

Résultats des
paramètres
physico-chimiques
du golfe de Fos



2023



Audrey SOULOUMIAC
audrey.souloumiac@institut-ecocitoyen.fr
04 90 55 40 40 / 07 63 01 82 92

Institut Ecocitoyen pour la Connaissance des Pollutions
RD268 - Centre de vie la Fossette - 13270 Fos-sur-Mer 04.90.55.49.94 – www.institut-ecocitoyen.fr

Le présent rapport est publié sous licence CC-BY-ND



Les données, les interprétations et les images présentes dans ce rapport sont la propriété de l'Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, libres d'accès et d'utilisation à condition de citer les références du rapport et d'indiquer la source des données, photos, et graphiques ("Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions - Fos sur Mer").

Il ne sera pas apporté de modifications à la version originale du rapport à des fins de diffusion. L'Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions ne pourra être tenu responsable de toute interprétation réalisée par un tiers et qui n'est pas explicitement détaillée dans ce rapport.

Pour citer ce rapport :

Audrey Souloumiac. Résultats des paramètres physico-chimiques du golfe de Fos effectués par le réseau VOCE en 2022. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2023.

L'Institut Écociroyen tient à remercier les volontaires du réseau VOCE Salinité et plus particulièrement Christian Dupitier, Michel Trolliet, Jean Arpison de Port-de-Bouc et Jacques Carle de Port-Saint-Louis-du-Rhône, qui ont donné de leur temps pour effectuer les sorties au cours l'année 2022. Une pensée particulière à Marine Périot pour son travail et son implication auprès des VOCE au cours de son passage à l'Institut.

Les mesures réalisées pour ce rapport ont bénéficié d'un soutien financier de la ville de Fos-sur-mer, de la Métropole Aix-Marseille-Provence ainsi que du programme CNRS-LEFE-CHAT (programme National-Les Enveloppes Fluides et l'Environnement-Chimie Atmosphérique) du Project "SURFACTS" coordonné par Anne Monod (LCE, Aix-Marseille Université).



Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE)

I. Contexte et objectifs

L'Institut Écociroyen a fondé l'Observatoire Citoyen de l'Environnement afin de répondre à une demande croissante sur les impacts écologiques et sanitaires des zones industrielles du golfe de Fos et de l'étang-de-Berre. Cette démarche intègre la population directement dans une réelle approche scientifique. Elle permet, à la fois, d'être une source informative mais également de fonder des échanges sur un socle de confiance entre science et information. Cet observatoire propose ainsi aux citoyens de participer directement à certaines études lancées par l'Institut Écociroyen sur l'observation et le suivi des milieux. Ces études, basées sur des protocoles scientifiques réalisés en étroite collaboration entre les chercheurs de l'Institut et les volontaires, intègrent l'action des citoyens à l'initiative des questions de recherche, à au moins à une étape de la méthode. Les volontaires peuvent ainsi être amenés à intervenir lors des phases préliminaires (reconnaitances de terrain, historiques d'usage, choix d'espèces indicatrices...) et des phases opérationnelles (réalisations de prélèvements, suivis de paramètres...).

L'intérêt mutuel est ainsi de répondre à un questionnement précis à l'aide de connaissances en façonnant des études scientifiques correspondant aux enjeux citoyens spécifiques, fondées sur la connaissance locale et bénéficiant d'une ampleur multipliée par l'intervention des volontaires. Il s'agit ainsi de constituer un groupe de citoyens à l'interface du territoire, des décideurs et du monde scientifique facilitant d'une part la transmission de l'information aux populations riveraines, et, d'autre part, positionner les habitants dans une posture participative à ces grands questionnements de santé environnementale.

I.1. Observatoire citoyen des paramètres physico-chimiques du golfe de Fos-sur-mer

Sur la base du questionnement des habitants du pourtour du golfe de Fos, initialement lié aux rejets de saumures au large de Lavera, l'Institut Écociroyen effectue dans le cadre de l'Observatoire Citoyen de l'Environnement le suivi de paramètres physico-chimiques lors de sorties en mer réalisées grâce aux citoyens volontaires de Port-de-Bouc et Port-Saint-Louis-du-Rhône. Cette structure a été mise en œuvre en 2010 avec le soutien du Ministère en charge de l'écologie et du développement durable, et a été labellisée par la commission pluraliste REPERE sur les sciences participatives. L'Observatoire VOCE assure la logistique en fonction de la disponibilité des volontaires, la réalisation des protocoles de mesures et l'interprétation des résultats.

I.2. Objectifs

L'action vise à collecter une fois par mois des données à l'aide d'une sonde multiparamètres (profondeur, conductivité-salinité, température, oxygène dissous, pH, chlorophylle-*a*), pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Le but est de mieux connaître le fonctionnement et l'évolution des paramètres physico-chimiques du golfe, en impliquant directement les habitants dans une action d'observation scientifique.

II. Mise en place du dispositif d'observations citoyennes

Il est demandé aux volontaires voulant participer à cette action, de disposer d'un bateau à voile ou à moteur, et d'être disponible une demi-journée du lundi au vendredi (1 ou 2 fois/an). Le déroulé de la demi-journée :

- Rendez-vous avec le volontaire à son port d'attache.

- Réalisation du transect défini par l'Institut Ecocitoyen qui est constitué de 5 points (A, B, C, D et E) allant de Port-Saint-Louis-du-Rhône jusqu'à Port-de-bouc en passant par le They de la Gracieuse. Les paliers de mesures se font à la remontée de la sonde après qu'elle ait touché le fond.



Figure 1: Carte représentant les cinq points de mesures

Points GPS en degrés-minutes :

site	A	B	C	D	E
localisation	CARTEAU	GRACIEUSE OUEST	GRACIEUSE EST	GRAND FORTE	TASQUES
profondeur (m)	7	6	13	15	14
latitude	43° 22.833'N	43° 23,007' N	43° 23.167'N	43° 23.350'N	43° 23.483'N
longitude	4° 53.033'E	4° 54,180' E	4° 55.367'E	4° 56.933'E	4° 58.583'E

Tableau 1: Coordonnées GPS des cinq points de mesures

III. Résultats

Les travaux de suivi des paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous et la chlorophylle-a) du golfe de Fos présentés ici, s'appuient sur les mesures aux 5 points réalisés à l'aide de la sonde le long du transect prédéfini (Figure 1).

Au cours de l'année 2022, nous avons pu réaliser 9 sorties avec les volontaires, dont certaines avec les chercheurs du LCE (Laboratoire de Chimie de l'Environnement, Aix-Marseille Université), leur permettant ainsi d'effectuer des prélèvements de la micro-couche de surface afin d'y mesurer les surfactants (ou tensio-actifs) issus des savons, détergents, pouvant être retrouvés dans l'eau de mer. Ces mesures sont réalisées dans le cadre du projet "SURFACTS" avec lequel l'action VOCE est associée depuis 2021. Ces relevés sont réalisés sur plusieurs points du transect, ainsi qu'au niveau des rejets de la STEP de Martigues et du complexe pétrochimique de Lavéra, en parallèle des relevés des paramètres physico-chimiques. Ces travaux sont en cours et les premiers résultats sont attendus pour fin 2023 ou début 2024.

Les résultats du suivi des paramètres physico-chimiques sont présentés sous forme de graphiques explicatifs pour chaque paramètre, permettant de visualiser l'ensemble des données recueillies depuis 2017. Les points issus de l'année 2022 apparaissent en rouge, ceux des années antérieures sont en noir. La courbe lissée en orange nous permet d'apprécier la moyenne des valeurs obtenues et en gris son intervalle de confiance à 95 %. Ici, nous nous sommes plus particulièrement intéressés au point B situé dans l'anse de Carteau, et au point E situé à Tasques, afin de visualiser les variations dans le temps, en sélectionnant 2 profondeurs différentes : de 0 à 1 mètre (eau de surface), et de 4 à 5 mètres de profondeur, pour chaque paramètre physico-chimique mesuré. Ces choix sont issus du fait que ces deux points sont représentatifs des deux masses d'eaux distinctes du golfe, un secteur semi-fermé à l'ouest (Carteau), et une zone ouverte sur la Méditerranée à l'est (Tasques), et les profondeurs reflètent les contrastes observés lors des possibles stratifications. Afin d'alléger le rapport, nous avons aussi choisi de ne présenter qu'un seul exemple de profil obtenu pour chaque paramètre physico-chimique, correspondant aux mesures réalisées le 16 mai 2022, mais l'ensemble des profils sont disponibles sur demande. Suite à des problèmes techniques, les mesures d'oxygène dissous n'ont pas pu être réalisées au point B pour les mois de mars et août 2022. Au cours du mois de juin seules les mesures de l'eau de surface ont été réalisées (0-1m) et enfin le pH n'a pu être mesuré que pour les mois de janvier, février et mars 2022.

III.1. La température

La température rencontrée en Méditerranée nord-occidentale est plutôt élevée avec une moyenne annuelle de 17 °C en surface. Celle-ci est influencée surtout par le cycle saisonnier et est généralement comprise entre 11°C en hiver et 23°C l'été. Ces variations saisonnières de température peuvent être fortement affectées ponctuellement par l'influence des vents dominants présents sur la zone. En effet, le Mistral (vent de Nord - Ouest) favorise la remontée d'eaux profondes, phénomène appelé « upwelling » (Baudrier, 2016). Notons qu'en hiver, les eaux du fond sont plus chaudes qu'en surface, alors qu'en été les eaux profondes sont plus froides qu'en surface. Sur l'exemple de profil choisi, correspondant au 16 mai 2022, (Figure 2), on observe que la température baisse au fur et à mesure que la profondeur augmente. Cette diminution de la température en fonction de la profondeur est liée au réchauffement de la surface par le soleil et au contact de l'air plus chaud. Ce n'est cependant pas toujours le cas, notamment en hiver, lorsque l'air est plus froid que l'eau, ce qui provoque l'inversion du phénomène comme on peut le voir sur les relevés du 4 février 2022 (Figure 2). Et si le brassage est plus important dû à un fort mistral, la température peut devenir homogène sur toute la colonne d'eau.

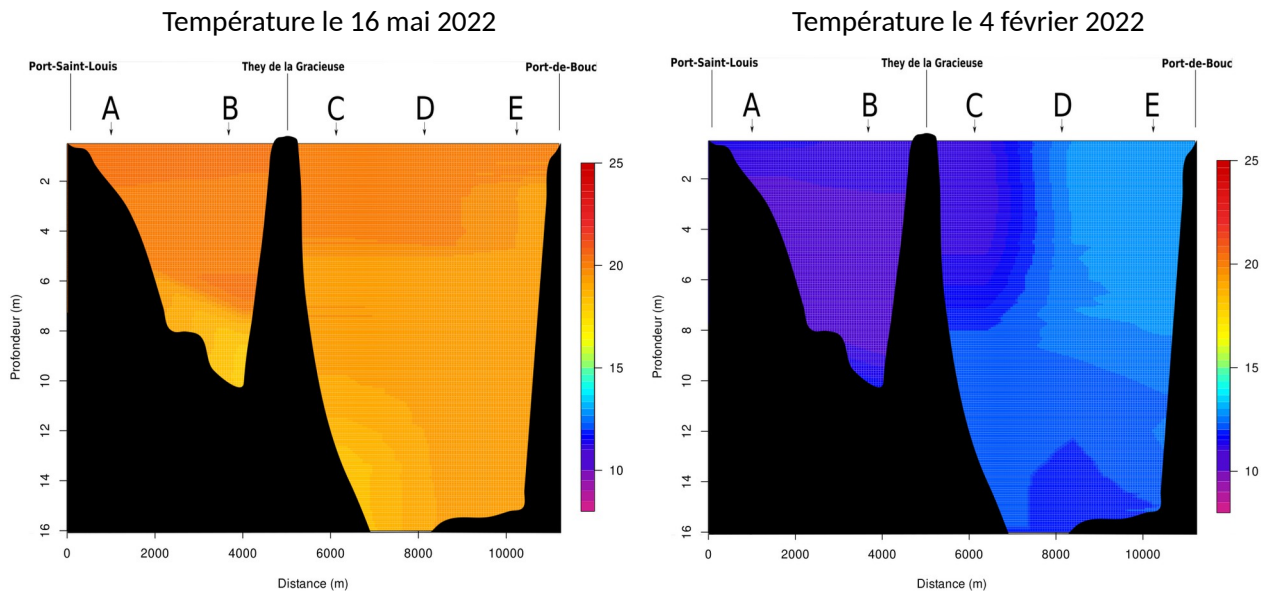


Figure 2: Profil de température (°C) de l'eau du golfe de Fos-sur-mer mesuré le 6 mai et le 4 février 2022

Lorsque l'on observe l'évolution sur plusieurs années de la température au niveau de l'anse de Carteau (point B) et à l'embouchure du canal de Caronte (point E) (Figure 3), celle-ci est ponctuée par un pic saisonnier qui débute en juin et se termine mi-octobre et qui correspond à la période estivale. Ces fluctuations saisonnières, avec un décalage par rapport à la température de l'air, reflètent l'inertie de la mer à se réchauffer, puis se refroidir. Le pic de température est atteint entre les mois de juillet et août et est plus marqué au point B en surface, le point E étant plus soumis aux arrivées d'eaux fraîches du large. Entre 4-5 mètres les profils de températures entre les deux points sont plus proches.

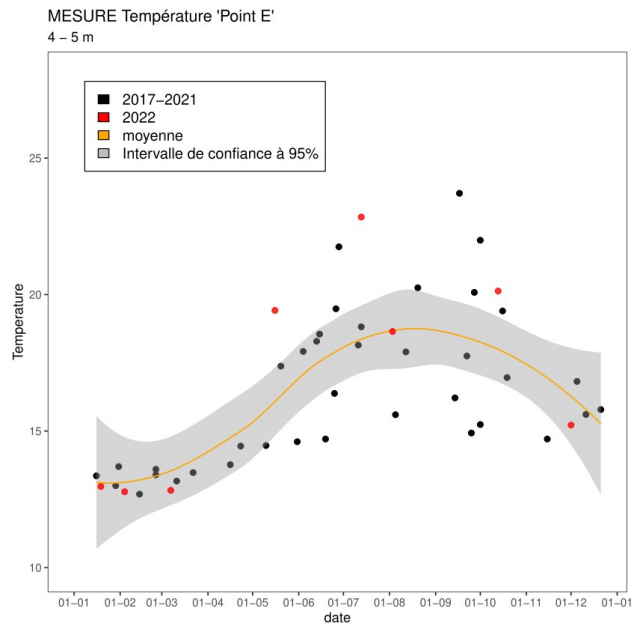
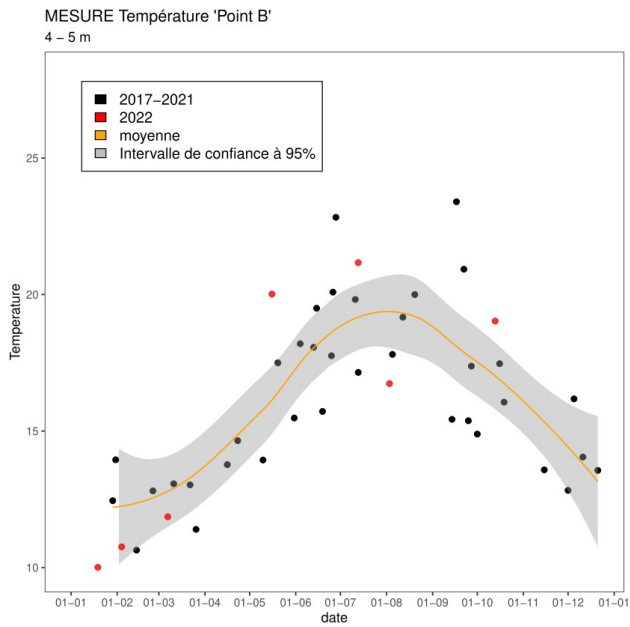
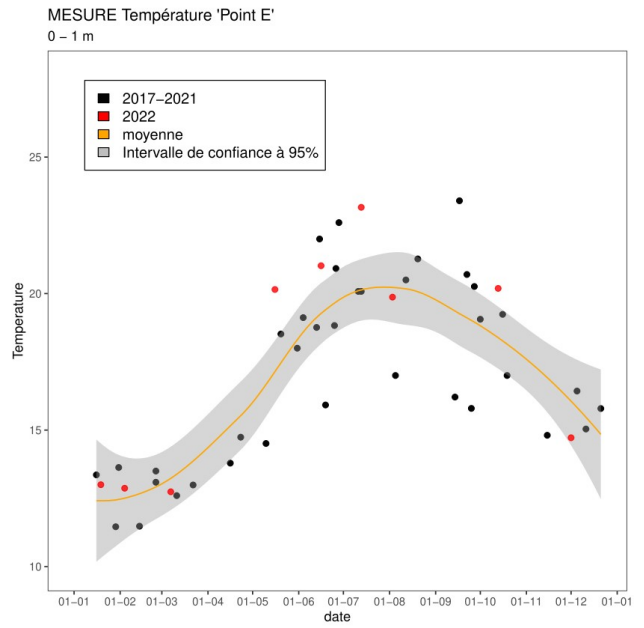
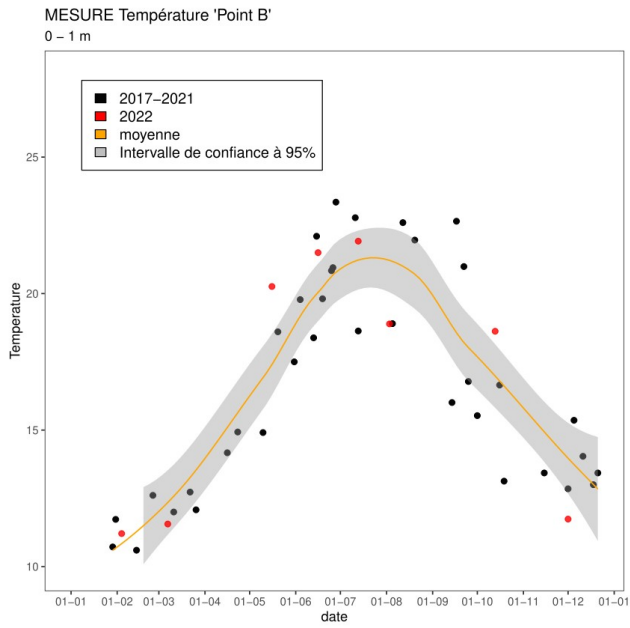


Figure 3: Evolution des températures (°C) pour les points B et E à 0-1 m et 4-5 m de profondeur obtenus entre 2017 à 2022

III.2. La salinité

La salinité de la Méditerranée occidentale est assez forte, avec une moyenne de 38 (39 au niveau de la Méditerranée orientale). Dans le golfe de Fos, elle est principalement influencée par les apports d'eaux continentales. En effet, l'apport d'eau douce provient majoritairement du Rhône avec un débit moyen en 2022 de $1\,530\text{ m}^3/\text{s}$ (SPC Grand Delta, 2022), mais également du canal de Caronte, reliant l'étang-de-Berre au golfe de Fos, qui constitue un apport non négligeable (débit : $190\text{ m}^3/\text{s}$ en moyenne), ainsi que de divers autres canaux pouvant aussi modifier très localement la salinité (débits inférieurs à $10\text{ m}^3/\text{s}$ en général).

La salinité au niveau des points B et E (Figure 4) peut varier en fonction de la profondeur. En surface le point B peut être soumis à l'entrée du Rhône dans l'anse de Carteau qui peut longer le They de la Gracieuse par vent de sud-est notamment, tandis qu'entre 4-5 mètres de profondeur la salinité reste globalement stable au fil des saisons (en moyenne entre 37.5 et 38). A température égale, l'eau douce étant moins dense que l'eau salée, elle a tendance à rester en surface. Le point E lui subit en surface la sortie des eaux de l'étang-de-Berre, qui ont une salinité moyenne de 32, et parfois aussi celles du Rhône par vent de sud ou sud-ouest. Ces phénomènes sont bien représentés à la surface du golfe par le profil de salinité obtenu lors de la sortie du 16 mai (Figure 5).

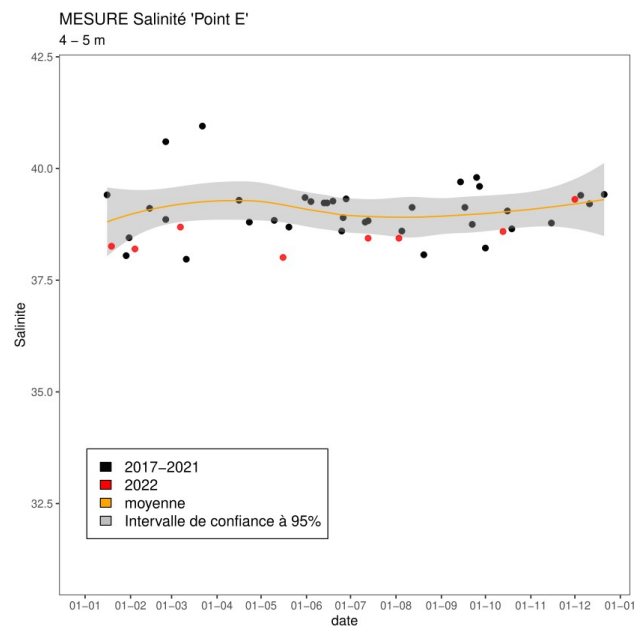
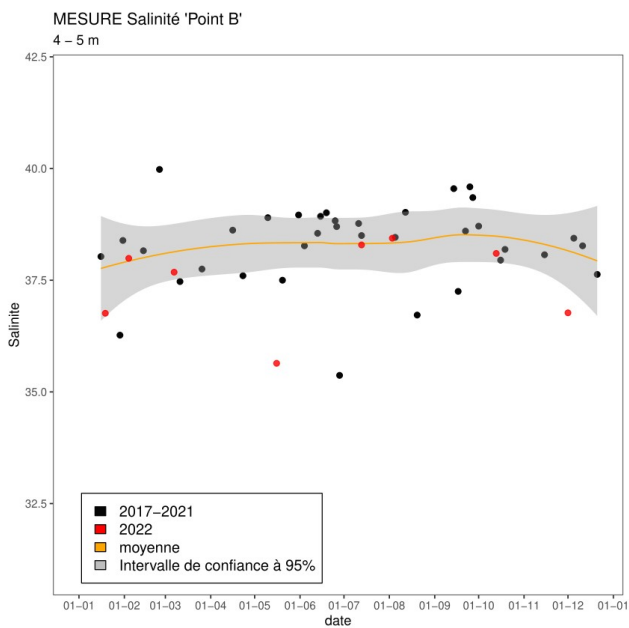
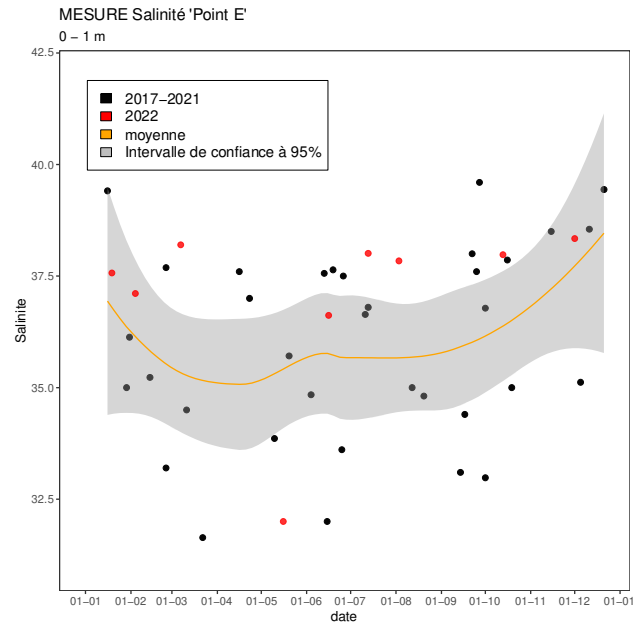
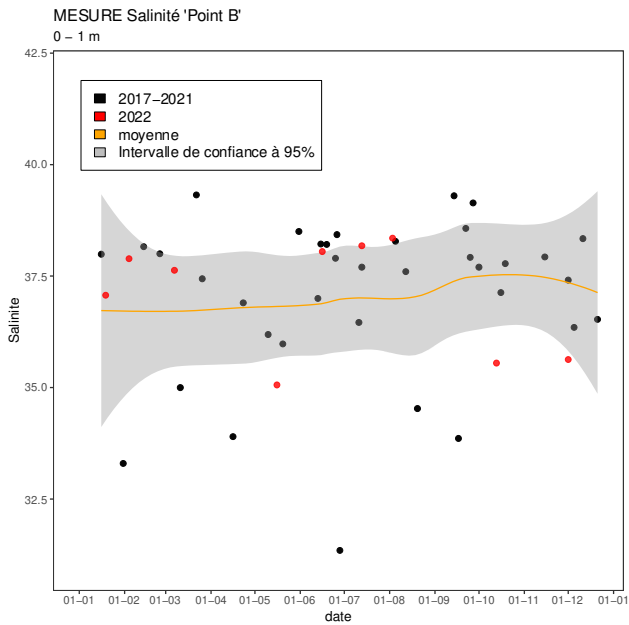


Figure 4 : Evolution de la salinité pour les points B et E à 0-1 m et 4-5 m de profondeur obtenus entre 2017 à 2022

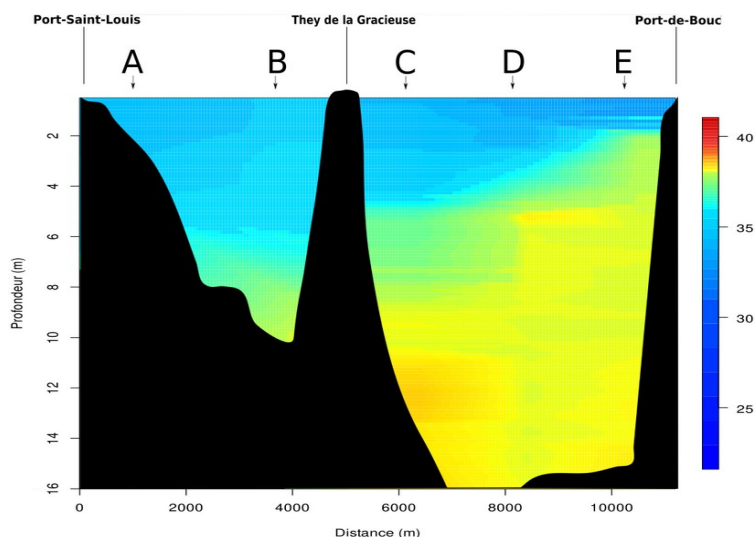


Figure 5: Profil de salinité de l'eau du golfe de Fos-sur-mer mesuré le 16 mai 2022

III.3. Le pH

On désigne par « pH » (potentiel hydrogène) la mesure de l'acidité d'un milieu. Le pH de l'eau de mer varie entre 7,5 et 8,4 pour une moyenne de 8,2. Il constitue un bon indicateur des processus biologiques et physiques qui ont lieu en mer dans la colonne d'eau. L'acidification des océans – observée par la diminution du pH de l'eau – est le résultat de la dissolution du dioxyde de carbone (CO_2) de l'atmosphère dans l'eau de mer. L'acidité du milieu marin peut aussi être influencée par les entrées d'eaux douces qui ont généralement un pH moins élevé, qui pourrait être alors accompagné d'une baisse de salinité.

Les courbes de pH (Figure 6) obtenues depuis 2017 montrent que le pH de l'eau de mer varie ici en moyenne entre 7,8 et 8,5 avec une moyenne à 8,2, et reste homogène que ce soit en surface ou à 4-5 m de profondeur, et cela quel que soit le cycle saisonnier. De légères variations (non significatives) sont visibles (intervalle de confiance à 95 % plus large) pour le point B en surface, où l'entrée des eaux douces du Rhône peut jouer un rôle. Notons que la sonde pH a connu des dysfonctionnements après les mesures du mois de mars 2022, le profil présenté montre donc le pH mesuré le 7 mars 2022. Aussi, seulement 3 sorties ont pu bénéficier de mesures de pH pour l'année 2022.

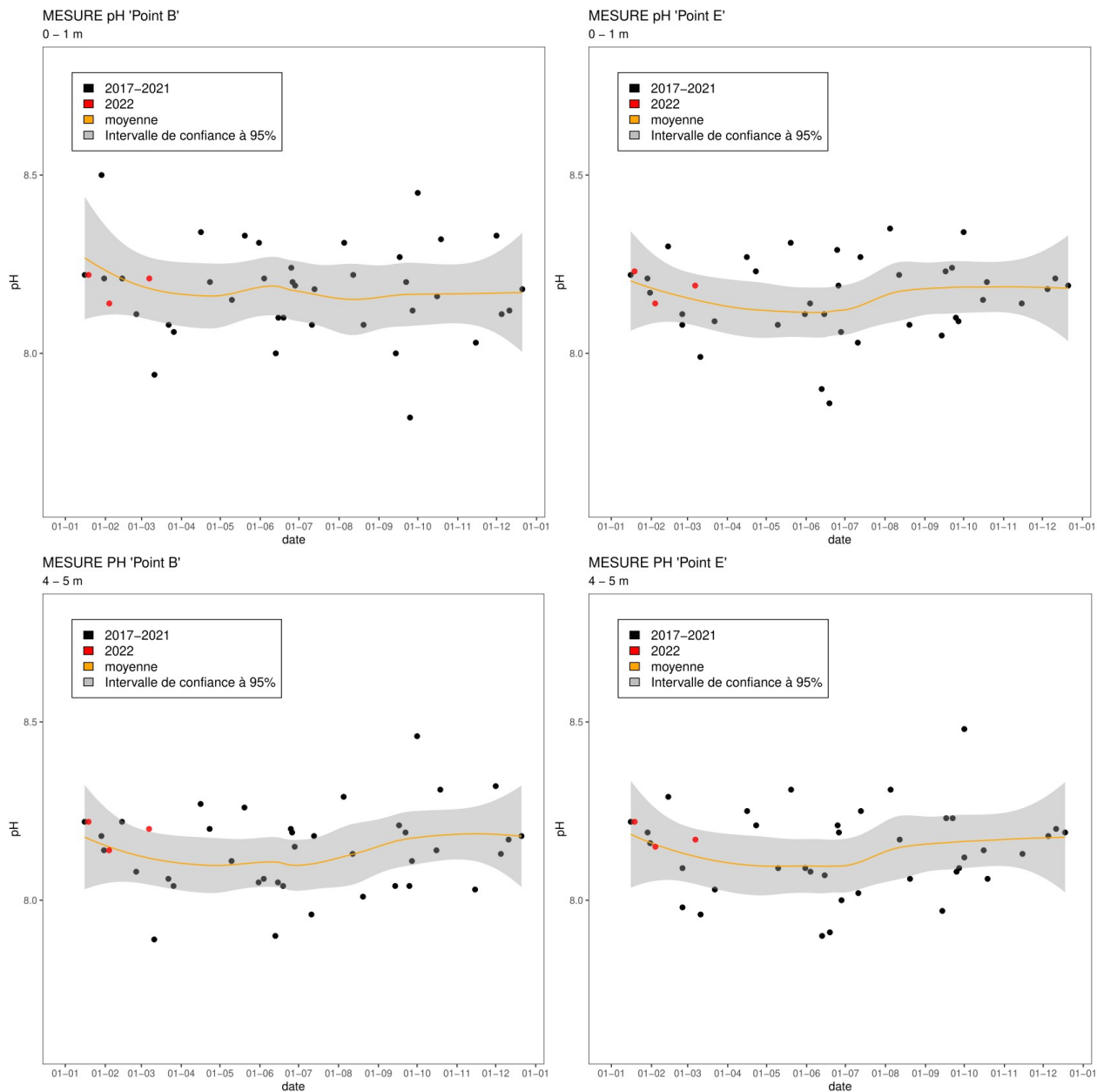


Figure 6: Evolution du pH pour les points B et E à 0-1 m et 4-5 m de profondeur obtenus entre 2017 à 2022

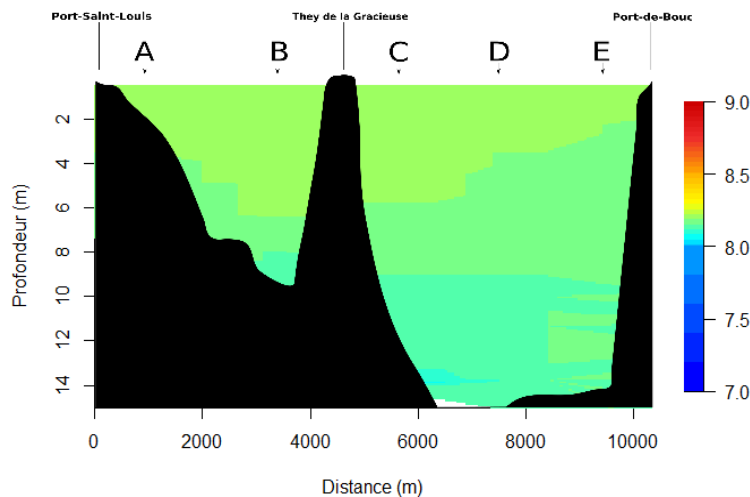


Figure 7: Profil de pH de l'eau du golfe de Fos-sur-mer mesuré le 7 mars 2022

III.4. La chlorophylle

La quantité de chlorophylle-a (exprimée ici en $\mu\text{g/L}$) contenue dans l'eau de mer exprime de façon très globale la quantité de phytoplancton présente. Celle-ci varie en fonction des saisons et sa mesure nous permet d'estimer la biomasse phytoplanctonique présente dans l'eau (Mayot, 2016). Sa concentration peut varier de 0 à une dizaine de $\mu\text{g/L}$, dans les conditions normales. Les concentrations en chlorophylle-a dans les eaux superficielles dépendent de divers paramètres. Le développement phytoplanctonique est, en effet, tributaire de l'énergie lumineuse, de la température, de la concentration en sels nutritifs, de la stabilité des masses d'eaux et de l'intensité de la consommation par le zooplancton et les mollusques. Nous observons sur le point B (Figure 8) deux pics de production de phytoplancton au printemps et à l'automne, appelés "bloom" ou efflorescence phytoplanctonique. La concentration en chlorophylle-a au point B est en moyenne plus importante entre 4 et 5 mètres de profondeur. Cela est lié à l'intensité lumineuse qui est le plus favorable à leur développement à ces profondeurs, plus bas elle est insuffisante et plus près de la surface son irradiation trop élevée compromet le développement du phytoplancton. Pour le point E, il n'y a pas de différence réelle entre la surface et 5 mètres de profondeur. La concentration en chlorophylle-a y est plus faible qu'au point B, et se situe entre 0 et 1 $\mu\text{g/L}$ en moyenne et peut être expliqué par le fait que les eaux de surface du point E subissent plus facilement l'effet du vent, empêchant une stabilisation des masses d'eau pouvant interférer dans le développement du phytoplancton.

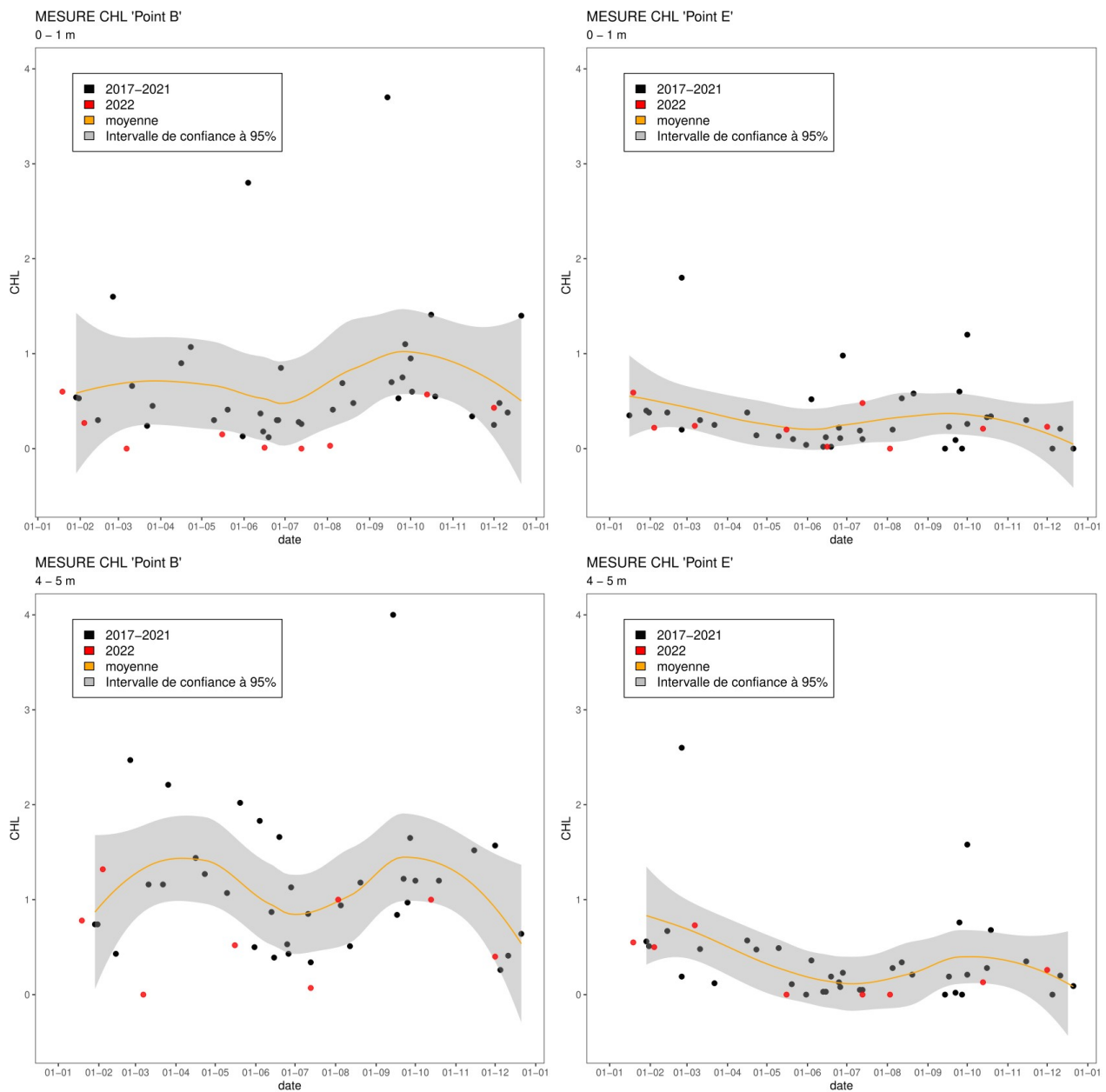


Figure 8 : Evolution de la chlorophylle-a ($\mu\text{g/L}$) pour les points B et E à 0-1 m et 4-5 m de profondeur obtenus entre 2017 à 2022

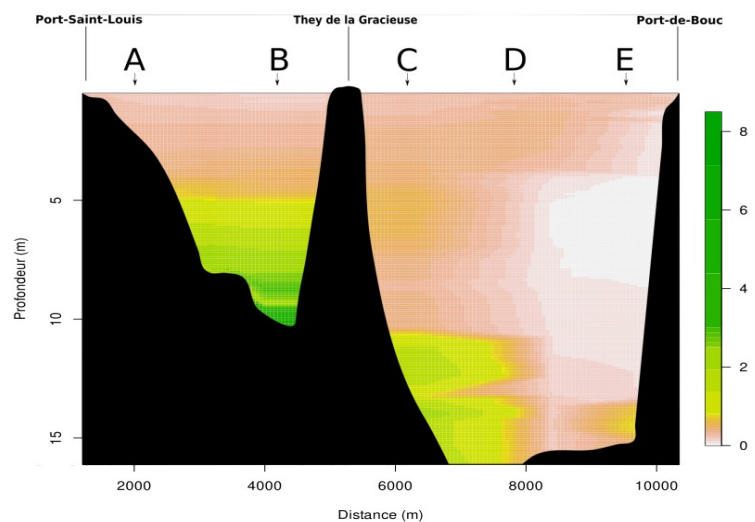


Figure 9 : Profil de Chlorophylle-a de l'eau du golfe de Fos-sur-mer mesuré le 16 mai 2022

III.5. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous (LDO, exprimé ici en % de saturation) dans l'eau de mer est essentiel à la vie marine. Il permet la respiration des organismes marins et sa concentration dépend d'une multitude de processus tels que la température, la salinité, la pression, la photosynthèse, sa consommation par les organismes (etc...). En effet, la température de l'eau de mer joue un rôle important, une eau froide pouvant contenir plus d'oxygène dissous qu'une eau chaude. L'expression de la LDO en % de saturation permet de s'affranchir des variations liées à la température en normalisant les valeurs par rapport à la température. Les valeurs à partir de 60 jusqu'à 79 % correspondent à une oxygénation acceptable pour la plupart des organismes ; de 80 à 125 % : excellent ; et de 125 % ou plus : trop élevé, peut être dangereux pour les poissons. Un niveau trop faible (inférieur à 60%) en oxygène dissous pendant une période trop longue conduit à l'eutrophisation (déséquilibre du milieu pouvant conduire à une forme d'asphyxie) d'une masse d'eau, comme cela peut être le cas par exemple dans les eaux profondes de l'étang-de-Berre. Concernant l'évolution temporelle des graphiques obtenus pour les points B et E (Figure 10), au point B, l'oxygène dissous est plus important en surface, avec un pourcentage de saturation compris entre 95 et 120 %. Entre 4 et 5 mètres de profondeur les valeurs en oxygène dissous sont légèrement plus faibles. De manière générale, que ce soit au niveau du point E ou B ou bien entre 0-1m et 4-5m les valeurs en oxygène dissous indiquent des conditions normales d'oxygénation.

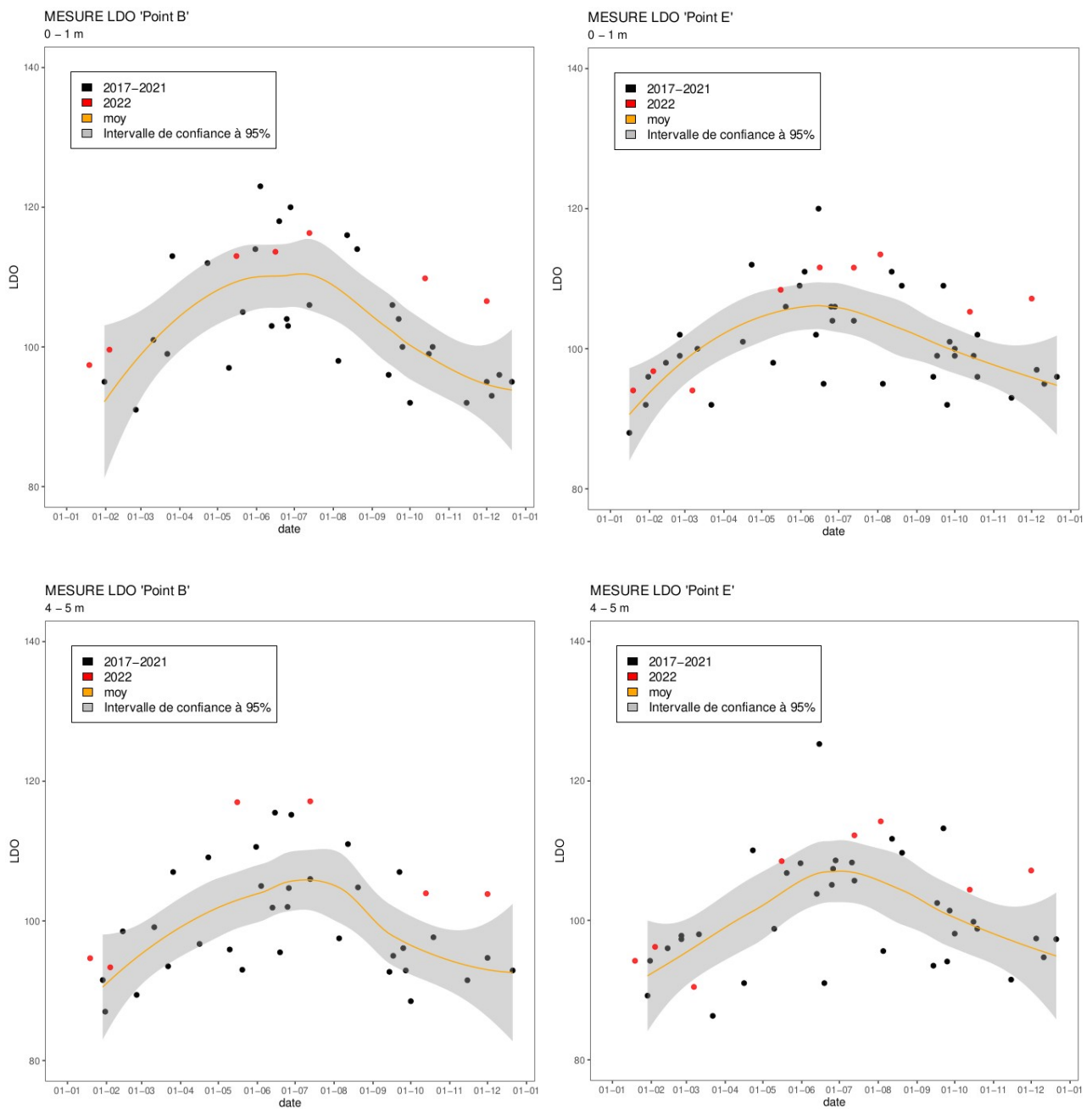


Figure 10 : Evolution de l'oxygène dissous (%) pour les points B et E à 0-1 m et 4-5 m de profondeur obtenus entre 2017 à 2022

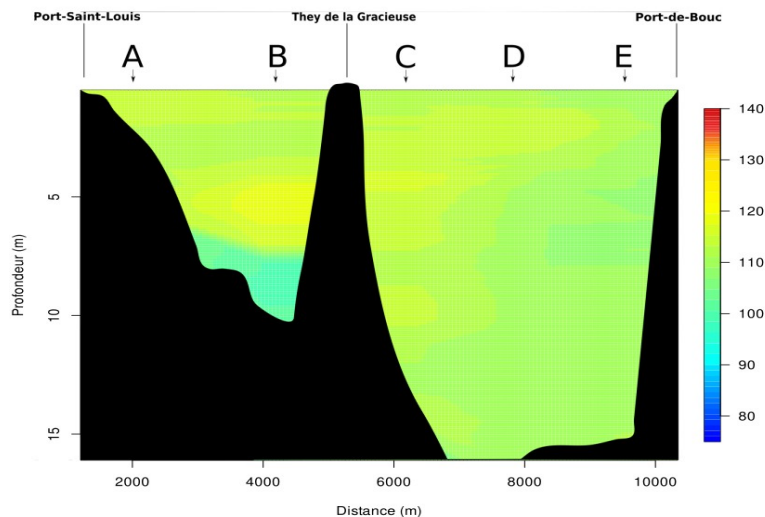


Figure 11 : Profil d'oxygène dissous de l'eau du golfe de Fos-sur-mer mesuré le 16 mai 2022

IV. Conclusion

Ces résultats ont été obtenus grâce à l'implication des volontaires VOCE avec qui nous avons pu réaliser neuf sorties dans le golfe de Fos en 2022. Ces sorties nous ont permis de récolter un jeu de données complémentaires, qui s'ajoutent aux mesures effectuées entre 2017 et 2021. Elles nous ont également permis de continuer à observer plusieurs phénomènes naturels.

Tout d'abord, concernant l'évolution de la température dans le golfe, celle-ci varie naturellement en fonction des saisons, avec le pic saisonnier en été, et subit l'effet des vents, en particulier du mistral (nord-ouest), qui joue un rôle important sur l'homogénéisation de la colonne d'eau. Cette année encore, les températures estivales ont été pour la grande majorité plus importantes que celles relevées depuis 2017 et dans les mêmes tendances que celles de l'année 2021. Rappelons que l'intérêt de suivre ce paramètre est de visualiser son évolution saisonnière dans un contexte de changement climatique majeur.

La salinité, elle aussi, subit l'influence de facteurs naturels tels que l'arrivée des eaux continentales provenant du canal de Caronte dans le golfe (parfois inférieure à 26 à la sortie du canal) et du Rhône, entraînant une dilution des eaux salées. Ce phénomène est accentué par l'augmentation du débit du Rhône et par le vent du Sud, qui favorisent la baisse de salinité des eaux de surface, bien représenté sur les mesures effectuées le 16 mai 2022.

Les mesures de pH sont intéressantes à poursuivre dans un contexte global d'acidification des océans provoqué par l'augmentation de l'absorption du CO₂ de plus en plus rejeté via les activités humaines. Cette acidification est susceptible d'impacter toutes les espèces marines mais les organismes calcifiants tels que les coraux, les oursins ou encore les bivalves (grandes nacres, huîtres,,,) y sont plus sensibles (Noisette, 2013 ; Abed El Rahman Hassoun, 2014 ; Laval-Szopa et al 2021). Les graphiques présentés ici ne semblent toutefois pas montrer de tendance à la diminution du pH, situé dans des valeurs normales pour la mer Méditerranée.

Les profils obtenus pour la chlorophylle-*a* sont des profils normaux qui dépendent parfois des conditions météorologiques de par l'influence des vents sur le brassage de la colonne d'eau et sur la température. Même constat depuis 2017, l'anse de Carteau (point B) est plus propice au développement du phytoplancton que la partie est du golfe, qui elle est ouverte sur la Méditerranée. En effet, l'anse de Carteau, plus abritée et plus impactée par les entrées des eaux du Rhône riches en éléments nutritifs, offre des conditions très favorables au développement de la biomasse phytoplanctonique.

Les mesures d'oxygène dissous témoignent d'une bonne oxygénation du golfe, facilitant le développement des organismes marins, en particulier à l'est, côté ouvert sur la Méditerranée et donc plus exposé aux éléments (vents, courants...). Au niveau de l'anse de Carteau, on note une légère atténuation des valeurs en oxygène dissous, qui se traduit par une stratification plus importante dans cette partie semi-fermée, sans conséquence visible sur la vie marine et qui peut aussi être liée à l'activité phytoplanctonique.

Toutes ces données accumulées depuis 2017 nous permettent d'enrichir le jeu de données à travers les campagnes d'analyses menées sur le golfe, notamment pour l'étude SURFACTs, qui a débuté en septembre 2021. Concernant le transect réalisé lors de ces mesures, celui-ci reste pertinent car il nous permet d'obtenir une vision globale des paramètres physico-chimiques du golfe de Fos, à la fois sur la partie semi-fermée (anse de Carteau) et sur la partie ouverte sur la Méditerranée. L'historique de données sur ces sites est important à maintenir car il permet de suivre l'évolution dans le temps. Dans les rapports précédents, nous avons cité d'autres protocoles qui pourraient venir compléter les données récoltées à travers ce transect, notamment au moyen d'une sonde de mesure en continu sur une bouée existante. De même, la réalisation d'un maillage de six ou neuf points autour des rejets de saumures, exécuté de façon régulière, pourrait éventuellement nous permettre de répondre aux différentes interrogations concernant les conséquences de ces rejets dans le golfe. L'intérêt pour ces protocoles demeure et leur mise en œuvre dépendra des besoins exprimés et des ressources disponibles pour 2023-2024.

Bibliographie

Abed El Rahman Hassoun. Analyse et Modélisation de l'Acidification en Mer Méditerranée. Océan, Atmosphère. Thèse. Université de Perpignan Via Domitia, 2014.

BAUDRIER, Jerome, COLAS, Sebastien, et GARREAU, Pierre. Variabilité de la température et de la salinité dans les eaux métropolitaines. Compte rendu d'analyse, IFREMER, 2016.

Marine Périot. Résultats des paramètres physico-chimiques du Golfe de Fos 2020 effectués par le réseau VOCE. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2021.

Mayot Nicolas. La saisonnalité du phytoplancton en Mer Méditerranée. Sciences de la Terre. Thèse. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2016.

Noisette, F. (2013). *Impacts de l'acidification des océans sur les organismes benthiques calcifiants des milieux côtiers tempérés* (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).

SPC Grand Delta (2022), Débits journaliers et mensuels, le Rhône à Tarascon [Beaucaire-Tarascon] <https://www.hydro.eaufrance.fr/stationhydro/V720001002/impression-synthese>

Laval-Szopa Sophie, De Noblet Ducoudré Nathalie, Bopp Laurent, Slama Rémy, Tran Kiem Cécile. Impacts des changements climatiques. Enjeux de la transition écologique, EDP Sciences, 23p, 2021, 978-2-7598-2662-9. hal-03479323