

OBSERVATOIRE DU MILIEU
BILAN ANNUEL DES OPERATIONS
2014

1

A-35	Observatoire du milieu					
Volet A	Retrouver un fonctionnement équilibré des écosystèmes	Mesure	₅ B ₀₃ - ₅ G ₀₁			
Thème	Améliorer les connaissances	Maître d'ouvrage				
		GIPREB				

GENERALITES

Contexte/Problématique

La surveillance des communautés aquatiques de l'écosystème est une des missions fondatrices du Gipreb, au travers de l'Observatoire du milieu. L'étang de Berre fait ainsi l'objet, depuis 1994, d'un suivi écologique annuel reconnu pour la qualité et la diversité des données acquises, avec les objectifs suivants :

- Témoigner de l'état de vitalité de l'écosystème et mieux connaître sa dynamique ;
- Fournir un outil d'aide à la décision permettant d'orienter les décisions de gestion en fonction de la réponse des milieux;
- Informer les acteurs locaux et le public sur l'évolution du système.

Le Gipreb est maître d'ouvrage d'études plus spécifiques ou de développements méthodologiques qui viennent compléter les données acquises dans le cadre du suivi écologique. L'Observatoire permet de centraliser les données, œuvre à la mutualisation des efforts de connaissance et d'acquisition des données, met à disposition la base de données constituée et travaille à la définition d'indicateurs écologiques (indicateurs d'état) et d'indicateurs de pression.

Depuis 2006, le suivi écologique mis en œuvre par le Gipreb contribue et alimente le contrôle de surveillance/contrôle opérationnel réalisé pour la Directive Cadre sur l'Eau.

Descriptif de l'action

Le suivi écologique de l'étang de Berre réalisé par le Gipreb dans le cadre de l'Observatoire du milieu répond aux quatre grandes problématiques que sont le contrôle des apports par les bassins versants, le contrôle de l'eutrophisation, la contamination et le niveau de réponse des biocénoses et habitats. L'Observatoire a vocation à intégrer de nouveaux indicateurs, en particulier les indicateurs de pression (apports telluriques, fréquentation, prélèvement de ressources, etc.).

Dans la continuité des années précédentes, le suivi écologique (dont les premières campagnes remontent à 1994) permet d'appréhender l'évolution de la qualité du milieu au cours du temps. Il porte sur 6 compartiments :

- 1. Le suivi des paramètres hydrologiques apporte la connaissance sur la qualité de l'eau en général, en particulier la salinité et les paramètres de l'eutrophisation.
- Le suivi de la qualité des sédiments renseigne sur le niveau de contamination organique et métallique qui subsiste dans la couche superficielle des sédiments, ainsi que sur le stock de nutriments.
- 3. Le suivi des macrophytes et des moulières littorales permet d'appréhender chaque année l'évolution des peuplements d'algues, de phanérogames marines et de moules le long de transects répartis sur le pourtour de l'étang : détermination des espèces accompagnée d'une approche quantitative (recouvrement et abondance).
- 4. Le suivi des herbiers de zostères renseigne sur l'évolution des surfaces couvertes par les herbiers et leur vitalité sur deux sites témoins, l'Arc et la Pointe de Berre.

- Le suivi de la macrofaune benthique des substrats meubles renseigne sur le niveau de colonisation des fonds de l'étang, et en particulier de la zone centrale profonde, azoïque jusqu'en 2004.
- 6. Le suivi patrimonial de la qualité sanitaire des eaux apporte une image globale de la qualité de l'étang vis-à-vis des contaminations microbiologiques. Les 21 points de mesure sont les 10 stations du suivi hydrologique et 11 stations de la bordure littorale à proximité des zones de mise à l'eau des clubs nautiques.

De manière complémentaire au suivi écologique du milieu, le Gipreb est maître d'ouvrage d'études et de développements méthodologiques qui permettent d'améliorer la connaissance des processus physique et biologiques en jeu.

Le Gipreb encadre et participe au financement de travaux de Doctorat qui permettent d'améliorer la connaissance sur le fonctionnement de l'écosystème.

OPERATION 1 – SUIVI ECOLOGIQUE

Le suivi écologique porte sur 6 compartiments : la qualité hydrologique de l'eau de l'étang de Berre, la qualité des sédiments, les macrophytes (algues et phanérogames) et peuplements de moules, les herbiers de zostères, la macrofaune benthique de substrat meuble et la qualité bactériologique des eaux de l'étang de Berre :

VOLET	ECHANTILLONNAGE PREVU	DETAIL DES ACQUISITIONS		
Hydrologie	12 campagnes mensuelles sur 10 stations	 Profils : S, T, O2, NTU, pH, eH, chl-a Prélèvements surface et fond : nutriments, chl-a, MeS, MO Prélèvements surface 2 stations : phytoplancton (détermination et comptage) 		
Qualité des sédiments	1 campagne sur 21 stations tous les 5 ans	Composition granulométrique, matière organique, nutriments, métaux lourds, composés organiques		
Macrophytes et peuplements de moules	1 campagne annuelle sur 31 stations	relevés in situ, détermination spécifique, analyse semi quantitative (recouvrement et abondance)		
Herbiers de Zostères 1 campagne sur 2 sites témoins et sur l'ensemble de l'étang tous les 5 ans		Photographies aériennes : surfaces couvertes Relevés in situ des paramètres de vitalité et de la dynamique de colonisation		
Macrofaune benthique	12 campagnes – 3 stations centrales 2 campagnes – 12 stations côtières	détermination et comptage : richesse spécifique densité		
Qualité bactériologique	12 campagnes pour 21 stations	E. Coli, entérocoques		

Hydrologie

Comme pour tout milieu lagunaire, l'écosystème de l'étang de Berre est largement conditionné par la nature et la quantité des apports en provenance de son bassin versant : eau douce, limons, nutriments, contaminants. Les apports d'eau douce proviennent à la fois des eaux de pluies qui arrivent jusqu'à l'étang via le bassin versant et ses tributaires mais aussi des apports de la Durance via le canal usinier EDF. Dans sa partie sud, l'étang est alimenté en eau marine par le golfe de Fos via le canal de Caronte.

Les 662 mm de précipitations annuelles cumulées en 2014, rapportées à la surface de l'étang, équivalent à des apports en eau douce de 103 millions de m³.

Les apports en eau des tributaires naturels en 2014, totalisent 300 millions de m³, dont 178 millions de m³ pour l'Arc, 96 millions de m³ pour la Touloubre et 26 millions de m³ pour la Cadière. Les apports en eau douce par le canal usinier de la centrale hydro-électrique de Saint-Chamas ont été de 834 millions de m³ de janvier à décembre 2014. On note une baisse significative des apports d'eau douce par la centrale de Saint-Chamas par rapport à 2013, 1 266 millions de m³, tandis que les apports par les tributaire naturels ont été, eux, plus élevés (180 millions de m³ en 2013).

Les apports solides (matières particulaires) par les tributaires naturels dépendent de l'hydraulicité et sont donc très variables d'une année à l'autre. Ils varient de 2 000 à 80 000 tonnes par an (8 200 t en 2012; 5 703 t en 2013), sans toutefois prendre en compte les épisodes de crues. Ces dernières peuvent contribuer jusqu'à 99 % des flux de matière en suspension. Comme pour les apports en eau, les apports en limons par le canal usinier de Saint-Chamas sont régulés. En 2014, les apports solides ont été de 43 452 tonnes (60 047 tonnes en 2013).

Les apports en sels nutritifs, azote et phosphore suivent globalement les tendances des apports d'eau douce et de matière en suspension par les tributaires. Ainsi en se basant sur les dernières données fournies par l'Agence de l'Eau, en 2012 et 2013, les apports en azote total et en phosphore total par les tributaires naturels (Arc, Touloubre et Cadière) ont été respectivement de 845 et 546 tonnes d'azote et de 42 et 31 tonnes de phosphore.

Les apports en azote et phosphore par le canal EDF sont estimés respectivement à 1085 tonnes d'azote et 30 tonnes de phosphore pour l'équivalent de 1058 millions de m3 d'apports en eau douce (exercice 2008/2009). Les apports par le canal usinier de Saint-Chamas représentent environ 50 % des apports totaux en nitrate et 15 % des apports en phosphore total.

Les apports à l'étang concernent également les apports atmosphériques, les eaux de ruissellement, les apports industriels et ceux des stations d'épuration. A titre estimatif, les apports diffus en nitrates par la nappe fluviatile de l'Arc avaient été estimés à 40 t de N-NO₃ en 2001.

La caractérisation fine des apports diffus par le ruissellement du bassin versant direct et par voie atmosphérique fait l'objet d'une étude spécifique menée par le Gipreb dont les résultats seront disponibles fin 2015 (Action A-37 du Contrat d'étang de Berre).

La répartition spatiale et temporelle de la salinité dans l'étang de Berre montre le maintien d'une stratification entre la couche d'eau de surface moins salée et la couche de fond.

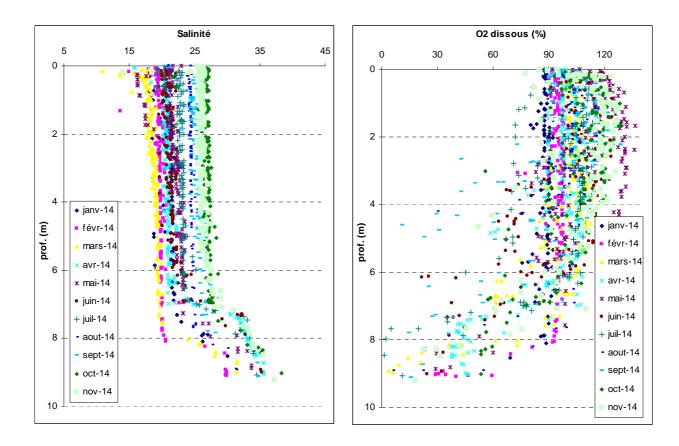


Figure 1. Répartition verticale de la salinité et des teneurs en oxygène dissous (% de saturation) pour les 10 stations du suivi hydrologique au cours de l'année 2014.

La salinité est très homogène entre 1 et 8 m de profondeur au cours de l'année avec une salinité comprise entre 17 et 26 g/l, selon la saison, la profondeur et les apports en eau douce. On note ainsi des dessalures importantes de la couche de surface (entre la surface et 1m de profondeur) aux mois de février, mars et avril 2014, avec des valeurs de salinité comprises entre 10 et 15 selon la localisation. Au-delà de 7 à 8 m de profondeur la stratification haline isole la couche de fond plus salée (salinité de 36 au maximum en profondeur) réduisant ainsi les échanges diffus d'oxygène. En conditions estivales et en automne les phénomènes d'anoxie s'observent jusque dans les petits fonds (5 m de profondeur au mois de septembre).

L'étang de Berre constitue un milieu globalement eutrophe, avec de fréquentes efflorescences algales (phytoplanctons et macroalgues) et des phénomènes d'appauvrissement en oxygène de ses eaux.

Le suivi réalisé depuis plusieurs années dans l'étang de Berre, confirme l'importance des flux d'eau douce (par la centrale EDF et les tributaires naturels) dans l'enrichissement en azote, notamment par des apports en nitrate qui ont lieu principalement en période hivernale alors que la production primaire est faible. L'azote minéral composé des nitrate, nitrite et ammonium, en concentrations importantes, constitue le stock de nutriments susceptible d'être assimilé par le phytoplancton.

Les teneurs en nitrates (NO3) montrent des évolutions saisonnières marquées : la période estivale est caractérisée par une quasi disparition des nitrates en surface où il sont consommés (entre 0.1 et 1 μ mol/l en juillet 2014), tandis que les plus fortes concentrations sont relevées en hiver (pic > 40 μ mol/l en mars 2014 et jusqu'à 80 μ mol/l à la station H16). Cette répartition saisonnière se retrouve depuis 2009, avec des concentrations moyennes comprises entre 15 et 20 μ mol/l sur l'année. En 2014 la

teneur moyenne annuelle est plus élevée (25 µmol/l) du fait notamment des fortes valeurs enregistrées aux stations H16 et H4.

Les teneurs en nitrite suivent un rythme saisonnier équivalent à celui du nitrate. Il n'apparaît pas de différence significative entre la surface et le fond. Bien que présent en faibles concentrations (<0.5 µmoles/l), le nitrite, contrairement au nitrate, est toujours détectable en période estivale, tant en surface qu'au fond.

Le rythme saisonnier est également marqué pour l'ammonium, les concentrations de surface sont faibles au cours de l'hiver (<1 µmoles/l), alors qu'elles atteignent 3-5 µmoles/len été. Les concentrations mesurées au fond sont toujours plus élevées indiquant que le sédiment, siège de la reminéralisation, est une source importante d'ammonium.

Les concentrations en phosphate restent globalement faibles (< $0.2 \, \mu mol/l$ en hiver et de l'ordre de $0.3 \,$ à $0.5 \, \mu mol/l$ en été) avec une évolution saisonnière qui reste peu marquée et une certaine homogénéité dans l'ensemble de l'étang. Enfin, les teneurs en chlorophylle-a représentatives de l'abondance du phytoplancton sont également rythmées par la saison, les valeurs étaient faibles en hiver (< $0.5 \, \mu g/l$) et plus élevées du printemps jusqu'à l'automne (jusqu'à $25 \, \mu g/l$). En 2014 on ne notait pas de « bloom » printanier marqué.

Malgré une diminution des concentrations en sels nutritifs dans l'étang amorcée au début des années 2000, l'étang de Berre est classé en terme d'eutrophisation pour l'année 2013 (campagne DCE la plus récente) dans un état « médiocre » en surface et « mauvais » au fond, sur la base des indices retenus par la DCE (source IFREMER). Les principaux paramètres déclassants sont les concentrations en azote et phosphore et, pour le fond, les teneurs en oxygène dissous. La transparence de l'eau, directement conditionnée par la charge en matière particulaire (phytoplancton notamment) reste faible dans l'étang. La couche euphotique (où parvient seulement 1 % de la lumière incidente de surface) était atteinte à 6.5 m de profondeur en moyenne pour l'année 2014.

Phytoplancton

Depuis 2013, l'Observatoire du milieu s'est enrichi d'une analyse des populations de phytoplancton (densité et identification des espèces) par cytométrie en flux. Ce volet est réalisé en collaboration avec le MIO (Aix-Marseille Université, plate-forme régionale PRECYM, G. Gregori). Les micro-organismes phytoplanctoniques échantillonnés mensuellement aux 10 stations du suivi hydrologique, en surface et au fond, ont été analysés à l'échelle cellulaire à l'aide du cytomètre en flux CytoSense (Cytobuoy, b.v.). Cet instrument permet de caractériser chaque cellule du phytoplancton en terme de taille et de contenu en pigments photosynthétiques (chlorophylle a ou pigments accessoires tels que la phycoérythrine) par mesure de leurs propriétés optiques de diffusion et de fluorescence. De plus il permet d'identifier les plus grosses cellules (de taille > 15 μ m) grâce à un système de prise d'images intégré dans l'instrument.

La densité totale du phytoplancton présente peu de différences entre la surface et le fond. Au cours de l'année 2013, cette densité a été plus élevée en automne et au printemps et a présenté un minimum autour de mai/juin.

Par son approche individuelle, la cytométrie permet de catégoriser les cellules phytoplanctoniques à partir de leurs propriétés optiques, traduisant une fonctionnalité différente dans l'écosystème. Classiquement, les cellules analysées par cytométrie se répartissent en picophytoplancton, pour les cellules de taille inférieure à 2 µm (procaryote ou eucaryote), nanophytoplancton, pour les cellules dont la taille est comprise entre 2 µm et 20 µm, et en microphytoplancton pour les cellules de taille

supérieure à 20 µm. Ce sont les cellules de petites tailles (picoeucaryotes et Synechococcus) qui dominent les assemblages phytoplanctoniques de l'étang de Berre en surface comme au fond.

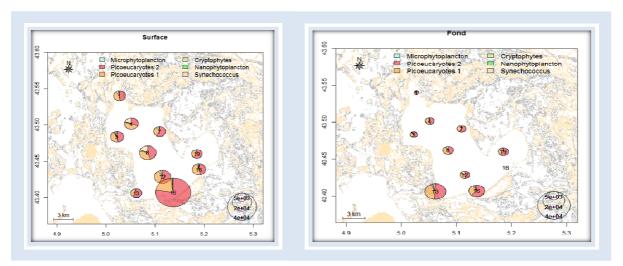


Figure. 2. Répartition géographique de la contribution moyenne des différents groupes de phytoplancton à la surface et au fond de l'étang de Berre au cours de l'année 2013.

Ces analyses se sont poursuivies en 2014, les résultats sont en cours de traitement.

Qualité des sédiments

Les campagnes d'analyse de la contamination des sédiments sont réalisées à une fréquence de 5 ans. En 2011, les sédiments se caractérisaient par des niveaux de contamination faible (As, Ni, Zn) à modéré (Cd, Cu, Cr, Pb, Hg). Les niveaux de contamination les plus élevés (Cd, Cr, Pb, Hg) se retrouvaient dans l'étang de Vaïne et la zone Sud-ouest du Grand Etang à l'embouchure du chenal de Caronte et le long de la digue du Rove probablement attribués à des rejets récents en ETM (éléments traces métalliques) par les industries du pourtour de l'étang. Les concentrations en ETM des sédiments de surface actuels de l'étang de Berre sont ainsi les plus faibles observés depuis plusieurs décennies. Cependant si les ETM sont majoritairement piégés dans les sédiments, des flux « dissous » vers la colonne d'eau ont pu être mis en évidence, favorisés notamment par les conditions anoxiques dans la zone sud du grand étang. Le rôle de tels apports sur la dégradation de la qualité des eaux et de l'écosystème de l'étang reste à confirmer et évaluer.

Macrophytes et peuplements de moules

31 stations littorales sont suivies en plongée sous-marine annuellement au mois de juin (période de plus forte végétation) et un indice d'abondance est calculé pour chacune des espèces de macrophytes présentes. En 2014, en ce qui concerne les phanérogames, l'espèce *Ruppia cirrhosa* est observée de façon ponctuelle sur une station (étang du Batidou), *Potamogeton pectinatus* (nouvelle dénomination *Stuckenia pectinata*) n'est plus présent et *Zostera noltii* est observée sur 4 stations (delta de l'Arc, Pointe de Berre, étang de Vaïne, salins du lion). Bien que les signalements d'herbier de *Zostera* soient en progression en 2014 (on retrouve les niveaux de 2011 et 2012), en particulier dans l'étang de Vaïne et que les abondances soient plus importantes (moyenne des IAM de 5.4 en 2014), leur représentation demeure extrêmement faible au regard de l'ensemble de l'étang de Berre. Par ailleurs, les herbiers restent cantonnés au proche rivage, généralement à moins de 50 m de distance de la côte. On note la présence en 2014 d'une dizaine de colonies isolées à plus de 2 m de profondeur (soit à 80 m du rivage) dans l'étang de Vaïne.

Les Chlorobiontes, sont représentées dans l'étang de Berre par les espèces du genre *Ulva* en lames (« laitues de mer ») et en tubes (ex. *Enteromorpha*) et *Cladophora* dont les populations se sont globalement développées depuis le début des années 1990. Les ulves (*Ulva* sp.) en particulier ont montré des proliférations maximum dans les années 2002-2004 et se maintiennent depuis à des hauts niveaux de recouvrement (l'espèce est présente sur 30 des 31 stations suivies, avec un IAM moyen de 117 en 2014). Notons que les échouages massifs d'ulves sur les rivages et dans les faibles profondeurs, outre les nuisances qu'elles génèrent, constituent une contrainte supplémentaire à la croissance des herbiers de phanérogames.

Les Rhodobiontes *Gracilaria* et les Ceramiales (*Polysiphonia*, *Callithamnion*) sont également bien représentés le long du rivage. Depuis 2006, leur abondance cumulée a augmenté et se maintient à des niveaux élevés en 2014 (IAM moyens respectifs de 43 et 80). Elles restent le deuxième groupe d'espèces le plus abondant, après les Ulves, au sein de l'étang de Berre. Ces algues rouges, les Gracilaires en particulier, s'accumulent également dans les faibles profondeurs et le long du rivage, sous l'action du vent et des courants et s'échouent sur les plages.

Les peuplements littoraux de moules de méditerranée, *Mytilus galloprovincialis*, ont été observés sur 30 des 31 stations suivies dans le grand étang et dans Vaïne. Ils se développent dès les premiers mètres du rivage, juste en dessous de la surface de l'eau, pour la majorité des stations. En 2014, l'Indice d'Abondance Moyen (IAM) de *M. galloprovincialis* s'échelonne de 0 à 500 en fonction de la localisation des peuplements, selon un schéma de répartition qui reste globalement identique depuis 2006. Depuis 2010 l'IAM global montre une progression de faible ampleur mais régulière (IAM de 215 en 2014) : les plus fortes abondances (IAM supérieur à 300) sont observées à proximité de la Mède, de Martigues et du canal de Caronte, à l'embouchure de l'Arc et dans l'anse du Ranquet. Des régressions ont également été observées en 2014, en particulier dans le nord du Grand Etang (anse de St Chamas, anse des Merveilles).

La moule introduite *Musculista senhousia* a été observée en 2014 sur 16 des 31 stations suivies dans le grand étang et dans Vaïne. La encore, le schéma de répartition des deux espèces a peu varié depuis 2006, *M. senhousia* étant minoritaire dans les plus faibles profondeurs (entre le rivage et 20-30 m du bord), tandis qu'elle est plus abondante en s'éloignant vers le large. En 2014, les IAM de *M. senhousia* s'échelonnaient de 0 à 310 et sont globalement plus élevés qu'en 2013, après 4 ans de régression régulière. Les plus fortes abondances sont relevées vers le delta de l'Arc et le long des côtes Est et Sud-Ouest du Grand Etang, ainsi que dans l'anse de St Chamas). Les peuplements de *Musculista senhousia* montrent des évolutions spatiale et temporelle relativement marquées d'une année à l'autre, ce qui confirme le caractère opportuniste accordé à cette espèce introduite.

Herbiers de Zostères

De par leur importance patrimoniale (*Zostera noltii* est une espèce protégée), les herbiers de zostères font l'objet d'un suivi particulier dans l'étang de Berre qui porte sur les surfaces couvertes et les principaux indicateurs de vitalité.

Le suivi des herbiers porte sur le relevé annuel, au mois de juin (période de plus forte végétation) de leur abondance le long de 31 transects littoraux. En 2014, une cartographie exhaustive des herbiers a été réalisée dans l'ensemble de l'étang. Cette cartographie s'est basée sur l'interprétation par SIG (Système d'Information Géographique) de photographies aériennes spécifiquement programmées, complétée d'une campagne détaillée de reconnaissance *in situ* en plongée sous-marine. Par ailleurs, une action de science participative auprès des utilisateurs de l'étang (pêcheurs, plaisanciers, etc.) a permis de recenser les herbiers visibles depuis la surface.

Les herbiers restent principalement cantonnés à 3 grands secteurs de l'étang, le long de la façade est du grand Etang, du delta de l'Arc à la pointe de Berre, dans le sud de l'étang de Vaïne et dans le bassin de délimonage de Saint-Chamas.

- à l'embouchure de l'Arc et salins de Berre (6 650 m²)
- à la Pointe de Berre (7 940 m²)
- au sud de l'étang de Vaïne (entre la piste de l'aéroport et la base nautique de Vitrolles,12 900 m²)
- dans le bassin de délimonage (15 140 m²)

On note également la présence de taches isolées de zostères dans l'anse du Ranquet et au droit de Figuerolles. La surface totale des herbiers de l'étang a ainsi été évaluée à 4.4 ha. L'ensemble des cartes d'herbier est fourni en annexe au présent document.

Sur deux sites témoins, la pointe de Berre et le delta de l'Arc, les herbiers font l'objet d'un suivi plus particulier qui porte notamment sur les paramètres de vitalité et les conditions du milieu (la lumière disponible et la qualité des sédiments). Pour ces deux sites les surfaces couvertes ont progressé en 2014. Cette évolution s'est réalisée par l'extension et la coalescence des taches existantes, principalement le long de la côte sans toutefois progresser vers le large. La localisation de la limite inférieure des herbiers sur ces sites reste proche de 1.5 à 2 m. Les surfaces couvertes sur les sites témoins, ne représentent toujours qu'une très faible proportion de la surface potentiellement colonisable (respectivement 0.5 et 9% pour les sites de l'Arc et de Berre en 2014). Le suivi de la vitalité des herbiers lui est réalisé par la mesure in situ de paramètres morphologiques standardisés : densité de faisceaux, biomasse endogée (rhizomes + racines), biomasse épigée (feuilles) et biomasse des épiphytes et par des prélèvements, positionnés de manière aléatoire au sein des taches d'herbier. Le protocole d'étude porte préférentiellement sur des méthodes éprouvées et standardisées, et suit les objectifs et recommandations de la Directive Cadre Eau. Au cours de la série temporelle, les paramètres de vitalité des herbiers en place (densités de faisceaux, biomasses) sont faibles comparativement à d'autres lagunes méditerranéennes. Ces paramètres fluctuent d'une année à l'autre depuis 2006 mais ne montrent pas de progression significative. Les quantités de lumière disponibles sur le fond ne montrent pas non plus de tendance significative d'une année sur l'autre, elles restent proches de 20 % de la lumière arrivant en surface. Il est donc probable que la quantité de lumière soit un des facteurs limitant le développement des herbiers plus en profondeur.

L'expérimentation sur la transplantation des zostères a fait initialement l'objet de suivis durant trois ans après les réimplantations (de 2009 à 2012). Depuis 2012, les transplants ne sont plus présents que sur trois sites (sur six). Des inspections visuelles complémentaires avaient été réalisées en 2013. Cette campagne a confirmé (à l'exception du site de l'Arc où les taux de survie de *Z. noltii* restent élevés) les faibles taux de survie moyens observés les années précédentes (inférieur à 10 %). En 2013, les taux de survie ont encore diminué sur les sites de Figuerolles et Pointe de Berre, et les taux de croissance ont montré une diminution. En 2014, les transplants n'ont pas fait l'objet de prospections spécifiques.

En revanche, une analyse génétique réalisée en collaboration avec la l'Université de Naples (Gabriele Procaccini, SZN) a permis de vérifier que la dissémination progressive de taches d'herbier sur les sites de l'Arc, de la Pointe de Berre et de Vaïne était issue des populations d'herbiers déjà naturellement en place et non pas des transplants réalisés à proximité.

Un travail de doctorat soutenu en 2014, couplé à un travail de modélisation en cours réalisé par EDF et inscrit dans le Contrat d'étang dans le cadre d'un partenariat Gipreb/EDF/université d'Aix-Marseille (A.E. Paquier, CEREGE) vise à mieux comprendre les interactions entre le développement des herbiers et les facteurs hydrodynamiques, voire le cas échéant à proposer des pistes de restauration.

Le détail des résultats spécifiques aux herbiers de *Zostera* pour la période 2006-2014 est présenté en annexe 1a et 1b du présent document.

Macrofaune benthique

Les espèces de la macrofaune benthique de substrat meuble présentes dans l'étang de Berre appartiennent majoritairement à la biocénose Lagunaire Eurytherme Euryhaline. Cet assemblage est essentiellement présent sur la bordure côtière et s'appauvrit vers le large, avec l'augmentation de la profondeur. Ainsi, dans les secteurs les plus profonds du grand étang (qui représentent jusqu'à 60 % des fonds de l'étang), soumis à des anoxies régulières, seuls quelques individus d'espèces pionnières sont observés. En effet, Les peuplements sont très directement soumis aux variations des conditions du milieu, et en particulier aux épisodes d'anoxies qui ont touché une grande partie des fonds de l'étang, à plusieurs reprises, au cours de la série temporelle (principalement en période estivale, en lien avec la stratification et l'eutrophisation des eaux de surface).

La zone centrale de l'étang apparaît ainsi comme une zone de grande fragilité au regard de la macrofaune benthique, l'absence de tout individu vivant pouvant y perdurer plusieurs mois. La situation en 2014 reste similaire avec des fluctuations importantes du peuplement (la richesse spécifique est au maximum de 2 espèces) et une chute des densités au cours de l'été.

Les peuplements de la bordure côtière, moins profonds, ont également souffert de conditions d'oxygénation très dégradées. Néanmoins, ces peuplements ont témoigné d'une bonne capacité à se reconstituer lorsque les conditions sont redevenues favorables. Moins exposés aux anoxies sévères, les peuplements de la bordure côtière présentent une certaine stabilité dans le temps. D'importants épisodes de mortalité tels qu'observés en 2006 au début du suivi n'ont plus été observés depuis.

La présence d'espèces à affinité marine (biocénose des Sables Vaseux de Mode Calme), qui constituaient l'essentiel du peuplement jusque dans les années 60, est notée à proximité du débouché du chenal de Caronte, qui relie l'étang avec le golfe de Fos. La localisation et l'étendue des différents assemblages n'ont pas montré de franche évolution entre 2004 et 2009. La cartographie des assemblages a été actualisée en 2014, elle sera présentée dans le prochain bilan de l'observatoire.

Le peuplement global pour 2014 reste caractérisé par des richesses spécifiques et des abondances faibles, dans un état majoritairement « mauvais » à « moyen» selon l'indice M-AMBI tel qu'il est utilisé actuellement dans le cadre de la DCE.

Enfin, notons la présence, en forte proportion, de la moule introduite *Musculista senhousia* au sein du peuplement benthique. Si son caractère invasif n'est pas mis en évidence (en particulier ses abondances semblent en diminution dans l'ensemble des stations suivies) il importe néanmoins de rester vigilant quant à l'impact que pourrait avoir le développement de cette espèce sur les espèces indigènes, notamment en terme d'occupation, voire de modification, des substrats.

Le détail des résultats du suivi des peuplements de la macrofaune benthique est fourni en annexe 2 au présent document.

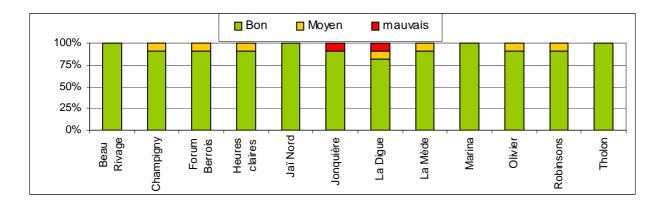
Qualité bactériologique

Ce suivi initié depuis 2003 par le GIPREB à la demande des acteurs de l'étang de Berre, institutionnels, usagers professionnels et particuliers a vocation à renseigner les usagers du nautisme sur la qualité sanitaire des eaux en dehors des périodes et zones habituelles de baignade.

Les prélèvements sont réalisés par le GIPREB selon une fréquence mensuelle sur les 10 stations du suivi hydrologique et 12 stations correspondant aux mises à l'eau des bases nautiques, soit 252

analyses annuelles. Depuis 2012, les analyses sont réalisées par le Gipreb (méthode d'analyse Colilert/Enterolert©).

La grande majorité des résultats obtenus au cours de l'année 2014 témoignent d'une qualité d'eau majoritairement « bonne », au regard des seuils s'appliquant à la qualification de l'état sanitaire des eaux de baignade (sans application réglementaire pour la pratique du nautisme). Ponctuellement, certaines rampes de mise à l'eau et certains points du plan d'eau ont été momentanément déclassés par de mauvais résultats, induits par des épisodes orageux et des eaux de ruissellement conduisant à des pollutions locales. La qualité sanitaire des eaux de l'étang est donc globalement satisfaisante.



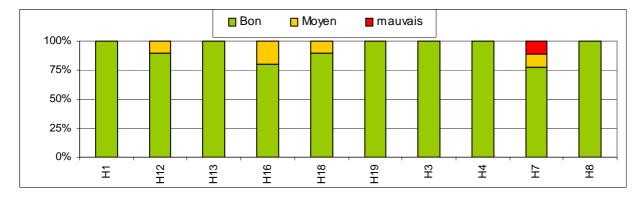


Figure 3. Qualité sanitaire des rampes de mise à l'eau et des stations du plan d'eau en 2014, selon les seuils réglementaires (Bon, Moyen, Mauvais) appliqués aux eaux de baignade.

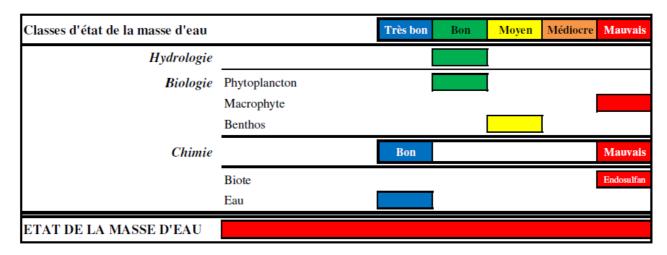
Etat écologique de la masse d'eau au titre de la Directive Cadre sur l'Eau

L'objectif principal de la DCE consiste en une cartographie de l'état chimique actuel et de l'état biologique actuel de chaque masse d'eau pour les eaux côtières et les eaux de transition du district "Rhône et côtiers méditerranéens" :

- Etat chimique "agrégé" à partir de 41 substances prioritaires et dangereuses prioritaires, avec une représentation en deux classes d'état chimique.
- Etat biologique "agrégé" à partir des différents éléments de qualité, avec une représentation en cinq classes d'état biologique;

Le bon état écologique d'une masse d'eau est alors, pour la DCE, défini comme étant le moins bon de ces deux états, avec identification du paramètre déclassant.

La campagne du programme de surveillance, réalisée en 2009, classait l'état écologique du Grand Etang comme « mauvais », et l'état écologique de l'étang de Vaïne comme « médiocre ».



- Bilan de l'état de l'étang de Berre (Grand Etang) au titre de la DCE, campagne 2009 (Ifremer, 2010).

Classes d'état de la masse d'eau		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais
Hydrologie						
Biologie	Phytoplancton]	
	Macrophyte					
	Benthos					
ETAT DE LA MASSE D'EAU						

- Bilan de l'état de l'étang de Vaïne au titre de la DCE, campagne 2009 (Ifremer, 2010).

Ces résultats sont sans changement par rapport à la campagne DCE précédente réalisée en 2006 (seul le Grand Etang avait fait l'objet d'un suivi) : état « bon » pour l'hydrologie, état « moyen » pour le phytoplancton, état « médiocre » pour les macrophytes, état « moyen » pour le benthos.

Une nouvelle campagne a été réalisée en 2013, à ce jour, seuls des résultats partiels et provisoires sont disponibles.

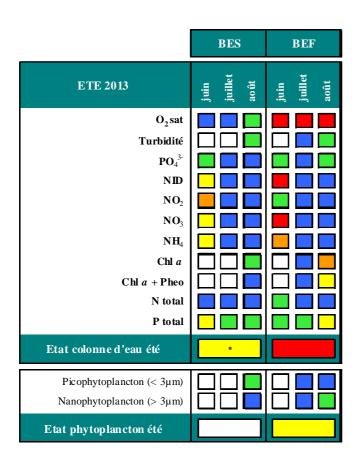


Tableau 1 : Etat écologique de la masse d'eau de l'étang de Berre en 2013 (Grand Etang en surface et au fond) selon les paramètres de l'eutrophisation et la grille de lecture DCE (source Ifremer)

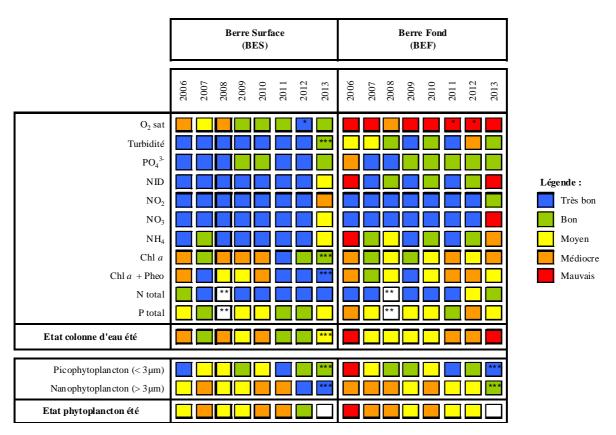


Tableau 2 : Etat écologique de la masse d'eau de l'étang de Berre (Grand étang en surface et au fond) selon les paramètres de l'eutrophisation et les critères de la DCE de 2006 à 2013 (source Ifremer).

Acquisition complémentaires, programmes de recherche et thèse de Doctorats menés en partenariat avec les universités

En complément du suivi écologique et des études réalisées, le Gipreb participe à un certain nombre de programmes de recherche, appliquée ou plus fondamentale, dans lesquels l'étang de Berre apparaît comme « site atelier ». Les problématiques abordées par ces programmes rejoignent très directement celles liées à la réhabilitation de l'étang de Berre.

L'implication du Gipreb dans ces programmes se fait sous la forme de mise à disposition des données acquises dans le cadre du suivi écologique, plus ponctuellement d'un appui logistique, et de participation aux réunions de cadrage et de restitution. En contrepartie, le Gipreb bénéficie de l'effort de recherche mis en œuvre dans le cadre de ces programmes pour améliorer sa connaissance sur l'étang de Berre et les processus écologiques en jeu :

- ISOFLUX (2011-2013). Etude intégrée de l'impact des herbiers de zostères sur les processus et flux benthiques en milieu côtier. Deux sites ateliers : l'étang de Berre et le bassin d'Arcachon. Coordination : université de Bordeaux I. Les dernières restitutions de ce programme ont été élaborées en 2014.
- Test d'une technique de carottage cryogénique en lien avec le CEREGE et l'entreprise UWITEC. Février 2014.

Par ailleurs, en 2014 le Gipreb est associé en tant que partenaire socio-économique à 3 thèses de doctorat, co-financées avec la Région PACA.

- ■Anne-Eléonore Paquier (Aix-Marseille Université & CEREGE). Interaction des dynamiques sédimentaires avec les herbiers de phanérogames (Zostères) en eau peu profonde dans l'étang de Berre. Soutenue en décembre 2014
- •Severine Bayle (INRA Aix-Marseille Université). Krigeage fonctionnel, développement methodologiques et applications aux données environnementales fonctionnelles. Soutenue en juin 2014.
- Mathilde Dugenne (Aix-Marseille Université MIO), Analyse du phytoplancton à l'échelle individuelle et à haute fréquence dans l'étang de Berre. Soutenance prévue en 2016.

Enfin, le Gipreb a contribué à la réalisation d'un film documentaire sur l'étang de Berre et l'activité de recherche scientifique qui y est menée par les universitaires et le Gipreb. Ce film a été produit par le CNRS IMAGES (réalisateur Marcel Dalaize).

Au travers de ces collaborations, le travail effectué par le Gipreb sur l'étang s'enrichit régulièrement et gagne en visibilité.

OPERATION 2 –CONSTITUTION ET GESTION DE LA BASE DE DONNEES ET VALORISATION DES RESULTATS

L'Observatoire de milieu permet de centraliser les données, œuvre à la mutualisation des efforts de connaissance et d'acquisition des données, met à disposition les données acquises et travaille à la définition d'indicateurs écologiques (indicateurs d'état) et d'indicateurs de pression. Pour répondre à cette mission l'ensemble des résultats acquis par l'observatoire incrémente une base de données

centralisée et gérée par le Gipreb. Les extractions de cette base de données peuvent ensuite être fournies aux utilisateurs de données (institutionnels ou privés tels que les bureaux d'étude), sous certaines conditions (notamment de propriété intellectuelle). Pour le grand public, les résultats font l'objet de rapports annuels de suivi et de tout autre support de valorisation qui peuvent s'avérer utiles dans le cadre des actions de réhabilitation.

Cette opération est réalisée de manière régulière et pérenne tout au long de l'année.

OPERATION 3 – MISE A JOUR ET VALORISATION DU MODELE DE CIRCULATION HYDRODYNAMIQUE

Le Gipreb avait fait réaliser en 2004 un modèle de circulation qui intègre le Grand Etang, l'étang de Vaïne, le Bolmon, le canal du Rove et les échanges avec les bourdigues.

Une mise à jour de ce modèle était devenue indispensable du fait de la richesse et de la variété des mesures acquises depuis 2007 sur l'étang de Berre. Une nouvelle calibration sur la base des données de 2008 a donc été réalisée, complétée d'une validation sur la base de l'année 2009 par la société Noveltis missionnée fin 2013. La livraison finale du modèle a eu lieu fin 2014 et a été accompagnée d'une session de formation des techniciens du Gipreb à l'utilisation du Logiciel d'exploitation de la base de données. Cette interface permettra de valoriser et «faire vivre» le modèle, en particulier pour les demandes spécifiques de mise à disposition des résultats (de la part des communes littorales ou de bureaux d'études travaillant pour le compte de partenaires institutionnels du Gipreb).

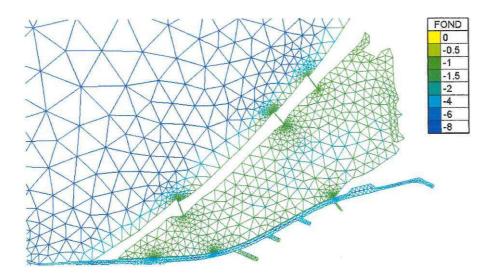


Figure 4. Représentation du maillage mis en œuvre pour l'actualisation du modèle de circulation hydrodynamique. Zoom sur les secteur de Bolmon-Rove.

Le modèle ainsi constitué à fait l'objet d'une demande spécifique en lien avec l'avancement du projet Rove. Ainsi les bourdigues et fenêtres ont été maillées selon leur configuration réelle et l'étang de Bolmon a fait l'objet d'un raffinement permettant de simuler plus précisément la circulation des eaux.

OPERATION 4 – CARACTERISATION DE L'EUTROPHISATION PAR LA MODELISATION DES TEMPS DE RESIDENCE

Le travail réalisé, notamment dans les lagunes du Languedoc-Roussillon a mis en évidence les relations fortes entre les niveaux trophiques des lagunes et le temps de résidence des masses d'eaux. Du temps de résidence dépend, en effet, le renouvellement de l'eau et donc le maintien temporel de conditions d'eutrophisation élevées, elles-mêmes générées par des apports excessifs en nutriments. L'analyse des temps de résidence est pertinente et prioritaire non seulement dans le travail qui se met en place sur le niveau d'eutrophisation de l'étang de Berre, mais également dans la construction d'outil d'aide à la décision pour une stratégie à plus long-terme de lutte contre l'eutrophisation. Des scénarios plus spécifiques encore pourraient ainsi être définis, comme par exemple, les périodes estivales en l'absence de vent, principales périodes d'anoxie des fonds

Il s'agira en s'appuyant sur le modèle d'hydrodynamique mis à jour, de cartographier le taux de renouvellement local moyen annuel, le taux de renouvellement local sur des fenêtres temporelles (journalier, mensuel, saisonnier), et le taux de renouvellement local moyen pour des conditions (scénarios) spécifiques (épisodes de mistral, rejets).

La réalisation de cette opération sera postérieure à la mise à jour du modèle de circulation hydrodynamique prévue pour s'achever à la fin 2014. Elle est donc programmée pour 2015.

OPERATION 5 – ETUDE DES PECHERIES

Un premier état des lieux de la ressource et de l'activité de pêche professionnelle a été réalisé par le Gipreb en 2009 et 2010. Les pêcheurs professionnels figurent parmi les usagers les plus directement concernés par la qualité du milieu et leur niveau d'activité renseigne directement sur l'état de la ressource. Un premier suivi de cette activité sera réalisé 5 ans après l'état initial, en 2015.

OPERATION 6 – CARACTERISATION QUANTITATIVE, SANITAIRE DES FOUISSEURS EN SUBSTRAT MEUBLE

Une première phase de cette opération a été menée en 2013 et a concerné d'une part l'étude des stocks en invertébrés benthiques du proche littoral et d'autre part l'état sanitaire des bivalves.

Caractérisation quantitative des invertébrés benthiques du proche littoral : en 2013 une pré-étude de faisabilité a été réalisée. 10 stations littorales régulièrement réparties autour de l'étang de Berre ont été échantillonnées à une profondeur de 1m, 3 engins de prélèvement testés (benne van-veen, benne orange-peel, carottier pour des volumes de sédiments compris entre 10 et 18 dm3). Le nombre d'espèces observées est compris entre 2 et 10, avec une richesse spécifique moyenne de 5.8 ce qui témoigne de faibles diversités. La majorité des espèces rencontrées sont caractéristiques de l'assemblage LEE (Lgaunaire Eurytherme Eurythalin) ainsi que quelques espèces accompagnatrice représentatives de l'assemblage SVMC (Sables Vaseux de Mode Calme). Les densités relevées

montrent une extrême variabilité; elles sont comprises entre 24 et 19 624 individus rapportés au m², avec une densité moyenne de 1 205 à 4 517 individus/m². La richesse taxonomique, la diversité spécifique les densités relevées permettent de regrouper certaines stations entre elles, celles-ci pouvant être géographiquement proches (répartition nord-sud) ou avec des caractéristiques de substrat similaire (sableux ou vaseux). Il a été montré que les résultats ne diffèrent pas de manière significative selon le mode de prélèvement retenu.

Cette étude se poursuivra en 2015 en testant d'autres techniques de prélèvement, au sein de quadrats ou le long de transects linéaires notamment, qui permettront d'échantillonner des surfaces plus importantes. En outre, la réalisation d'une étude de zone réglementaire pourrait être programmée courant 2016.







































VILLE DE MIRAMAS