

Relevés 2022-2023
de faune et flore
benthique du Golfe
de Fos par le réseau
VOCE



- 2024 -



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 :

A. Souloumiac, Relevés de faune et flore benthiques dans le Golfe de Fos par le réseau VOCE en 2022 et 2023. Institut Écocitoyen pour la Connaissance des Pollutions, 2023.

Remerciements :

L'Institut Écocitoyen tient à remercier les volontaires du réseau VOCE diversité marine qui ont donné de leur temps pour effectuer ces relevés au cours des années 2022-2023 : Mme Dor Isabelle et Mr Dor Henry ,Mr Mizzi Christian, Mr Cerboni Christian, Mme Gisèle Henry, Mr Jean-Yves Duboc ainsi que Mr Mundo Michel. Plus largement, un grand merci à l'ensemble des VOCE qui ont participé aux plongées depuis le lancement du programme en 2019.

DIVERSITÉ MARINE : OBSERVATOIRE CITOYEN

I. Contexte et objectifs

L'Institut Ecocitoyen a fondé l'Observatoire Citoyen de l'Environnement pour répondre aux questionnements croissants sur les impacts écologiques et sanitaires des zones industrielles du golfe de Fos et de l'étang de Berre, en intégrant directement la population dans une réelle approche scientifique. Cette démarche permet, à la fois, d'être une source d'information mais également de fonder des échanges sur un socle de confiance entre science et citoyen. L'observatoire propose ainsi aux citoyens d'observer leur environnement, en s'investissant dans certaines études lancées par l'Institut Ecocitoyen ou même en proposant des suivis des milieux. Ces études, basées sur des protocoles scientifiques permettent l'acquisition de données. Les volontaires peuvent ainsi être amenés à intervenir lors des phases préliminaires (reconnaitances de terrain, historiques d'usages, choix d'espèces...) 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 nos connaissances scientifiques en façonnant des études scientifiques dont l'ampleur est multipliée par l'intervention des volontaires.

Il s'agit ainsi de constituer un groupe de volontaires à l'interface du territoire, des décideurs et du monde scientifique, qui est un moyen efficace de partage de l'information auprès des populations riveraines, mais qui permet également de positionner les habitants dans une posture participative à ces grands questionnements de santé environnementale.

I.1. Observatoire Citoyen de l'Environnement (VOCE)

L'Observatoire Citoyen de l'Environnement, organisme participatif de la recherche en santé environnementale au sein de l'Institut Ecocitoyen, a été mis en place en 2012 pour créer un lien direct entre les chercheurs et les habitants de la Métropole Aix-Marseille-Provence. Les données récoltées depuis 2012 sont un atout précieux dans la surveillance et la compréhension de notre territoire et nous permettent de répondre aux questionnements des citoyens sur les risques environnementaux. Labelisé 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. L'Observatoire intervient notamment sur différentes thématiques liées à la connaissance des pollutions telles que :

- La qualité de l'air via l'étude de la diversité des lichens ;
- La surveillance du niveau de la nappe phréatique de la Crau ;
- Le suivi mensuel des paramètres physico-chimiques du golfe de Fos ;
- La pollution des littoraux avec un protocole citoyen de ramassage des microplastiques ;
- La qualité des cours d'eau avec le calcul de l'IBGN (Indice Biologique Globale Normalisé) ;
- Le relevé de la biodiversité marine dans le golfe de Fos.

I.2. Objectifs de l'action

Sur la base du questionnement des habitants du pourtour du golfe de Fos, lié aux rejets d'eaux chlorées, un suivi citoyen de la diversité marine et de la qualité écologique a débuté fin 2019, avec la participation de citoyens volontaires.

L'action « VOCE diversité marine » présentée ici vise à collecter des données de diversité et d'abondance sur six placettes sous-marines situées sur les pourtours du golfe de Fos,. Ce travail a pour objectifs de mieux connaître le fonctionnement des habitats benthiques et des peuplements halieutiques et de suivre l'évolution de leur état écologique, ceci en impliquant directement les habitants dans une action d'observations scientifiques.

Les plongées sont réalisées en palme, masque, tuba (PMT). Pour y participer, les volontaires doivent être disponibles entre une à six demi-journées par an.

II. Mise en place du dispositif d'observations citoyennes

II.1 Sites d'études

Le suivi de la diversité et de la qualité écologique du golfe de Fos a été mis en œuvre sur 6 placettes réparties sur sa bande littorale (Figure 1) depuis octobre 2019. Les observations sont effectuées en PMT lors d'une plongée d'environ 45 min et s'articulent autour de trois aspects :

- Description et diversité faunistique des habitats benthiques ;
- Suivi non exhaustifs des peuplements halieutiques ;
- Mesures des paramètres physico-chimiques.

Au préalable, une description de chaque station est effectuée en précisant :

- Les dimensions de la station, sa profondeur minimale et maximale et sa pente ;
- Le type de fonds (rocheux, sableux, vaseux, etc...) et de substrats géologiques ;
- L'identification des habitats marins de chaque station.

Les conditions de plongée (visibilité, météo, température de l'eau, durée précise, nombres d'opérateurs) sont précisées au début de chaque sortie. Les coordonnées GPS des 6 stations sont présentées dans le Tableau 1.

Villes	Code station	Latitude	Longitude	Mois de relevé 2022	Mois de relevé 2023
Port-Saint-Louis-du-Rhône	PSL	43°23'17,71''N	4°51'24,82''E	Juillet	Septembre
Fos-sur-mer	EOL	43°24'35,02''N	4°52'28,29''E	Juillet	Juillet
Fos-sur-mer	CAV	43°25'19,89''N	4°54'28,86''E	Juillet	Juillet
Fos-sur-mer	GER	43°25'42,11''N	4°56'21,28''E	Juillet	Octobre
Port-de-Bouc	PDB	43°24'21,9'' N	4°58'37,6''E	Juillet	Septembre
Martigues	LAV	43°22'10,33''N	5°0'28,04''E	Juillet	Juillet

Les paramètres physico-chimiques du milieu d'étude (pH, salinité, chlorophylle *a*, oxygène dissous, température) sont déterminés dans la colonne d'eau à l'aide d'une sonde CTD (MS5, OTT Hydrolab, Allemagne) à la fin de la plongée.

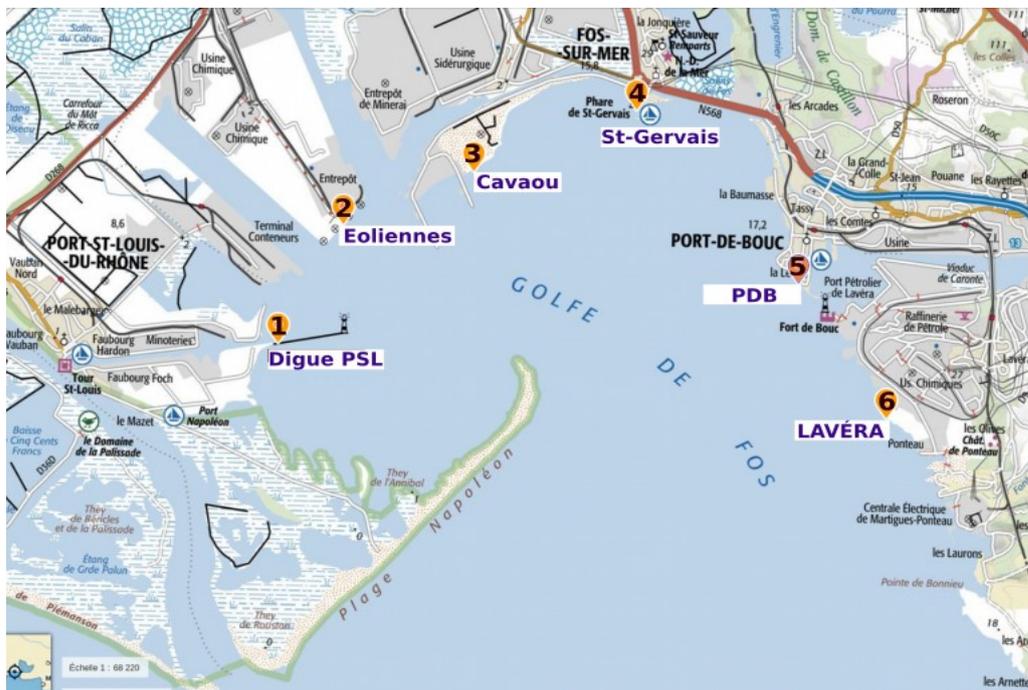


Figure 1: Localisation des placettes d'études dans le golfe de Fos

II.2. Les suivis de la faune et flore benthique

Le *benthos* désigne l'ensemble des organismes vivant sur le fond marin. On distingue le *benthos* végétal ou *phytobenthos* (algues et phanérogames), du *benthos* animal ou *zoobenthos* (vers, mollusques, crustacés, poissons, etc.).

Les écosystèmes benthiques sont soumis aux fluctuations naturelles ou générées par les activités humaines. Ils constituent des témoins permanents de l'état de l'environnement (Ifremer, 2010). Le suivi des habitats benthiques est donc un bon indicateur de la qualité du milieu.

II.2.1 Faune benthique et peuplement halieutique

Ce suivi de la diversité de la faune benthique est accompagné d'un suivi non exhaustif du peuplement halieutique, mis en place à partir d'une liste d'espèces couramment rencontrées en Méditerranée occidentale et sur les côtes françaises (Annexe 1). Cette liste est complétée chaque année avec les nouvelles espèces observées. La méthode de relevé consiste à indiquer la présence/absence pour chaque espèce listée et identifiée.

Le relevé du peuplement halieutique est non exhaustif et se base sur l'observation d'un ou plusieurs individus d'une espèce donnée. Ils ne font pas l'objet d'une identification précise, seulement d'une estimation d'un coefficient d'abondance qualitatif (faible, modérée, élevée) en fonction du nombre d'individus observés.

Les espèces de faune rencontrées (benthiques et halieutiques) sont classées selon leur statut :

Protégées : les espèces qui bénéficient d'un statut de conservation particulier, listées à ce titre par arrêtés ministériels, interdisant la destruction, modification ou dégradation de leurs habitats naturels.

Menacées : une espèce menacée est une espèce en péril susceptible de devenir une espèce en danger de disparition dans un avenir plus ou moins proche si les pressions s'exerçant sur elle (facteurs limitants), comme la disparition de l'habitat, ne sont pas supprimées. Les espèces menacées sont classées dans la Liste Rouge nationale des espèces menacées par l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature)(UICN, 2012). Cette liste regroupe l'ensemble des espèces en fonction des catégories : « en danger critique », « en danger » et « vulnérable ».

Endémiques : qualifie les espèces qui ont une aire de distribution bien délimitée et réduite dans le monde (dans ce cas précis la Méditerranée).

Indicatrices : désigne les espèces qui n'ont pas de statut particulier mais que l'on retrouve en région méditerranéenne.

A la fin de la plongée, un débriefing est effectué avec les participants pour lister l'ensemble des espèces de faunes benthiques et des espèces halieutiques observées sur chaque placette et évaluer leur effectif (faible, modéré, élevé) ainsi que leur état de développement (juvénile ou adulte).

Les effectifs cumulés relatifs sont calculés pour chaque station. Ils permettent d'exprimer l'abondance relative moyenne des espèces présentes. Une fréquence relative est le pourcentage correspondant à l'effectif d'espèce rencontrée sur une placette donnée par rapport à l'effectif total du nombre d'espèces rencontrées sur l'ensemble des placettes. Il est calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Effectif cumulé relatif} = \frac{\text{Somme des coefficients d'abondance}}{3 \times \text{Nombre total d'espèces}}$$

II.2.2 Flore benthique

Un suivi spécifique est mis en œuvre par les agents de l'Institut Ecocitoyen par la méthode des quadrats. Peu onéreuse et facile à mettre en place, elle permet d'évaluer de façon aléatoire et normalisée la biodiversité benthique (diversité et abondance) d'une zone d'étude. En complément des relevés de présence/absence réalisés avec les citoyens, cette méthode permet de déterminer plus précisément les effectifs qualitatifs (faible, moyen, élevé) de chaque espèce ou groupe d'espèces de faune benthique. Elle consiste à poser un quadrat de 50 cm x 50 cm sur le fond de l'eau et à noter le nombre d'individus observés pour chaque espèce. L'opération est effectuée 5 fois par station et par agent en notant le type de fonds (rocheux, sableux, herbier, ...) et la profondeur de chaque position. Cet aspect est enseigné aux volontaires et il leur a été proposé de s'initier à la méthode en réalisant leurs propres quadrats au cours de la plongée.

Le suivi de la flore benthique est effectué par les agents de l'Institut Écocitoyen et porte sur l'identification des différents groupes d'espèces (algues vertes, rouges et brunes). Le pourcentage de recouvrement et le nombre d'espèces des différents types d'algues est déterminé dans chaque quadrat relevé et un coefficient de recouvrement est appliqué selon l'échelle définie dans le Tableau 1.

Pour les herbiers, une description est réalisée en précisant le dimensionnement des surfaces couvertes, les limites bathymétriques inférieures et supérieures, la composition taxonomique et l'observation des populations associées à l'herbier. Ces données sont complétées par la mesure de certains paramètres de vitalité (densité des pieds, évaluation qualitative du taux d'épiphytisme et du taux de nécrose et maladies associées).

Tableau 1 : Échelle des coefficients de recouvrement (abondance-dominance)

Coefficient de recouvrement	Valeurs
0 (+)	1-3 ind
1	< 5 %
2	5 % - 25 %
3	25 % - 50 %
4	50 % - 75 %
5	> 75 %

III. Résultats

La première étape des suivis de l'état écologique et de la diversité benthique du golfe de Fos consistait à décrire l'écosystème de chaque placette d'étude.

Les sorties de 2022 ont été réalisées entre le 12 et le 28 juillet tandis que celles de 2023 ont été réalisées entre le 6 juillet et le 11 octobre. Cette différence est à prendre en compte dans l'analyse des résultats et peut influencer l'ensemble des paramètres physico-chimiques (température, oxygène dissous etc.) mais également l'observation de la flore et la faune benthique et halieutique (période de fraie, migration due aux températures etc.). Les stations étudiées en octobre 2023 sont surlignées dans les tableaux en orange pour faciliter la lecture.

Il est à noter que la visibilité lors des sorties effectuées était globalement faible sur l'ensemble des stations (entre 1 mètre pour PSL et 5 mètres pour PDB), rendant les observations de la faune plus difficiles.

III.1. Description et caractéristiques des stations

III.1.1. Identification des biocénoses

L'ensemble des stations est localisé dans la zone infralittorale du golfe et représentent plusieurs biocénoses. La notion de biocénose englobe l'ensemble des êtres vivants rencontrés dans un espace écologique donné présentant des caractéristiques physiques (relief, profondeur, substrat, ...) et biologiques spécifiques. Un biotope décrit le type de milieu selon plusieurs paramètres physiques tels que le substrat, le relief, et la profondeur, mais aussi l'exposition au(x) courant(s) et aux vagues ou encore la variabilité des paramètres physico-chimiques du milieu. Ensemble le biotope et la biocénose forment un écosystème.

Le Tableau 2 présente les principales caractéristiques des différentes stations d'études réparties sur le pourtour du golfe de Fos. Toutes les stations sont caractérisées par une faible pente, les profondeurs maximales d'investigations varient de 1,8 m à la station de PSL à 3,6 m à celle de PDB, la superficie des stations étant comprise entre 7 200 m² et 10 000 m².

Tableau 2 : Caractéristiques principales des différentes stations d'observations

Stations	Code Stations	Dimension (m)	Prof. min (m)	Prof. max (m)	Pente (%)	Substrat géologique
PSL	PSL	100*100	0,3	1,8	1,6	Holocène Limons
Éoliennes	EOL	90*90	0,3	3,0	3,0	Calcaire Holocène sables
Cavaou	CAV	90*80	0,3	2,7	2,7	Substrat calcaire dépôts artificiels
Saint-Gervais	GER	90*80	0,3	2,5	2,6	Calcarénites blanches à Chlamys
PDB	PDB	90*80	0,3	3,5	3,6	Calcaire à rudistes
Lavéra-Ponteau	LAV	100*80	0,3	2,1	1,8	Calcarénites blanches à Chlamys

Sur les six placettes d'études, 4 types de biocénoses ont été observés (DONIA EXPERT : cartographie détaillée des habitats marins - Données consultées en AVRIL/2023' sur la plateforme de surveillance MEDTRIX - <https://plateforme.medtrix.fr> - (Figure 2).

- a) **Biocénose de vases sableuses euryhallin et eurythermes à *Zostera noltei*** sur la placette **PSL** : cet habitat se développe dans des lagunes soumises à de larges variations de salinité et de température sur substrat meuble et varié. Ce type de biocénose constitue des zones de frai pour les poissons, des abris pour les alevins et un support pour de nombreux invertébrés. Il est très sensible à l'eutrophisation, à la turbidité et à la pollution des eaux.
- b) **Biocénose de sables vaseux superficiels de mode calme** sur la placette GER : habitat situé dans les criques protégées, où peut s'effectuer une sédimentation fine donnant un sédiment sablo-vaseux parfois mêlé d'une faible proportion de graviers. Sa profondeur excède rarement 3 mètres. Habitat sensible du fait de son exposition à l'accumulation de débris et de polluants en raison d'un mauvais renouvellement des eaux et d'une forte sédimentation.
- c) **Biocénose de galets infralittoraux** sur les placettes EOL et CAV : l'habitat est strictement inféodé à la force de l'hydrodynamisme. Il ne s'étend pas profondément, quelques mètres tout au plus, sa limite inférieure correspond à la zone où la force des vagues est insuffisante pour rouler les galets, souvent caractérisé par des sables grossiers et graviers.

- d) **Biocénose de roches infralittorales à algues photophiles (RIAP) sur les placettes PDB et LAV** : situé à l'étage infralittoral, cet habitat s'étend jusqu'à la limite au-delà de laquelle les phanérogames marines et les algues photophiles ne peuvent se développer. Conditionné à la pénétration de la lumière, il présente une biocénose d'une grande richesse avec des peuplements extrêmement riches et variés d'algues photophiles et une faune benthique diversifiée.

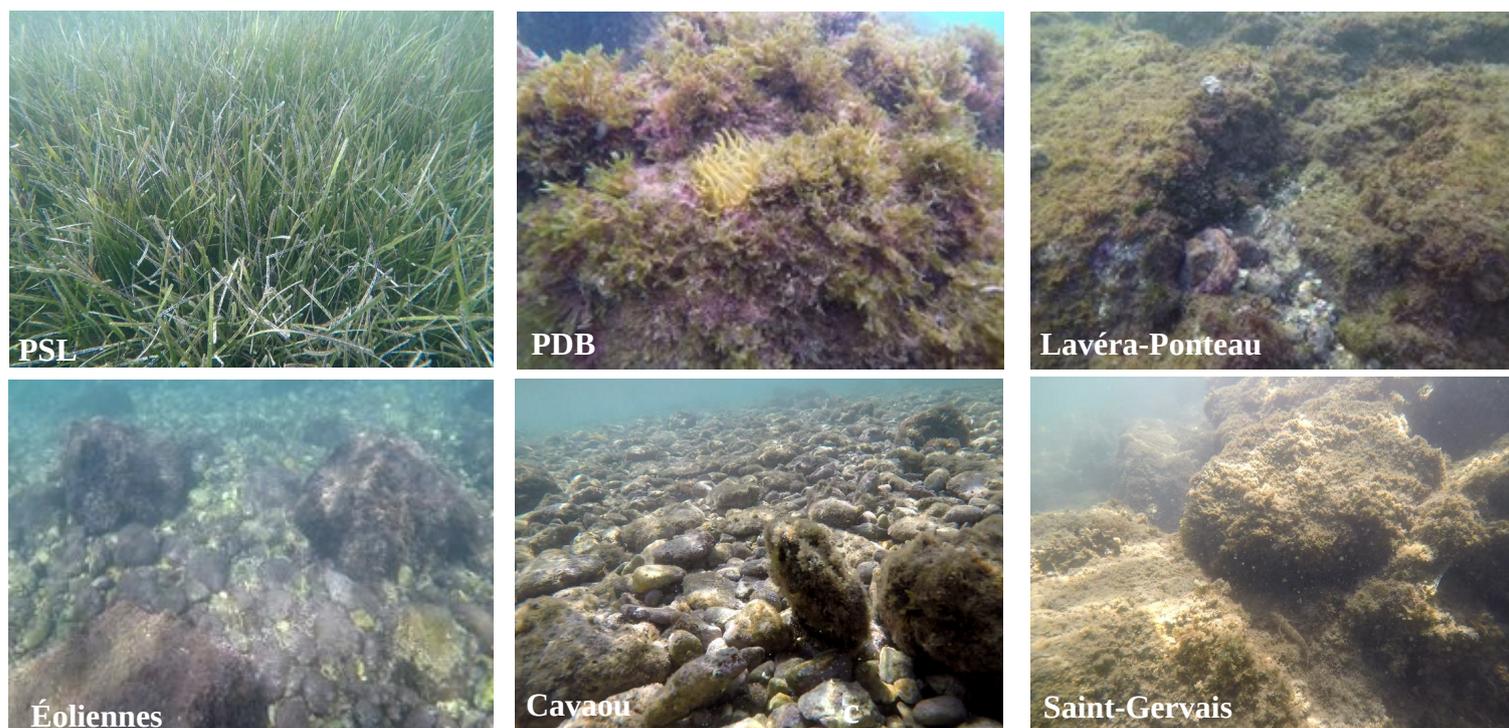


Figure 2 : Illustrations des différentes biocénoses rencontrées sur les stations d'études

III.1.2. Les paramètres physico-chimiques

A chaque sortie réalisée sur les placettes, des mesures de paramètres physico-chimiques ont été effectuées par les agents de l'Institut. Quelques problèmes de mesures ont été rencontrés justifiant le manque de données pour les paramètres physico-chimiques sur l'ensemble des placettes pour l'année 2023 (Tableau 3).

Pour rappel, la salinité de la Méditerranée occidentale est assez forte avec une moyenne de 38 PSU¹ contre 35 PSU, par exemple, en Manche. Les mesures de salinité en surface lors des sorties de juillet 2022 montrent de fortes variations entre les 6 stations avec des valeurs proches de 38 sur les stations PSL, EOL, CAV et LAV tandis qu'une salinité beaucoup plus faible est mesurée sur les stations GER et PDB avec des valeurs à 31,6 et 31,5 respectivement. Cette baisse de la salinité peut

¹ Le PSU est l'unité de salinité pratique utilisée pour décrire la salinité de l'eau; 1 psu = 1 g de sel (Na⁺Cl⁻) par kg d'eau de mer.

être influencée principalement par l'entrée de l'eau du Rhône notamment sur la partie Ouest du golfe mais également par les entrées d'eau du canal de Caronte (salinité de l'étang de Berre à 30 PSU en moyenne, Gipreb, 2020) potentiellement accentuée par un Mistral important les jours précédents la sortie (9-10/07 sortie le 11/07 et 21/07 sortie le 22/07, Bulletin Météo France). Ainsi, dans le golfe de Fos, la salinité présente de fortes variations saisonnières (Souloumiac, 2023) principalement influencées par les apports d'eaux continentales (le Rhône, le canal de Caronte, ainsi que divers autres canaux et étangs) et les conditions météorologiques. La température de l'eau dans la région est plutôt élevée avec une moyenne de 17 °C à l'année (Souloumiac, 2023). Celle-ci est surtout influencée par le cycle saisonnier qui peut apporter des fluctuations de l'ordre de 20 °C. Ces variations saisonnières de température peuvent être accentuées ponctuellement par l'influence des vents dominants présents sur la zone, notamment par le Mistral. La température moyenne obtenue en 2022 est de 23,2 °C et elle est de 25,3 °C pour l'année 2023. Il est à noter que les températures élevées relevées en 2023 et ce pendant une période de près d'un mois, sont un phénomène appelé vague de chaleur marine et s'accompagnait d'une thermocline relativement profonde (ICM-CSIC, 2023). Avec le changement climatique, la fréquence de ces vagues de chaleur marine a doublé ces 20 dernières années (Collins et al. 2019), en Méditerranée la température moyenne de la mer entre 2015 et 2019 a été la période la plus chaude jamais enregistrée depuis 1982 (Garrabou et al. 2022). L'augmentation de la fréquence et de la durée de ces phénomènes peut impacter durablement les habitats benthiques infralittoraux de faibles profondeurs et notamment entraîner une forte mortalité des espèces les plus sédentaires (cnidaires, bryozoaires, ...) (Garrabou et al., 2009, 2019, 2022).

Le pH² (indicateur d'acidité) de l'eau de mer varie entre 7,5 et 8,4 dans le golfe de Fos pour l'année 2022 avec une moyenne de 8,2 (Souloumiac, 2023). Il constitue un bon indicateur des processus biologiques et physiques qui ont lieu en mer dans la colonne d'eau (Ifremer, 2010). Il est légèrement supérieur en été qu'en hiver et garde une valeur constante dans la colonne d'eau. Lors des relevés de diversité benthique effectués à l'été 2022, des variations relativement importantes sont observées pour le pH entre les différentes stations avec des valeurs comprises entre 8,3 et 9,3. Ces valeurs inhabituellement hautes ne seront pas prises en compte puisqu'elles découlent d'un dysfonctionnement de notre sonde CTD.

La chlorophylle (Chl-*a*) présente dans l'eau de mer est majoritairement contenue dans le phytoplancton. Celle-ci varie en fonction des saisons et sa mesure nous permet d'estimer la biomasse phytoplanctonique présente dans l'eau. Sa concentration varie entre 0 et une dizaine de µg/L. Lors des campagnes de l'été 2022, les niveaux de chlorophylles sont relativement constants sur les différentes stations compris entre 0,14 µg/L au cœur de la ZIP (station CAV) et 0,36 µg/L relevé à l'est du golfe dans les habitats RIAP³ peu profonds présentant un couvert algal important (station LAV). L'oxygène dissous est exprimé en pourcentage de saturation, les gammes de valeurs indiquent l'état d'oxygénation du milieu :

- Des valeurs inférieures à 60 % ou supérieures à 125 % peuvent être dangereuses pour la vie marine.
- Entre 60 à 79 % : oxygénation acceptable du milieu pour la plupart des organismes.

2 Le pH varie de 0 pour les milieux les plus acides à 14 pour les moins acides

3 Roche Infralittorale à Algues Photophiles

- De 80 à 125 % : oxygénation excellente pour la plupart des organismes.

Les mesures d'oxygène dissous faites en juillet 2022 sont comprises entre 83 et 108 %, légèrement plus faibles que celles réalisées en juillet 2020 et 2021 (101 et 119 %). Ces mesures se situent dans la gamme classiquement rencontrée lors des relevés mensuels effectués à travers le golfe de Fos dans l'action citoyenne VOCE "Salinité" (Souloumiac, 2023).

Tableau 3 : Caractéristiques principales des différentes stations d'observations

Paramètres	Année	PSL	Saint-Gervais	Cavaou	Eoliennes	Lavera	PDB	Valeur moyenne
Salinité	2022	38,20	31,51	38,18	38,37	38,30	31,60	36,02
Température (°C)	2022	28,7	21,8	26,7	17,6	22,7	21,6	23,2
	2023	27,0	26,0	23,5	24,8	23,2	27,0	25,3
pH	2022	9,37	8,33	9,11	8,35	8,94	8,34	8,70
Chlorophylle (µg/L)	2022	0,24	0,18	0,14	0,15	0,36	0,16	0,20
Oxygène dissous (%)	2022	110,0	107,5	117,9	101,0	109,7	119,2	110,9

III.2 Suivi de la faune benthique

III.2.1 Relevés de biodiversité 2022-2023

La faune benthique, relevée sur les 6 stations d'études réparties dans le golfe de Fos, est constituée de 9 familles en 2022 et 11 familles en 2023 (Tableau 4).

En Juillet 2022 la station PSL, présente la plus grande diversité en nombre d'espèces (27) et de familles (9) et en 2023 c'est la station de GER qui présente le plus grand nombre d'espèces (29) et de familles (9) identifiées (Tableau 4). Au contraire, la station de LAV présente une faune benthique faiblement diversifiée (10-12 espèces et 5 familles) et peu abondante en 2022 et 2023. Alors que la station LAV est caractérisée par une biocénose RIAP de faible profondeur, reconnue comme des habitats riches en faune benthique (MNHN, 2014), la faible diversité relevée dans ce secteur semble mettre en avant un impact marqué des activités et rejets industriels présents à proximité. Les niveaux de diversité relevés dans les autres stations sont relativement proches. A noter une diversité importante relevée dans l'herbier de zoostères à la station PSL en 2022 mais qui a fortement diminué en 2023.

Les effectifs relevés pour chaque espèce sont faibles à modérés sur l'ensemble des stations. Cependant, certaines espèces peuvent présenter des abondances élevées selon les stations. C'est le cas des *chitons sp.* et de l'*aiptasie diaphane* (espèce invasive) sur la station EOL et du bernard l'hermite sur la station GER. Les effectifs relatifs moyens les plus importants sont relevés dans l'herbier de zostères sur la station PSL en 2022 et dans le secteur de Fos-sur-Mer, station EOL, en 2023.

En comparant les effectifs cumulés relatifs de juillet 2022 avec ceux de juillet/septembre 2023, nous observons des effectifs plus importants en juillet 2022 que pour l'ensemble des stations relevées en 2023 exceptée celle de CAV pour laquelle les effectifs restent constants pour les différentes espèces observées. Cette tendance à la baisse mesurée depuis 2021 sur les effectifs de nombreuses espèces pourrait être consécutive aux phénomènes de vagues de chaleur marine observées ces dernières années en Méditerranée occidentale et impactant fortement la vie benthique dans de nombreux habitats (Vicente, 2022).

Tableau 4 : Diversité faunistique observée sur les 6 placettes (en orange stations investiguées en septembre-octobre 2023)

Faune		PSL	Saint-Gervais	Cavaou	Éoliennes	Lavéra-Ponteau	PDB
Nombres d'embranchement	Juillet 2022	9	6	8	8	5	9
	Juillet à Octobre 2023	7	9	8	9	5	9
Nombres d'espèces	Juillet 2022	26	14	23	20	11	24
	Juillet à Octobre 2023	19	29	23	26	12	23
Effectifs cumulés relatifs	Juillet 2022	0,55	0,52	0,48	0,55	0,48	0,51
	Juillet à Octobre 2023	0,44	0,48	0,48	0,5	0,44	0,42

Certaines espèces - ou groupes d'espèces - rencontrées sur l'ensemble des stations en 2022 comme en 2023, peuvent être cités : les échinodermes (oursins violets et concombres de mer), les bivalves (les moules et les huîtres creuses), les arthropodes (les balanes sp. et crabes) et les gastéropodes (patelles sp) ainsi que les Ascidies (*Phallusia mammillata*, *Clavelina sp.*, *Microcosmus vulgaris*) dont une espèce envahissante (*Botrylloides leachii*) et des Cnidaires (les anémones) (Figure 3). En 2023, une espèce de spongiaire a été identifiée dans le golfe, l'éponge encroûtante (*Crambe Crambe*) à la station EOL et l'éponge Pierre-blanche (*Petrobiona massiliana*) à PDB. Les Bryozoaires (bryzoaire encroûtante rouge) sont faiblement représentés, des colonies sont observées à PSL, CAV en 2022 et PDB en 2023.

Seiches et poulpes sont observés chaque année sur différentes stations, EOL et GER en 2022 et 2023 respectivement. Sur la station EOL, des accouplements de seiches y ont été observés en 2021 et 2022. A noter, aucun individus de *Mnemiopsis leidyi* (Ctenophore), un macroplancton invasif très présent dans les lagunes côtières proches (Berre, Estomac) (Dron et Austruy, 2022), n'a été observé au cours de ces deux années. De même que les Ctenophores, aucune espèce d'Acanthropterygiens ou Echiurien n'a été observée en 2022 et 2023.

III.2.2. Bilan 2019-2023

Le suivi annuel de ces 6 stations depuis 2019 permet de noter l'évolution du nombre d'espèces par famille et du statut des espèces de faune benthique identifiées au fil des années (Figure 5 et 6).

Sur l'ensemble des stations et des années, 4 familles sont représentées (Arthropodes, Cnidaires, Echinodermes et Gastéropodes). Les bivalves sont également très présents. Les Echiuriens (Bonellie verte) ont été observés uniquement en 2019 sur les stations EOL et PDB.

Le nombre d'espèces totales par station varie de 11 (LAV en 2022) à 30 (PSL en 2020) espèces identifiées sur l'ensemble du golfe depuis 2019.

La plus forte diversité a été relevée en juillet 2020 à PSL puis à l'automne 2023 aux stations GER et PDB, la date tardive des campagnes de terrain cette année là (3 réalisées en septembre-octobre) peut influencer ce résultat. En effet, la période septembre-octobre est connue comme une saison de reproduction pour de nombreuses espèces justifiant leur présence dans les zones infralittorales de faibles profondeurs (Harmelin-Vivien et al ; 2008).

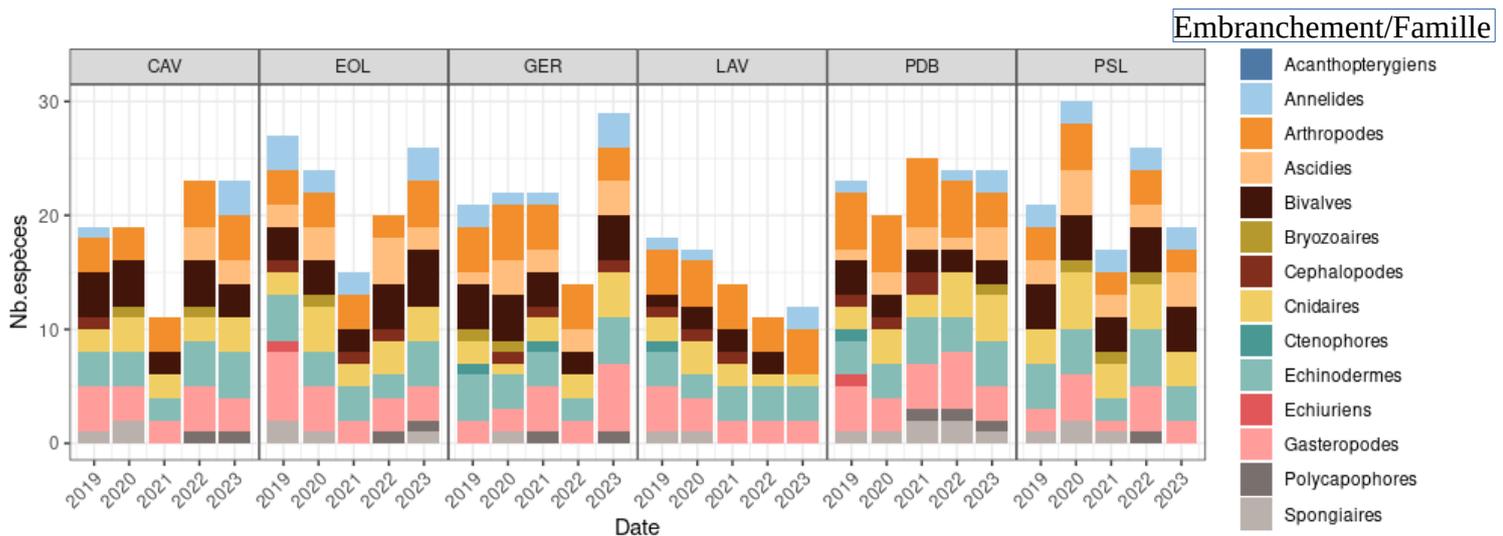


Figure 3 : Nombre d'espèces de faune benthique recensées dans les différentes stations pour chaque embranchement: famille de 2019 à 2023

Le statut des espèces observées (Figure 4) sur l'ensemble des placettes depuis 2019 apporte des informations sur la croissance ou le déclin d'espèces endémiques, menacées ou protégées mais aussi l'arrivée d'espèces invasives.

Des espèces menacées (vioulé, spirographe) et protégées (grande nacre, astérie naine, praire commune) sont observées chaque année dans le golfe de Fos.

Des espèces invasives ont aussi été observées régulièrement. De ce statut, la plus rencontrée dans le golfe est l'aïptasia diaphane (*Exaíptasia diaphana*), une anémone relevée régulièrement sur toutes les stations, et pouvant atteindre des effectifs importants sur certaines stations, EOL et PDB notamment. Les ascidies coloniales (*Botrylloides leachii*), ascidie considérée comme invasive, sont aussi régulièrement relevées sur les différentes stations avec des effectifs en constante augmentation. Comme dans de nombreuses zones littorales et portuaires, des ophiures sont régulièrement observées notamment sur les communes de Fos-sur-Mer et Port-de-Bouc. Enfin, en 2023, le crabe bleu (*Callinectes sapidus*) a été identifié pour la première fois sur la station EOL. Arrivé des côtes atlantiques américaines, le crabe bleu a été introduit en Méditerranée probablement par le transport maritime et est devenu invasif sur les côtes françaises. Il fait donc l'objet de suivis dans le cadre du plan d'action régional de lutte contre le Crabe bleu (Plan d'action régional "Crabe bleu", 2021) mis en place par la DREAL Occitanie en lien avec la Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes (EEE), portée par le Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires.

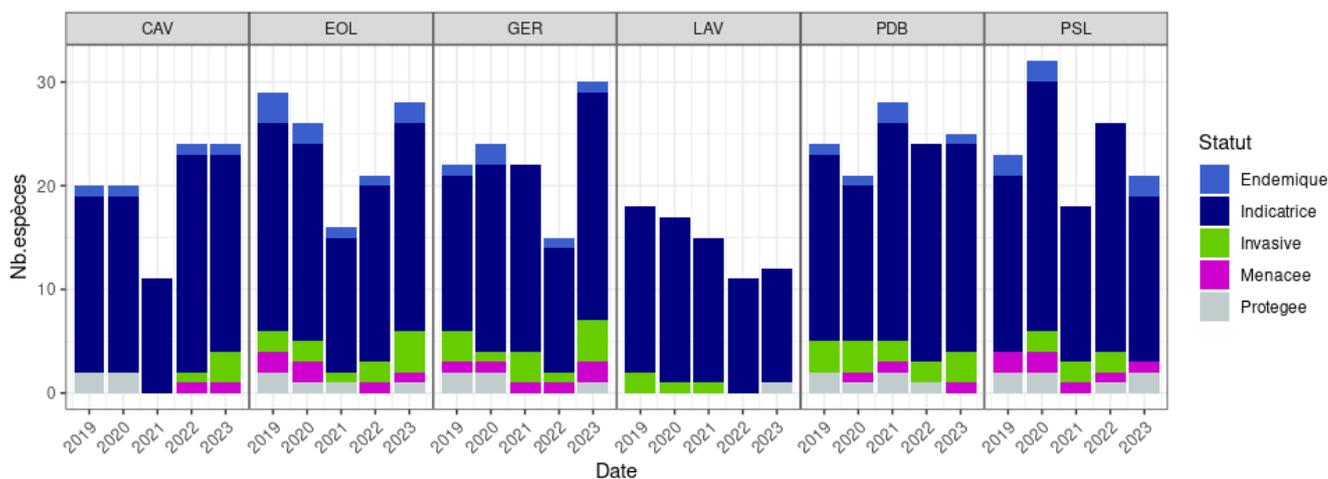


Figure 4 : Nombre d'espèces par statut de la faune benthique recensée dans les différentes stations pour chaque classe / embranchement de 2019 à 2023

III.3. Peuplement halieutique

Les relevés non exhaustif du peuplement halieutique de 2022 et 2023 sont présentés dans le Tableau 4. Un total de 23 et 19 espèces de poissons a été observé lors des sorties réalisées sur les placettes du golfe en 2022 et 2023 respectivement (Tableau 4). La diversité la plus élevée a été observée aux stations de GER et CAV pour les deux années consécutives, tandis que les stations de EOL (2022) et PSL (2023) sont les moins riches en terme de diversité halieutique. Plusieurs espèces sont régulièrement rencontrées sur l'ensemble des placettes parmi lesquelles le crénilabre cendré, la girelle commune, l'oblade, le rouget-barbet de roche, le sar commun et à tête noire et les blennies. En fonction des types de biocénoses, des différences pourront être observées. Des bancs de saupes, espèces herbivores, sont très souvent rencontrés dans les biocénoses RIAP (PDB et LAV), tout comme les poissons de roche. Dans l'herbier de zostères, des espèces prédatrices sont parfois observées comme le congre.

Tableau 4: Diversité halieutique observée sur les 6 placettes d'étude

Poissons		PSL	Saint-Gervais	Cavaou	Éoliennes	Lavéra-Ponteau	PDB
Nombre d'espèces	2022	13	15	14	9	11	13
	2023	6	14	13	10	9	11

III.4 Flore benthique

III.4.1 Les différents types d'algues

Les algues sont des organismes photosynthétiques qui constituent une part très importante de la biodiversité, et une source importante de nourriture pour le zooplancton et la macrofaune aquatique. Ce sont des organismes très sensibles à la qualité physico-chimique de l'eau, que ce soit par rapport au pH, à la salinité, aux polluants organiques ou aux éléments métalliques toxiques (EPA, 2012A; Boissonneault, 2005). Le développement des différents groupes d'algues dépend des facteurs climatiques, particulièrement la lumière et la température, mais également de la dynamique hydrique (débit, turbidité, vitesse du courant, etc...), et de la disponibilité des différents nutriments.

Les algues sont divisées en trois groupes : les algues vertes, rouges et brunes. Leur classement dépend des pigments qui leur permettent d'effectuer la photosynthèse (convertissement de l'énergie lumineuse en biomasse), elle-même limitée par la quantité de nutriments disponibles dans le milieu. Enfin, grâce à leur taux de reproduction élevé et à leur cycle de vie très court, les algues intègrent rapidement les changements environnementaux, ce qui en fait de bons bio-indicateurs des effets à court terme (EPA, 2012a).

III.4.2. Répartition du tapis algal en 2022-2023

En 2022 et 2023, les algues rouges sont dominantes avec un pourcentage de recouvrement moyen de 26 % avec une exception à PDB sur les deux années où les algues brunes sont dominantes (32 %). Dès 2022 un important développement de cyanobactérie a été observée avec un recouvrement moyen sur l'ensemble des placettes de 13 % qui a augmenté à 44 % en 2023.

Parmi les 8 espèces d'algues rouges (amphiroa, Coralline de Méditerranée, Janie rouge, Laurencie sp., algues feuilles de pierre encroûtante, liagore sp., peysonnelia sp. et algue calcaire épiphytes) rencontrées en 2022 et 2023, c'est la coralline de Méditerranée (*Corallina caespitosa*) qui est dominante avec un recouvrement total moyen de 9 %. En 2023, pour la première fois l'amphiroa (*amphiroa sp*) a été observée à la station LAV. A l'inverse, les algues vertes sont minoritaires avec un recouvrement moyen de 8 % , excepté en 2022 à Lavéra-Ponteau (Tableau 5) avec un recouvrement de 19 %. Elles sont en revanche quasiment absentes des stations de l'intérieur du golfe de Fos (PSL, EOL, CAV, GER) avec 7 espèces rencontrées (acétabulaire, laitue de Mer, bryopsis mousse, le codium fragile, la caulerpe raisin, la monnaie de Poseidon et l'udotée) et largement représentées par les bryopsis mousse (*Bryopsis muscosa*) avec un recouvrement moyen de 4 % (Figure 5).

Les algues brunes sont présentes sur l'ensemble des stations en 2022 et 2023 avec un recouvrement moyen de 21 %, représentées par 4 espèces (Dictyote sp., Algue balai, Padine sp. et Padine Queue-de-paon).

La station de PSL est caractérisée par un herbier de zostères (*Zostera noltei*). Quelques algues sont associées à cet herbier, notamment les dyctiotes (*Dyctiota sp.*), la laitue de mer (*Ulva rigida*) et les acétabulaires (*Acetabularia acetabulum*). Il est à noter la présence d'algues rouges épiphytes sur les feuilles de zostères telles que les hydrolythons et les pneophyllums. Sur les stations de PDB et LAV qui abritent une biocénose RIAP, riche en algue photophile, un fort recouvrement algal est observé 58 % et 76 % respectivement, avec les trois groupes bien représentés.

Tableau 5: Pourcentage de recouvrement des différents types d'algues en 2022 et 2023 relevés sur les 6 stations.

Recouvrement (%)		PSL	Saint-Gervais	Cavaou	Éoliennes	Lavéra-Ponteau	PDB
Algues brunes	Juillet 2022	10,6	28,75	20	6,2	13,6	31,6
	Juillet à Octobre 2023	13,2	38,4	25	11	21	33,8
Algues rouges	Juillet 2022	20,6	10	22,2	21,4	39,65	18,8
	Juillet à Octobre 2023	20	41,2	13,8	48,8	39,8	16,4
Algues vertes	Juillet 2022	6	8,4	0,4	21,2	19,4	11,4
	Juillet à Octobre 2023	3,2	1,4	2,4	0,6	18,8	3
Recouvrement total	Juillet 2022	37,2	47,15	42,6	48,8	72,65	61,8
	Juillet à Octobre 2023	36,4	81	41,2	60,4	78,6	53,2

D'une manière générale, en 2022 et 2023 seules 2 espèces d'algues sont présentes sur l'ensemble des placettes d'observations. Parmi ces espèces, on compte une algue brune, à savoir *Dyctiota sp.* (*Dyctiota sp.*) et une algue verte, les acétabulaires (*Acetabularia acetabulum*). Enfin, la station de LAV possède la plus grande diversité d'espèces algales, avec un maximum de 78 % et de 14 espèces en juillet 2023 comme c'était déjà le cas en 2020 et 2021.

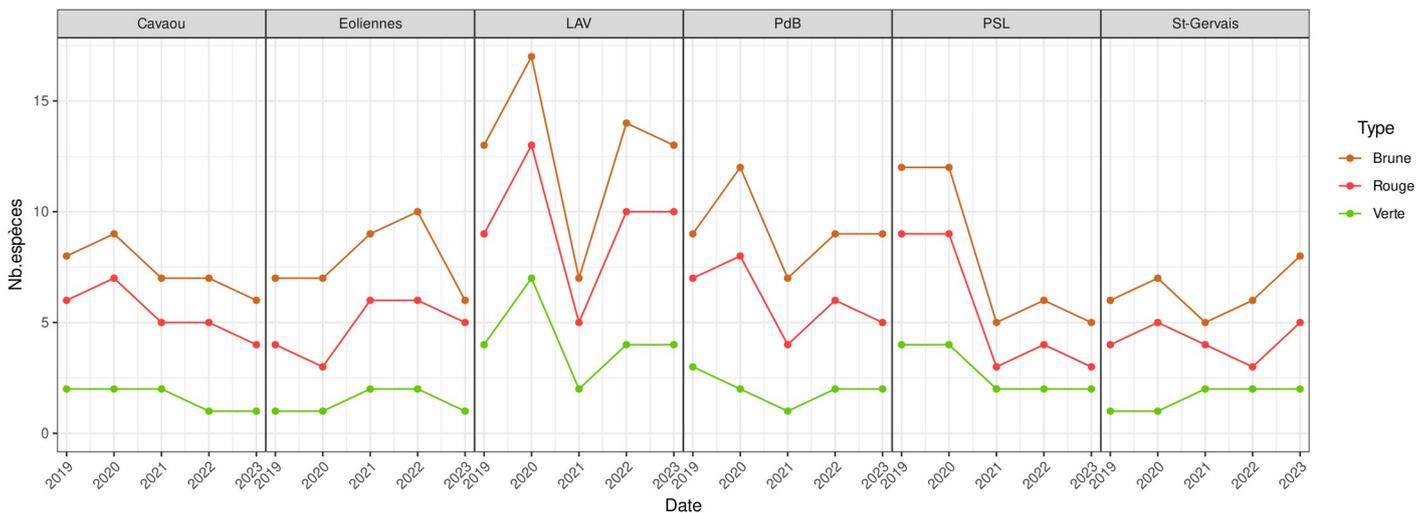


Figure 5 : Nombre d'espèces par types d'algues rencontrées sur les 6 placettes entre 2019 et 2023

III.4.3 Bilan 2019-2023

Depuis 2019 les observations sur le nombre d'espèces d'algues par type nous permettent de suivre l'évolution de la flore benthique sur l'ensemble des 6 placettes. Un total de 26 espèces a été observé sur l'ensemble du golfe de Fos. On peut noter que globalement depuis 2019 le nombre d'espèces d'algues reste stable sauf à PSL où le nombre d'espèces en 2023 a fortement diminué (14 espèces en 2019 à 5 en 2023).

Depuis 2019 la station LAV présente le plus grand nombre d'espèces tandis que celles de PSL et GER sont celles qui présentent le pourcentage de recouvrement le plus faible en accord avec leur biocénose. Cependant, quelques variations importantes peuvent être notées notamment en 2019 et 2020 à la station PSL où un plus grand nombre d'espèces a été observé alors que depuis 2021 ce nombre a diminué de plus de deux tiers. De même, à la station LAV et dans une moindre mesure celle de PDB, une forte réduction de la diversité et du recouvrement algal est relevée (de 17 espèces recouvrant en moyenne 100 % de la surface en 2020 à 6 espèces recouvrant 44 % de la surface étudiée en 2021). Cette baisse semble avoir été causée par le rejet accidentel de chlorure ferrique par la société KemOne située sur la plateforme de Lavéra, proche de la station PDB (Figure 1) survenu en juillet 2020. Ces rejets ont entraîné une diminution du pH de l'eau de près d'une unité, la précipitation du Chlorure ferrique a provoqué la formation d'une strate entre le fond et l'eau et entraîné une forte diminution de l'oxygène dissous dans l'eau (de 117 % à 3%), une mortalité accrues des espèces de faune benthique (Jugement correctionnel [CA, Aix en Provence], 03/07/2023, SAS Kem One), une forte mortalité des algues et un impact marqué sur les herbiers de posidonie proches (Dron et al., 2020).

III.4.4 Les phanérogames



Figure 6 : Herbier de Zostère de PSL

Les plantes aquatiques qui vivent en milieu marin, se trouvent généralement près du rivage en zone infralittorale. Ce sont les phanérogames marins ou spermatophytes. Les phanérogames fleurissent sous l'eau et produisent des fruits sous-marins. Le golfe de Fos comporte quelques espèces de phanérogames avec entre autres, des herbiers de posidonies et des herbiers de zostères (Figure 6), ces dernières affectionnent particulièrement les arrivées d'eau douce. Sur les six placettes d'observations, seule la station de PSL est composée de phanérogames, il s'agit d'un herbier de zostères avec une densité de pied modérée (208 à 344 pieds / m²). Il est en outre fortement épiphyté et présente une faible vitalité avec de nombreuses nécroses sur les feuilles.

Conclusion

Le golfe de Fos se situe entre l'étang de Berre et le delta du Rhône, au nord-ouest de Marseille. Une grande partie du territoire a été profondément remodelé par les installations industrielles et portuaires du Grand Port Maritime de Marseille-Fos. En effet, dans les années 60 le golfe a subi de vastes modifications structurelles, portant notamment les grands ensembles marécageux, et une dérivation de la Durance à Saint-Chamas, induisant un changement radical de la nature et de l'influence qu'exerçait l'étang de Berre sur le golfe de Fos. Ces modifications ont probablement entraîné d'importants changements dans l'écosystème benthique et pélagique du golfe. Toutefois, le peu de données antérieures à ces changements ne nous permet pas de confirmer cela.

Les observations des peuplements benthiques montrent une plus grande richesse et abondance floristique à l'est du golfe, notamment à la station LAV, station plus ouverte sur la Méditerranée et caractérisée par la biocénose RIAP. Mais celle-ci présente une faible diversité de faune benthique semblant indiquer un état dégradé de cet habitat sur cette station. Une faible diversité est observée pour la faune benthique à la station PSL pour laquelle la digue devrait pourtant faciliter la mise en place de cette faune. La station GER, abritant une biocénose de sables vaseux de mode calme, présente la plus faible diversité floristique en lien avec le type d'habitat. En revanche, contrairement au relevé de 2020 (Périot et Austruy 2021), elle présente les plus grandes diversités faunistique et halieutique de l'ensemble des 6 placettes. Ce résultat peut être cependant influencé par une campagne de relevés tardifs sur cette placette (octobre 2023) pouvant expliquer une plus forte diversité à cette période propice pour la reproduction de nombreuses espèces sur les zones infralittorales.

Les populations d'algues suivent un cycle saisonnier, corrélé à la photosynthèse et à la prédation, ce qui se traduit par un pic d'abondance au début du printemps et à la fin de l'été, alors qu'elle est minimale durant la période hivernale. Concernant les phanérogames, seul un herbier de zostère est étudié à la station PSL. Cet herbier joue un rôle important d'un point de vue écologique en abritant une très grande richesse faunistique et floristique, permettant une forte production primaire, servant de frayères et nurseries pour de nombreuses espèces, en particulier pour des poissons d'intérêt économique, et permettent la fixation des sédiments. Ces herbiers ont fortement régressé, au cours des dernières décennies, dans de nombreux secteurs de Méditerranée, principalement au voisinage des grands centres industrialo-portuaires comme la zone de Fos (Tomas et al., 2005; Boudouresque et al., 2012 ; Houngnandan, 2020).

Ce suivi régulier permettra de mieux comprendre les évolutions, et ainsi d'interpréter de manière plus précise les différences spatiales et temporelles observées. En outre, ce travail permettra de mesurer et suivre la dégradation ou l'amélioration de la diversité floristique et faunistique du golfe de Fos en lien avec les perturbations anthropiques tel que l'accident de KemOn en 2020 mais aussi le réchauffement climatique.

Bibliographie

Bellan-Santini, D., Bellan, G., Bitar, G., Harmelin, J. G., & Pergent, G. (2002). Manuel d'interprétation des types d'habitats marins pour la sélection des sites à inclure dans les inventaires nationaux de sites naturels d'intérêt pour la conservation. Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Plan d'Action pour la Méditerranée

Boissonneault, Y. (2005). Caractérisation des écosystèmes aquatiques et de la qualité de l'eau du bassin versant de la rivière du Loup (Mauricie): L'utilisation de l'Indice Diatomées de l'Est du Canada (IDEC) pour cibler les milieux perturbés prioritaires. Rapport déposé à l'Organisme du Bassin Versant de la Rivière du Loup (OBVRL).

Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2012. Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. RAMOGE and RAC/SPA.

Collins, M., Sutherland, M., Bouwer, L., Cheong, S. M., Frölicher, T., Jacot Des Combes, H., Roxy, M. K., Losada, I., McInnes, K., Ratter, B., Rivera-Arriaga, E., Susanto, R. D., Swingedouw, D., Tibig, L., Bakker, P., Eakin, C. M., Emanuel, K., Grose, M., Hemer, M., ... Timmermans, M. L. (2019). Extremes, abrupt changes and managing risk. In H.-O. Pörtner, D. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, & N. M. Weyer (Eds.), Special report on ocean and cryosphere in a changing climate (pp. 589–674). Intergovernmental Panel on Climate Change.

EPA (2012a). Invertebrates as Indicators of Prairie Wetland Integrity. In EPA, Bioindicators for Assessing Ecological Integrity of Prairie Wetlands.
http://water.epa.gov/type/wetlands/assessment/pph2_4.cfm (Page consultée en décembre 2020).

Garrabou, J., Coma, R., Bensoussan, N., Bally, M., Chevaldonné, P., Gigliano, D., Diaz, D., Harmelin, J. G., Gambi, M. C., Kersting, D., Ledoux, J. B., Lejeusne, C., Linares, C., Marschal, C., Pérez, T., Ribes, M., Romano, C., Serrano, E., Teixido, N., ... Cerrano, C. (2009). Mass mortality in northwestern Mediterranean rocky benthic communities: Effects of the 2003 heat wave. *Global Change Biology*, 15, 1090–1103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01823.x>

Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Ledoux, J.-B., Linares, C., Bensoussan, N., López-Sendino, P., Bazairi, H., Espinosa, F., Ramdani, M., Grimes, S., Benabdi, M., Ben Soussi, J., Soufi, E., Khamassi, F., Ghanem, R., Ocaña, O., Ramos-Esplà, A., Izquierdo, A., Anton, E., ... Harmelin, J. G. (2019). Collaborative database to track mass mortality events in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 6, 707. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00707>

Garrabou, J., Gómez-Gras, D., Medrano, A., Cerrano, C., Ponti, M., Schlegel, R., Bensoussan, N., Turicchia, E., Sini, M., Gerovasileiou, V., Teixido, N., Mirasole, A., Tamburello, L., Cebrian, E., Rilov, G., Ledoux, J.-B., Souissi, J. B., Khamassi, F., Ghanem, R. ... Harmelin, J.-G. (2022). Marine heatwaves drive recurrent mass mortalities in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, 28, 5708–5725. <https://doi.org/10.1111/gcb.16301>

Harmelin-Vivien M., Le Diréach L., Bayle-Sempere J., Charbonnel E., García-Charton J.-A., Ody D., Pérez-Ruzafa A., Reñones O., Sánchez-Jerez P., Valle C., (2008). Gradients of abundance and biomass across reserve boundaries in six Mediterranean marine protected areas: Evidence of fish spillover?, *Biological Conservation*, Volume 141, Issue 7, Pages 1829-1839, ISSN 0006-3207, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.04.029>.

Houngnandan Fabrice. Rôle des pressions anthropiques et de l'environnement dans l'état des herbiers de posidonies de Méditerranée française. Sciences agricoles. Université Montpellier, 2020. Français.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., Babcock, R. C., Beger, M., Bellwood, D. R., Berkelmans, R., Bridge, T. C., Butler, I. R., Byrne, M., Cantin, N. E., Comeau, S., Connolly, S. R., Cumming, G. S., Dalton, S. J., Diaz-Pulido, G., ... Wilson, S. K. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543, 373– 377. <https://doi.org/10.1038/nature21707>

Ifremer 2010, glossaire-pH : <https://envlit.ifremer.fr/infos/glossaire/p/ph>, consultée en décembre 2020.

ICM-CSIC, 2023 : <https://www.icm.csic.es/en/news/scientists-warn-about-decoupling-warming-trend-when-detecting-marine-heat-waves>.

Jugement correctionnel [CA, Aix en Provence], 03/07/2023, SAS Kem One

VICENTE, Nardo. Impact du changement climatique sur la biodiversité marine en Méditerranée In : La mer Méditerranée : Changement climatique et ressources durables [en ligne]. Aix-en-Provence : Presses universitaires d'Aix-Marseille, 2022 (généré le 29 janvier 2024).

Périot. M Résultats des paramètres physico-chimiques du Golfe de Fos 2019 effectués par le réseau VOCE Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions, 2020.

Périot. M et Austruy. A, Relevés 2019-2020 de faune et flore benthique du Golfe de Fos par le réseau VOCE. Institut Écociroyen pour la Connaissance des Pollutions, 2021.

Tomas, F., Turon, X., Romero, J., 2005. Seasonal and small-scale spatial variability of herbivory pressure on the temperate seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol.* 301, 95–107.

IUCN. (2012). *Catégories et Critères de la Liste rouge de l’UICN : Version 3.1. Deuxième édition.* Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni : IUCN. vi + 32pp. Originellement publié en tant que IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. (Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN, 2012).

ANNEXES

Fiche d'observations de placettes sous-marines

Caractéristiques générales de la placette

Type d'observations : PMT Bouteille

Code station :

Commune :

Date :

Météo :

Durée de la plongée :

Opérateurs :

Latitude :

Longitude :

Type de fond :

Type de substrat :

Température de l'eau :

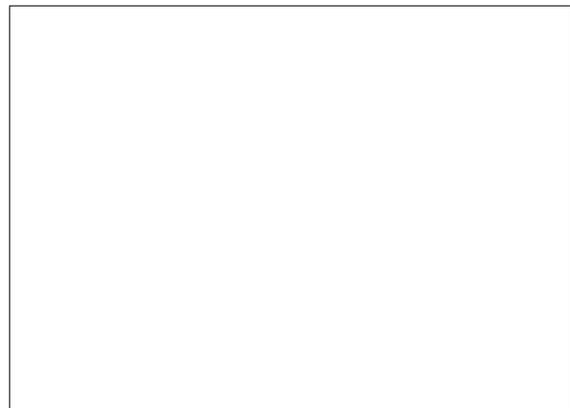
Profondeur minimale :

Profondeur maximale :

Superficie placette :

Pente :

Biocénose :



Observations générales

Description faune benthique

- Observations effectuées à partir d'unité de quadrats de 50*50 cm, relevé de 5 quadrats par station.
- Nombre d'individus par espèces définies à partir des statuts (protégées ou menacées, indicatrices et invasives).

QUADRATS				
Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Type de substrat				
Profondeur				

N°	Famille	Nom latin	Nom commun	Statut	Nbre d'individus					Observation placette
15	Acanthoptérygiens	<i>Hippocampus sp.</i>	Hippocampe sp.	Protégée						
	Annélides	<i>Eupolymnia nebulosa</i>	Polymnie	Indicatrice						
17		<i>Sabella pavonina</i>	Sabelle	Indicatrice						
		<i>Serpua vermicularis</i>	Serpule	Indicatrice						
		<i>Spirobranchus sp.</i>	Serpule angulaire	Indicatrice						
16		<i>Sabella spallanzanii</i>	Spirographe	Menacée						
		<i>Leodice torquata</i>	Ver rouge à collier	Indicatrice						
21	Arthropodes	<i>Balanus sp.</i>	Balane	Indicatrice						
23		<i>Pagurus bernhardus</i>	Bernard l'ermite	Menacée						
20		<i>Callinectes sapidus</i>	Crabe bleu	Invasive						
18		<i>Percnon gibbesi</i>	Crabe plat	Invasive						
		<i>Eriphia verrucosa</i>	Crabe verruqueux	Indicatrice						
19		<i>Carcinus aestuarii</i>	Crabe vert	Indicatrice						
22		<i>Palaemon sp.</i>	Crevette sp.	Menacée						
13	Ascidies	<i>Phallusia mammillata</i>	Ascidie blanche	Indicatrice						
		<i>Botrylloides sp.</i>	Ascidie coloniale	Invasif						
		<i>Clavelina sp.</i>	Claveline sp.	Indicatrice						
12		<i>Microcosmus vulgaris</i>	Vioulé	Endémique						
	Bivalves	<i>Barbatia barata</i>	Arche barbue	Indicatrice						
		<i>Lithophaga lithophaga</i>	Datte de mers	Protégée						

26		<i>Pinna nobilis</i>	Grande nacre	Protégée						
		<i>Crassostrea gigas</i>	Huitre creuse	Indicatrice						
25		<i>Ostrea edulis</i>	Huitre plate	Menacée						
24		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Moule	Indicatrice						
		<i>Talochlamys multistriata</i>	Pétoncle strié	Indicatrice						
		<i>Venus verrucosa</i>	Praire commune	Indicatrice						
	Bryozoaires	<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	Bryozoaire encroutante rouge	Indicatrice						
27	Céphalopodes	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	Indicatrice						
		<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	Indicatrice						
	Cnidaires	<i>Aiptasia diaphana</i>	Aiptasie diaphane	Invasive						
		<i>Paranemonia cinerea</i>	Anémone des herbiers	Indicatrice						
		<i>Anemonia viridis</i>	Anémone verte	Indicatrice						
2		<i>Actina mediterranea</i>	Anémone tomate	Indicatrice						
3		<i>Gorgonia sp.</i>	Gorgone sp.	Menacée						
	Ctenophores	<i>Mnemiopsis leydyi</i>	Mnemiopsis	Invasif						
	Echinodermes	<i>Asterina pancerii</i>	Astérie naine des Posidonies	Protégée						
8		<i>Holothuria tubulosa</i>	Concombre de mer	Indicatrice						
7		<i>Echinaster sepositus</i>	Etoile de mer	Indicatrice						
4		<i>Ophiopsila sp.</i>	Ophiure sp.	Invasive						
6		<i>Arbacia lixula</i>	Oursin noir	Indicatrice						
5		<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin violet	Indicatrice						
14	Echiuriens	<i>Bonellia viridis</i>	Bonellie verte	Indicatrice						
	Gastéropodes	<i>Bolma rugosa</i>	Astrée rugueuse (biou)	Indicatrice						
		<i>Coryphellina rubrolineata</i>	Flabelline à ligne rouge	Indicatrice						
9		<i>Flabellina affinis</i>	Flabelline mauve	Indicatrice						
		<i>Phorcus turbinatus</i>	Gibbule toupie	Indicatrice						
		<i>Haliotis tuberculata lamellosa</i>	Ormeaux de Méditerranée	Endémique						
10		<i>Patella sp.</i>	Patelle sp.	Protégée						
		<i>Hexaplex trunculus</i>	Rocher fascié	Indicatrice						
		<i>Cérithium sp.</i>	Cériste	Endémique						
	Polycapophores	<i>Chitons sp.</i>	Chitons sp.	Indicatrice						
11	Spongiaires	<i>Crambe crambe</i>	Eponge encroutante	Indicatrice						

		<i>Dysidea fragilis</i>	Eponge mie de pain mouillée	Indicatrice						
		<i>Petrobiona massiliana</i>	Eponge Pierre-blanche	Endémique						

Description flore benthique

- Dimensionnement des surfaces recouvertes par herbier et mesure de vitalité
- Répartition en pourcentage algues vertes, brunes et rouges et nombre d'espèce par groupe.

Herbiers

Nom latin (N°)	Nom commun	Dimensions	Ind / quadrats	Profondeur	Observations
<i>Caulerpa sp.</i> (1)	Caulerpe sp.				
<i>Cymodocea nodosa</i> (2)	Cymodocée				
<i>Posidonia oceanica</i> (3)	Posidonie				
<i>Zostera marina</i> (4)	Zostère marine				
<i>Zostera noltei</i> (5)	Zostère naine				

Algues

N° quadrat	Localisation	Groupe d'algues	Nombre d'espèces	% recouvrement
Q1		Brune		
		Rouge		
		verte		
Q2		Brune		
		Rouge		
		Algue filamenteuse verte		
Q3		Brune		
		Rouge		
		verte		
Q4		Brune		
		Rouge		
		Verte		

Q5		Brune		
		Rouge		
		verte		

*Sur un substrat donné

L'échelle des coefficients d'abondance-dominance (A) est définie comme suit :

- 5 : Recouvrement > 3/4 de la surface de référence (> 75 %) ;
- 4 : Recouvrement entre 1/2 et 3/4 (50-75 % de la surface de référence) ;
- 3 : Recouvrement entre 1/4 et 1/2 (25-50 % de la surface de référence) ;
- 2 : Recouvrement entre 1/20 et 1/4 (5-25 % de la surface de référence) ;
- 1 : Recouvrement ≤ 1/20 (≤ 5 % de la surface de référence) ;
- + : Peu d'individus, avec très faible recouvrement.

Suivi des peuplements halieutiques

- Comptage et identification non exhaustif des poissons
- Détermination du stade (jeune/adulte)
- Indication du positionnement dans la colonne d'eau (surface/pélagique/benthique)

Nom latin	Nom commun	Statut	Positionnement	Stade	Effectifs
<i>Atherina sp.</i>	Athérine sp.	Indicatrice			
<i>Parablennius sp.</i>	Blennie sp.	Indicatrice			
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole	Indicatrice			
<i>Conger conger</i>	Congre	Indicatrice			
<i>Sciaea umbra</i>	Corb	Protégée			
<i>Symphodus cinereus</i>	Crénilabre cendré	Indicatrice			
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre de Méditerranée	Indicatrice			
<i>Dentex dentex</i>	Denté commun	Indicatrice			
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Dorade grise	Indicatrice			
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale	Indicatrice			
<i>Coris julis</i>	Girelle commune	Indicatrice			
<i>Thalassoma pavo</i>	Girelle paon	Indicatrice			
<i>Gobius sp.</i>	Gobie sp.	Indicatrice			
<i>Labrus viridis</i>	Labre vert	Indicatrice			
<i>Labrus berggylta</i>	Vieille commune	Indicatrice			
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup	Indicatrice			
<i>Labrus merula</i>	Merle	Indicatrice			
<i>Epinephelus marginatus</i>	Mérou brun	Protégée			
<i>Chelon labrosus</i>	Muge lippu	Indicatrice			

<i>Muraena helena</i>	Murène commune	Indicatrice			
<i>Oblada melanura</i>	Oblade	Indicatrice			
<i>Belone belone</i>	Orphie (aiguille de mer)	Indicatrice			
<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	Indicatrice			
<i>Fistularia commersonii</i>	Poisson flûte	Invasive			
<i>Siganus luridus</i>	Poisson lapin	Invasive			
<i>Scorpaena sp.</i>	Rascasse sp.	Indicatrice			
<i>Mullus surmeletus</i>	Rouget-barbet de roche	Indicatrice			
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	Indicatrice			
<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu	Indicatrice			
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	Indicatrice			
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe	Indicatrice			
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette	Indicatrice			
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture	Indicatrice			
<i>Diplodus anularis</i>	Sparaillon	Indicatrice			

Annexe 2 : Liste non exhaustive des espèces de flore benthiques et de leur type rencontrées dans le golf de fos depuis 2019

Nom latin	Nom commun	Type
Amphiroa sp	Amphiroa	Algue rouge
Corallina caespitosa	Coralline de Mediterranee	Algue rouge
Gracilaria gracilis	Gracilaire Gracile	Algue rouge
Jania rubens	Janie rouge	Algue rouge
Laurencia obtusa	Laurencie obtuse	Algue rouge
Laurencia sp.	Laurencie sp.	Algue rouge
Lytrophyllum incrustans	Algues feuilles de pierre encroutante	Algue rouge
Liagora sp.	Liagore sp.	Algue rouge
Peyssonelia sp.	Peyssonnelia sp.	Algue rouge
Pneophyllum sp. & Hydrolithon sp.	Algue calcaire épiphytes	Algue rouge
Polysiphonia elongata	Polysiphonie allongée	Algue rouge
Sphaerococcus coronopifolius	Sphérocoque	Algue rouge
Acetabularia acetabulum	Acetabulaire	Algue verte
Bryopsis muscosa	Bryopsis mousse	Algue verte
Caulerpa racemosa	Caulerpe raisin	Algue verte
Caulerpa taxifolia	Caulerpe sp.	Algue verte
Codium fragile	Codium fragile	Algue verte
Codium bursa	Beret basque	Algue verte
Flabellia petiolia	Udotée	Algue verte
Halimeda tuna	Monnaie de Poséidon	Algue verte
Ulva compressa	Enteromorphe	Algue verte
Ulva rigida	Laitue de mer	Algue verte
Valonia utricularis	Valonie tubuleuse	Algue verte
Cystoseira sp.	Cystoseire sp.	Algue Brune
Dictyota sp.	Dictyote sp.	Algue Brune
Dictyota dichotoma	Dictyote	Algue Brune
Dictyota fasciola	Dictyote rubanée	Algue Brune
Halopteris scoparia	Algue balai	Algue Brune
Padina sp.	Padine sp.	Algue Brune
Padina pavonica	Padine Queue-de-paon	Algue Brune
Cymodocea nodosa	Cymodocée	Phanérogame
Posidonia oceanica	Posidonie	Phanérogame
Zostera marina	Zostère marine	Phanérogame
Zostera noltei	Zostère naine	Phanérogame

Annexe 3 : Liste non exhaustive des espèces halieutiques rencontrées dans le golf de fos depuis 2019

Nom scientifique	Nom commun
<i>Atherina sp.</i>	Athérine sp.
<i>Parablennius sp.</i>	Blennie sp.
<i>Chromis chromis</i>	Castagnole
<i>Conger conger</i>	Congre
<i>Sciaea umbra</i>	Corb
<i>Symphodus cinereus</i>	Crénilabre cendré
<i>Symphodus mediterraneus</i>	Crénilabre de Méditerranée
<i>Dentex dentex</i>	Denté commun
<i>Spondylisoma cantharus</i>	Dorade grise
<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale
<i>Coris julis</i>	Girelle commune
<i>Thalassoma pavo</i>	Girelle paon
<i>Gobius sp.</i>	Gobie sp.
<i>Labrus viridis</i>	Labre vert
<i>Labrus berggylta</i>	Vieille commune
<i>Dicentrarchus labrax</i>	Loup
<i>Labrus merula</i>	Merle
<i>Epinephelus marginatus</i>	Mérou brun
<i>Chelon labrosus</i>	Muge lippu
<i>Muraena helena</i>	Murène commune
<i>Oblada melanura</i>	Oblade
<i>Belone belone</i>	Orphie (aiguille de mer)
<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun
<i>Fistularia commersonii</i>	Poisson flûte
<i>Siganus luridus</i>	Poisson lapin
<i>Scorpaena sp.</i>	Rascasse sp.
<i>Mullus surmeletus</i>	Rouget-barbet de roche
<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun
<i>Diplodus puntazzo</i>	Sar à museau pointu
<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire
<i>Sarpa salpa</i>	Saupe
<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chevrette
<i>Serranus scriba</i>	Serran écriture
<i>Diplodus anularis</i>	Sparaillon

Annexe 4 : Liste non exhaustive des espèces de faune benthiques et de leur embranchement /famille rencontrées dans le golf de fos depuis 2019

Nom latin	Nom commun	Embranchement/famille
<i>Hippocampus sp.</i>	Hippocampe sp.	Acanthopterygiens
<i>Sabella pavonina</i>	Sabelle	Annelides
<i>Eupolymnia nebulosa</i>	Polymnie sp.	Annelides
<i>Serpua vermicularis</i>	Serpule	Annelides
<i>Sabella spallanzanii</i>	Spirographe	Annelides
<i>Spirobranchus sp.</i>	Serpule angulaire	Annelides
<i>Leodice torquata</i>	Ver rouge à collier	Annelides
<i>Maja squinado</i>	Araignée des mers	Arthropodes
<i>Balanus sp.</i>	Balane	Arthropodes
<i>Pagurus bernhardus</i>	Bernard l'ermite	Arthropodes
<i>Scyllarides latus</i>	Cigale des mers	Arthropodes
<i>Callinectes sapidus</i>	Crabe bleu	Arthropodes
<i>Percnon gibbesi</i>	Crabe plat	Arthropodes
<i>Eriphia verrucosa</i>	Crabe verruqueux	Arthropodes
<i>Carcinus aestuarii</i>	Crabe vert	Arthropodes
<i>Palaemon sp.</i>	Crevette sp.	Arthropodes
<i>Phallusia mammillata</i>	Ascidie blanche	Ascidies
<i>Botrylloides leachii</i>	Botrylloïde (ascidie coloniale)	Ascidies
<i>Clavelina sp.</i>	Claveline sp.	Ascidies
<i>Microcosmus vulgaris</i>	Vioule	Ascidies
<i>Haliotis tuberculata</i>	Ormeau sauvage	Bivalves
<i>Lithophaga lithophaga</i>	Datte de mers	Bivalves
<i>Pinna nobilis</i>	Grande nacre	Bivalves
<i>Crassostrea gigas</i>	Huitre creuse	Bivalves
<i>Ostrea edulis</i>	Huitre plate	Bivalves
<i>Mytillus galloprovincialis</i>	Moule	Bivalves
<i>Ruditapes sp.</i>	Palourde	Bivalves
<i>Venus verrucosa</i>	Praire commune	Bivalves
<i>Schizobrachiella sanguinea</i>	Bryzoaire encroutante rouge	Bryozoaires
<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe commun	Cephalopodes
<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	Cephalopodes
<i>Aiptasia diaphana</i>	Aiptasie diaphane	Cnidaires
<i>Paranemonia cinerea</i>	Anémone des herbiers	Cnidaires
<i>Condylactis aurantiaca</i>	Anémone soleil	Cnidaires
<i>Actina mediterranea</i>	Anémone tomate	Cnidaires
<i>Anemonia viridis</i>	Anémone verte	Cnidaires
<i>Cribrinopsis crassa</i>	Anémone charnue	Cnidaires
<i>Eunicella singularis</i>	Gorgone blanche	Cnidaires
<i>Eudendrium sp.</i>	Hydraire sp.	Cnidaires
<i>Aurelia aurita</i>	Méduse commune	Cnidaires

Rhizostoma pulmo
Mnemiopsis leydyi
Asterina pancerii
Holothuria tubulosa
Echinaster sepositus
Astropecten platyacanthus
Ophiopsila sp.
Arbacia lixula
Paracentrotus lividus
Bonellia viridis
Cerithium vulgatum
Bolma rugosa
Coryphellina rubrolineata
Flabellina affinis
Phorcus turbinatus
Patella sp.
Hexaplex trunculus
Thurdilla hopei
Chitons sp.
Crambe crambe
Dysidea fragilis
Spongia officinalis
Porifera sp.

Poumon de mer (meduse)
Mnemiopsis
Asterie naine des Posidonies
Concombre de mer
Etoile de mer
Etoile peigne à piquants plats
Ophiure sp.
Oursin noir
Oursin violet
Bonellie verte
Cérithe
Astree rugueuse
Flabelline a ligne rouge
Flabelline mauve
Gibbule toupie
Patelle sp.
Rocher fascie
Thurdille de hope
Chiton sp.
Eponge encroutante
Eponge mie de pain mouillée
Eponge de toilette
Eponge sp.

Cnidaires
Ctenophores
Echinodermes
Echinodermes
Echinodermes
Echinodermes
Echinodermes
Echinodermes
Echinodermes
Echiuriens
Gasteropodes
Polyplacophore
Spongiaires
Spongiaires
Spongiaires
Spongiaires