



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

## Réhabiliter l'étang de Berre ?

Évaluation des effets d'un pompage au travers du tunnel du Rove  
sur l'écosystème de l'étang.  
Autres pistes

Rapport n° 012060-01  
établi par

Aline BAGUET et Nicolas FORRAY

Juillet 2018





Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la rédaction de ce rapport

<b>Statut de communication</b>	
<input type="checkbox"/>	Préparatoire à une décision administrative
<input type="checkbox"/>	Non communicable
<input type="checkbox"/>	Communicable (données confidentielles occultées)
<input type="checkbox"/>	Communicable



# Sommaire

<b>Résumé.....</b>	<b>4</b>
<b>Liste des recommandations.....</b>	<b>6</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>7</b>
<b>1. La connaissance du milieu est très inégale.....</b>	<b>9</b>
1.1. Une histoire complexe, un objectif d'état écologique sans référence historique.....	9
1.2. L'étang de Berre, objet d'études nombreuses mais complexes à assembler.....	10
1.2.1. <i>Un suivi particulièrement développé.....</i>	<i>12</i>
1.2.2. <i>L'état de la connaissance et de la compréhension des mécanismes dans l'étang de Berre : quel consensus scientifique et quelles inconnues ?.....</i>	<i>13</i>
1.2.3. <i>Une modélisation hydraulique et physico-chimique de qualité.....</i>	<i>20</i>
1.2.4. <i>Une modélisation globale de l'écosystème est encore hors d'atteinte.....</i>	<i>20</i>
1.2.5. <i>L'étang de Berre semble toutefois se remettre lentement de son passé.....</i>	<i>22</i>
1.3. L'étang de Bolmon.....	22
1.3.1. <i>Une lagune d'eau faiblement saumâtre.....</i>	<i>22</i>
1.3.2. <i>Un bassin versant très urbanisé.....</i>	<i>25</i>
1.3.3. <i>Le Bolmon, une lagune... épuratoire ?.....</i>	<i>26</i>
1.3.4. <i>Un milieu naturel riche appartenant au réseau Natura 2000.....</i>	<i>27</i>
1.4. Le canal du Rove.....	27
1.5. Une nouvelle synthèse des connaissances serait judicieuse, et pourrait déboucher sur un ajustement des objectifs de qualité des masses d'eau.....	29
<b>2. Évaluation des effets du projet de pompage.....</b>	<b>31</b>
2.1. L'expérimentation prévue : une dénomination ambiguë.....	31
2.1.1. <i>Une idée palliative à l'arrêt de Saint-Chamas.....</i>	<i>31</i>
2.1.2. <i>Le programme de 2008.....</i>	<i>31</i>
2.1.3. <i>La variante de 2017.....</i>	<i>32</i>
2.1.4. <i>Un projet « expérimental » de réouverture ... oui ... mais dans un cadre d'objectifs et d'hypothèses d'action non clarifié.....</i>	<i>32</i>
2.2. Les effets potentiels du pompage sur les milieux n'ont pas été approfondis.....	33
2.2.1. <i>Les points d'attention soulignés par le Conseil scientifique du Gipreb.....</i>	<i>33</i>
2.2.2. <i>Des réponses incomplètes et une absence de coordination entre scientifiques et parties prenantes.....</i>	<i>34</i>
2.3. Les résultats des modélisations ne permettent pas d'espérer une amélioration significative de l'étang de Berre par apport d'eau salée.....	35
2.3.1. <i>L'apport d'eau salée par le tunnel du Rove réduit les apports par Caronte et l'exportation de nutriments reste assez modeste.....</i>	<i>35</i>

2.3.2. Les apports d'eau salée par le canal du Rove ne cassent pas la stratification.....	<a href="#">35</a>
2.3.3. Les apports d'O2 sont faibles au regard du besoin mis en évidence par la recherche.....	<a href="#">36</a>
2.4. L'état du canal du Rove devrait s'améliorer quel que soit le débit.....	<a href="#">37</a>
2.5. Les scénarios pour le Bolmon.....	<a href="#">37</a>
2.5.1. Une approche expérimentale dont les orientations n'étaient guère approfondies.....	<a href="#">37</a>
2.5.2. L'apport d'eau de mer au seul canal du Rove sans repompage impacte peu l'étang de Bolmon.....	<a href="#">38</a>
2.6. Le pompage d'eau de mer à travers l'effondrement du tunnel du Rove a des effets limités.....	<a href="#">39</a>
<b>3. Une gouvernance de projet en déséquilibre.....</b>	<b><a href="#">40</a></b>
3.1. Le schéma de gouvernance prévu.....	<a href="#">40</a>
3.1.1. Le grand port maritime de Marseille/SAVN, maître d'ouvrage du chantier.....	<a href="#">40</a>
3.1.2. Les collectivités : quel rôle dans la gestion des ouvrages et le devenir du projet ?.....	<a href="#">41</a>
3.2. Les difficultés de cette gouvernance aux responsabilités éclatées.....	<a href="#">42</a>
3.2.1. La séparation entre maîtrise d'ouvrage technique et portage politique du projet a favorisé les incompréhensions.....	<a href="#">42</a>
3.2.2. La désignation de la maîtrise d'ouvrage de l'exploitation n'a pas eu lieu.....	<a href="#">43</a>
3.3. Si le projet doit être poursuivi, il vaut mieux partir sur des bases robustes.....	<a href="#">43</a>
3.4. Le suivi des milieux peut être réduit puisque le repompage vers Bolmon est abandonné.....	<a href="#">44</a>
<b>4. Pour reconquérir la qualité des écosystèmes lagunaires, quels leviers saisir ?.....</b>	<b><a href="#">46</a></b>
4.1. Rouvrir le canal du Rove à la navigation.....	<a href="#">46</a>
4.2. Réhabiliter l'étang de Bolmon, une ambition exigeante.....	<a href="#">47</a>
4.2.1. Réduire les apports du bassin versant.....	<a href="#">47</a>
4.2.2. Renforcer les échanges entre Bolmon, Berre et Rove et les orienter.....	<a href="#">48</a>
4.2.3. Forcer la circulation dans l'étang de Bolmon par apport d'eau venant de l'étang de Berre.....	<a href="#">49</a>
4.2.4. Intervenir sur les sédiments de l'étang du Bolmon.....	<a href="#">49</a>
4.3. Quelles actions pour améliorer l'état de l'étang de Berre ?.....	<a href="#">50</a>
4.3.1. Agir sur les apports de nutriments à l'étang de Berre.....	<a href="#">50</a>
4.3.2. Affiner le pilotage des apports de Saint-Chamas.....	<a href="#">50</a>
4.3.3. Lutter contre la stratification de l'étang de Berre.....	<a href="#">51</a>
4.3.4. Accompagner les évolutions favorables du milieu.....	<a href="#">51</a>
4.4. Revenir au choix d'une cible pour l'étang de Berre.....	<a href="#">52</a>
<b>Conclusion.....</b>	<b><a href="#">55</a></b>

<b>Annexes.....</b>	<b><a href="#">56</a></b>
<b>1. Lettre de mission.....</b>	<b><a href="#">57</a></b>
<b>2. Liste des personnes rencontrées.....</b>	<b><a href="#">59</a></b>
<b>3. Bibliographie sommaire.....</b>	<b><a href="#">60</a></b>
<b>4. Repères historiques.....</b>	<b><a href="#">63</a></b>
<b>5. Evolution des peuplements benthiques.....</b>	<b><a href="#">67</a></b>
<b>6. Forçage de l'alimentation en eau du Bolmon : calculs préliminaires.....</b>	<b><a href="#">72</a></b>
<b>7. Avis du Conseil scientifique du Gipreb sur le projet de réouverture expérimentale du canal du Rove.....</b>	<b><a href="#">73</a></b>
<b>8. Glossaire des sigles et acronymes.....</b>	<b><a href="#">82</a></b>

## Résumé

L'étang de Berre et les milieux associés constituent l'une des plus grandes lagunes européennes. Les évolutions de son aménagement depuis 150 ans ont plusieurs fois fait basculer son état écologique entre masse d'eau quasi marine et étang d'eau presque douce. La croissance démographique et le développement des activités économiques ont provoqué un dysfonctionnement écologique majeur, marqué d'abord par l'interdiction de pêche en 1957, puis par des proliférations d'algues colorées, une perte de transparence... Les usages récréatifs ont fortement régressé. Les apports d'eau douce de la centrale hydroélectrique Électricité de France (EDF) de Saint-Chamas depuis 1965 font figure de cause majeure de la situation. Les conditions d'exploitation n'ont évolué que sous la contrainte. Des contentieux se sont développés au début des années 1990 qui se sont achevés par la condamnation de la France par la Cour de justice de la communauté européenne et par des modifications très importantes des conditions du turbinage en 2006. Depuis, ces nouvelles règles d'exploitation et les progrès sur l'épuration des eaux usées industrielles et urbaines se traduisent par des améliorations sensibles mais limitées de l'état des écosystèmes.

Le syndicat mixte pour la réhabilitation de l'étang de Berre (Gipreb) milite depuis 2002 pour apporter des débits importants d'eau de mer au travers de l'effondrement du tunnel du Rove pour contrebalancer les apports de la centrale EDF. La mise au point du projet a subi de nombreuses vicissitudes, dont une sous-évaluation des coûts qui conduit à une remise en cause partielle du projet.

Une précédente mission du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) a confirmé les estimations financières les plus récentes mais doute de l'ampleur des impacts bénéfiques du projet et préconise une variante modeste à 4m<sup>3</sup>/s. Le Gipreb maintient la nécessité d'un pompage au débit de 10 m<sup>3</sup>/s, quitte à abandonner l'idée de repompage vers l'étang de Bolmon.

La présente mission a pour objet de cerner les effets à attendre de différentes hypothèses de pompage, en l'état le plus actuel du savoir scientifique, de proposer une gouvernance efficace pour le projet et d'adapter le programme de suivi au projet redimensionné.

L'étang de Berre est le territoire d'application de très nombreuses recherches mais l'ensemble constitue plus une somme de visions partielles et ponctuelles qu'une approche systémique. La dernière occasion d'échange remonte à 2011, année du colloque Lagun'R organisé par le Gipreb. Étang profond, cuvette morphologique, l'étang de Berre semble avoir été anciennement objet d'une stratification modérée entre les eaux salées passant par le chenal artificiel de Caronte et les eaux saumâtres liées aux apports du bassin versant. Les apports d'eau douce par EDF ont donné une ampleur majeure au phénomène.

L'enrichissement du milieu par l'ensemble des rejets en éléments nutritifs (azote et phosphore principalement) provenant des activités humaines est à l'origine d'une eutrophisation très importante qui, combinée à la stratification, se traduit par de longues périodes marquées par la faiblesse (entre 3 et 6 m de profondeur) voire l'absence d'oxygène (au-delà de 6 m) qui réduit la vie à l'activité bactérienne.

Le mistral, dès lors qu'il est puissant et dure plusieurs jours, permet un brassage complet de l'eau et supprime la stratification. Si ce mécanisme, dans les modalités actuelles de gestion des apports par Saint-Chamas, évite les situations critiques l'hiver, la vitesse de consommation de l'oxygène du printemps à l'automne est trop rapide par rapport à la survenue des épisodes venteux pour empêcher l'anoxie. L'état écologique de l'étang de Berre est médiocre, même si certains paramètres s'améliorent chaque année.

L'étang de Bolmon, milieu très fermé et à l'aval d'un petit bassin versant de 100 000 habitants fonctionne comme une lagune épuratoire et accumule toxiques et nutriments. Il est particulièrement mal connu.

Même si les recherches les plus récentes éclairent les conditions de formation de l'anoxie, les flux de nutriments restent mal connus, en particulier la dynamique du stock dans le sédiment, les exportations par le chenal de Caronte et les priorités d'interventions entre réduction des apports d'azote ou de phosphore pour limiter les phénomènes et éviter des manifestations extrêmes comme des dépôts importants d'algues vertes sur les plages. Aussi, est-il proposé que le bassin versant de l'étang de Berre soit considéré comme une « zone atelier » pour les scientifiques pour orienter les moyens financiers vers une compréhension globale de l'écosystème.

Les effets d'un pompage sur l'amélioration du canal du Rove ne font aucun doute.

Sur le Bolmon, les conditions d'intervention ont été mal étudiées et mal cadrées. Tant que les apports amont ne seront pas réduits, l'amélioration restera incertaine mais les effets d'un transfert de nutriments et toxiques vers l'étang de Berre pourraient n'être pas négligeables.

L'apport d'eau de mer, s'il augmente légèrement la salinité de l'étang de Berre, ne modifie pas la stratification, et n'aura donc pas d'effet sur l'anoxie. Son seul intérêt est d'augmenter les flux sortants par le chenal de Caronte et donc les exportations de substances nutritives pour le phytoplancton et les algues. Ne sachant pas si le bilan entrées-sorties peut en être substantiellement modifié, l'effet paraît très faible, même avec 20 m<sup>3</sup>/s, au regard de l'intensité des recyclages connus au sein de la masse d'eau. La mission propose donc de ne pas mettre en œuvre un projet de pompage qui apparaît coûteux pour des résultats incertains mais modestes.

Les entretiens avec les acteurs locaux montrent que la responsabilité du pompage pendant la période dite « expérimentale » de mise au point des consignes de pompage, puis de fonctionnement pérenne de l'équipement a été éludée, voire oubliée. L'État considérant que le tunnel du Rove n'a plus d'usage pour la navigation, a écrit qu'il ne souhaitait pas assurer ce volet, sans réaction depuis plus de cinq ans. Si les collectivités souhaitent malgré tout poursuivre le projet, la mission recommande un transfert du domaine public fluvial qui permettrait de mettre sous la même autorité conduite du projet, gestion des équipements et propriété foncière.

L'étang de Berre est un réel atout pour les habitants en termes de cadre de vie et a un réel potentiel d'image pour l'accueil d'activités économiques et touristiques. Le projet de pompage n'est pas la seule solution pour tenter d'accélérer l'amélioration de l'état écologique que tous les riverains s'attachent à signaler depuis une demi-douzaine d'années. La mission recense de nombreuses idées, dont elle essaie d'évaluer les effets sans pour autant pouvoir en établir le chiffrage. Un certain nombre d'entre elles ne sont d'ailleurs que des conséquences des obligations de réduction et de traitement des rejets urbains et d'activités. Elle identifie plusieurs mesures sans regret qui pourraient accélérer les évolutions en cours.

Enfin, elle recommande que l'ensemble des acteurs publics procède à un exercice de prospective à trente ans, sur une échelle large, intégrant les effets du changement climatique, les trajectoires économiques, démographiques envisageables pour dessiner un avenir partagé, et évaluer ces scénarios, avec l'aide des scientifiques, sur l'étang de Berre mais aussi la basse vallée de la Durance.

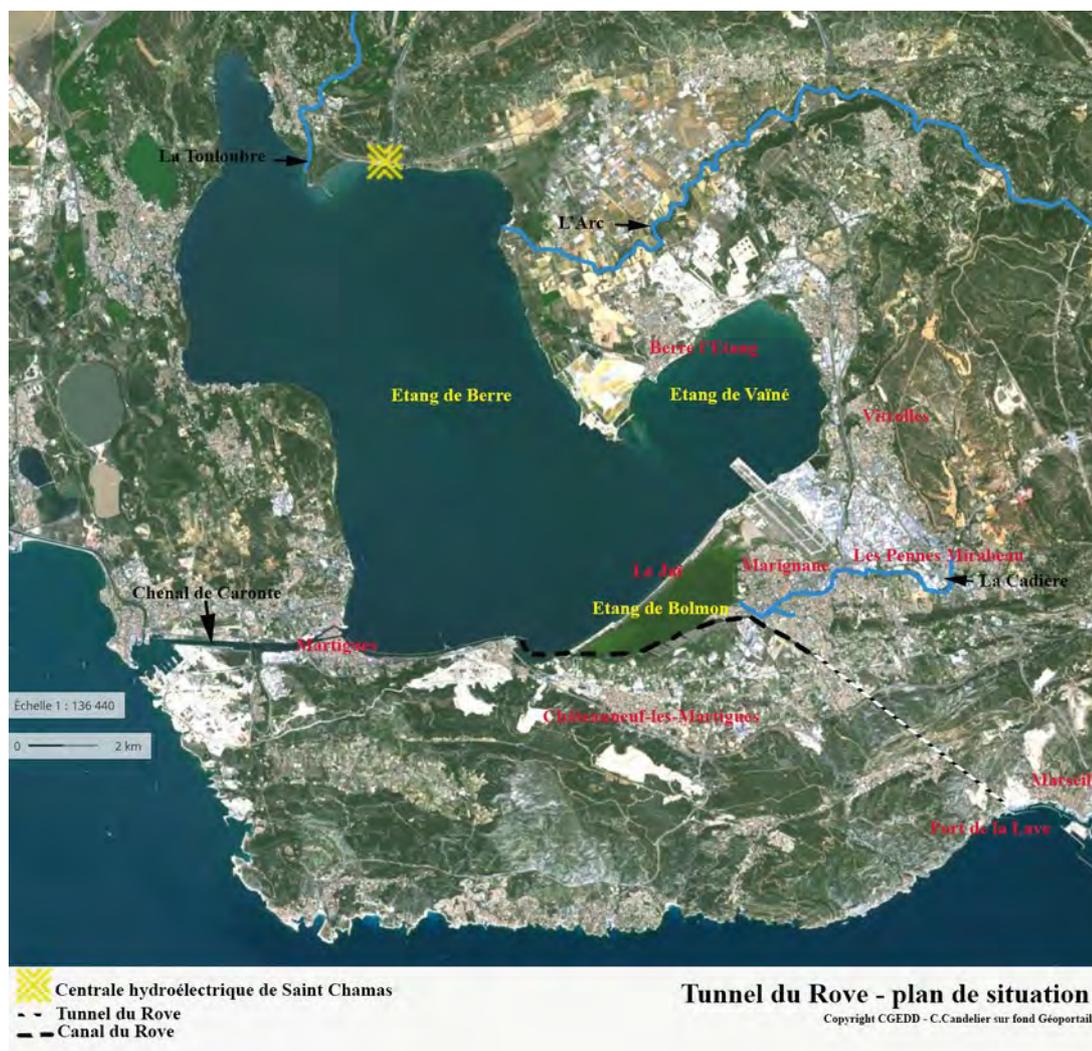
## Liste des recommandations

- 1. Un suivi complet (niveaux respectifs, débits aux fenêtres et bourdigues) pendant un an permettrait de mieux comprendre les échanges entre Bolmon, Berre et Rove et d'en caler le modèle de manière satisfaisante. Cette phase préparatoire est indispensable en cas d'injection forcée d'eau dans le Bolmon (Gipreb, AERMC).....25**
- 2. La mission n'a pas identifié de publication sur l'accumulation historique des vases, leur qualité selon la profondeur de prélèvement, leur potentiel de relargage d'éléments métalliques, la hauteur sur laquelle le vent provoque une remise en suspension. Ces thèmes essentiels sont à étudier pour préciser certaines pistes d'amélioration du Bolmon (Conservatoire du littoral, Gipreb, AERMC).....27**
- 3. Provoquer une nouvelle rencontre des scientifiques sur le sujet des écosystèmes Berre et Bolmon et leurs bassins versants pour faire le point des acquis et de la compréhension des phénomènes d'eutrophisation et de stratification et l'intérêt des pistes pour les réduire et, sur la base de l'identification des questions clés à résoudre, mettre en place une zone atelier pour la recherche (MTES, AERMC).....30**
- 4. Au regard des connaissances scientifiques les plus récentes sur l'anoxie et l'eutrophisation, des effets très limités du pompage sur l'étang de Berre et du montant élevé de l'investissement et du fonctionnement du dispositif, l'abandon du projet paraît raisonnable (MTES, Gipreb).....39**
- 5. La mission recommande que soit étudié le transfert du tunnel, du canal et de ses annexes à une collectivité qui assurerait tant la maîtrise d'ouvrage des travaux que celle de la gestion de la période expérimentale puis de l'exploitation des ouvrages de pompage (MTES/DGITM).....44**
- 6. Le contrat d'étang de Berre devra être prolongé sur les aspects de police des branchements, gestion du temps de pluie et de gestion des eaux pluviales (métropole, maires, AERMC).....48**
- 7. Afin de préparer des choix politiques mieux partagés, un exercice de prospective associant les élus et un comité scientifique d'accompagnement devrait être engagé pour esquisser, en l'état des connaissances, les évolutions du milieu. Chaque scénario serait coté selon une série de critères économiques, environnementaux et de facteurs de risque (MTES, Gipreb, Conseil régional, Conseil départemental, Métropole).....54**

## Introduction

L'étang de Berre et les milieux associés constituent l'une des plus grandes lagunes européennes. Les évolutions de son aménagement depuis 150 ans ont plusieurs fois fait basculer son état écologique entre masse d'eau quasi marine et étang d'eau presque douce. L'évolution des apports des eaux usées urbaines et industrielles du bassin versant, longtemps non ou peu traitées, puis les apports d'eau douce par l'usine hydroélectrique EDF de Saint-Chamas avec leurs très fortes variations quotidiennes et des volumes globaux considérables ont désorganisé l'écosystème. Les alertes des élus et riverains, la décision de la Cour de justice des communautés européennes ont fait évoluer la gestion des apports d'eau douce. Des efforts de réduction des rejets urbains et industriels ont aussi été réalisés.

Pour autant, l'étang de Berre reste très marqué par l'eutrophisation et l'ampleur de l'anoxie en dessous de 6 m de profondeur. Il fait partie des 479 masses d'eau à zone morte dans le monde<sup>1</sup>, au chevet desquelles les scientifiques se penchent pour comprendre les interactions entre paramètres physiques, chimiques et biologiques et essayer de suggérer des solutions. La production scientifique est d'ailleurs très conséquente sur l'étang de Berre, beaucoup plus réduite sur les milieux périphériques.



<sup>1</sup> Pour 2017.

Toutes les communes riveraines se sont réunies au sein du syndicat mixte pour la réhabilitation de l'étang de Berre (Gipreb, 2000) pour s'efforcer de mieux connaître l'étang et de proposer des projets pour améliorer son état.

Pour les habitants, les élus et les acteurs du territoire, retrouver un étang de Berre attractif par ses paysages, la transparence de son eau, l'absence de dépôts d'algues vertes ou de zooplancton gélatineux, garantir des activités de baignade, de pêche à pied ou professionnelle est un enjeu fort. En sus de la qualité du cadre de vie, la perception d'un étang vivant est un facteur de fierté pour les habitants, d'attractivité économique, voire un levier pour développer l'activité touristique.

L'une des idées phares soutenue depuis près de quinze ans par le Gipreb est d'apporter de l'eau de mer « propre » dans l'étang de Berre, pour « compenser » les apports d'eau douce d'EDF en réalisant un dispositif de pompage au travers de l'effondrement du tunnel du Rove. Ce projet a été retenu dès 2003 par le ministre de l'environnement, pour un débit de 20 m<sup>3</sup>/s et un programme de travaux estimé alors à 8 M€. Ce projet a connu d'importants retards et une dérive des prix qui ont suscité en février 2017 la commande d'une mission d'expertise au CGEDD. Celle-ci a conclu à la pertinence des coûts avancés. La mission a préconisé de se limiter à un dispositif à 4 m<sup>3</sup>/s compte tenu de ses doutes sur les résultats à attendre d'un tel pompage. Elle a préconisé une clarification de l'organisation des maîtrises d'ouvrages des différentes phases d'expérimentation puis de gestion.

Les élus du Gipreb ont fait part le 28 mars 2017 de leur refus de ce programme réduit et aucune suite n'a été donnée aux questions de gouvernance.

Une rencontre des élus avec le cabinet du ministre de la transition écologique et solidaire en novembre 2017 a rappelé leur attachement à un débit possible de 10 m<sup>3</sup>/s. Pour réduire la dépense, le président du Gipreb a proposé d'abandonner la reprise de l'eau du canal du Rove vers l'étang de Bolmon comme prévu initialement. Cette réunion a débouché sur une nouvelle commande au CGEDD portant sur les aspects suivants :

- évaluer les améliorations possibles de l'état du canal du Rove, de l'étang de Bolmon et de l'étang de Berre pour des pompages de 4 et 10 m<sup>3</sup>/s ;
- proposer un programme d'amélioration de l'état de l'étang de Bolmon ;
- examiner la possibilité d'un allègement du programme de suivi de 2008 à la suite de ces évolutions ;
- faire le point du portage institutionnel et financier de ce projet redéfini.

Pour répondre à ces questions, la mission a pris connaissance de la littérature scientifique et technique existante, a rencontré les élus locaux, les services de la métropole, du Conseil départemental et du Conseil régional, des scientifiques et de nombreuses personnes ayant eu à travailler sur la zone.

Les résultats de ses investigations l'ont conduite à élargir le champ de ses propositions. La mission a délibérément privilégié des termes compréhensibles pour le grand public aux appellations scientifiques, quitte à perdre de la précision, mais pour rendre son travail accessible au plus grand nombre.

# 1. La connaissance du milieu est très inégale

## 1.1. Une histoire complexe, un objectif d'état écologique sans référence historique

L'histoire de l'étang de Berre et des multiples mutations que l'homme a fait subir à son écosystème marquent des étapes du développement économique du territoire :

- création d'un abri pour les navires romains par creusement d'un chenal au travers du seuil de Caronte se traduisant par une baisse du « lac » de Berre, devenant lagune ;
- aménagements progressifs de ce chenal pour des navires de plus en plus grands entre 1870 et 1925 donnant à l'étang de Berre un caractère quasi-marin ;
- développement industriel loin des frontières « est » et « nord » de notre pays ;
- dégradation des eaux par les pollutions industrielles et urbaines aboutissant à l'interdiction de pêche en 1957 ;
- débouché d'eau douce pour la centrale hydro-électrique de Saint-Chamas (priorité énergétique) à partir de 1963, avec des apports irréguliers de volumes d'eau douce (et de sédiments) qui déstabilisent l'écosystème au quotidien.

Chaque étape se traduit par des bouleversements importants, des crises...

Depuis les années quatre-vingts, des efforts d'atténuation des impacts des activités se développent pour mettre fin aux dysfonctionnements et pertes d'usage constatés : consignes d'exploitation de la centrale de Saint-Chamas, lutte contre les pollutions urbaines et industrielles, sans remise en cause des aménagements majeurs<sup>2</sup>.

Les acteurs locaux, au premier rang desquels les pêcheurs, ont contesté les apports d'eau douce devant les tribunaux, le contentieux allant jusque devant la cour de justice des communautés européennes en 2004, qui condamne partiellement la France. Les rejets d'eau douce sont plus finement contingentés à partir de 2006.

Améliorer l'état de l'écosystème renvoie à la définition d'un état de référence et d'une cible, décrits dans une série de paramètres. La directive cadre sur l'eau (DCE) fournit un cadre de référence adapté aux lagunes méditerranéennes. Toutefois, pour l'étang de Berre, les oscillations brutales historiques du milieu entre eau douce et eau salée, les modifications très profondes apportées à la configuration physique de l'écosystème par l'approfondissement du chenal de Caronte et l'importance des aménagements font que cette référence ne peut être illustrée par aucun état du passé. Les valeurs des paramètres chimiques peuvent être rapprochées de celles d'autres lagunes méditerranéennes, celles des paramètres biologiques tels que les surfaces de végétaux supérieurs sont plus difficiles à justifier.

L'état cible est un choix « politique » d'objectifs, tenant plus ou moins compte d'activités existantes et variées. La sortie du contentieux européen a ainsi conduit à définir un jeu de paramètres résultant d'un compromis à partir de la situation de l'ensemble des aménagements existants.

L'histoire de l'étang de Bolmon qui jouxte l'étang de Berre est, quant à elle, principalement marquée par l'impact de la croissance de la population et de celle des

<sup>2</sup> Voir annexe 4 qui détaille l'histoire de l'étang de Berre et de la lagune de Bolmon.

activités qui ont fait d'un milieu riche<sup>3</sup> un milieu extrêmement dégradé, dysfonctionnel, avant une phase de rémission partielle à partir de 2008. Un état de référence est plus facile à définir pour l'étang de Bolmon, même si l'ampleur des perturbations anthropiques y est importante : les fluctuations de Berre n'y parviennent que de manière limitée, en période de fort vent ou d'évaporation intense.

Cette façon de relier les choix de développement et les états du milieu permet d'analyser simultanément la valeur du capital naturel que constitue l'étang et de prendre en compte les interactions avec les usages et avantages économiques ou sociaux qui en sont tirés<sup>4</sup>. La définition d'une stratégie pour l'avenir doit donc relier l'évolution des activités existantes, celles que l'on souhaite développer, les adaptations envisageables pour atteindre un certain état de référence.

À ce titre, la mission est chargée d'évaluer les effets que l'on peut attendre d'un pompage d'eau de mer depuis le port de Marseille à travers l'effondrement du tunnel du Rove pour différents débits. Après analyse de cette solution, qui ajoute un degré d'artificialisation au milieu, certes réversible, la mission examinera si d'autres pistes peuvent permettre d'atteindre une référence de bon état et ses descripteurs, pour répondre aux souhaits émis par les élus rencontrés.

Pour ce faire, un bilan de la connaissance de l'état des différents milieux et des dynamiques de leur fonctionnement est un préalable.

## **1.2. L'étang de Berre, objet d'études nombreuses mais complexes à assembler**

*Une partie des éléments utilisés pour la rédaction sont issus de la synthèse établie en avril 2016 par le Gipreb et le laboratoire national d'hydraulique et environnement (LNHE) d'EDF pour éclairer le Conseil scientifique du comité de bassin Rhône-Méditerranée.*

*Des compléments ont été recherchés pour identifier les questions scientifiques ouvertes, pour avancer dans l'argumentaire sur des points pour lesquels cela semblait possible<sup>5</sup>.*

*Compte tenu de la nature du travail demandé, la mission n'a pas distingué l'étang de Vaine du reste de l'étang de Berre, et a recouru à l'appellation générique Berre, ou étang de Berre.*

En effet, l'étang de Berre comporte deux entités : le Grand Étang (masse d'eau de transition au titre de la DCE), et l'étang de Vaine, plus petit, au nord-est (masse d'eau de transition fortement modifiée). Ces deux sous-ensembles présentent des différences fonctionnelles : l'étang de Vaine, moins profond que le Grand étang, est moins stratifié et moins en manque d'oxygène, et n'est pas l'objet principal du projet examiné par la mission.

La lagune semi-fermée de l'étang de Berre, est un des plus vastes plans d'eau saumâtre d'Europe : 15 500 ha, avec une profondeur moyenne importante de 6,5 m, allant de 4 m au nord à 9 m au sud.

---

<sup>3</sup> Voir dégradé à l'embouchure de la Cadière où des ulves sont décrites en 1901.

<sup>4</sup> Voir par exemple : « la notion de capital naturel appliquée à l'étang de Berre : états de référence et trajectoires », James Aronson en coll avec F Claeys, Ph Picon, G Bernard et JM Bocognano.

<sup>5</sup> Voir bibliographie sommaire en annexe. De nombreuses autres publications ont été analysées, dont les références sont mentionnées en note de bas de page pour les points les plus importants.

Elle reçoit les deux rivières de l'Arc et de la Touloubre au nord, de nombreux petits bassins versants directs sur son pourtour, les exutoires de l'étang de Bolmon (voir plus loin), et, au niveau des Trois Frères, les eaux venant du canal du Rove, elles-mêmes alimentées par les eaux de Bolmon et des rejets et eaux pluviales qui se déversent dans le Rove ou ses darses<sup>6</sup>.

Domaine public maritime, l'étang de Berre est l'élément majeur du grand paysage Berre Bolmon Rove Caronte sur lequel vivent directement 200 000 personnes (600 000 avec les bassins versants) et s'inscrivent de nombreuses activités : raffineries, centrale hydroélectrique, aéroport international, autoroutes, zones industrielles et d'activités.

Il ne fait pas l'objet de protections réglementaires ; seul l'étang de Bolmon, propriété du conservatoire du littoral, fait l'objet d'un plan de gestion et de zonages Natura 2000.

Berre est la lagune française étudiée la plus confinée, et une des plus confinées et profondes des lagunes méditerranéennes.

Le temps de résidence moyen<sup>7</sup> de l'eau dans la lagune de Berre a été calculé à 187 jours en l'état des apports moyens (c'est l'un des plus élevés<sup>8</sup> des lagunes méditerranéennes françaises). Il est toutefois variable selon les saisons et selon les zones de l'étang : plus court au sud près du canal de Caronte et au nord près de Saint-Chamas, plus long au centre et encore davantage à l'ouest et dans l'étang de Vaïne. Le faible renouvellement des eaux rend le milieu particulièrement sensible à l'eutrophisation<sup>9</sup>, indépendamment de son degré de salinité.

Une autre singularité de la lagune de Berre est sa profondeur. Couplée au confinement, il en résulte naturellement un risque de stratification thermique (au fil des saisons) et saline (haline).

L'étang de Berre subit des à-coups à intervalles irréguliers (vent fort, crues des rivières, turbinage EDF d'eau douce) qui impulsent des modifications d'état rapides et profondes, et, pour les deux premières, non prévisibles<sup>10</sup>. Ainsi, Berre est un système hydraulique et écologique particulièrement complexe, dysfonctionnel et instable, « en transition permanente ». À l'instar d'autres lagunes méditerranéennes (étang de Thau, Vaccares, Venise), il a fait l'objet de nombreux suivis et études scientifiques visant à améliorer la compréhension des mécanismes d'altération et de dégradation fonctionnelles. Toutefois chaque lagune présente des particularités qui en font un système unique et ne permettent guère de transposition des mécanismes de fonctionnement. Les hypothèses d'évolution et les solutions de reconquête de qualité du milieu ne sont souvent pas transposables.

---

<sup>6</sup> Désigne le bassin d'un port destiné à l'accostage des bateaux. Sur le canal du Rove subsistent 3 anciens bassins qui servaient aux bateaux lors de la construction du tunnel.

<sup>7</sup> Le temps de résidence est le délai au bout duquel un marqueur réparti de manière homogène dans la masse d'eau voit sa concentration atteindre les deux tiers de la concentration initiale du fait des apports et des sorties du système.

<sup>8</sup> A titre de comparaison, ce temps est de 15 jours à Arcachon et 100 jours pour l'étang de Thau.

<sup>9</sup> L'expertise scientifique collective (ESCo) CNRS-INRA-IRSTEA-Iremer 2017 définit l'eutrophisation comme un syndrome de dérèglement d'un écosystème aquatique, associé à la surproduction de matières organiques, induit par des apports anthropiques en phosphore et en azote. Selon la commission européenne (1991) (91/271/CEE), l'eutrophisation correspond à « L'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs, notamment des composés de l'azote et/ou du phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux d'espèces supérieures qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau en question ».

<sup>10</sup> Au sens non programmées.

### 1.2.1. Un suivi particulièrement développé

Quelques travaux universitaires anciens<sup>11</sup> permettent d'avoir des indications sur les états d'origine dont le fait que l'ancien étang de Berre connaissait déjà des anoxies modérées<sup>12</sup>.

Des réseaux de suivi se sont mis en place, dont l'exploitation est souvent croisée entre les acteurs de suivi technique et les acteurs de travaux de recherche académique :

- le suivi au titre de la directive cadre sur l'eau (DCE) de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, porté par le Gipreb : une station de mesure de paramètres physico-chimiques, hydrologiques et biologiques ;
- l'observatoire du milieu du Gipreb : 10 stations de suivi mensuel de l'hydrologie et des nutriments, des stations d'observation du phytoplancton, de la macrofaune benthique (en 3 points et 10 stations côtières) et des végétaux macrophytes (31 transects littoraux et photos aériennes depuis 2009) ;
- le suivi en continu EDF depuis 2006 : 3 stations sur bouées pour mesure en continu et à différentes hauteurs des paramètres température, salinité, oxygène dissous et la mesure en continu des écoulements dans le canal de Caronte.

De nombreux organismes scientifiques (Ifremer, laboratoires de diverses universités, institut de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes de La Tour du Vallat) ont conduit des études sur l'étang de Berre, conduisant à une bibliographie abondante<sup>13</sup>. La publication « Les actes des rencontres LAGUN'R Rencontres scientifiques autour de l'étang de Berre » des 14 et 15 mars 2011 fait un bilan de ces approches scientifiques dans différents domaines.

Parmi les nombreux indicateurs de suivi au titre de la DCE, la plupart se situent en moyens ou médiocres dans les grilles de classement. Tel est le cas des paramètres phosphore (médiocre), phytoplancton (médiocre) et azote (moyen). Les compartiments les plus dégradés sont les végétaux macrophytes (zostères) et la macrofaune benthique. Ils déclassent l'état écologique d'ensemble en mauvais. L'état chimique global se trouve aussi classé en mauvais de par la présence d'une substance dangereuse (endosulfan). Dans le détail, les autres suivis chimiques sont plutôt bons. Certains indicateurs sont observés en amélioration. L'objectif d'atteinte du bon état de l'étang de Berre est fixé à 2027 dans le Sdage 2016-2021.

Les données reflètent l'état d'eutrophisation de l'étang de Berre, réceptacle d'apports importants en azote et en phosphore. L'absence de vie biologique supérieure, hors bactéries, sur la moitié du fond de l'étang traduit le manque d'oxygène sur des durées plus ou moins longues et les déséquilibres des processus chimiques et biologiques liés à l'eutrophisation de l'écosystème.

La vie biologique, hors bactéries, a disparu sur la moitié des fonds de l'étang.

---

<sup>11</sup> Gourret 1907, Chevallier 1917, Mars 1948, Hervé 1954.

<sup>12</sup> Gourret et Chevallier évoquent des mortalités dans les moulières profondes en période estivale, liées aux fortes chaleurs en l'absence de mistral.

<sup>13</sup> Voir les publications essentielles en annexe 3.

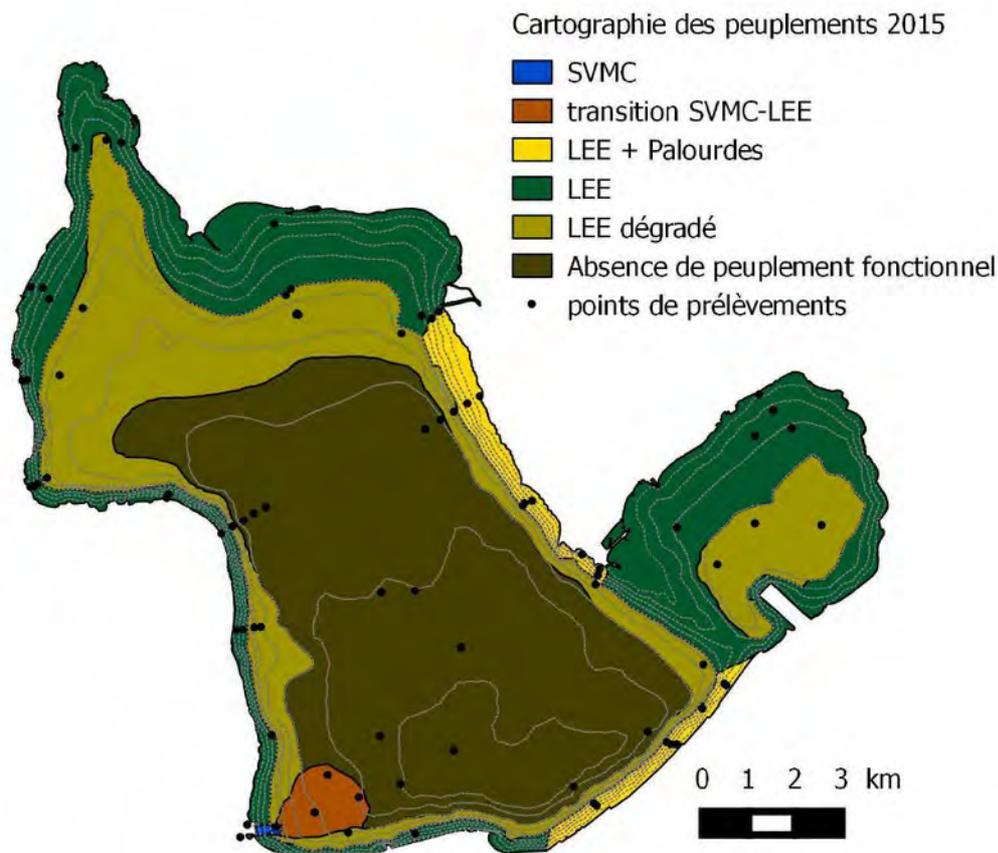


Figure 1: Les peuplements benthiques de l'Etang de Berre en 2014 (source rapport Gipreb-EDF avril 2016)

Voir aussi en annexe 5 la série historique

## 1.2.2. L'état de la connaissance et de la compréhension des mécanismes dans l'étang de Berre : quel consensus scientifique et quelles inconnues ?

### 1.2.2.1. Le consensus

- Une importante contamination chimique des sédiments, en grande partie « neutralisée » par enfouissement sous une chape de limons

Cette contamination due essentiellement aux rejets industriels non traités des XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, constituée de métaux lourds toxiques (mercure au sud-est, plomb et cadmium au nord-est), ne se retrouve pas dans la colonne d'eau, pour laquelle actuellement les indicateurs d'état chimique au titre de la DCE sont plutôt bons. Elle a été enfouie sous les vases et limons apportés par les eaux de la Durance via l'usine de Saint-Chamas et par les cours d'eau. Ces sédiments se sont déposés selon un gradient nord-sud dans le grand étang. Aujourd'hui ces dépôts représentent entre 0,86 et 0,19 cm/an du nord vers le sud. La cartographie des zones polluées et des enfouissements est connue. Les mesures par carottes dans les sédiments révèlent un

pic de contamination chimique sous l'interface sédiment/eau entre 15 à 30 cm de profondeur.

Ces pollutions historiques ne constituent plus la principale contrainte au développement de la vie biologique<sup>14</sup>, désormais empêchée par le maintien de conditions anoxiques au fond du grand étang de Berre.

- Le milieu est très stratifié<sup>15</sup>

Le risque naturel de stratification de la lagune dû à la conjonction profondeur/confinement/climat est amplifié par les apports de quantités importantes d'eaux de salinité et température différentes.

L'étang de Berre reçoit au sud des eaux marines salées par le canal de Caronte : de 1 000 à 1 400 Mm<sup>3</sup> en entrée nette annuelle<sup>16</sup>. Entrent également au nord du grand Etang les eaux douces amenées par les cours d'eau (en moyenne 100 Mm<sup>3</sup>/an par l'Arc et 80 M m<sup>3</sup>/an par la Touloubre) et par le canal usinier de l'usine de Saint-Chamas (900 M m<sup>3</sup>/an en moyenne). Enfin, les apports directs des pluies, du ruissellement, des canaux, des STEP et rejets directs sont estimés entre 100 et 200 M m<sup>3</sup>/an<sup>17</sup>). Ces arrivées d'eau douce sont irrégulières, liées au débit des cours d'eau, en particulier les crues, et au turbinage saisonnier d'EDF (hiver surtout).

Les eaux salées de la mer rentrant au Sud, plus denses, s'enfoncent vers le centre de l'étang, induisant une stratification haline de l'eau entre les eaux salées marines (35 mg/l) et les eaux saumâtres (20 à 28 mg/l) issues du mélange entre eaux marines et eaux douces des apports naturels et du rejet EDF. Ainsi, une grande lentille d'eau salée se développe au fond et son épaisseur croît jusqu'au prochain coup de vent. En effet, seul un vent fort et d'une durée suffisante parvient à casser cette stratification (voir plus loin). L'étang de Vaïne moins profond n'est pas stratifié.

Les différences de température renforcent l'effet de stratification : en été, les eaux de mer plus froides et donc plus denses que celles de l'étang plongent vers le fond après leur passage par Caronte et sont un facteur aggravant de la stratification.

Le profil vertical de la salinité varie selon les saisons, et cet effet saison est prépondérant<sup>18</sup>.

La stratification s'oppose à la diffusion de l'oxygène de la surface vers le fond. Plus la colonne d'eau est stratifiée, moins il y a de diffusion d'oxygène vers le fond au-dessous de 6 m, et plus il y a de risques que le fond manque d'oxygène, avec les conséquences délétères induites sur la vie aquatique.

Depuis la modification de la politique de rejets EDF en 2006<sup>19</sup>, les profils de salinité et d'oxygène de la colonne d'eau se sont modifiés : la salinité de l'étang se maintient majoritairement au-dessus de 20 mg/l et les épisodes à 15 mg/l, qui existaient précédemment, sont devenus rares.

---

<sup>14</sup> Arnoux et al 1985.

<sup>15</sup> La stratification de l'eau se produit quand des eaux de propriétés différentes (température, salinité, densité) forment des couches horizontales (strates) qui ne se mélangent pas.

<sup>16</sup> Données rapport Gipreb-EDF avril 2016.

<sup>17</sup> Dont 20 Mm<sup>3</sup> arrivant de la Cadière via l'étang de Bolmon.

<sup>18</sup> Source : Analyse des données historiques issues du suivi d'indicateurs physiques et biologiques dans l'étang de Berre -in LAGUN'R Rencontres scientifiques autour de l'étang de Berre Mars 2011 (pp 219-232).

<sup>19</sup> Voir annexe 3

- Des épisodes d'absence d'oxygène au fond (anoxie) ou manque d'oxygène (hypoxie) qui empêchent la vie biologique au fond de l'étang

La zone centrale au fond du grand étang est anoxique. Elle est entourée d'une zone de « battement » sujette à des anoxies temporaires, zone dite suboxygène ». L'étang de Vaïne, moins profond, ne semble pas souffrir d'anoxie.

L'anoxie provient de deux facteurs qui se conjuguent :

- l'absence de diffusion de l'oxygène depuis la surface, bloquée par la stratification ;
- la demande en oxygène des processus chimiques et biologiques de dégradation de la matière organique du sédiment au fond. Les apports historiques stockés dans les sédiments et les apports de l'année liés au cycle de vie du phytoplancton et des algues sont à l'origine d'une demande très forte. La dégradation bactérienne de cette matière organique sédimentée au fond consomme de l'oxygène, à l'instar d'un processus épuratoire.

Lorsque le fond est réoxygéné à l'occasion des brassages de l'eau sous l'influence du vent, des organismes vivants supérieurs peuvent se développer. Toutefois, lors des retours de périodes anoxiques (qui surviennent davantage en été lorsque l'eau est plus chaude et moins brassée par le vent), cette vie biologique disparaît. Ainsi se maintient une zone stérile (cf. carte figure 1).

Par ailleurs, l'anoxie entraîne la mise en place de mécanismes de transformation des nitrates et ammonium en azote gazeux qui sort du système Berre et de relargage vers la colonne d'eau du phosphore piégé dans le sédiment en le rendant biodisponible. Ces phénomènes (voir figures 2 et 3) aux effets antagonistes sur la dynamique globale d'eutrophisation sont insuffisamment quantifiés.

Comme pour la stratification de salinité, l'effet saison est prépondérant dans le profil des teneurs en oxygène de la colonne d'eau.<sup>20</sup> La teneur en oxygène (comme la salinité) s'est améliorée en été dans la couche 0 à 6 m de profondeur.

Des programmes de recherche sont en cours pour comprendre et tenter de prédire les hypoxies et anoxies (programmes Pred'hypo 1 et 2).

- Un milieu eutrophisé, trop riche en nutriments, à mieux connaître pour agir

Avec un temps moyen de résidence (187 jours) de l'eau dans l'étang long, le système aquatique de l'étang de Berre est propice à l'eutrophisation<sup>21</sup>. Il en présente les manifestations cliniques visibles :

- la richesse en sels nutritifs de la colonne d'eau,
- des proliférations phytoplanctoniques (mesurées par la teneur en chlorophylle a),
- des proliférations d'algues opportunistes telles que les ulves,
- l'absence de flore et de faune de fond. Un symptôme visible est la faible surface résiduelle des herbiers de zostères. Les végétaux macrophytes sont réduits à quelques espèces résistantes au stress,

<sup>20</sup> Source : Analyse des données historiques issues du suivi d'indicateurs physiques et biologiques dans l'étang de Berre - in LAGUN'R Rencontres scientifiques autour de l'étang de Berre Mars 2011 (pp 219-232).

<sup>21</sup> Le confinement est un facteur favorable à l'eutrophisation, quel que soit le milieu concerné : lac d'eau douce, lagune d'eau salée ou saumâtre.

- l'appauvrissement en oxygène, consommé par le développement de la biomasse en surface et par les processus de dégradation au fond.

Cette eutrophisation résulte de la présence en abondance des sels nutritifs, en particulier azote et phosphore, favorables au développement rapide de biomasse par la photosynthèse végétale en présence d'oxygène et de lumière.

La compréhension du phénomène nécessite de connaître les entrées de nutriments dans le système (les apports par les bassins versants ont été estimés à près de 2 000 t d'azote par an et 135 t de phosphore) et les sorties de ces nutriments du système (avec les sorties d'eau, sous forme de biomasse exportée, sous forme d'azote gazeux).

S'ajoute aux apports le stock de nutriments présent dans l'étang, piégé dans le sédiment de fond. Dans certaines conditions (anoxies), ce stock est transformé et remobilisé par des processus chimiques et biologiques dans la colonne d'eau et réalimente la photosynthèse et la production de biomasse. Ce recyclage significatif est à prendre en compte dans les hypothèses d'évolution sur l'étang de Berre. La connaissance reste à améliorer sur ces processus de stockage puis recyclage de la matière et sur les processus d'exportation.

Pour l'azote, ils semblent conduire à un appauvrissement en produisant de l'azote gazeux. Pour le phosphore, le recyclage ne permet pas de faire l'hypothèse d'une trajectoire d'appauvrissement en phosphore présent dans l'étang (figures 2 et 3 suivantes).

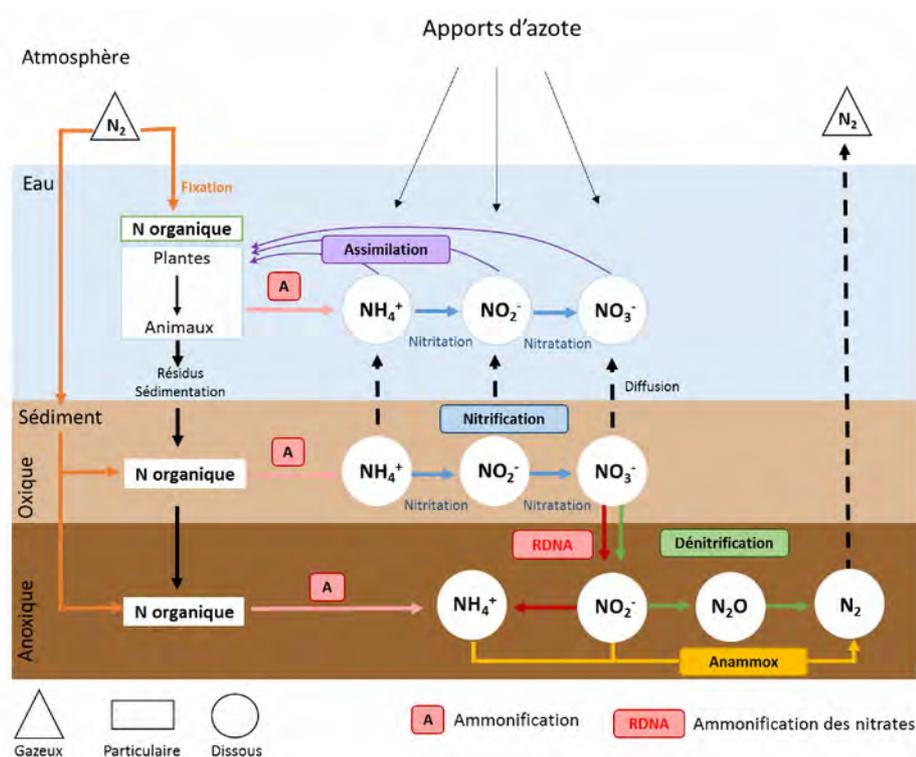


Figure 2 : Schéma du cycle de l'azote dans les milieux lagunaires (Source : thèse Le Fur, 2018)

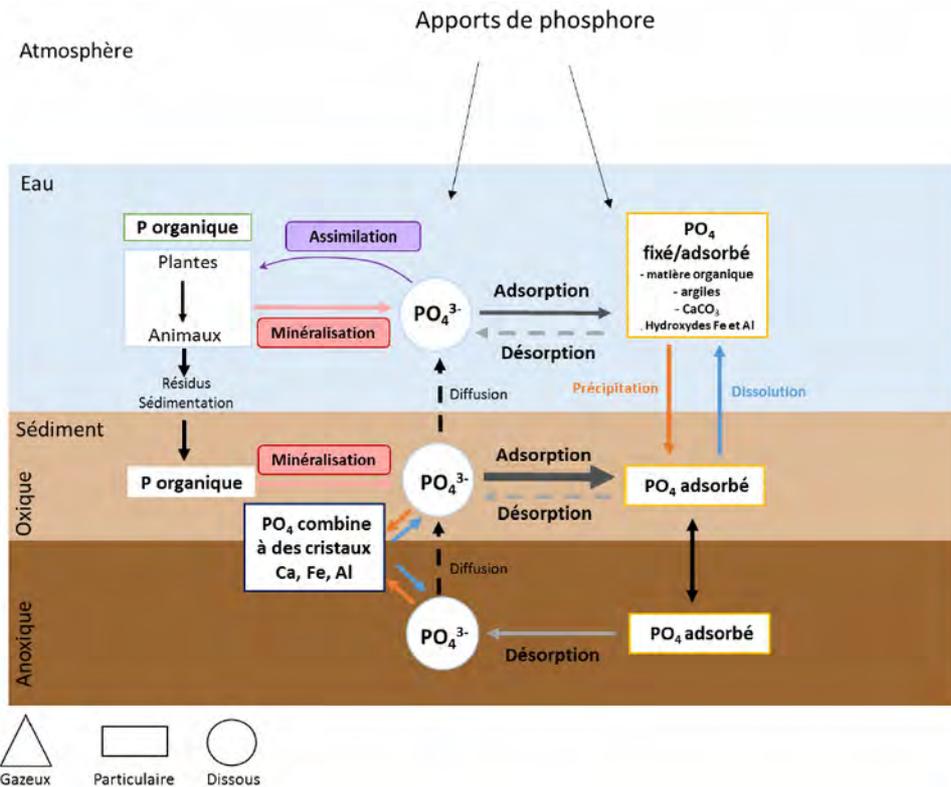


Figure 3 : Schéma du cycle du phosphore dans les milieux lagunaires (Source : thèse Le Fur, mars 2018)

- L'importance du forçage par le vent

Lorsque le mistral souffle à des vitesses supérieures à 10 m/s, il pousse l'eau superficielle vers le Jaï et provoque sa plongée en profondeur. La lentille d'eau salée «remonte» vers le nord-est. Si le vent cesse ou faiblit, celle-ci revient en arrière. Si le vent dure (2 jours à 2 jours 1/2), l'eau salée atteint la surface et le mélange eau de mer-eau saumâtre s'opère : la stratification est cassée, l'anoxie prend fin.

L'anoxie dépend donc de deux paramètres :

- la vitesse de consommation de l'oxygène dans et à proximité du sédiment et dans la colonne d'eau (les mécanismes biologiques sont accélérés par la température, la biomasse est plus importante du printemps à l'automne, la teneur en oxygène dissous décroît avec l'augmentation de la température de l'eau) ;
- la fréquence des périodes de vent significatif (mistral soutenu et de durée suffisante) selon les saisons.

Les résultats (non publiés) du programme de recherche Pred'hypo<sup>22</sup> apportent un éclairage très intéressant sur la compréhension du fonctionnement de l'étang de Berre.

<sup>22</sup> Communication personnelle Sylvain Rigaud.

	décembre à mars	Avril à novembre
Délai nécessaire à l'apparition de l'anoxie	15 jours	2 à 4 jours
Intervalle moyen entre deux épisodes forts et durables de mistral	15 jours	Plus de 25 jours

Ce tableau développe un résultat antérieur sur l'importance de la saisonnalité dans l'apparition de la stratification et sur la rapidité de son apparition l'été, avec l'accroissement des nutriments qui permet les proliférations planctoniques.

Selon certains scientifiques, la modification du profil de salinité pourrait avoir pour conséquence un moindre besoin d'énergie pour casser la stratification, ce qui rendrait le phénomène plus fréquent. Cette hypothèse pourrait expliquer une part de l'amélioration observée<sup>23</sup>. L'inverse est avancé dans le rapport SAFEGE-CETIIS de 2004<sup>24</sup>.

Un effet négatif de ce brassage est la remise en suspension de sédiment avec augmentation de la turbidité et diminution de la transparence, défavorable aux processus biologiques.

#### 1.2.2.2. Ce qui nécessite d'être approfondi ou ne fait pas consensus

- Le bilan des entrées et sorties de nutriments, azote et phosphore

Les apports d'azote et de phosphore par les bassins versants et par les eaux du canal EDF ont été estimés (Gouze et al) à 1 948 ( $\pm$  295) t d'azote total et à 135 (+/-3) t de phosphore total :

	N total	P total
Centrale Saint Chamas	1136 [ $\pm$ 295]	28 [-2 ; +3]
Arc	256	49
Touloubre	251	54
STEP	68	9
Industries	114	3
Atmosphère (estimation bibliographie)	123	1
Ruissellement (estimation)	100	60
Durançole	?	?
Nappe alluviale Arc	?	?
Canaux irrigation	?	?
Bolmon / Olivier	?	?
Réseau pluvial	?	?
Rejets directs de particuliers	?	?

Tableau 1: Bilan annuel 2006 des apports en azote total et en phosphore total (en tonnes) des différentes sources à l'étang de Berre (Source : EDF dans rapport Gipreb-EDF, avril 2006)

<sup>23</sup> Source : Analyse des données historiques issues du suivi d'indicateurs physiques et biologiques dans l'étang de Berre - in LAGUN'R Rencontres scientifiques autour de l'étang de Berre Mars 2011 (pp 219-232).

<sup>24</sup> Bilan des connaissances du fonctionnement écologique et socio-économique de l'Étang de Berre, 2004, SAFEGE-CETIIS, pour le Gipreb.

Les points d'interrogation, l'absence d'intervalle de confiance pour l'essentiel des valeurs proposées soulignent la connaissance encore incomplète de la situation. Ces données ont fait l'objet d'études complémentaires (inventaires des contributions des bassins versants directs réalisés en 2010 et 2016<sup>25</sup>) mais ne sont pas consolidées.

Les exportations sous forme d'azote gazeux vers l'atmosphère, sous forme de masse végétale (ulves) ou animale (coquillages) et sous forme de sortie directe vers la mer par Caronte ne sont pas quantifiées précisément.

Le bilan apports/exportations est complexe à établir.

Des recherches complémentaires sont encore nécessaires pour déterminer si, à travers les processus internes complexes de stockage et remobilisation de l'azote et du phosphore, le réacteur étang de Berre s'enrichit ou s'appauvrit en nutriments et donc quelle est la trajectoire d'évolution de l'eutrophisation.

- La quantification des apports des crues et pluies violentes

Les débits des cours d'eau et les apports en nutriments lors des crues ne sont pas précisément documentés. Or, ils constituent pour l'étang de Berre des apports significatifs dans le bilan global, mais surtout des forçages momentanés, qu'il convient de connaître et comprendre pour progresser dans la compréhension des mécanismes de fonctionnement et d'eutrophisation et déterminer des leviers d'action et solutions de remédiation.

- L'analyse des causes de la régression des zostères

Les zostères sont l'espèce de référence de la présence des végétaux macrophytes indicateurs de bonne qualité des eaux.

Les herbiers de zostères occupaient 6 000 ha au début du XXe siècle. Ils ont décliné depuis 1930<sup>26</sup> jusqu'à quasi disparition en 1998.

Plusieurs causes sont avancées pour expliquer la régression des herbiers : la fragilisation des rhizomes par le batillage, le développement d'algues épiphytes (entéromorphes), le dépôt d'ulves sur les zostères après les coups de vent. Sur la base des dynamiques observées dans d'autres lagunes méditerranéennes, les hypothèses d'effets du manque de lumière et des variations de salinité peuvent être écartées<sup>27</sup>.

Les tolérances des herbiers aux différentes contraintes sont encore mal comprises et nécessitent des travaux complémentaires.

- Le rôle respectif de l'azote (N) et du phosphore (P) fait débat

La détermination du nutriment facteur limitant ne fait pas consensus. Or ce point est important quant au choix des leviers d'actions. Analysant les teneurs en nitrates des ulves, E Gouze montre qu'il ne s'agit pas de l'azote. EDF insiste donc sur la réduction du phosphore, dont il n'est qu'un apporteur minoritaire. Le Gipreb plaide pour l'azote, dont le rejet de Saint-Chamas représente presque 60 % des apports...

---

<sup>25</sup> Inventaire qualitatif et quantitatif et cartographie des apports par ruissellement, les canaux d'irrigation et les rejets industriels et urbains directs - GINGER-CEREG 2010 et ARTELIA 2016.

<sup>26</sup> Il a été indiqué à la mission qu'il n'y a pas de publication sur les causes de la disparition des zostères dans l'étang de Berre.

<sup>27</sup> Spatial-temporal dynamics of a *Zostera noltii* dominated community over a period of fluctuating salinity in a shallow lagoon, Southern France – 2005 - A. Charpentier, P. Grillas, F. Lescuyer, E. Goulet, I. Auby.

La réalité est sans doute plus complexe : la recirculation de l'ammonium dans la colonne d'eau est très majoritaire dans l'alimentation du plancton, et l'anoxie provoque la réduction des nitrates en azote gazeux. L'évolution de la biodisponibilité du phosphore lors du passage eau douce/eau saumâtre est mal connue. L'anoxie favorise la disponibilité du phosphore. Cette complexité explique la prudence des scientifiques interrogés sur les processus les plus importants.

L'instabilité de l'écosystème Berre, sous l'effet des turbinages ou lors des anoxies est à l'origine de phénomènes transitoires mal compris.

Il est admis que la lutte contre l'eutrophisation doit porter sur la réduction des apports des deux nutriments, avec toutefois un effort particulier de réduction sur le plus limitant. Il est donc important de disposer d'un bilan validé.

Chaque action peut avoir des effets positifs et négatifs qu'il convient d'appréhender au mieux puisque le rapport N/P modifie l'expression de l'eutrophisation.

Le réacteur biologique étang de Berre est encore mal connu ; il est sous l'influence de plusieurs forçages (marées, vents (mistral du nord, vent de sud-est), crues des cours d'eau, arrivée d'eau de turbinage), qui sont autant d'impulsions violentes pour la plupart non « prévisibles », aléatoires, qui font de l'étang de Berre un système en transition permanente aux équilibres instables.

### **1.2.3. Une modélisation hydraulique et physico-chimique de qualité**

Le modèle de simulation hydrodynamique élaboré par le LNHE d'EDF a été progressivement raffiné, tant dans son nombre de mailles que dans sa représentation verticale. Il intègre les données de vent, les échanges par le canal de Caronte. Optimisé sur des jeux de données sur très longue période, il reproduit bien la dynamique de la stratification et rend compte précisément des phénomènes hydrauliques dans l'étang de Berre sur les paramètres température, salinité, oxygène dissous. Il permet une bonne prévision des phénomènes hydrauliques dans l'étang de Berre.

EDF a ainsi amélioré le pilotage de ses turbinages pour respecter les conditions en vigueur depuis 2006 et les optimiser avec pour conséquence l'atténuation des écarts de salinité.

Le Gipreb, sur la base du même code de simulation, a développé un modèle étendu à l'étang de Bolmon et au canal du Rove pour simuler l'ensemble des échanges Berre Bolmon et Rove et tester le résultat de l'injection à différents débits d'eau marine par le Rove.

Le jeu de données utilisé est beaucoup plus réduit que pour Berre, et la modélisation sur le Bolmon reste très perfectible. Les résultats sur le canal du Rove et l'impact sur l'étang de Berre des apports à travers l'effondrement sont par contre fiables.

### **1.2.4. Une modélisation globale de l'écosystème est encore hors d'atteinte**

Des tentatives de modélisation globale de l'écosystème étang de Berre ont été réalisées depuis 2012 par le LNHE en couplant le modèle hydraulique hydrodynamique à un modèle biogéochimique dont la qualité du code est reconnu par la communauté scientifique. Cette modélisation prend en compte de multiples variables dans les processus : les différentes formes d'azote, les différentes formes de phosphore, la silice, les algues phytoplanctoniques, les micro et macro-algues dans le sédiment et dans la colonne d'eau. Cela nécessite de simuler plusieurs processus qui

interagissent et rétroagissent: les processus biologiques de production de matière vivante, les processus biologiques de décomposition, les échanges chimiques dans l'eau et le sédiment (oxydation et réduction), les phénomènes de sédimentation et remise en suspension.

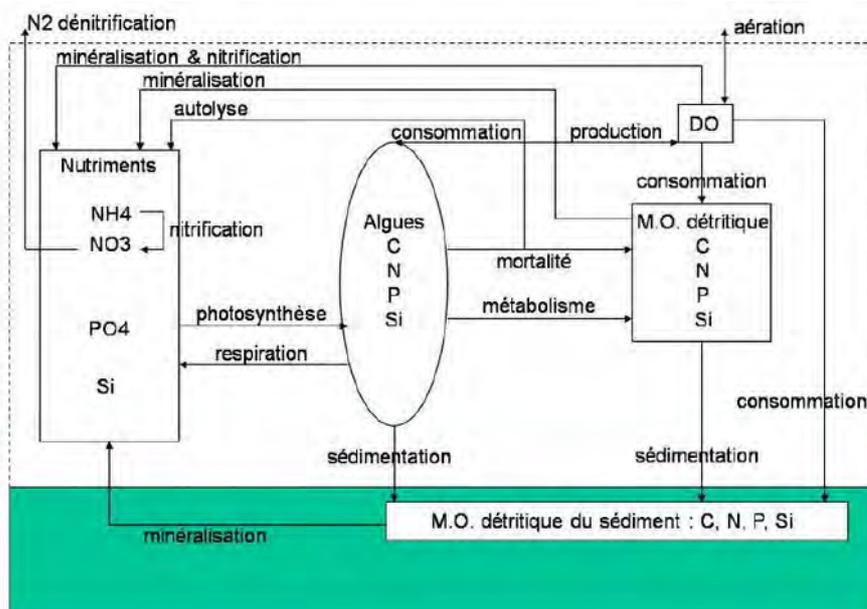


Figure 4: Schéma des variables et des processus activés dans le modèle DelWAQ pour la modélisation de l'étang de Berre (Source : EDF rapport Gipreb EDF, avril 2016)

Les fluctuations du milieu, en particulier pour l'oxygène dissous, la complexité des échanges dans la colonne d'eau, à la surface du sédiment et dans ses premiers centimètres font que le calage du modèle est peu satisfaisant.

D'autres types de modèles ont été testés par le LNHE, sans grand succès, des phénomènes complexes et déterminants étant encore mal appréhendés et mal modélisés. Il en est ainsi de la biodisponibilité des nutriments et du fonctionnement de l'interface sédiment/eau, pourtant siège de réactions déterminantes dans le réacteur. Les développements ont été arrêtés depuis plusieurs années.

Compte tenu du dynamisme des recherches en modélisation des phénomènes biogéochimiques, il n'est pas exclu que des représentations améliorées soient accessibles.

À la demande de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, l'hypothèse d'une utilisation des modélisations de type boîte noire développées par Ifremer a été envisagée. Les conclusions des échanges ont été négatives, en raison de la complexité des dynamiques à l'œuvre en comparaison de celles observées sur les étangs du Languedoc où ces modèles sont utilisés.

L'effet attendu d'une injection en grand volume d'eau de mer ne peut pas à ce stade être simulé sur le système global de l'étang de Berre, faute de modèle calable sur longue période.

### **1.2.5. L'étang de Berre semble toutefois se remettre lentement de son passé**

Le milieu a été profondément modifié sans que chacune des atteintes ait fait l'objet d'une étude d'impact sérieuse en son temps : l'approfondissement du chenal de Caronte qui fait rentrer de grandes quantités d'eau de mer ; la dérivation de la Durance qui facilite une stratification (nota : le fait qu'EDF ne turbine quasiment plus l'été n'empêche pas la stratification estivale) ; le développement des rejets de nutriments agricoles, urbains et industriels a enrichi le milieu. La complexité des interrelations entre ces apports et la question du temps de renouvellement de l'étang fait qu'il existe une incertitude sur l'effet qu'aurait un arrêt de la concession hydroélectrique, quand bien même on accepterait d'indemniser le concessionnaire !

La pollution chimique a été ensevelie sous la sédimentation des années 70/80, et le rythme de sédimentation actuel est équivalent à ce qui se passait avant 1960<sup>28</sup>. Au titre de la DCE, l'état chimique n'est pas déclassant.

Les paramètres écologiques déclassants pour l'atteinte du bon état écologique au titre de la DCE s'améliorent depuis une dizaine d'années, et certains se rapprochent des seuils de la classe supérieure (passage de médiocre à moyen). Sont concernés, la baisse des concentrations en Chlorophylle a, l'évolution de la nature du phytoplancton, l'amélioration de la transparence de l'eau, le retour des palourdes, la progression des surfaces couvertes par les zostères (de 1,2 ha en 2009 à 18 en 2017).

Les habitants sont conscients de ce progrès : la fréquentation des plages a beaucoup augmenté, l'ouverture de la pêche amateur, puis professionnelle à la palourde est bien reçue. Élus et usagers nous ont confirmé cette appréciation d'une amélioration continue depuis cinq ans.

Se pose ainsi la question de la confirmation d'une rémission et de la poursuite de la trajectoire d'évolution sur ces paramètres. À moyen terme, l'anoxie du fond sera sans doute complexe à faire cesser<sup>29</sup>. Les objectifs du Sdage concernant l'extension des surfaces de zostères étaient extrêmement ambitieux au vu de la situation de départ.

Il est à noter que de même que l'étang de Berre, l'Arc et la Touloubre n'atteindront probablement pas le bon état en 2027.

## **1.3. L'étang de Bolmon**

L'étang de Bolmon, d'une surface de 578 ha, est aujourd'hui la propriété du Conservatoire du littoral et sa gestion est assurée par la métropole Aix Marseille Provence.

### **1.3.1. Une lagune d'eau faiblement saumâtre**

L'étang ou lagune de Bolmon est l'exutoire de la Cadière, petit fleuve côtier de 72 km<sup>2</sup> de bassin versant. Les apports sont connus par la station hydrométrique de Marignane (stade Saint-Pierre). Il convient de noter qu'une part du débit est « artificielle » puisque provenant des rejets des activités humaines et industrielles alimentées en eau potable par le canal de Marseille, donc la Durance. Des apports par la nappe alluviale ou des sources dans le fond de l'étang sont avancés dans la littérature scientifique sans

<sup>28</sup> Citation dans Lagun'R.

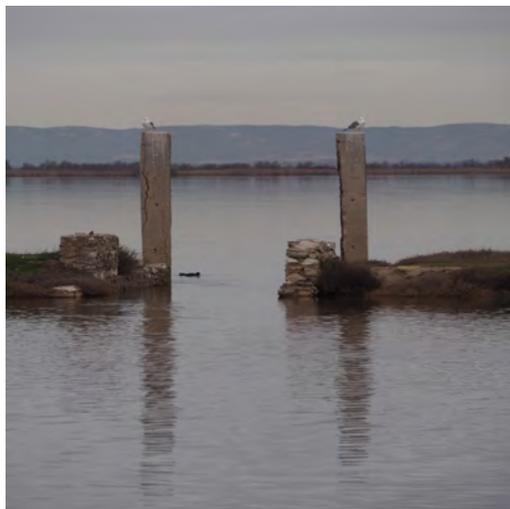
<sup>29</sup> À l'échelle mondiale, très rares sont les masses d'eau anoxiques dont l'état a pu être reconquis, moins d'une quinzaine.

qu'aucune preuve n'en ait été fournie, pour un débit moyen estimé de 100 l/s. Les exutoires de l'étang étaient trois bourdigues<sup>30</sup> creusées dans le Jaï, complétées par deux fenêtres<sup>31</sup> dans la digue créée lors de la construction du canal du Rove. Les bourdigues sont équipées de vannes, actuellement fermées de mi-juin à mi-septembre pour ne pas risquer de dégrader la salubrité de la plage du Jaï. Au fil des années, la digue entre Bolmon et le canal du Rove s'est dégradée, avec au moins une brèche superficielle, sans compter les débits passant entre les blocs constitutifs.



Figure 5: localisation des ouvrages de communication du Bolmon (Source : mission)

Les fenêtres entre canal du Rove et l'étang de Bolmon à Châteauneuf et à l'Estéou (Marignane), point de faiblesse de la digue : photos mission



<sup>30</sup> Les bourdigues sont des installations utilisées pour concentrer les écoulements entre deux milieux, permettre le maintien des poissons adultes dans l'un d'eux et mettre en place des dispositifs de pêche à certaines périodes de l'année.

<sup>31</sup> Les fenêtres, terminologie locale, sont des dispositifs en maçonnerie destinés à faire passer l'eau entre l'étang de Bolmon et le canal du Rove. Pour assurer le maintien du droit de pêche des habitants de Châteauneuf-les-Martigues et le rôle de bassin de grossissement des poissons, ces ouvrages étaient équipés de grillages fins.



D'une manière générale, le Bolmon, qui reçoit la Cadière, a un niveau supérieur à celui de l'étang de Berre et du canal du Rove et s'écoule donc vers eux 70 à 80 % du temps, sauf pendant la période estivale où l'évaporation peut devenir supérieure aux apports, entre juin et août.

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D
ETP <sup>32</sup> en mm	29	46	89	124	169	201	225	189	123	72	37	29
Pluie en mm	48	31	30	54	41	24	9	31	77	67	56	46
Bilan du Bolmon P-ETP en mm	19	-15	-59	-70	-128	-177	-216	-158	-46	-5	19	17
Débit équivalent pour la surface du Bolmon	0,04	-0,03	-0,13	-0,15	-0,28	-0,39	-0,47	-0,35	-0,1	-0,01	0,04	0,04
Apport Cadière en m <sup>3</sup> /s	1,06	1,03	0,79	0,8	0,67	0,57	0,49	0,5	0,7	0,77	0,89	0,9
Bilan net Bolmon en m <sup>3</sup> /s	1,1	1	0,66	0,65	0,38	0,18	0,02	0,15	0,6	0,76	0,93	0,94

Tableau 2 : bilan hydrologique moyen du Bolmon (Source : Météo-France et banque Hydro, mission)

En réalité, la situation est plus complexe puisque le niveau de l'étang de Berre peut varier rapidement par basculement sous l'effet de vents forts de secteur nord-ouest (mistral). Son niveau devenant plus élevé, les échanges se font depuis l'étang de Berre ou le Rove vers Bolmon. Cette situation explique que les variations de salinité de l'étang de Berre n'ont qu'un effet indirect sur la salinité du Bolmon, les volumes entrants sous l'effet du vent étant limités.

Une connaissance plus fine des échanges est donc souhaitable si l'on veut modéliser puis modifier les échanges entre Bolmon et ses exutoires, ne serait-ce que pour essayer de renforcer les exportations de nutriments.

Le Gipreb n'a tenté une approche quantitative de ces questions que de manière très récente, en 2017, et pour une durée inférieure à un mois, en février. Les résultats présentent des incohérences<sup>33</sup> mais soulignent en fait l'importance des échanges à travers la digue du Rove, non modélisés. Les résultats recourent ceux énoncés dans

<sup>32</sup> L'évapotranspiration potentielle (ETP) utilisée ici est celle de la station de Marseille-Marignane. Le calage des modèles tant d'EDF que du Gipreb ont impliqué une valeur environ 10 % supérieure pour améliorer la représentation des phénomènes hydrauliques pour Berre. On considère qu'à ce stade, négliger ce point et les hypothétiques apports souterrains se neutralisent au sein du bilan hydrique.

<sup>33</sup> Les débitmètres n'ont pas été calibrés par mesure directe. Certains débits semblent inversés par rapport aux niveaux respectifs des étangs de Berre et du Bolmon avec des explications peu convaincantes.

le rapport CEREG<sup>34</sup> de 2009. Les volumes entrants restent modestes. La bourdigue de Châteauneuf, seule fonctionnelle aujourd'hui, du fait de sa longueur (250 m), ne laisse passer que des débits modestes et contribue à moins de 20 % des échanges avec l'extérieur.

1. Un suivi complet (niveaux respectifs, débits aux fenêtres et bourdigues) pendant un an permettrait de mieux comprendre les échanges entre Bolmon, Berre et Rove et d'en caler le modèle de manière satisfaisante. Cette phase préparatoire est indispensable en cas d'injection forcée d'eau dans le Bolmon (Gipreb, AERMC).

### 1.3.2. Un bassin versant très urbanisé.

La population présente sur le bassin versant de la Cadière est passée de 7 000 à presque 100 000 habitants en un siècle, avec une imperméabilisation considérable des sols. Les zones d'activité représentent plus de 10 % de la surface du bassin versant ! Même si la ville de Marignane rejette ses effluents traités dans le canal du Rove, le ratio « nombre d'habitants dont les eaux traitées aboutissent à la Cadière sur son débit moyen » est très défavorable<sup>35</sup> à l'obtention d'une bonne qualité de l'eau.

La mise en service en 2008 de la station d'épuration de Vitrolles et Les Pennes Mirabeau a réduit les apports de manière très significative. Le point de contrôle de Marignane marque une réduction des apports d'azote d'un facteur 5 et de phosphore d'un facteur 10.

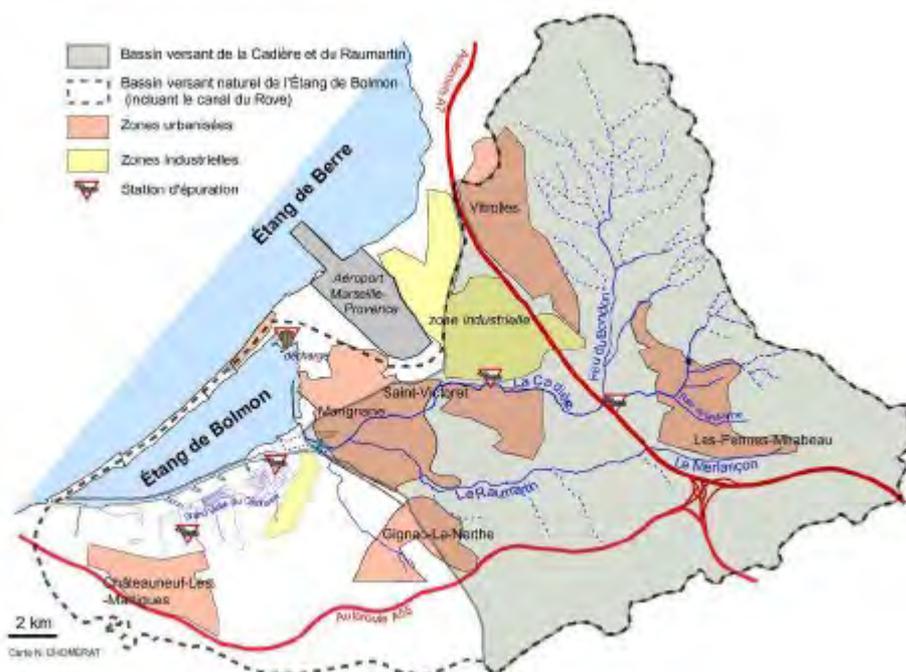


Figure 5 : Le bassin-versant de la Cadière et l'étang de Bolmon (Source : Chomerat, 2005)

<sup>34</sup> Plan de gestion de l'étang de Bolmon Etude hydraulique, Cereg Ingénierie, avril 2009.

<sup>35</sup> Il est 4 fois plus sévère que pour l'agglomération parisienne par rapport à la Seine, ou l'agglomération de Dijon par rapport à l'Ouche.

L'inventaire en cours des rejets autour de l'étang de Berre ne s'intéresse pas à la Cadière. Un travail sur cette zone est une condition nécessaire pour définir un projet de réduction des apports d'azote, de phosphore ou autres éléments « nutritifs » (appelés nutriments) pour l'écosystème Bolmon et engager une nouvelle phase de réduction des phénomènes d'eutrophisation intense.

L'objectif de bon état de la Cadière ne paraît pas accessible pour 2027.

### 1.3.3. Le Bolmon, une lagune... épuratoire ?

Les données sur la qualité de l'eau et des milieux aquatiques de l'étang de Bolmon sont issues d'études diverses (voir quelques résultats annexe 3). Les échanges assez réduits avec l'extérieur font que la salinité évolue entre 3 et 19 g/l<sup>36</sup> (6,7 g/l en moyenne) selon les secteurs de l'étang et les saisons. D'une manière générale, on observe un gradient du nord-est, à l'arrivée de la Cadière, au sud-ouest vers Châteauneuf-les-Martigues.

Le confinement des eaux à l'exutoire de la Cadière (le temps de renouvellement théorique<sup>37</sup> est de l'ordre de 60 jours), sur un bassin versant anciennement rural et modérément habité permettait un enrichissement de l'étang et une production de biomasse considérable, tant végétale que piscicole. En 1901, P. Gourret mentionnait la présence d'ulves<sup>38</sup> au débouché de la Cadière. Mais la grande richesse en invertébrés et poissons était également soulignée. Les bourdigues permettaient une activité de pêche importante (plusieurs tonnes par nuit, l'été).

L'augmentation de la population sans traitement des eaux usées et celle des activités artisanales et industrielles se sont traduites par des rejets croissants. Une ancienne décharge communale non encore réhabilitée a été réalisée sur des terrains gagnés sur l'étang, au nord du débouché de la Cadière.

Le milieu est devenu hyper-eutrophe, avec des crises nombreuses et répétées (concentration en cyanobactéries dépassant 3,3 milliards de cellules par ml, mortalité de 200 t de poissons en juillet 2006...). La pêche y a été interdite par arrêté préfectoral du 28 avril 2000.

Une accumulation de vases combinant partie sableuse, effet du ruissellement sur les sols agricoles et urbains<sup>39</sup>, et vases fines très organiques occupe la quasi-totalité du fond de l'étang sur une épaisseur de 1,25 m en moyenne. Les vases superficielles contiennent des éléments trace métalliques en teneurs significatives (Cd, Cu, Pb) et sont riches en matière organique, azote et phosphore (près d'1 g/kg de matière sèche !). La faune est très peu variée<sup>40</sup>.

La hauteur d'eau libre au-dessus des vases varie entre 1,4 et 2,50 m. Il n'est pas observé de stratification. Le vent joue un rôle d'homogénéisation puissant : un mistral

---

<sup>36</sup> L'étang de Bolmon est utilisé comme référence dans la construction d'une grille de qualité DCE pour les lagunes méditerranéennes de 2015. Les appréciations générales données ici en proviennent.

<sup>37</sup> Le temps de renouvellement théorique est le rapport du volume annuel des apports au volume de la lagune, multiplié par 365 pour avoir une valeur en jours. Le modèle du Gipreb ne permet, en l'état de son calage, de déterminer un temps de résidence fiable.

<sup>38</sup> Ulve ou laitue de mer. Algue qui se développe très rapidement en présence d'azote, très symbolique des milieux marins ou lagunaires eutrophes. C'est le symbole des marées vertes bretonnes.

<sup>39</sup> Les apports moyens étaient estimés entre 1 300 et 2 000 t/an, mais les apports d'une crue décennale dépassent les 5 000 t !

<sup>40</sup> Essentiellement des larves de chironome, espèce très tolérante à la pollution et néreïs, vers annélides.

de vitesse supérieure à 7,5 m/s, de durée supérieure à une heure remet en suspension les vases sur plus de la moitié de la lagune<sup>41 42</sup>.

La situation du Bolmon semble s'améliorer depuis 2008, même si les manifestations d'eutrophisation sont encore très fortes. Le facteur limitant semble être l'azote, sous réserve des relargages de la vase. Le milieu est très dégradé biologiquement. Les caractéristiques actuelles de l'eau se sont rapprochées de celles d'une lagune méso-eutrophe.

L'importance du stock de vase est aujourd'hui un facteur majeur dans la difficulté de retrouver un écosystème de lagune en bon état. Les attentes en termes de baignade, voire d'activités nautiques semblent peu accessibles au regard des exigences sanitaires et de la nature des fonds de la partie immergée de la « plage ». Une référence historique d'état écologique existe, qui constitue un objectif potentiel. Mais l'augmentation et l'ampleur exceptionnelles des pressions humaines seront une contrainte majeure. Une amélioration importante semble néanmoins possible.

*2. La mission n'a pas identifié de publication sur l'accumulation historique des vases, leur qualité selon la profondeur de prélèvement, leur potentiel de relargage d'éléments métalliques, la hauteur sur laquelle le vent provoque une remise en suspension. Ces thèmes essentiels sont à étudier pour préciser certaines pistes d'amélioration du Bolmon (Conservatoire du littoral, Gipreb, AERMC).*

#### **1.3.4. Un milieu naturel riche appartenant au réseau Natura 2000**

Malgré l'état fortement dégradé de son écosystème aquatique, le Bolmon est désigné comme site Natura 2000 en tant que lagune méditerranéenne, et aussi pour la mosaïque des milieux de petits fonds et d'îlots le long du Jaï. Des herbiers à potamot pectiné, quelques individus de ruppia maritime soulignent le caractère historique de lagune faiblement salée. Le milieu accueille de nombreuses espèces d'oiseaux (250) en relation avec l'étang de Berre, les marais de Châteauneuf-les-Martigues et d'autres espaces plus lointains. Son état écologique médiocre limite les populations présentes.

C'est cette situation qui conduit à envisager avec prudence une évolution des objectifs de salinité des eaux définis dans le plan de gestion du site pour la période 2010-15<sup>43</sup>. Par exemple, les zones résiduelles à potamot seraient susceptibles de disparaître du fait d'eaux plus salées, alors qu'elles sont historiquement caractéristiques du Bolmon.

### **1.4. Le canal du Rove**

Creusé entre 1911 et 1926, le canal du Rove assurait la jonction entre le port de Marseille et l'étang de Berre, pour permettre une liaison fluviale vers le Rhône. L'ouvrage était exceptionnel pour l'époque par sa longueur, 7,12 km mais surtout sa section, 720 m<sup>2</sup>. Il traversait le massif de la Nerthe, composé de roches calcaires sur 5 km (côté Marseille), puis de marnes sur les 2 derniers km (côté Berre). C'est dans

---

<sup>41</sup> Chomerat 2006.

<sup>42</sup> Voir aussi Contribution to remediation of brackish lagoon : 3D simulation of salinity, bottom currents and resuspension of bottom sediments by strong winds, E Alekseenko, B Roux, 2018.

<sup>43</sup> La rédaction d'un nouveau plan de gestion après 2015 a été suspendue aux choix liés à la mise en service du pompage sous le Rove. Rappelons que le Conseil scientifique du Conservatoire du littoral est défavorable au repompage vers Bolmon.

cette partie marneuse que l'effondrement s'est produit le 13 juin 1963, suivi par deux autres les mois suivants.

Le canal du Rove est une voie navigable du domaine public fluvial (DPF) artificiel de l'État (article L. 2111-10 du code général de la propriété des personnes publiques (CGPPP) qui s'étend de l'entrée sud du tunnel au port de la Lave jusqu'au rocher des Trois Frères. Outre le canal (dont le tunnel) proprement dit, ce DPF comporte quelques dépendances : darse<sup>44</sup> de Marignane, chemin de halage, port des Trois Frères, le pont ferroviaire des Florides et le pont du Jai<sup>45</sup>.

Il permettait de fait un passage d'eau entre ses extrémités en fonction du différentiel de marée<sup>46</sup> et surtout de l'orientation et de l'intensité du vent. À l'échelle annuelle, l'eau allait de Berre vers Marseille. Les volumes étaient modestes au regard des échanges par le chenal de Caronte.

Le canal est également le réceptacle hydraulique d'un petit bassin versant sur Gignac et Châteauneuf-les-Martigues, directement ou par une série de petites lagunes. Il reçoit les rejets des stations d'épuration de Marignane et Châteauneuf-les-Martigues. Il communique avec l'étang de Bolmon et surtout l'étang de Berre, aux Trois-Frères.

Milieu artificiel, domaine public fluvial, le canal présente une salinité élevée mais variable selon les lieux de prélèvement et l'emplacement des apports d'eau douce, avec une stratification significative.

Les données disponibles sont largement liées au suivi des stations d'épuration. La qualité est correcte, même du point de vue bactériologique, sauf déversement après une pluie intense. La partie souterraine accumule des débris poussés par le vent, qui s'y dégradent.

Les vases sont très fines, riches en matière organique avec des contaminations en métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Hg), PCB et HAP. La bathymétrie met en évidence des accumulations de vase plus importantes au droit des fenêtres, en particulier celle de l'Estéou à l'est.

Les berges se dégradent. Les dispositifs de canalisation des eaux de pluie des versants de la tranchée connaissent des désordres, qui conduisent à des érosions de berge importantes. Des travaux sont nécessaires. Les dispositifs empêchant l'accès au tunnel sont insuffisants, vandalisés, et les intrusions régulières, engageant par défaut la responsabilité du gestionnaire. Des dispositifs plus dissuasifs et robustes sont nécessaires.

---

<sup>44</sup> Le canal comporte trois darses, extensions créées pour l'évacuation des matériaux lors du chantier. Deux sont propriétés du Conservatoire du littoral, la troisième fait partie du DPF.

<sup>45</sup> Voir carte, partie 1.3.1.

<sup>46</sup> La géométrie du canal de Caronte fait étranglement, et l'amplitude est sensiblement réduite dans l'étang de Berre par rapport à celle de la Méditerranée. Par contre les bascules sous l'action du vent sont importantes pour l'étang.



*Le canal du Rove au débouché du tunnel, état des berges et des ouvrages pluviaux (Photos mission)*



*Le tunnel du Rove, tronçon sud (photo mission)*

### **1.5. Une nouvelle synthèse des connaissances serait judicieuse, et pourrait déboucher sur un ajustement des objectifs de qualité des masses d'eau**

Les caractéristiques très particulières, tant de l'étang de Bolmon que de l'étang de Berre, conduisent à s'interroger sur la possibilité d'atteindre le bon état écologique. Y renoncer ne serait pas ne rien faire, mais se donner des cibles ambitieuses, à la limite des savoir-faire actuels, dans un délai réaliste, avec des étapes intermédiaires.

Dans le cas du Bolmon, l'ampleur de la pression liée à la population ne permettra guère de faire mieux que de retrouver un état moyen, simplement du fait des effets

des crues transportant des éléments minéraux arrachés au sol se déposant dans un milieu qui les stocke.

Compte tenu des interrogations soulevées dans la partie terminale du rapport sur les conséquences d'hypothèses radicales de devenir de l'étang, la question posée de fixer des objectifs moins stricts mérite d'être examinée à fond.

Par exemple, l'objectif cible pour le bon état de 3 000 ha de prairies à zostères, figurant au SDAGE, même s'il fait référence à un passé connu, oublie l'état d'aménagement, l'augmentation considérable de la population et l'évolution des modes de vie, et fait comme s'ils ne s'étaient pas produits. Un objectif de plusieurs centaines d'hectares serait déjà très ambitieux et traduirait une profonde amélioration de l'écosystème.

La mission a pu constater que les travaux scientifiques qui progressent ont ouvert de nouvelles questions et de nouvelles pistes de réflexion. Les connaissances ont évolué et un point de situation est un préalable à la validation des objectifs écologiques visés par le projet et des moyens pour y parvenir.

Or, les modes de financement de la recherche font que, si de nombreux chercheurs travaillent sur l'étang de Berre, ils le font de manière sectorielle. Les questions de fond, telles que :

- quelles sont les entrées et sorties en N et P du système ?
- la compréhension des mécanismes de biodisponibilité du phosphore ?

restent sans réponse.

Faire de l'étang de Berre et de son bassin versant une zone atelier pour la recherche, avec un financement de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse, permettrait d'avancer.

*3. Provoquer une nouvelle rencontre des scientifiques sur le sujet des écosystèmes Berre et Bolmon et leurs bassins versants pour faire le point des acquis et de la compréhension des phénomènes d'eutrophisation et de stratification et l'intérêt des pistes pour les réduire et, sur la base de l'identification des questions clés à résoudre, mettre en place une zone atelier pour la recherche (MTES, AERMC).*

## 2. Évaluation des effets du projet de pompage

### 2.1. L'expérimentation prévue : une dénomination ambiguë

#### 2.1.1. Une idée palliative à l'arrêt de Saint-Chamas

Pendant la période contentieuse demandant l'arrêt de la centrale hydroélectrique considérée comme la source unique du dysfonctionnement de l'étang de Berre, le Gipreb explore plusieurs pistes alternatives en vue d'améliorer son état. Un projet de dérivation depuis Saint-Chamas jusqu'au Rhône ou la mer est expertisé. Son coût le disqualifie. Une autre piste, issue du rapport Ramade-Gerim de 1997, développée en 2002, et proposant une action en trois phases, donne l'idée de développer la troisième étape proposée, l'apport d'eau de mer en quantité importante pour mettre fin à l'eutrophisation du milieu.

L'idée d'apports d'eau de mer « propre » en quantité significative apparaît intuitivement séduisante pour contrecarrer les effets des apports d'eau douce. L'hypothèse s'inscrit dans la logique des travaux réalisés sur plusieurs lagunes littorales par l'augmentation de la circulation de l'eau et la réduction du temps de résidence des eaux. Le débit objectif est arrêté à 20 m<sup>3</sup>/s<sup>47</sup>, modulable en fonction des besoins, et permettant des apports substantiels à l'échelle annuelle puisque représentant 40 % des apports d'eau depuis la Durance.

L'amélioration de l'étang de Berre et de l'étang de Bolmon repose sur l'hypothèse de l'effet positif d'un apport d'eau de mer propre, pauvre en nutriments, en volume significatif (600 Mm<sup>3</sup>/an) au regard des autres apports en jeu (900m<sup>3</sup>/an en moyenne par EDF, 1 300 Mm<sup>3</sup>/an entrants nets par Caronte) et du volume de l'étang (900 Mm<sup>3</sup>) : les effets attendus portent sur la salinité, la réduction de la stratification et la réduction voire la disparition de l'eutrophisation. Optiquement, les chiffres bruts confortent l'idée, intuitivement logique, que cet apport d'eau de mer contrecarre les effets de l'eau douce et réduit la richesse en nutriments des masses d'eau.

Ce projet est validé par la ministre chargée de l'environnement par lettre du 23 avril 2003 pour un montant de 8 M€.

#### 2.1.2. Le programme de 2008

Le projet prévoit la construction d'une dérivation souterraine équipée de pompes pour une capacité de 20 m<sup>3</sup>/s contournant l'effondrement du tunnel, d'un dispositif de brassage éventuel des eaux du canal, d'un groupe de pompes de reprise du canal vers l'étang de Bolmon, proche du lieu-dit l'Estéou, à la capacité de 20 m<sup>3</sup>/s également avec chenal d'injection vers la Cadière et le redimensionnement des fenêtres pour assurer l'évacuation de l'eau sans augmenter le niveau du Bolmon de plus de quelques centimètres.

Dans l'étude de définition de 2008 (Ginger, SOGREAH et Ifremer), l'expérimentation était prévue sur 3 ans en trois étapes successives :

---

<sup>47</sup> Les débits initialement envisagés dans les études Ramade Guérin de 2002 étaient de 30, 20 et 4 m<sup>3</sup>/s. Le Gipreb à l'époque a choisi la solution médiane à 20 m<sup>3</sup>/s.

- Étape 1 : Injection dans le canal du Rove exclusivement, de 4 à 10 m<sup>3</sup>/s jusqu'au complet renouvellement de l'eau, puis pour lessiver une grande part de la charge nutritive du sédiment ; quelques tests jusqu'à 20 m<sup>3</sup>/s sont prévus ;
- Étape 2 : Injection dans le canal du Rove d'un débit de 20 m<sup>3</sup>/s, repompage pour lessivage vers l'étang de Bolmon à raison de 5 à 10 m<sup>3</sup>/s et tests jusqu'à 15 m<sup>3</sup>/s, avec sortie d'eau via le canal du Rove, puis stabilisation à 10-12 m<sup>3</sup>/s avec sortie d'eau vers Berre via les bourdigues ;
- Étape 3 : Recherche des débits optimisés dans les deux milieux pour entamer leur valorisation et l'amélioration de l'étang de Berre si possible. Débit vers Berre via Bolmon, envisagé de 15 m<sup>3</sup>/s avec possibilité de monter à 20 m<sup>3</sup>/s.

Les études conduites ultérieurement déboucheront sur un coût très sensiblement plus important de l'investissement<sup>48</sup>, qui sera contesté par les élus du Gipreb, puis expertisé lors d'une précédente mission du CGEDD. Retenons que, selon que l'on choisit un potentiel de pompage de 4 ou de 10 m<sup>3</sup>/s, le montant de l'investissement varie de 13 à 21 M€ plus 400 k€ par an de coût de fonctionnement.

### **2.1.3. La variante de 2017**

Le rapport du CGEDD, assez dubitatif sur les résultats à attendre du pompage sur l'état écologique de l'étang de Berre, préconise la solution la moins onéreuse, avec utilisation du tunnel ovoïde existant, pompes de 4 m<sup>3</sup>/s et reprise à 4 m<sup>3</sup>/s à l'Estéou.

Les élus estiment que seul un pompage à 10 m<sup>3</sup>/s permettra d'obtenir des résultats significatifs, mais indiquent par la voix du président du Gipreb qu'ils sont prêts à économiser la reprise de pompage vers le Bolmon. L'expérimentation telle qu'envisagée est un pompage d'eau de mer depuis la rade de Marseille (port de la Lave) à travers l'effondrement du tunnel du Rove à raison de 10 m<sup>3</sup>/s sans repompage depuis le canal du Rove vers la lagune de Bolmon. L'eau pompée rejoint l'étang de Berre aux Trois Frères. L'expérimentation est prévue pour débuter à 4 m<sup>3</sup>/s avec possibilité d'augmenter jusqu'à 10 m<sup>3</sup>/s.

### **2.1.4. Un projet « expérimental » de réouverture ... oui ... mais dans un cadre d'objectifs et d'hypothèses d'action non clarifié**

Pour la mission, il convient de veiller à éviter tout malentendu lié à la dénomination : « réouverture expérimentale du tunnel à la courantologie ».

Appeler le projet « réouverture du canal du Rove » laisse penser que c'est la navigation qui est rétablie en remédiant aux effondrements de 1963. Or, il n'en est rien, et plusieurs personnes interrogées ont fait cette confusion. Parler de pompage au travers ou en contournement de l'effondrement du tunnel du Rove n'est pas seulement une précaution sémantique, c'est un souci de rigueur indispensable au cas d'espèce.

Dans les faits, le projet d'expérimentation se trouve réduit à la dimension technique de mise au point expérimentale des modalités de pilotage et de régulation des pompes à travers le tunnel (la définition expérimentale de ces consignes de gestion du pompage est d'ailleurs pertinente). Telle que prévue, en visant la mise au point technique du pompage et l'ajustement de la mise en circulation en fonction des suivis qui seront mis en place, l'expérimentation annoncée véhicule un risque de malentendu dans la mesure où elle repose sur la validation implicite des effets positifs vis-à-vis de

<sup>48</sup> 31M€ pour un pompage à 20 m<sup>3</sup>/s avec repompage vers Bolmon.

cet objectif. Le projet doit être consolidé sur le principe présumé qui le motive (évoqué au § 2.1.1), en particulier les effets positifs significatifs sur l'eutrophisation<sup>49</sup>. Le cadrage des hypothèses de départ, des objectifs écologiques visés (fourchette de salinité pour Bolmon, réduction de la stratification de Berre, augmentation des exports en nutriments, diminution de l'eutrophisation...) et des moyens et scénarios à tester, dans les différents milieux, pour y parvenir devraient aussi faire partie du cadre du projet.

Le cadre aurait pu être mieux précisé : certains effets prévisibles avec les modèles actuels auraient déjà pu être étudiés préalablement aux travaux : ainsi les effets des apports d'eau salée en été et en hiver peuvent être appréhendés au travers du modèle hydraulique, sans renvoyer aux suivis et ajustements expérimentaux ultérieurs. Ces effets saisonniers ne sont pas sans conséquence sur le cadrage de l'expérimentation technique (injections souhaitables et modulation des volumes à injecter).

La réversibilité affichée de l'expérimentation interroge quant à son effectivité au regard de l'envergure du chantier et de l'engagement financier préalable à consentir. Les données de la balance bénéfice -investissement seraient à approfondir et partager.

*La mission adhère au principe que l'expérimentation est pertinente pour avancer dans un système complexe, en testant l'effet de modifications de certaines variables du système écologique pour en mesurer les conséquences et s'adapter, à condition que soit défini le cadre d'objectifs et de variables à tester. Or ces bornes n'ont pas été précisées. Il en est ainsi de la fourchette de salinité pour Bolmon, qui gouverne le type d'écosystème futur. Ou des objectifs de réduction de la stratification (en ampleur, en durée) ou d'augmentation des exportations de nutriments pour les différents milieux. Ces objectifs ont besoin d'être approfondis et validés au regard des données et connaissances actuelles, de même que les variables sur lesquelles agir et les moyens d'action.*

## **2.2. Les effets potentiels du pompage sur les milieux n'ont pas été approfondis**

### **2.2.1. Les points d'attention soulignés par le Conseil scientifique du Gipreb**

Le 15 janvier 2010, le conseil scientifique du Gipreb<sup>50</sup> établit un document de réponse aux questions posées par le Conseil d'administration concernant les effets du dispositif sur les trois milieux.

Il y relève la qualité des modélisations hydrauliques, et le déficit de simulation sur le transfert de sédiments.

Il pointe le besoin de pilotage fin automatisé en temps réel des apports dans Berre pour optimiser l'effet sur la stratification et moduler aux forçages par le vent.

---

<sup>49</sup> Les interlocuteurs scientifiques soulignent unanimement l'intérêt d'apports d'eau pour faciliter les exports de nutriments. Ils évitent unanimement aussi de prédire le résultat compte tenu de l'effet boîte noire du système.

<sup>50</sup> Le conseil scientifique du Gipreb a été saisi suite aux divergences d'analyse apparues au lancement du projet, portant sur les objectifs de restauration en particulier sur l'étang de Bolmon.

Pour Bolmon, le conseil scientifique relève l'inconsistance des informations disponibles et recommande un diagnostic et un suivi immédiat impératifs pour fiabiliser les bases de travail. De ce fait, il ne se prononce pas sur l'objectif et demande aux parties prenantes sur Bolmon d'aboutir à un consensus sur le régime de salinité visé.

Il recommande « afin de poursuivre le projet avec l'ensemble des données nécessaires » un effort pour combler les lacunes de connaissances des milieux et leur fonctionnement ainsi que sur les aspects économiques.

Il préconise, en prévision de la mise en œuvre du pompage, de combler les lacunes de connaissances avant expérimentation, en engageant le suivi, et en définissant la structure chargée du suivi pendant et après l'expérimentation.

Cet avis portant sur l'ensemble du projet est complété par des avis portant sur des aspects plus ponctuels, émanant du conseil scientifique du Conservatoire du littoral et du Conseil scientifique régional du patrimoine naturel (CSRPN).

Un courrier du ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement du 10 février 2011 valide les recommandations du CSRPN, du conseil scientifique du Gipreb et du rapport d'expertise du Conservatoire du littoral.

### **2.2.2. Des réponses incomplètes et une absence de coordination entre scientifiques et parties prenantes**

Alors même que le conseil scientifique du Gipreb dans son avis de 2009, souligne la nécessité de mettre en place le suivi sur le Bolmon le plus rapidement possible avant la phase d'expérimentation afin de préciser si le Bolmon est un milieu en phase de réhabilitation ou non, cette mise en commun des données, demandée également par le CSRPN, n'est pas effective.

Les différents conseils scientifiques pointent le besoin de mise en commun des données. Des courriers sont adressés, sans suite.

Plusieurs demandes de compléments de données des conseils scientifiques n'ont pas eu de suite, que ce soit par le GPMM ou le Gipreb. L'état initial du Bolmon n'est pas commencé, sans que l'on sache si ce point est transféré implicitement au port qui doit commander l'étude d'impact, ou si le Gipreb attend que le projet technique soit assez avancé pour le faire. Les études d'impact environnemental n'ont pas été engagées et la vision de l'état initial avant expérimentation n'est pas complète.

Le comité de pilotage du projet n'aborde pas ces problèmes, et la coordination scientifique n'est assurée par personne.

Il est dommage que le Gipreb n'ait pas initié la mise en commun des données, qui aurait contribué à disposer d'un état initial du système global et ainsi à valider l'objectif écologique et le cadre d'expérimentation.

L'initiative de constituer un comité d'experts à partir des conseils scientifiques du Gipreb, du comité de bassin et du Conservatoire du littoral lancée par le sous-préfet<sup>51</sup> en janvier 2017, suite au redimensionnement du projet en fin 2016, visait à valider scientifiquement le projet. Elle n'a pas eu de suite concrète.

---

<sup>51</sup> Dans l'intervalle, le conseil scientifique du comité de bassin a donné un avis sur la possibilité d'atteindre le bon état des eaux pour l'étang de Berre d'ici 2027.

## 2.3. Les résultats des modélisations ne permettent pas d'espérer une amélioration significative de l'étang de Berre par apport d'eau salée

### 2.3.1. L'apport d'eau salée par le tunnel du Rove réduit les apports par Caronte et l'exportation de nutriments reste assez modeste

L'injection d'eau supplémentaire a deux effets contradictoires : elle réduit le temps de séjour dans l'étang qui est très long, elle réduit aussi l'entrée d'eau de mer par Caronte. Ainsi un apport de 10 m<sup>3</sup>/s par pompage réduit de 2 m<sup>3</sup>/s les entrées d'eau de mer par le chenal de Caronte. Le rendement du pompage est ainsi ramené à 80 % seulement.

La même observation est faite pour des apports de 4 ou 20 m<sup>3</sup>/s. Le tableau suivant résume les effets directs à attendre d'un pompage d'eau de mer, dans l'hypothèse maximaliste d'un débit constant avec arrêt pour maintenance ou incident évalué à 10 jours par an.

	Débit 4 m <sup>3</sup> /s	Débit 10 m <sup>3</sup> /s	Débit 20 m <sup>3</sup> /s
Volume d'eau pompé en M m <sup>3</sup>	122	305	610
Bilan net d'entrées d'eau de mer supplémentaire (Rove - réduction sur Caronte) M m <sup>3</sup>	110	240	440 (estimé)
Augmentation des exportations d'eaux saumâtres chargées de nutriments	4,40 %	11,00 %	20,00 %
Temps de renouvellement	170 jours	155 jours	140 jours

Tableau 3 : Augmentation des exportations de Berre selon l'intensité du pompage d'eau de mer envisagé (Source : mission à partir de données LNHE)

Si le pompage réduit le temps de séjour, le gain reste modéré.

Au regard du recyclage des nutriments au sein de la colonne d'eau ou avec le sédiment, le gain d'exportation lié au pompage reste modeste.

La période d'apport n'est pas non plus analysée. Passant par le Bolmon, le volume d'eau de mer se charge en nutriments et polluants et peut dégrader la qualité des eaux et des coquillages de la plage du Jai<sup>52</sup>. C'est plutôt en hiver que l'apport (et donc l'exportation) est le moins impactant compte tenu du mélange des eaux, mais à un moment où la production de matière vivante est plus faible. Aucune réflexion n'a cherché à préparer une stratégie de maximisation des exportations des nutriments.

### 2.3.2. Les apports d'eau salée par le canal du Rove ne cassent pas la stratification

Le Gipreb a modélisé l'impact de l'apport de 10 m<sup>3</sup>/s sur la salinité de l'étang de Berre. Les coupes verticales réalisées montrent une augmentation de la salinité assez modeste, de l'ordre de 0,5 g/l, que ce soit au fond ou en surface. Par contre, la courbe reste inchangée, avec un gradient marqué, dans la même gamme de profondeur, entre surface et fond : la stratification persiste.

<sup>52</sup> Crainte exprimée par les pêcheurs.

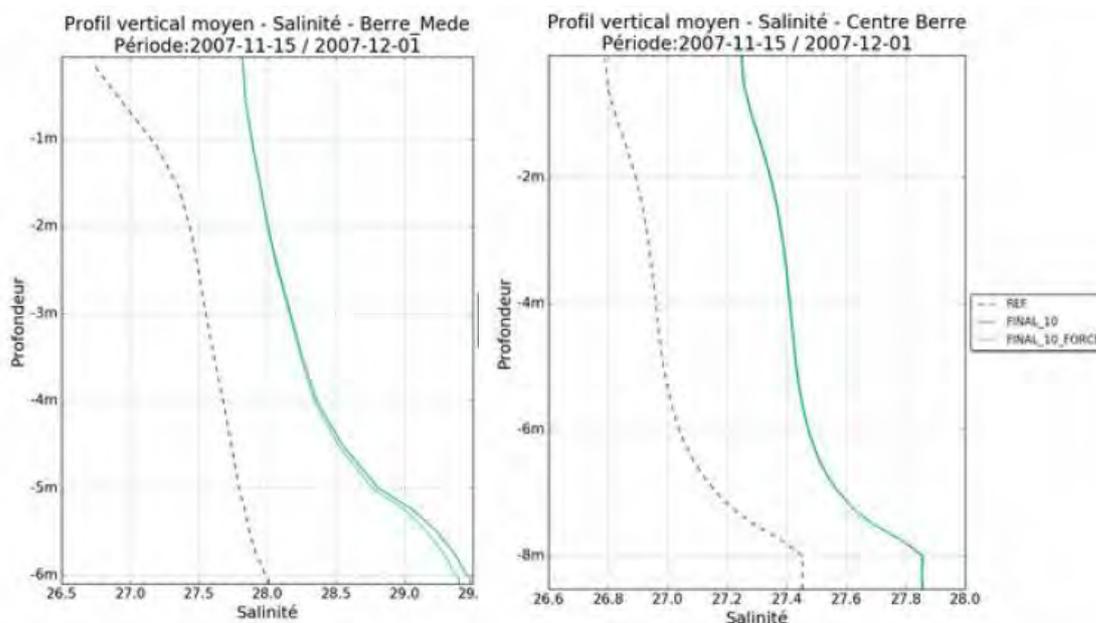


Figure 6 : Profils verticaux de salinité en deux points, Berre Mède et Berre centre, courbe pointillée référence sans pompage, courbe continue avec pompage 10m³/s sans reprise par Bolmon et, en léger décalage, si repompage vers Bolmon, phase 3, (Source : rapport Gipreb, mars 2018)

L'examen attentif des sorties graphiques du modèle montre que l'eau salée arrivant du Rove aux Trois Frères plonge dans la partie la plus profonde de l'étang, tout en s'étirant en profondeur le long du Jaï. L'eau salée est plus lourde et son comportement est similaire à celui de l'eau entrant par le chenal de Caronte. La stratification persistera avec son cortège d'effets négatifs, quel que soit le débit d'eau de mer apporté. Seul le retour du vent a un effet de remélange.

### 2.3.3. Les apports d'O2 sont faibles au regard du besoin mis en évidence par la recherche

Les besoins en oxygène au fond de l'étang de Berre sont élevés du fait de la demande en oxygène due à la dégradation des matières organiques<sup>53</sup> du sédiment. L'oxygène apporté par jour depuis le canal du Rove ne représente qu'une part très faible du besoin, comme on aurait pu s'en douter puisque le flux d'eau de mer par Caronte, environ quatre fois supérieur, ne le permet pas.

Dans le contexte de l'étang de Berre, lagune profonde, avec un confinement de longue durée, un stock de nutriments dans le sédiment important et une forte dynamique biologique au sein de la masse d'eau, l'amélioration apportée par un pompage consiste essentiellement dans une augmentation des exportations.

L'absence d'effet sur la stratification n'augure pas d'une amélioration significative de l'étang, sauf peut-être dans la zone sud de l'étang de Berre, grâce à une modification modeste du bilan d'entrées/sorties. Au regard du coût, d'autres hypothèses de réduction du bilan méritent d'être envisagées. Le lessivage de Bolmon envisagé se traduit pas des apports difficilement quantifiables et donc d'impact imprévisible sur Berre.

<sup>53</sup> E. Gouze (2009) évalue cette consommation entre 800 et 1 200 mgO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/jour après expérimentation.

## **2.4. L'état du canal du Rove devrait s'améliorer quel que soit le débit**

Les principales études consacrées à l'impact d'un pompage passant par le canal du Rove annoncent une réduction de la stratification actuelle, dès 4 m<sup>3</sup>/s, et ce, d'autant plus que le débit est fort. La qualité de l'eau et sa transparence s'améliorent. Même aux débits les plus soutenus, les vases du port de la Lave à Marseille, contaminées par certains métaux lourds (As, Pb, Hg) et substances dangereuses (PCB), ne sont pas remobilisées. Les vases du canal dans sa partie ouest ne devraient pas non plus être remises en mouvement. Par contre, il est probable que l'activité biologique conduira à une minéralisation de la matière organique de celles-ci, plus ou moins vite selon le débit, apportant un très léger enrichissement au bilan de nutriments de l'étang de Berre.

La mise en place de dispositifs d'homogénéisation de l'eau n'apparaît pas nécessaire pour faire disparaître la stratification résiduelle. L'intérêt biologique de ce milieu profond et homogène reste modeste. Les usages existants bénéficieront de l'amélioration de la qualité du milieu.

L'impact d'une augmentation de la salinité sur les étangs situés au sud du canal sera sans doute marginal mais n'a jamais été étudié à ce jour.

## **2.5. Les scénarios pour le Bolmon**

### **2.5.1. Une approche expérimentale dont les orientations n'étaient guère approfondies**

La mission a été frappée de voir que les objectifs qualitatifs, par exemple la fourchette cible de salinité, pour l'étang de Bolmon en relation avec les fonctionnalités de l'écosystème lagunaire n'a pas été justifiée dans le projet d'expérimentation. L'idée du « lessivage des vases » a été prépondérante.

Un écart important existe entre la situation actuelle, cohérente avec l'histoire du Bolmon, les préconisations du conseil scientifique du Conservatoire du littoral qui recommandent de ne pas dépasser 20 mg/l en pointe et les propositions du Gipreb ainsi que les modélisations réalisées qui visaient l'atteinte de valeurs moyennes proches de 25 mg/l en un à deux mois. Ces valeurs élevées auraient provoqué une évolution majeure du milieu, qualifiée de « marinisation » par les documents du Gipreb. Les bureaux d'étude recommandaient d'ailleurs de procéder de manière lente pour ne pas provoquer de crise de mortalité piscicole sur les espèces d'eaux douces à faiblement saumâtres présentes. Par la suite, les crues de la Cadière auraient provoqué des dessalures brutales pouvant conduire à des mortalités d'espèces marines.

En testant le fonctionnement hydraulique du pompage sur des périodes de un à deux mois, plutôt en début de printemps, les modélisations n'intègrent pas l'effet de la saisonnalité ; en été, l'importance de l'évaporation implique de ne pas apporter d'eau salée, ou très peu, et donc limite les exportations et l'appauvrissement du milieu au moment le plus pertinent (pour le Bolmon, car l'exportation vers Berre n'est pas forcément négligeable pour le sud-est de l'étang à ce moment de l'année).

L'équipement en pompes aurait dû intégrer deux modes très contrastés :

- un fonctionnement ordinaire variant continûment de quasi-zéro en été à 1,1 m<sup>3</sup>/s l'hiver pour une teneur de l'ordre de 25 mg/l en moyenne,

- une limitation des effets des crues de la Cadière par un apport important d'eau salée pendant quelques jours de l'ordre de 10 m<sup>3</sup>/s.

Un double équipement paraît alors souhaitable, Un dispositif de mesure de la salinité dans le Bolmon et l'utilisation des données de débits de la Cadière doivent permettre un pilotage du pompage par un module informatique à l'issue de l'expérimentation. Le pilotage est complexe, le dispositif augmente l'artificialisation du milieu.

Les volumes d'« eau propre » injectés n'ont fait l'objet d'aucune évaluation sommaire, ni mensuellement ni annuellement, pour apprécier les conditions hydrauliques de l'amélioration visée. La mission n'a pas non plus trouvé d'évaluation des exportations d'éléments nutritifs dissous ou sous forme de biomasse à l'échelle annuelle, ni d'estimation de l'appauvrissement des vases. Le bilan entrée-sortie n'a pas été approché, ni en situation actuelle, ni pendant le pompage. Très grossièrement, et pour une teneur moyenne en sel de 25 g/l, les apports d'eau de mer nécessaires sont de l'ordre de 14 Mm<sup>3</sup>, ce qui revient à une augmentation de 70 % des volumes d'eau exportés.

L'étude d'incidence Natura 2000 liée au projet de re-pompage n'a jamais été réalisée compte tenu des résultats des premières études sur le coût de ce projet.

La mission observe que le dispositif expérimental se fonde sur un choix d'artificialisation supplémentaire du milieu bien éloigné de toute référence alors que celle-ci existe. Or le bénéfice pour les activités humaines n'apparaît pas clairement.

La mission dimensionne en partie 4.2.3. un pompage plus respectueux du caractère modérément saumâtre du Bolmon et compatible, en première approche avec la désignation dans le réseau Natura 2000, dans un emplacement d'injection différent. L'abandon du pompage entre le canal du Rove et le Bolmon annoncé par le président du Gipreb fin 2017 devant la directrice de cabinet du ministre de la transition écologique pour réduire le coût du projet et faire valider un objectif de débit à travers le tunnel de 10 m<sup>3</sup>/s ne doit pas écarter les autres projets envisageables visant à améliorer un état écologique très altéré.

### **2.5.2. L'apport d'eau de mer au seul canal du Rove sans repompage impacte peu l'étang de Bolmon**

Les échanges entre Bolmon et le Rove se font essentiellement à travers la digue et les deux fenêtres, et de Bolmon vers le Rove. Ce n'est qu'en période de très forte évaporation ou par fort mistral que l'alimentation se fait en sens inverse. L'augmentation de salinité dans le canal se traduira par l'entrée de volumes limités d'eau plus salée, mais avec un effet a priori marginal (estimé de l'ordre du mg/l), que l'absence de modélisation détaillée ne permet pas de préciser.

Les échanges de nutriments ne varieront pratiquement pas. Les effets sur les échanges d'espèces végétales et animales seront minimes.

En conclusion, et sous réserve d'une vérification par modélisation hydraulique sur un cycle annuel type, l'impact de la réalimentation du canal du Rove depuis Marseille sur l'état écologique du Bolmon apparaît négligeable dans cette hypothèse sans repompage.

## **2.6. Le pompage d'eau de mer à travers l'effondrement du tunnel du Rove a des effets limités**

L'analyse des effets d'un pompage sur les différents milieux montre que ceux-ci sont loin d'être décisifs pour l'amélioration de l'état de l'étang de Berre, malgré une dépense en investissement et en fonctionnement importante. L'analyse détaillée de la documentation existante confirme et précise les appréciations de la précédente mission du CGEDD concernant l'effet réduit d'un pompage au travers de l'effondrement du Rove sur l'écosystème de l'étang de Berre.

L'amélioration de l'étang de Bolmon a été imaginée sans que le dialogue soit vraiment engagé tant avec le Conservatoire du littoral, propriétaire, qu'avec le syndicat intercommunal Bolmon-Jaï (SIBOJAI), gestionnaire. L'abandon proposé du pompage ne semble pas soulever de difficultés du côté des élus. Néanmoins, l'isolement relatif du Bolmon conduit à envisager d'autres interventions pour réduire la grave dystrophie qui l'affecte (voir 4.2).

*4. Au regard des connaissances scientifiques les plus récentes sur l'anoxie et l'eutrophisation, des effets très limités du pompage sur l'étang de Berre et du montant élevé de l'investissement et du fonctionnement du dispositif, l'abandon du projet paraît raisonnable (MTES, Gipreb)*

### 3. Une gouvernance de projet en déséquilibre

#### 3.1. Le schéma de gouvernance prévu

##### 3.1.1. Le grand port maritime de Marseille/SAVN, maître d'ouvrage du chantier

Le grand port maritime de Marseille (GPMM) gère le DPF du canal du Rove<sup>54</sup>, via le service annexe des voies navigables (SAVN), qui relève de la direction générale des infrastructures de transports et de la mer (DGITM) du ministère de la transition écologique et solidaire.

L'État perçoit des redevances domaniales pour l'usage de ce DPF : rejets de stations d'épuration, places dans le port, location de terrains. Ces redevances représentent environ 100 000 € par an, rattachés au budget des transports du ministère.

Le GPMM mobilise des personnels de ses services techniques et financiers pour réaliser les interventions nécessaires sur le DPF. Les charges salariales correspondantes lui sont remboursées par la DGITM. Les décisions d'intervention, dont les investissements de sécurité, sont prises au niveau de la DGITM pour tout ce qui ne relève pas de la gestion quotidienne.

Depuis l'effondrement, les interventions consistent pour l'État dans la mise en sécurité, la surveillance de l'ouvrage : le suivi des désordres (en particulier des fissures de la voûte), le suivi de l'état des banquettes latérales, le suivi des mouvements des terrains dans la zone en tranchée liés aux infiltrations d'eaux pluviales et à la dégradation des évacuations existantes.

Le GPMM/SAVN a été chargé par le ministère d'assurer la maîtrise d'ouvrage du projet expérimental, dans un principe de neutralité financière, l'objet du projet étant sans intérêt pour la navigation fluviale<sup>55</sup>. Cette maîtrise d'ouvrage porte sur les études techniques préparatoires et la réalisation des installations (puits d'accès, tunnel, ouvrages de pompage...) jusqu'à la remise des ouvrages après parfait achèvement. Ceci intègre l'ensemble des études techniques et administratives préalables aux travaux, étude d'impact et d'incidence Natura 2000, dossier loi sur l'eau.

Le financement des études (2 M€) a été assuré par un fonds de concours alimenté par l'agence de l'eau, le Conseil régional et le Conseil départemental des Bouches-du-Rhône.

Le GPMM/SAVN a proposé<sup>56</sup> une organisation de pilotage du projet assise sur un comité de pilotage institutionnel (COPIL) « orientant et validant les travaux de deux comités techniques, et s'assurant que la concertation appropriée est assurée dans de bonnes conditions dans le cadre du « groupe Rove » mis en place par le Gipreb ». Le rôle du Gipreb est noté comme essentiel pour la réussite du projet, en tant qu'interface garante d'une bonne représentation des divers intérêts concernés et responsable de la

---

<sup>54</sup> Arrêté du 16 février 2012 portant création d'un service annexe au grand port maritime de Marseille.

<sup>55</sup> Extrait courrier Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer adressé au Préfet/SAVN le 6/10/2006.

<sup>56</sup> Courrier du directeur général du port autonome de Marseille, directeur du SAVN, au préfet de Région Provence Alpes Côte-d'Azur du 30 janvier 2007.

définition des objectifs environnementaux, de la mise en œuvre de l'expérimentation et de son suivi.

Le COPIL se réunit chaque année à partir de 2008 sous l'égide du sous-préfet d'Istres.

### **3.1.2. Les collectivités : quel rôle dans la gestion des ouvrages et le devenir du projet ?**

Si le Gipreb constitué en 2000 réunit toutes les communes du pourtour de l'étang de Berre, il est frappant de voir que ce milieu naturel n'est pas fédérateur au niveau intercommunal, à rebours des propos tenus sur son potentiel touristique ou de cadre de vie : il existait pas moins de cinq communautés de communes riveraines de l'étang. Aujourd'hui, avec la création de la métropole, le même éclatement est reproduit puisque l'étang est « partagé » entre cinq conseils de territoire.

Les évolutions législatives<sup>57</sup> survenues sur la période ont conduit à modifier la cartographie des acteurs concernés par le projet. La gestion des milieux aquatiques sur le territoire du bassin versant de l'étang de Bolmon est devenue une compétence de la métropole Aix-Marseille Provence, désormais acteur majeur de la gestion de l'eau sur son territoire.

Pour autant, le Gipreb, syndicat centré sur les études, n'a pas trouvé de relais sur la dimension gestion de son projet d'injection d'eau de mer par le Rove.

Le compte rendu du COPIL du 25 juin 2013 signale « que la question du pilotage de l'expérimentation reste donc ouverte, d'abord dans la phase transitoire expérimentale puis dans la phase de gestion... l'État assurerait la maîtrise d'ouvrage du projet mais pas sa gestion, ni même le pilotage de la gestion, qui serait confié à une structure locale »<sup>58</sup>. Le SAVN alerte ensuite à chaque COPIL sur la nécessité de désigner ce futur exploitant avant le lancement des travaux. Dès 2006, il avait été considéré pertinent que la gestion de l'ouvrage soit confiée à une collectivité territoriale ou à un groupement de collectivités territoriales compétentes<sup>59</sup>.

Au fur et à mesure de l'avancement des travaux de conception, alors même que le besoin d'identifier le gestionnaire se fait plus urgent, aucune collectivité ne se déclare intéressée.

La candidature d'une collectivité pour gérer le pompage, adapter le débit aux circonstances et dans le respect des bornes fixées (de salinité par exemple) suppose que celle-ci en ait la compétence juridique. Autant le Gipreb peut, de par ses statuts, assurer les mesures du milieu, être maître d'ouvrage de la conception du logiciel de pilotage et donner les consignes d'exploitation, autant la gestion des équipements requiererait une évolution de ses statuts qui ne semble pas avoir été étudiée. Pour autant, les interventions orales de son président indiquent qu'il est favorable s'il le faut à le faire.

Le Conseil départemental indique qu'il apportera son soutien pour les travaux et la phase expérimentale. Les autres grandes collectivités sont plus réservées.

La question de la gestion des ouvrages reste aujourd'hui encore pendante.

---

<sup>57</sup> Loi MAPTAM (2014) et loi NOTRe (2015).

<sup>58</sup> Cette question est évoquée aussi lors des COPIL des 15/11/2012, 30/4/2014.

<sup>59</sup> Courrier Ministère des transports, de l'équipement, du tourisme et de la mer adressé au Préfet/SAVN le 6/10/2006.

## **3.2. Les difficultés de cette gouvernance aux responsabilités éclatées**

### **3.2.1. La séparation entre maîtrise d'ouvrage technique et portage politique du projet a favorisé les incompréhensions**

Le projet étant situé sur le DPF, dans un ouvrage complexe et ayant subi une avarie majeure, la maîtrise d'ouvrage du SAVN/GPMM pour les travaux semblait évidente. Ainsi la responsabilité technique et financière du projet repose sur le GPMM/SAVN, alors qu'il ne participe pas au financement.

Dans les faits, le projet est porté par le Gipreb qui en a défini les objectifs et assuré la maîtrise d'ouvrage de l'étude de définition.

Ce cloisonnement des attributions et donc des responsabilités dans le projet aurait dû être pallié par un dialogue soutenu entre les différents acteurs, comme prévu dans le schéma de pilotage proposé.

Le GPMM qui pilote la réalisation de l'avant-projet considère le cahier des charges de l'expérimentation comme sa feuille de route et n'intègre pas, alors que le projet vise à modifier certains équilibres, la nécessité de conduire l'étude d'impact en parallèle. Il lance des études sur la contamination des sédiments du canal, il ne se sent pas concerné par les effets du « lessivage » des vases du Bolmon, qui sont partie intégrante de l'étude d'impact.

La mission constate que ce rôle attendu du Gipreb d'assurer l'interface entre parties prenantes sur la définition des objectifs environnementaux et le suivi n'a pas été suffisant au regard de la complexité du projet. Les divergences ou questionnements sont apparus lors des réunions de pilotage, qui ne peuvent pallier le déficit de dialogue approfondi.

Ainsi la mission a constaté que les échanges entre le Gipreb et le Conservatoire du littoral ont été peu ou pas formalisés, conduisant à ce que les divergences apparaissent dès 2009 et que son accord formel ne soit pas demandé. Les suivis préalables sur 3 ans et l'approche coordonnée sur l'ensemble Berre-Bolmon-Rove recommandée par l'avis de 2009 du conseil scientifique du Gipreb, évoqués dès les premiers COPIL, ne s'organisent qu'incomplètement. La connaissance du Bolmon et la réflexion sur le lessivage de ses vases ne sont pas engagées. Le dialogue entre gestionnaires reste clairement insuffisant pour stabiliser les objectifs et moyens du projet.

Aucun des COPIL tenus de 2008 à 2016, centrés de fait sur le projet technique de percement et sur le financement, ne comporte à son ordre du jour la question de l'évolution des connaissances sur l'état des masses d'eau, par exemple suite au colloque Lagun'R.

Le Gipreb estime implicitement que l'étude d'impact doit répondre aux effets du projet qu'il a défini. Pour le GPMM, l'ingénierie est prioritaire et le fait que les enjeux environnementaux puissent moduler le projet n'est pas pris en compte ; l'étude d'impact va être lancée au moment où les études d'ingénierie révèlent la sous-estimation des coûts.

L'incompréhension et le choc sur le coût du pompage a été d'autant plus grand fin 2016.

La discordance entre le rôle moteur du Gipreb pour la définition du projet et la maîtrise d'ouvrage du chantier des installations de pompage par le GPMM (élaboration du dossier d'autorisation et appels d'offres nécessaires à la mise en œuvre) conduit, non

pas à un simple échec, mais à une double incompréhension, qui condamne de fait ce schéma organisationnel.

### **3.2.2. La désignation de la maîtrise d'ouvrage de l'exploitation n'a pas eu lieu**

L'expérimentation, telle que présentée depuis l'origine du projet, renvoie à l'ajustement des consignes de pompage et au suivi en continu du milieu, ce dernier assuré par le Gipreb.

La maîtrise d'ouvrage de la conduite des pompes pendant la phase d'expérimentation n'a jamais été clairement définie. Certains documents anciens<sup>60</sup> évoquent la société des eaux de Marseille, sans qu'aucune décision n'ait jamais été prise.

Le Gipreb, interrogé par la mission sur ce point, a indiqué qu'il assurerait cette part et son coût, sans que ses statuts le prévoient et qu'une délibération ait été prise en conseil syndical. Le GPMM observe qu'aucune instruction ministérielle ne le lui a demandé d'assurer l'exploitation du dispositif de pompage et indique qu'il ne dispose pas des moyens financiers correspondants.

Les rôles et responsabilités des différents acteurs auraient dû être définis pour les prises de décision nécessaires au pilotage des opérations de pompage.

Enfin, la maîtrise d'ouvrage de l'opération au-delà de la période d'expérimentation n'a jamais reçu de réponse. La mission constate que cette question est restée inabordée, tant de la part des élus que de l'État. Le Gipreb en réunion avec la mission a évoqué l'hypothèse d'un portage par la métropole en 2020, mais la mission a constaté lors de ses contacts avec les collectivités que leurs assemblées n'ont pas été saisies du sujet.

La mission n'a pas eu connaissance de convention de gestion en négociation à ce jour.

### **3.3. Si le projet doit être poursuivi, il vaut mieux partir sur des bases robustes**

Le regroupement sous une seule maîtrise d'ouvrage de l'ensemble des volets du projet y compris dans la phase d'exploitation de long terme paraît indispensable. Sur la durée, une solution qui coordonne propriété et gestion paraît incontournable, ne serait-ce que pour garantir le renouvellement des équipements à terme. Il convient d'éviter que le gestionnaire du pompage, qui ne peut être le GPMM, ne devienne un prestataire à la responsabilité mal définie.

Différentes hypothèses ont été envisagées, superposition de gestion, convention de gestion, concession ou transfert du domaine public. Cette dernière solution est la plus simple et répond à une question posée à la mission concernant la possibilité pour les collectivités locales de réaliser l'opération avec un débit de 10 m<sup>3</sup>/s si l'État y renonçait.

La mission recommande que soient regroupées sous la même responsabilité la propriété des terrains, des installations et la gestion des ouvrages. Une telle solution a en plus le mérite de permettre la récupération de TVA sur les investissements si une collectivité assure la maîtrise d'ouvrage. À cette fin, l'hypothèse de transfert du DPF à une collectivité gestionnaire des ouvrages a paru l'hypothèse la plus judicieuse et la moins onéreuse pour les parties.

---

<sup>60</sup> Bilan des études sur la dérivation du rejet de Saint-Chamas, 2005.

Le tunnel du Rove et le canal relevant du domaine public fluvial, les textes<sup>61</sup> prévoient que, pour tout transfert le préfet consulte d'abord le Conseil régional, puis si celui-ci n'est pas intéressé, le Conseil départemental. L'existence de la métropole laisse à penser que celle-ci se substituerait au Conseil départemental. Une condition préalable est de disposer d'un inventaire précis des biens à transférer.

Le GPMM pourrait, si les élus le souhaitent, assurer une maîtrise d'ouvrage déléguée (solution qui n'optimise pas la gestion de la TVA) ou une conduite d'opération des travaux pour assurer la continuité du dossier. Mais le transfert complet de la responsabilité des travaux permettrait d'éviter les tensions inévitables sur la complétude du dossier d'impact et d'enquête publique.

*5. La mission recommande que soit étudié le transfert du tunnel, du canal et de ses annexes à une collectivité qui assurerait tant la maîtrise d'ouvrage des travaux que celle de la gestion de la période expérimentale puis de l'exploitation des ouvrages de pompage (MTES/DGITM)*

### **3.4. Le suivi des milieux peut être réduit puisque le repompage vers Bolmon est abandonné**

L'étude d'impact du projet revu nécessiterait la production de diverses connaissances pour compléter l'état initial des milieux puis évaluer l'ampleur des effets de la circulation d'eau de mer. Seront aussi examinés les effets sur les étangs au sud du canal et sur les échanges d'eau avec le Bolmon, de manière à confirmer leur faible importance pour le site Natura 2000.

Le suivi pendant les trois ans de la phase dite d'expérimentation comprend à la fois la collecte de données générales utiles au pilotage de la gestion et à la compréhension des évolutions effectives des paramètres physico-chimiques et biologiques des différents milieux.

Seront centralisés en continu les débits de la Cadière, le vent à Marignane, les niveaux marins, le débit (les débits) de pompage. Les prévisions météorologiques seront également utiles pour le pilotage des installations, en particulier compte tenu de l'importance du vent pour les trois milieux étudiés.

Seront à prévoir un suivi en continu de la salinité dans le canal à deux profondeurs pour apprécier la stratification éventuelle, plutôt placé au milieu de l'intervalle entre les deux fenêtres.

Pour compléter la vision de l'évolution de l'écosystème, un suivi de la bathymétrie du canal, de la diversité des biocénoses est indispensable. Des compléments sur la bactériologie du Rove et de l'eau de l'étang de Berre le long du Jaï sont à prévoir.

Compte tenu des effets assez réduits à identifier en ce qui concerne l'écosystème général de l'étang de Berre, aucun suivi spécifique n'est à engager.

D'autres données produites par ailleurs seront à réunir, en particulier les données de suivi en continu d'EDF sur l'étang de Berre et les résultats des campagnes de suivi de ce milieu pour les valoriser dans l'interprétation générale.

Le milieu le plus complexe à suivre était l'étang de Bolmon, pour lequel les états initiaux demandés par les bureaux d'étude et les conseils scientifiques n'ont été que très partiellement conduits. L'abandon du re-pompage permet de ne pas réaliser la

<sup>61</sup> Le transfert du DPF à une collectivité relève des dispositions des articles L.2111 et L.3113-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

plupart d'entre eux. Mais la mission souligne le déficit de connaissance, et le fait que si d'autres interventions méritent d'être envisagées, des préconisations d'acquisition de connaissance ont été faites en première partie.

#### **4. Pour reconquérir la qualité des écosystèmes lagunaires, quels leviers saisir ?**

*Dans un objectif d'amélioration du cadre de vie des habitants et des activités économiques, du renforcement du potentiel de loisir des plans d'eau et d'atout pour l'accueil d'activités touristiques, l'amélioration de l'état écologique des lagunes apparaît pertinent.*

*Les réflexions locales sur l'aménagement du territoire départemental convergent pour identifier le caractère stratégique de ce territoire, avec une desserte routière et ferroviaire dense, des pôles majeurs de développement (Istres, Marignane pour l'aéronautique par exemple)... La mission constate un décalage entre la perception plutôt positive de cet espace par ceux qui le découvrent, celle des habitants eux-mêmes, et les propos assez dévalorisants qui sont tenus sur l'étang de Berre, au-delà du ressenti négatif sur la qualité de l'air ou la visibilité des installations industrielles.*

*Il semble judicieux de valoriser les qualités des étangs, tout en insistant sur les progrès encore possibles. Alors que l'état de beaucoup de lagunes méditerranéennes se dégrade, celui de l'étang de Berre s'améliore. C'est un motif d'espoir et un encouragement à accompagner l'évolution de l'écosystème.*

*En termes d'indicateurs sur lesquels des progrès sont nécessaires, citons l'amélioration de la transparence de l'eau, la teneur en chlorophylle, la réduction des volumes d'algues nitrophiles opportunistes et l'accroissement de la diversité des flores et faunes aquatiques. Au regard de l'état d'aménagement du bassin versant, les améliorations constatées sur plusieurs de ces paramètres doivent être accompagnées par des interventions pertinentes.*

*La mission a donc été à l'écoute de diverses suggestions et propositions, a identifié aussi des pistes potentielles qui sont examinées ci-après, en distinguant le cas du Bolmon, en raison de son important confinement, de celui de Berre.*

*Elle a d'abord privilégié un scénario de statu quo dans les grands aménagements, et essaie d'identifier des mesures « sans regrets », qui auront des effets positifs sur les écosystèmes des étangs même si des choix plus tranchés sont faits ultérieurement. Deux scénarios de ce type sont esquissés au final.*

##### **4.1. Rouvrir le canal du Rove à la navigation**

Le devenir du canal du Rove est une question en suspens depuis un demi-siècle. Destiné à permettre le croisement de deux péniches fluviales de 1 500 t, le tunnel avait un tirant d'eau de 4 m et une largeur utile de 18 m. La vitesse dans le tunnel avait été réduite de 4 à 2 nœuds pour limiter l'effet du batillage sur les piédroits, en particulier dans le secteur marneux. La traversée se faisait alors en deux heures.

Les péniches circulant sur le Rhône ont aujourd'hui un gabarit beaucoup trop important pour utiliser le canal. La création du port de Fos, l'évolution du trafic maritime ont aussi contribué à faire disparaître l'utilité du canal du Rove pour le fret.

Pour d'autres usages, une réhabilitation du tunnel à géométrie identique sera indispensable. Trois campagnes successives de travaux de renforcement ont été faites en 1983, 1988 et 1998, pour environ 40 % de la longueur de la partie marneuse. La galerie ovoïde a été creusée à travers l'éboulement en 1988. Le montant total des

travaux de confortement réalisés est de 25 millions d'euros. Le suivi de la géométrie s'est un peu ralenti, il est prévu un examen en 2018-19.

La remise en état avait été étudiée en 2002 par le port de Marseille, de façon très grossière. Pour une réouverture, les exigences de sécurité se sont considérablement renforcées depuis les accidents des tunnels du Mont-Blanc et sous la Manche. Or, une réouverture se verrait appliquer la réglementation d'un ouvrage neuf. Les conditions d'évacuation de passagers en cas d'accident appellent des dispositifs particuliers. La ventilation ne saurait rester passive pour un trafic autre que de marchandises. Le radier de toute la partie marneuse serait à reprendre.

Le montant actualisé serait supérieur à 300 millions d'euros, avec toute la difficulté d'estimer les travaux dans un milieu aussi délicat. Un tel montant rend indispensable une évaluation socio-économique qui sera très probablement négative. Cet investissement ne fait plus sens pour l'État.

Du point de vue du milieu, la réouverture se traduirait par un retour à des échanges globaux de Berre vers Marseille (estimation des volumes transités : 270 millions de m<sup>3</sup>, volumes renouvelants 38 millions de m<sup>3</sup>). Les exportations de nutriments seraient réelles mais limitées (moins de 2 %<sup>62</sup>). Le fait d'avoir un tel exutoire modifiera très marginalement les entrées par le chenal de Caronte. Notons que les populations marseillaises s'étaient inquiétées en 1993 de voir des eaux de mauvaise qualité arriver dans la rade...

Une autre suggestion reçue consisterait à repercer un tunnel plus modeste dans l'éboulement, positionné pour l'essentiel sous le niveau de l'eau, et équipé d'un clapet anti-retour pour favoriser un flux d'eau dans le sens Marseille-Berre sans pompage. Cette variante ne permet plus la navigation, mais augmente sensiblement le volume renouvelant (soit 4 à 5 % d'export supplémentaire au bilan Berre). Les effets sur le canal du Rove et l'étang de Berre seront assez proches de ceux d'un pompage à 4 m<sup>3</sup>/s.

## **4.2. Réhabiliter l'étang de Bolmon, une ambition exigeante**

La qualité du Bolmon est essentiellement contrainte par les activités sur son bassin versant. Son amélioration ne relève que de l'action locale, mais son très mauvais état actuel en fait un défi immense.

Comme indiqué en 1.3.1. et 1.3.3. un travail de connaissance est impératif pour ajuster les actions nécessaires afin que le bilan apports/exports devienne déficitaire et que le Bolmon voie son état s'améliorer.

Il convient de garder en mémoire, à l'inverse des propos entendus sur la qualité du Bolmon avant 1960, son état profondément dégradé depuis près de deux siècles, même si les propos des tenants de l'hygiénisme des années 1830-50 sont sans doute en partie exagérés.

### **4.2.1. Réduire les apports du bassin versant**

La configuration très confinée du Bolmon permet une décantation importante des particules fines et une mobilisation des substances nutritives dissoutes apportées par la Cadière. Le vent, du fait de la faible épaisseur de la lame d'eau libre, permet une

---

<sup>62</sup> Valeur calculée comme le rapport des volumes renouvelants au total des sorties nettes d'eau par le canal de Caronte.

remobilisation des sédiments et donc une circulation interne très active entre eau et sédiment.

D'une manière générale le contrat d'étang qui décline le programme de mesures du Sdage identifie bien les actions à mettre en place pour réduire les apports aux cours d'eau (qualité de la collecte des eaux usées, gestion des déversoirs d'orage et gestion des eaux pluviales) et les maîtres d'ouvrage concernés. Des actions spécifiques sont en cours pour l'ensemble Vitrolles-Les Pennes-Mirabeau pour un montant de 3M€. Ceci n'est toutefois qu'une partie du travail à engager pour atteindre le niveau de performance réglementaire requis. La police des branchements doit être plus active et passe par une action volontariste commune entre les maires et la métropole, devenue compétente.

Il est à ce jour difficile de définir la réduction d'apport qui peut être obtenue par une action volontariste sur le bassin versant de la Cadière. Les éléments disponibles dans la littérature indiquent que les gains sont équivalents à la valeur de la pollution nette rejetée par les stations d'épuration. Agir réduirait donc potentiellement les apports par deux.

La faible surface du bassin versant mise en valeur par l'agriculture fait que ce thème peut être négligé.

Tout gain constitue non seulement un respect des obligations réglementaires, mais aussi un progrès pour le Bolmon.

*6. Le contrat d'étang de Berre devra être prolongé sur les aspects de police des branchements, gestion du temps de pluie et de gestion des eaux pluviales (métropole, maires, AERMC)*

#### **4.2.2. Renforcer les échanges entre Bolmon, Berre et Rove et les orienter**

La restauration des bourdigues et leur équipement en vannes, la reprise du génie civil des fenêtres étaient l'une des actions prioritaires du plan de gestion de l'étang de Bolmon (400 k€), de manière à renforcer les échanges avec l'étang de Berre tout en évitant les sorties d'eau fortement chargée en plancton pendant la période estivale au risque d'effets négatifs sur la baignade le long du Jaï. Ces travaux, dont le financement était obtenu, ont été différés à la demande de la DDT et du Gipreb en 2014, au motif que leur réalisation était programmée à l'occasion de l'expérimentation.

Divers tests (Cereg, avril 2009) avaient été réalisés pour évaluer l'efficacité de la restauration et du recalibrage des bourdigues. En fait, malgré leurs dimensions hydrauliques plus importantes que celles des fenêtres, leur longueur (250 m), la topographie du Bolmon avec de nombreux îlots à leur débouché limitent considérablement leur efficacité hydraulique. Deux bourdigues restaurées amélioreraient d'environ 70 % l'effet hydraulique de la seule bourdigue de Chateauneuf, trois produiraient un gain de 150 %. Les fenêtres continuent d'assurer au moins les trois quarts des échanges.

Utiliser les bourdigues de manière dissymétrique, de Berre vers Bolmon, pourrait être une piste pour renforcer les entrées d'eau « peu chargées en éléments nutritifs » sans modifier significativement la salinité.

Tous les nutriments et biomasse supplémentaires sortant rejoignent inévitablement l'étang de Berre, mais ne modifient que marginalement le bilan total.

Cette approche permet une évolution plus douce du Bolmon, tout en restant dans la fourchette de salinité historique recherchée par le Conservatoire du littoral. Le gain restera très modeste, quelques % d'exportation supplémentaires sans doute, mais difficile à préciser faute de modélisation hydraulique fiabilisée.

#### **4.2.3. Forcer la circulation dans l'étang de Bolmon par apport d'eau venant de l'étang de Berre**

Une variante plus énergique consisterait à pomper de l'eau de Berre vers Bolmon tout en respectant un maximum de salinité de 20 mg/l et avec une moyenne de l'ordre de 10 à 12 mg/l. L'écosystème visé par cette action reste modérément saumâtre. L'injection au nord du Bolmon ou par la petite bourdigue serait la plus pertinente compte tenu de la circulation observée dans l'étang (cf Cereg) et du souhait d'améliorer la situation sur la plus grande étendue possible. Un calcul sommaire<sup>63</sup> sur les moyennes mensuelles montre que le débit maximal utile serait d'environ 0,5 à 0,6 m<sup>3</sup>/s. Le pompage sera arrêté environ 2 mois par an. Si les eaux de Berre sont plus riches en nutriments que l'eau de mer, les concentrations restent très inférieures à celles observées dans Bolmon. C'est après les coups de mistral, lorsque la vase est partiellement remise en suspension que l'effet d'exportation est maximal. Là encore, il s'agit d'une artificialisation du système.

Les crues de la Cadière, qui ont pour effet une baisse brutale de salinité, seront compensées par un apport au débit maximal. Le temps de retour à la cible de salinité sera relativement long, mais voisin de celui de la situation actuelle.

Avec cette gestion, le volume moyen d'eau supplémentaire apporté par an au Bolmon serait de l'ordre de 8 millions de m<sup>3</sup>, à affiner. Les exportations d'éléments nutritifs (dissous et sous forme de biomasse) augmenteraient de 45 %, ce qui semble intéressant sans que l'évolution de la salinité bouleverse l'écosystème. L'effet sur l'étang de Berre n'est plus négligeable mais est difficile à évaluer compte tenu de l'exportation sous forme de biomasse sans référence disponible. Une modélisation est nécessaire pour voir comment ces eaux saumâtres débouchent aux Trois frères et si elles peuvent avoir un effet négatif pour la plage du Jaï. Le cas échéant, un arrêt du pompage de juin à septembre peut être testé.

L'impact hydraulique de cet apport sur le niveau du Bolmon reste minime, quelques centimètres et n'oblige pas à revoir la dimension des fenêtres.

#### **4.2.4. Intervenir sur les sédiments de l'étang du Bolmon**

Le volume total de sédiment dans le fond du Bolmon est de l'ordre de 7 millions de m<sup>3</sup>. Sa composition (minérale, teneur en matière sèche, composition chimique) sur l'ensemble de la hauteur, et sur plusieurs secteurs de l'étang, n'est pas connue, les données disponibles ne concernant que la partie superficielle de la vase.

L'enlèvement d'une partie de ce stock serait une piste envisageable, dès lors que les apports en nutriments et polluants du bassin versant auront été drastiquement réduits et que l'amélioration écologique de la lagune s'avérerait modeste. Il s'agirait de limiter le stock de nutriments remobilisables à partir du sédiment.

Au regard de l'appartenance du site au réseau Natura 2000, cette réhabilitation peut être envisagée et pourrait même constituer un cas exemplaire.

---

<sup>63</sup> Voir annexe 5. En fait, ce premier calcul ne prend pas en compte les échanges entrants entre l'étang de Bolmon, l'étang de Berre et le canal du Rove sous l'effet du vent. Le simple fait d'injecter de l'eau se traduira aussi par une réduction de ces entrées. Une modélisation hydraulique calée sur une année de suivi permettra de mieux cerner les modalités de fonctionnement d'un tel dispositif.

Sa réalisation ne requiert que des techniques connues. Le devenir des sédiments, dépôt à terre (dans un site à définir et à aménager) ou clapage en mer (si cela est possible et pertinent), sera fonction des analyses réalisées. Les coûts ne sont pas anticipables à ce jour, mais probablement élevés.

Cette idée est prématurée à ce stade mais l'amélioration pourrait être importante.

### **4.3. Quelles actions pour améliorer l'état de l'étang de Berre ?**

Le choix d'un équilibre différent entre la production d'énergie renouvelable, les apports au milieu et la réduction du confinement de l'eau dans l'étang compte tenu de l'accumulation historique de sédiments n'est pas abordé dans ce scénario de base. L'amélioration de l'état de l'étang que tous les acteurs rencontrés, élus, associations nous ont signalée depuis 2012 incite à « continuer pour voir » sans intervention majeure sur les conditions générales de fonctionnement de la centrale de Saint Chamas.

#### **4.3.1. Agir sur les apports de nutriments à l'étang de Berre**

Travailler sur l'atteinte du bon état des rivières se jetant directement ou non dans l'étang est un enjeu spécifique qui ne peut que contribuer au rééquilibrage trophique de l'étang de Berre.

La seule évaluation globale des apports de nutriments à l'étang de Berre a été réalisée à l'occasion de la thèse d'E Gouze<sup>64</sup> basée sur l'année 2006. Ce travail soulignait à l'époque la difficulté de cerner les apports liés aux crues des rivières, certes courtes, mais pour des concentrations importantes, et des totaux élevés. La mission n'a pas identifié de travaux plus récents permettant de préciser ce point.

Des efforts très importants ont été accomplis sur le traitement des eaux industrielles et urbaines depuis 2006, avec des performances élevées. Des progrès peuvent encore être réalisés sur la qualité des branchements (à citer l'action exemplaire de la commune de Saint-Mitre-des-Remparts), sur la question des déversements de temps de pluie (études en cours de diagnostic) et les rejets pluviaux.

Les démarches de type SAGE sur l'Arc et la Touloubre doivent être poursuivies ou encouragées.

#### **4.3.2. Affiner le pilotage des apports de Saint-Chamas**

La mission note les progrès dans le pilotage des apports de Saint-Chamas pour limiter les variations rapides de salinité, en particulier les situations où celle-ci descend en deçà de 20 g/l. Le volume turbiné est déterminé sur la base d'une programmation annuelle grossière, par calcul chaque semaine, puis chaque jour en prenant en compte la salinité mesurée au cours des dix semaines précédentes et les volumes d'eau et de sédiments turbinés les jours précédents. Dans la mesure où ces impulsions semblent jouer un rôle déterminant dans la cinématique des échanges entre le sédiment et la couche d'eau proche, affiner encore la gestion en intégrant le rôle du vent pour les jours à venir permettrait peut-être de gagner en réduction des impacts.

---

<sup>64</sup> Gouze E. 2008. Bilan de matière de l'étang de Berre. Influence des apports des tributaires et des processus de régénération dans le maintien de l'eutrophisation. Thèse de Doctorat/Univ. Méditerranée.

Une autre piste serait de ne pas modifier le plafond d'apport en volume, mais de réduire celui en sédiments. L'analyse du fonctionnement du bassin de délimonage de Cadarache permettrait peut-être de progresser.

### **4.3.3. Lutter contre la stratification de l'étang de Berre**

La réduction de la durée des périodes de stratification thermique et haline de l'étang de Berre est un levier essentiel pour permettre une amélioration de la biologie des fonds. La durée de celles-ci rend les fonds abiotiques en dessous de 6 m, favorise une remise en circulation du phosphore dans la colonne d'eau. Paradoxalement, la transformation des nitrates en azote gazeux réduit les concentrations en cet élément, ce qui est bénéfique. Ceci illustre la complexité des rétroactions avec lesquelles il faut jouer pour identifier des pistes d'amélioration.

#### *4.3.3.1. L'injection d'air au débouché du canal de Caronte*

La stratification est liée à l'apport d'eau de mer plus lourde car plus salée (et plus froide l'été) que les eaux de l'étang de Berre à chaque marée par le canal de Caronte. Celle-ci ne se mélange pas et « plonge » vers les parties profondes de l'étang de Berre.

Sur la base d'expériences plus ou moins réussies de mélange par injection d'air dans la colonne d'eau pour assurer une homogénéisation de couches distinctes décrites dans la littérature scientifique, EDF a modélisé les résultats possibles en mettant en place des lignes d'injection d'air au débouché du canal de Caronte pour entraîner l'eau salée vers la surface pour se mélanger à l'eau douce. Les résultats sont tout à fait décevants et aucune suite ne sera donnée.

Une autre implantation est envisagée dans la partie nord de l'étang. Elle ne paraît pas apporter d'amélioration par rapport à la réduction de la stratification.

#### *4.3.3.2. Le brassage mécanique de l'eau paraît dérisoire*

Une deuxième piste envisageable est de provoquer un brassage mécanique en forçant de l'eau profonde à remonter vers la surface pour qu'elle se mélange avec l'eau saumâtre plus légère. Cela revient à mimer l'impact du mistral qui provoque un brassage particulièrement efficace dès lors que sa vitesse dépasse 10 m/s et dure assez longtemps.

Un tel dispositif ne fonctionnerait bien sûr que dès l'apparition d'une stratification.

L'importance du volume touché par l'anoxie (profondeur supérieure à 6 m), soit environ 200 millions de m<sup>3</sup>, donne une idée du débit nécessaire pour espérer avoir un effet significatif sur le milieu (10 m<sup>3</sup>/s représentent 0,8 millions de m<sup>3</sup> brassés par jour). Séduisante en apparence, cette piste ne paraît guère devoir prospérer.

Le « moteur » du mélange de l'eau, des vents puissants d'une certaine durée, est difficile à égaler.

### **4.3.4. Accompagner les évolutions favorables du milieu**

Les signes de retour de la biodiversité dans la partie 0-3 m de l'étang se sont multipliés et amplifiés. Ils jouent en fait sur deux paramètres du système, le bilan entrées - sorties et la stabilisation du sédiment. Aucun n'est déterminant, mais l'objectif est de progresser.

La réduction des apports a été examinée précédemment. L'augmentation des exportations de matières nutritives peut se faire en favorisant l'exportation de matière vivante par les cultures marines. En ce sens, avoir une exploitation raisonnée des gisements de moules, et maintenant de palourdes, est une bonne pratique. Développer les cultures de moules sur cordes et les sortir ensuite de l'étang pour l'épuration sanitaire puis la vente serait pertinent. Si les moules consomment le phytoplancton et contribuent à réduire les teneurs en chlorophylle a, elles allongent aussi le cycle de dégradation de la matière organique par leurs biofécès. L'amélioration espérée d'une telle pratique est modeste, mais l'amélioration dépend aussi d'une somme d'ajustements de faible ampleur. Celle-ci a le mérite de s'appuyer sur une valorisation économique.

Le retrait des ulves dans l'eau en début d'année pourrait aussi être un moyen de limiter les volumes souche pour la multiplication ultérieure dans la masse d'eau. Mais les conditions d'alimentation en nutriments limiteront l'efficacité de l'action. Par ailleurs, la réduction des dépôts d'ulve sur les fonds pourrait accélérer la progression des zostères. Cette solution appelle des moyens humains et financiers.

La progression des surfaces en herbiers de zostère semble assez régulière depuis quelques années, passant de 1,2 ha en 2009, où les scientifiques considéraient l'espèce comme en voie de disparition totale, à plus de 18 ha en 2017, avec des impressions très positives d'implantation en 2018.

Les zostères jouent un rôle dans la stabilisation des limons du fond en période de vent. Inversement, leur implantation semble difficile en lien avec la remobilisation des sédiments en période de vent. Elles produisent de l'oxygène, consomment des éléments nutritifs qui sont moins disponibles pour le phytoplancton. Leur développement augmente la transparence de l'eau, améliore la pénétration de la lumière en profondeur. Faciliter leur progression serait un enjeu fort. Mais il est impossible de pronostiquer des effets positifs au-delà de 3 m au stade actuel de la connaissance.

Les premiers essais de transplantation par bouturage ont été un demi-échec. Plusieurs pistes méritent d'être relancées, sur les techniques de transplantation et de recouvrement des fonds des zones plantées, sur la dissémination de graines, sur des dispositifs atténuateurs de l'effet du clapot. Sur ce dernier point, le LNHE a réalisé des essais prometteurs en laboratoire et identifié une technique performante qui mérite expérimentation sur le terrain.

Il s'agit globalement d'interventions d'ampleur modérée, qui essaient d'accélérer des processus biologiques positifs.

#### **4.4. Revenir au choix d'une cible pour l'étang de Berre**

Ainsi que cela a été développé au début du rapport, la définition d'un état de référence de l'étang de Berre ne peut réellement se raccorder à aucune situation historique. La situation actuelle est le résultat d'orientations économiques et d'aménagements dont les interactions ou les effets environnementaux n'ont pas été imaginés, encore moins anticipés. Mais ils ont légué un héritage en termes d'apports nutritifs au milieu par les activités et la présence humaine et de stock sédimentaire qui constituent aujourd'hui des facteurs incontournables dans l'enrichissement du milieu et son penchant pour l'anoxie.

Le choix d'une cible ne pouvant avoir une référence historique, il devient politique. Ceci permet d'ouvrir le champ de la réflexion en examinant quel état l'écosystème peut atteindre en fonction d'options de développement du territoire et de gestion de l'eau.

Au-delà du scénario d'ajustement autour de la situation existante développé dans les parties précédentes, il semblerait judicieux d'engager une réflexion prospective autour de deux scénarios de rupture intégrant les évolutions possibles pour les quarante années à venir, c'est-à-dire prenant en compte la régression des activités industrielles de base au profit de productions élaborées, la croissance démographique, mais aussi les effets du réchauffement climatique et l'élévation du niveau marin. Ces scénarios posent des questions complexes quant à l'évolution du milieu naturel, qui devront être soumises à une évaluation scientifique. Par exemple, l'impact du changement climatique sur l'intensité et la durée du mistral, moteur du brassage des eaux de l'étang de Berre, ne peut être évalué en l'état de la précision des modèles et s'agissant d'un vent « régional »<sup>65</sup>. Or son rôle est essentiel. De même, une meilleure connaissance du bilan de nutriments permettrait un avis pertinent sur les conséquences des scénarios.

Cette approche avait été esquissée dans plusieurs démarches des années 2005, dans l'état des connaissances scientifiques de l'époque. Elles posaient comme postulat le fait que l'arrêt des apports d'eau douce permettrait un retour vers une lagune méditerranéenne en bon état et évaluaient les solutions techniques, essentiellement par dérivation à partir de Saint-Chamas jusqu'au Rhône pour y parvenir. Les coûts très élevés de ces variantes font qu'elles n'ont pas prospéré. Il semble judicieux de réexaminer les différentes solutions à la lumière des résultats scientifiques obtenus depuis, même si une modélisation hydrodynamique couplée biogéochimique fait défaut. Il est d'ailleurs à noter que l'ampleur du changement envisagé rendrait les résultats de ce type de modèle peu fiables.

La première option consisterait à mariniser l'étang de Berre par abandon de la dérivation de la Durance.

La faune et la flore basculeraient vers un système marin. Les apports en limons, azote et dans une moindre mesure phosphore sont réduits. Le milieu est beaucoup moins renouvelé (le temps de renouvellement dépasse 220 jours), facteur favorable à une eutrophisation par les ulves dès lors les teneurs en nitrates des cours d'eau affluents dépassent 5 à 10 mg/l. Le risque de marées vertes semble très élevé pendant plus de 10 ans. Le stock d'éléments nutritifs dans les fonds continue de consommer beaucoup d'oxygène. La stratification de l'étang serait moins intense et moins longue. Certains estiment que la plus faible différence de salinité entre fond et surface ferait que des vents moins puissants pourraient remélanger l'étang et mettre plus souvent un terme à l'anoxie. Le milieu restera très sensible aux impacts des activités humaines. La durée de la transition vers un nouvel équilibre n'est pas cernée.

La modification de la concession<sup>66</sup> s'accompagnera de la fin de production d'énergie renouvelable de pointe, et de l'indemnisation du titulaire de la concession. Le canal, qui sert en partie à l'irrigation de la Crau devra retrouver un gestionnaire et toute possibilité de valoriser l'infrastructure au profit d'autres territoires sera à revoir. Les effets sur la Durance aval seront à préciser.

L'option inverse consistant à transformer l'étang de Berre en étendue d'eau douce est imaginable, en dotant le chenal de Caronte d'une écluse qui contraint le passage des bateaux mais évite l'entrée d'eau de mer. Cette hypothèse permet le cas échéant de

---

<sup>65</sup> Communication Patrick Josse, directeur de la climatologie et des services climatiques, Météo France, qui propose une référence : <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-017-3635-8>.

<sup>66</sup> La fin de concession intervient en 2040.

renforcer la production d'énergie hydro-électrique sous réserve d'un travail supplémentaire pour limiter les apports de limons, dans une région déficitaire pour l'énergie. L'étang de Berre devient un gigantesque réservoir d'eau douce, chance extraordinaire en période de changement climatique.

L'eau salée ne rentrant plus, la stratification devrait être considérablement réduite et le vent faciliterait le mélange des eaux. Là encore, le rôle des sédiments dans la dynamique des flux chimiques au sein de l'écosystème reste difficile à apprécier, de même que la durée de l'évolution de l'écosystème.

Le risque d'un système plus eutrophe qu'aujourd'hui est significatif compte tenu du caractère très fermé du milieu et de sa richesse en phosphore. Le risque est grand, avec l'élévation des températures, de développements brutaux de cyanophycées, qui pénaliseront de manière préoccupante les usages de loisir et de valorisation de l'eau...

Ces deux scénarios sont interdépendants avec les choix/impacts sur la gestion de la Durance à l'aval de Malemort, pour ne pas aggraver les déséquilibres morphodynamiques qui y sont constatés. L'impact du changement climatique sur le régime hydrologique de la Durance est aussi un facteur à intégrer dans la réflexion. L'échelle de réflexion dépasse donc le bassin versant de l'étang de Berre. Le devenir du chenal d'apport est aussi à questionner, en fonction des usages possibles de l'eau douce.

Les premières appréciations de la mission sur les évolutions à attendre pour chacun des scénarios envisagés restent qualitatives, mais mettent en avant la complexité des phénomènes et des rétroactions. L'importance du rôle du sédiment dans le pronostic d'évolution est à souligner.

*7. Afin de préparer des choix politiques mieux partagés, un exercice de prospective associant les élus et un comité scientifique d'accompagnement devrait être engagé pour esquisser, en l'état des connaissances, les évolutions du milieu. Chaque scénario serait coté selon une série de critères économiques, environnementaux et de facteurs de risque (MTES, Gipreb, Conseil régional, Conseil départemental, Métropole).*

## Conclusion

La compréhension du fonctionnement de l'étang de Berre a beaucoup progressé, et notre travail a pu s'appuyer sur des résultats très récents, tant locaux qu'internationaux, qui bousculent nos intuitions sur les effets à attendre de telle ou telle action.

La place du vent dans la régulation de l'anoxie du fond, qui est la « maladie héritée de l'histoire » de l'étang de Berre est clairement affirmée. Elle permet une évaluation de l'effet très modeste d'apports supplémentaires d'eau de mer, au regard des résultats espérés il y a quinze ans. La mission conseille de prendre acte de ces données scientifiques récentes et d'abandonner le projet de création d'un refoulement d'eau de mer traversant l'effondrement du tunnel du Rove.

Le rapport dégage plusieurs séries d'actions « sans regrets » qui accompagnent et poursuivent les efforts engagés ces dernières années. Elles méritent d'être mises en place et resteront bénéfiques même si d'autres interventions plus spectaculaires sont envisagées. Leur coût reste encore très flou à ce stade de la réflexion et pourra conduire à l'élimination de certaines d'entre elles. Les gains ne seront pas spectaculaires, mais la taille du système étang de Berre fait que les réponses sont rarement instantanées. Les évolutions positives observées depuis cinq ans sont aussi le fruit d'actions engagées depuis dix ans et plus.

Mieux faire connaître la renaissance de l'étang de Berre, valoriser les actions à venir sont des messages positifs pour l'image d'un territoire qui, par ses hommes, la qualité de sa desserte, ses paysages, a de nombreux atouts.

L'étang de Bolmon mérite une action spécifique. Il est possible d'y agir sans que les choix pour Berre aient été tranchés. Un travail de connaissance à conduire dans les dix-huit mois éclairerait l'effet et les impacts des deux hypothèses les plus volontaristes proposées.

La proposition d'une réflexion prospective large, rassemblant perspectives économiques et environnementales, permettrait d'entrer dans la période d'incertitude liée au réchauffement climatique de manière lucide et de faire des choix étayés et partagés.

**Aline Baguet**



Ingénieure générale  
des ponts, des eaux  
et des forêts

**Nicolas Forray**



Ingénieur général  
des ponts, des eaux  
et des forêts

# Annexes

# 1. Lettre de mission



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Paris, le 13 DEC. 2017

**Le ministre d'État,  
ministre de la transition écologique  
et solidaire**

à

Madame la vice-présidente  
du Conseil général de l'environnement  
et du développement durable

**Objet :** Mission sur le projet de réouverture du tunnel du Rove

Votre rapport d'avril 2017 expertisant le projet de réouverture du tunnel du Rove à la circulation d'eau de mer a suscité d'intenses débats locaux qui ont conduit le syndicat intercommunal pour la sauvegarde de l'étang de Berre (GIPREB) à redéfinir les objectifs et les modalités de son projet.

Lors de la réunion tenue par Madame la Directrice de Cabinet, le 20 novembre dernier, avec les parlementaires concernés et le président du GIPREB, il apparaît que celui-ci se focalise aujourd'hui sur un pompage de 10 m<sup>3</sup>/s à travers l'effondrement du tunnel, mais sans repompage du canal vers la lagune de Bolmon.

Je vous demande, à la lumière des études complémentaires réalisées par le GIPREB, et en mobilisant les expertises scientifiques disponibles par exemple en sollicitant le conseil scientifique de l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, d'évaluer les potentialités et les limites de l'amélioration possible de l'état de la lagune de Bolmon, les effets prévisibles du forçage sur la qualité des eaux de l'étang de Berre au débouché du canal du Rove. La même évaluation sera faite pour un pompage de 4m<sup>3</sup>/s à travers l'effondrement, comme proposé dans votre premier rapport.

L'impact des apports du bassin versant de la Cadière dans la lagune de Bolmon sera évalué et vous apprécierez les efforts d'amélioration nécessaires pour une restauration de cet écosystème.

Vous réexaminerez les coûts de ces variantes, en appréciant dans quelle mesure les spécifications du programme de 2008 peuvent être allégées, compte-tenu de l'évolution du projet, tant en investissement qu'en fonctionnement.

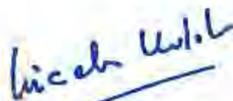
Vous ferez le point du portage financier et institutionnel de ce projet redéfini.

.../...

Hôtel de Roquelaure - 246 boulevard Saint-Germain - 75007 Paris - Tél. 33 (0)1 40 61 21 22  
www.developpement-durable.gouv.fr

Le premier rapport ayant identifié divers points clés pour une mise en œuvre d'une réalimentation en eau de mer par le canal du Rove depuis Marseille, vous ferez un bilan de leur prise en considération par les acteurs locaux.

Je souhaite disposer de vos conclusions sous quatre mois.



Nicolas HULOT

## 2. Liste des personnes rencontrées

<i>Nom</i>	<i>Prénom</i>	<i>Organisme</i>	<i>Fonction</i>
ABRIAL	Bernard	CGEDD	Auteur du rapport de mars 2017
ALIPHAT	Béatrice	Commune de saint-Mitre-les-Remparts	Maire conseillère régionale conseillère métropolitaine
ANDREONI	Serge	Gipreb	Président , ancien maire de Berre-l'Etang, ancien sénateur
APLINCOURT	Pierre	France-Nature-Environnement 13	Président
BAZILE	Pascal	L'étang Nouveau	Président
BERTHAULD	Gaëlle	Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse	Déléguée territoriale PACA Corse
BIOLLEY	Claude	Marignane	Adjoint au maire
BOCOGNANO	Jean-Michel	Grand port maritime de Marseille	Responsable de l'activité développement durable
BOEUF	Jean-Luc	Conseil départemental des Bouches-du-Rhône	Directeur général des services
BOURRELY	Michel	Conseil départemental des Bouches-du-Rhône	Directeur adjoint
CABAU-WOEHREL	Christine	Grand port maritime de Marseille	
CHOMARD	Nicolas	DDTM des Bouches-du-Rhône	Service mer, eau environnement
CASTE	Pierre	Martigues	Représentant du maire
DALLE	Léa	DDTM des Bouches-du-Rhône	Service mer, eau environnement adjointe au chef de service
De CIBON	Hugues	Conseil départemental des Bouches-du-Rhône	Directeur général adjoint
FAURE	Vincent	Gipreb	Chargé de développement scientifique
FOUCHIER	François	Conservatoire du littoral	Délégué régional Provence-Alpes-Côte d'Azur
GENZANA	Bruno	Conseil départemental des Bouches-du-Rhône	Conseiller départemental
GERBEAUD	Elodie	Métropole Aix Marseille Provence	Gestionnaire du Bolmon
GLORIAN	Christophe	Eco-relais Côte Bleue	Président
GONDARD	Jean-Claude	Métropole Aix Marseille Provence	Directeur général des services
GORDOLO	Philippe	Conservatoire du littoral	Responsable technique
GOUZE	Emma	EDF-LNHE	Chercheuse
GRILLAS	Patrick	Institut de recherche Tour	Directeur Général délégué au Programme

<b>Nom</b>	<b>Prénom</b>	<b>Organisme</b>	<b>Fonction</b>
		du Valat	
GRISEL	Raphaël	Gipreb	Directeur
IMBERT	Guy		Retraité d'Ifremer
JOLY	Nicolas	Métropole Aix Marseille Provence	Directeur de cabinet du Président
JOULIA	Nicole	Istres	Première adjointe
KHELFA	Didier	Saint Chamas	Maire
LABORDE	Patrick	Grand port maritime de Marseille	
LE DISSES	Eric	Commune de Marignane	Maire
MAURIZOT	P	Conseil régional PACA	Conseiller régional
MAYEN	Béatrice	Conseil régional PACA	Directrice adjointe eau et risques naturels
MENESGUEN	Alain	Ifremer	Coordonnateur de l'ESCO eutrophisation
MICHEL	Marie-Claude	Vitrolles	Représentant du maire
MOUREN	Roland	Commune de Châteauneuf-les-Martigues	Maire
NEVIERE	G	MNLE Bouches-du-Rhône	Président
NICCOLINI	Bernard	Etang marin	président
PAUBELLE	Renaud	Grand port maritime de Marseille	Directeur de l'aménagement
PIPIEN	Gilles	CGEDD	
RIGAUD	Sylvain	Université de Nîmes	Laboratoire de géochimie isotopique environnementale
ROMANA	Axel	Conseil scientifique de comité de bassin Rhône Méditerranée	Membre retraité d'Ifremer, spécialiste des estuaires et lagunes
SENATEUR	Jean-Pierre	Préfecture des Bouches-du-Rhône	Sous-préfet d'Istres
SOUAN	Hélène	DREAL PACA	Chef du service
TILLET	W	Prud'homme de pêche	1 <sup>er</sup> prud'homme
TOURASSE	Corinne	DREAL PACA	Directrice
VACHET	Eric	MTES/DGITM	Chef de bureau des ports
VESPERINI	Yvan	Rognac	Représentant du maire
VIGOUROUX	Frédéric	Miramas	Maire
VILLENEUVE	Michel		Géologue, retraité

### 3. Bibliographie sommaire

La mission a consulté de très nombreuses études, bilans et bases de données et ne peut les citer tous. Elle propose ici une liste principale par grands thèmes

Eutrophisation : manifestation, causes, conséquences et prédictibilité, CNRS, INRA, IRSTEA et Ifremer, expertise scientifique collective, 2017

Adaptation des grilles DCE de qualité nutriments et phytoplancton (abondance et biomasse) pour les lagunes oligo et mésohaline, P Grillas, V Derolez, B Bec, MC Ximenès, A Giraud, 2016, Onema Ifremer

#### A – L'étang de Berre

Actes des rencontres LAGUN'R, 14 et 15 mars 2011, Gipreb

Dossier de synthèse sur l'étang de Berre, à destination du conseil scientifique du comité de bassin Rhône Méditerranée, avril 2016, EDF et Gipreb

Inventaire qualitatif et quantitatif et cartographie des apports par le ruissellement, les canaux d'irrigation et les rejets industriels et urbains directs, Ginger environnement et cereg ingénierie, mai 2010

#### B – L'étang de Bolmon

Annales du Musée d'histoire naturelle de Marseille, Tome XI, 1907

Thèse de Nicolas Chomerat : Patrons de réponse du phytoplancton à la variabilité des facteurs abiotiques dans un étang méditerranéen hyper eutrophe : succès écologique de *Planktothrix agardii* (ex Gom.) Anagn & Kom (cyanoprocarote) dans un écosystème saumâtre 2005

Dynamiques spatio-temporelles et évolution des modes de gestion des milieux humides de l'est de l'étang de Berre (sud-est de la France, XVIIIe-XXIe siècle), Nicolas Maughan

Plan de gestion du site de Bolmon, période 2010-15 (diagnostic et programme d'action) ; Biotope, avril 2009

Rapport synthétique, Etang de Bolmon (2018) Hydrologie, benthos et chimie des sédiments, Gipreb

#### C – Le canal du Rove

Etude de risque associé aux sédiments dans le cadre de la réouverture expérimentale du tunnel du Rove, IDRA environnement, janvier 2011

Données du suivi des rejets de la STEP de Marignane et de Chateauneuf-les-Martigues

Compréhension des échanges entre les masses d'eau de l'étang de Bolmon, de l'étang de Berre et du canal du Rove, V Faure, S Meulé, 12/2017

#### D – L'expérimentation de pompage

Modalités d'ouverture du canal du Rove, Approche des effets sur les échanges hydrauliques et sur la qualité des milieux aquatiques, Cabinet Ramade-Gerim, août 1997

Amélioration des échanges entre canal du Rove, étang de Bolmon et étang de Berre, Cabinet Ramade/Gerim, avril 2002

Étude de définition de l'expérimentation de la réouverture du tunnel du Rove ; Ginger, Ifremer, Sogréah, septembre 2008

Avis du Conseil scientifique du Conservatoire du littoral, 4 février 2009

Rapport du CSRPN sur le projet de pompage entre Rove et Bolmon, 6 mai 2010

Plan de gestion de l'étang de Bolmon, étude hydraulique ; Cereg ingénierie, avril 2009

Modélisation hydrodynamique pour évaluer les impacts des différents scénarios sur la salinité et les temps de dispersion, version 10, V Faure, Gipreb, 01/02/2018

Pv réunion de concertation AGAM/CI sur le plan de gestion de l'étang de Bolmon, laboratoire mécanique modélisation et procédés propres Universités d'Aix Marseille, 8/04/2011

## 4. Repères historiques

### L'homme et l'étang de Berre, une relation complexe

*Le Bolmon, une histoire fortement liée à celle de son bassin versant<sup>67</sup>*

La nature des échanges entre la mer, l'étang de Berre et les cours d'eau tributaires a été d'autant plus compliquée que l'homme est intervenu de manière particulièrement importante, de manière même exceptionnelle, dans les liaisons physiques entre ces milieux.

À l'issue des fluctuations de niveau de la Méditerranée au cours de la dernière glaciation et des phénomènes érosifs accompagnant la fin de cette dernière, l'étang de Berre est un vaste étang d'eau douce dont les eaux rejoignent la mer par le seuil de Caronte.

Vers 125 avant JC, les romains creusent ce seuil et le transforment en chenal navigable avec une cote de fond à -2 m. Ceci se traduit par une évolution vers des eaux légèrement saumâtres.

*Il est possible que ce soit à cette époque que le Jaï, ride sédimentaire immergée, sorte de l'eau. L'étang de Bolmon s'individualise au débouché de la Cadière comme un étang d'eau douce, d'une surface proche de 800 ha.*

Le chenal de Caronte est mal entretenu pendant la période 300/1 000 après JC. La création de bourdigues, chenaux destinés à piéger le poisson est documentée à Port de Bouc. *Il en est de même au travers du Jaï entre Bolmon et Berre (1435). La faible profondeur du Bolmon et son caractère très fermé favorisent une forte productivité piscicole.*

En 1809, le début de la fabrication industrielle de carbonate de soude<sup>68</sup> à partir du sel récolté marque le début de l'âge des pollutions. Les archives mentionnent par exemple des troubles en 1830 à Saint-Mitre-les-Remparts. Les usines se multiplient à Berre, Vitrolles, Marignane (1844) et la population riveraine de l'étang se renforce. Les apports en éléments nutritifs et polluants augmentent.

*Les paluns communaux de Marignane et Châteauneuf-les-Martigues ont mauvaise réputation avant 1800. Un plan de dessèchement est lancé en plusieurs étapes de 1807 à 1847, avec des effets mitigés. Les proliférations d'algues sont importantes dans l'étang de Bolmon : « le ramassage des algues qui dégagent des émanations putrides et délétères pour faire de l'engrais » est pratiqué<sup>69</sup>. L'interdiction de ce ramassage en 1848 fait du Bolmon « un vaste dépôt d'eaux croupissantes... un laboratoire de produits vaseux et infects »<sup>70</sup>.*

En 1863, le chenal de Caronte est approfondi à - 4 m, et l'étang de Berre se salinise un peu plus. Un deuxième approfondissement est réalisé en 1907 à - 6 m. Enfin, en 1925, le chenal est dragué à - 9 m, ce qui conduit à une forte salinisation et un basculement écologique considérable de l'étang de Berre vers une lagune fortement saumâtre. La flore et la faune changent considérablement.

---

<sup>67</sup> Le texte correspondant à l'histoire de Bolmon est systématiquement présenté en italique.

<sup>68</sup> Permettant la fabrication de savon de Marseille.

<sup>69</sup> Rapport du Conseil d'hygiène et de salubrité des Bouches-du-Rhône, 1831-40.

<sup>70</sup> Rapport du Conseil d'hygiène et de salubrité des Bouches-du-Rhône, 1848-51.

*En 1907, P Gourret signale la présence d'ulves au débouché de la Cadière.*

En 1926, le canal du Rove est inauguré. Les échanges entre l'étang de Berre et le port de Marseille sont essentiellement régis par les vents, l'eau circulant de l'un vers l'autre, selon leur orientation. Le bilan global est ouest-est.

*La construction du canal dans le marais qui borde l'étang de Bolmon se traduit par un remblaiement partiel, une annexion d'emprise qui réduisent la surface du Bolmon de 125 ha. Le Jaï est coupé, un pont est construit au-dessus du canal après bien des polémiques avec les habitants de Châteauneuf. Une digue semi-perméable sépare l'étang du canal, avec deux fenêtres (ouvertures maçonnées) équipées de grilles relevables permettant les entrées et sorties d'eau sans que les poissons adultes puissent rejoindre le canal. Les bourdigues servent toujours pour la pêche. La qualité de l'étang reste mal connue, mais le développement progressif de la population et des activités, dont celles de traitement de surface, provoque un enrichissement croissant et une contamination des vases.*

Les industries du raffinage se développent à partir de 1928, grâce à l'accès des pétroliers dans l'étang. La pollution croît très sensiblement, l'écosystème commence à se dégrader. Le développement des activités industrielles et de la population se fait sans souci des effets sur le milieu. La situation devient assez grave pour que la pêche soit interdite par la loi du 7 août 1957, qui permet l'indemnisation de 349 pêcheurs. En 1963, l'effondrement du tunnel du Rove isole le canal du même nom. Les premiers signes d'eutrophisation sont identifiés en 1964.

*La construction de l'usine de potabilisation des eaux du canal de Marseille au lieu-dit des Giraudets (Les Pennes-Mirabeau) permet l'alimentation en eau potable et le développement économique du secteur. Les eaux de lavage des filtres sont rejetés dans le Raumartin, principal affluent de la Cadière qui, d'intermittent, se met à couler en permanence...*

Une modification majeure intervient en 1965 avec la mise en service de la dérivation de la Durance et de la centrale hydroélectrique de Saint-Chamas. Il s'agit de renforcer la production d'électricité par valorisation du patrimoine hydraulique national, à l'heure où les centrales à charbon engagent un recours croissant aux importations.

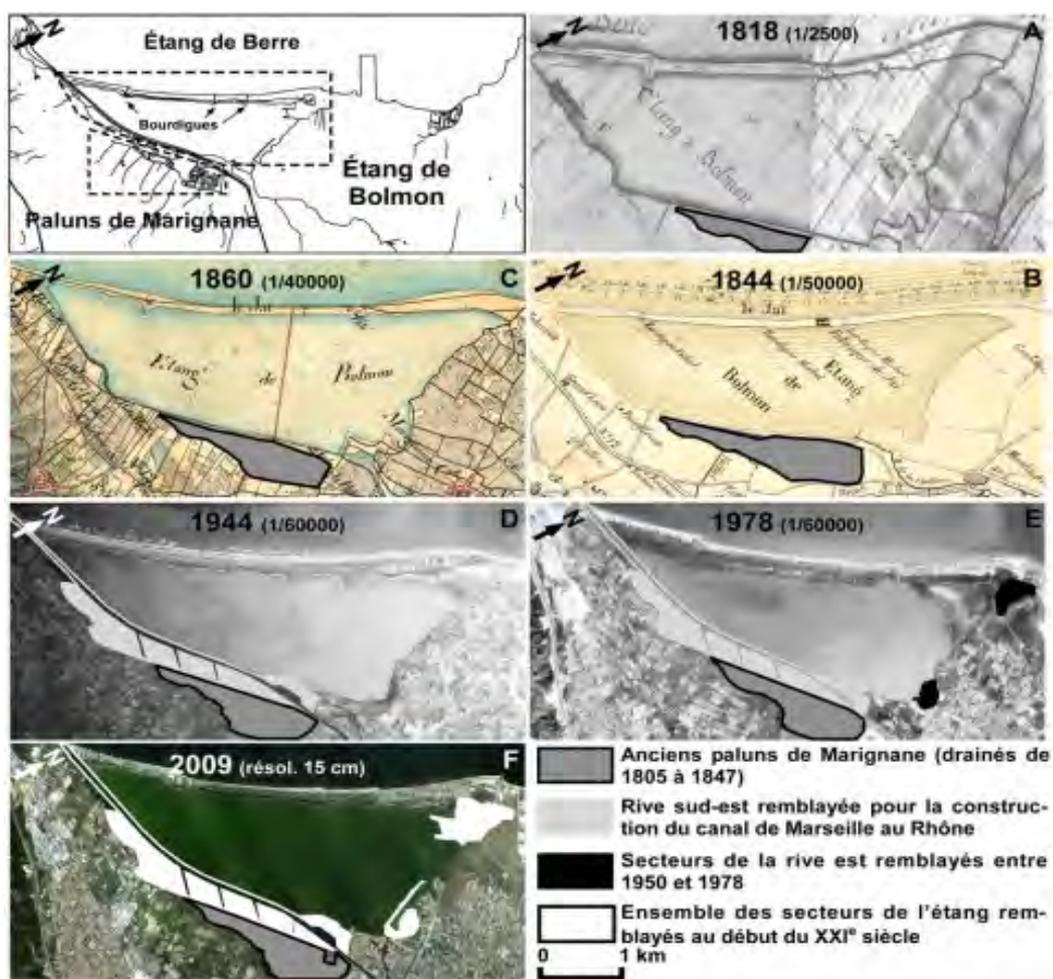
Le turbinage d'eau douce occasionne un basculement violent d'un écosystème déjà en très mauvais état vers des eaux très douces. Les apports fortement variables d'eau douce par le turbinage, l'ampleur des volumes annuels (moyenne de 3,3 milliards de m<sup>3</sup>, maximum de 6,5 en 1977, soit 7 fois le volume de l'étang) font régresser la faune et la flore marine. Les apports de limons de Durance sont estimés à 690 000 t/an en moyenne. Ils se déposent sur les fonds et contribuent à les étouffer. Seul point positif, ce flux « enterre » les sédiments pollués de 50 ans d'activités industrielles sans réel traitement des rejets.

*L'étang de Bolmon est en partie à l'écart de ces bouleversements puisque principalement alimenté par la Cadière dont le débit est la résultante d'un écoulement karstique (source de l'Infernet) et d'apports urbains avec une population multipliée par quatre entre 1962 et 2015... Cette évolution avait commencé par le choix de faire de Vitrolles une ville nouvelle en 1947.*

Année de recensement	1800	1901	1926	1946	1962	1982	1999	2015
Population du bassin versant de la Cadière	3 691	5 291	7 192	12 762	25 250	74 996	96 631	95 955 <sup>71</sup>

Si des stations d'épuration sont construites entre 1960 et 1962, leurs performances sont modestes et le réseau de collecte très insuffisant. Les zones d'activités se développent, on citera la ZI des Estroublans (600ha) et la ZAC de l'Anjoly (200ha).

Le comblement des salines du Lion réduit le Bolmon d'une dizaine d'ha pour développer des activités. De plus, entre 1967 et 1991, deux polders sont créés, l'un pour servir d'assise à une décharge d'ordures ménagères et de déchets industriels inertes, l'autre pour développer un quartier et le stade de Marignane. Environ 50 ha sont remblayés. Le Bolmon atteint sa superficie d'aujourd'hui.



Dynamique spatiale de l'étang de Bolmon et des paluns de Marignane : **A** cadastre napoléonien (1818, Les Paluns, AD BdR), **B** plan des étangs de Berre et de Caronte (1844, Gallica-BNF), **C** carte d'état-major (1860, Géoportail IGN), **D**, **E**, **F** photographies aériennes (1944, 1978 et 2009) copie de N Maughan, 2015.

<sup>71</sup> Dont un tiers raccordé à la station d'épuration de Marignane, qui rejette dans le canal du Rove.

*La prise de conscience des problèmes de qualité de l'eau est lente, les préoccupations étant centrées sur les inondations. La création du SIBOJAI en 1991 relance cette question.*

*Les échanges par les fenêtres et les bourdigues restent secondaires, la salinité reste faible.*

En 1980, le bassin de délimonage de Cadarache, dont la réalisation avait été reportée à la demande d'EDF, est mis en service. Les apports d'éléments fins sont réduits de moitié (350 000t en moyenne par an).

En 1993, à la suite des plaintes des acteurs locaux et en application du plan Barnier, le volume maximal turbinable est ramené à 2,1 milliards de m<sup>3</sup> avec un plafond de 200 000 t de limons par an.

Suite à la condamnation de la France le 15 juillet 2004 par la Cour de justice de la communauté européenne pour non respect de la convention de Barcelone et du protocole d'Athènes, une négociation est engagée pour définir un certain équilibre entre production d'énergie renouvelable et impact sur le milieu naturel. En effet, le jugement prend en compte l'intérêt de la production hydroélectrique et ne demande pas l'arrêt de l'installation.

Les règles de gestion sont modifiées et affinées par le décret du 8 novembre 2006 :

- apports annuels plafonnés à 1,2 milliards de m<sup>3</sup> annuels, et 62,4 millions de m<sup>3</sup> par semaine (avec ajustements possibles) ;
- apports annuels de limons plafonnés à 60 000 t par an ;
- salinité supérieure à 15 g/l 95 % du temps ;
- salinité supérieure à 20 g/l 75 % du temps.

La mission note que ces plafonds sont respectés et que le facteur le plus contraignant est le tonnage de limons.

La lutte contre les pollutions s'accélère. Le contrat d'étang (2015-19) marque une accélération de la mise aux normes des rejets de temps sec et une prise en compte du temps de pluie.

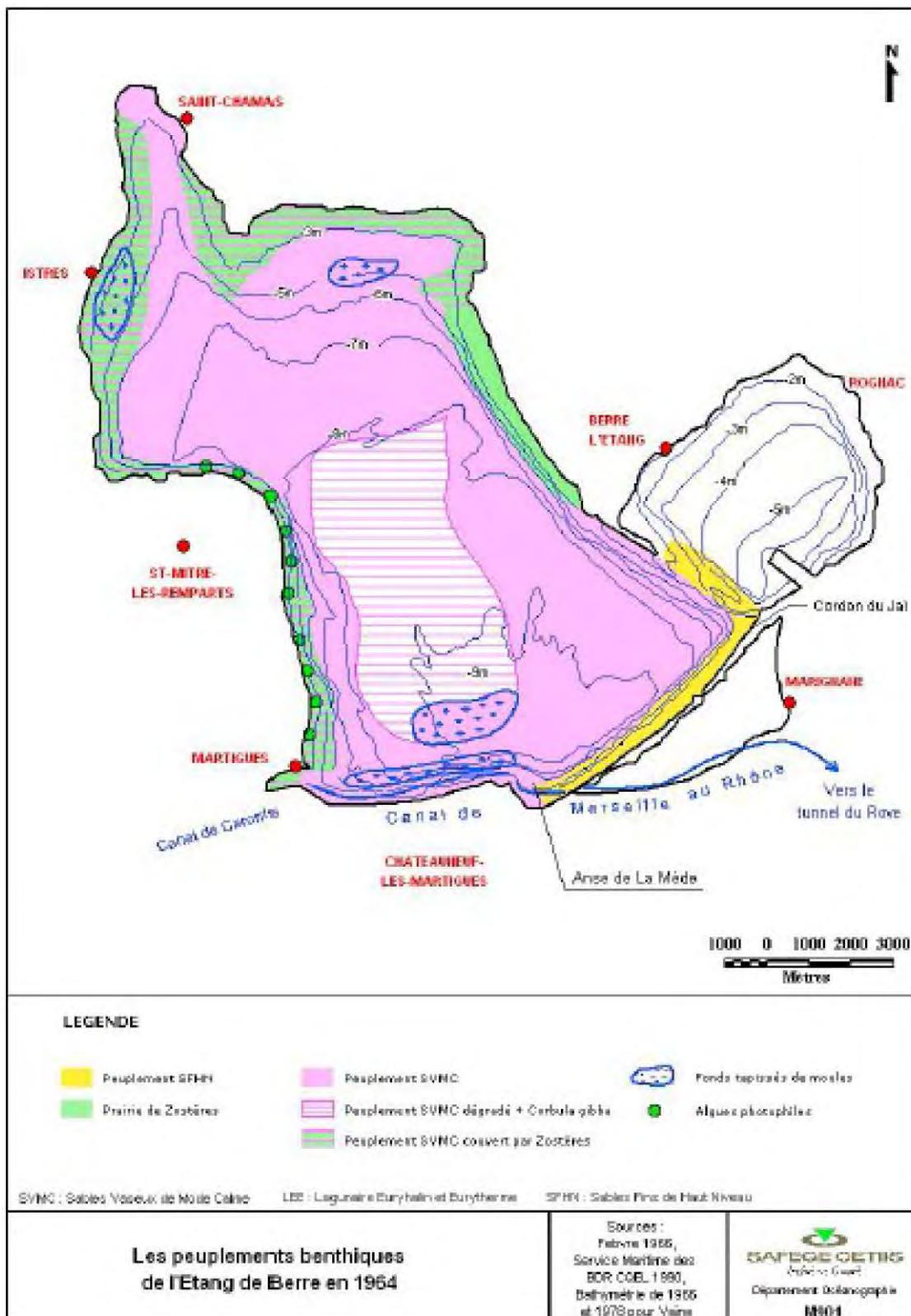
L'étang de Berre semble récupérer, sans qu'il soit possible aujourd'hui de dire jusqu'où l'amélioration va conduire. Les teneurs en chlorophylle a baissent, la transparence de l'eau s'accroît, les moules et les palourdes se développent, les plages sont rouvertes à la baignade.

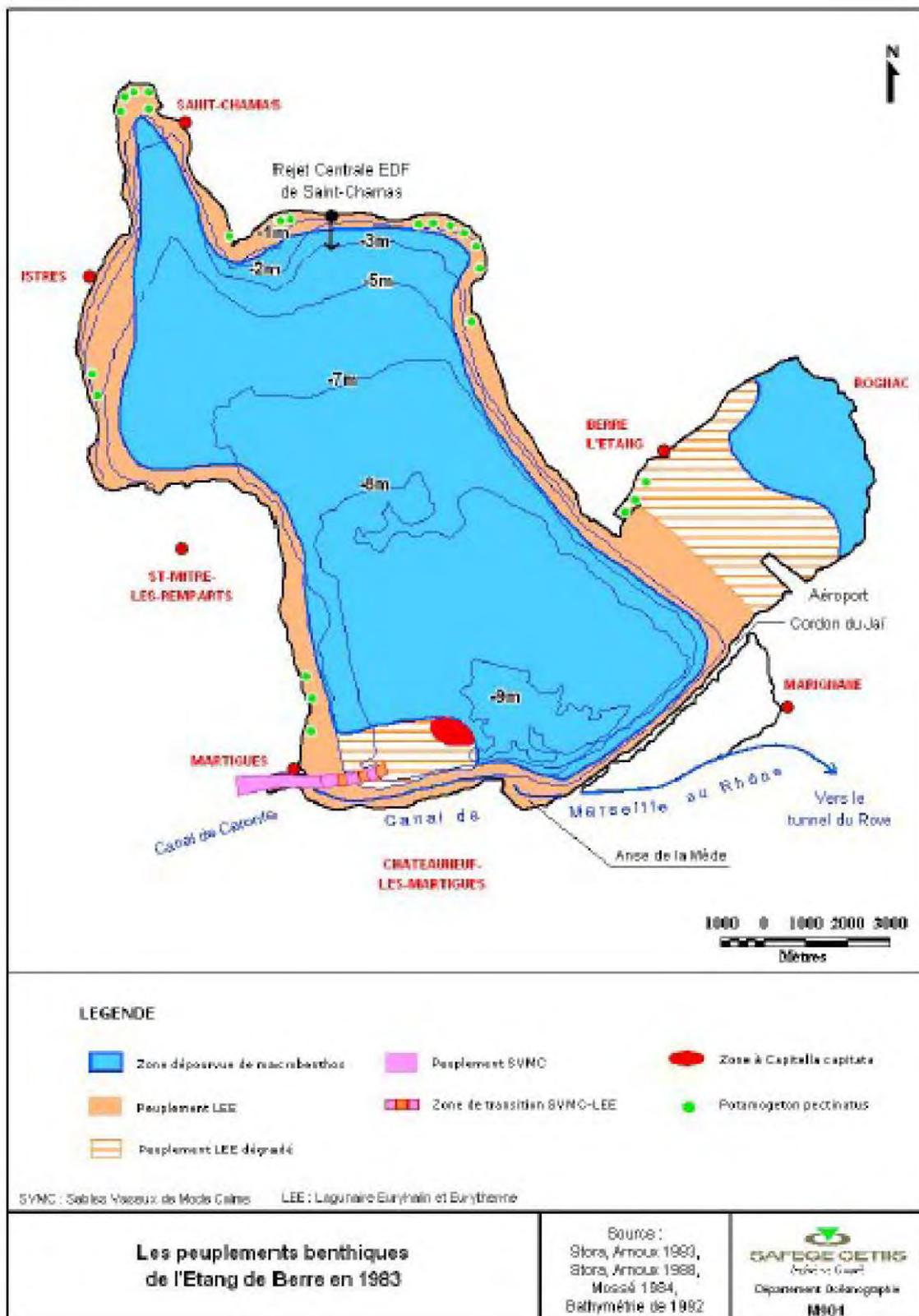
*L'étang de Bolmon reste gravement eutrophe, même si les manifestations les plus extrêmes constatées autour de 2010 (bloom de cyanophycées crises de botulisme) disparaissent suite à la mise en service de la nouvelle station d'épuration de Vitrolles (qui reçoit aussi les effluents des Pennes-Mirabeau).*

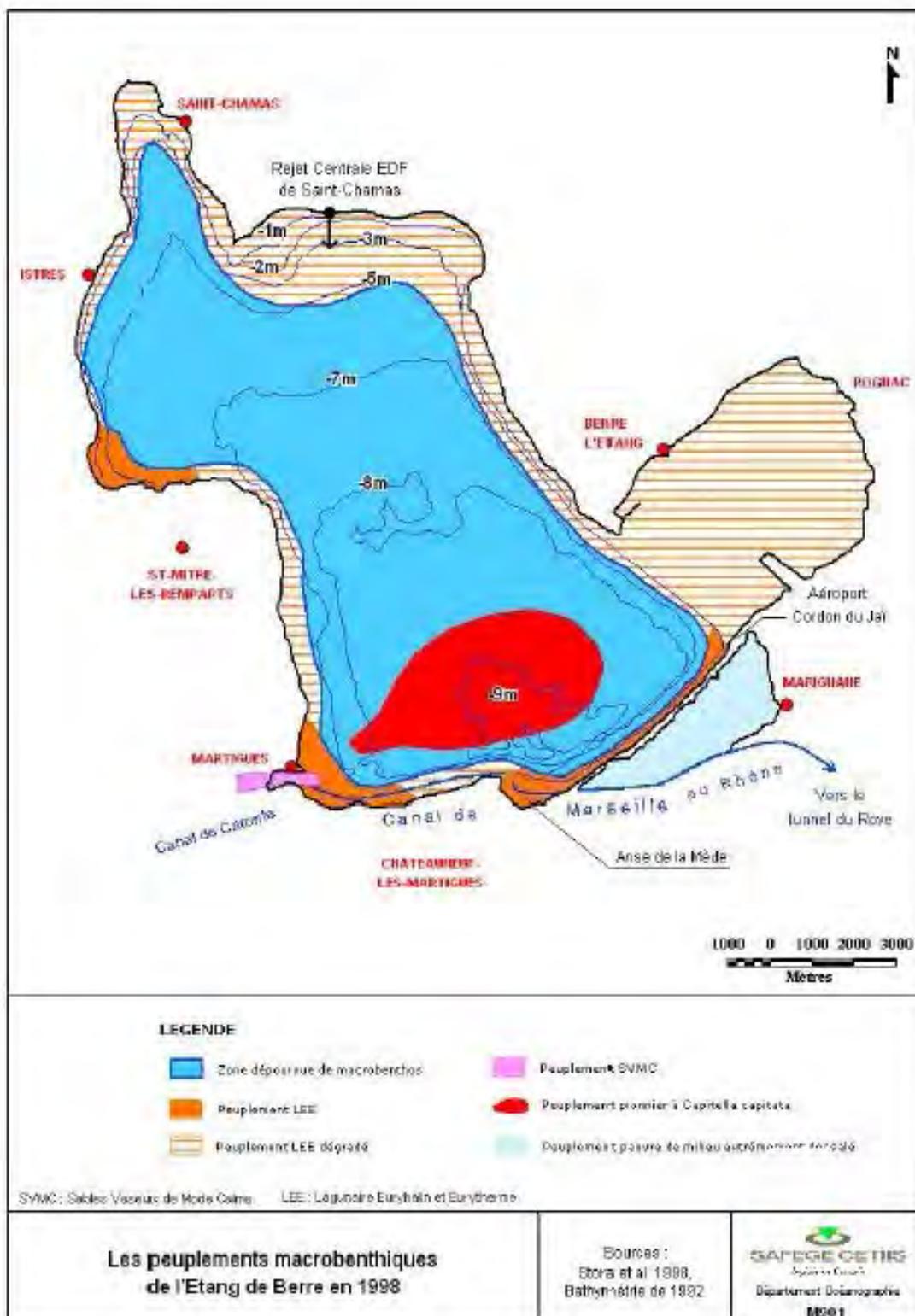
C'est dans ce contexte que l'apport d'eau salée à travers le tunnel du Rove fait l'objet d'une expertise quant aux effets à en attendre.

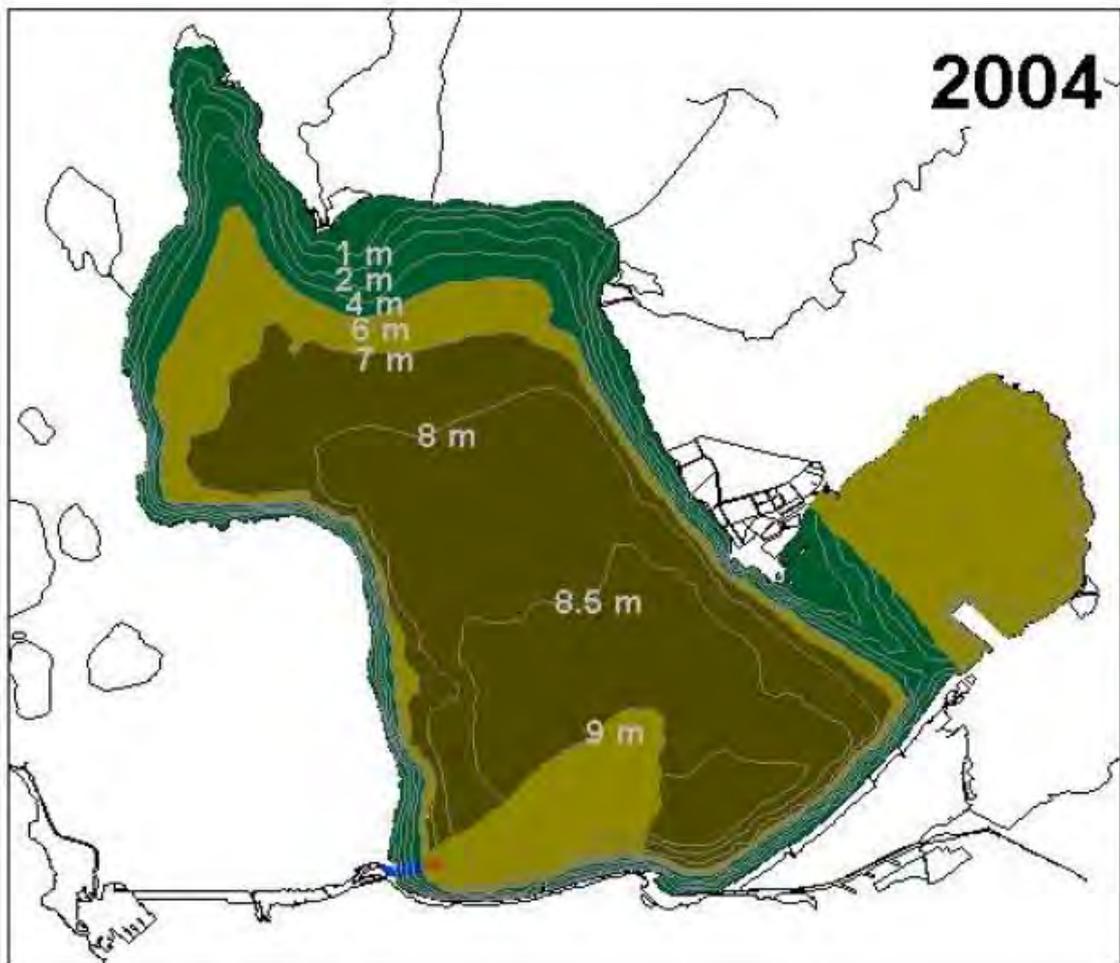
## 5. Evolution des peuplements benthiques











*Illustration 2: Les peuplements benthiques de l'Etang de Berre en 2004 (source : Rapport Gipreb-EDF 2016)*

## 6. Forçage de l'alimentation en eau du Bolmon : calculs préliminaires

La mission a souhaité tester, sans pour autant développer un modèle raffiné, le débit nécessaire par mois pour atteindre une salinité moyenne de 11 g/l, sans dépasser 18 g/l en moyenne sur un mois, en tenant compte de la salinité de l'étang de Berre et du bilan hydraulique simplifié (évaporation/pluie/apports Cadière). Les entrées d'eau salée en cas de vent n'ont pas été définies.

De ce calcul peuvent être déduits un débit d'apport maximal et le volume annuel.

	Jt	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
Apports nets en m3/s	0,02	0,15	0,6	0,76	0,93	0,94	1,1	1	0,66	0,65	0,38	0,18
Volume en Mm3	0,05	0,39	1,55	1,97	2,41	2,43	2,85	2,59	1,71	1,68	0,98	0,47
salinité Berre en g/l	25	27	28	27	24	23	22	20	18	20	21	23
salinité cible Bolmon en g/l	16	17	15	11	8	7	7	7	8	9	11	14
Apport théorique par pompage en M m3	0,651	0,527	0,372	-0,092	0,104	0,499	0,907	0,907	1,109	1,073	1,184	1,266

Dans ce premier calcul, le débit maximal est de 0,5 m<sup>3</sup>/s, et le volume cumulé pompé de 8,5 Mm<sup>3</sup>.

Une maximisation des volumes échangés peut être recherchée en gardant les mêmes objectifs annuels de salinité. Cela implique de prélever l'eau au moment où la salinité de l'étang de Berre est la plus faible, d'accepter une salinité « élevée » en hiver en prenant le risque d'une dessalure plus importante. Ce fonctionnement de l'écosystème est inverse de la situation naturelle. Plusieurs essais aboutissent à des résultats à peine supérieurs de l'ordre de 9,6 Mm<sup>3</sup>, avec des débits de pompe plus élevés (0,8 m<sup>3</sup>/s). Par contre, cette solution maximise l'exportation des vases remises en suspension par le vent.

Une réitération de l'exercice au pas de temps journalier et en intégrant les échanges du Bolmon avec l'étang de Berre (en rendant impossible les flux sortants) et le canal du Rove permettra de définir les règles essentielles de pilotage et le dimensionnement optimisé du pompage.

## 7. Avis du Conseil scientifique du Gipreb sur le projet de réouverture expérimentale du canal du Rove

### Conseil Scientifique du GIPREB

#### Réponses à la saisine soumise par le Conseil d'Administration du GIPREB en date du 15 mai 2009

En mai 2009 le CA du Gipreb a déposé une saisine à son conseil scientifique en relation avec la réouverture expérimentale du tunnel du Rove à la circulation d'eau de mer. Pour répondre aux questions posées, le CS a pris connaissance des documents listés ci-dessous, a réalisé des entretiens qu'il estimait nécessaire avec des acteurs du milieu et s'est réuni deux fois pour des discussions spécifiques sur ce sujet. Il est important de noter que le CS n'avait jamais été consulté auparavant sur le projet de réouverture du tunnel, et chaque membre a donc pu juger objectivement des documents qui lui ont été fournis.

#### Documents pris en compte par le CS :

- 1) Caractérisation et évaluation des paramètres hydromorphologiques des lagunes du bassin Rhône-Méditerranée et Corse dans le cadre de la DCE. Asconit consultant. Mars 2009.
- 2) Lettre du Conseil scientifique du Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres. (ref ChD/CG/2009/186), Lefeuvre, Verger, Henocque. Février 2009.
- 3) Plan de gestion de l'étang du Bolmon. Etude hydraulique. CEREG Ingénierie. Avril 2009
- 4) Plan de gestion du site du Bolmon, période 2010-2015. Biotope. Mars 2009.
- 5) Etude de définition de l'expérimentation de la réouverture du tunnel du Rove – dossier final. Ginger, Ifremer, Sogreah. Septembre 2008
- 6) Fonctionnement hydraulique et restauration du milieu naturel. Asconit consultant. 2008
- 7) Directive cadre eau. Mise en œuvre du contrôle de surveillance. Résultats de la campagne 2006, district Rhône et côtiers méditerranéens. Ifremer. Décembre 2007.
- 8) Étude de faisabilité géotechnique de l'expérimentation de réouverture du tunnel du Rove. Volet 1 et 2. SCP ingénierie, Sol Provençal. Octobre 2004
- 9) Ouverture expérimentale du tunnel du Rove à la courantologie. Commission des aides du 11 décembre 2003.
- 10) Cahier des charges de l'étude de définition de l'expérimentation « ouverture expérimentale du Rove à la courantologie. Gipreb, 15 septembre 2003.
- 11) Amélioration des échanges entre Canal du Rove, étang de Bolmon et étang de Berre. Cabinet Ramade-Guérin. Avril 2002.
- 12) Tunnel du Rove : étude des effets sur les différents milieux de la remise en circulation d'eau de mer dans le tunnel. Rapport. Cabinet Ramade-Guérin. Avril 2002.

**IMPORTANT:** les résultats d'études encore en cours n'ont pas pu être pris en compte par le CS. Il s'agit notamment de : 1) l'étude sur la contamination des sédiments du tunnel du Rove et le risque associé à leur resuspension ; 2) l'analyse des données collectées en 2009 sur le Bolmon par l'Agence de l'Eau dans le cadre du contrôle opérationnel. Le CS tient à souligner que ces travaux sont très importants pour la compréhension des milieux et des risques et apporteront des informations à prendre en compte pour la gestion de ces milieux.

#### Entretiens réalisés :

- 1) Jean-Michel Bocognano du Port Autonome de Marseille.
- 2) François Fouchier, Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres.
- 3) Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse : Gabrielle Fournier, Directrice régionale; Pierre Boissery, expert « eaux côtières » et Sylvie Piquenot, chef de projet en charge du dossier « étang de Berre ».
- 4) Philippe Picon, directeur du Gipreb.

#### Réponses aux questions de la saisine (questions reproduites en italique)

##### 1) En ce qui concerne l'atteinte des objectifs de la DCE :

- *est ce que les actions prévues (plan de gestion, réouverture, ...) sont de nature à améliorer la qualité générale des milieux concernés ?*
- *est ce que les actions prévues (plan de gestion, réouverture...) sont complémentaires et cohérentes ?*
- *quels sont ou seraient les effets négatifs induits par la réouverture sur les milieux concernés et comment évaluez-vous leur poids en regard des bénéfices tirés ?*
- *Avez-vous des adaptations du projet à proposer en vue de répondre aux objectifs de la DCE et de l'amélioration de la qualité des milieux concernés ?*

Les objectifs de la DCE pour les eaux côtières et de transition sont l'atteinte d'un bon état écologique et chimique des masses d'eaux pour 2015. L'appréciation de cet état se fait par le biais de différents éléments de qualité chimiques et biologiques. Le complexe Bolmon-Berre représente pour la DCE trois masses d'eaux de transition différentes (grand étang, étang de Bolmon et étang de Vaïne) mais appartenant au seul type « lagune » (type T10, lagune méditerranéenne, pas de valeurs limites de salinité proposées). Le canal du Rove est une masse d'eau artificielle, typologie pour laquelle il n'existe aucune obligation. Il faut noter que pour Berre et Bolmon l'atteinte du bon état écologique est visé pour 2021 (dérogation) dans le cadre du nouveau SDAGE.

Les objectifs de restauration de l'étang de Berre retenus par le Gipreb reprennent pour l'essentiel les indicateurs biologiques de la DCE, à savoir les herbiers de zostères et les peuplements de la macrofaune benthique de substrat meuble, encadrés par une caractéristique globale de retour à un écosystème de lagune méditerranéenne profonde et stable. Les résultats les plus récents montrent que l'atteinte d'un bon état écologique défini au sens de la DCE pour le grand étang n'est pas acquise. En effet, les communautés benthiques apparaissent particulièrement dégradés : macrofaune pauvre et peu diversifiée, herbiers de zostères à l'état de reliques, sans signes apparents d'évolution favorable. Le projet de réouverture du Rove va dans le sens de l'objectif d'augmentation de la salinité et d'amélioration, même locale, de l'écosystème.

Bien que les données permettant de décrire avec précision leur état écologique actuel apparaissent insuffisantes, il est notoire que l'étang de Bolmon et le canal du Rove sont caractérisés par un niveau d'eutrophisation important en raison des apports en nutriments en provenance de leurs bassins versants fortement anthropisés et de leur niveau de confinement important.

Les objectifs de restauration de l'étang de Bolmon tels que précisés dans le projet de plan de gestion s'appuient sur l'atteinte du bon état écologique au sens de la DCE et sur le paramètre de salinité.

Le projet de réouverture du Rove doit tenir compte, concernant l'étang de Bolmon, de deux aspects importants : il apporte une potentialité de renouvellement accéléré de ses eaux confinées ce qui est en mesure d'apporter une amélioration de la qualité de l'eau et donc potentiellement d'apporter les conditions d'un développement des indicateurs biologiques de la DCE, mais il impacte le paramètre salinité qui est un objectif exploité du plan de gestion.

Pour le canal du Rove, où aucun objectif de salinité n'est fixé, le projet va indéniablement dans le sens d'une amélioration de la qualité du milieu par un renouvellement de la masse d'eau.

La réouverture expérimentale du Tunnel du Rove à la courantologie peut affecter les 3 milieux de l'étang de Berre, du Bolmon et du canal du Rove, et elle doit être à ce titre abordée dans cette globalité. Cependant, les conséquences que l'on peut attendre sont différentes pour chacune de ces masses d'eaux. Le texte ci-dessous présente donc une évaluation de ces conséquences en séparant ces sites.

#### **a) CANAL DU ROVE :**

La réouverture de ce canal à la courantologie devrait apporter une amélioration notable de sa qualité chimique et écologique grâce au renouvellement des eaux. Il faut toutefois souligner qu'il existe un risque de contamination du milieu par les contaminants présents dans les sédiments du Tunnel et de l'entrée du Port de la Lave. Ce risque peut être associé à la resuspension puis redistribution des particules avec les contaminants qui sont fixés dessus (contaminants principalement inorganiques) de même qu'à des effets d'échanges entre phase particulaire et dissoute qui permettrait à certains de ces contaminants de se désorber des particules, passer en phase dissoute et être redistribué dans les milieux récepteurs. Une étude d'évaluation de ce risque est en cours, mais le CS n'a malheureusement pas eu le temps de prendre connaissance de ces résultats.

L'amélioration de la masse d'eau du Canal permettra probablement le développement d'une zone refuge dans laquelle la stabilité saline devrait favoriser le maintien d'espèces marines. Enfin, la qualité des usages devrait s'améliorer : les pratiques de l'aviron et de la pêche se feront dans de meilleures conditions et les nuisances sur le voisinage (odeurs) devraient diminuer.

Ces améliorations ne concerneront pas la partie s'étendant de Caronte aux 3 frères qui sera très peu influencée par l'injection (l'essentiel du courant devant sortir aux 3 frères). Le CS n'a pas discuté de la possibilité/nécessité d'une amélioration de cet espace.

#### **b) ETANG DE BERRE:**

Les différentes sorties de modèles hydrodynamiques disponibles dans les documents montrent que la réouverture à la courantologie du Rove devrait avoir pour l'étang de Berre un effet soit légèrement positif sur l'aspect salinité (augmentation de la salinité, en tout cas de manière locale au débouché des 3 frères) soit négligeable (en tout cas pour le débit de base proposé à 4 m<sup>3</sup>/s). Un effet positif peut être aussi attendu à long terme avec un débit de 20 m<sup>3</sup>/s, car à l'échelle d'une année ces apports pourraient représenter jusqu'à 10-20% des volumes entrants par Caronte.

Le CS note cependant que les modélisations n'ont pas permis d'évaluer le rôle des apports salins sur la stratification de l'étang (l'eau salée s'enfonçant par densité sous l'eau douce associée aux apports du canal de St-Chamas). Il serait intéressant de confirmer que la masse d'eau saline après le débouché va s'étendre le long du Jaï et non pas plonger vers le centre de l'étang, cette simulation pouvant sans doute être évaluée par le modèle hydrodynamique global réalisé pour le GIPREB. Les apports supposés être injectés n'auront probablement qu'un très faible d'impact sur cette stratification, mais en cas de problème dû par exemple à une stratification très marquée dans l'étang, il faudra être capable de réduire les débits injectés. Cette possibilité de jouer sur les débits a été prise en compte, mais pouvoir répondre à ce problème implique que le gestionnaire de la station de pompage dans le tunnel du Rove ait connaissance de la stratification dans l'étang. Ceci est prévu dans le document de l'étude de définition de l'expérimentation de septembre 2008.

mais seulement semble-t-il pour la première phase de cette expérimentation. S'il fonctionne, ce système est toutefois appelé à se pérenniser et cette connaissance de la stratification devra être continue et donc basée sur un système automatique adéquat, entre autre parce que cette stratification peut rapidement varier en fonction des coups de vents. On peut aussi envisager que le gestionnaire soit relié avec celui de Saint-Chamas afin de connaître les volumes turbinés et pouvoir, si besoin, anticiper des épisodes de stratification. Dans le sens inverse, on peut envisager de profiter des événements intenses de vent qui viennent casser la stratification pour saliniser l'étang de Berre en injectant plus d'eau dans le Rove.

Au final, ce sont surtout l'état de l'étang de Berre et de sa stratification, sous l'effet des conditions de vent, qui vont contrôler le devenir de l'eau injectée aux 3 frères, l'intensité du turbinage à St Chamas ayant peu d'effet sur le devenir de l'eau injectée du canal du Rove. La qualité des eaux injectées devra être évaluée et suivie avec une attention particulière aux évolutions lors des épisodes pluvieux intenses (ruissellement direct dans le canal ou via le réseau karstique). Pour l'écosystème de l'étang de Berre, le bénéfice à attendre est directement associé à la marinisation induite.

La ré-ouverture du canal du Rove à la courantologie ne devrait pas modifier le fonctionnement sédimentaire de littoral, entre les 3 frères et le Jaï, qui restera déficitaire : c'est en effet le canal lui-même qui a interrompu l'alimentation sédimentaire des plages, en les séparant des formations détritiques anciennes situées au bas des versants. Aucune source sédimentaire supplémentaire ne sera fournie, a priori, par le canal.

### c) ÉTANG DE BOLMON :

Un point très important est le fait que cette zone soit concernée par deux types d'objectifs différents : les objectifs de la DCE et ceux de Natura 2000. Ceux de la DCE se basent sur une qualité chimique et biologique à atteindre pour la masse d'eau uniquement. En plus d'un bon état écologique, les objectifs de Natura 2000 sont la conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire concernant **la masse d'eau, les zones humides et les zones terrestres**. Pour le Bolmon, on ne peut pas dissocier ces deux volets, même si le lien entre zones humides périphériques et l'étang lui-même reste à préciser (voir plus loin). Pour la masse d'eau Bolmon, ces deux objectifs réglementaires sont similaires et cohérents d'un point de vue écologique.

En regard de ces objectifs, le principal écart constaté aujourd'hui pour ce milieu est son eutrophisation, cause des dégradations observées. L'évocation d'une amélioration récente vis-à-vis de cette perturbation dans les documents à la disposition du CS (Asconit, 2008 ; Biotope, 2009) repose sur des informations inconsistantes : (i) une seule acquisition de données en juin 2008, (ii) conclusions basées uniquement sur la diminution de teneurs en azote et phosphore inorganique dissous (conséquence probable de leur consommation par le phytoplancton) alors que les formes totales demeurent à des niveaux élevés ; (iii) non prise en considération des deux années de déficit de précipitation dans l'interprétation. **Strictement en vue de la remédiation de cette perturbation, les deux actions prévues (plan de gestion et réouverture du Rove à la circulation d'eau de mer) visent et sont de nature à améliorer la qualité du milieu en vue des objectifs DCE et apparaissent comme complémentaires.** Le plan de gestion vise à 1/réduire les apports nutritifs issus du bassin versant mais ces mesures de gestion ne sont pas de la compétence du gestionnaire (bassin versant) et 2/ diminuer le temps de résidence en optimisant les échanges avec l'étang de Berre (réhabilitation et bon fonctionnement des bourdigues du Jaï) mais les eaux de l'étang de Berre sont considérées comme eutrophes. La réouverture du Canal du Rove vise à réduire le temps de résidence des eaux dans le Bolmon et à générer un effet de dilution.

**Cependant, en terme de régime de salinité attendu, les deux actions prévues ne sont pas compatibles dans l'état actuel de leur définition.** Le nouveau plan de gestion du Bolmon vise un régime de salinité entre 3 et 20. La définition de l'expérimentation de la réouverture du Rove à la circulation d'eau de mer, basée sur l'ancien plan de gestion du Rove, vise un régime de salinité entre 15 et 25. Les gammes de salinité attendues dans les deux cas sont compatibles avec le maintien d'une biodiversité, la question étant de définir quels types de biocénose sont souhaités pour cette masse d'eau (cf question 2) et comment cette salinité pourrait impacter les zones humides périphériques (cf question 3) ?

Un facteur important à prendre en compte est la gamme de stabilité acceptable du milieu. Une gamme de variation de 10 à 30 est compatible avec la vie, de même qu'une gamme plus restreinte entre 20 et 30 avec des dessalures ponctuelles à 10. Actuellement, l'instabilité du Bolmon est uniquement associée aux apports par la Cadière, alors que le principe d'injection via le canal du Rove vise à contrôler cette salinité. Les deux possibilités évoquées ci-dessus sont donc, en terme de variations, compatibles avec le maintien d'un écosystème. Cependant, la maintenance d'un système d'ingénierie qui permette de contrôler et surveiller en quasi temps réel la salinisation de l'étang du Bolmon avec les risques de débordement et adoucissement des eaux encourus lors des crues éclair de la Cadière apparaît difficile à assurer sur le long terme (10-20 ans au minimum). Il implique peut être aussi un coût économique important sur cette durée de temps. Enfin, si l'on décide de favoriser une salinité homogène avec l'ingénierie nécessaire, il ne faut pas envisager de revenir par la suite sur un autre système.

**La proposition soutenue par le CS est, pour un premier temps, de ré-ouvrir le canal à la courantologie en laissant l'eau s'écouler vers l'étang de Berre (amélioration attendue pour le canal et le sud de l'étang de Berre) ce qui correspond à la phase I de la définition de l'expérimentation. )** La gestion du Bolmon dans les prochaines années devrait se développer sans apport d'eau de mer, comme le phasage du projet le prévoit (phase 1). Il sera ainsi possible de mettre à profit ce délai pour que le gestionnaire précise concrètement le type d'écosystème qui lui semblerait souhaitable. Pour la phase II (ouverture à l'étang du Bolmon), un nouveau travail de définition devrait être conduit en prenant en compte les objectifs du nouveau plan de gestion.

Enfin, cette proposition du CS s'appuie en grande partie sur l'évocation d'une amélioration de l'étang du Bolmon en terme de nutriments et herbiers qui est présentée dans le dernier plan de gestion du Bolmon<sup>1</sup>. **Il est impératif qu'un diagnostic approfondi et un suivi précis de ce milieu soit mis en place dès à présent (couvrant toute la durée des études et de la construction des équipements) afin de définir à court terme si cette évolution est réelle ou passagère (cf préconisations)**. Compte tenu du calendrier qui nous a été présenté pour la mise en oeuvre des travaux (phase d'expérimentation à partir de 2014), ce suivi devra donc être particulièrement ciblé sur les 4 années à venir. En fonction de l'évolution de l'étang – s'il se révélait continuer à souffrir des mêmes problèmes et crises que celles survenues au cours de ces dernières années, ou au contraire si une amélioration de l'écosystème était visible et quantifiable – les modalités de gestion des débits d'eau de mer à injecter (ou non) pourraient alors être rediscutées sur des bases fiables.

Le CS est conscient que la possibilité d'injecter de l'eau dans le Bolmon à partir du Rove implique la réalisation d'un ouvrage de déviation qui devrait sans doute être construit avant la mise en route de l'expérimentation. Le fait de réserver pour l'instant cette possibilité ne facilite sûrement pas la réalisation d'un tel ouvrage. Aucun membre du CS n'est expert sur ce domaine et nous ne pouvons donc pas donner de conseil sur l'agenda idéal pour la mise en route de tels travaux.

---

<sup>1</sup> Plan de gestion du site de Bolmon, période 2010-2015. Biotopie, Mars 2009.

2) Est ce que l'homogénéisation de salinité qui serait engendrée dans le Bolmon par l'apport d'eau salée via le Rove est compatible avec la diversité écologique souhaitée par la conservatoire ? Quel régime de salinité servirait au mieux cette diversité écologique souhaitée ?

Le CS est parti sur l'idée que le régime maintenant souhaité par le gestionnaire est celui indiqué p26 du Plan de gestion<sup>1</sup> 2010-2015: « La variabilité de salinité entre 3 et 20 g/l fait la spécificité de l'étang de Bolmon. Son maintien est donc un des enjeux de gestion du site de Bolmon ». Cette gamme de salinité est entendue comme résultante d'une double variation spatiale (Est-Ouest) et temporelle (événementielle, saisonnière et interannuelle).

Si cette variabilité de salinité est une des caractéristiques des milieux lagunaires méditerranéens, le CS note cependant que les données attestant de cet état actuel dans le Bolmon sont très limitées et qu'aucune carte de la distribution de salinité en surface et en profondeur n'est disponible. Au vu des seules données dont nous disposons, l'idée d'un gradient spatial fortement marqué est peu crédible car l'homogénéisation de ce type de milieu se fait directement sous l'effet du vent et non sous celui des injections d'eau qui se produisent actuellement par la Cadière (ou potentiellement dans le futur avec le Rove). Il est important pour l'avenir de bien évaluer les caractéristiques spatiales et temporelles de ce paramètre salinité dans l'étang du Bolmon afin de pouvoir le prendre en compte plus finement dans les modèles de circulation déjà existant. Il faudrait également que le plan de gestion propose une plus grande précision sur le gradient de salinité souhaité (spatial ET/OU temporel) ainsi que sur les bases qui le définisse.

La diversité écologique souhaitée n'est pas clairement indiquée dans le document de ce Plan de Gestion 2010-2015, mais il semble que le souhait primordial soit la restauration de la faune invertébrée et de la végétation aquatique, avec notamment le développement de Potamot et *Ruppia* qui semblent en augmentation actuellement. Cette restauration est, avant toute chose, assujettie à la restauration du milieu vis-à-vis de l'eutrophisation. Une fois cette amélioration acquise, la maintien d'une salinité entre 20 et 30 serait compatible avec la restauration de la faune invertébrée benthique et de l'installation d'herbier à *Ruppia* mais en revanche incompatible avec le développement d'herbier à Potamot. Toutefois, il y a une ambiguïté réelle sur la diversité souhaitée qui empêche de répondre à la question telle qu'elle est posée ici.

Selon le CS, un des problèmes majeurs réside dans le lien encore inconnu entre le Bolmon et les zones humides périphériques qui ont elles une grande importance vis à vis des espèces patrimoniales (réseau Natura 2000). Si une salinité de l'étang entre 20 et 30 peut perturber ces zones par des phénomènes de salinisation, certaines de ces espèces pourraient en subir des conséquences.

3) Quel avis portez-vous sur les études réalisées ou en cours, identifiez vous des lacunes à combler compte tenu de celles déjà évoquées ?

Le CS n'a pas d'avis particulier sur les études déjà réalisées et dont il a pris connaissance. Ces études ne sont pas toutes du même niveau de pertinence mais elles ont répondu (plus ou moins bien) aux questions qui leur étaient posées, ces questions ayant parfois évoluées au cours du temps. Il existe malgré ces travaux des lacunes encore importantes aussi bien sur la connaissance des milieux et leur fonctionnement que sur des aspects économiques. Il est important qu'un effort soit fait par les divers organismes en relation avec le projet pour combler au mieux ces lacunes afin de poursuivre ce projet avec l'ensemble des données nécessaires.

- 1) Bien que des liens possibles entre les masses d'eaux de l'étang du Bolmon et de ces zones humides périphériques soient évoqués dans certains travaux, le CS n'a eu connaissance d'aucun argument qui les démontre scientifiquement (ni dans les travaux écrits, ni dans les entretiens). Ce

point est pourtant particulièrement important puisque ce sont les zones humides qui ont une importance primordiale vis à vis des espèces et habitats patrimoniaux dans un objectif Natura 2000. **Les relations hydrologiques de surface et souterraines entre ces 2 milieux doivent donc être connues pour pouvoir prédire leur évolution en cas de salinisation de l'étang.** Existence des échanges en surface entre le Bolmon et les marécages (comme il en existe semblent ils entre les marécages et le Rove) ? Les zones humides sont elles alimentées par une nappe ? Est ce la même que celle en contact avec le Bolmon ? Ces informations permettraient d'évaluer l'influence d'une salinisation de l'étang du Bolmon sur les marécages.

- 2) Une cartographie des zones littorales du Bolmon avec les types de peuplements (biotope) et la **distribution des espèces patrimoniales** serait un document important. Ce travail devrait tout particulièrement concerner les frontières entre les zones humides périphériques et le Bolmon. Cette cartographie est peut être déjà disponible auprès du gestionnaire.
- 3) Une étude sur la **cartographie et la quantification des polluants** présents dans le tunnel du Rove, l'entrée du Port de la Lave et les sédiments du Bolmon est primordiale. Cette étude doit aussi évaluer le risque d'altération des milieux associé à la resuspension, que ce soit par les contaminants particuliers, ceux en phase dissoute actuellement dans les eaux interstitielles ou le risque de passage de la phase particulaire vers le dissous lors d'une resuspension. De même l'effet du pompage sur la resuspension des sédiments dans le port de la Lave (zone semble-t-il la plus fortement contaminée) doit être évalué. Un tel travail est actuellement en cours de réalisation, mais le CS n'en a pas encore eu connaissance.
- 4) Plusieurs des documents disponibles évoquent une possible « réhabilitation des sédiments » grâce à la réouverture à la courantologie, aussi bien dans le tunnel du Rove que dans le Bolmon. Toutefois, il n'est jamais expliqué comment devrait se faire cette réhabilitation, et cette absence de précision laisse la porte ouverte à toutes les hypothèses. Il est important de préciser si, compte tenu des courants qui seront engendrés au niveau de l'interface eau-sédiment, les sédiments seront « réhabilités » parce qu'ils seront resuspendus (et donc simplement transportés plus loin) ou parce que l'eau sus-jacente contiendra alors suffisamment d'oxygène pour pénétrer dans le sédiment et aider ainsi à la dégradation de la matière organique enfouie (ce qui ne joue pas directement sur les contaminants). Dans ce dernier cas, le sédiment potentiellement contaminé restera sur place et ne touchera pas les autres milieux. Par contre, ces contaminants auront peut être un impact sur la micro et macrofaune qui pourrait se développer. Aucune données ne permet actuellement de statuer sur ces questions.
- 5) Un diagnostic complet de l'état écologique de la masse d'eau du Bolmon devrait être mené et poussé plus loin que les études disponibles. Ce travail devrait notamment apporter un point de vue historique sur l'évolution de ce milieu. Cette proposition rejoint la nécessité de réaliser un suivi de ce milieu avec un diagnostic de l'état initial actuel, tel qu'il est précisé dans la question suivante.
- 6) Si les modèles hydrodynamiques utilisés dans les différents travaux semblent suffisamment développés pour traiter de la courantologie, ils ne traitent pas du tout (ou très mal) du transfert sédimentaire et des aspects resuspension-sédimentation. La courantologie des 3 milieux associés (Rove-Berre-Bolmon) est assez simple et devrait être correctement reproduite maintenant par ces modèles (on peut donc envisager de les utiliser en redéfinissant des objectifs et de faire de nouvelles simulations). Aucune simulation par contre n'est possible sur le transfert des sédiments (et donc des contaminants potentiellement associés) et leur redistribution dans ces milieux. Ce point est toutefois en lien direct avec le point 4 dont les résultats sont nécessaires avant de s'intéresser au transfert et devenir des sédiments potentiellement contaminés.

7) Le budget pour la réouverture expérimentale du tunnel du Rove à la circulation de 8,5 millions d'euros présenté dans le document « faisabilité technique » tient compte du coût des travaux de génie civil uniquement. Dans le document « commission d'aide », un budget total de 8,5 M d'€ prend en compte des opérations « gestion et maintenance » et « suivi et ajustement gestion » pour un montant de 1,8 Md'€. La prise en compte du volet « suivi et maintenance » est extrêmement importante mais nous n'avons trouvé dans ce document aucune indication de l'échelle de temps pour laquelle il a été calculé, ni aucune précision sur ce qu'il couvre exactement (appareils, salaire du personnel...). Par ailleurs, les budgets présentés pour ces deux lignes en HT et TTC ne correspondent pas et il y a une erreur dans le tableau (le total TTC doit être de 1,6 M d'€). Enfin, cette partie du budget a pu évoluer de manière considérable depuis 2003, date de ce document.

8) Un membre du CS a soulevé l'état semble-t-il « dégradé » du tunnel et le coût de sa maintenance qui risque d'être associé. Sur la base des documents (principalement l'étude de faisabilité géotechnique et la synthèse des reconnaissances actuelles), la partie non (encore) effondrée du tunnel qui a été entretenue a minima apparaît préoccupante. Il faut toutefois noter qu'aucun expert géotechnique n'est membre du CS et nous ne pouvons pas en discuter plus avant.

4) Quelles préconisations pouvez-vous formuler en prévision de la mise en œuvre du projet de réouverture expérimentale du tunnel à la circulation d'eau ?

1) Comblir les lacunes soulevées ci-dessus par des études complémentaires.

2) **Les acteurs et gestionnaires de ces milieux doivent aboutir DÈS QUE POSSIBLE à un consensus sur le régime de salinité souhaité pour l'étang du Bolmon.** Il apparaît à beaucoup de membres du CS que les préoccupations actuelles résultent directement de l'évolution au cours de ces dernières années des objectifs qui ont été définis pour ces milieux. Au début des années 2000, ces objectifs visaient à améliorer l'état de **chacun des 3 milieux** et la solution d'un renouvellement continu et gérable des eaux du Bolmon par un apport d'eau marine apparaissait donc intéressante. L'objectif visait par le précédent plan de gestion du Bolmon était alors de « *maintenir une fourchette de 15 à 25 ‰ dans l'étang, correspondant aux valeurs historiques<sup>2</sup>* ». Depuis 2009, le gestionnaire du Bolmon souhaite conserver une gamme de salinité de 3 à 20 incompatible avec cet apport d'eau salé. Ce souhait est en partie argumenté par une amélioration récente du milieu qui reste encore à confirmer.

3) Les installations de communication entre les 3 milieux Bolmon- Berre, Rove-Bolmon et Rove-Berre doivent être fonctionnelles et suivies.

4) Il est nécessaire de mettre en place le plus tôt possible un suivi de ces 3 milieux (pour Berre ceci concerne uniquement la zone sud de l'étang). Ce suivi doit être démarré avant la phase d'expérimentation et perduré par la suite. Il devrait entre autre comporté les indicateurs suivants :

*avant expérimentation* : un état initial (t0) puis un suivi doivent être réalisés en plusieurs points du canal du Rove, le sud de l'étang de Berre (le long du Jai jusqu'à Vayne), dans le Bolmon et sur ses zones humides périphériques. Une possibilité serait de considérer que les mesures réalisées par l'Agence de l'eau en 2009 dans le cadre du contrôle opérationnel peuvent être utilisées

---

<sup>2</sup> Document « Fonctionnement hydraulique et restauration du milieu naturel », Asconit consultants, p 15, 2008.



## 8. Glossaire des sigles et acronymes

<i>Acronyme</i>	<i>Signification</i>
AERMC	Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse
As	Arsenic
Bourdigue	Chenal aménagé entre deux étangs et équipé pour contrôler le passage de l'eau et le piégeage des poissons
Cd	Calcium
Cereg, Artelia, Cetis, Ramada, Gerim, Sogreah	Bureaux d'étude
CGEDD	Conseil général de l'environnement et du développement durable
CGPPP	code général de la propriété des personnes publiques
COFIL	Comité de pilotage
CSRPN	Conseil scientifique régional du patrimoine naturel
Cu	Cuivre
DCE	Directive cadre sur l'eau
DGITM	Direction générale des infrastructures de transport et de la mer
DPF	Domaine public fluvial
DTT	Direction départementale des territoires
EDF	Électricité de France
ESCo	Expertise scientifique collective
ETP	Évapotranspiration potentielle
Fenêtre	Point de passage de l'eau de l'étang de Bolmon et le canal du Rove, sans vanne, mais avec grille retenant le poisson
Gipreb	Syndicat mixte pour la réhabilitation de l'étang de Berre
GPMM	Grand port maritime de Marseille
Ha	Hectare
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
Hg	Mercure
Ifremer	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
LNHE	Laboratoire national d'hydraulique et environnement (centre de recherche d'EDF)
MTES	Ministère de la transition écologique et solidaire
N	Azote
N <sub>2</sub>	Azote (gaz)
NH <sub>4</sub>	Ammonium

<b>Acronyme</b>	<b>Signification</b>
NO <sub>2</sub>	Nitrites
NO <sub>3</sub>	Nitrates
O <sub>2</sub>	Oxygène
P	Phosphore
P	Pluie
Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles – famille de 209 composés. Substance huileuse utilisée comme isolant très persistant , toxique, écotoxique et mutagène
PO <sub>4</sub>	Phosphate
Sdage	Schéma directeur d'aménagement et de gestion de l'eau
SIBOJAĪ	Syndicat intercommunal du Bolmon-JaĪ gérant l'étang de Bolmon jusqu'à sa disparition à la création de la métropole Aix-Marseille-Provence
STEP	Station d'épuration des eaux usées
SAVN	Service annexe des voies navigables

[Site internet du CGEDD : « Les derniers rapports »](#)

PUBLIÉ