 et 20 mai 2020, pour l’ensemble des stations du réseau ARCHYD, exception faite de la station la plus océanique « Bouée 7 ».

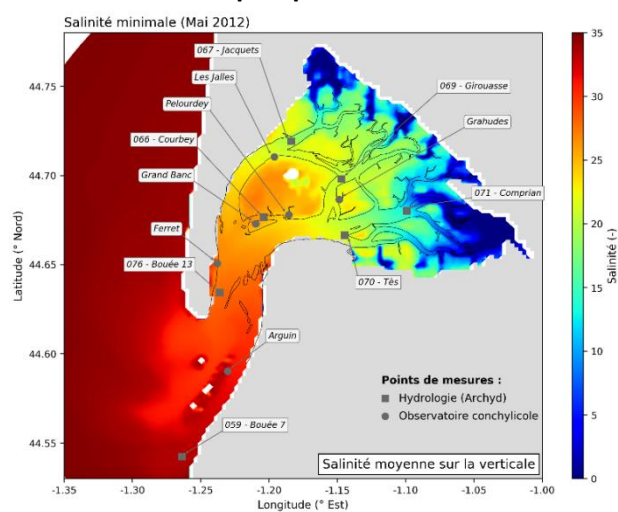
c. Représentation spatiale de la salinité

Des cartes présentant les résultats spatialisés du modèle MARS-3D ont été établies. Elles présentent la situation de mai 2020 et celles des mois de mai 2007 et mai 2012. Le mois de mai 2007 est caractérisé par un débit moyen de l’Eyre égal à la médiane des résultats obtenus entre 1988 et 2019 (16,5 m³/s); il peut donc être considéré comme une référence. Le mois de mai 2012, marqué par de fortes précipitations, est caractérisé par un fort débit moyen de l’Eyre (37,4 m³/s). Sur ces cartes sont représentées les stations du réseau ARCHYD et les points suivis par le CREA pour y mesurer la croissance et la mortalité de différents lots d’huîtres (cf. Chapitre 2).

Printemps « normal » - 2007



Printemps « pluvieux » - 2012



2020

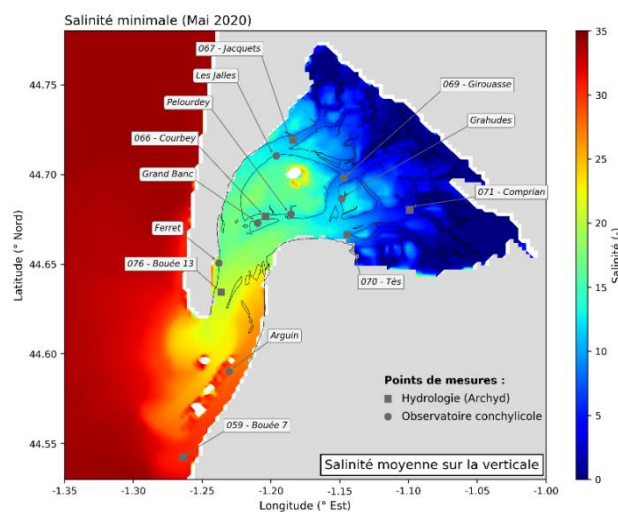
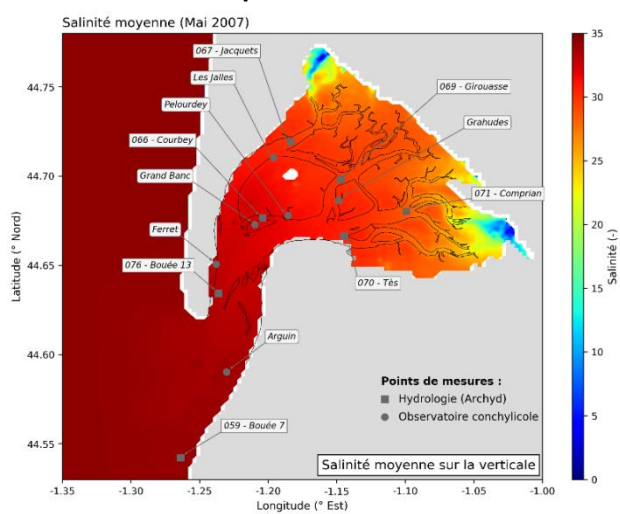
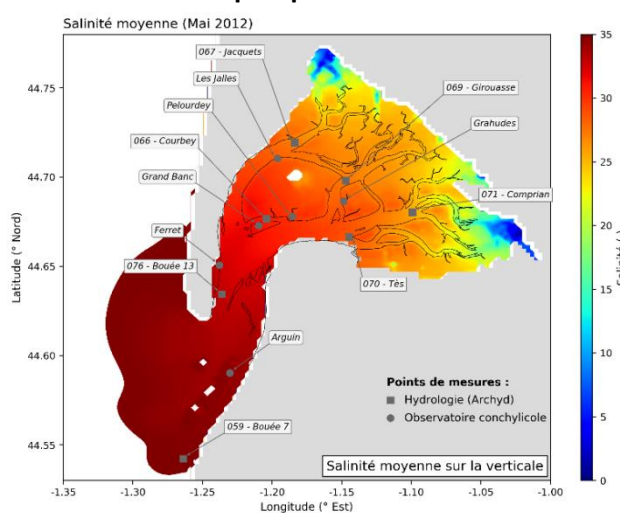


Figure 13-1 : Salinité minimale au mois de mai : résultats spatialisés du modèle MARS-3D, pour les mois de mai 2007, 2012 et 2020

Printemps « normal » - 2007



Printemps « pluvieux » - 2012



2020

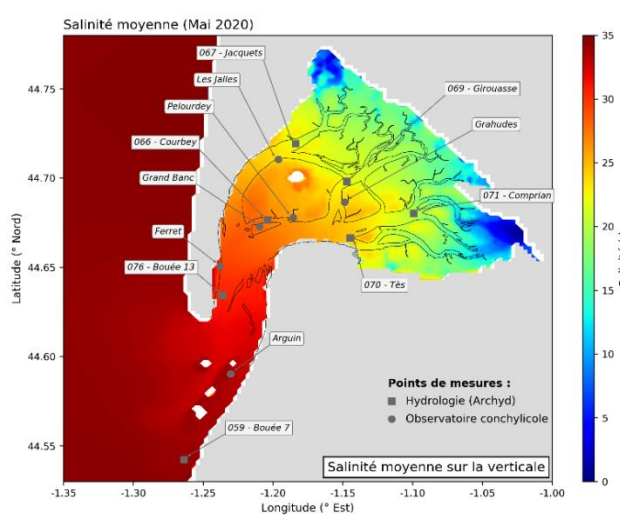
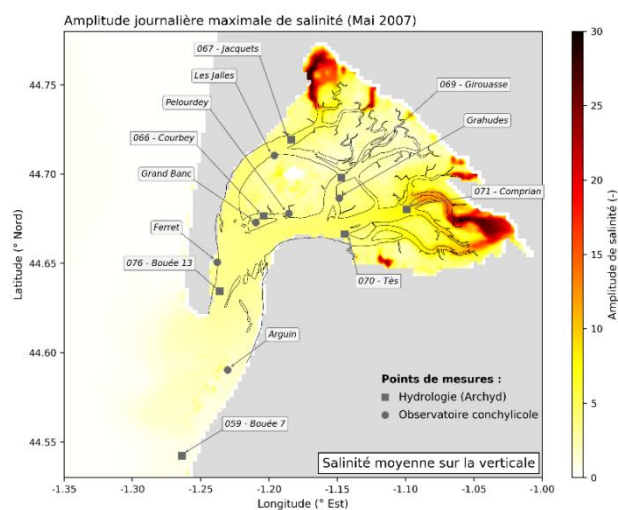
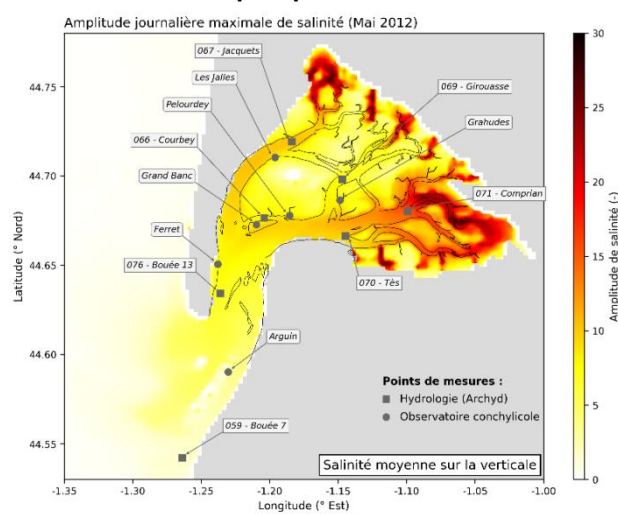


Figure 13-2 : Salinité moyenne au mois de mai : résultats spatialisés du modèle MARS-3D, pour les mois de mai 2007, 2012 et 2020

Printemps « normal » - 2007



Printemps « pluvieux » - 2012



2020

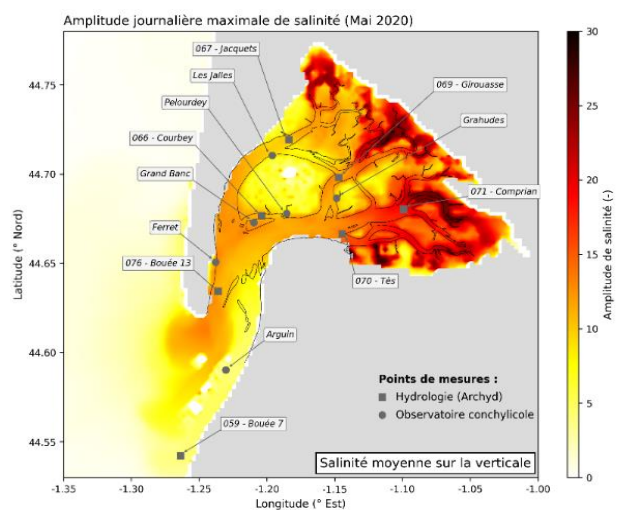


Figure 13-3 : Amplitude maximale de salinité au mois de mai : résultats spatialisés du modèle MARS-3D, pour les mois de mai 2007, 2012 et 2020

Salinité minimale (Figure 13-1) :

- Lors d'un printemps normal (mai 2007), les fortes dessalures (<10) restent localisées à proximité des principaux exutoires. Dans la majeure partie du Bassin, la salinité ne descend pas en dessous de 25.
- Lors d'un printemps pluvieux (mai 2012), on observe une extension des zones de forte dessalure sur toute la rive orientale du Bassin. Par ailleurs la partie interne de la baie est soumise à des salinités comprises entre 15 et 25.
- En 2020, les zones fortement dessalées (<10) occupent toute la zone située à l'est de l'île aux Oiseaux. On ne retrouve des salinités supérieures à 25 qu'au niveau de la Passe Sud et à l'extérieur du Bassin.

Salinité moyenne (Figure 13-2) :

- Lors d'un printemps normal (mai 2007) seules les embouchures de l'Eyre et du Canal du Porge présentent de fortes dessalures. Les zones situées à l'est de l'île aux Oiseaux présentent des salinités comprises entre 25 et 30.
- Lors d'un printemps pluvieux (mai 2012), on n'observe pas d'extension des zones les plus fortement dessalées, mais les zones situées à l'est de l'île aux Oiseaux présentent des salinités comprises entre 20 et 25.
- En 2020, on observe une extension des zones de forte dessalure et les zones situées à l'est du Grand Banc présentent des salinités comprises entre 15 et 25.

Amplitude journalière maximale de salinité (Figure 13-3) :

- Lors d'un printemps normal (mai 2007), seules les zones situées à proximité des exutoires présentent des amplitudes haline supérieures à 20, pour le reste du Bassin, ces amplitudes sont de l'ordre de 5.
- Lors d'un printemps pluvieux (mai 2012), les zones marquées par une forte amplitude journalière sont plus étendues, notamment dans le quart sud-est du Bassin. Dans les chenaux du Piquey et du Teychan, les amplitudes haline sont de l'ordre de 10.
- En 2020, la quasi-totalité des zones orientales du Bassin subissent une amplitude de salinité supérieure à 20, et les chenaux du Teychan et du Piquey jusqu'au droit du Cap Ferret subissent des amplitudes haline de l'ordre de 15.

Synthèse sur les conditions du milieu :

On peut considérer que les salinités atteintes dans le Bassin d'Arcachon au cours cet épisode de la mi-mai 2020 étaient exceptionnellement faibles, résultant d'un débit de crue de l'Eyre exceptionnellement élevé (le plus fort jamais enregistré depuis 30 ans), lié à des événements pluvieux très importants et limités dans le temps.

Bien que cet événement ait touché l'ensemble du Bassin, l'intensité des dessalures a présenté un gradient décroissant est-ouest assez marqué.

2. Les mortalités d'huîtres en 2020

2.1. Source de données

- Depuis 2017, le CREAA a mis en place un **suivi des performances d'élevage (croissance et mortalité) des huîtres creuses naturelles** dans le bassin d'Arcachon à différentes stations (Figure 14).



Figure 14 : Localisation des stations de suivi par le CREAA des performances d'élevage des huîtres creuses naturelles

Trois classes d'âge sont prises en compte : naissain (mise en place en mars), 18 mois et 30 mois (mise en place en février).

La fréquence d'observation est variable pour les différentes classes d'âge mais une visite commune à ces trois types de lots est réalisée pendant la seconde moitié du mois de juin.

Afin de prendre en compte le possible impact des dessalures de la mi-mai 2020 sur les mortalités, nous avons choisi de calculer les mortalités journalières, entre la mise à l'eau au mois de mars et la visite du mois de juin, pour chaque lot, chaque site et chaque année de suivi. Les données des années 2017 à 2019 servent de référence pour caractériser celles de l'année 2020.

- Depuis 2017 également, le CREAA participe à un réseau national (SIPEN) dans le cadre duquel les **performances d'élevage (croissance et mortalité) des huîtres creuses provenant d'écloserie (diploïdes et triploïdes)** sont mises à l'eau aux environs de la mi-mars et suivies, à une fréquence trimestrielle : fin de printemps (fin du mois de juin), fin d'été et fin d'automne. Il faut remarquer qu'en 2020 la mise à l'eau de ces lots a eu lieu plus tardivement, entre le 8 et le 22 avril.

Ce suivi ne concerne que deux des stations présentées sur la figure 14 : Grahudes et Grand Banc. Pour les raisons invoquées précédemment, nous n'avons retenu ici que les données de mortalité de la fin du mois de juin.

2.1. Résultats

Les données de mortalité mesurées dans le cadre de ces deux réseaux sont présentées sur les figures 15 et 16.

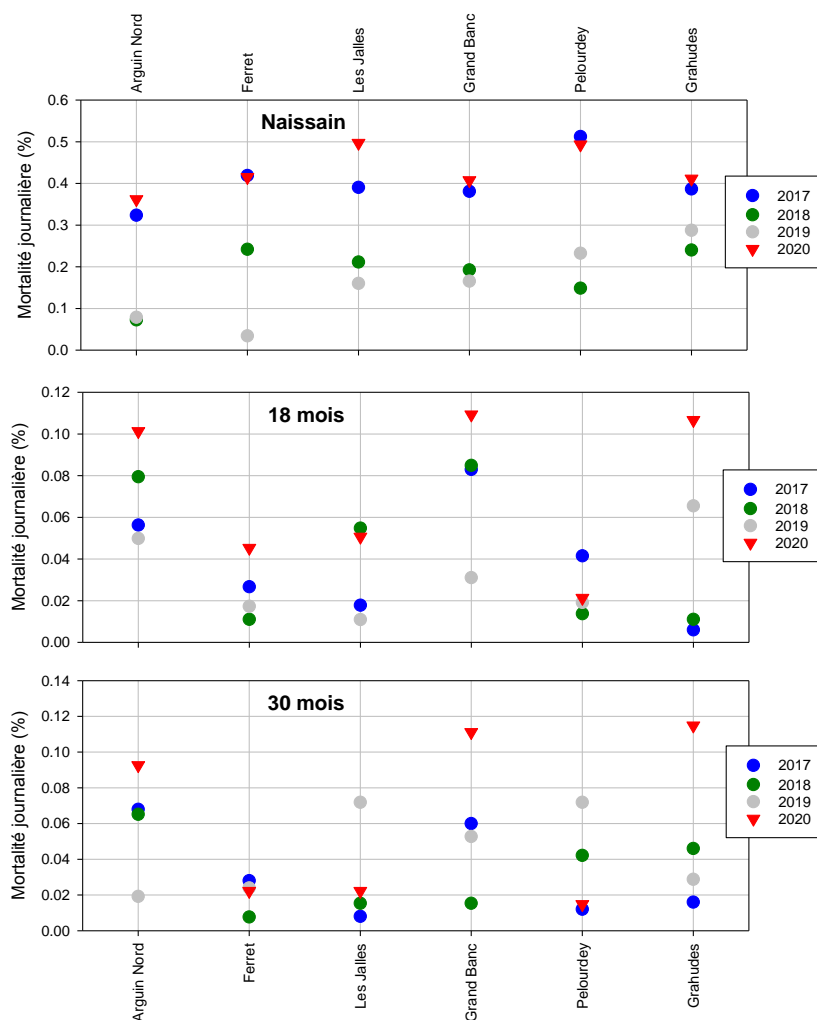


Figure 15 : Pourcentage moyen des mortalités journalières printanières (de début mars à fin juin) des huîtres naturelles, entre 2017 et 2020

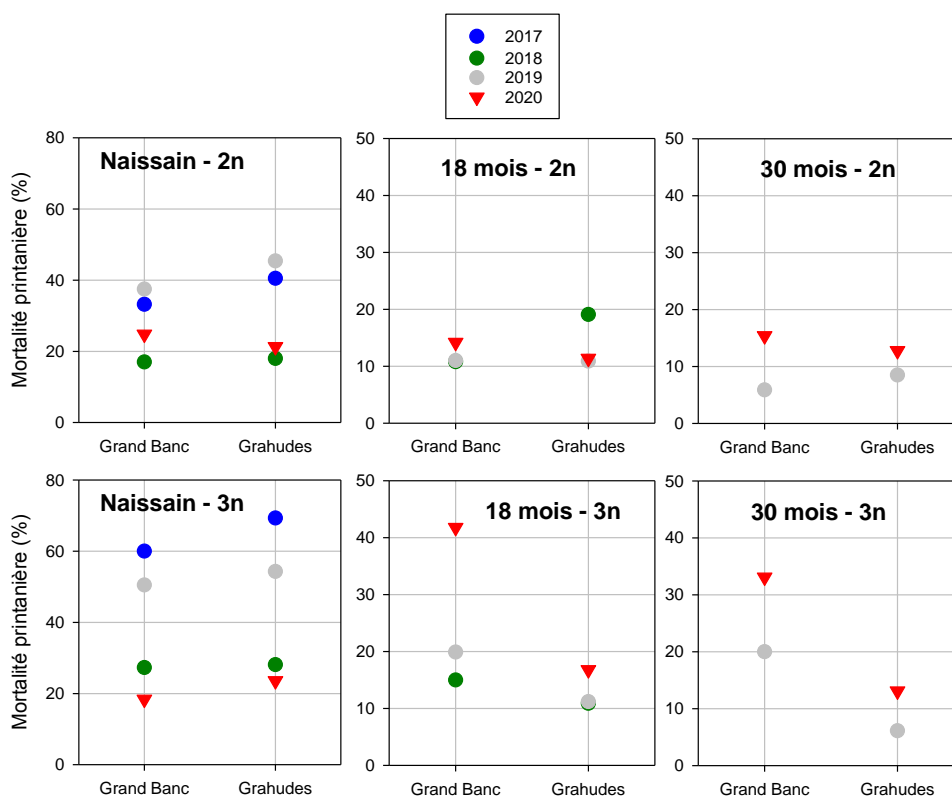


Figure 16 : Pourcentage cumulé des mortalités printanières (de début mars à fin juin) des huîtres issues d'écloserie (diploïdes, 2n et triploïdes, 3n), entre 2017 et 2020

L'examen de ces figures permet de faire les observations suivantes :

- **Naissain :** Les deux types de naissain (naturel et d'écloserie) présentent une mortalité très variable selon les années, et qui n'est pas exceptionnellement élevée en 2020, hormis sur la station Les Jalles pour le naissain naturel. On notera cependant que les mortalités des naissains naturels en 2020 se situent dans les valeurs hautes de la série (proches de celles de 2017 caractérisée par un printemps particulièrement sec), et plutôt dans les valeurs basses pour le naissain d'écloserie.
- **Adultes (18 mois et 30 mois) :** En ce qui concerne les huîtres naturelles, trois sites présentent des mortalités plus élevées en 2020 qu'au cours des trois années précédentes : Arguin nord, Grand Banc et Grahudes. Dans les trois autres stations, généralement caractérisées par de plus faibles mortalités, cela n'est pas le cas. Pour les huîtres issues d'écloserie, il est difficile d'interpréter les données de survie du 30 mois (seulement deux années de suivi), mais dans tous les cas les mortalités printanières ont été plus élevées en 2020 qu'en 2019. Les huîtres diploïdes d'écloserie âgées de 18 mois ne subissent pas de mortalités particulièrement élevées en 2020, et c'est également le cas pour les triploïdes des Grahudes. Seules les triploïdes de la station Grand Banc présentent en 2020 des mortalités beaucoup plus élevées qu'au cours des deux années précédentes.

Synthèse sur les mortalités d'huîtres :

Alors que les naissains n'ont généralement pas présenté, au printemps 2020, de mortalités exceptionnellement élevées par rapport aux années précédentes, les huîtres adultes (18 et 30 mois) semblent avoir présenté une surmortalité, mais uniquement dans certains sites : Arguin nord, Grand Banc et Grahudes pour les huîtres naturelles et Grand Banc pour les triploïdes.

3. Les conditions halines sont-elles susceptibles d'avoir un effet sur la mortalité des huîtres creuses ?

L'huître japonaise *Crassostrea gigas* est une espèce très **euryhaline**, apte à tolérer une large gamme de salinité, 5-40 (Galstoff, 1964). Elle est toutefois susceptible d'être affectée par de fortes et brutales modifications du milieu aquatique, notamment sur les plans thermiques et halins, qui provoquent des **stress** propres à affecter sa physiologie, ce qui peut notamment la rendre plus sensible aux agents pathogènes (Lacoste *et al.*, 2002). En fonction de l'intensité, de la durée, et de la période de l'année où ces stress s'appliquent, l'intensité de leurs effets sur les populations est toutefois variable (La Peyre *et al.*, 2013).

Outre cette notion de stress, lié à l'amplitude des conditions du milieu subies par ces animaux, les **faibles salinités** associées à un fort débit des cours d'eau semblent favoriser la **mortalité des huîtres adultes**, comme l'ont montré Thomas *et al.* (2018) et Fleury *et al.* (2020) en utilisant les données issues d'huîtres déployées dans l'ensemble des sites ostréicoles français. Pour expliquer ce phénomène, ces auteurs suggèrent un effet négatif des apports terrestres, en termes de matières en suspension et de substances colorées, qui en limitant la pénétration de la lumière dans l'eau, provoquent une diminution de son **potentiel « épurateur » vis-à-vis des microorganismes pathogènes** ainsi qu'une diminution de la **production de phytoplancton** qui sert de nourriture pour les huîtres.

En ce qui concerne le **phytoplancton**, on dispose de données récoltées avant (4 et 11 mai), pendant (18 mai) et après (25 mai) l'épisode de crue, depuis de la jetée d'Eyrac durant le confinement. Ces données peuvent être comparées avec celles acquises sur la station Teychan bis, située au large de cette jetée, échantillonnée régulièrement à pleine mer (et à basse mer depuis plusieurs années) dans le cadre du REPHY¹. L'examen des séries historiques montre que le bloom phytoplanctonique printanier intervient, selon les années, entre mars et mai. En mai 2020, le peuplement phytoplanctonique était très pauvre avant et pendant l'épisode de crue et le bloom n'a été mis en évidence qu'après cet épisode, le 25 mai, avec différentes espèces présentant de fortes abondances. **Un effet négatif de la crue sur le développement phytoplanctonique ne peut donc être directement mis en évidence, même s'il n'est pas impossible que ces conditions aient retardé l'apparition de ce bloom printanier.** Par ailleurs, on peut signaler qu'un échantillon récolté en début de jusant à la jetée de la Chapelle le 16 mai, au cœur de la crue, contenait plusieurs espèces d'eau douce, ce qui est très rarement observé, y compris à basse mer sur la station Teychan bis.

Du strict point de vue des **pathogènes**, les faibles salinités pourraient avoir des effets différents selon l'agent incriminé. En ce qui concerne l'herpès virus OsHV-1 qui induit les mortalités chez les naissains, Fuhrmann *et al.* (2016) ont montré expérimentalement que les faibles salinités induisent une diminution de son caractère infectieux.

Par contre, *Vibrio aestuarianus*, bactérie impliquée dans les mortalités d'huîtres adultes serait peut-être pour sa part plutôt favorisée par les faibles salinités. En effet, même si aucun effet de ce facteur sur sa prévalence dans le milieu naturel n'a, à notre connaissance, été démontré, la viabilité en laboratoire de cette bactérie est plus élevée pour une salinité de 20 que de 35 (Vezzulli *et al.*, 2015).

Plus généralement, il semble que la salinité influe sur les mécanismes de défense des huîtres à travers des processus métaboliques. En effet, chez une autre espèce d'huître *Saccostrea glomerata*, les travaux de Butt *et al.* (2005) ont montré que les faibles salinités peuvent induire une diminution de l'activité de la phénoloxidase, composant clef de l'immunité de nombreux invertébrés.

¹ Le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY)

4. Les fortes dessalures de la mi-mai 2020 sont-elles responsables de la surmortalité des huîtres du Bassin d’Arcachon au cours du printemps 2020 ?

L’examen des résultats présentés dans les chapitres précédents, relatifs à la salinité et aux mortalités permet de faire les constatations suivantes :

- le classement des stations de l’observatoire ostréicole du CREAA en matière d’anormalité haline liée à cet évènement de crue permet de distinguer 4 groupes pour la **salinité minimale** : (1-le plus impacté) Grahudes, (2) Les Jalles - Pelourdey – Grand Banc, (3) Ferret, (4 – le moins impacté) Arguin. En matière **d’amplitude journalière de salinité**, les stations peuvent être regroupées de la sorte : (1) Grahudes, (2) Les Jalles - Pelourdey – Grand Banc - Ferret, (3) Arguin ;
- les stations de l’observatoire CREAA sur lesquelles ont été observées de plus fortes mortalités printanières en 2020 que lors des années précédentes n’appartiennent pas nécessairement au(x) groupe(s) présentant les anormalités halines les plus importantes. En effet, ces surmortalités s’observent à la fois sur le point Grahudes (forte anormalité haline) et sur le point Arguin (faible anormalité haline). Par ailleurs, au sein d’un même groupe d’anormalité haline, certaines stations présentent une surmortalité alors que d’autres non. Ainsi, alors que les huîtres de la station Grand Banc ont présenté une plus forte mortalité en 2020, cela n’a pas été le cas pour les autres stations du groupe halin intermédiaire (Les Jalles, Pelourdey, Ferret).

Ces résultats plaident en faveur d’un possible effet des fortes dessalures sur les populations les plus orientales (Grahudes). Par contre, il est peu probable que les surmortalités observées à Arguin, où la dessalure a été très peu marquée, puissent être expliquées par cet évènement. En ce qui concerne les populations intermédiaires du point de vue des dessalures (Les Jalles, Pelourdey, Grand Banc, Ferret), la disparité du niveau de mortalité 2020 par rapport aux années précédentes, y compris dans des stations très proches entre elles, ne permet pas de conclure sur un possible effet de la dessalure sur la survie des huîtres constatée un mois et demi après la crue.

Synthèse sur les relations entre l’évènement météorologique de mai 2020 et les mortalités d’huîtres :

Il est possible que les conditions halines résultant des débits de l’Eyre exceptionnellement élevés, liées à une pluviométrie également exceptionnelle en termes de quantité et de temporalité, puissent expliquer la surmortalité des huîtres dans les zones les plus orientales du Bassin d’Arcachon. Pour les populations situées dans sa partie ouest, cette relation de causalité ne peut être mise en évidence d’après les données dont nous disposons.

Références bibliographiques

- Butt, D., Shaddick, K., & Raftos, D. (2006). The effect of low salinity on phenoloxidase activity in the Sydney rock oyster, *Saccostrea glomerata*. *Aquaculture*, 251(2-4), 159-166.
- Carrère L., Lyard F., Cancet M., Guillot A., Roblou L. (2013). FES2012: A new global tidal model taking advantage of nearly twenty years of altimetry. *20 Years of Progress in Radar Altimetry Symposium (Venice, Italy), 24-29 September 2013*.
- Fleury, E., Barbier, P., Petton, B., Normand, J., Thomas, Y., Pouvreau, S., ... & Pernet, F. (2020). Latitudinal drivers of oyster mortality: deciphering host, pathogen and environmental risk factors. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12.
- Fuhrmann, M., Petton, B., Quillien, V., Faury, N., Morga, B., & Pernet, F. (2016). Salinity influences disease-induced mortality of the oyster *Crassostrea gigas* and infectivity of the ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1). *Aquaculture Environment Interactions*, 8, 543-552.
- Galtsoff, P.S. (1964). The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *US Fisheries Bulletin* 64, 1-480.
- Kombiadou K, Ganthy F., Verney R., Plus M., Sottolichio A. (2014). Modelling the effects of *Zostera noltei* meadows on sediment dynamics: application to the Arcachon lagoon. *Ocean Dynamics*, 64:1499-1516.
- La Peyre, M. K., Eberline, B. S., Soniat, T. M., & La Peyre, J. F. (2013). Differences in extreme low salinity timing and duration differentially affect eastern oyster (*Crassostrea virginica*) size class growth and mortality in Breton Sound, LA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 146-157.
- Lacoste, A., Malham, S. K., Gélébart, F., Cueff, A., & Poulet, S. A. (2002). Stress-induced immune changes in the oyster *Crassostrea gigas*. *Developmental & Comparative Immunology*, 26(1), 1-9.
- Lazure P., Dumas F. (2008). An external-internal mode xcoupling for 3D hydrodynamical model for application at regional scale (MARS). *Advances in water ressources*, 31(2):233-250.
- Thomas, Y., Cassou, C., Gernez, P., & Pouvreau, S. (2018). Oysters as sentinels of climate variability and climate change in coastal ecosystems. *Environmental Research Letters*, 13(10), 104009.
- Vezzulli, L., Pezzati, E., Stauder, M., Stagnaro, L., Venier, P., & Pruzzo, C. (2015). Aquatic ecology of the oyster pathogens *Vibrio splendidus* and *Vibrio aestuarianus*. *Environmental Microbiology*, 17(4), 1065-1080.