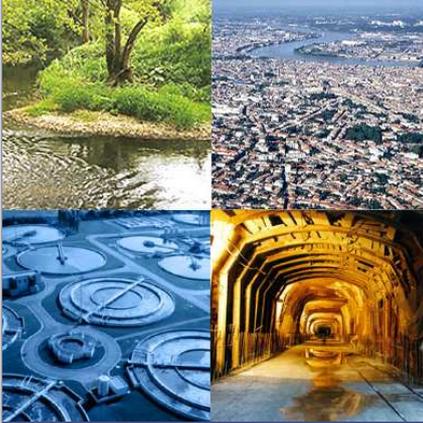


GIPREB

Groupement d'Intérêt Public pour la
Réhabilitation de l'Étang de Berre



Optimisation des apports par le canal EDF Propositions d'études et de suivis

N°NG 106

Octobre 2004

Rapport de Phase 3



<i>Date</i>	<i>Nature de l'émission</i>	<i>Rédaction</i>	<i>Contrôle interne</i>	<i>Référence</i>	<i>Page</i>
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	1/1

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION	2
1.1 OBJECTIFS DE LA PHASE 3	2
1.2 PERTINENCE DE LA DEMARCHE	2
1.3 CONTENU DU RAPPORT	2
2 DEFINITION D’OBJECTIFS DE QUALITE	4
2.1 NOTION D’OBJECTIF FINAL ET INTERMEDIAIRE	4
2.2 OBJECTIFS DE RESTAURATION DE LA LAGUNE MEDITERRANEENNE PROFONDE	4
2.2.1 <i>Retour de la faune benthique</i>	4
2.2.2 <i>Colonisation par les phanérogames</i>	6
2.3 LE ZONAGE DES OBJECTIFS	7
2.4 OBJECTIFS RELATIFS AUX USAGES	10
2.4.1 <i>Les eaux de baignade</i>	10
2.4.2 <i>Les activités nautiques</i>	10
2.4.3 <i>Pêche à pieds, conchyliculture</i>	11
2.4.4 <i>La pêche</i>	11
2.5 RECAPITULATIF DES OBJECTIFS	11
3 CONDITIONS REQUISES POUR LA REALISATION DES OBJECTIFS	13
3.1 METHODE	13
3.2 CONDITIONS FIXEES PAR LA REGLEMENTATION	13
3.2.1 <i>Réglementation sur la qualité des eaux de baignade</i>	13
3.2.2 <i>Réglementation sur les eaux conchylicoles</i>	14
3.3 CONDITIONS DONNEES PAR LA BIBLIOGRAPHIE	15
3.3.1 <i>Pour les phanérogames</i>	15
3.3.2 <i>Pour la faune benthique</i>	15
3.4 SYNTHESE	16
3.5 CONCLUSION	19
4 DEFINITION DES CONTRAINTES POUR LES REJETS	21
4.1 OBJECTIF	21
4.2 METHODES	21
4.2.1 <i>La modélisation mathématique</i>	21
4.2.2 <i>L’analyse statistique</i>	21
4.2.3 <i>Etude en temps réel</i>	22
4.3 LES LIMITES	25

1 Introduction

1.1 Objectifs de la phase 3

Selon l'étude réalisée précédemment par Safege Cetiis (2004), **l'arrêt des apports de Saint-Chamas est la condition première d'un retour à un fonctionnement équilibré de l'écosystème de l'étang de Berre**. La restauration « écologique » de l'étang pourrait, en outre, contribuer à l'essor économique de l'étang en favorisant le développement des activités récréatives, de pêche et de mariculture.

En attendant la mise en œuvre effective de cet arrêt, le GIPREB souhaite conduire une réflexion sur des niveaux de rejet moins pénalisant pour le milieu récepteur et allant dans le sens impulsé par les objectifs de qualité retenus par le GIPREB.

L'objectif de la phase 3 est de dresser le cahier des charges d'une étude complémentaire visant à statuer sur l'optimisation de ces rejets. Plus précisément, il s'agit de fournir au GIPREB un cadre de référence pour la démarche à entreprendre ultérieurement (i) analysant la faisabilité et l'intérêt de l'opération sur la base des acquis des deux précédentes phase et de l'avis d'experts (ii) définissant la démarche retenue.

Cette étude s'applique à l'ensemble de l'étang de Berre et ne comprend pas l'étang de Bolmont.

1.2 Pertinence de la démarche

D'après le collège d'experts, **il existe une possibilité d'amélioration du milieu par le moyen d'une nouvelle gestion des apports EDF, axée sur leur régularisation et leur abaissement**.

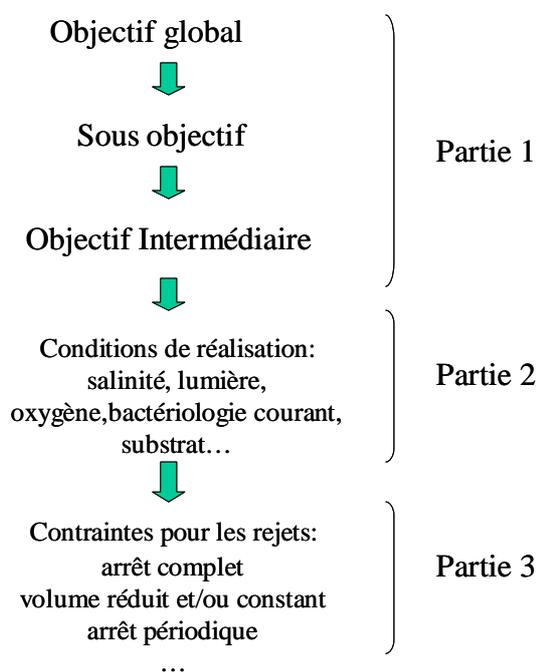
Il faut noter également que certains objectifs de qualité retenus par le GIPREB (cf avenant n°1) ne pourront être atteints par une simple modulation du volume et/ou du rythme des rejets. A titre d'exemple, la disparition totale de l'anoxie des zones les plus profondes est improbable sans un arrêt complet des rejets. Il ne pourrait donc y avoir de réhabilitation totale de la faune benthique avant cet arrêt. Cependant une amélioration reste possible, ne serait-ce que par une réduction spatiale du phénomène d'anoxie.

1.3 Contenu du rapport

Ce rapport fournit le contexte de référence pour la future étude complémentaire et récapitule les questions qu'il faudra approfondir et démarches à entreprendre dans le cadre de cette étude complémentaire.

- La première partie du rapport rappelle les objectifs déjà fixés de qualité du milieu et précise ceux qui restent à définir. On distinguera les objectifs finaux et des objectifs intermédiaires. La description des objectifs est fonction de l'état des connaissances ; en l'absence d'informations pertinentes, une méthodologie est à mettre en place pour combler le manque de connaissance nécessaire à la définition des objectifs.
- Dans un second temps, les conditions physico-chimiques et biologiques nécessaires à la réalisation des objectifs fixés précédemment sont proposées. Lorsque ces conditions ne sont pas ou partiellement connues, une méthodologie sera suggérer pour combler les manques de connaissances
- Une démarche et des moyens sont finalement proposés pour déterminer le régime de rejets (en termes de volume total et de débit) permettant d'atteindre les conditions exigées par les objectifs.

Figure 1. Articulation de la phase 3



2 Définition d'objectifs de qualité

Les objectifs ont pour cibles l'écosystème lagunaire et les usages. **L'étude complémentaire devra définir les objectifs de qualité, intermédiaires, à partir des objectifs stratégiques retenus par le GIPREB.** Les éléments déjà connus sont rappelés ci-après.

2.1 Notion d'objectif final et intermédiaire

A la demande du GIPREB, il a été demandé d'étudier la possibilité de définir des états cibles intermédiaires dans le but de définir des niveaux de rejet moins pénalisants pour le milieu récepteur. Lors de la réunion du collège d'experts du 21 novembre 2003, les experts ont reconnu l'intérêt d'une nouvelle gestion des apports en vue d'améliorer la qualité du milieu mais ont fait part de la difficulté de décrire actuellement un état intermédiaire écologiquement intéressant. On entendra par objectif intermédiaire une amélioration dans le sens fixé par l'objectif final.

2.2 Objectifs de restauration de la lagune méditerranéenne profonde

La « lagune méditerranéenne profonde » est l'écosystème de référence des objectifs de restauration du GIPREB. Les critères d'appréciation du retour à cette référence sont matérialisés par un ensemble d'**indicateurs écologiques** relatifs à la faune et la flore benthique.

2.2.1 Retour de la faune benthique

2.2.1.1 Objectifs du GIPREB

L'acquisition du caractère de lagune profonde méditerranéenne par l'étang de Berre et ceux de Vaïnes et Bolmont sous-tend :

- un retour de la faune benthique dans les zones les plus profondes, à ce jour azoïque,
- l'installation durable d'un assemblage de type Sables Vaseux de Mode Calme (SVMC). Les espèces caractéristiques exclusives de cet assemblage sont le Cnidaire

Cereus pedunculatus, les Mollusques *Loripes lacteus*, *Venerupis aurea*, *Ruditapes decussatus*, les Polychètes *Harmothoe cf spinifera*, *Flabelligera affinis*, *Heteromastus filiformis*, *Aonides oxycephala*, *Aricia foetida* et le Crustacé *Microdeutopus gryllotalpa*.

2.2.1.2 Objectifs intermédiaires

D'après le collège d'experts, un état cible intermédiaire pourrait être :

- la restauration du peuplement de type LEE ou peuplement Lagunaire Euryhalin et Eurytherme, dans les zones où il est dégradé. Actuellement, seules les rives du cordon du Jai, de l'entrée du canal de Caronte et de l'anse du Ranquet présentent une faune de type LEE non dégradée.
- Le maintien de *Ficopomatus enigmaticus* à son niveau actuel.

Des indicateurs de cet état intermédiaire sont proposés par les experts associés au projet :

- Retour de différentes espèces LEE disparues ou à apparition épisodique dans l'étang depuis les années 80 telles que les Polychètes *Nereis diversicolor*, *Streblospio shrubsolei*, les Mollusques *Hydrobia ulvae*, *Abra ovata*, *Cyclonassa neritea*, *Scrobicularia plana*, les Crustacés *Idotea viridis*, *Sphaeroma hookeri*, *Cyathura carinata*, *Corophium orientale*, *Corophium insidiosum*, *Melita palmata* et *Echinogammarus stocki*.
- Dans les zones les plus profondes, apparition et/ou maintien des espèces marines supportant une certaine dessalure *Capitella capitata*, *Mediomastus californiensis*, *Lumbrineris latreilli*, *Corbula gibba*, *Loripes lacteus* et *Venerupis aurea*.

La répartition spatiale des espèces constitue également un moyen d'apprécier la restauration de l'étang, les objectifs à ce niveau pourraient être les suivants :

- Répartition des espèces LEE, sur l'ensemble de l'étang sauf *Cyclonassa neritea* qui sera limitée aux sables fins bien calibrés de la plage du Jai.
- Colonisation de la partie Sud de l'étang dans la zone du coin salé, par les espèces des milieux plus profonds

La densité est en revanche un critère difficile à définir en fonction des conditions du milieu et des faciès qui pourront s'installer. Ce qui est probable c'est que la densité des organismes sera toujours plus importante sur la bordure côtière que dans les zones profondes. Mais en définitive, il vaut mieux se baser sur l'augmentation de la biodiversité et de la structuration des assemblages en place en fonction des différents organismes présents.

2.2.2 Colonisation par les phanérogames

2.2.2.1 Objectifs du GIPREB

L'établissement d'une flore caractéristique des lagunes méditerranéennes profondes représente le critère final d'appréciation de la restauration de la lagune. Les caractéristiques de cette flore telles que définies par le GIPREB sont :

- extension des herbiers de *Zostera noltii* (taille : 4-20 cm) en place et début de colonisation pérenne sur le pourtour de l'étang
- La présence de *Potamogeton pectinatus* (taille : 10-20 cm) à l'embouchure immédiate des cours d'eau



- Extension des herbiers en place de *Ruppia cirrhosa* (taille : 10-30 cm)



- La présence de *Zostera marina* (taille jusqu'à 1m) dans la zone d'influence des entrées d'eau marine



2.2.2.2 Objectifs intermédiaires

Les objectifs intermédiaires ont été établis à partir des connaissances acquises sur le fonctionnement passé de l'écosystème de l'étang de Berre, d'information plus générale sur la « souplesse » adaptative des principales concernées et de l'avis des experts impliqués dans le projet.

Ils se déclinent comme suit :

- La présence de *Zostera marina* dans les zones d'influence marine,
- Extension des herbiers de *Zoostera noltii* en place et début de colonisation pérenne sur le pourtour de l'étang,
- Disparition de *Potamogeton pectinatus* en dehors des embouchures de fleuves et début d'installation de cette espèce à l'embouchure des fleuves,
- Retour de *Ruppia cirrhosa* où elle était présente en 1996.

2.3 Le zonage des objectifs

Les objectifs finaux et intermédiaires devront être cartographiés. L'étude complémentaire tentera de définir les objectifs prioritaires de chaque zone de l'étang. Les éléments relatifs aux objectifs finaux sont cartographiés ci-après.

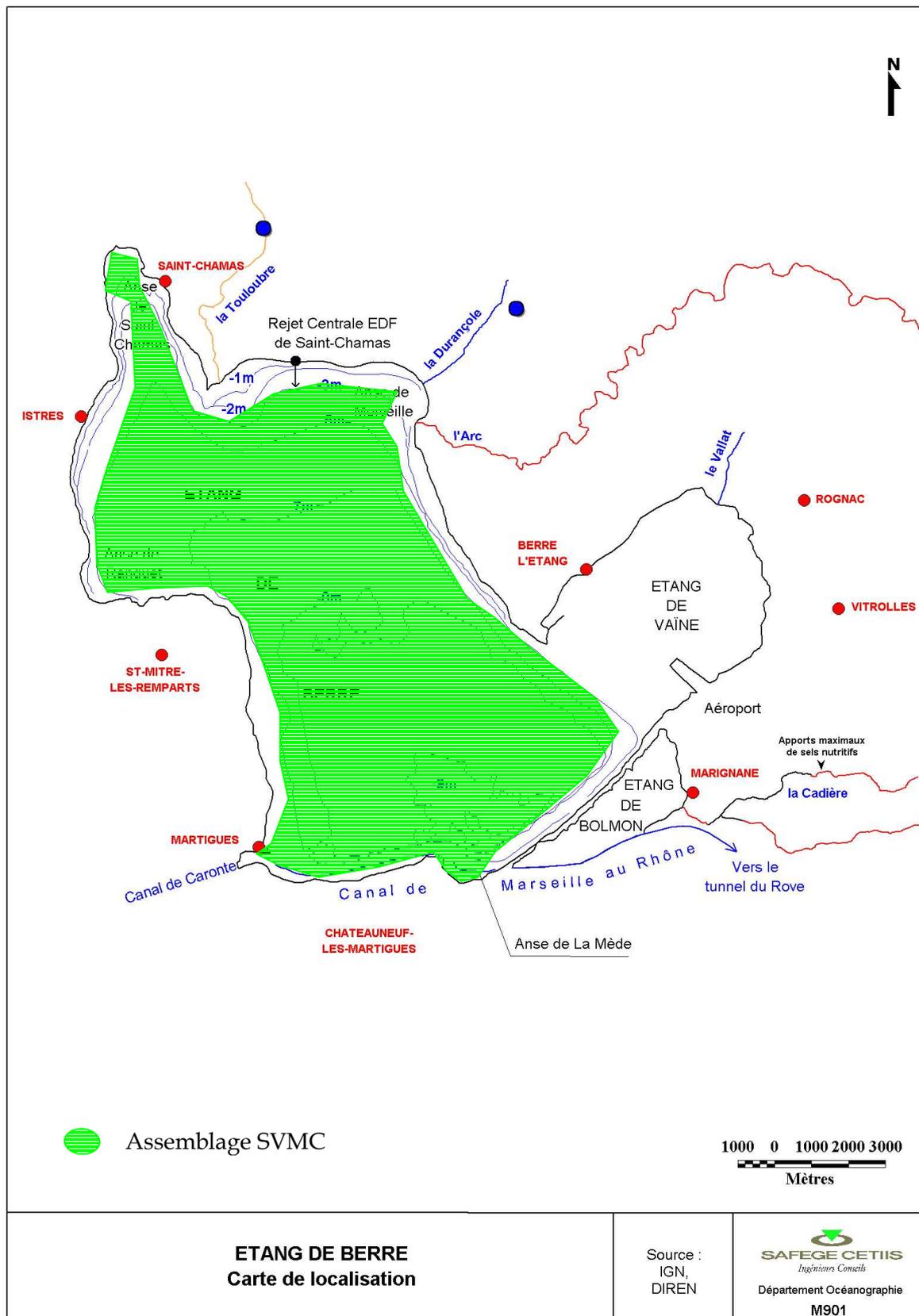


Figure 2. Cartographie des objectifs finaux de restauration de la macro-faune benthique de l'étang de Berre

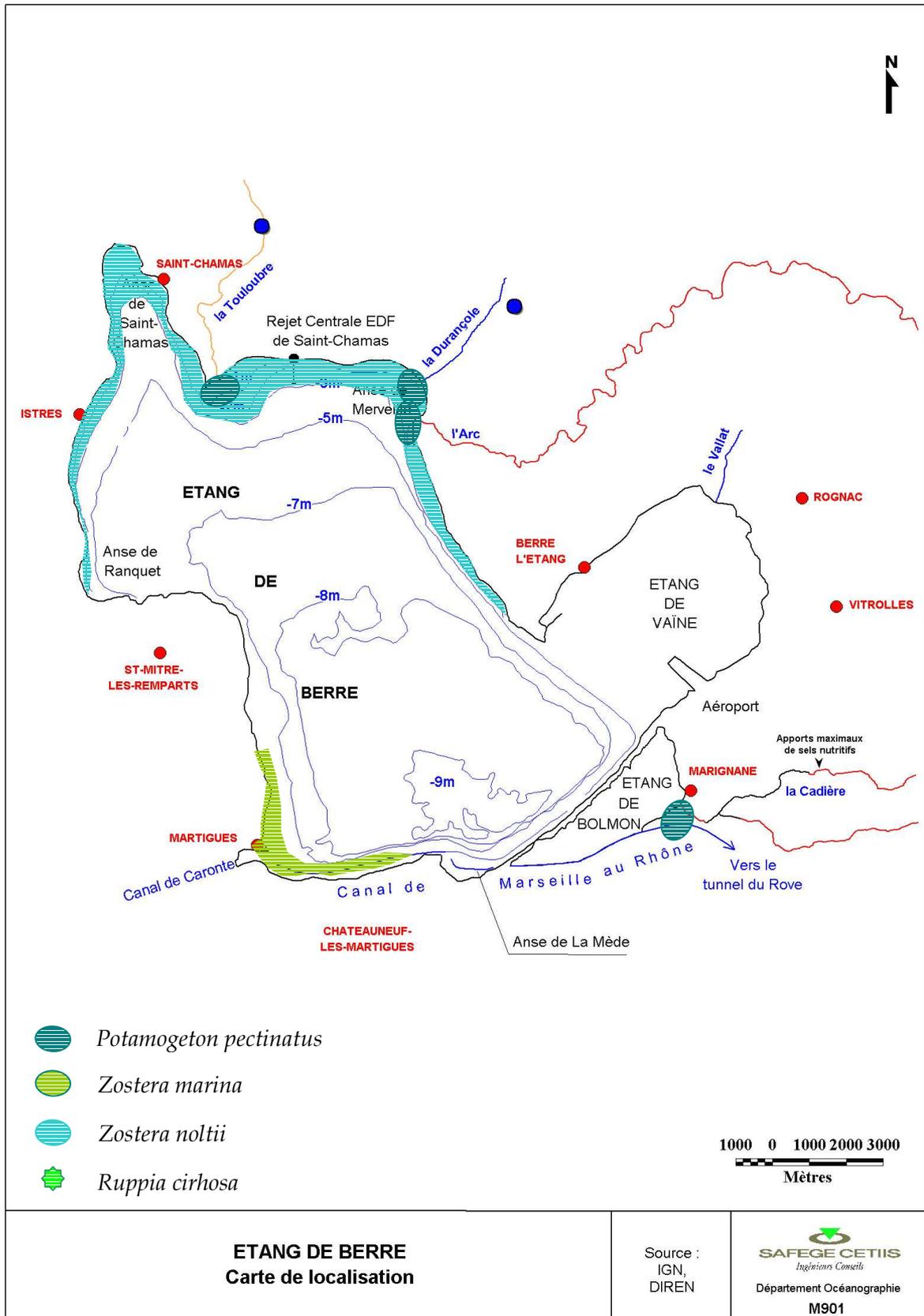


Figure 3 . Cartographie des objectifs finaux de restauration de la flore benthique de l'étang de Berre

2.4 Objectifs relatifs aux usages

La restauration de l'étang de Berre devra apporter les conditions d'un développement humain harmonieux et équilibré des usages, en favorisant le retour des activités traditionnelles axées sur l'exploitation des ressources marines et les activités balnéaires. La restauration de la lagune devra également permettre le retour des activités nautiques. Ce ré-ancrage de l'étang de Berre dans la vie économique et sociale présuppose le respect d'un certain nombre de critères de qualité du milieu qui sont développés ci-après.

2.4.1 Les eaux de baignade

La législation sur la qualité des eaux de baignade s'appuie essentiellement sur la bactériologie, la transparence de l'eau, le pH, l'oxygène, l'absence d'huiles minérales, de mousses persistantes et d'odeurs (décret 91-1283 du 19/12/1991).

En 2003, les 5 plages surveillées par la DDASS sur le pourtour de l'étang de Berre sont de qualité B à C soit de qualité moyenne à mauvaise. Cette contamination des eaux de l'étang par les germes bactériens, constitue un frein à la pratique de la plus part des usages impliqués par les objectifs du GIPREB.

L'effet d'une réduction ou d'une suppression des apports du canal EDF sur la contamination de l'étang n'est cependant pas confirmé. Les rejets EDF ne constituent pas l'apport à l'étang le plus concentré en bactéries pathogènes ni le flux le plus important de bactéries en dépit des débits d'eau très importants. Ce sont, en effet, les rejets de STEP et les cours d'eau qui contribuent majoritairement aux apports en bactéries. Les apports d'EDF ont cependant des effets, qui plus est paradoxaux, sur les teneurs en germes bactériens des eaux de l'étang : ils favorisent la survie des bactéries en influençant la salinité, le taux de matières en suspension et la richesse du sédiment en matière organique et particules fines et contribuent à leur dilution, par les volumes d'eau rejetés. Ces effets ne sont pas ressentis de manière homogène sur l'étang et varient saisonnièrement. Notons également que les apports EDF en sels nutritifs favorisent les proliférations de micro-algues ou macro-algues (ulves), desservant ainsi la qualité des eaux de baignade.

Préalablement à la définition des objectifs sur la qualité des eaux de baignade, il convient donc de procéder à une étude complémentaire définissant l'impact réel des rejets EDF sur la pollution bactérienne de l'étang. Cette étude peut se faire par modélisation des apports bactériens, du transport et du taux de survie des bactéries dans les masses d'eau.

2.4.2 Les activités nautiques

En l'absence de réglementation concernant les activités nautiques, l'**objectif final** est d'améliorer la qualité de l'environnement de ces activités. Dès lors que l'activité implique un contact direct avec l'eau (ski nautique, windsurf), l'objectif rejoint celui fixé pour la qualité des eaux de baignade. Lorsque l'activité n'implique pas de contact direct avec l'eau, il s'agira d'améliorer la transparence de l'eau. Cette diminution de la turbidité passe par une réduction de la matière en suspension, des proliférations de micro-algues et des thalles flottants de macro-algues (ulves).

2.4.3 Pêche à pieds, conchyliculture

La production conchylicole et l'apparition de mollusques comestibles ne constitue pas à ce jour un objectif du GIPREB. Celles-ci pourraient néanmoins s'avérer possible dans les nouvelles conditions de salinité, d'oxygène et grâce à l'augmentation et à la diversification, attendues des ressources trophiques. La définition d'objectifs intermédiaires pour cette activité rejoint ainsi, en partie, celle assignée à la macro-faune benthique

Le développement de la pêche à pieds ou de la conchyliculture dans l'étang doit également prendre en considération le problème sanitaire posé par le niveau de contamination actuelle de l'étang par les germes bactériens. Comme pour la qualité des eaux de baignade, en préalable à la définition d'objectifs orientés vers l'exploitation des ressources de l'étang, il convient préalablement de mener une étude complémentaire établissant le rôle des rejets EDF dans la pollution bactérienne de l'étang.

2.4.4 La pêche

L'**objectif final** est le retour des espèces commerciales caractéristiques des lagunes méditerranéennes profondes. Les objectifs en termes de populations de poissons doivent correspondre à une stratégie d'exploitation commerciale de celles-ci.

Un état cible intermédiaire pourrait être l'augmentation des stocks de poissons euryhalins actuels tels que les anguilles, mullets, soles, daurade et loups dont la présence est restreinte par le manque d'oxygène dans les zones profondes et l'absence d'herbiers (habitat pour les juvéniles et sources de nourriture).

Pour chacune de ces espèces, des objectifs intermédiaires devront être précisés lorsque cela s'avère pertinent. La définition se fera notamment en terme de taux de recouvrement et de profondeur maximale de présence de l'espèce.

2.5 Récapitulatif des objectifs

L'étude complémentaire doit permettre de compléter le récapitulatif (Tableau 1) des objectifs finaux et intermédiaires :

Tableau 1. tableau récapitulatif des objectifs

	Objectifs votés par le GIPREB	PROPOSITION d'objectif intermédiaire
Phanérogames		
<i>Zostera marina</i>	Présence dans la zone d'influence des entrées d'eau marine	Présence dans la zone d'influence des entrées d'eau marine
<i>Zostera noltii</i>	Extension des herbiers en place et colonisation pérenne sur le pourtour de l'étang	Extension des herbiers en place et début de colonisation pérenne sur le pourtour
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Disparition de l'espèce hors embouchure immédiate des cours d'eau	Disparition de cette espèce en dehors de l'embouchure des cours d'eau et début d'installation à l'embouchure des cours d'eau
<i>Ruppia cirrhosa</i>	Extension des herbiers en place	Retour de l'espèce dans la zone où elle était présente en 1966
Faune benthique		
	Stabilisation d'une faune benthique de type SVMC sur l'ensemble de l'étang	Restauration et extension d'une faune de type LEE
	Retour des espèces benthiques dans les zones profondes	Apparition ou maintien dans les zones profondes d'espèces marines supportant des dessalures
		Début de colonisation des sédiments par les peuplements de type SVMC à proximité des zones d'influence marine
Usages		
Baignade	Eaux conformes à la réglementation en vigueur	Réduction des proliférations de macro-algues (ulves) et micro-algues <i>Diminution de la contamination bactérienne des eaux ?</i>
Pêche	Retour d'espèces commerciales de lagunes marines profondes	Augmentation des stocks de poissons euryhalins déjà présents (anguilles, mullets, soles, daurades et lours)
Pêche à pieds, Conchyliculture	Eaux conformes à la réglementation en vigueur	Présence et survie de certains mollusques comestibles <i>Diminution de la contamination bactérienne des eaux ?</i>
Activités nautiques	Eaux conformes à la réglementation sur les eaux de baignade	Réduction des proliférations de macro-algues (ulves) et micro-algues

3 Conditions requises pour la réalisation des objectifs

3.1 Méthode

Cette nouvelle étape consistera à déterminer les conditions de réalisation de ces objectifs en regard des paramètres influencés par les rejets EDF à savoir : la salinité, l'oxygénation de l'eau, la bactériologie, la luminosité dans la colonne d'eau (MES + production phytoplanctonique), le substrat, le temps de résidence, etc...

Plusieurs cas de figures sont à prendre en compte :

- Soit les valeurs des paramètres sont clairement énoncées par la réglementation.
- Soit les valeurs des paramètres ne sont pas d'ordre réglementaire mais proviennent d'une connaissance « écologique ». L'étude complémentaire devra alors s'appuyer sur les travaux existants et les dires d'experts. A titre d'exemple, il faudra procéder à une recherche bibliographique sur les conditions d'émergence et d'expansion des espèces de la flore caractéristique des lagunes méditerranéennes profondes.
- Soit les conditions restent inconnues malgré la recherche bibliographique et la consultation d'experts. Des expérimentations ou suivis sont alors à définir et mettre en place pour répondre à ces questions.

3.2 Conditions fixées par la réglementation

3.2.1 Réglementation sur la qualité des eaux de baignade

La baignade est l'usage le plus réglementé. La directive européenne n°76/160 CEE du 8 décembre 1975 a défini les normes de qualité pour les eaux de baignade et donné les indications générales sur les mesures à prendre pour en assurer la surveillance. Le décret n°81-324 du 7 avril 1981 a transcrit en droit français les dispositions de cette directive.

La réglementation sur la qualité des eaux de baignade fournit des valeurs à respecter pour que les eaux soient dites de « bonne qualité ». La définition des objectifs est subordonnée à la réalisation d'une étude complémentaire sur l'impact réel des rejets EDF sur la pollution bactérienne de l'étang.

Tableau 2. Réglementation sur la qualité des eaux de baignade

	Paramètres	Guide	Impérative	Fréquence minimale d'échantillonnage
MICROBIOLOGIE				
1	Coliformes totaux/100ml	500	10000	Bimensuelle (1)
2	Coliformes fécaux/100ML	100	2000	Bimensuelle (1°)
3	Streptocoques fécaux/100ml	100	-	Bimensuelle (1)
4	Salmonelles/1l	-	0	(2)
5	Entérovirus PFU/10l	-	0	(2)
PHYSICO-CHIMIE				
6	Ph	-	6-9 (0)	(2)
7	Coloration	-	Pas de changement -	Bimensuelle (1) (2)
8	Huiles minérales (mg/l)	- ≤0,3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur	Bimensuelle (1) (2)
9	Substances tensio-actives réagissant au bleu de méthylène (lauryl-sulfate) mg/l	- ≤0,3	Pas de mousse persistante -	Bimensuelle (1) (2)
10	Phénols (indices phénols) mg/l C ₆ H ₅ OH	- ≤0,005	Aucune odeur spécifique	Bimensuelle (1) (2)
11	Transparence m	2	1 (0)	Bimensuelle (1)
12	Oxygène dissous % de saturation O ₂	80-120	-	(2)
13	Résidus goudronneux et matières flottantes telles que bois, plastique, bouteille, récipients en verre, en plastique, en caoutchouc et en toute matière. Débris ou éclats	Absence	-	Bimensuelle (1)
14	Ammoniaque mg/l NH ₄			(3)
15	Azote Kjeldahl mg/l N			(3)
Autres substances considérées comme indices de pollution				
16	Pesticides mg/l (parathion, HCH, dieldrine)			(2)
17	Métaux lourds tels que l'arsenic, cadmium, chrome VI, plomb, mercure			(2)
18	Cyanures mg/l			(2)
19	Nitrates mg/l NO ₃ Phosphates PO ₄			(2)

(0) Dépassement des limites en cas de conditions géographiques ou météorologiques exceptionnelles.

(1) Lorsqu'un échantillonnage effectué au cours des années précédentes a donné des résultats sensiblement plus favorables que ceux prévus à la présente grille et lorsque aucune condition susceptible d'avoir diminué la qualité des eaux n'est intervenue, la fréquence d'échantillonnage peut être réduite d'un facteur 2.

(2) Teneur à vérifier lorsqu'une enquête effectuée dans la zone de baignade en révèle la présence possible ou une détérioration de la qualité des eaux.

(3) Ces paramètres doivent être vérifiés par les autorités compétentes lorsqu'il y a tendance à l'*eutrophisation* des eaux.

3.2.2 Réglementation sur les eaux conchylicoles

Le statut sanitaire des zones conchylicoles est soumis à la directive 79/923/CEE du 30/10/79. Son application est fixée par le décret n° 91-1283 du 19/12/91 qui donne des valeurs impératives pour certains paramètres. Cette réglementation fournit des valeurs à respecter pour la réalisation de l'objectif final de bonne qualité.

La définition des objectifs en matière de qualité sanitaire des mollusques est subordonnée d'une part à la réalisation d'une étude complémentaire sur l'impact réel des rejets EDF sur la pollution bactérienne de l'étang et d'autre part à l'étude des apports EDF en polluants chimiques et organiques.

Classement A 90 % valeur < 300 coliformes fécaux ou 230 <i>E. coli</i> dans 100g de chair et liquide intervalvaire aucune valeur > 1000
Classement B 90% valeur < 6000 coliformes fécaux ou 4600 <i>E. coli</i> pour 100g de chair et liquide intervalvaire aucune valeur > 60 000 coliformes fécaux ou 46 000 <i>E. coli</i>
Classement C 90% valeur < 60 000 coliformes fécaux ou 46 000 <i>E. coli</i> pour 100g de chair et liquide intervalvaire
Classement D Valeurs > aux conditions du classement C
Cadmimum et Plomb < 2 mg/Kg de poids humide
Mercurure < 0.5 mg/ Kg de poids humide

Tableau 3. Classement des zones conchylicoles

3.3 Conditions données par la bibliographie

L'étude s'intéresse aux paramètres influencés de manière directe ou indirecte par les rejets EDF, soit principalement la salinité, la transparence de l'eau, les teneurs en oxygène.

3.3.1 Pour les phanérogames

Les phanérogames couramment utilisées comme indicateurs biologiques, ont fait l'objet de nombreuses études. Leur présence et leur taux de recouvrement sont fonction de nombreux paramètres, transparence de l'eau, teneur en oxygène, niveau moyen et variation de salinité, nature du substrat, compétition inter-spécifique, etc. Les données disponibles et les informations collectées auprès des experts sont reportées dans le Tableau 4. Elles concernent les espèces *Ruppia cirrhosa*, *Zostera marina* et *Zostera noltii*. Elles indiquent notamment que ces phanérogames ne peuvent correctement se développer dans des eaux de salinité inférieures à 20‰ et sur des profondeurs supérieures à 3 m.

3.3.2 Pour la faune benthique

D'après les données collectées dans le Tableau 4, le développement d'une faune benthique de type LEE sur l'ensemble de l'étang (objectif intermédiaire), requiert :

- une salinité stabilisée à un niveau de 20 ‰ est au moins nécessaire.
- que l'halocline ne s'accompagne pas d'une oxycline car c'est l'oxygène qui certainement en synergie avec d'autres facteurs dans la partie Sud de l'étang est le facteur primordial de désertification.

La présence du peuplement SVMC à proximité des échanges avec la mer ne pourra être possible qu'à la condition d'une salinité comprise entre 25-30‰.

Les coques et le Mye de sables sont adaptés aux faibles salinités (environ 20‰) tout en supportant des salinités plus importantes. Les Moules, huîtres et Clovisses supportent des salinités comprises entre 30 et 37 ‰ (conditions optimales). Les exigences en terme d'oxygénation sont, pour ces espèces, proches de 100% de saturation. Les conditions de prolifération de ces espèces sont toutefois fonction d'autres critères que la salinité et l'oxygène, il y a bien évidemment la quantité et la qualité de ressources trophiques disponibles et l'ensemble des conditions environnementales, il faut donc prendre les valeurs données qui correspondent à ce que l'on connaît pour quelques lagunes méditerranéennes, avec beaucoup de réserve.

3.4 Synthèse

De ces premiers éléments, on peut conclure qu'une salinité stabilisée autour de **20-25 ‰** permettrait :

- D'amorcer la restauration des herbiers de zostères qui se développent dans une gamme de salinité de 20 à 40‰ pour *Zostera marina* et de 20 à 35‰ pour *Zostera noltii*
- Une régression de *Potamogeton pectinatus* et *Ficopomatus enigmatus*, puisqu'une salinité autour de 25‰ est supérieure aux limites de tolérance de ces organismes
- Le retour de moules (*Mytilus galloprovincialis*) qui nécessitent une salinité de 25 à 40‰
- L'amorce de développement de la faune benthique de type SVMC ; cependant un développement plus important de cette faune ne pourra se faire qu'avec une salinité de 25 à 30‰

Il est à préciser que cette augmentation et cette stabilisation de la salinité conduiront à un développement des herbiers et à un maintien de *Ruppia cirrhosa* à la condition qu'un contrôle soit exercé sur le niveau d'eutrophisation de l'étang.

Tableau 4. Connaissances écologiques sur les indicateurs biologiques choisis

Indicateurs	Salinité	Profondeur	MES	Oxygène	Type de substrat	Demande en nutriments	Compétition avec d'autres espèces	Prédateurs	Autres
<i>Mytilus gallo-provincialis</i>	Supporte variations salinité de 25 à 40 g/l			Proche de 100%	Meuble et surtout dur				
<i>Ruppia cirrhosa</i>	Caractéristique des eaux saumâtres essentiellement entre 5 et 35 g/l (peut être rencontrée jusqu'à 60g/l)	2 à 3m			Fonds sableux à vaseux	Régressent avec eutrophisation			Espèce protégée en PACA tiges fragiles
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0 à 10 g/l (optimum), possible jusqu'à 20	Submergé mais peu profond (1à1,5 max) Manque de lumière = limitant			Optimum : Fonds riches en MO mais sans être excessif				
<i>Zostera marina</i>	20 à 40 g/l (possible à partir de 15 et jusqu'à environ 42)	2 à 3m	Sensibles à turbidité		Substrats meubles variés (sable à vase)	Sensibles à eutrophisation			Espèces protégées en PACA Résistante à action vagues
<i>Zostera noltii</i>	20 à 35 g/l (possible à partir d'environ 10 et jusqu'à 40)	2 à 3m							

Indicateurs de faune SVMC	Maintien durable pour une salinité au-dessus de 25 - 30 ‰								
<i>Loripes lacteus</i>									
<i>Venerupis aurea</i> (clovisse jaune)	Tolère variations salinité comprises entre 15 et 40 g/l			Proche 100%					
<i>Venerupis decussatus</i> (palourde)				Proche 100%					
Indicateurs de faune LEE	Expansion avec une salinité de 15-25 ‰								
<i>Cerastoderma glaucum</i>	Tolère variations salinité comprises entre 4 et 60 g/l				Sable vaseux / vases sableuses				
<i>Ficopomatus enigmatus</i>	Indicatrice de dessalure, préfère milieux dessalés (< 15 g/l)	Faibles profondeurs (1 m)			Substrats durs infralittoraux				Une remarque : <i>Ficopomatus</i> est un polychète <i>serpulidae</i> (à ne pas mettre avec les plantes)

Tableau 5. Objectifs de qualité et paramètres impliqués

Objectifs									
Paramètres	Baignade	Activités nautiques	Pêche à pieds Conchyliculture	La pêche	<i>Zostera noltii</i>	<i>Ruppia cirrhosa</i>	<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Zostera marina</i>	Faune benthique SVMC
Bactériologie									
Transparence de l'eau									
MES									
Mousses persistantes									
Odeurs									
Huiles minérales									
Oxygène dissous									
Salinité									
Stratification des eaux									
Substrat									
Disponibilité des éléments nutritifs									

3.5 Conclusion

Sur la base des objectifs du GIPREB et en s'appuyant sur cette première définition des objectifs intermédiaires, les experts concluent sur la nécessité d'une augmentation et d'une stabilisation de la salinité autour de 20 ‰. Celles-ci ne pourront être atteintes qu'à la condition d'une diminution globale et d'une régularisation des apports. En raison de la multiplicité des paramètres physico-chimiques impliqués par la restauration du milieu et de la complexité des interactions entre ces paramètres, les experts préconisent de :

- prédéfinir par le moyen de la modélisation mathématique le niveau de rejet permettant d'atteindre les contraintes retenues pour la salinité,

- réaliser une expérimentation en temps réel de suivi de l'étang de berre.

Nous proposons de compléter ces deux études par une étude statistique visant à mieux connaître les liens s'opérant entre l'ensemble des paramètres physico-chimiques ainsi que leur influence sur les espèces et le rôle du forçage exercé par les apports EDF. Le contenu de cette analyse est précisé au chapitre suivant.

4 Définition des contraintes pour les rejets

4.1 Objectif

Les conditions (physico-chimiques notamment) de réalisation des objectifs intermédiaires, dicteront l'abaissement et la régularisation des rejets EDF. Pour établir ce lien, différentes méthodologies peuvent être envisagées.

4.2 Méthodes

4.2.1 La modélisation mathématique

La modélisation mathématique est un outil parfaitement adapté à cette problématique. Le modèle peut en effet, être utilisé pour retrouver, selon une procédure essai-erreur, les configurations de débit (en jouant sur le niveau et la variation) qui garantissent un état physico-chimique favorisant la restauration biologique. Dans l'état actuel du modèle Telemac, seule la salinité pourra faire l'objet d'une telle procédure.

Un niveau de stabilisation autour de 20 ‰ a été évoqué par le collège d'experts comme un seuil permettant le développement sur l'ensemble de l'étang de la faune benthique de type LEE et un début de restauration des phanérogames. Le modèle TELEMATAC pourrait permettre de déterminer pour quel rejet (en termes de volume total et de débit) ce niveau de salinité peut être atteint et stabilisé.

4.2.2 L'analyse statistique

Cinq volets sont inclus dans le suivi écologique du GIPREB, ce sont, l'hydrologie, le benthos, la matière vivante, les algues et phanérogames et enfin le sédiment. *Une analyse statistique sur la base de données collectées depuis 1994 devrait permettre de rechercher les corrélations existantes entre les différents paramètres.* Cette recherche peut se faire par simple test de corrélation ou par analyse en composantes principales (ACP) permettant ainsi de réduire le système complexe de corrélations en un plus petit nombre de dimensions. L'année 2002 présente un intérêt particulier puisqu'elle se distingue des

autres années par un très faible débit (en moyenne de 3,37 m³/s sur l'année contre des débits moyen annuel supérieur à 77 m³/s de 1998 à 2001).

Une fois les corrélations établies, elles permettraient de déterminer des **seuils** de débits correspondants aux objectifs fixés. Les résultats de cette analyse seront comparés à ceux du modèle en ce qui concerne la salinité.

La mise en œuvre et l'interprétation des résultats de cette analyse devront être guidées, éclairée, encadrées par la connaissance actuelle du fonctionnement de l'étang.

4.2.3 Etude en temps réel

Pour décrire l'éventuelle amélioration du milieu par une gestion différente des apports EDF, les experts estiment nécessaire d'organiser *une étude en temps réel des rejets EDF modifiés*. Cette approche permettra en outre, de cerner les paramètres difficilement prévisibles en règle générale, et en particulier, ceux qui ne sont pas pris en compte par la modélisation mathématique. Ils préconisent de mener cette expérimentation « grandeur nature » d'une gestion différente des rejets sur une période d'au moins 12 mois et au mieux de **2 ans** pour avoir confirmation ou non des effets amorcés lors des 12 premiers mois. La modélisation et l'analyse statistique pourraient fournir un objectif de débit hebdomadaire (voire quotidien ?) permettant une stabilisation et un abaissement au niveau souhaitable, de la salinité. Une fois ce débit respecté, un suivi peut être mis en place.

On relève parallèlement la volonté de développer une modélisation mathématique des caractéristiques biogéochimiques de l'étang dans l'optique de mieux comprendre les interactions complexes qui règlent l'évolution de l'écosystème de l'étang. Nous proposons que le suivi de l'étang ait également pour objectif de produire les données nécessaires à la calibration et à la validation de l'outils de calcul.

Afin de satisfaire aux exigences mentionnées ci-avant, le suivi pourrait être organisé selon deux principes complémentaires, l'acquisition d'une vision à la fois spatiale et temporelle (couverture spatiale) des caractéristiques de l'étang selon les méthodes déjà mis en place par le GIPREB depuis 1994, et celle d'une représentation très fine de la variation temporelle de certains paramètres physico-chimiques par le moyen de la mesure en continue.

4.2.3.1 Suivi spatio-temporel

Les **paramètres à suivre** sont ceux du suivi déjà mis en place par le GIPREB depuis 1994. A ce suivi nous proposons l'ajout de certains paramètres et une augmentation de la fréquence de surveillance des volets benthos et sédiment. Nous insisterons en particulier sur la nécessité qu'il y a de suivre les paramètres suivants en raison de leur impact sur la faune et la flore marine et de la difficulté que représente leur prévision :

- La turbidité qui contrôle le développement des herbiers,

- L'oxygène dissous dont dépend crucialement la colonisation des zones profondes,
- La physico-chimie du sédiment (Matière Organique, potentiel Redox) en tant que biotope des herbiers et de la faune benthique.

Les phases précédentes (phases 1 et 2) ont mis en évidence l'absence et l'intérêt du suivi des concentrations en **silice** dans l'étang. Or ce paramètre est pertinent dans le cadre d'une étude de l'évolution de l'eutrophisation, en ce sens que les rapports Si/N et Si/P contrôlent en partie les compétitions interspécifiques au sein de la communauté phytoplanctonique et en particulier celle qui oppose les diatomées aux dinoflagellés.

La **fréquence de suivi** dépend du paramètre suivi. Par rapport au suivi déjà en place depuis 1994, nous proposons d'intensifiée la fréquence du suivi pour certains paramètres clés tels les phanérogames et la qualité du sédiment. Le prélèvement actuel (tous les 2 à 3 ans) pourrait devenir saisonnier afin de détecter les signes d'une amélioration à court terme.

Tableau 6. Suivi actuel et proposition pour le suivi futur

Volet	Suivi actuel		Proposition pour suivi futur
	Paramètres	Nombre de stations et fréquence	
Hydrologie	Oxygène Salinité Température pH Turbidité	11 stations (profils tous les 50 cm de la surface au fond) <i>Fréquence mensuelle ou bimensuelle</i>	<i>Fréquence bimensuelle préférable</i>
	Analyses chimiques : NO ₂ , NO ₃ , PO ₄ , N _{tot} , P _{tot} , chlorophylle a, phaeo-pigments, MES	11 stations (surface et fond) <i>Fréquence mensuelle ou bimensuelle</i>	Suivi supplémentaire de la concentration en Silice <i>Fréquence bimensuelle préférable</i>
	Phytoplancton : détermination et comptage	3 stations (1 Bolmont) <i>Fréquence mensuelle ou bimensuelle</i>	<i>Fréquence bimensuelle préférable</i>
Benthos	Détermination et comptage des organismes macrobenthiques	12 stations <i>fréquence bisannuelle</i> 2 stations <i>Fréquence mensuelle</i>	8 à 12 stations à déterminer <i>Fréquence mensuelle</i> pour analyses conjointes de certains paramètres sédimentaires tels que MO
Matière Vivante			Analyse de polluants (métalliques et organiques) sur des espèces de poisson pêché dans Berre et Bolmont <i>Prélèvement saisonnier</i>
Algues et phanérogames	Evaluation quantitative de 3 espèces de phanérogames (<i>Potamogeton pectinatus</i> , <i>Ruppia cirrhosa</i> et <i>Zostera noltii</i>) et 5 espèces d'algues (<i>Enteromorpha spp</i> , <i>Ulva spp</i> ,	31 transects	Suivi supplémentaire de <i>Zostera marina</i> Photographies aériennes

	<i>Cladophora spp, Gracilaria spp</i> et <i>Polysiphonia spp</i>)	<i>Tous les 2 ou 3 ans</i>	Augmentation de la fréquence de suivi : <i>suivi saisonnier proposé</i>
Sédiments	Analyse des sédiments Granulométrie, COT, Ptot, N, micropolluants organiques, métaux Potentiel redox	21 stations <i>Tous les 2 ans</i>	Augmentation de la fréquence : <i>Suivi semestriel proposé</i>
Germes bactériens	Coliformes totaux, fécaux, streptocoque, Eschérichia coli	5 stations <i>Fréquence bihebdomadaire</i>	Augmentation du nombre de station

Le suivi de la flore et de la faune marine sera reporté sur des cartes afin de retracer l'évolution spatiale des peuplements.

En cours d'expérimentation, l'amélioration de la qualité du milieu et l'évolution de ces caractéristiques physico-chimiques permettront, l'intégration de nouveaux paramètres et de nouvelles méthodes de mesures. Si les conditions physico-chimiques permettent la réimplantation des moules au sein de l'étang, des indices tels que l'indice de condition (ou taux de remplissage de la coquille), des paramètres biométriques, le test de survie à l'air, seront en mesure de fournir une appréciation certes limitée (à l'espèce impliquée) mais néanmoins réelle de la capacité « biologique » de l'étang. On pourra également envisager d'employer les moules comme matrice pour la mesure de la contamination chimique de l'étang, par la méthode du « caging ». L'introduction des méthodes d'écotoxicologie avec le dosage de bio-marqueurs sera très utile préalablement au développement d'une activité de récolte de coquillage (dès lors que les stocks en place permettront de l'envisager).

4.2.3.2 Suivi en continu

Les experts associés à cette étude proposent de mettre en œuvre une bouée de type MAREL de l'fremer. Selon ces experts, ce type d'appareillage présente toutes les critères de fiabilité requis par la mesure automatisée et des capteurs de température, conductivité, oxygène, turbidité, fluorescence et nitrates, qui satisfont les objectifs assignés au suivi.

Il est suggéré que cet appareil soit immergé suffisamment longtemps pour enregistrer la variation des paramètres liée aux conditions météorologiques et aux niveaux de rejets de la centrale.

4.3 Les limites

Il faut garder présent à l'esprit que la mise en œuvre effective d'une optimisation des rejets EDF dans la perspective d'une restauration écologique de l'étang, présente un

certain nombre de points durs et d'incertitude qui devront être abordés par l'étude complémentaire, il s'agit notamment :

- du **coût de la mise en place du suivi** en temps réel,
- de la **faisabilité du mode de rejet EDF préconisé** par le modèle et les statistiques,
- de la difficulté **d'atteindre les objectifs de manière homogène** sur l'ensemble de l'étang
- de la difficulté **de déterminer des seuils pour chaque paramètre** vu la complexité des interactions dans l'étang.