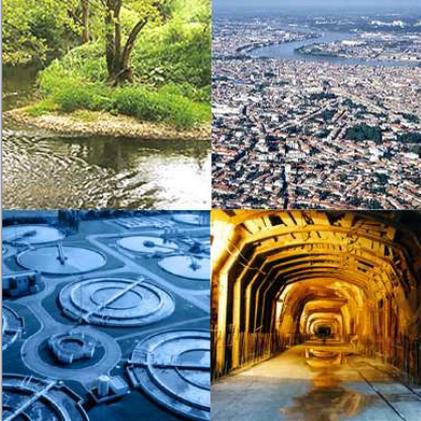


# GIPREB

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



## **Bilan des connaissances du fonctionnement écologique et socio-économique de l'Étang de Berre**

N°NG 106

Avril 2004

*Rapport de Phase 1*

# SOMMAIRE

---

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LES APPORTS A L'ETANG ET LA CONTRIBUTION DU CANAL EDF</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES APPORTS A L'ETANG</b>	<b>7</b>
2.1.1	LES COURS D'EAU	8
2.1.2	LES STATIONS D'EPURATION	13
2.1.3	LES REJETS INDUSTRIELS	16
2.1.4	LE CANAL EDF	16
<b>2.2</b>	<b>QUANTIFICATION DES APPORTS</b>	<b>17</b>
2.2.1	APPORTS EN EAU DOUCE	17
2.2.2	ELEMENTS NUTRITIFS ET PARTICULAIRES	21
2.2.3	LIMONS	30
2.2.4	CONTAMINANTS CHIMIQUES	33
2.2.5	GERMES BACTERIENS	34
<b>2.3</b>	<b>RECAPITULATIF DE LA CONTRIBUTION DES APPORTS EDF</b>	<b>36</b>
<b>3</b>	<b>CONTEXTE DYNAMIQUE DE L'ETANG DE BERRE</b>	<b>37</b>
<b>3.1</b>	<b>HYDRODYNAMISME ET HYDROLOGIE</b>	<b>37</b>
<b>3.2</b>	<b>CARACTERISTIQUES ET DYNAMIQUES SEDIMENTAIRES</b>	<b>38</b>
3.2.1	LES SEDIMENTS DE L'ETANG DE BERRE	38
3.2.2	DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE	39
<b>4</b>	<b>EVOLUTION DES CARACTERISTIQUES ET DE L'EQUILIBRE DE L'ECOSYSTEME</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>L'ÉTANG AVANT 1863</b>	<b>42</b>
<b>4.2</b>	<b>L'ÉTANG SOUS INFLUENCE MARINE FORTE (1863-1966)</b>	<b>44</b>
4.2.1	L'AUGMENTATION DE L'INFLUENCE MARINE (1863-1925)	44
4.2.2	UNE INFLUENCE MARINE MAXIMALE (1925 – 1966)	48
<b>4.3</b>	<b>L'ÉTANG DE 1966 A NOS JOURS</b>	<b>51</b>
4.3.1	LA PREMIERE PHASE : DES APPORTS MASSIFS D'EAU DOUCE ET DE LIMONS (1966 – 1994)	52
4.3.2	DEPUIS 1994, DES APPORTS REDUITS D'EAU DOUCE ET DE LIMONS	59
4.3.3	CAS PARTICULIER DE L'ETANG DE BOLMON	66
<b>4.4</b>	<b>L'ÉTANG LORS DE L'ARRET TEMPORAIRE DES REJETS DE LA CENTRALE EDF (JUN – OCTOBRE 1990)</b>	<b>68</b>

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	1/138

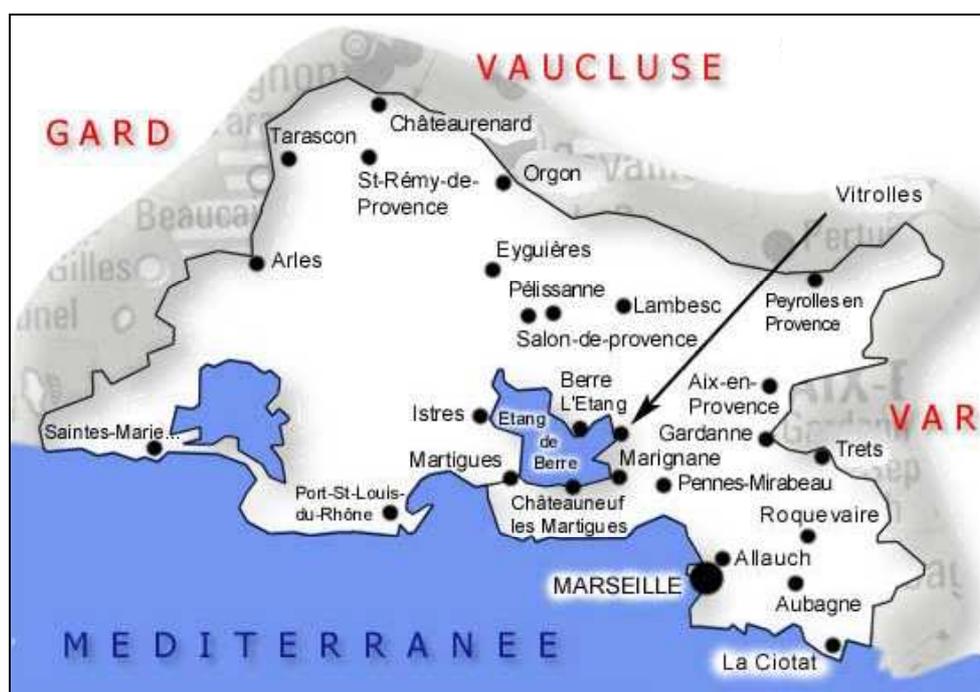
4.4.1	LE MILIEU	68
4.4.2	LA FAUNE BENTHIQUE	69
4.4.3	LA FLORE BENTHIQUE	71
4.4.4	LE PLANCTON	72
4.4.5	L'ECOSYSTEME	73
<b>5</b>	<b>USAGES ET ACTIVITES</b>	<b>74</b>
<b>5.1</b>	<b>LES ACTIVITES EXERCEES SUR L'ETANG</b>	<b>74</b>
5.1.1	LA PECHE	74
5.1.2	LES ACTIVITES DE LOISIRS	78
5.1.3	L'ACTIVITE PORTUAIRE	80
<b>5.2</b>	<b>LES ACTIVITES EXERCEES SUR LE LITTORAL ET LE BASSIN VERSANT</b>	<b>81</b>
5.2.1	LES ACTIVITES INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES	81
5.2.2	L'AGRICULTURE	83
<b>5.3</b>	<b>SYNTHESE ET ENJEUX DE CHAQUE ZONE</b>	<b>85</b>
5.3.1	ORGANISATION SPATIALE DES USAGES	85
5.3.2	PROBLEMATIQUES ET ENJEUX LIES AUX USAGES	96
<b>6</b>	<b>EVALUATION DE LA QUALITE DES SEDIMENTS ET DE LA COLONNE D'EAU</b>	<b>103</b>
<b>6.1</b>	<b>LES SELS NUTRITIFS</b>	<b>103</b>
6.1.1	L'AZOTE	103
6.1.2	LE PHOSPHORE	104
<b>6.2</b>	<b>LES POLLUANTS CHIMIQUES</b>	<b>105</b>
6.2.1	LES POLLUANTS CHIMIQUES DANS L'EAU	105
6.2.2	LES POLLUANTS CHIMIQUES DANS LES SEDIMENTS	105
6.2.3	POLLUANTS CHIMIQUES DANS LA MATIERE VIVANTE	109
<b>6.3</b>	<b>QUALITE DES EAUX DE BAINADE</b>	<b>111</b>
6.3.1	LE CONTROLE	111
6.3.2	L'IMPACT DES REJETS EDF SUR LA QUALITE DES EAUX DE BAINADE	112
<b>7</b>	<b>BILAN ET PERSPECTIVES</b>	<b>113</b>
<b>7.1</b>	<b>BILAN ET PRINCIPAUX MECANISMES ACTUELS DE FONCTIONNEMENT DE L'ETANG DE BERRE</b>	<b>113</b>
7.1.1	SYNTHESE DES EVOLUTIONS	113
7.1.2	LES PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE L'ETANG DE BERRE	122
<b>7.2</b>	<b>ELEMENTS DE REFLEXION SUR L'EFFET INDUIT D'UN ARRET DES REJETS EDF A LA LUMIERE DE L'EXPERIENCE DE 1990</b>	<b>126</b>
7.2.1	LE MILIEU	126
7.2.2	LA FAUNE ET LA FLORE MACROBENTHIQUES	126
7.2.3	L'ICHTYOFAUNE	127
7.2.4	L'ECOSYSTEME	127
<b>7.3</b>	<b>LES CONDITIONS D'UNE REELLE REHABILITATION DE L'ETANG</b>	<b>128</b>
7.3.1	LA NECESSITE DE MESURES COMPLEMENTAIRES ET SIMULTANEEES	128
7.3.2	LES INCERTITUDES	128
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>130</b>

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	2/138

# 1

## Introduction

Situé dans les Bouches-du-Rhône (Carte 1), entre le Golfe de Fos et la rade de Marseille, l'étang de Berre constitue un des plus vaste ensemble d'eau saumâtre de Méditerranée.



Source : site internet de Propamedia

**Carte 1 : Localisation de l'étang de Berre**

L'étang de Berre est constitué de deux parties séparées par un haut fond : le Grand étang à l'ouest, et l'étang de Vaine à l'est. Il est possible de leur associer l'étang de Bolmon qui n'est séparé de l'étang principal que par un cordon sableux discontinu, le cordon du Jai (Carte 2).

L'étang de Berre constitue un ensemble écologique complexe marqué par des influences à la fois marines et terrestres. Le développement économique sur et autour de l'étang a engendré de profondes modifications de cet écosystème ainsi que des dégradations sévères et majeures du milieu. Parmi ces influences anthropiques, EDF exploite depuis 1966 une usine

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	3/138

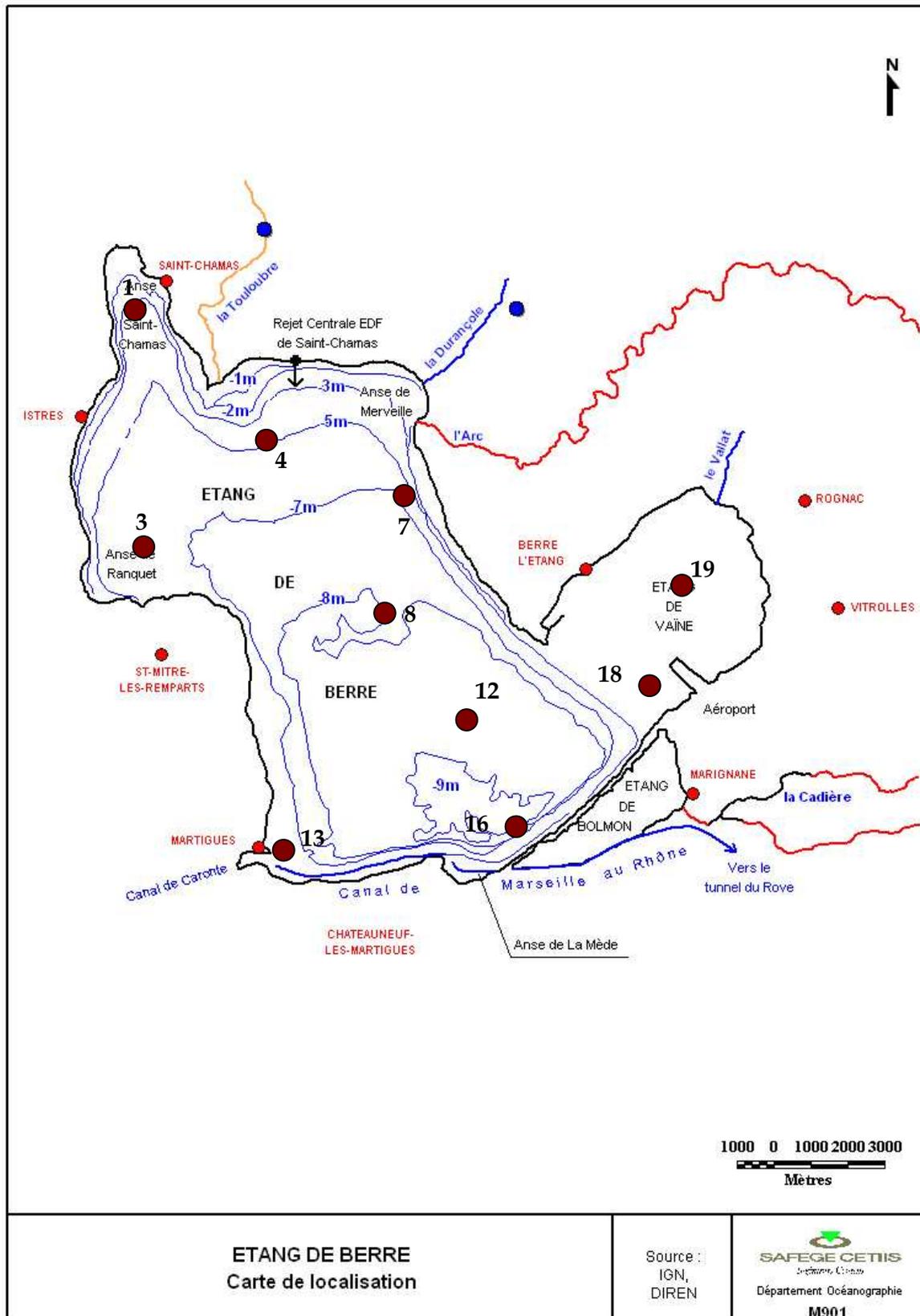
hydroélectrique, au nord de l'étang à Saint - Chamas, qui génère d'importants apports en eau douce et en sédiments à l'étang.

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de faisabilité d'une dérivation des apports du canal EDF, dont les modalités sont examinées par SOGREAH. L'objectif de cette étude est d'évaluer de manière globale l'impact d'un arrêt des rejets d'eau douce et de limons par le canal usinier de la centrale hydroélectrique de Saint - Chamas dans l'étang de Berre en tenant compte d'une approche globale de la ressource en eau de l'étang de Berre.

Le présent rapport, relatif à la Phase 1, fait un état des lieux et rend compte de l'évolution de l'étang de Berre depuis le début le début du XX<sup>ème</sup> siècle. Il donne également quelques éléments qui pourront par la suite permettre d'évaluer les effets d'un arrêt des rejets de la centrale EDF.

Ce rapport sera suivi d'un rapport de Phase 2, le cœur de l'étude, qui s'attachera à évaluer les effets induits de l'arrêt des rejets.

<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	4/138



Carte 2 : L'étang de Berre et localisation des stations du suivi hydrologique (en violet)

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	5/138

Depuis la mise en marche de la centrale hydroélectrique en 1966, différentes étapes ont marqué l'évolution des rejets liquides et solides du canal usinier de Saint - Chamas. Ces événements sont rappelés en dans le tableau suivant (*Tableau 1*) :

*Tableau 1 : Quelques dates importantes dans l'évolution de la qualité des eaux et des sédiments de l'étang de Berre en liaison avec les rejets de saint-Chamas.*

<i>Année</i>	<i>Evolution</i>
1863	Ouverture du canal de Caronte
1966	Dérivation d'une partie des eaux de la Durance vers l'étang de Berre par le canal usinier de Saint - Chamas. Apports de 3,6 milliards de m <sup>3</sup> d'eau douce par an Apports de 800 000 tonnes de limons par an
1971	<b>Premier plan de réduction</b> des pollutions industrielles avec création du <b>Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollutions Industrielles (SPPPI)</b>
1975	Loi n° 75-633 du 15 juillet 1975. Institution du <b>principe Pollueur-Payeur</b>
1980	Mise en service du bassin de délimonage de Cadarache, réduisant de 50% les apports en sédiments (ne modifie par les apports en eaux)
1990	Arrêt prolongé de l'activité hydroélectrique pendant 9 mois lié à une intense période de sécheresse.  Suivi exceptionnel de l'arrêt de 1990 et suivi volontaire du milieu par EDF
1994	Mise en place du suivi écologique de l'étang dans le cadre du <b>plan Barnier</b> Baisse des apports d'eau douce de 15% (bilan annuel) Limitation des apports en limons à 200 000 t/an *
1995	Limitation apports à 2,1 milliards de m <sup>3</sup> /an dont 0,4 du 1 <sup>er</sup> au 30 septembre
1999	Limitation des limons à 100 000 t/an en moyenne interannuelle. Création d'un ouvrage pour le rejet d'une partie des rejets de la centrale dans la Durance à Mallemort
2000	<i>Création du Groupement d'Intérêt Public pour la Restauration de l'Etang de Berre : <b>GIPREB</b></i>

\* En cas de dépassement de 2g de MES / Litre, l'eau devait être restituée en Durance quelle que soit la quantité de limon déjà rejetée.

\*\* En cas de dépassement de 1g de MES / Litre, l'eau devait être restituée en Durance quelle que soit la quantité de limon déjà rejetée.

<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	6/138

## 2

# Les apports à l'étang et la contribution du canal EDF

Un inventaire et une description de l'ensemble des apports à l'étang est premièrement effectué. Les apports par les cours d'eau, le canal EDF, les stations d'épuration et les industries du pourtour de l'étang seront ensuite détaillés en vue d'évaluer la part des apports EDF. Seuls les apports susceptibles d'être quantifiés sont abordés ici mais il existe d'autres apports plus diffus (ruissellement, apports marins, atmosphériques...).

### 2.1 INVENTAIRE ET DESCRIPTION DES APPORTS A L'ETANG

Les apports à l'étang sont listés dans le Tableau 2.

<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	7/138

Apports	Données utilisées pour étude
Canal EDF	Rapport de campagne de mesures de mai à novembre 1999 (Gosse et al, 2000)
	Données de surveillance du réseau national de bassin RMC. 1998 à 2002
Touloubre	Données de surveillance du réseau national de bassin RMC. 1998 à 2002
Arc	
Cadière	Données de concentration de juin à novembre 1999 (Gosse et al, 2000)
Durançole	Données de concentrations en azote et phosphore
Canal Bardin (Collecte pluviale et by pass de commune de Saint - Chamas)	Données de concentration s en N et P de août à octobre 1999 (Gosse et al, 2000)
Canal de Gordes	Pas de données
Ruissellement	
Le Vallat	
Canal de l'Olivier	

**Tableau 2. Liste des apports à l'étang de Berre**

### 2.1.1 Les cours d'eau

Les trois principaux cours d'eau se jetant dans l'étang de Berre sont l'Arc, la Touloubre et la Cadière. Ces rivières ont des caractéristiques proches :

- une forte pression anthropique ;
- une urbanisation diffuse sur l'amont des bassins versants des rivières (nombreuses communes de petite et moyenne importance (Aix, Vitrolles, Salon, Gardanne) ;
- l'implantation de zones industrielles ;
- des caractéristiques hydrologiques identiques avec de faibles étiages ;
- une qualité des eaux moyenne ou médiocre à l'aval des principaux rejets jusqu'aux embouchures, aggravée en période d'étiage ;
- des facultés auto-épuratrices limitées par la faiblesse des débits et l'échelonnement des rejets ;

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	8/138

- des perturbations écologiques (eutrophisation, indices hydrobiologiques faibles, déséquilibre des populations piscicoles) liés à la qualité de l'eau, localement aggravées par des aménagements ;
- des risques d'inondation suite à des crues torrentielles à réponse rapide.

Ces trois rivières sont incluses dans une politique de gestion globale par des structures intercommunales, un SAGE (sur le bassin de l'Arc), un Contrat de Rivière-Etang (Cadière-Bolmon) et un Contrat de Rivière est en cours d'élaboration sur la Touloubre.

### 2.1.1.1 L'Arc

L'impact de chaque facteur de perturbation du milieu est variable :

- La pollution domestique est la principale source de pollution ;
- L'industrialisation et l'urbanisation se manifestent au niveau de la qualité des eaux sous la forme de pollutions métalliques, d'hydrocarbures et autres détergents ;
- L'activité agricole est source de polluants (notamment la plaine alluviale de l'Arc);
- Les prises en rivière, à vocation principalement agricole, ont un impact globalement faible. L'incidence de l'agriculture sur les cours d'eau est de deux types : prélèvements pour l'irrigation et pollution. Signalons que cette activité est bien développée dans la basse vallée de l'Arc.

Tableau 3 : Qualité des eaux de l'Arc à Berre l'Etang (source :Agence de l'eau)

Année de Mesure	MOX	MA	NO3	MP	MES	Micro organismes	Métaux
2002	Vert	Rouge foncé	Jaune	Rouge foncé	Vert	Rouge	Jaune
2001	Vert	Jaune	Jaune	Rouge foncé	Rouge foncé	Rouge	Vert
2000	Jaune	Rouge	Rouge foncé	Rouge	Rouge	Rouge	Jaune
1999	Rouge foncé	Rouge	Rouge foncé	Rouge	Vert	Rouge	Vert
1998	Rouge foncé	Rouge	Rouge foncé	Rouge	Vert	Rouge	Vert
1997	Jaune	Rouge	Rouge foncé	Rouge	Vert	Rouge	Vert
1994	Jaune	Rouge foncé	Rouge foncé	Rouge	Vert	Rouge	Bleu

La signification des couleurs et abréviations est la suivante, bleu : très bonne qualité ; vert : bonne qualité ; jaune : qualité passable ; rouge foncé : mauvaise qualité ; rouge : très mauvaise qualité ; MOX : Matières organiques et oxydables ; MA : Matières azotées ; NO3 : Nitrates ; MP : Matières Phosphorées ; MES : Matières en suspension.

Quatre secteurs peuvent être identifiés le long de l'Arc :

**De la source jusqu'à son confluent avec le Grand Vallat de Fuveau :** la rivière, principalement alimentée par des eaux de surface, subit des étiages très sévères avec des assèchements naturels fréquents. De plus, de nombreux rejets (caves coopératives, communes de Pourrières, Trets, Rousset et la ZI de Peynier-Rousset), dont l'impact est

souvent accru par ces étiages, perturbent fortement l'Arc et, induisent parfois, des mortalités piscicoles, malgré quelques affluents de bonne qualité.

**Du Grand Vallat de Fuveau jusqu'à la station d'épuration de la Pioline :** les affluents, de bonne qualité physico-chimique, permettent à l'Arc de recouvrer une qualité d'eau et de milieu, relativement acceptable.

**De la station d'épuration de la Pioline jusqu'au Grand Torrent :** il s'agit du secteur le plus perturbé ; en effet l'Arc reçoit par ses affluents les effluents des zones commerciales et industrielles, en sus des stations d'épuration communales.

**Du Grand Torrent jusqu'à l'étang de Berre :** Le Grand Torrent, de qualité physico-chimique exceptionnelle, permet à l'Arc de retrouver une meilleure qualité des eaux. Quelques prélèvements (micro-centrales, agriculture) créent localement des situations difficiles, par le non-respect des débits réservés prescrits.

### 2.1.1.2 La Cadière

La pollution domestique est la principale source de dégradation de la qualité de l'eau et du milieu de ce fleuve.

Les activités industrielles constituent également une source de pollution importante. Elles sont prédominantes, notamment sur le site de Vitrolles où l'on dénombre environ 400 entreprises, dont seulement 9 étaient des installations classées en 1994.

L'agriculture est peu développée et n'est représentée que par des cultures maraîchères. Son impact sur la rivière se résume à une aggravation de l'étiage due à quelques pompes estivales.

Tableau 4 : Qualité des eaux de la Cadière à Marignane (source : Agence de l'eau)

Année de Mesure	MOX	MA	NO3	MP	MES	Micro organismes	Métaux
2002	Red	Red	Yellow	Red	Green	Red	Brown
2001	Red	Red	Yellow	Red	Green	Red	Yellow
2000	Red	Red	Brown	Red	Red	Red	Blue
1999	Red	Red	Yellow	Red	Green	Red	Green
1998	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	Green
1997	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Red	White
1994	Red	Red	Brown	Red	Green	White	Yellow

Le bassin de la Cadière est scindé en deux parties très distinctes :

**La Cadière et ses affluents en amont du pont SNCF :** ils sont peu ou pas perturbés. La Cadière est alimentée par l'importante source de l'Infernet, ce qui lui confère un débit d'étiage non négligeable.

**La Cadière en aval du pont SNCF** : la qualité physico-chimique est nettement dégradée par les nombreux rejets existants (ZI, Communes de Vitrolles et Marignane). Ce tronçon a de fréquents problèmes de pollution accidentelle, qui sont autant d'obstacles périodiques au développement des peuplements piscicoles.

### 2.1.1.3 La Touloubre

La pollution domestique est la principale source de dégradation de la qualité physico-chimique des eaux de la Touloubre.

Le problème industriel est moins crucial que dans le bassin versant de l'Arc.

L'agriculture est très développée, elle engendre une aggravation des étiages estivaux par de nombreux prélèvements et des apports conséquents de matières en suspension.

Tableau 5 : Qualité des eaux de la Touloubre au pont Flavien (source :Agence de l'eau)

Année de Mesure	MOX	MA	NO3	MP	MES	Micro organismes	Métaux
2002	Yellow	Dark Red	Yellow	Dark Red	Red	Red	Green
2001	Dark Red	Dark Red	Yellow	Dark Red	Red	Red	Blue
2000	Dark Red	Dark Red	Yellow	Red	Red	Red	Green
1999	Dark Red	Dark Red	Yellow	Red	Green	Red	Blue
1998	Yellow	Yellow	Yellow	Dark Red	Green	Red	Blue
1997	Green	Yellow	Yellow	Dark Red	Green	Red	Blue
1994	Dark Red	Dark Red	Yellow	Dark Red	Green	White	Blue

Le bassin de la Touloubre peut être découpé en trois secteurs de l'amont vers l'aval :

**De Venelles à la confluence avec le Budéou** : les débits d'étiage sont très faibles du fait des nombreux prélèvements d'eau à vocation agricole qui assèchent périodiquement le lit de la Touloubre. La qualité physico-chimique de l'eau est influencée par la station d'épuration de Venelles.

**Du Budéou au canal Saint Roch** : On observe 2 périodes de perturbation. En été, quand les pollutions sont aggravées par les étiages sévères et à la fin de l'automne, quand les pollutions «classiques» s'ajoutent à celles des diverses "laveuses de légumes" qui perturbent fortement le milieu aquatique et les peuplements piscicoles.

**Du canal de Saint Roch à l'Étang de Berre** : La Touloubre ne connaît plus de problèmes d'étiages car elle reçoit les surplus de nombreux canaux d'irrigation. La principale source de perturbation est le rejet des eaux usées de la ville de Salon de Provence. À ce problème s'ajoutent les microcentrales qui ne respectent pas les débits réservés.

#### 2.1.1.4 Origine des données et méthode d'évaluation des rejets

Les apports des cours d'eau sont étudiés à partir des données mensuelles du Réseau National de Bassin de Rhône Méditerranée Corse. La période étudiée s'étend de **1998 à 2002** soit sur 5 ans à compter de l'année des données les plus récentes. L'homogénéité des sources d'information permet de comparer des données obtenues avec la même fréquence, aux mêmes dates et par les mêmes méthodes. **Il convient cependant, de mentionner les limites de ces données qui ne prennent jamais en compte les périodes de crues. Les résultats donnés ci-dessous fournissent un ordre de grandeur et non la stricte réalité de ces rejets.**

Les rejets de l'Arc, de la Cadière et de la Touloubre sont évalués à partir du débit et des concentrations en polluants au point de surveillance SEQ le plus en aval du cours d'eau. L'évaluation est annuelle et mensuelle.

	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> )	Débit moyen (m <sup>3</sup> /s) 1998-2002	Débit moyen (m <sup>3</sup> /s) 2002
Arc	727	2.76	2,42
Touloubre	400	2.36	2,18
Cadière	73	0.85	0,97

**Tableau 6. Surface des bassins versants et débits des cours d'eau**

Cours d'eau	Point de mesure SEQ le plus en aval
Arc	Berre l'étang - Pont de Mauran (station 195 500) 2 km en amont de l'étang
Touloubre	Saint Chamas - Pont Flavien (station 196 850) 2.5 km en amont de l'étang
Cadière	Marignane - Pont du CES (station 196 950) 1 km en amont de l'étang

**Tableau 7. Points de mesures SEQ sur les cours d'eau**

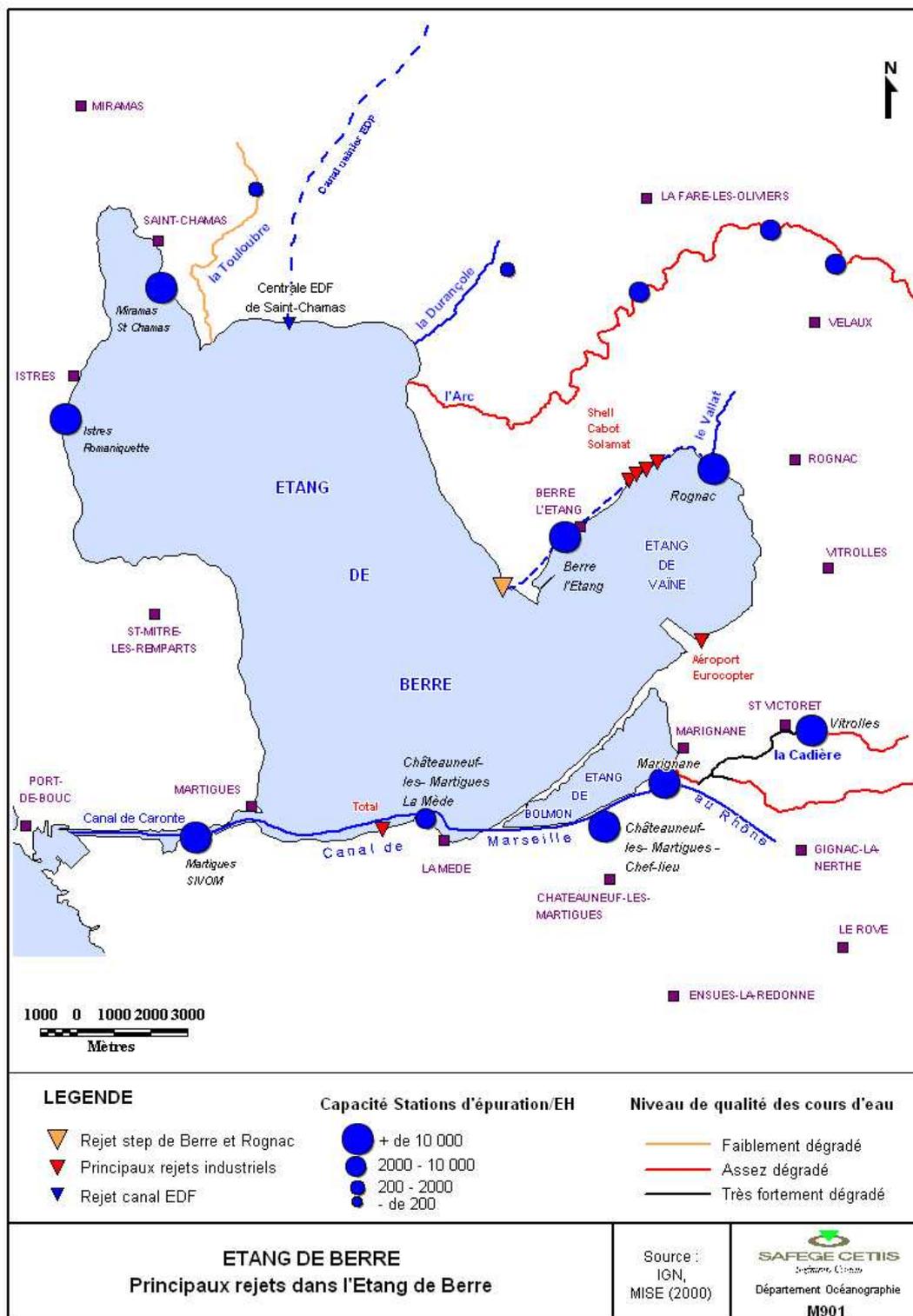
Toutes ces informations sont fournies par la grille d'évaluation SEQ - Eau du réseau des données du Bassin Rhône-Méditerranée-Corse.

## **2.1.2 Les stations d'épuration**

### **2.1.2.1 Localisation**

Six stations d'épuration sont installées autour de l'étang de Berre (Carte 3). Ces stations sont présentées dans les pages suivantes.

<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	13/138



Carte 3: Principaux rejets liés aux systèmes d'assainissement

Les STEP rejettent leurs effluents directement dans l'étang de Berre en cinq points. Aucun rejet ne s'effectue dans l'étang de Vaïne depuis le raccordement de la station de Rognac à celle de Berre. Il n'y a aucun rejet direct dans l'étang de Bolmon mais des rejets indirects s'effectuent par l'intermédiaire de la Cadière et du canal du Rove.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	14/138

### 2.1.2.2 Caractéristiques des stations d'épuration

Les caractéristiques des stations sont récapitulées dans le Tableau 8

Station d'épuration	Commune	Capacité maximale (EH)	Milieu récepteur	Boues activées	Aération prolongée	Prétraitements physiques	Filière spécifique	Nitrification	Dénitrification	Déphosphatation
Miramas Saint Chamas	Miramas	35 000	Baie de St Chamas	x	x					
	Saint Chamas									
Berre l'étang	Berre l'étang	21 000	Droit du port de la Pointe de Berre	x	x		x	x	x	x
Rognac	Rognac	16 000	Droit du port de la Pointe de Berre	x	x			x		x
Marignane	Marignane	70 000	Canal du Rove?	x	x	x		x	x	x
	Gignac La Nerthe									
	Saint Victoret									
Chateauneuf les Martigues	Chateauneuf les Martigues	3 000	Etang?	x	x	x		x		
Martigues / Port de Bouc	Martigues	100 000	Rive Nord du Chenal de Caronte	x	x			x	x	
	Port de Bouc									
	St Mitre Les Remparts									
Istres - La Romaniquette	Istres	16 000	Sud du canal de l'Olivier	x	x					

**Tableau 8. Caractéristiques des stations d'épuration du pourtour de l'étang**

La station de Istres a été mise en service en 1975, aucune industrie déclarée à l'Agence de l'Eau n'y est raccordée. Les rejets estimés au 1<sup>er</sup> janvier 2000 sont de 3 250 EH. Selon le GIPREB, cette station traite un volume annuel supérieur d'environ 30 % au volume théorique. Elle ne traite pas les phosphates et les nitrates.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	15/138

La station de Miramas Saint Chamas a été mise en service en 1982. Les rejets de la STEP se font soit dans la baie de St Chamas, au sud de la plage de la Petite Venise à St Chamas, soit exceptionnellement dans la Touloubre, environ 1 km au nord du débouché naturel de la rivière à l'ouest de la digue EDF. La surverse y est quasi-permanente aboutissant sur la rive ouest de la baie de St Chamas. Les industries qui y sont raccordées sont les suivantes :

- SNCF Gare de Miramas Chef district Miramas Bâtiment,
- Compagnie Générale des Matières Nucléaires "COGEMA"
- S.N.C.F. Miramas Dépôt/ Cuisine Centrale
- Conserverie MARIUS BERNARD Cuisine centrale
- Rejets estimés au 01/01/2000 (en Eq. Habitants) : 4367.

La station de Berre l'étang est en place depuis 1965 et la seule industrie raccordée est celle de Cellier Cadarosc Roquepertuse.

La station de Rognac est en place depuis 1989, l'industrie raccordée est celle de Chausson Service. Les rejets estimés au 1<sup>er</sup> janvier 2000 sont de 1850 EH.

La suppression de la station de Chateauneuf La Mède est prévue en 2003. Elle devrait être raccordée à celle de Chateauneuf Chef-Lieu d'une capacité de 16 000 EH. L'industrie raccordée à ces 2 stations est celles de Carrefour.

### 2.1.3 Les rejets industriels

L'activité industrielle s'est fortement développée sur le bassin versant de l'étang de Berre. Une description en est faite au paragraphe 5.2.1. Il existe 6 rejets industriels majeurs recensés sur le littoral immédiat de l'Etang de Berre :

- la raffinerie Total France sur le littoral de Chateauneuf ;
- la Raffinerie et usine chimique Shell sur le littoral de Berre ;
- l'usine chimique Cabot sur le littoral de Berre ;
- l'usine Solamat sur le littoral de Berre ;
- Eurocopter sur le littoral de Marignane.

### 2.1.4 Le canal EDF

L'évaluation des apports EDF s'appuie sur les données acquises depuis 1998 par le **Réseau National de Bassin (RNB) de Rhône Méditerranée Corse**. Cela permet de comparer des données acquises à la même fréquence et avec les mêmes méthodes. **Il convient cependant, de mentionner les limites de ces données qui sont mensuelles et ne tiennent pas compte de la variabilité des flux issus du canal. Les résultats donnés ci-dessous fournissent un ordre de grandeur et non la stricte réalité de ces rejets.** En dehors de ces mesures, les seules données existantes sont celles de **la campagne de mesures EDF menée de mai à novembre 1999 (Gosse et al., 2000)**.

*Les valeurs indiquées dans le rapport de Gosse et al. (2000) diffèrent de celles publiées par le RNB. A titre d'exemple, le RNB donne un flux pour mai à septembre 1999 de 98 tonnes de Phosphore contre 50t d'après l'estimation EDF, et de 2 218t d'azote (azote total) contre 200t. D'une manière générale, les flux estimés par EDF sont nettement inférieurs à ceux évalués par le RNB.*

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	16/138

## 2.2 QUANTIFICATION DES APPORTS

### 2.2.1 Apports en eau douce

Le rejet du canal usinier de la centrale de Saint - Chamas est un apport d'**eau douce** (Figure 1) dérivée de la Durance depuis 1966. Cet apport se caractérise par une **grande variabilité saisonnière et interannuelle**, réglée par les besoins énergétiques. Le turbinage est faible de juin à septembre.

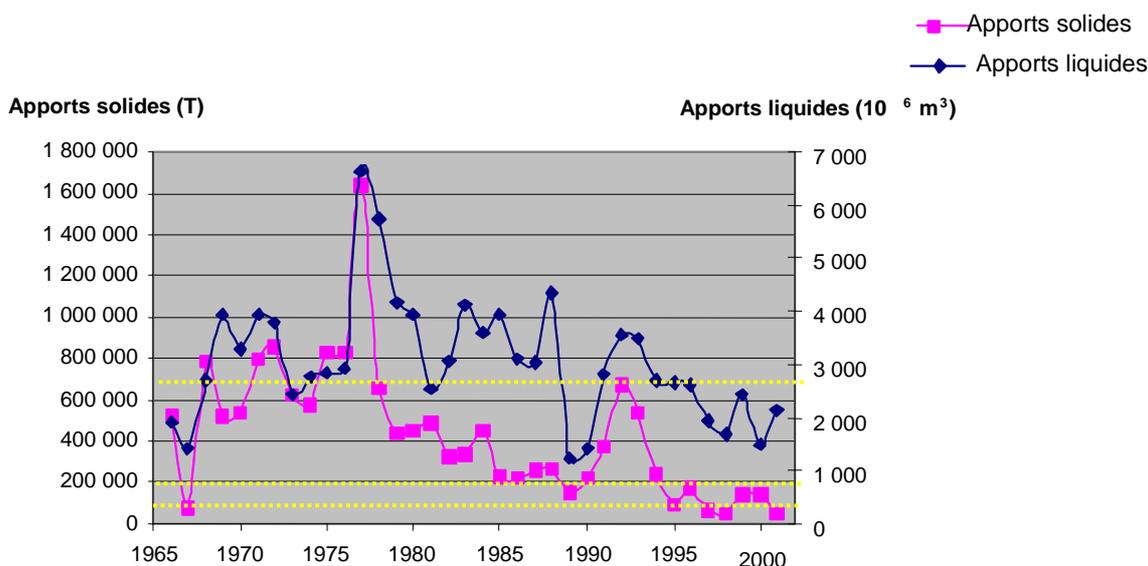


Figure 1 : Apports solides et liquides par la centrale EDF de 1966 à 2001.

Le RNB fournit les données de débit, excepté pour l'année 2002 dont les valeurs sont tirées d'un document fourni par le GIPREB (histogramme document Picon). Le débit du canal EDF (Figure 1) est en moyenne bien supérieur au débit des cours d'eau mais se caractérise surtout par une grande irrégularité. Le débit du canal EDF fut particulièrement faible en 2002 et n'est donc pas très représentatif de l'activité de la centrale hydroélectrique. Il faut donc considérer que toutes estimations faites à partir des données de cette année constituent une sous-estimation de la contribution réelle de Saint-Chamas au fonctionnement de l'étang.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	17/138

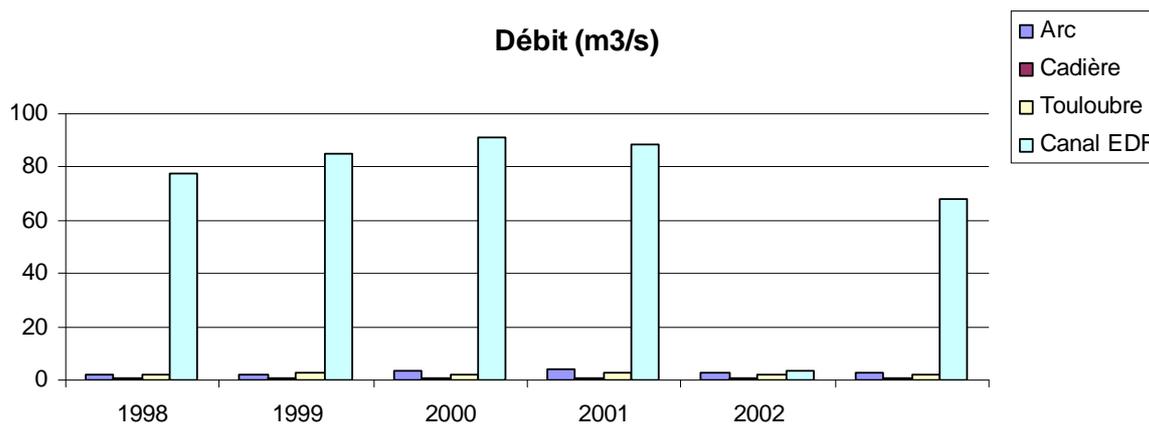


Figure 2. Débits annuels moyens du canal EDF et des 3 cours d'eau (1998-2002)

De 1998 à 2002, on observe des débits faibles en juillet et en août, qui sont proches des débits de la Touloubre. En septembre le débit augmente à nouveau, il est déjà 10 fois plus important que celui de la Touloubre. Le reste de l'année les débits sont supérieurs à 80 m<sup>3</sup>/s excepté en mars. Les apports les plus importants que ce soit par les cours d'eau ou par le canal EDF, se font au premier et dernier trimestre soit en automne et hiver.

La moyenne des débits du canal EDF de 1998 à 2001 est 30 fois plus élevée que la moyenne des débits de la Touloubre et de l'Arc et 100 fois plus élevée que celle de la Cadière (Figure 3).

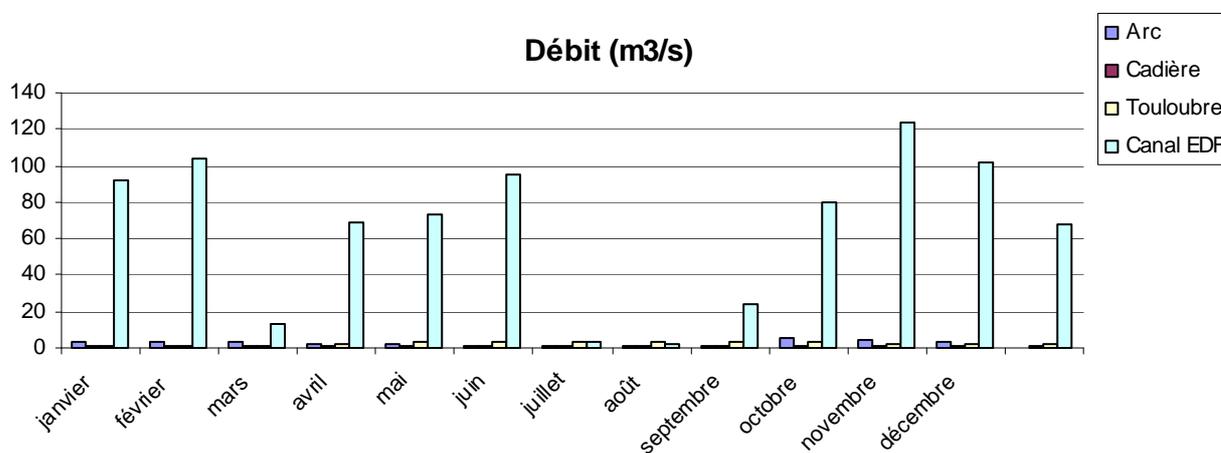


Figure 3. Débits mensuels moyens du canal EDF et des 3 cours d'eau (1998-2002)

En négligeant les apports issus du ruissellement, des canaux et de l'étang de l'Olivier, les apports du canal usinier ont représenté **entre 1998 et 2002, 91% des apports en eau (3 tributaires + canal)**. Pendant la période de plus faible turbinage, au mois de juillet et d'août,

la contribution des apports des tributaires<sup>1</sup> est maximale et représente en moyenne respectivement 56% et 68 % des apports totaux d'eau douce de l'étang.

### 2.2.1.1 Influence sur la salinité

Les apports en eaux douces de la centrale **règlent le niveau moyen de salinité des eaux sur l'ensemble de l'étang** (simulations LNHE) ainsi que ces variations saisonnières (Figure 4). Le sud et le centre se démarquent par une stratification haline très marquée, résultat de la confrontation des masses d'eaux salées et douces. La stratification haline est en revanche nettement moins prononcés voire absente sur les secteurs de l'anse du Ranquet, de l'étang de Vaine et de Saint-Chamas.

Lorsque la centrale ne turbine pas pendant quelque temps, trois zones homogènes se dessinent (Figure 5, Arfi, 1991)

- ✓ la zone Nord, essentiellement sous l'influence des apports continentaux (Arc, Touloubre, rejets urbains)
- ✓ la zone orientale, incluant l'étang de Vaine qui réagit avec un temps de retard tant du point de vue de la salinité que de la température.
- ✓ la zone centrale, plus vaste, qui reste stratifiée.

Quand l'usine turbine on distingue deux zones de part et d'autre de l'axe Nord-Sud que représente l'écoulement de l'eau issue de Saint - Chamas vers l'entrée du canal de Caronte.

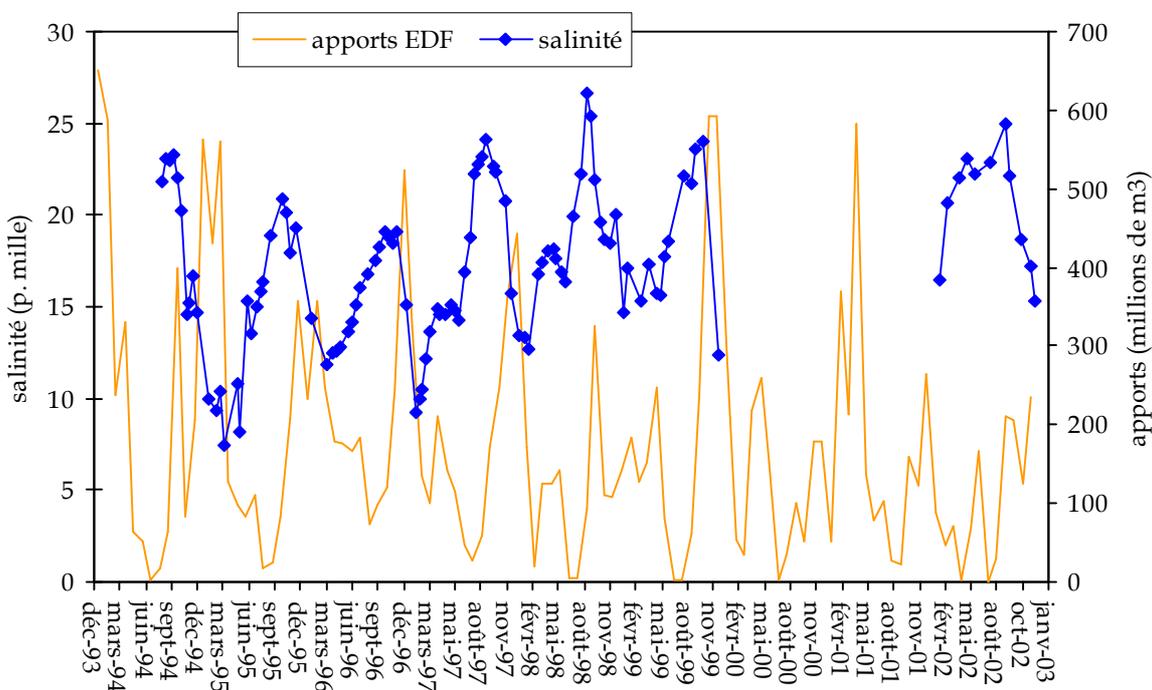


Figure 4 : Evolution des apports EDF et de la salinité moyenne en surface depuis 1993-1994.

<sup>1</sup> Cours d'eau dont l'exutoire est l'étang de Berre

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	19/138

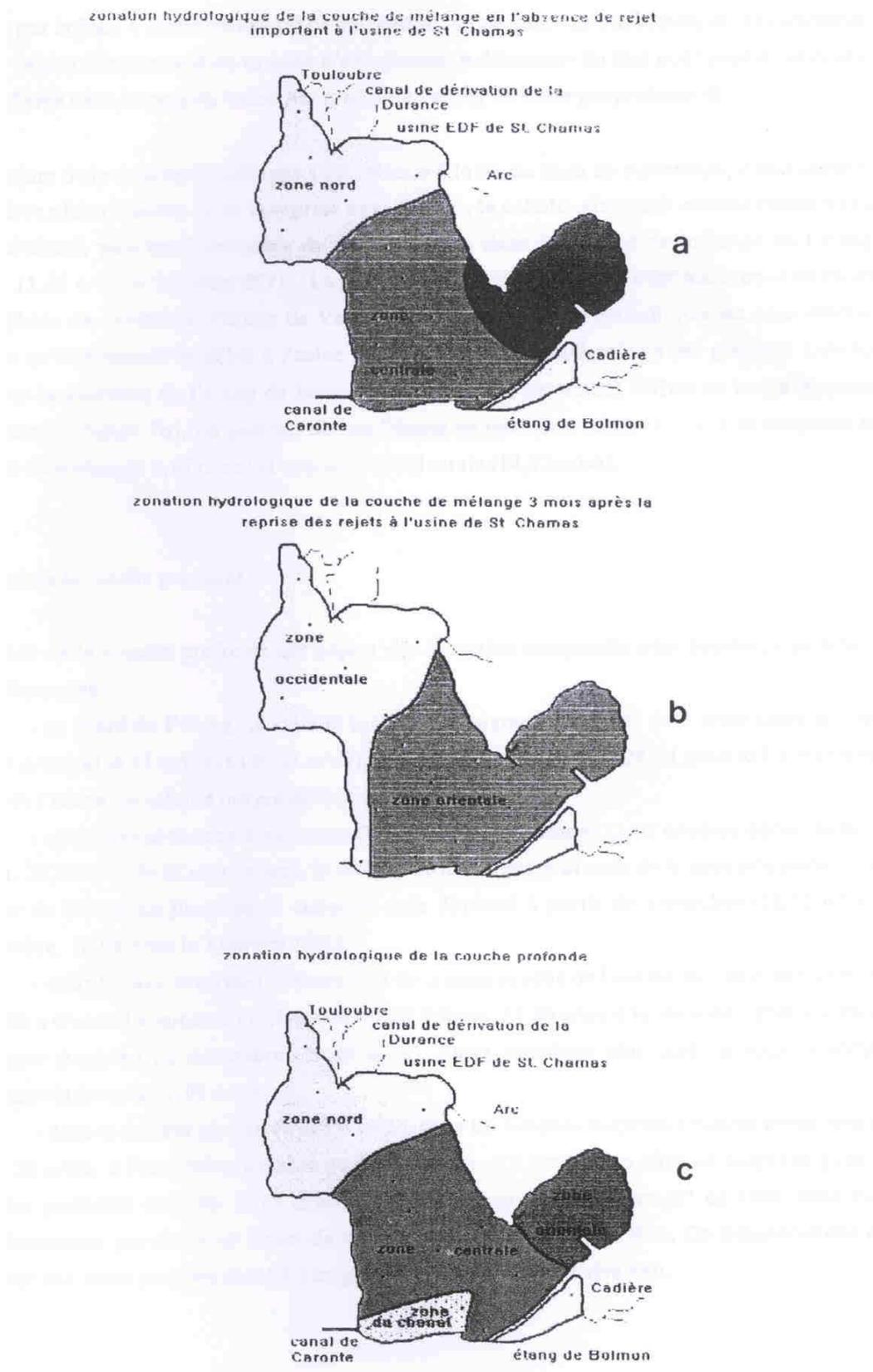


Figure 5 : Zonation de la couche de mélange de l'étang de Berre a) sans turbinage b) 3 mois après la reprise c) Zonation de la couche profonde.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	20/138

## 2.2.2 Eléments nutritifs et particulières

### 2.2.2.1 Les stations d'épuration

Les rejets de station d'épuration dans l'étang en 1999 et 2000 sont ceux présentés dans le Bilan des connaissances sur l'étang de Berre (PICON, 2002).

Les flux les plus importants sont ceux issus de la station de Martigues / Port de Bouc et de Miramas / Saint - Chamas. D'après une étude du cabinet Ramade / Gérin, les rejets qui s'effectuent dans le canal de Caronte (STEP de Chateauneuf) ne s'additionnent à ceux du bassin que 2% du temps (vent de mistral dominant). Le rejet de la STEP de Miramas - Saint Chamas, se fait dans la baie de Saint - Chamas, zone peu renouvelée où la pollution sera difficilement diluée et dispersée.

**Tableau 9. Moyennes annuelles des flux rejetés par les stations d'épuration du pourtour de l'étang en 1999 et 2000 (Source : Services maritimes 13)**

Station d'épuration	Année	m3/j	Flux sortants en kg/j				
			MEST	DBO5	DCO	NGL	PT
STEP de Berre l'étang	1999	2231	11	11	140	20	3
	2000	2373	13	8	126	17	4
STEP de Chateauneuf	1999	1750	55	40	265	70	13
	2000	1750	55	40	265	70	13
STEP de Istres (Romaniquettes)	1999	3754	114	66	366	109	9
	2000	3424	151	63	438	108	12
STEP de Marignane	1999	9523	39	24	466	46	11
	2000	10488	41	37	493	39	12
STEP de Martigues Port de Bouc	1999	10349	658	264	1246	263	63
	2000	8138	985	236	1432	224	63
STEP de Miramas / Saint Chamas	1999	10336	1035	574	2019	191	27
	2000	9328	871	360	1820	131	41
STEP de Rognac	1999	2407	87	55	298	22	16
	2000	2160	10	15	110	20	15

MEST : Matières en Suspension Totales, DBO5 : Demande Biologique en Oxygène, DCO : Demande Chimique en oxygène, NGL : Azote Global, PT : Phosphore Total

#### 2.2.2.2 Les cours d'eau et Saint-Chamas

Nous rappelons, à titre indicatif, que la méthode employée pour estimer les apports des cours d'Eau ne tient pas compte des pointes de crue.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	21/138

D'après les données du RDB, le canal EDF est beaucoup moins concentré que les **cours d'eau** en azote et phosphore quelle que soit la forme chimique considérée (Tableau 10). En revanche les flux de nutriments et particulaire émis par le canal EDF sont nettement supérieurs à ceux des tributaires sur la majeure partie de l'année et ne deviennent inférieurs à ceux des tributaires que pendant la période estivale.

**Tableau 10. Concentrations mensuelles des cours d'eau en facteurs altérageurs de 1998 à 2002**

Paramètre	Source	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Total
Débit (m3/s)	Arc	3,03	2,93	3,27	2,42	2,63	1,42	0,78	0,94	1,61	5,39	4,78	2,92	2,76
	Cadière	0,78	0,78	0,71	0,71	0,69	0,58	0,55	0,61	1,51	1,31	0,93	0,78	0,85
	Touloubre	1,18	1,31	1,62	2,12	2,86	3,21	2,83	3,70	2,85	3,47	1,89	1,85	2,36
	Canal EDF	91,37	104,32	13,03	69,03	73,24	95,68	3,23	2,49	23,58	79,33	123,16	101,32	68,07
MeS (mg/l)	Arc	15,52	9,10	9,28	13,42	26,65	7,58	4,18	13,00	26,60	158,16	50,20	5,60	29,38
	Cadière	22,06	39,34	17,32	22,64	33,05	6,98	5,68	7,50	33,96	49,72	11,28	7,00	22,23
	Touloubre	8,84	8,84	31,00	40,20	163,25	32,50	34,25	36,25	19,80	70,40	29,70	12,46	38,77
	Canal EDF	16,22	10,54	41,26	32,62	40,00	47,80	4,20	3,76	33,74	249,60	48,40	76,40	50,38
Azote Kjeldahl (mg/l N)	Arc	0,90	1,49	0,99	1,48	1,10	0,73	0,62	0,68	1,30	1,41	1,09	1,00	1,08
	Cadière	5,45	5,20	6,42	5,22	7,30	7,45	6,33	3,47	8,53	4,66	2,58	3,85	5,49
	Touloubre	3,38	2,65	1,50	1,09	2,02	0,90	1,21	0,73	0,94	1,37	1,25	1,33	1,56
	Canal EDF	0,63	0,61	0,65	0,62	0,62	0,51	0,56	0,51	0,54	0,57	0,65	0,55	0,58
Nitrates (mg/l NO3)	Arc	26,40	26,80	24,42	22,00	19,50	21,50	26,50	21,93	18,60	18,36	24,00	24,56	22,92
	Cadière	13,64	12,96	14,46	13,50	10,40	9,85	12,50	14,03	11,88	11,00	13,22	20,13	13,11
	Touloubre	18,40	16,40	11,44	8,86	6,73	7,00	6,03	6,43	6,70	9,56	13,64	15,78	10,87
	Canal EDF	2,58	2,62	2,58	2,24	2,10	1,86	1,60	1,52	1,74	2,06	2,24	2,22	2,11
Phosphates (mg/l PO4)	Arc	1,88	1,83	1,82	1,91	1,78	1,39	1,45	1,18	1,33	0,97	1,39	1,99	1,59
	Cadière	2,84	2,64	3,11	2,28	2,90	3,30	3,85	3,08	1,81	1,92	1,63	2,58	2,62
	Touloubre	1,95	1,82	1,28	0,79	0,61	0,66	0,74	0,47	0,59	0,57	0,89	1,07	0,98
	Canal EDF	0,06	0,04	0,06	0,05	0,08	0,04	0,04	0,03	0,05	0,08	0,05	0,06	0,05
Phosphore total (mg/l P)	Arc	0,79	0,66	0,65	0,64	0,67	0,47	0,50	0,50	0,47	0,59	0,64	0,68	0,61
	Cadière	1,11	1,43	1,32	1,09	1,20	1,22	1,35	1,15	0,76	0,85	0,71	1,02	1,09
	Touloubre	0,72	0,67	0,82	0,34	0,33	0,24	0,35	0,22	0,25	0,41	0,38	0,41	0,42
	Canal EDF	0,06	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08	0,06	0,06	0,06	0,13	0,06	0,06	0,07
DBO (mg/l)	Arc	4,20	8,04	6,88	5,95	8,85	6,90	8,00	5,03	3,72	6,03	4,33	3,63	5,90

	Cadière	13,50	10,72	18,60	18,22	19,40	18,15	25,00	17,00	11,42	15,62	11,00	9,20	15,58
	Touloubre	7,40	7,96	8,48	4,82	5,15	6,58	12,13	3,08	3,86	3,62	4,06	4,92	5,84
	Canal EDF	1,68	1,90	1,90	4,30	1,73	1,80	1,48	2,30	1,75	2,38	2,15	2,93	2,18
DCO (mg/L)	Arc	3,10	3,30	3,32	3,62	4,25	4,05	3,93	3,25	2,92	3,10	4,04	3,12	3,47
	Cadière	5,72	5,52	5,43	5,16	5,15	5,80	4,25	4,25	5,34	4,94	5,24	3,58	5,06
	Touloubre	2,98	3,52	2,82	2,92	3,33	2,93	2,43	2,28	2,44	3,02	3,14	2,04	2,83
	Canal EDF	1,78	2,10	1,90	2,26	2,13	1,20	1,90	1,88	1,50	1,54	1,60	1,46	1,76

#### 2.2.2.2.1 L'azote

Les apports d'azote se font par ordre décroissant, sous forme de nitrates, d'ammonium et de nitrites. La contribution du canal est majoritaire sur les nitrates (GIPREB, 2002), elle est équivalente ou inférieure à celle des autres tributaires pour l'ammonium et les nitrites.

D'après Gosse et al (2000), en 1999, la contribution du canal de Saint - Chamas aux apports en azote total est estimée entre 2800 et 4329 tonnes sur l'année soit 64,7% de l'ensemble des sources d'apports (industrie, STEP, canal EDF, Arc, Touloubre, Cadière, ruissellement, nappe alluviale de l'Arc).

	1998	1999	2000	2001	2002	1998 à 2002
Arc	4 075	3 614	7 974	6 061	3 416	25 139
Cadière	1 049	716	1 131	904	1 081	4 880
Touloubre	1 470	1 651	2 116	2 712	1 889	9 839
EDF	13 467	18 102	11 917	15 613	730	59 829
Contribution EDF (%)	67	75	52	62	10	60

**Tableau 11. Flux annuels de nitrates et contribution du canal**

Selon le RNB (Tableau 11), les apports en nitrates par le canal représente par année, entre 52 et 75% des apports (3 cours d'eau + canal EDF). En 2002 cette contribution n'est que de 10% en raison des débits faibles. Globalement sur les 5 années considérées le canal a contribué à hauteur de 60% aux apports de nitrate.

La contribution du canal sur 2001 en azote Kjeldahl et en nitrates est prépondérante sur les périodes hivernale, printannière et automnal et devient minoritaire en été (Figure 6 et Figure 7). On évalue à 76% en 2001 et à 36% en 2002 (Source RNB), la contribution annuelle de Saint-Chamas en azote Kjeldahl.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	23/138

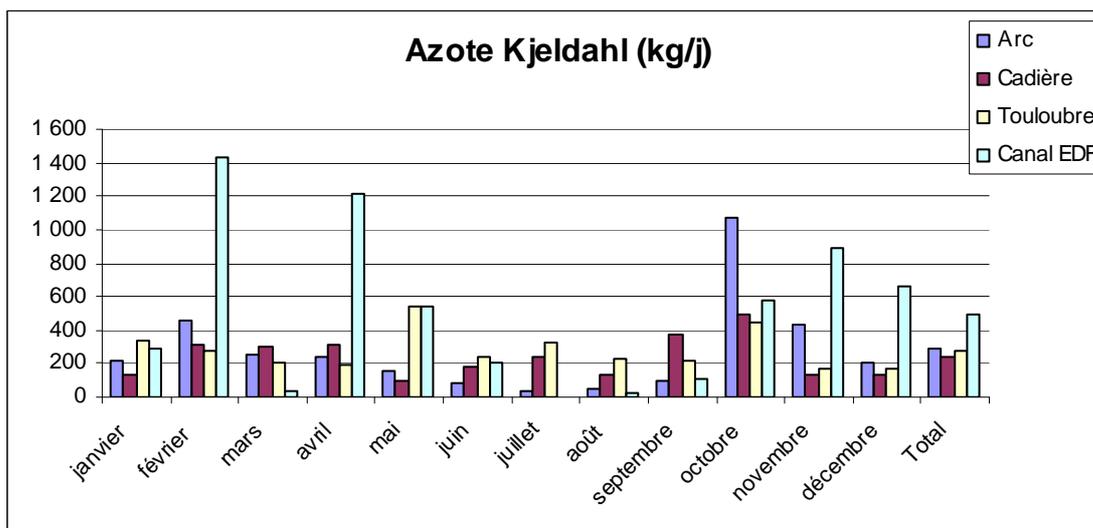


Figure 6. Flux d'azote Kjeldahl mensuels moyens de 1998 à 2002

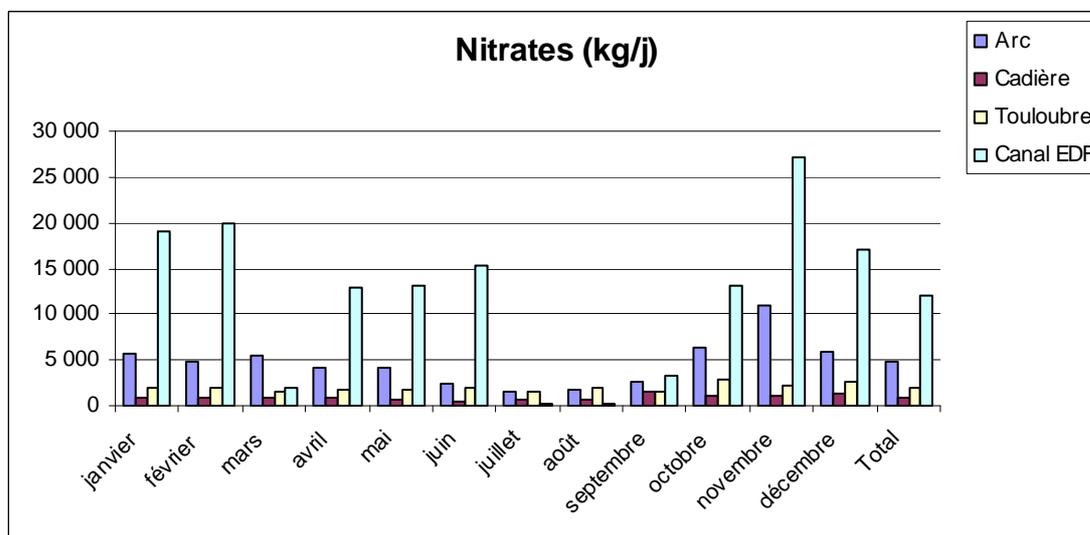


Figure 7. Flux de nitrates mensuels moyens de 1998 à 2002

#### 2.2.2.2.2 Le phosphore

Selon Gosse (2000), sur la période comprise entre juillet et décembre 1999, la concentration moyenne de phosphore total dans le canal usinier est de 0,03 mg/l en période de turbinage, soit un flux annuel de 50 tonnes de phosphore par an pour des volumes maximaux conformes au plan Barnier (2,1 milliards de m<sup>3</sup>/an). Au niveau du canal, le rapport PO<sub>4</sub>/P serait proche de 1/8 (Gosse *et al*, 2000), soit un apport en phosphates estimé à 6,25 tonnes.

Les données du RNB de 1998 à 2001 livrent des résultats qui diffèrent de ceux obtenus par Gosse. La participation du canal aux apports de phosphore total est de 53 à 71% des apports (3 tributaires + canal EDF). En 2002 cette contribution n'est que de 13% en raison du faible débit turbiné. Sur les 5 années confondues, soit de 1998 à 2002, les flux déversés par le canal représentent 59% des flux de phosphore total des tributaires et du canal.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	24/138

	1998	1999	2000	2001	2002	1998 à 2002
Arc	179	125	213	100	58	675
Cadière	64	54	62	77	55	312
Touloubre	70	66	77	101	58	371
EDF	552	294	390	688	26	1 950
Contribution EDF (%)	64	55	53	71	13	59

Tableau 12. Flux annuels de phosphore total et contribution du canal

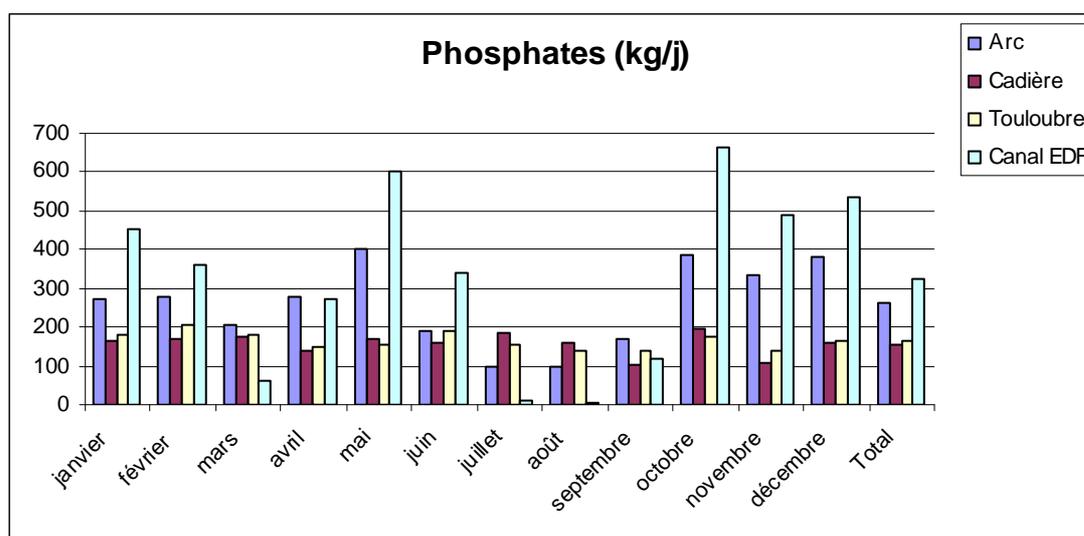


Figure 8. Flux de phosphates mensuels moyens de 1998 à 2002

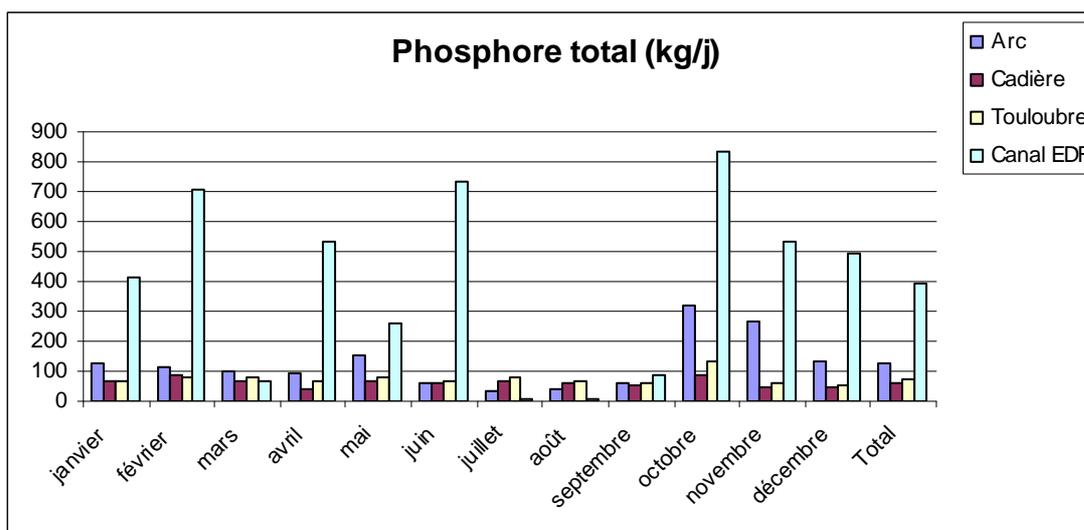


Figure 9. Flux de phosphore total mensuels moyens de 1998 à 2002

### 2.2.2.2.3 Les silicates

En 1985, les apports en silicates via le canal EDF ont été estimés à 12 396 tonnes. On ne dispose pas de données récentes. Les silicates ne sont plus mesurés dans le cadre du RNO depuis 10 ans (Raimbault, comm. Pers). La mesure des silicates n'est pas effectuée dans le suivi écologique mis en place depuis 1994 par la Mission pour la Reconquête de l'Etang de Berre (MPREB).

## 2.2.2.3 Synthèse

### 2.2.2.3.1 Concentrations

L'Arc est le plus tributaire le plus concentré en nitrates, la Touloubre en matières en suspension et la Cadière en ammonium, azote organique et phosphore total.

Paramètre	Cours d'eau le plus concentré
Nitrates	Arc
Phosphore	Cadière
DCO - DBO	Cadière
Matière en suspension	Touloubre

La « pollution » de la Cadière est en partie due à l'insuffisance des systèmes d'assainissement des communes de Vitrolles et des Pennes - Mirabeau. La station de Vitrolles (60 000 EH) est fréquemment saturée provoquant des by-pass importants. D'autre part la station des Pennes - Mirabeau (7 500 EH) est vétuste et non conforme aux contraintes imposées par la sensibilité du milieu. Un projet de station intercommunal d'une capacité nominale de 120 000 EH est à l'étude qui remplacerait la STEP actuelle de Vitrolles. Outre l'importance des rejets domestiques, il existe une très forte pression liée aux activités industrielles et commerciales. On dénombre 500 ha de zones d'activités et 50 ha de zones commerciales. L'agriculture bien que peu développée a un impact non négligeable sur les apports d'azote et surtout de phosphore.

L'Arc est le récepteur des rejets de la station de Aix - en - Provence (148 000 EH), et draine les rejets traités de 300 000 EH. De plus les étiages sévères ne permettent pas une dilution suffisante des effluents rejetés. L'industrialisation et l'urbanisation de son bassin versant sont importantes ce qui explique la forte **DCO** enregistrée. L'agriculture est bien développée dans la basse vallée de l'Arc d'où la forte concentration **en nitrates**. Les sources de pollution agricole sont les rejets ponctuels de caves viticoles pendant les périodes de vendange et de vinification et de la porcherie Pellizari. A cette pollution ponctuelle s'ajoute la pollution diffuse de la plaine de Berre.

La Touloubre draine 76 000 EH de rejets domestiques traités. La pollution domestique est la principale source de pollution ; en 1998, les rejets de la SIA de Salon de Provence / Pélassane (50 000 EH) représentait 40% des apports en azote et 54% des apports en phosphore du bassin versant. La concentration en **matière en suspension** est élevée et s'explique parfois par des pics de concentration (exemple en 2002 d'un pic à 510 mg/L enregistré le 6 mai 2002). D'après la DIREN PACA (Legrand, comm. pers), ce pic de MES sur la Touloubre est à mettre en relation avec des événements accidentels tels que des travaux en bordure de

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	26/138

rivières. La DIREN signale d'autre part le retour de canaux agricoles dans la basse vallée de la Touloubre en amont du point SEQ considéré. La concentration en MES dans la Touloubre est supérieure à celle des autres cours d'eau malgré une superficie de bassin versant bien inférieure à celle de l'Arc. Or d'après Fiandino (2001) la Touloubre est le cours d'eau le moins susceptible de fournir du matériel sédimentaire.

La Cadière et l'Arc ont connu aussi des pics de concentration en MES. Ces apports massifs sont corrélés aux épisodes de pluie. Fiandino lors de sa thèse en 2001 a établi une corrélation entre les concentrations en MES des cours d'eau et les débits de crue : la part la plus importante de MES est véhiculée pendant les crues issues d'événements pluvieux intenses ou peu intenses mais longs. Ces événements ont engendré des concentrations maximales de l'ordre de 2500 mg/L pour l'Arc, 3500 mg/L pour la Cadière et 700 mg/L pour la Touloubre en 2002.

Les rejets EDF présentent des teneurs en éléments nutritifs inférieures à celles des tributaires. On évoque ainsi un effet de dilution de Saint-Chamas (EDF, com.pers.) sur les teneurs en nutriments de l'étang. Toutefois, si on considère que les teneurs du milieu marin sont, au moins pour l'azote, nettement inférieures à celles de Saint-Chamas (dans un rapport d'un à dix), **le rejet de Saint-Chamas peut être sûrement qualifié de facteur d'enrichissement en nitrates des eaux de l'étang**. Le constat d'un abaissement des teneurs en nitrate consécutif à une réduction des apports (cf Figure 10) illustre probablement cet effet de « dilution » de l'étang par les eaux marines. Les teneurs en P du rejet EDF étant proche de celles du milieu marin, on n'observe pas de relation claire entre l'évolution des rejets et celle des teneurs en P de l'étang.

A plus long terme, l'évolution des teneurs en nitrates et en phosphate dépendra de la nature de celle des processus physico-chimiques et biologiques.

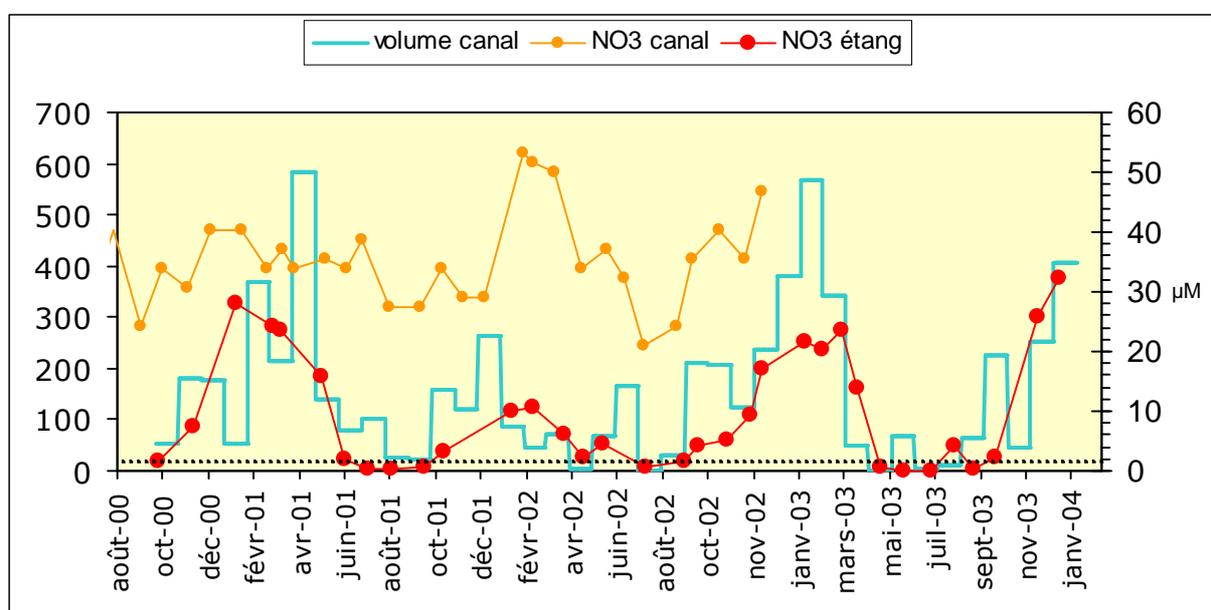


Figure 10. Evolution des volumes turbinés et des concentrations en nitrate dans le canal EDF et dans l'étang.

Nous ne disposons pas actuellement de données suffisantes pour quantifier de cette manière la contribution de Saint-Chamas aux teneurs de l'étang en éléments nutritifs mais nous

retiendrons que l'hypothèse d'une dilution des eaux de l'étang par le rejet EDF est au moins discutable, dans l'état actuel de nos connaissances.

### 2.2.2.3.2 Flux

La comparaison des flux annuels (Tableau 13) met en évidence la forte prépondérance des apports d'EDF sur les tributaires et les STEP, pour les MES et les nitrates et le rôle non négligeable joué par les STEP sur le Phosphore. D'après les données de Gosse (et al, 2000) les STEP représenteraient l'apport majoritaire en Phosphore sur 1999.

**Tableau 13. Flux déversés dans l'étang en 1999**

1999	Flux déversés en kg/j			
	Origine	MEST	Nitrates*	PT
STEP	1999	721 Nt	142	
Arc	2407	3614	125	
Touloubre	7299	1651	66	
Cadière	971	716	54	
Canal EDF (Données RNB)	422 431	18 102	294	
Canal EDF (Gosse et al, 2000)	387 340	7671 Nt	137	

\* l'azote kjeldahl n'a pas été mesuré cette année là et l'on ne dispose que du N total pour les STEP.

La comparaison des flux annuels estimés entre 1998 et 2002 qui désigne également le rejet EDF comme le principal pourvoyeur de l'étang en MES et en Azote indique une diminution significative et progressive des rejets en MES du canal sur les 4 dernières années. Il convient cependant de distinguer l'année 2002 qui correspond à un fonctionnement réduit de la centrale. En revanche, les apports en nitrates et en phosphate de Saint-Chamas ne présentent pas de tendances évolutives particulières au cours des dernières années (exception faite de l'année 2002).

**Tableau 14. Flux annuels de facteurs altéragènes apportés par les cours d'eau et le canal EDF**

Données	Source	1998	1999	2000	2001	2002
Moyenne Flux MES (kg/j)	Arc	56 844	2 407	40 525	8 074	4 351
	Cadière	7 244	971	1 679	650	3 066
	Touloubre	8 473	7 299	5 428	11 625	9 390
	Canal EDF	1 209 067	422 431	425 566	157 777	13 729
Moyenne Flux de N Kjeldahl (kg/j)	Arc	493	217	401	247	118
	Cadière	364	209	362	185	154
	Touloubre	227	423	275	258	191
	Canal EDF	/	/	/	2 232	262
Moyenne Flux de Nitrates (kg/j)	Arc	4 075	3 614	7 974	6 061	3 416
	Cadière	1 049	716	1 131	904	1 081
	Touloubre	1 470	1 651	2 116	2 712	1 889
	Canal EDF	13 467	18 102	11 917	15 613	730
Moyenne Flux de Phosphates (kg/j)	Arc	384	359	215	185	154
	Cadière	155	168	132	171	149
	Touloubre	165	188	142	186	133
	Canal EDF	304	329	444	544	12
Moyenne Flux de Phosphore total (kg/j)	Arc	179	125	213	100	58
	Cadière	64	54	62	77	55
	Touloubre	70	66	77	101	58
	Canal EDF	552	294	390	688	26

Les flux mensuels de facteurs altéragènes apportés par les cours d'eau et le canal EDF sont récapitulés dans le Tableau 15. On retiendra que la contribution de Saint-Chamas aux apports en éléments nutritifs et particuliers devient minimale en période estivale pendant les mois de juillet et d'août où les apports en MES sont dominés par la Touloubre, par l'Arc et la Touloubre pour les apports en nitrates (EDF en est le faible contributeur), par la Cadière et la Touloubre sur le phosphore (contribution également minoritaire d'EDF).

**Tableau 15. Flux mensuels des cours d'eau en facteurs altérageux de 1998 à 2002**

Paramètre (kg/j)	Source	janvier	février	mars	avril	Mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Total
MES	Arc	8 538	4 073	6 560	2 847	6 294	969	274	954	5 152	156 651	44 421	1 828	21 149
	Cadière	1 484	1 909	1 019	1 400	2 303	349	271	389	8 059	11 864	1 102	482	2 716
	Touloubre	1 107	1 121	4 645	7 739	24 018	9 112	10 222	11 969	4 732	25 661	5 427	2 283	8 658
	Canal EDF	168 404	89 111	120 596	251 205	416 302	587 210	947	794	75 403	2 473 587	438 319	495 819	446 774
Azote Kjeldahl	Arc	220	452	249	235	160	84	35	50	99	1 065	428	209	288
	Cadière	135	310	299	316	95	182	241	127	379	499	137	129	245
	Touloubre	335	274	209	197	537	246	322	230	211	441	171	174	275
	Canal EDF	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Nitrates	Arc	5 584	4 908	5 422	4 173	4 208	2 382	1 640	1 797	2 642	6 429	10 896	5 878	4 817
	Cadière	979	916	910	840	612	493	595	753	1 586	1 155	1 117	1 415	963
	Touloubre	1 934	1 918	1 561	1 679	1 719	1 957	1 456	2 019	1 499	2 745	2 245	2 620	1 957
	Canal EDF	18 979	20 036	1 995	12 859	13 230	15 401	286	192	3 350	13 203	27 053	17 006	11 966
Phosphates	Arc	275	278	207	277	402	189	99	99	170	387	335	381	263
	Cadière	164	171	176	138	167	161	184	162	105	195	107	160	157
	Touloubre	178	204	179	148	155	192	154	141	138	176	140	163	164
	Canal EDF	454	361	64	273	601	342	9	7	119	663	490	537	327
Phosphore total	Arc	130	113	102	95	151	63	34	39	63	319	267	132	129
	Cadière	66	90	63	40	70	59	64	60	55	84	48	48	62
	Touloubre	68	77	77	65	78	70	80	67	59	133	62	51	74
	Canal EDF	416	710	65	535	257	730	10	9	88	832	536	493	390

### 2.2.3 Limons

Les apports en limons du canal EDF sont représentés en Figure 1. Ils ont été croissants de 1966 à 1977, date à partir de laquelle ils n'ont cessé de décroître à l'exception d'un pic en 1992. Cette diminution s'est faite notamment sous l'impulsion du plan Barnier en 1993 qui impose une limite de 200 000 t/an. Le plan Barnier a été suivi de mesures encore plus

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	30/138

restrictives en 1999, date à laquelle un seuil maximal de 100 000t/an est fixé (soit environ 274 000 kg/j).

Les apports en limons sont régulés par la variation naturelle des apports duranciens et par les **variations artificielles** de l'activité de la centrale. Cette activité est elle-même régulée par les besoins énergétiques sous contraintes de gestion de rejets solides. A ces variations s'ajoute celle érratique induite par les « effets de chasse » se produisant au niveau du rejet EDF.

D'après les données du RDB, en moyenne de 1998 à 2002, les concentrations du canal en MES sont supérieures à celles des cours d'eau en mars, juin, octobre et décembre. On constate aussi que la moyenne globale sur l'ensemble des données de 1998 à 2002 donne une concentration dans le canal supérieure à la concentration des 3 cours d'eau (Figure 11).

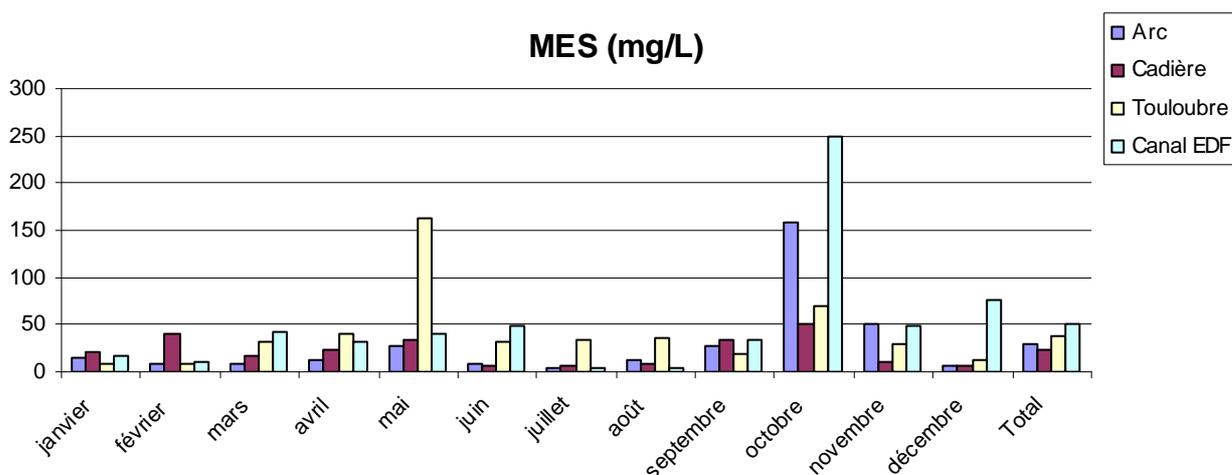


Figure 11. Concentrations mensuelles moyennes en MES de 1998 à 2002 des cours d'eau et du canal

En termes de flux (kg/j), la prépondérance des apports en MES par le canal est nette (Figure 12). De 1998 à 2002, les apports en MES du canal usinier représentaient **plus de 80%** des rejets de MES vers l'étang. Les particules sont en majorité retenue dans l'étang, mais peuvent s'épandre dans le Golfe de Fos lorsque les débits sont importants.

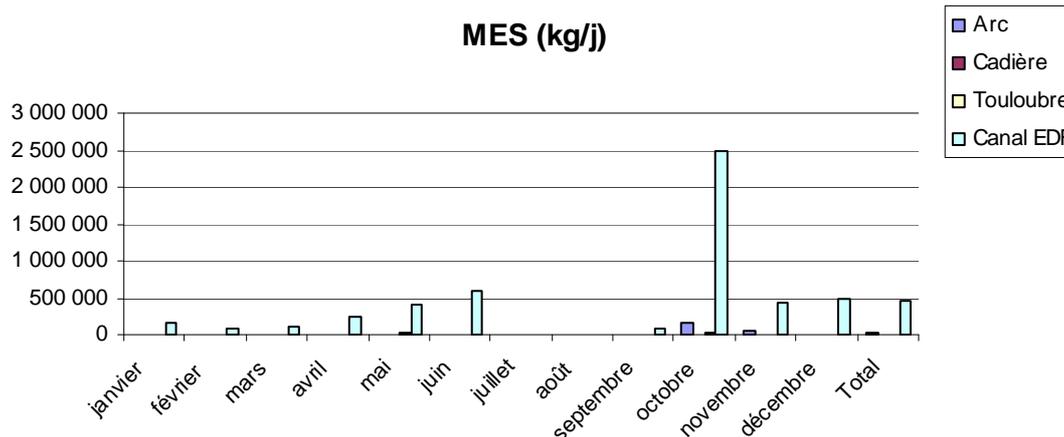


Figure 12. Flux moyens mensuels de MES de 1998 à 2002 par les cours d'eau et le canal

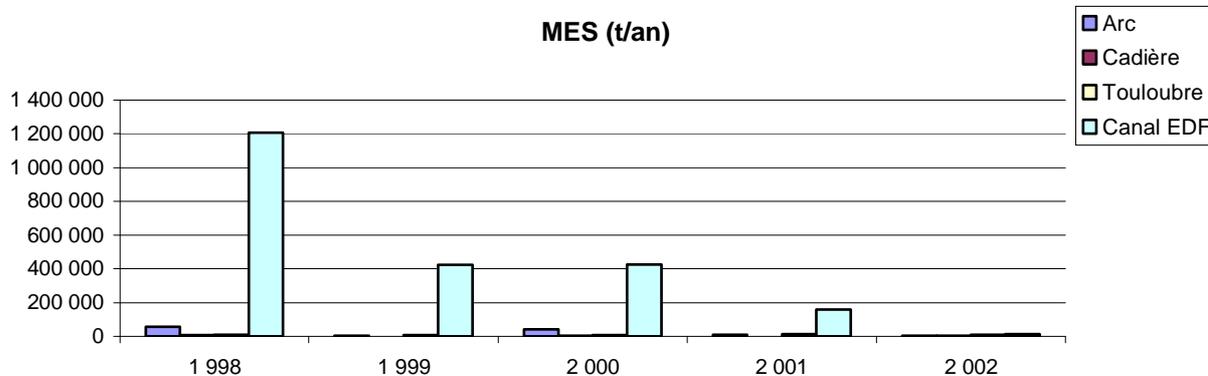


Figure 13. Flux moyens annuels de MES de 1998 à 2002

Année	1998	1999	2000	2001	2002	1998 à 2002
Arc	56 844	2 407	40 525	8 074	4 351	112 202
Cadière	7 244	971	1 679	650	3 066	13 610
Touloubre	8 473	7 299	5 428	11 625	9 390	42 215
Canal EDF	1 209 067	422 431	425 566	157 777	13 729	2 228 570
Contribution du canal	94 %	98 %	90 %	89 %	45 %	93%

Tableau 16. Flux annuels de MES et contribution du canal

En 2002, la concentration en MES dans l'étang (tous points de mesures confondus) est inférieure (< 9 mg/L) à celle des tributaires (> 16 mg/L) et du canal (> 28 mg/L).

## 2.2.4 Contaminants chimiques

### 2.2.4.1 Contribution d'EDF et des tributaires

Le manque de données ne permet pas de statuer sur la réelle contribution actuelle des apports duranciens à la contamination de l'étang.

Il est à noter que le fonctionnement de la centrale ne génère pas de polluants (Picon, comm. pers). Les polluants acheminés dans l'étang par le canal EDF sont ceux drainés par la Durance. Les mesures effectuées en 1984 montrent une contribution majoritaire de la Durance aux apports en mercure, cadmium, plomb et PCB (Tableau 17).

D'après Augier (1996), le canal EDF est à l'origine de 90 à 95% des apports métalliques à l'étang, mais cette affirmation a été vivement critiquée par la communauté scientifique. Pour évaluer la contribution actuelle du canal usinier il serait nécessaire d'estimer les apports de polluants chimiques et métalliques par la Durance.

Les analyses effectuées de 1983 à 1984 sur les eaux brutes des tributaires et celle du canal d'EDF montrent une contribution élevée du canal EDF aux apports métalliques, prépondérante sur l'ensemble des contaminants étudiés. Compte tenu des réductions sensibles opérés sur les apports en limon, ces valeurs ne reflètent pas la réalité actuelle de la contribution du canal aux apports en altérants chimiques.

	Arc	Touloubre	Cadière	Canal EDF
Hg (kg)	29 à 60	13 à 22	5 à 8	<b>289 à 737</b>
Cd (tonnes)	0.056	0.039	0.017	<b>2.50</b>
Pb (tonnes)	0.98	0.63	0.23	<b>25.70</b>
PCB (kg)	3.7	0.53 à 0.72	11 à 15	<b>18 à 26</b>

(Source : Service Maritime 13, 1990)

**Tableau 17 : Apports annuels dans l'étang de Berre en Hg, Cd, Pb et PCB par les principaux cours d'eau et le canal EDF. (Dosage sur l'eau brute ; Mesures de août 1983 à juillet 1984)**

### 2.2.4.2 Quantification des apports industriels

Les rejets industriels ont baissé d'environ 98% depuis la création du SPPPI en 1971 et l'adoption de la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement. Un bilan général dressé par la DRIRE (2001) fait apparaître une baisse significative des apports polluants entre 1985 et 2000, mais également une stagnation de ces réductions ces dernières années. Ce tassement n'est pas anormal dans la mesure où les principales actions de réduction ont été réalisées sur le plan industriel et qu'actuellement elle porte sur des améliorations de performance de STEP, de fiabilisation et sur des actions de réduction à la source.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	33/138

**Tableau 18. Rejets industriels directs**

Société	Activité	Milieu de rejet	Épuration	Rejets
Shell Raffinerie	Raffinerie	Littoral de Berre	Station biologique complète avec biofiltre-ségrégation des eaux	0.21 t/an de phénols
Shell chimie	Pétrochimie	Littoral de Berre	Station biologique complète à boues activées	8.9 t/an d'hydrocarbures
Total France	Raffinerie	Canal du Rove Martigues	Station biologique complète avec biofiltre-ségrégation des eaux	0.03 t/an de chlorures 16.8 t/an d'hydrocarbures
Eurocopter	Construction aéronautique	Littoral de Marignane	Station de traitement physico chimique et station de traitement en continu des eaux de pluie du bassin versant	?
Cabot	Chimie	Littoral de Berre	Décantation	?
Solamat		Littoral de Berre		0.8 t/an de cuivre
Geogaz		Canal de Caronte		315 t/an de chlorures

### 2.2.5 Germes bactériens

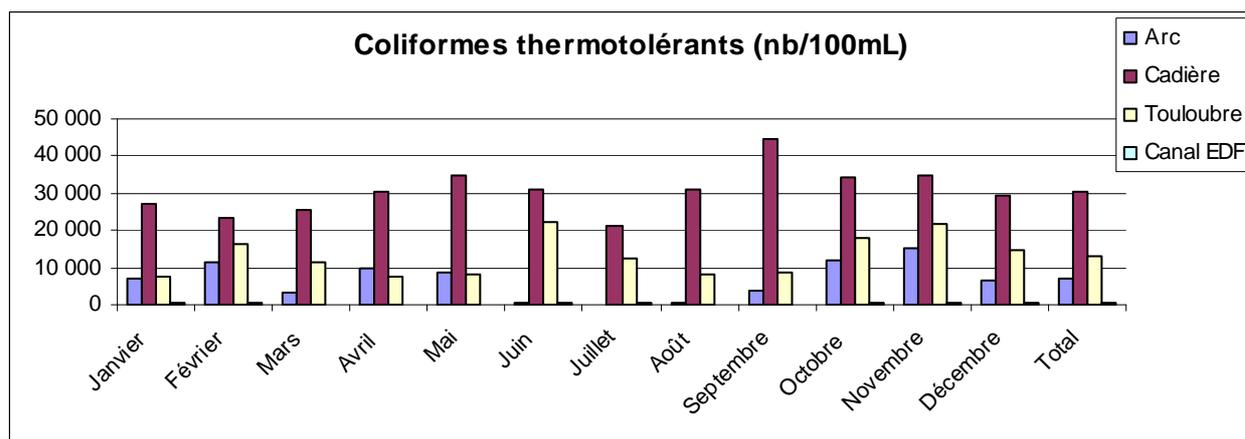
D'après les données disponibles du RNB de 1998 à 2002, les concentrations en coliformes thermotolérants et en streptocoques fécaux par le canal EDF sont négligeables en regard des concentrations des cours d'eau. Les cours d'eau les plus concentrés sont la Cadière, la Touloubre puis l'Arc. Si l'on multiplie ces concentrations par les débits annuels (indiqués par le RNB), on constate qu'en dépit des débits particulièrement importants du canal, le flux de bactéries qui en est issu est inférieur à ceux des cours d'eau. Le cours d'eau le plus contributif varie d'une année à l'autre. L'Arc fut le plus contributif en 2000 et la Touloubre en 1999 et 2001.

Les rejets du canal agissent sur la qualité des eaux de baignade en diluant localement les eaux de l'étang soumises aux rejets de STEP, et en prolongeant la survie des bactérie par le dessalement de l'eau et l'enrichissement du milieu en matière organique.

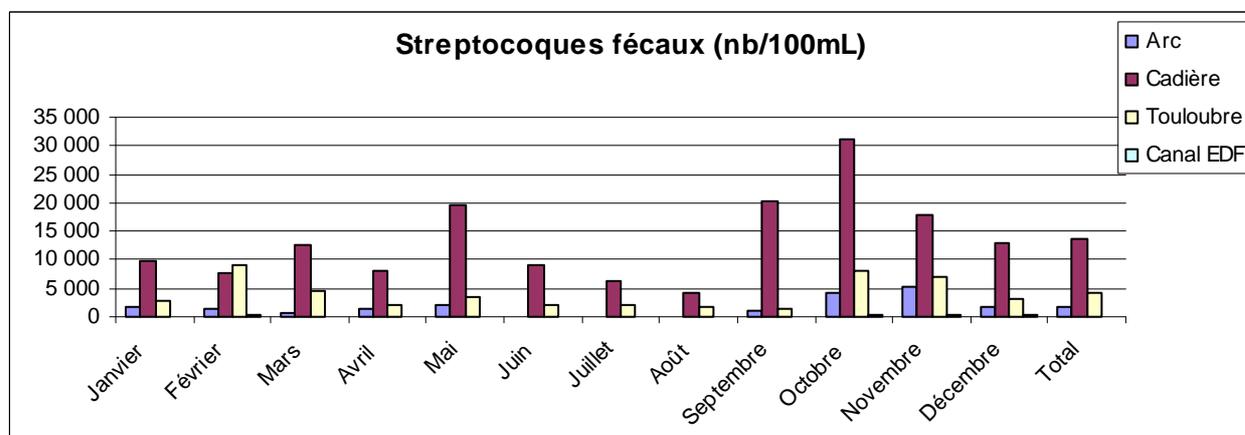
Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	34/138

**Tableau 19. Flux de Coliformes Thermotolérants et Streptocoques Fécaux (Nb/s)**

	CT/SF	Flux 1998	Flux 1999	Flux 2000	flux 2001
Arc	CT	31	25	<b>46</b>	18
	SF	14	11	<b>20</b>	5
Cadière	CT	<b>34</b>	24	27	24
	SF	<b>15</b>	11	12	10
Touloubre	CT	21	<b>25</b>	20	<b>63</b>
	SF	13	<b>15</b>	12	<b>21</b>
Canal EDF	CT	8	9	10	12
	SF	4	4	4	10
% EDF / total	CT	0,089	0,110	0,097	0,099
	SF	0,083	0,100	0,092	0,217



**Figure 14. Concentrations en coliformes thermotolérants de 1998 à 2002**



**Figure 15. Concentrations en streptocoques fécaux de 1998 à 2002**

## 2.3 RECAPITULATIF DE LA CONTRIBUTION DES APPORTS EDF

Le Tableau 20 exprime la participation du canal EDF aux différents apports de l'étang.

Nature de l'apport	Participation des rejets duranciens (via EDF)
Eau douce	91%
MES	93% de 1998 à 2002
Phosphore total	59% de 1998 à 2002
Azote total	60% de 1998 à 2002
Silicates	Pas de données depuis 1985
Polluants	% important en 1984. Pas de données depuis.
Bactéries pathogènes	Environ 10%

Tableau 20 : Participation des rejets du canal EDF aux principaux apports

Il faut également garder en mémoire la variation saisonnière de cette contribution (détaillée dans les paragraphes précédents) qui diminue très significativement sur la majeure partie des paramètres, en période estivale.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	36/138

## 3

# Contexte dynamique de l'étang de Berre

L'objectif est de présenter les conditions hydrosédimentaires générales de l'étang ainsi que les influences dynamiques directement liées au rejet de la centrale EDF de Saint - Chamas.

### 3.1 HYDRODYNAMISME ET HYDROLOGIE

La circulation des masses d'eau et l'hydrologie de l'étang de Berre sont régies par l'action combinée du vent, de la marée et des apports d'eau douce avec une contribution généralement majoritaire du canal de Saint - Chamas.

Ces dynamiques sont modifiées par les aménagements humains tels que la piste de l'aéroport de Marignane dans l'étang de Vaïne, les épis en enrochement sur le lido du Jaï, la digue en enrochement séparant l'étang de Berre du canal de navigation situé au sud.

Le vent agit localement par entraînement des masses d'eau et à l'échelle régionale en fixant le niveau de la mer dans le Golfe de Fos. Les apports du canal de Caronte constituent la seule source d'eau marine de l'étang, les débits y sont réglés par les marées astronomiques, les variations de niveau entre l'étang et le Golfe de Fos et la dynamique interne de l'étang. Le panache d'eau douce des apports de Saint - Chamas se répand en surface, selon une dynamique réglée par les régimes de vent et les débits. En règle générale, ces apports provoquent, par confrontation avec l'entrée d'eau marine en profondeur, une stratification haline des eaux sur la moitié sud et le centre de l'étang.

Sous l'action de ces différents facteurs, l'étang oscille entre des états dits «stationnaires» et des états dits «transitoires» (Nerini, *et al.*, 2001). Les états stationnaires correspondent à une stabilité des caractéristiques physico-chimiques de la masse d'eau de fond au centre de l'étang, résultant soit d'un mélange complet de la masse d'eau, soit d'une stratification haline liée principalement aux apports de Saint - Chamas. Entre ces deux états d'équilibre s'intercalent des épisodes de transition (états transitoires) marquant le passage vers une homogénéisation ou une stratification de la colonne d'eau. Les phases stratifiées représentent l'état le plus fréquent de l'étang (74%), et correspondent à un niveau de turbinage moyen et fort associé à des vents faibles à modérés. Les états homogènes, plus rares, sont principalement observés en période hivernale de vent fort. Le passage de l'état stratifié à homogène (4% des observations) s'effectue sous l'action turbulente et convective des vents

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	37/138

forts de Mistral et de sud-est. Il peut être rapide, de l'ordre de quelques heures pour un vent supérieur à 10 m/s (Nerini *et al.*, 2001). Le retour à l'état stratifié (relaxation de l'étang), déclenché par le mollissement du vent, représente 4% des observations.

Les mouvements des masses d'eau saline et douce au sein de l'étang ont été étudiés par EDF en s'appuyant sur un modèle mathématique. On note en premier lieu le caractère fortement tridimensionnel de ces écoulements notamment pendant les phases transitoires. Sous l'action des vents de mistral ou de sud-est, les eaux de surface sont respectivement entraînées vers le sud ou le nord tandis que, par continuité, les eaux de fond sont transportées en sens inverse (vers le nord par Mistral, vers le sud par vent de sud-est). L'intensité de cette circulation dans le plan vertical est en théorie réglée par les variations du niveau de la surface libre dans le Golfe de Fos. Les vents de Mistral qui abaissent le niveau de la surface dans le Golfe de Fos provoquent une vidange de l'étang qui freine la circulation profonde et donc l'intrusion des eaux salées dans l'étang. A l'inverse les vents de secteur sud entraînent une surcôte du niveau des eaux dans le Golfe et génèrent ainsi un remplissage de l'étang qui favorise l'intrusion des eaux salées. Parallèlement, la circulation en surface est dans les deux cas (vent de Mistral et de sud-est) accélérée par les variations du niveau de la mer au sein du Golfe. D'après les résultats de ces simulations, les débits du canal de Saint - Chamas ont pour effet de ralentir les circulations dans le plan vertical, soit en réduisant la remontée des eaux profondes (upwelling) en condition de Mistral soit en s'opposant à la circulation de surface par vent d'est. De plus, ces apports semblent agir sur l'intrusion d'eaux marines dans l'étang, qui est nettement plus prononcée dans des conditions de faible turbinage que lorsque la centrale fonctionne à plein régime. Il est à noter que ce dernier résultat est en contradiction avec ceux obtenus par une modélisation plus récente (LNHE, 2003) qui montre que les apports d'eau douce de Saint-Chamas intensifient les échanges à Caronte. Ce point sera débattu dans le rapport de phase 2.

Dans une configuration de vent établi, la circulation au sein de l'étang peut adopter un caractère plus barotrope, où les courants s'organisent en cellules horizontales dessinées par la bathymétrie et les gradients horizontaux de pression. En situation de Mistral établi, les résultats de simulation obtenus par le modèle 3D d'EDF montrent effectivement des schémas de circulation similaires (sur un plan qualitatif) à ceux calculés par le modèle 2D de Millet (comm. Pers.). Les courants s'organisent sous la forme de deux veines étroites qui, poussées par le vent, longent du nord vers le sud, les bords ouest et est de l'étang. Ces deux veines convergent au sud de l'étang et ramènent par le centre les masses d'eau profondes vers le nord. Le schéma de circulation est inversé en situation de vent de sud-est : les eaux « remontent » l'étang par les bords et sont transportées vers le sud au centre.

## 3.2 CARACTERISTIQUES ET DYNAMIQUES SEDIMENTAIRES

### 3.2.1 Les sédiments de l'étang de Berre

#### 3.2.1.1 Nature des sédiments

L'origine des apports sédimentaires est variée :

- biologique (débris végétaux, coquilliers...). Ces apports sont essentiellement produits au sein même de l'étang, ou bien transitent par le chenal de Caronte ;
- fluviale (alluvions de l'Arc, Touloubre...) ;

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	38/138

- apports par le canal EDF ;
- issue de l'érosion des zones rocheuses bordant l'étang ;
- issue des apports plus anciens provenant des reliefs environnants.

La composition minéralogique des limons de l'étang a évolué sous l'influence des rejets de la centrale. Une carotte prélevée au centre de l'étang révèle une diminution de la proportion de la smectite (originaires de l'Arc) et une augmentation de l'illite (Robert *et al*, 1999 in GIPREB, 2002). La présence d'illite dans l'ensemble du Grand étang traduit la dispersion des limons duranciens sur l'ensemble de l'étang.

### 3.2.1.2 Granulométrie

Avant 1966 les fonds de l'étang sont déjà décrits comme des fonds vaseux.

A partir de 1966, les apports de la centrale ont enrichi l'étang en particules fines. Après la mise en place du bassin de délimonage de Cadarache en 1980, seul le matériel le plus fin atteint l'étang (Arnoux, 1997).

Ces limons duranciens constituent à présent une grande partie des dépôts récents de l'étang de Berre. La proportion d'éléments fins est plus importante dans le nord que dans le sud de l'étang, résultat de l'influence décroissante des apports du canal (Roux *et al*, 1993 in GIPREB, 2002). Une agitation plus importante dans le sud peut aussi expliquer cette disparité. De plus l'hydrodynamisme lié aux vents dominants de Nord-Ouest et le courant Nord-Sud du canal usinier provoque un tri et un remaniement des particules vers le sud de l'étang.

La réduction des rejets de la centrale depuis 1994 a entraîné une modification de la **granulométrie** des fonds (résultats de la campagne 1998 du LHMA) avec :

- une baisse des dépôts de limons fins,
- une diminution du colmatage des sédiments plus anciens.
- la disparition d'une partie de la fraction inférieure à 20 µm dans la moitié sud de l'étang (LHMA, 1998). Elle ne constitue plus que 20% en 2000 au lieu de 65% en 1994 (GIPREB, 2002),

Depuis 1999 - 2000, on observe une nouvelle diminution des rejets en limons

## 3.2.2 Dynamique sédimentaire

### 3.2.2.1 Bathymétrie et envasement

En 1935, les fonds de plus de 9 mètres couvraient le tiers sud de l'étang. En 1978, cette zone profonde avait diminué de moitié puis encore de moitié entre 1978 et 1992 (voir la bathymétrie de 1894 figurée Carte 4, bathymétrie de 1966 figurée Carte 5 et celle de 1992 figurée Carte 6).

L'évolution bathymétrique de l'étang de 1966 à nos jours est variable selon les endroits. Le rejet de la centrale EDF a clairement modifié le régime sédimentaire de l'étang induisant en particulier une accélération de l'envasement au Nord et à l'Ouest de l'étang.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	39/138

On note dans l'étang, au dessus d'un substrat stable de type vaseux, la présence d'une couche particulière très fluide et instable dite «néphéloïde» et généralement très riche en matériel organique.

### 3.2.2.2 Dynamiques littorales

Il s'agit des caractéristiques des mouvements sédimentaires sur le littoral de l'étang et en profondeur. Ces mouvements peuvent amener à un bilan excédentaire en matériel sédimentaire (engraissement de certains secteurs du littoral), déficitaire (érosion) ou ne pas induire de variation notable de la quantité de sédiment (stabilité). Ils contribuent donc à l'évolution du trait de côte et des fonds. Ils dépendent essentiellement des apports sédimentaires (fourniture de sédiment), des dynamiques météo-marines (mobilisation du matériel sédimentaire) et des modifications artificielles du littoral.

L'unité géomorphologique très fragile qu'est le cordon du Jaï est caractérisée par des plages étroites, à forte pente (5 à 15°), artificialisées par des digues et des épis. Les dunes ont disparu du fait des constructions et des routes.

La photo-interprétation (1951-1998) montre que le cordon est globalement en recul au cours de cette période (20 à 50 m selon les secteurs). Seuls deux secteurs sont en progression dans le secteur Sud-Ouest (au niveau d'une rangée d'épis) et au sud-ouest de la petite bourdigue (Vonderscher, 2000).

La comparaison avec des cartes plus anciennes montre que le démarrage de l'érosion est contemporain de la construction du canal du Rove à partir de 1926, qui prive la plage du Jaï de ses sources sédimentaires.

Les premiers ouvrages de défense côtière datent des années 1930. Au cours des années 1960-1989, ces ouvrages permettent localement une stabilisation, voire une avancée, du littoral du Jaï, attribuée par Vonderscher (2000) aux apports massifs et au piégeage de thanatocénoses, dues indirectement à la mise en activité du Canal EDF : la part des carbonates, d'origine biodétritique, est actuellement de 56 à 74 % du poids des sédiments des plages du Jaï.

Le littoral situé entre l'embouchure de l'Arc et la pointe de Berre subit un recul séculaire, mis en évidence par la comparaison des cartes anciennes et des photographies aériennes (1909, 1936, 1972, 1998). Les apports coquilliers (thanatocénoses) ne compensent pas la diminution tendancielle des apports sédimentaires de l'Arc. Il est probable également que l'aménagement de l'embouchure, divisée artificiellement en 2 branches au début des années 1980, contribue au piégeage sédimentaire dans le chenal, aux dépens d'une répartition sur le littoral.

### 3.2.2.3 Dynamiques au sein de l'étang

Les apports en limons sont régulés par :

- les **variations naturelles** des apports duranciens et du débit des rivières (importance des périodes de crues : 70 à 90% des apports en MES peuvent se faire en quelques jours.
- les **variations artificielles** liées aux mesures de restrictions des rejets imposées pour la protection de l'étang.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	40/138

La majorité des particules est retenue dans l'étang, mais les particules peuvent s'épandre dans le Golfe de Fos lorsque les débits sont importants. Les mouvements sédimentaires au sein de l'étang sont principalement régis par l'action des clapôts et celle des courants liés aux forts coups de vent, notamment sur la frange très littorale de l'étang.

Lors de l'installation de la centrale, un dispositif a été mis en place pour favoriser une sédimentation à la sortie du canal sur une aire la plus réduite possible, en freinant les eaux dans un tourbillon généré entre deux digues. Après 26 ans, les limons duranciens forment une grande partie des dépôts récents de l'étang. L'aire de décantation s'est étendue jusqu'à la rive sud de l'étang.

Le taux de sédimentation au centre de l'étang était de 1cm/an après le creusement du canal de Caronte (1863) et n'a pas évolué après la mise en marche de la centrale. Le comblement du centre de l'étang serait ainsi la conséquence de l'ouverture du canal de Caronte sur l'hydrodynamisme de l'étang, les échanges sédimentaires avec le milieu marin, et de l'augmentation des bioclastes (fragments de fossiles que l'on retrouve dans la roche ou les sédiments).

La sédimentation des limons dans leur ensemble est accélérée au nord par les apports en eau douce et ralentie au sud dans les eaux marines. Les zones préférentielles de sédimentation correspondent à des zones de faible turbulence, situées à distance du point d'injection, en particulier les fronts de rencontre comme l'Anse du Ranquet et la Baie de Saint - Chamas (Imbert, 1999).

<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	41/138

## 4

# Evolution des caractéristiques et de l'équilibre de l'écosystème

Ce chapitre apporte des précisions concernant certains aspects du compartiment biologique mais il veut surtout aborder de manière plus détaillée l'évolution des composantes biologiques depuis le début du XX<sup>ème</sup> siècle afin d'avoir une vision plus globale de la réponse de l'écosystème aux variations des conditions environnementales.

Nous évoquerons trois principaux épisodes :

- ✓ l'étang sous influence marine entre 1863 et 1966 ;
- ✓ l'influence très forte des apports continentaux via le canal EDF (depuis 1966) ;
- ✓ l'épisode d'arrêt des rejets EDF en 1990 permettant de constater l'amorce d'un passage à un environnement plus marin.

### 4.1 L'ÉTANG AVANT 1863

Les carottages dans l'étang (Roux, 1991 ; Laval *et al.*, 1991 ; Jorda, 1993) et les prospections archéologiques et paléo-environnementales sur son périmètre (Leveau et Provansal, 1991 ; Gateau, 1996) ont montré que les conditions hydrologiques et écologiques de l'étang ont varié au cours des derniers millénaires. Après la remise en eau de la cuvette, il y a environ 6000 ans, la salinité a d'abord été de type marin jusqu'au IV<sup>ème</sup> siècle av. J.-C. (faune à *Ostrea sp* et *Dosinia lupinus*), puis saumâtre (présence exclusive de *Cerastoderma glaucum*), jusqu'à l'ouverture artificielle du chenal de Caronte.

La déconnection partielle de l'Etang avec le Golfe de Fos est attribuée à l'envasement des chenaux de Martigues, où l'émersion d'îlots vaseux précède l'installation du site gaulois à partir du X<sup>ème</sup> siècle av. J.-C (Chausserie-Laprée, 1988). Ces atterrissements sont liés à des apports solides plus abondants, dus à l'anthropisation des bassins versants périphériques de l'étang, qui accroissent les taux de sédimentation à partir de l'époque romaine. La désalinisation historique de l'étang est cependant inégale selon les secteurs considérés : les Romains élevaient des huîtres et ramassaient des moules dans le bassin sud.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	42/138

Les carottages confirment l'existence de plusieurs épisodes détritiques holocènes, associés à l'histoire du climat et de l'occupation du sol (Provansal M., 1993 ; Provansal M., 1995 ; Provansal M. et Morhange C., 1996). L'épaisseur totale des dépôts holocènes, qui reposent directement sur le substrat géologique bégudien, est de 2 mètres dans la cuvette sud et de 1,5 mètre dans la cuvette nord. Ils sont formés à plus de 80% de limons argileux.

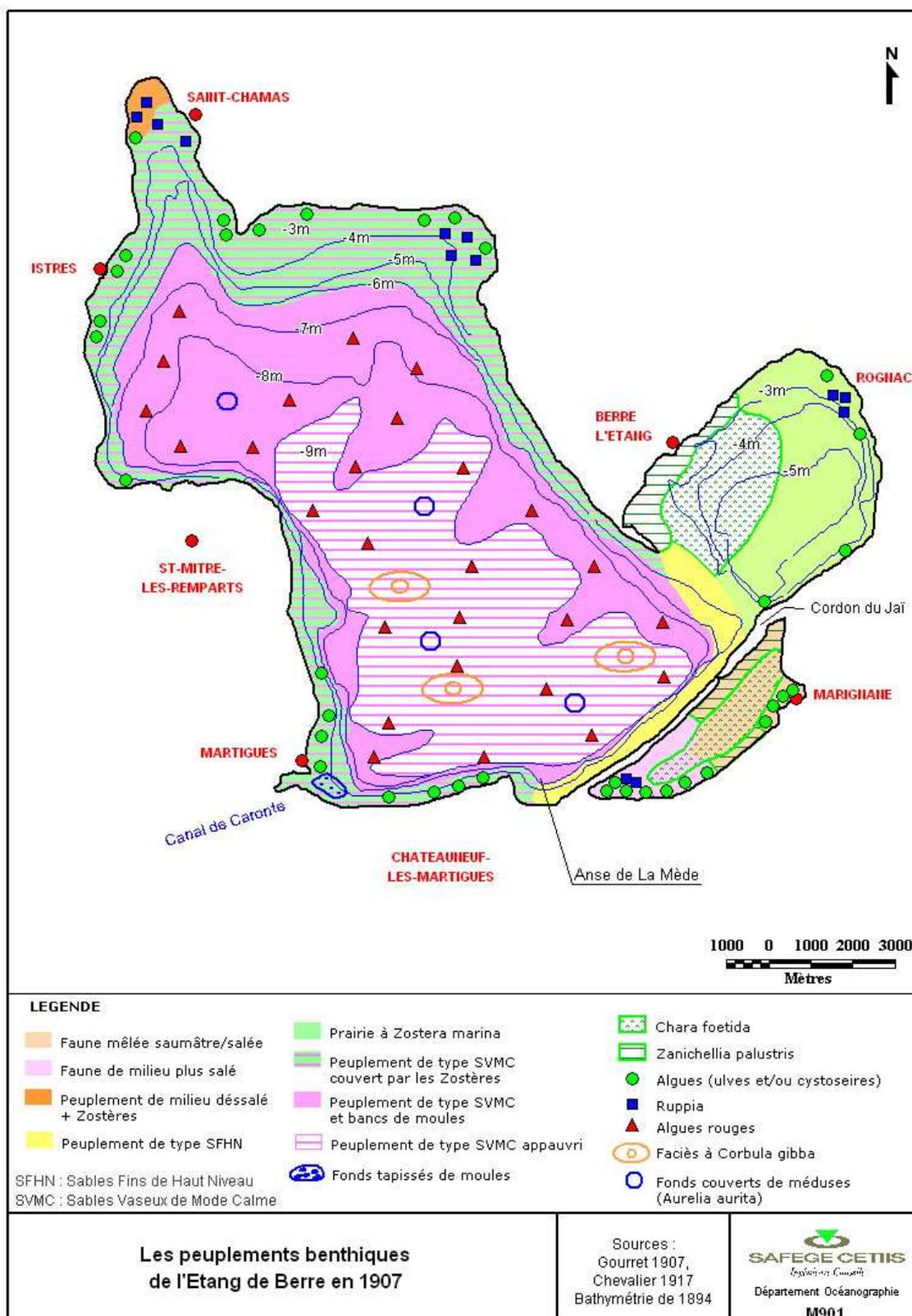
La création du canal de Caronte en 1863, approfondi à 6 mètres en 1874 puis à 9 mètres en 1925, année de la mise en service du canal du Rove reliant l'étang de Berre à la rade nord de Marseille, s'est accompagnée d'un renforcement des influences marines qui a mené à la mise en place d'un écosystème équilibré.

L'étang de Berre est depuis longtemps en contact avec la mer Méditerranée, de manière intermittente dans un premier temps par le biais de petits canaux parfois colmatés par du sable et, depuis la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle de manière permanente par le canal de Caronte. Cet étang a toujours été saumâtre à tendance marine (Stora, comm. orale).

<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	43/138

## 4.2 L'ÉTANG SOUS INFLUENCE MARINE FORTE (1863-1966)

### 4.2.1 L'augmentation de l'influence marine (1863-1925)



Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	44/138

#### Carte 4 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1907

##### 4.2.1.1 Le milieu

Dans un premier temps, l'ouverture du canal de Caronte (1863) s'est accompagnée d'une légère augmentation de la salinité de l'étang. Les apports modestes d'eau douce (apports fluviaux, des nappes et de ruissellement) étaient compatibles avec le flux admissible dans le canal de Caronte. Le milieu était eutrophe et de salinité moyenne (24 ‰) (Chevalier, 1917).

##### 4.2.1.2 La faune benthique

Les informations sont issues de Marion (1887), Gourret (1907) et Chevallier (1917).

Rappelons que les espèces benthiques indicatrices de pollution sont des espèces qui apparaissent dans des milieux de plus en plus réducteurs, où l'oxygène se fait rare. La pollution est dans ce cas, à la fois d'origine *naturelle* (décomposition d'organismes marins et donc fermentation organique) et *anthropique* (rejets des activités industrielles : pollution aux métaux lourds, pesticides...).

La composition des peuplements macrobenthiques variait au sein même de l'étang de Berre, en fonction de la nature des fonds et avait tendance à s'appauvrir avec la profondeur (Carte 4). Ainsi, au début du XX<sup>ème</sup> siècle le peuplement de l'étang par la faune benthique s'organisait comme suit :

- une **zone littorale rocheuse et couverte d'herbe**, particulièrement riche dans les environs de Martigues.

Le peuplement macrobenthique y était constitué notamment des espèces de mollusques suivantes : *Loripes lacteus*, *Nassarius reticulatus* (nommé à l'époque *Cerithium reticulatum* ou *Nassa reticulata*)<sup>2</sup>, *Rissoa membranacea* (*Rissoa oblonga*), *Rissoa lineolata*, *Cyclope neritea* (nommé à l'époque *Cyclonassa neritea*), *Gibbula adriatica* (*Trochus adriaticus*), *Lepidochitona cinerea* (*Chiton marginatus*) et la moule *Mytilus galloprovincialis*.

- des **plages sableuses** abritant les mollusques *Cyclope neritea*, *Lentidium mediterraneum* (*Corbulomya mediterranea*), *Tellina tenuis* forme *exigua* (*Tellina exigua*), *Abra segmentum* (*Syndosmia ovata*) ou encore *Cerastoderma glaucum lamarcki* (*Cardium lamarckii*).

- des **prairies de Zostères** à la physionomie uniforme et peuplées de *Loripes lacteus*, *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilaster solidus* (*Mytilus cylindraceus*, très abondante), *Rissoa membranacea*, *Cyclope neritea*, *Cardium exiguum*, *Nassarius reticulatus* ainsi que de crustacés tels que *Carcinus maenas*, *Crangon crangon* (*Crangon vulgaris*), *Pilumnus hirtellus*, d'annélides (*Polynoe incerta*, *Glycera alba*).

- des **fonds vaseux** situés au centre de l'étang et occupés par d'épais bancs de moules (*Mytilus galloprovincialis*). Ces bancs de moules, exploités depuis des siècles, avaient résisté aux divers épisodes de dessalement et de stagnation des eaux. Quelques espèces n'ont cependant pas pu résister : *Chlamys glaber* (*Pecten glaber*) et *Modiolus adriaticus* (*Modiola adriatica*).

---

<sup>2</sup> Entre (), le nom latin utilisé à l'époque

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	45/138

Les fonds de l'étang, vers Martigues abritaient aussi quelques exemplaires vivants d'huîtres (*Ostrea edulis*), de même que *Loripes lacteus*, *Mytilaster solidus* (*Mytilus cylindraceus*), *Paphia aurea* (*Tapes aureus*), *Corbula gibba*, *Cyclope neritea*, *Nassarius reticulatus* etc ...

En 1907, Paul Gourret distinguait en particulier deux zones de peuplement :

- la côte Sud-Ouest

- la zone comprise entre 0 et - 1 mètre était caractérisée par la grande abondance et la variété des animaux. Les roches étaient tapissées de petites moules et les fonds peuplés de polychètes tels que *Phyllodoce peretti* (*Phyllodoce lugens*) ou de mollusques comme *Nassarius reticulatus*, *Rissoa*, *Parvicardium exiguum*, *Trochus adriaticus*...

- entre - 1 et - 6 mètres vivaient le crustacé *Carcinus maenas*, les mollusques *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilaster solidus* (*Mytilus cylindraceus*), *Rissoa membranacea*, *Nassarius reticulatus*, *Cyclope neritea*, *Parvicardium exiguum*, *Gibbula adriatica* (*Trochus adriaticus*)...

- plus loin de la côte, il notait notamment la présence de *Hippocampus guttulatus*.

- la plage sableuse constituant la côte Est-Sud-Est (Jai vers Pointe de Berre), abritait une faune particulière et pauvre en espèces parmi lesquelles il identifiait *Lentidium mediterraneum* (*Corbulomya mediterranea*), *Tellina tenuis* forme *exigua*, *Abra segmentum*, *Glycera alba* et *Cyclope neritea*.

De manière générale, le peuplement d'invertébrés de l'étang de Berre était moins abondant et varié que celui de l'étang de Thau. Gourret (1907) remarquait également que la faune du chenal de Caronte, milieu à salinité élevée, était nettement plus riche en espèces et en individus que celle des eaux saumâtres de l'étang de Berre avec, par exemple, la présence assez commune de l'oursin comestible.

#### 4.2.1.3 La flore benthique

Après le creusement du canal de Caronte et suite à l'augmentation de la salinité, les phanérogames aquatiques *Potamogeton pectinatus* présentes jusqu'alors disparaissent, au profit de Zostères et *Ruppia cirrhosa*<sup>3</sup> (Chevalier, 1917). Se développant dans des eaux douces à saumâtres, *Potamogeton pectinatus* parvient à se maintenir très ponctuellement dans les zones d'eau plus douce comme l'anse de Saint - Chamas.

Dans les fonds au-dessous de 6-7 mètres se développaient deux algues rouges : *Sphaerococcus confervoides* et *Polysiphonia arenaria* (Chevalier, 1917).

En 1907, Gourret signalait sur la côte Sud-Ouest, entre 0 et 1 mètre, la présence régulière d'algues (*Cystoseira barbata* et Ulves) et de petits amas de Zostères. Puis entre 1 et 6 mètres, la zone des prairies de Zostères (*Zostera marina*) descendant parfois à 9 mètres de profondeur.

---

<sup>3</sup> appelée à tort à cette époque *Ruppia maritima*

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	46/138

#### 4.2.1.4 L'ichtyofaune

Les herbiers abritaient de nombreuses espèces : blennies, gobies, anguilles, athérines, muges, loups, sparidés (sars, daurades, saupes), rougets... On dénombrait également de nombreuses Canadelles (*Symphodus cinereus*) (Huvé *et al.*, 1973).

En 1907, les eaux de la **côte Sud-Ouest** de l'étang étaient peuplées par les poissons suivants :

- proche de la côte, les espèces sédentaires *Gobius niger*, *Zosterisessor ophiocephalus* (sous le nom *Gobius lota*), Blennies, *Atherina boyeri* (sous le nom *Atherina mochon*), *Symphodus cinereus* (sous le nom *Crenilabrus massa*). Ces espèces vivent dans les herbiers de Zostères et jusque dans les régions les moins salées. On notait également la présence de l'espèce accidentelle *Diplodus annularis* (*Sargus annularis*) ;
- plus profond, les poissons, étaient très nombreux mais peu diversifiés avec essentiellement *Symphodus cinereus*.

Dans l'**anse de La Mède** se trouvaient des espèces migratrices : *Platichthys flesus* (sous le nom *Flessus passer*), des loups, muges, daurades, anguilles et sars. Les sardines, anchois, *Atherina hepsetus*, et *Sprattus sprattus* (sous le nom *Meletta phalerica*) peuplaient l'étang plutôt du printemps jusqu'aux premiers froids, attirés par les nuées de copépodes. Des anchois étaient régulièrement présents en octobre. La présence de soles, espèce accidentelle était aussi remarquée.

Le peuplement ichtyologique de l'étang de Bolmon fut marqué par la disparition presque totale des poissons d'eau douce... Ces derniers réapparaissaient seulement lors des années très pluvieuses. La présence exceptionnelle de marsouins à la poursuite de poissons migrants est également notée (Chevalier, 1917).

#### 4.2.1.5 Le plancton

Entre 1886 et 1916 le plancton est très riche, caractérisé par une pullulation de Copépodes (*Temora* sp.), une abondance de grandes méduses *Aurelia aurita* et *Rhizostoma cuvieri* (Mars, 1961). Les Cnidaires étaient représentés par l'espèce *Anemonia sulcata*.

#### 4.2.1.6 Fonctionnement de l'écosystème : recherche d'un équilibre

Dans les premiers temps, l'écosystème de l'étang de Berre était de type marin néritique, légèrement appauvri en espèces par rapport à un écosystème proprement côtier mais avec une biomasse et surtout une production plus importantes (Péres in CNEXO, 1983). Une mortalité de moules était constatée en été lorsque les eaux, moins brassées par le Mistral, stagnaient et s'échauffaient. Ceci s'accompagnait de la décomposition des végétaux et du dégagement de gaz (Chevallier, 1917).

#### 4.2.1.7 Particularités des usages

À l'époque, les pêcheurs de l'anse de Saint - Chamas se plaignaient de la disparition des *Potamogeton pectinatus*, signalée par Gourret. En effet, les feuilles de Potamogeton jouent un rôle important dans la protection de la faune en été et en hiver car elles ne tombent pas, contrairement à celles des *Ruppia* qui tombent en hiver (Chevalier, 1917). Selon les pêcheurs, la pêche était donc devenue impossible indirectement à cause de l'augmentation de la

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	47/138

salinité de l'étang (jusqu'à une moyenne de 32 ‰ à partir de 1947 jusqu'à 1966) et ayant provoqué la disparition des peuplements de *Potamogeton pectinatus*.

C'est à cette époque également qu'eurent lieu les premiers essais d'élevage de moules fixées près de la surface. En effet, en 1887, alors que subsistait l'exploitation de bancs naturels de moules, est apparue la possibilité d'obtenir de meilleurs résultats en faisant des installations pour leur culture. L'espèce de moule locale (*Mytilus gallo-provincialis*) est rustique et résiste aux variations de salure des eaux et aux températures extrêmes. D'autre part, l'élevage d'huîtres dans le canal de Caronte, près de Port-de Bouc et de Martigues et le long de la Roque semblait possible.

#### **4.2.2 Une influence marine maximale (1925 – 1966)**

Selon Mars (1948) et Huvé (1954), de manière générale, entre 1947 et 1966, la faune et la flore benthiques et pélagiques sont abondantes et relativement diversifiées (Conseil Scientifique du Comité de Bassin RMC, 1993). Elles présentent une affinité marine dominante (Carte 5).

##### **4.2.2.1 Le milieu**

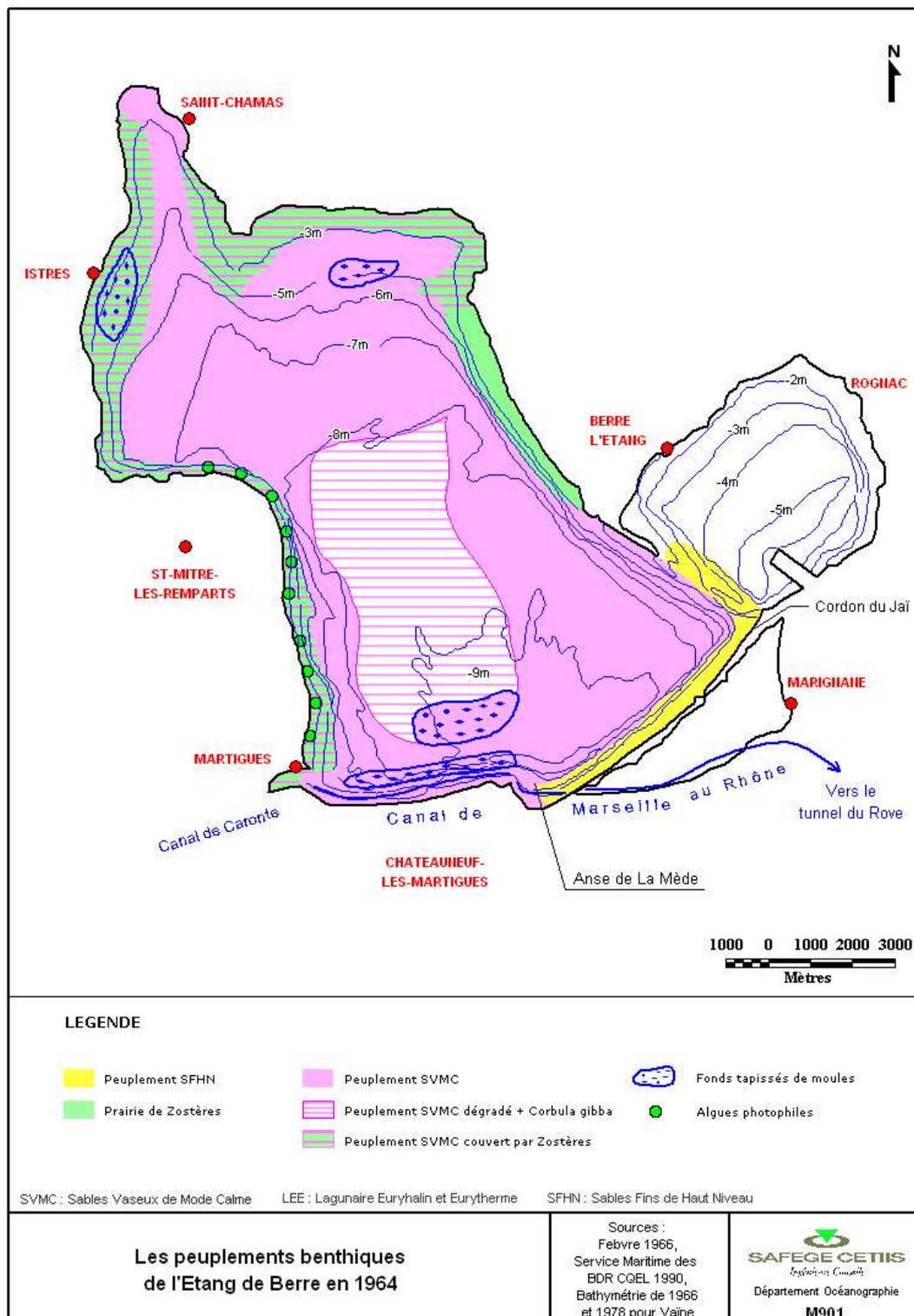
Après l'ouverture du canal du Rove en 1925 et avant le début des rejets massifs d'eau douce, la salinité avoisine les 32 ‰ (Mars, 1949). Ainsi, entre 1947 et 1966, la salinité de l'étang montre une relative constance entre 30 ‰ en hiver et 33 ‰ en été (Minas, 1973). La salinité était relativement homogène horizontalement et verticalement. La légère variabilité observée était fonction du régime hydrologique des rivières et des entrées d'eau de mer par le canal de Caronte.

Notons qu'en 1963, l'éboulement et l'obstruction du canal du Rove mettent fin à l'une des communications de l'étang avec la mer.

##### **4.2.2.2 La faune benthique**

Quelques années seulement après l'augmentation de l'influence marine, on a assisté à la diversification des biocénoses benthiques marines tolérantes ou saumâtres. Entre 1925 et 1966, le peuplement de base de l'étang était celui des Sables Vaseux de Mode Calme (SVMC), dominé par les lamellibranches (*Corbula gibba* notamment) et occupant la plupart des fonds inférieurs à 9 mètres. Seul le secteur de la plage du Jaï présentait un peuplement particulier, celui des Sables Fins de Haut Niveau (SFHN) (Febvre, 1968). Entre 1947 et 1966 le peuplement était donc à affinité marine dominante et assez homogène sur tout le plan d'eau. Jusqu'en 1950, ces peuplements benthiques étaient florissants et ne comptaient que de rares individus indicateurs de pollution.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	48/138



Carte 5 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1964

En 1964, l'étang présente une connotation marine affirmée avec de rares individus appartenant à la biocénose Lagunaire Euryhaline et Eurytherme (LEE) des petits étangs littoraux méditerranéens (Febvre, 1968). Les peuplements, ne contenant pas d'espèces indicatrices de perturbation, étaient parfaitement équilibrés. Le peuplement de base était du type de celui des SVMC et occupait la plus grande partie du fond de l'étang. Il était un peu

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	49/138

appauvri dans la partie centrale, en-dessous de 8 mètres de profondeur mais très florissant sur les pourtours (jusqu'à - 6 mètres). Dans la partie sud de l'étang, le peuplement SVMC coexistait avec des moulières, lesquelles s'appauvrissaient dans la zone profonde (Febvre, 1968). Le peuplement de la plage du Jaï (très exposée au Mistral) ainsi que celui des hauts fonds entre l'Étang de Berre et l'Étang de Vaïne correspondait à celui très riche des SFHN. Sur la côte Est et Sud-Est (dans l'axe du canal de Caronte) s'était développé un faciès de *Mytilus galloprovincialis*.

Aucun bioindicateur de pollution n'était présent, ainsi Febvre ne relevait qu'un seul individu appartenant à une espèce indicatrice de sédiments réduits, riches en matière organique : la polychète *Audouina tentaculata* (Febvre, 1968).

En 1958, Mars signalait la présence de *Ficopomatus enigmaticus* dans les parages de l'embouchure de l'Arc (Mars, 1966). Cette espèce vit sur les substrats durs infralittoraux et est indicatrice de fortes variations de salinité et tout particulièrement de dessalure. Cette polychète fait en effet partie de la faune normale des estuaires et des étangs fortement dessalés. Elle est également favorisée par l'excès de matière organique.

#### 4.2.2.3 La flore benthique

Entre 1925 et 1950, une ceinture de riches **herbiers de Zostères** abritait quelques moulières.

En 1964, en situation d'équilibre, le pourtour de l'étang (jusqu'à des profondeurs de 6 mètres), était peuplé de riches herbiers de phanérogames marines essentiellement constitués de *Zostera noltii*. Ces peuplements se surimposaient au peuplement des SVMC sur les côtes Ouest et Nord-Est de l'étang.

Entre Martigues et l'anse du Ranquet, la côte occidentale rocheuse était peuplée par divers faciès des **algues photophiles**. Il en était de même dans tous les fonds assimilables à des substrats durs disséminés autour de l'étang (rochers, quais...).

Les peuplements végétaux se caractérisaient également par le développement de la phanérogame marine *Ruppia cirrhosa*.

#### 4.2.2.4 L'ichtyofaune

Les poissons présents dans l'étang de Berre à cette époque sont variés (Huvé *et al.*, 1973) : anguilles, Mugilidés (espèces euryhalines), *Atherina hepsetus* (affinité marine dominante), *Lipophrys pavo* (sous le nom *Blennius pavo*), Labridés, Syngnathidés, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, Gobiidés (*Gobius niger*), *Dicentrarchus labrax* (loup), Sparidés.

Petit et Schachter (1955) dénombrèrent 34 espèces de poissons et indiquaient qu'il semblait y avoir une augmentation du nombre de poissons pélagiques (sardines, maquereaux) et un maintien, voire une diminution des poissons benthiques et limnivores (Brun, Beltra, 1994).

#### 4.2.2.5 Le plancton

Jusqu'en 1966, le plancton est caractéristique des lagunes salées : diatomées et chlorophycées marines opportunistes, dinophycées néritiques pour le phytoplancton ; et dominance des copépodes et du Cladocère *Podon polyphenoides* pour le zooplancton (Augier, 1996).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	50/138

D'après Minas (1965), l'année 1964 est une année d'intense production d'organismes planctoniques mais les peuplements phytoplanctoniques comportent un nombre restreint d'espèces et sont dominés par les diatomées (Service Maritime, 1990).

L'ouest de l'étang était caractérisé par la présence du dinoflagellé *Prorocentrum minimum*. D'autre part, les *Ruppia*, *Zostères* et *Cystoseires* de la région littorale étaient recouvertes de diatomées, elles mêmes mangées par les poissons herbivores.

#### 4.2.2.6 Fonctionnement de l'écosystème : l'équilibre atteint

L'équilibre est donc atteint en 1964, l'écosystème fonctionne alors comme une **lagune méditerranéenne marinisée, profonde et stable**. Le milieu présente cependant déjà quelques signes d'eutrophisation (Conseil Scientifique du Comité de Bassin RMC, 1993).

#### 4.2.2.7 Usages - Atouts et Contraintes

Les bancs naturels de *Mytilus galloprovincialis* sont encore exploités à cette période.

La zone entre les 3 Frères et Martigues est caractérisée par la grande abondance et la variété des animaux et des végétaux en raison du brassage actif et constant des eaux.

Il faut noter l'important rôle que jouent les herbiers de *Zostères*. Un rôle positif car ils abritent et nourrissent de nombreux invertébrés. Ils servent également d'abri et de garde-manger pour les poissons. Leurs débris sont récupérés par les hommes et font l'objet de l'industrie du varech (emballage, engrais) (Chevalier, 1917). En revanche, la décomposition de leurs feuilles provoque la sédimentation de particules fines et affecte la qualité des eaux.

Enfin, l'abondance des méduses *Aurelia aurita* est une gêne pour la pêche.

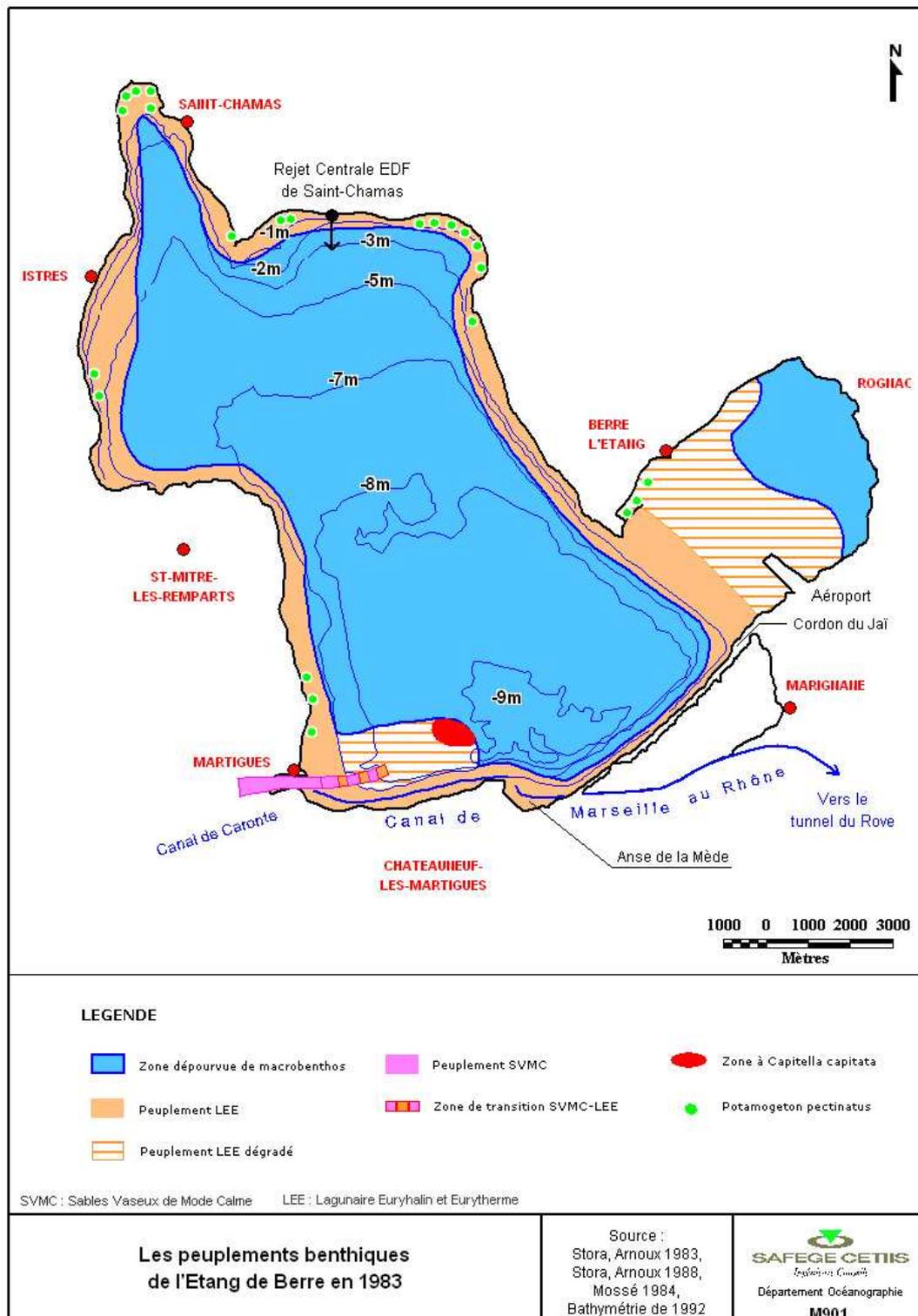
La loi n° 57-897 du 7 août 1957 interdit la pêche et 349 pêcheurs sont indemnisés. Cependant l'exercice de la pêche sera par la suite toléré, jusqu'en 1994.

### 4.3 L'ÉTANG DE 1966 A NOS JOURS

1966 est l'année de la mise en marche de la centrale hydroélectrique de Saint Chamas. Le détails des apports de la centrale est présenté au paragraphe 2.1.4 Le canal EDF.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	51/138

### 4.3.1 La première phase : des apports massifs d'eau douce et de limons (1966 – 1994)



Carte 6 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1983

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	52/138

### 4.3.1.1 Le milieu

#### ◆ La température

Depuis l'installation de la centrale, la zone la plus profonde est thermiquement stratifiée avec une thermocline positionnée entre 6 et 8 mètres. L'eau de mer du fond est plus chaude en hiver mais en été le gradient s'inverse avec le réchauffement saisonnier, c'est alors la couche de surface qui est la plus chaude. Depuis 1994 la température oscille entre 7 et 22°C dans le fond et 4 à 26°C dans les eaux de surface. L'évolution de la température de juin 1994 à février 2000 à la station 12 est représentée en Figure 4.

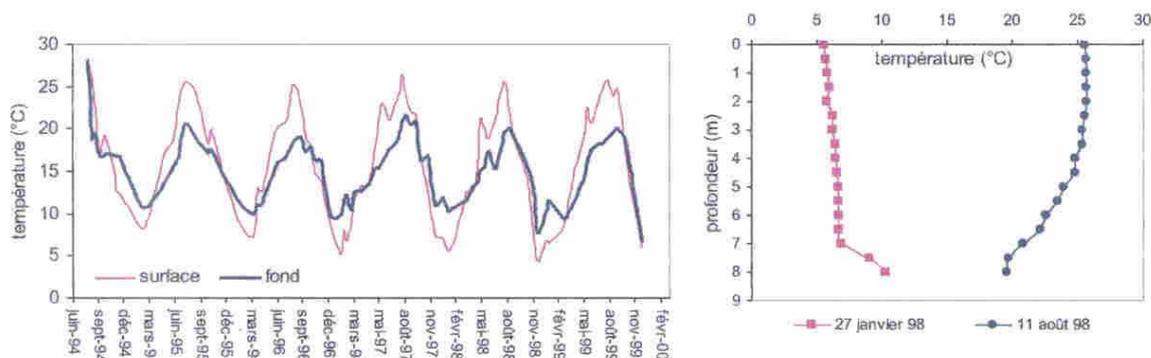


Figure 4 : Évolution de la température à la Station 12 (GIPREB, 2002)

#### ◆ La salinité

Les apports massifs d'eau douce provoquent un effondrement de la salinité des eaux sur l'ensemble de l'étang de Berre : les salinités présentent en surface des valeurs moyennes de 10 ‰ à 15 ‰ et des variations de grandes amplitudes (Minas, 1976 a). Le bilan hydrologique est globalement excédentaire mais les échanges avec le milieu marin ne sont pas nuls et des entrées d'eaux marines dans l'étang se font par l'intermédiaire du biseau salé (Minas, 1970 ). Les apports EDF qui se mélangent peu aux eaux de l'étang dans les secteurs les plus profonds, engendrent une stratification marquée et durable de la colonne d'eau dans la partie centrale de l'étang. Cette stratification empêche les échanges de sels nutritifs et d'oxygène entre les eaux douces en surface et les eaux salées en profondeur, et aboutit à l'anoxie des fonds dans les zones profondes (plus de 6 mètres de profondeur) de l'étang (Minas, 1976 b).

#### ◆ La turbidité

La turbidité est essentiellement organique à l'échelle de l'année, sauf lors de la reprise des turbinages. Les apports du canal usinier en MES et en sels nutritifs ont accru la turbidité de l'étang en augmentant le pourcentage de matières en suspension et en soutenant la production algale par des apports de sels nutritifs.

#### ◆ La Matière Organique

Les apports en eaux douces entraînent un refoulement des sédiments les plus riches en matières organiques (issus de l'Arc et de la Touloubre) vers le sud, zone plus salée où la sédimentation est moins rapide.

#### ◆ L'oxygénation

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	53/138

Depuis la mise en place de la centrale, l'enrichissement en matière organique de la couche profonde et la stratification haline sont à l'origine du phénomène d'anoxie qui touche en permanence les fonds de plus de 6 mètres (sauf lors d'épisodes de vents forts, mais le retour à un état stratifié est rapide).

◆ Le pH de l'eau

Il n'y a pas d'information disponible sur le pH de l'eau de l'étang avant 1966.

◆ Les sels nutritifs

En 1976 : la combinaison de forts apports en azote et en particules fines dans le nord a conduit à l'accumulation de quantités très élevées d'ammonium dans les sédiments.

#### 4.3.1.2 La faune benthique

Dans les premiers mois suivant le début des rejets, les peuplements de la biocénose des SFHN de la plage du Jaï connaissent des modifications (Massé, 1972 in Stora, 1982) : disparition de certaines espèces non euryhalines (*Venus gallina*, *Spisula subtruncata*...) mais aussi maintien et épanouissement d'espèces des SFHN (*Lentidium mediterraneum*, *Tellina tenuis*...) et de dessalure (*Cyclope neritea*). Au cours du deuxième semestre, les peuplements semblent s'adapter.

L'étude de G. Bellan en 1970 témoigne d'une évolution des peuplements de l'étang sur environ 5 ans, entre 1966 et 1970. Plusieurs constats ont pu être faits (Bellan, 1972 in Stora, 1982) :

- un **appauvrissement** et une **dégradation généralisée de l'ensemble des peuplements**. Il n'y a eu qu'une substitution partielle des espèces autrefois présentes par d'autres espèces. Les peuplements équilibrés n'ont pas été remplacés par d'autres peuplements en équilibre avec le milieu. Tous les peuplements présents sont dégradés, en particulier l'endofaune (faune des sédiments) ;
- le peuplement de base est toujours celui des **SVMC** mais **très appauvri**, il est réparti sur la quasi totalité de l'étang sauf le long de la côte Sud-Est et Est. Un peuplement des SFHN, très dégradé, est présent sur la plage du Jaï et réduit à une bande superficielle très étroite, sur la côte Est. Quelques faciès d'épifaune (Moulières) subsistent mais se dégradent en zone côtière ;
- une **disparition quasi totale de la vie** s'est produite dans la plus grande partie de l'étang, au-dessous de 5 mètres de profondeur, sauf dans la zone de mélange de la partie Sud-Ouest de l'étang encore alimentée par l'eau de mer. Le peuplement y est toutefois assez peu florissant ;
- les peuplements les plus superficiels de cette côte Sud-Ouest (de Martigues à l'anse du Ranquet) sont également les moins pauvres (herbiers de Zostères, Moules, Balanes et *Ficopomatus enigmaticus* sur substrats rocheux).

On constate aussi la présence sur la côte Nord de l'étang, de vastes **zones fortement polluées** et où le peuplement a quasiment disparu (anse de Saint - Chamas, proximité du déversoir EDF) ainsi que des zones à *Capitella capitata* aux environs d'Istres (Bellan, 1972 in Stora, 1982). Ce peuplement signale une intense pollution organique compatible toutefois avec la vie animale et constitue un changement par rapport à 1964 où aucune espèce indicatrice de

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	54/138

pollution n'était signalée. L'étang de Bolmon abrite encore un peuplement **LEE typique** avec *Cardium glaucum*, *Abra ovata*...). Les peuplements de base en 1970 restent ceux présents auparavant mais très appauvris.

En 1972, les peuplements macrobenthiques sont modifiés (Stora, 1976 in Stora, 1982) :

- les espèces des SVMC et des SFHN qui jusqu'alors peuplaient la bande côtière jusqu'à 5 mètres furent remplacées par les espèces de la communauté euryhaline, excepté dans l'anse de Saint - Chamas et sur la côte Nord de l'étang (directement exposée au rejet). Il s'agit de zones azoïques du point de vue macroscopique ;
- la partie centrale (au-dessous de 5 mètres profondeur) de l'étang est azoïque ;
- la zone Sud-Ouest abrite une communauté LEE dégradée entre 5 et 7 mètres (faciès de *Nereis diversicolor*) puis seulement quelques espèces marines relativement euryhalines entre 7 et 9 mètres ;
- le canal de navigation abrite toujours un peuplement de type SVMC.

Au début des années 1970, *Ficopomatus enigmaticus* est signalé sur tout le pourtour de l'étang mais seulement sous la forme de bourrelets de petite taille (GARCIA, 1997).

En 1972, on constate le **développement du peuplement LEE**, caractéristique des zones dessalées, particulièrement sur la bordure côtière.

Entre 1972 et 1983, le cœur de l'étang n'abrite aucun peuplement. Seuls 3 secteurs sont peuplés (Stora, 1982, Stora, Arnoux, 1988) (Carte 6) :

- le **chenal de navigation** où se développe la biocénose SVMC marquée par la présence d'espèces indicatrices en matière organique puis le passage progressif à un peuplement dégradé référent à la biocénose LEE ;
- la **zone Sud-Ouest**, dans les fonds de 5 à 9 mètres, occupée par un peuplement LEE très dégradé. Au-delà de 8 mètres apparaissent les espèces indicatrices de pollution et de dessalure ;
- la **bordure côtière**, jusqu'à 5 mètres de profondeur, accueille des espèces caractéristiques de la biocénose LEE.

Un gradient d'appauvrissement Sud-Nord de la diversité spécifique s'est mis en place depuis 1972 jusqu'en 1996.

En 1983, (Vitiello, 1983), l'étude du méiobenthos amène à plusieurs constats :

- le méiobenthos (organismes dont la taille est comprise entre 0,1 et 1 mm) est essentiellement représenté par les Copépodes, les Polychètes et les Nématodes. Ces derniers constituent au moins 81 % du peuplement et certains de leurs représentants tolèrent les conditions d'anoxie ;
- les peuplements méiobenthiques sont en état de stagnation et on constate une désertification persistante des fonds au-dessous de 5 mètres (Stora, Gallas, 1990) ;

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	55/138

- trois zones de peuplements homogènes peuvent être distinguées : le nord de l'étang, secteur très riche (en moyenne 2 800 000 individus/m<sup>2</sup>) avec surtout des espèces d'eau saumâtre et d'origine dulçaquicole ; le centre de l'étang est la zone la plus pauvre (en moyenne 500 000 individus/m<sup>2</sup>) enfin, le sud de l'étang où ces organismes ont une abondance intermédiaire avec 1 400 000 individus/m<sup>2</sup> (Service Maritime 13, 1990).

En 1988, les recensements de Stora et Arnoux signalent que la faune benthique littorale de l'étang est en permanent état de déstabilisation. Seule la partie Sud-Ouest de l'étang, face au débouché du canal de Caronte, a semblé bénéficier d'une **stabilité** qualitative et quantitative de ses peuplements.

Les premières améliorations des stations d'épuration à partir de 1980 n'ont pas eu d'effet significatif sur les communautés benthiques. Ceci témoigne de la contrainte importante qu'exercent les conditions hydrologiques (stratification verticale, variabilité de la salinité) et la faible teneur en oxygène dissous (Stora et al., 1995) tandis que la qualité du milieu semble moins déterminante quant à l'évolution des peuplements benthiques.

#### 4.3.1.3 La flore benthique

La mise en service du canal usinier de Saint - Chamas s'accompagne tout d'abord de la réapparition de *Potamogeton pectinatus* avec une implantation très ponctuelle dans un premier temps. Ainsi, en 1972, *Potamogeton pectinatus* est réparti de manière très localisée au nord de Martigues et dans le port des Heures-claires (Riouall, 1972 in Mossé 1984). Alors que *Ruppia cirrhosa* se développe, les Zostères sont en voie de régression, en raison d'après Huvé et al. (1973) de la pollution (hydrocarbures principalement) et de la turbidité croissante des eaux. Un herbier de phanérogames est localisé sur une étroite bande côtière d'environ 150 mètres de largeur, dans l'étage infralittoral jusqu'à 3 mètres de profondeur. En 1970, quelques faciès d'épiflore (herbiers de Zostères) ont subsisté, surimposés aux SVMC dégradés ou aux SFHN de la côte Est. Ces faciès peuvent être nettement clairsemés et appauvris (notamment sur la côte Nord-Ouest). Un herbier mixte de *Ruppia cirrhosa* et *Zostera noltii* prend place sur tout le pourtour de l'étang (Riouall, 1972 in Mossé 1984).

On note également après 1966, la présence d'une population de macro-algues caractéristiques des eaux saumâtres et des milieux à teneur élevée en matières organiques : ulves (*Ulva lactuca*), enteromorphes (*Enteromorpha prolifera*, *Gracilaria verruculosa*). Les algues se localisent dans les niveaux superficiels (entre l'étage médiolittoral et l'horizon supérieur de l'étage infralittoral) (Huvé et al., 1973).

En 1975, les peuplements de *Potamogeton pectinatus* observés en 1972 disparaissent, et il ne subsiste plus que les herbiers mixtes (Riouall, 1977 et Stora, 1976 in Mossé 1984). Ceci peut s'expliquer par une dessalure insuffisante pour permettre au *Potamogeton* de se développer au maximum de ses possibilités.

Après 1975, la dessalure s'accroît et s'accompagne de l'installation de vastes peuplements de *Potamogeton pectinatus* un peu partout autour de l'étang. Des *Potamogeton pectinatus* recouverts d'algues vertes épiphytes (*Enteromorpha*) sont également présents dans les ports (Martigues, Heures-Clares) et les endroits contaminés par des eaux polluées (au nord de l'anse de Saint - Chamas). Ceci est le signe de leur tolérance pour les milieux pollués (Mossé, 1984). La localisation de ces peuplements peut être liée aux courants qui transportent les graines et bourgeons et, au nord de l'Arc, au rejet d'eau douce de cette rivière.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	56/138

A partir du début des années 80, le peuplement de *Potamogeton pectinatus* se développe (Service Maritime 13, 1990). Ces herbiers se situent alors essentiellement au nord de l'étang de Berre mais leur peuplement présente une grande variabilité dans l'espace.

Après 1990, ces peuplements semblent en expansion, surtout dans les parties nord des étangs de Berre et de Vaïne mais ils ne sont pas présents dans le sud de l'étang entre Marignane et Châteauneuf-les-Martigues où le littoral est surtout rocheux.

#### 4.3.1.4 L'ichtyofaune

Un certain nombre de grandes tendances semblent avoir eu cours à partir de 1966 :

- la réapparition des espèces dulcicoles comme les cyprinidés ;
- la pénétration plus massive de joëls (*Atherina* spp.) ;
- la stabilité des effectifs de muges, loups, anguilles, athérines (espèces euryhalines) ;
- la diminution des effectifs de blennies paon, de clupidés (sardines...), de gobidés et labridés et de sparidés car ces derniers ne fréquentent pas des milieux dont la salinité est inférieure à 10g/l ;
- la disparition des hippocampes.

Il faut noter que toutes ces évolutions sont « relatives » car les comptages ne sont jamais extrêmement précis et effectués de différentes manières d'une fois sur l'autre.

Au début des années 70, cette faune était donc composée :

- des espèces **euryhalines**, qui constituaient la majorité des pêches (muges, loups, anguilles, athérines) et se rencontraient à peu près partout ;
- des espèces à **affinité marine** dominante, qui restaient globalement localisées dans la partie méridionale de l'étang ;
- des espèces **d'eau douce** (principalement des cyprinidés, quelques truites et sandres), apparues dans la zone nord de l'étang. Ces espèces ont disparu avec l'augmentation de la salinité des eaux (Huvé *et al.*, 1973).

L'adoucissement des eaux s'est donc accompagnée de la quasi-disparition dans l'étang, des espèces marines sensibles à la dessalure. L'anoxie des niveaux inférieurs a engendré la mortalité de nombreux poissons. La diminution de la salinité a donc entraîné de grandes modifications dans la répartition de l'ichtyofaune mais a peu modifié l'importance des pêches basées à l'époque sur la capture d'espèces essentiellement euryhalines (Huvé *et al.*, 1973).

#### 4.3.1.5 Le plancton

Après 1966, la production primaire augmente et les diatomées disparaissent au profit des **espèces dulçaquicoles** comme le montrent les comptages effectués en 1977-1978 et 1981-1983. Un rôle secondaire est joué par la communauté d'origine néritique. Trois espèces sont prédominantes : *Prorocentrum minimum*, *Chlorella* sp. et *Cyclotella* sp. Elles sont accompagnées de Chlorophycées, Cryptophycées et Chrysophycées (Arfi, 1991).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	57/138

Après 1980, la réduction du débit du rejet EDF provoque la raréfaction des espèces dulçaquicoles au profit d'**espèces d'eau saumâtre** et en particulier de dinoflagellées (*Prorocentrum minimum*) responsables des phénomènes épisodiques d'eaux rouges dans l'étang (Service Maritime 13, 1990). A partir de quelques mètres de profondeur, le confinement est accentué et s'accompagne du développement des cyanophycées et de la disparition de toute la faune fixée. L'étang de Vaïne est environ 2 fois plus riche que le grand étang et joue le rôle d'un bassin de culture des diatomées (Service Maritime 13, 1990).

L'évolution saisonnière des communautés planctoniques avant le plan Barnier (Beker, 1986) est marquée par les faits suivants :

- les périodes de fort turbinage provoquaient la dispersion des populations et l'arrivée massive de sels nutritifs. Ceci favorisait le développement massif et rapide des espèces tolérant la dessalure et donc la dominance de *Prorocentrum minimum* et *Cyclotella* sp.;
- les périodes de diminution des rejets d'eau douce s'accompagnaient d'une stabilité verticale du milieu permettant dans un premier temps le développement important d'espèces tolérant un milieu dessalé. Puis sous l'effet de l'augmentation de la salinité, les communautés en place étaient remplacées par celles adaptées aux milieux saumâtres et provenant de l'étang de Vaïne. L'espèce dominante est alors *Chlorella* sp. à laquelle s'ajoute l'arrivée d'espèces néritiques tolérant des salinités relativement basses. Au final, on avait une communauté mélangée présentant les caractéristiques d'un étang saumâtre.

En 1979, le phytoplancton est très abondant dans l'étang de Bolmon, représenté surtout par les cyanophycées : *Oscillatoria lanterbornii* et *Anaboenopsis circularis* (caractéristique des étangs eutrophes et saumâtres). Les zones les plus riches sont celle du Jaï et de Châteauneuf (SPPPI, 1979).

#### 4.3.1.6 L'écosystème

Les rejets du canal usinier provoquent une baisse radicale de la salinité sur l'ensemble de l'étang et une stratification haline très prononcée et pérenne dans la partie centrale et profonde de l'étang de Berre.

Ces modifications du régime hydrologique de l'étang imprime nettement le fonctionnement de l'écosystème de l'étang de Berre. En particulier, la **formation d'une couche anoxique** à partir de 6 mètres de profondeur (Minas, 1976 b) conduit à une **mortalité brutale de la faune et de la flore benthiques en place**. La fluctuation de la salinité imposée par le rejet a par ailleurs empêché l'installation d'une nouvelle biocénose structurée. En 1970, on constate donc la disparition quasi totale de la vie dans la plus grande partie de l'étang, au-dessous de 5 mètres (sauf dans sa partie Sud-Ouest).

Les apports très importants en nutriments ont parallèlement permis de soutenir une forte production phytoplanctonique associée à des teneurs en chlorophylle-a qui varient entre 2 et 35 µg/l au nord de l'étang et entre 5 à 25 µg /l dans le sud de l'étang. Ces concentrations sont minimales en été et plus importantes en automne, hiver et à la fin du printemps (Minas, 1973).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	58/138

## 4.3.2 Depuis 1994, des apports réduits d'eau douce et de limons

Les premières années qui ont suivi la mise en place du plan Barnier ne se sont pas accompagnées de changements majeurs au sein des communautés macrobenthiques notamment. Une évolution plus marquée du milieu se produira à partir de 1997, avec la mise en œuvre complète des mesures préconisées dans ce plan. La diminution des rejets d'eau douce a été mise en œuvre avec une saisonnalité particulière tout au long de l'année.

### 4.3.2.1 La période 1994 - 1997

#### 4.3.2.1.1 La faune benthique

Elle est caractérisée par :

- un développement important du serpulidae *Ficopomatus enigmaticus* sur la quasi totalité de l'étang (Rico-Raimondino, Francour, 1995).
- la présence sur la bordure côtière de peuplements dégradés (peu d'espèces, peu d'individus) et constitués d'espèces à affinités d'eau saumâtre ;
- la localisation des peuplements les plus florissants dans la partie sud de l'étang, la plage du Jaï et l'anse du Ranquet (GIPREB, 2002) ;
- la localisation des stations les plus perturbées dans l'anse de Saint - Chamas et au cœur de l'étang de Vaïne.
- la persistance des **peuplements LEE** et notamment leur **dégradation** dans la plupart des **stations côtières du nord et de Vaïne**.

Ces peuplements sont sous la dépendance des conditions écologiques générales de l'étang et des conditions spécifiques locales (ports, rejets, rivières). L'appauvrissement observé au Nord est certainement lié aux rejets de limons. Quant à la dégradation permanente des stations du port de Berre et de l'étang de Vaïne, elle montre un déséquilibre imputable aux rejets d'eau douce et/ou aux conditions de perturbation locale liées aux diverses activités industrielles environnantes (Garcia, 1997).

Le peuplement de la **station centrale-nord** (- 5 mètres), situé à la limite de l'extension maximale des peuplements de la bordure côtière, est caractérisé par un état relativement dégradé (Garcia, 1997) et évolue de façon contrastée avec une phase de dégradation totale et l'absence de macrofaune benthique en été et en automne et, une phase de colonisation marquée par l'installation d'un peuplement LEE de l'hiver au printemps (Garcia, 2000).

Les peuplements d'organismes macrobenthiques de cette station évoluent en fonction des rejets d'eau douce : lorsque la salinité augmente, en raison de la faiblesse des rejets, on assiste à une mortalité progressive et totale des peuplements à affinité d'eau douce. D'autre part, les conditions marines établies ne durent pas suffisamment longtemps pour que les espèces marines aient le temps de remplacer celles à affinité d'eau douce (Garcia, 2000).

⇒ Ces rejets d'eau douce sont un facteur majeur de perturbation pour le macrobenthos (Garcia, 1997) par les conditions anoxiques qu'ils imposent sur le fond et par leur variabilité saisonnière (volume et débits) qui s'accompagne de variations brutales de la salinité créant ainsi des conditions d'instabilité du milieu défavorables aux peuplements et empêchant l'installation de communautés stables.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	59/138

L'année 1996 a été marquée par un appauvrissement du nombre d'organismes attribué par Garcia (1997) à l'augmentation des rejets de limons (Garcia, 1997). Cette relation causale est mise en doute par EDF, qui stipule que l'augmentation des apports en limons s'est produite à la fin de l'année 1996 et qu'elle ne peut donc être tenue pour responsable de l'appauvrissement de la faune cette année là.

La reprise des rejets d'eau douce semble favoriser localement les peuplements LEE mais empêcher toute extension en profondeur de la faune.

La stratification thermo-haline et son influence sur la répartition de l'oxygène ne permettent pas aux organismes macrobenthiques de s'étendre au-dessous des 6 mètres de profondeur environ. Au-delà, les fonds sont azoïques (pas de macro-organismes) (Garcia, 2000).

La récolte aléatoire de quelques organismes dans les **stations situées plus au sud** laisse espérer que ces zones puissent être colonisables mais les conditions du milieu empêchent toute colonisation durable (Garcia, 1997).

#### 4.3.2.1.2 La flore benthique

(Rico-Raimondino, Francour, 1995 ; Francour, Soltan, 1996, 1997)

En 1993 et 1994, les peuplements végétaux (algues et phanérogames) sont en régression générale et se limitent à une étroite ceinture littorale. Les phanérogames sont en diminution régulière, y compris les espèces à affinité d'eau douce (*Potamogeton pectinatus*).

La disparition des herbiers a un effet négatif car ils jouent le rôle de producteurs d'oxygène, d'abri, d'aire de nourriture et de ponte pour la faune ainsi qu'un rôle dans la sédimentation et la stabilisation des fonds.

La distribution de certaines espèces (*Potamogeton pectinatus*, *Ruppia cirrhosa*) s'est réduite au profit d'algues Ulvophyceae (*Ulva* sp., *Enteromorpha* sp.) (Garcia, 1997). Il y a 2 types d'algues : lagunaires (*Ulva* et *Enteromorpha*) et euryhalines à affinité marine (*Polysiphonia* et *Gracilaria*). *Ulva* et *Enteromorpha* sont des algues à caractère nitrophile et l'augmentation de leurs effectifs peut être liée à un accroissement de la charge en sels nutritifs, nitrates, nitrites et ammonium (Bernard *et al.*, 2001).

L'intérêt de ces peuplements réside dans leur croissance très rapide, permettant la consommation d'une grande quantité de sels nutritifs et de matière organique ce qui limite les poussées d'algues planctoniques et permet le rétablissement d'un meilleur équilibre entre production benthique et planctonique (Garcia, 2000).

- En août 1995, les peuplements denses de *Potamogeton* sont localisés dans le nord de l'étang de Berre (entre la Touloubre et la Durançole), au nord de l'étang de Vaïne. Des peuplements moins importants sont présents dans la région d'Istres. Les frondes servent souvent de support à d'autres espèces : Chlorophycées (*Enteromorpha*, *Cladophora*).

Les peuplements mixtes de *Ruppia cirrhosa* et *Potamogeton pectinatus* se trouvent tous deux dans les zones où la salinité est faible. *Ruppia cirrhosa* (sensible aux conditions du milieu) semble être en régression le long du littoral des étangs de Berre et de Vaïne. Elle est, en effet, en compétition avec *Potamogeton pectinatus* pour l'occupation des surfaces laquelle se fait au

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	60/138

profit de *Potamogeton*. Aucun peuplement de *Zostera noltii* n'a été observé dans l'étang de Vaïne.

- En 1996, la quasi totalité des bordures côtières des étangs de Berre et de Vaïne présente des communautés appauvries caractérisées par de très faibles abondances de macrophytes et qui sont généralement absentes au-delà de 20 mètres de distance du rivage. Ce sont des peuplements dégradés (Soltan, Francour, 2000).

Trois secteurs échappent cependant à ce constat général : l'anse de Saint - Chamas, le Nord-Est de l'étang de Berre et une partie de l'étang de Vaïne. Ces secteurs sont caractérisés par l'abondance plus élevée de certains taxons (*Ulva*, *Cladophora*, *Enteromorpha*) par rapport aux autres secteurs. La particularité de ces trois secteurs peut être expliquée par leur position géographique. En effet, il s'agit de zones relativement abritées des vents de Mistral ce qui permet aux ulves de se maintenir car moins arrachées par ces vents.

#### 4.3.2.1.3 La faune ichtyologique

L'ensemble des études menées sur plusieurs années a permis l'identification de environ 70 espèces dans l'étang de Berre, exceptées les espèces dulçaquicoles (Aboussouan, Gerbal, 1994). Parmi elles figuraient :

- 3 à 5 espèces sédentaires tout au plus : espèces euryhalines et aussi des eurythermes qui vivent aussi bien en mer que dans l'étang. Ces espèces ont une grande amplitude de tolérance vis à vis de la variabilité des paramètres du milieu.
- 43 espèces dont les populations fréquentent régulièrement le site de l'étang à l'un ou l'autre des stades leur vie. Elles constituent la majorité des espèces recensées dans l'étang de Berre, dont toutes les espèces migratrices.
- 22 espèces marines « vraies » (monohaline). Ce sont des espèces sédentaires dans le milieu marin et dont seules les composantes adultes pénètrent plus ou moins régulièrement dans l'étang (parmi ces espèces figurent les espèces rares, exceptionnelles, épisodiques). Elles ont un comportement erratique et des effectifs toujours en nombre réduit.

Les pêcheurs remarquent les flux et reflux saisonniers des populations ichtyologiques des étangs de Berre et notamment que l'étang se "remplit" en hiver-printemps et se "vide" en été-automne. Ces mouvements ont des rythmes très complexes, qui varient en fonction de l'espèce, sa démographie, la climatologie... Les périodes d'entrée et de sortie varient donc selon les années.

#### 4.3.2.1.4 Le plancton

Du début d'année jusqu'en début d'été, les effectifs sont en majorité constitués de *Prorocentrum minimum* (dinoflagellé). Cette espèce est ensuite supplantée par *Chlorella* sp. (chlorophycée). Enfin, *Cyclotella* sp. (Diatomé) peut compléter les assemblages. *Prorocentrum minimum*, *Chlorella* sp. et *Cyclotella* sp. constituent le groupe capital du niveau primaire (Voisin, 2002).

Les eaux duranciennes agissent sur la stabilité de la colonne d'eau, dispersent les populations et lorsque les concentrations du milieu sont basses, imposent leurs concentrations en nitrates.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	61/138

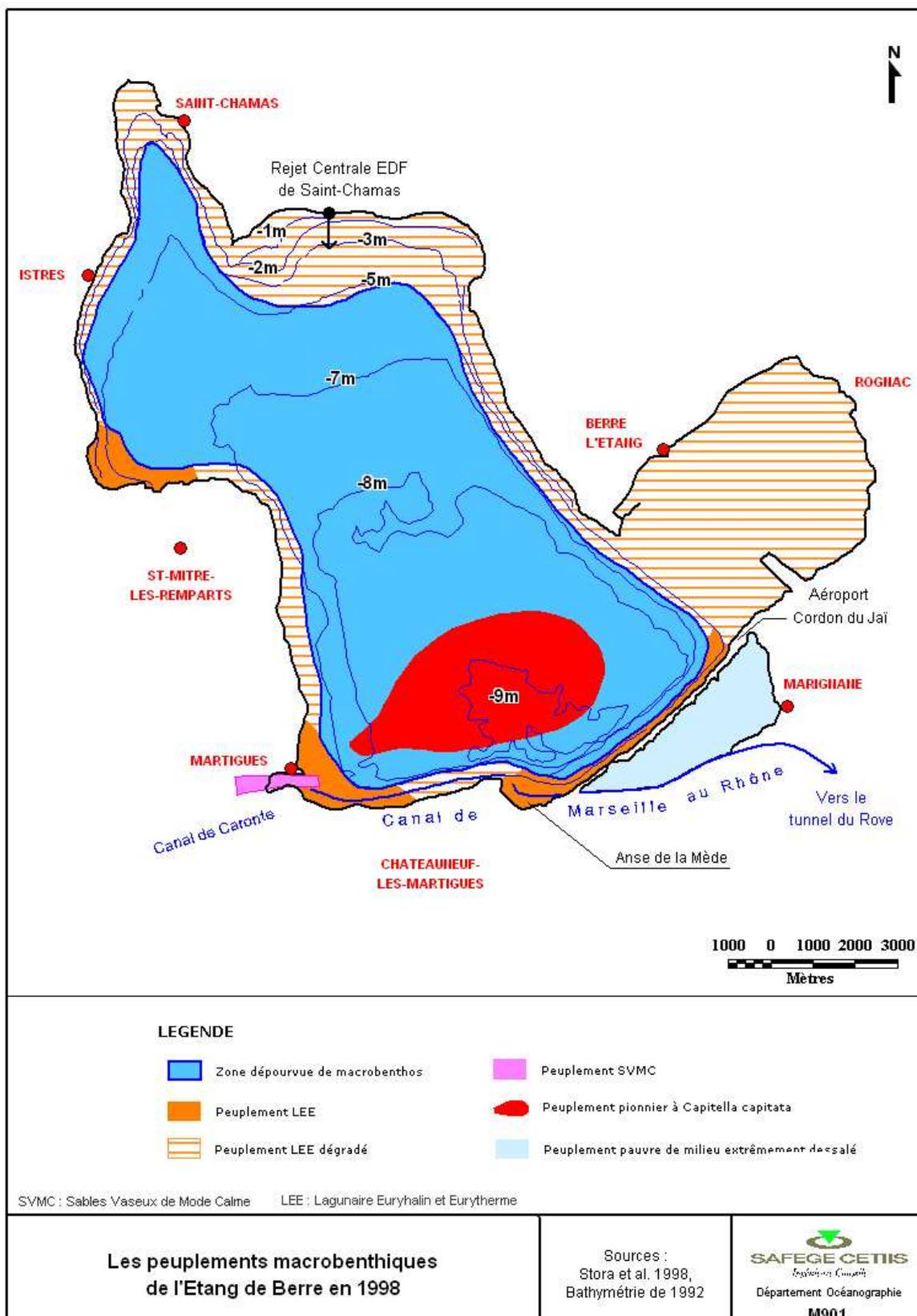
Les phénomènes d'eaux colorées sont fréquents. Les floraisons planctoniques massives sont composées, pour certaines, d'espèces potentiellement toxiques telles que *Prorocentrum minimum*.

Il est difficile d'identifier l'influence de la salinité sur les populations phytoplanctoniques. Certaines espèces sont cependant plus ou moins tolérantes aux variations de salinité : *Prorocentrum minimum* est euryhaline, *Cyclotella* sp. se déploie en milieu dessalé et *Chlorella* sp. est favorisée lorsque l'eau devient saumâtre (Beker, 1986).

Le zooplancton est abondant mais de faible diversité en raison de conditions de milieu très contrastées ne permettant la survie que des espèces les plus tolérantes : *Arcatia tonsa* (copépode) et *Brachionus plicatilis* (rotifère), présents simultanément (Gaudy in Voisin, 2002).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	62/138

### 4.3.2.2 Les changements depuis 1997 – 1998



Carte 7 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1998

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	63/138

#### 4.3.2.2.1 Le milieu

Depuis 1997, les rejets d'eau douce sont devenus conformes à ceux imposés par le plan Barnier (Figure 1) : les apports ne dépassent pas les 2,1 milliards de m<sup>3</sup>/an (excepté en 1999/2000) et doivent être inférieurs à 400 millions de m<sup>3</sup> entre mai et septembre.

Dans le même temps, la salinité moyenne de surface tend à s'accroître progressivement et à conserver une valeur plus élevée d'année en année. Il est alors possible d'établir une relation entre la baisse globale des rejets et l'augmentation de la salinité moyenne en surface à l'échelle de l'année (Garcia, 2000). La salinité est passée d'un minimum d'environ 6 ‰ en mars 1995 à environ 8 ‰ en février 1998 ; et d'une salinité maximale d'environ 16 ‰ au mois d'octobre 1995 à 25 ‰ en septembre 1998 (Garcia, 2000).

Malgré les réductions successives des apports solides, la turbidité se maintient dans l'étang à un niveau élevé. Ce constat soulève la question d'une origine majoritairement biologique de la turbidité de l'étang.

#### 4.3.2.2.2 La faune benthique (Stora et al., 1997-2001)

En 1998, diverses observations ont été faites et témoignent d'une évolution plus nette des peuplements macrobenthiques (Carte 7).

- Le maintien de quelques organismes à affinité marine et l'augmentation de la richesse spécifique accompagnent l'augmentation de la salinité moyenne des eaux de l'étang. En effet, à partir de la mi-mars 1998, le maintien dans la couche de surface (0 - 1,5 mètre) d'une salinité supérieure à 15 ‰ jusqu'à la fin de l'année, est concomitant d'une **colonisation à caractère marin** en relation avec le niveau de salinité sur l'ensemble du compartiment benthique. On a ainsi assisté à une colonisation estivale bien que de faible amplitude et au développement d'espèces à caractère plus marin avec par exemple la réinstallation de *Mytilus gallo-provincialis* jusqu'au nord de l'étang. La salinité de 15 ‰ correspond en effet à la salinité minimale tolérée par cette moule ;
- la perturbation diminue sur les bordures côtières, face à Istres et dans l'étang de Vaïne ;
- l'augmentation de la diversité spécifique d'organismes à affinité marine, commencée à partir de 1997 et confirmée en 1998, s'étend à la partie centrale de l'étang de Berre, jusque là azoïque (Garcia, 2000).

La station centrale située face au rejet est peuplée toute l'année ce qui traduit une amélioration des conditions du milieu. Les autres stations centrales sont toujours très peu colonisées avec seulement un faciès à *Capitella capitata*. Il faut noter que la présence de *Capitella capitata* dans les fonds du centre sud de l'étang peut être le signe d'une « réhabilitation » des fonds. Il s'agit en effet d'une espèce pionnière et de l'une des rares espèces marines à pouvoir vivre dans un milieu très appauvri en oxygène.

En 2000, l'appauvrissement des peuplements de la bordure côtière coïncide avec des rejets importants d'eau douce émis fin 1999. On a ainsi noté à la station centrale du rejet, la disparition des espèces réapparues précédemment (*Corophium orientale*, *Microspio meckznikowianus*, *Nereis diversicolor*, *Corophium insidiosum*). Il restait seulement *Capitella capitata* (habituee à une faible salinité et favorisée par l'excès de matière organique). Ceci est le signe d'une dégradation du peuplement liée à des rejets d'eau douce plus importants. Les autres stations centrales étaient toujours quasiment dépeuplées, et l'on notait la persistance

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	64/138

d'une faible perturbation dans les stations côtières du Sud-Ouest de l'étang et d'une dégradation des peuplements du golfe de Saint - Chamas et du cœur de l'étang de Vaïne.

#### 4.3.2.2.3 La flore benthique

Entre 1995 et 1997 le suivi écologique effectué montre (au travers notamment de l'Indice d'Abondance Moyenne) une régression importante des peuplements de macrophytes des étangs de Berre et de Vaïne (Francour, Soltan, 1997). Les communautés de macrophytes des deux étangs ont subi d'importantes modifications : régression et appauvrissement (simplification) des peuplements par disparition de taxons (Francour, Soltan 1997 et Soltan, Francour 2000).

Entre 1998 et 2001, les peuplements de macrophytes des étangs de Berre et de Vaïne ont globalement peu évolué (Bernard *et al.*, 2001). On a pu observer que :

- le recul de *Potamogeton pectinatus* et *Ruppia cirrhosa* mit en évidence en 1997 se poursuit ;
- les peuplements de *Zostera noltii* semblent stables et *Zostera marina* est à nouveau signalée alors qu'elle n'avait plus été observée dans l'étang depuis 1973 ;
- les algues vertes du genre *Enteromorpha* et surtout *Ulva* se développent et témoignent notamment d'une dégradation de la qualité des eaux de l'étang. Ces algues se développent surtout dans les secteurs Nord et Est de l'étang de Berre (panache d'influence de l'Arc, étang de Vaïne) ;
- les algues rouges du genre *Gracilaria* ont des abondances variables selon les années.

Globalement entre 1995 et 2001, on note la progression ou la stabilisation de nombreux peuplements (Zostères, Entéromorphes, Ulves, Cladophores et Polysiphonia) et le recul important de *Potamogeton pectinatus* et *Ruppia cirrhosa*.

#### 4.3.2.2.4 L'ichtyofaune

A partir de la mi-mars 1998, on relève l'entrée des espèces - cibles marines de la pêche «aux petits métiers» (Garcia, 2000). On observe une dominance des muges, loups, athérines, anguilles et la présence, en moindre quantité, de sardines, bavareilles, anchois et mèlelets (MISE, 2000).

Depuis 1994, les données chiffrées concernant les quantités de poissons pêchées dans l'étang de Berre restent imprécises car elles sont basées sur des déclarations volontaires des pêcheurs et peuvent englober les prises réalisées dans le canal de Caronte et le golfe de Fos. Il est donc difficile d'avoir une idée précise de l'évolution des espèces pêchées.

#### 4.3.2.2.5 Le plancton

La période de faibles rejets en 1998 s'est traduite par le faible développement des communautés. Aucun changement évident, lié aux restrictions du plan Barnier, ne s'est produit sur l'assemblage des espèces principales du phytoplancton. En effet, même si les débits sont moins importants, ils sont toujours variables et s'accompagnent donc de fluctuations de la salinité, favorables à *Prorocentrum minimum*.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	65/138

Depuis 1997-1998, l'augmentation de la salinité de l'eau s'est accompagnée de la prolifération du zooplancton marin (cténophores : sortes de méduses) (Garcia, 2000).

#### 4.3.2.3 L'écosystème depuis 1994

◆ Entre 1994 et 1997-1998, le caractère eutrophisé de l'étang est avéré : la teneur en chlorophylle-a (Chl-a) est d'environ 30 µg/l dans l'étang principal et de 45 µg/l dans l'étang de Vaïne. Ces teneurs caractérisent des eaux de "très mauvaise qualité" à fort niveau d'eutrophisation selon la grille d'évaluation de la qualité des lagunes méditerranéennes élaborée par l'IFREMER.

◆ Depuis 1997-1998 et l'application du plan Barnier, la diminution des rejets a permis d'atteindre un seuil de salinité minimum pour un retour à des conditions écologiques marines, qui s'est accompagnée (Garcia, 2000) de :

- l'absence de formation de mousse « biologique »
- l'entrée et le développement durable d'espèces marines dans l'étang (croissance significative de bancs de moules jusqu'au nord de l'étang) ;
- un meilleur rendement de la pêche artisanale.
- la clarification des eaux liée à la diminution de la biomasse phytoplanctonique ;
- la progression considérable des macro-algues ;
- dégagement d'odeurs nauséabondes causées notamment par le pourrissement des macro-algues déposées sur le littoral ;

La baisse de la biomasse phytoplanctonique est probablement imputable à une conjonction de plusieurs facteurs qui s'enchaînent (i) la réduction des flux de nutriments qui abaisse le niveau de production (ii) la clarification des eaux qui en découle et qui permet (iii) le développement des macro-algues qui concurrence celui du phytoplancton. L'étang conserve donc un caractère eutrophisé où se juxtaposent des niveaux relativement élevés de chlorophylle (supérieures à 30 µg/l) et des biomasses importantes d'ulves, et qui s'alimente sur les nutriments encore présents dans la colonne d'eau et ceux rejetés par les tributaires.

En raison de l'augmentation de la salinité de l'eau, l'étang est régulièrement envahi (surtout en saison chaude) par différentes espèces de méduses qui obstruent les filets à anguilles des pêcheurs.

Des observations identiques ont été faites sur la plage du Jaï par le passé (Garcia, 2000) et sur les fonds vaso-sableux du milieu de l'étang (à mi-distance des Trois-Frères et de la pointe de Berre, au centre de l'étang). Les fonds y étaient couverts de méduses *Aurelia aurita* (gène pour la pêche) dont la décomposition aurait été susceptible d'attirer les poissons d'estuaire (Gourret, 1907).

#### 4.3.3 Cas particulier de l'étang de Bolmon

##### 4.3.3.1 La faune et la flore benthiques

◆ En 1996, l'étang de Bolmon est une des lagunes méditerranéennes les moins diversifiées (il présente une pauvreté spécifique comparable à celle d'un bassin de lagunage).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	66/138

Seulement 2 types d'invertébrés benthiques sont recensés vivants dans cet étang : des Chironomes et des Oligochètes Tubificidae. Ce sont des organismes de milieux dessalés indicateurs de perturbation maximale et capables de résister à de très faibles teneurs en oxygène.

Seules les zones situées près de l'embouchure de la Cadière et des communications avec l'Étang de Berre ont une salinité à peu près stable durant toute l'année et sont colonisées durablement par les organismes inféodés aux milieux dessalés, ou bien, au débouché des bourdigues, par des espèces lagunaires euryhalines. Dans le reste de l'étang, ces deux types de peuplements se développent successivement en fonction des fluctuations de la salinité de l'eau.

Le peuplement benthique de Bolmon est très déséquilibré et se caractérise par l'alternance de proliférations et de mortalités totales. En période hivernale (1995), la faune dominante était composée d'espèces typiques des milieux dessalés, contrairement à la fin de l'été où ces espèces, qui ne peuvent se maintenir à une salinité supérieure à 1 ‰, doivent supporter des salinités pouvant dépasser les 15 ‰ (IARE, 1996).

La présence d'une grande quantité de coquilles vides de *Cerastoderma glaucum* montre qu'une faune typique des milieux saumâtres arrive à se développer parfois dans cet étang en été mais meurt en hiver. Il semble donc que dans cet étang, l'évolution du peuplement soit liée aux fluctuations de sa salinité.

Les organismes qui en sont issus ne parviennent pas à se développer dans l'étang de Berre tant que la différence de salinité entre les deux milieux demeure élevée en saison chaude.

#### 4.3.3.2 Le plancton

##### ◆ Le phytoplancton

L'étang de Bolmon est caractérisé par un nombre restreint d'espèces phytoplanctoniques. Les effectifs sont largement dominés par les espèces picoplanctoniques mais elles représentent une faible part du biovolume, l'essentiel de ce dernier est représenté par des cellules de grande taille. Il faut noter que des effectifs très élevés provoquent une coloration et la turbidité de l'eau. Parmi les espèces présentes on compte des espèces d'eaux dessalées comme les Cyanophycées *Aphanotece nidulans*, *Anabaena utermoli* et *Lyngia limnetica* et la Chlorophycée *Coenocystis planctonica*. On trouve également des espèces tolérant une salinité un peu plus élevée comme les diatomées *Navicula* sp., *Cyclotella* sp. et *Chaetoceros gracilis*, les Chlorophycées des genres *Ankistrodesmus*, *Closteriopsis* et *Chlorella*, en saison post-estivale. A partir du mois de novembre, la prédominance des Cyanophycées cesse, remplacée par celle des Diatomées puis des Chlorophycées en fin d'étude.

##### ◆ Le zooplancton

En 1990, l'étang de Bolmon est un milieu défavorable au développement du zooplancton. Le zooplancton allochtone ne pénètre pas dans cet étang ou bien seulement avec des effectifs très réduits (*Arcatia tonsa*, *Podon polyphemoides*). Les effectifs de zooplancton sont donc très réduits par rapport à ceux de l'étang de Berre, et sont devenus nuls à compter de la mi-septembre jusqu'à novembre. Les principaux organismes représentés sont les copépodes de milieux salés. Les rotifères sont peu abondants.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	67/138

### 4.3.3.3 L'écosystème

L'étang de Bolmon, quasiment fermé et exutoire d'une rivière polluée, accumule une très forte charge organique et se comporte en bassin de lagunage non contrôlé.

La chaîne trophique de cet étang est de type **bactérienne**. La recolonisation du milieu ne se fait que lorsque le niveau d'oxygénation redevient suffisant mais la faune reste très appauvrie en raison des mortalités successives dues aux variations de salinité (Agence de l'Eau, 1996). Le fort déséquilibre du milieu dû à l'apport massif d'éléments phosphorés et azotés s'accompagne d'une prolifération algale excessive, monospécifique et de déficits en oxygène.

L'étang de Bolmon se trouve en permanent état de dystrophie avec une concentration moyenne en Chl-a de 280 µg/l entre 1995 et 1998 et un maximum de 500 µg/l en avril 1997 (Boucet, 2001). Son écosystème est déséquilibré et susceptible d'évoluer vers de graves crises dystrophiques si les conditions météorologiques sont trop longtemps défavorables.

## 4.4 L'ÉTANG LORS DE L'ARRÊT TEMPORAIRE DES REJETS DE LA CENTRALE EDF (JUIN – OCTOBRE 1990)

L'année 1990 a été marquée par une période de forte diminution des rejets EDF à partir d'avril suivie d'une interruption totale de ces rejets entre juin et octobre. Rappelons également que cet épisode s'est inscrit dans une importante période de sécheresse.

### 4.4.1 Le milieu

#### ◆ La température

L'effet des rejets EDF sur la température n'est perçu qu'au niveau de la station la plus proche (Nérini, 2000). En 1990, lors de l'arrêt prolongé du turbinage, les moyennes des températures du second semestre sont restées proches de celle des années précédentes (1977-1989). Arfi signale la présence d'une stratification thermique.

#### ◆ La salinité

Une augmentation de la salinité a été constatée lors de l'arrêt exceptionnel de la centrale en 1990 (augmentation de 23‰ à 28‰ dans la couche superficielle de juillet à octobre).

#### ◆ La turbidité

Comme les autres années, les développements phytoplanctoniques sont restés très importants et ont eut un effet très marqué sur la turbidité (Arfi, 1991).

#### ◆ Ph de l'eau

Pendant l'arrêt de 1990, l'évolution de pH fut de 7,5 à 8,5. Ces valeurs habituelles, stables et homogènes sur l'ensemble du site, en dépit de l'importance de la production algale et de l'augmentation de la salinité traduisent un milieu bien tamponné (Arfi, 1991).

#### ◆ Sels nutritifs

En août et septembre 1990, on a pu observer une déplétion en ammoniac, phosphates et silicates.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	68/138

#### 4.4.2 La faune benthique

L'arrêt temporaire des rejets d'eau douce s'est accompagné d'une **progression** globale de la **richesse spécifique** et de la **densité** des peuplements sur les zones côtières de l'étang. Ceci a été moins net dans le nord de l'étang (Stora, Galas, 1990).

Plus précisément on a pu constater (Carte 8) :

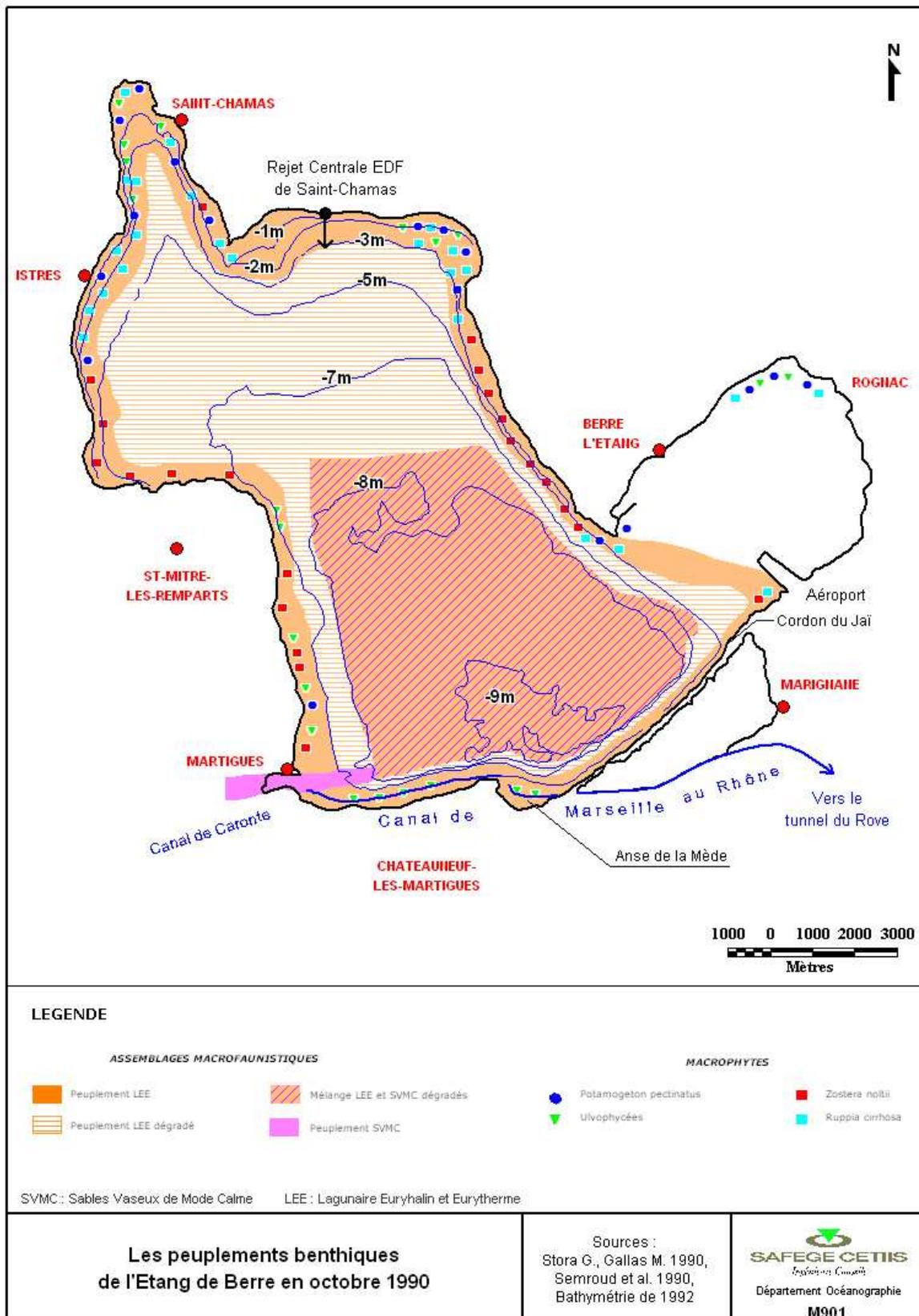
- le maintien de l'assemblage LEE ;
- une certaine stabilité du peuplement de la région côtière Sud-Ouest.
- l'apparition sur la bande côtière, d'espèces marines mélangées à des espèces d'eau saumâtre ;
- une **colonisation des fonds azoïques** par diverses espèces macrobenthiques.

Ce processus de colonisation s'est fait de manière progressive, d'abord dans la zone des niveaux 5-6 mètres et s'étendant à la partie la plus profonde de l'étang dans les 4 à 6 mois suivant le début de la réduction des rejets (avril). Ce délai avant la recolonisation des fonds par des espèces macrobenthiques peut expliquer l'absence permanente de ces organismes lors d'années normales en raison de périodes d'arrêt/réduction des rejets EDF excédant rarement 3 mois (Stora *et al.*, 1995). La colonisation s'est faite par l'installation simultanée d'espèces lagunaires et marines depuis la bande côtière et le canal (Stora *et al.*, 1995). Ce schéma est lié au caractère opportuniste des espèces euryhalines. La colonisation n'est pas immédiate en raison de la décharge de polluants à l'interface eau/sédiment ainsi que du faible taux d'oxygène dissous au début de la période.

En octobre 1990, la biocénose LEE dégradée prenait place dans la moitié nord de l'étang tandis qu'un mélange des biocénoses dégradées LEE et SVMC s'était installé dans les zones les plus profondes et la partie sud de l'étang.

Cette évolution du peuplement s'est accompagnée de mortalités importantes de spécimens adultes mais qui ont été masquées et compensées par l'arrivée permanente de juvéniles, liée au caractère opportuniste des espèces présentes dans l'étang.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	69/138



Carte 8 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1990

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	70/138

L'arrêt des rejets EDF a également conduit à une structuration spatiale des peuplements. La richesse spécifique était plus importante sur la côte orientale qu'occidentale. Celle des zones centrales de l'étang était plus faibles que celles des stations côtières. Il existait donc un gradient d'appauvrissement en fonction de la profondeur avec :

- une colonisation et une structuration progressive du peuplement dans la zone centrale nord de l'étang mais le peuplement n'a pas atteint d'équilibre marqué ;
- un peuplement juvénile, déséquilibré et à l'évolution irrégulière dans la zone centrale médiane ;
- une zone centrale sud azoïque du point de vue du macrobenthos en début de période puis marquée par un début de colonisation.

Enfin, la richesse spécifique a été la plus élevée lors de la période de salinité maximale des fonds où s'associaient les espèces LEE et les espèces liées à une forte salinité.

Le fait le plus remarquable consécutif à cet épisode d'arrêt des rejets a été l'installation durable d'espèces benthiques dans les stations centrales. Il apparaît donc que la zone centrale est potentiellement recolonisable par les communautés macrobenthiques mais qu'un délai de 6 mois semble nécessaire pour que la mise en équilibre des sédiments et de la colonne d'eau permette une colonisation durable de fonds habituellement azoïques.

Il faut cependant noter qu'à l'issue de la période d'arrêt des rejets, les peuplements des stations centrales étaient caractérisés par leur faible structuration, liée à l'installation récente des communautés.

⇒ Les peuplements macrobenthiques à l'issue de la période d'arrêt des rejets ne reflètent qu'un premier stade du processus de reconstitution des peuplements. Les caractéristiques du milieu sont particulières, à savoir un niveau de salinité trop haut pour le développement durable des espèces lagunaires et encore trop bas pour permettre l'extension significative des espèces marines.

La colonisation des fonds, observée consécutivement à cet épisode d'arrêt des rejets, est certainement imputable à la conjonction d'une réoxygénation des eaux de fond, d'une stabilisation de la salinité de l'étang et l'absence de décharge en limon.

#### 4.4.3 La flore benthique

Les faibles rejets d'eau douce durant l'été 1990 se sont accompagnés du recul de *Potamogeton pectinatus* et du développement des **ulves** (anse de Saint - Chamas).

Les algues accompagnent généralement les peuplements phanérogamiques. Il s'agit principalement d'Ulvophycées (algues vertes) : Enteromorpha, Ulva, Cladophora et Chaetomorpha. Elles recouvraient de vastes étendues dans l'anse de Saint - Chamas et au débouché des cours d'eaux et du canal EDF.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	71/138

#### 4.4.4 Le plancton

Les températures élevées de l'été 1990 ont été favorables au système pélagique (surtout le phytoplancton). L'important bloom phytoplanctonique qui s'est produit a ainsi maintenu un haut degré de turbidité des eaux :

- en période de **bloom** (août et septembre) où l'atténuation de la lumière était d'origine biologique et, d'autre part,
- au moment de la **reprise des rejets**, l'atténuation de la lumière étant alors d'origine minérale (Arfi, 1991).

D'autre part, le nombre d'espèces phytoplanctoniques en 1990 est supérieur à celui des années 1977-78 et 1986 en raison notamment de l'installation de nombreuses espèces de diatomées et de dinoflagellés néritiques et du maintien des effectifs de *Chlorella* sp. (Arfi, 1991).

L'augmentation de la salinité en été 1990 a ainsi provoqué :

- le développement d'**espèces typiques de l'étang de Berre** (maintien des effectifs de *Chlorella* sp. (Arfi, 1991) ;
- la colonisation progressive de l'étang de Berre par le **phytoplancton néritique de type «Fos»** (espèces en provenance du golfe de Fos) sauf dans l'étang de Vaine. Cette communauté, composée de diatomées et dinoflagellés néritiques, tolère une certaine dessalure et a conquis le système en octobre.

Le phytoplancton en 1990 est donc composé :

- d'un assemblage dulçaquicole tolérant une certaine salinité (séquence estivale) ;
- d'un ensemble d'espèces néritiques tolérant une certaine dessalure (séquence post-estivale).

Durant les premiers mois, les deux groupes ont coexisté. Puis les diatomées, secondées par les dinoflagellés, ont occupé temporairement la place principale dans un système planctonique plus caractéristique de zones littorales à salinité variable comme le golfe de Fos.

Le changement de communauté algale (communauté de type «Berre» vers une communauté de type « Fos ») a entraîné un glissement du spectre de taille du phytoplancton vers les plus grosses particules. Ceci est en partie à l'origine de la forte diminution des effectifs d'*Arcatia tonsa* au début du mois d'octobre. *Arcatia tonsa* n'a cependant pas été remplacée par une autre espèce zooplanctonique en provenance du golfe de Fos, la communauté animale est donc restée typique de la situation antérieure mais simplement amoindrie du point de vue de ses effectifs.

Arfi (1991) s'interroge sur les raisons de la non-installation de nouvelles espèces zooplanctoniques (alors qu'il y a eu un changement au sein de la communauté de phytoplancton) et évoque pour l'expliquer un arrêt des rejets trop court pour permettre une salinisation suffisante et un basculement de la communauté zooplanctonique conduisant à

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	72/138

un allongement de la chaîne trophique. Arfi signale également la présence d'espèces à affinité marine potentiellement toxiques.

Selon Arfi (1991), la faible abondance du zooplancton peut être liée à :

- une salinité trop élevée pour les organismes d'eau douce pendant les mois les plus chauds (augmentation des effectifs dans la saison post-estivale),
- un milieu chimiquement défavorable au développement du zooplancton (anoxie de la couche profonde...),
- une très forte abondance des Cyanophycées (éventuellement toxiques, comme les Anabaena) pouvant engendrer la production de composés chimiques défavorables au développement du zooplancton.

#### 4.4.5 L'écosystème

L'arrêt des rejets EDF provoque une resalinisation rapide de l'étang et favorisa par érosion de la pycnocline, les échanges verticaux de la surface vers le fond (sédimentation de matériel organique) et du fond vers la surface (éléments nutritifs rejoignant la couche adjacente). Il en résulta la disparition de la couche profonde désoxygénée au cours du second semestre 1990.

Consécutivement à ces modifications profondes du biotope, on a pu assister aux prémices d'une recolonisation biologique de l'étang marquée par un accroissement de la diversité spécifique et de la répartition spatiale des espèces. On note parallèlement les indicateurs d'une situation eutrophique où émergent les macro-algues.

La période de soulagement des rejets EDF fut cependant trop brève, pour qu'on assiste à une réelle maturation de l'écosystème.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	73/138

# 5

## Usages et activités

### 5.1 LES ACTIVITES EXERCEES SUR L'ETANG

#### 5.1.1 La pêche

Après la seconde guerre mondiale, la pollution par les métaux lourds et les hydrocarbures était telle que la pêche fut interdite dans l'étang par la loi 57-897 du 7 août 1957. Elle fut officiellement rétablie en 1994 après l'adoption de la loi 94-114 du 10 janvier 1994 qui faisait suite au plan Barnier et à la réduction des apports polluants d'origine industrielle. Au 31 décembre 1999, la flottille de l'étang comptait 35 armements pour 43 navires (données des Affaires Maritimes in Boucet, 2001. Tableau 21).

Ces armements regroupaient 41 personnes, dont 35 patrons et 6 matelots travaillant de manière saisonnière. Le nombre réel de pêcheurs approcherait du double de celui déclaré aux Affaires Maritimes. Cependant ce nombre est en constante diminution sur l'étang de Berre. Ils étaient encore une centaine en 1985, une cinquantaine en 1990, 35 donc en 1999 et 33 armements en 2000.

Port	Nombre d'entreprises
Istres	1
La Mède	1
Champigny	2
Berre	6
Saint - Chamas	9
Marignane	7
Martigues	9
<b>Total</b>	<b>35</b>

Source : Affaires Maritimes

Tableau 21 : La flottille de pêche sur l'étang de Berre

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	74/138

### 5.1.1.1 Les espèces cibles

Les espèces pêchées sont le mullet en majorité, le loup, la daurade pendant les mois d'été et l'anguille (GIPREB, 2002). Il est difficile d'évaluer qualitativement et quantitativement les prises faites dans l'étang car toutes ne sont pas déclarées.

L'anguille : elle représente la ressource principale de l'étang. Elle est commercialisée par l'intermédiaire des mareyeurs, qui viennent chercher les captures à quai. Les anguilles sont ensuite transportées vivantes, dans des camions oxygénés et gardées dans des viviers. Elles seront exportées principalement vers l'Italie, les Pays-Bas, la Belgique et l'Espagne. Il faut toutefois noter que leur prix de vente chute de façon régulière. Sur l'étang de Berre, 2 ou 3 sociétés de mareyage se partagent la collecte auprès des pêcheurs.

Le muge : on distingue diverses sortes de muges commercialisées. Sa production est principalement destinée à l'exportation.

Le loup : les apports sont très irréguliers et, les poids au débarquement très variables, de quelques grammes à quelques kilos. Cette espèce s'adapte bien à l'eau saumâtre, cependant elle ne remonte plus dans l'étang.

L'athérine ou «cabasson» : les apports sont également très saisonniers et très variables, de quelques grammes, ne donnant pas lieu à commercialisation, à une centaine de kg par jour et par bateau.

Autres espèces occasionnellement débarquées et commercialisées : plies, crabes verts, gobies, crevettes grises, orphies, sardines et anchois, maquereaux et chinchards, daurades, saupes, bogues et quelques espèces dulçaquicoles.

### 5.1.1.2 Les engins de pêche

#### ◆ La capéchade ou trabaque

Elle est utilisée selon 2 stratégies :

- en poste, il s'agit de la pêche à l'anguille de dévalaison, qui quitte l'étang pour aller se reproduire en mer (mer des Sargasses). Elle est alors pêchée, essentiellement aux abords du goulet de sortie à Martigues, de part et d'autre de l'embouchure du canal de Caronte.
- hors poste, les pêcheurs calent leurs capéchades, en fonction du déplacement des poissons et, des «bons coups de filet», réalisés par le reste de la communauté des pêcheurs en activité. Le nombre de capéchades, par patron-pêcheur, varie de 20 à 150 postes en moyenne.

#### ◆ Le filet droit maillant ou lignole

Il est l'arme de choix pour les captures massives de muges et de loups. Son utilisation, contrairement à celle des capéchades, est à la fois lagunaire et maritime. Il est utilisé soit en poste fixe : calage le soir, relevé le matin, soit, selon une technique nommée « sinche » qui consiste à repérer les bancs de muges, à les encercler avec les filets et, à les effrayer pour précipiter leur fuite vers les engins. Cette stratégie s'opère fréquemment, avec le concours de

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	75/138

plusieurs bateaux, essentiellement l'été, où la surface très calme de l'eau, permet le repérage des bancs à de grandes distances.

◆ La ligne de traîne

Cette pêche est pratiquée uniquement, depuis le canal de Caronte jusqu'à l'intérieur du chenal de navigation qui mène aux raffineries de Berre. Elle n'apparaît que très saisonnièrement à l'occasion des passages bien connus des loups au cours de l'hiver. L'effectif des bateaux concernés compte une majorité de plaisanciers.

### 5.1.1.3 Les stratégies de pêche

Globalement, les pêcheurs de l'étang sont polyvalents et opportunistes dans leur action de pêche. Ils utilisent, simultanément ou consécutivement, plusieurs métiers en fonction des espèces cibles, présentes dans la lagune. Lorsque les apports deviennent trop faibles, bon nombre d'embarcations, surtout celles basées à Martigues, quittent provisoirement l'étang pour aller pêcher en mer, dans le golfe de Fos.

### 5.1.1.4 Le calendrier de pêche

Les muges, les anguilles et les athérines, sont capturés à longueur d'année, alors que la pêche aux loups démarre vers le mois d'avril pour s'arrêter à peu près fin décembre. Les capéchades et les filets maillants sont utilisés, toute l'année. La fréquence des lignes de traîne est saisonnière puisque les loups sont présents dans l'étang pendant une période donnée.

Les prises et l'utilisation des engins dépendent des variations saisonnières :

- La saison hivernale (de janvier à mars) est caractérisée par des apports très faibles pour toutes les espèces, du fait des conditions météorologiques défavorables (températures basses, vent fréquent et violent, durée du jour...) ;
- La saison printanière (d'avril à juin) qui amène un réchauffement de la température et une augmentation de la durée du jour, permet la reprise de l'activité, avec une recrudescence des captures de muges, accompagnée d'une hausse des apports d'anguilles ;
- La saison estivale (de juillet à septembre) est caractérisée par des prises élevées d'anguilles ;
- La saison automnale (d'octobre à décembre) se distingue par la prépondérance des débarquements d'anguilles par rapport à d'autres espèces.

L'occupation du plan d'eau varie, elle aussi, selon les saisons :

- Au cours du printemps, les engins sont calés de préférence dans les secteurs est et nord de l'étang ;
- Pour l'automne et le début de l'hiver, les effectifs augmentent et les engins fixes se concentrent, sur le secteur sud-ouest de l'étang, qui est en relation directe avec la mer.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	76/138

Pendant cette période et pour cette zone, l'occupation de l'espace est réglée entre les pêcheurs par le tirage au sort, qui désigne à chacun un emplacement de calée.

#### **5.1.1.5 La flotille de pêche**

Elle est répartie entre les différents ports ou abris de la périphérie de l'étang. L'embarcation type de l'étang de Berre est une coque ouverte, en polyester, appelée « barge ». D'une longueur d'environ 6 à 7 mètres, elle possède un faible tirant d'eau, pour pouvoir atteindre des zones de pêche peu profondes.

Elle est généralement équipée d'un ou deux moteurs hors bord, d'une puissance totale moyenne de 90 à 110 chevaux. Cette motorisation élevée, rend possible les déplacements rapides sur la totalité du plan d'eau, quel que soit le port d'attache du bateau. Elle permet aussi aux pêcheurs, de pratiquer une activité mixte étang-mer à partir des ports lagunaires.

L'équipage est constitué d'une ou deux personnes, généralement le patron et le matelot.

#### **5.1.1.6 Zones interdites à la pêche**

Plusieurs zones de l'Etang de Berre sont soumises à des arrêtés préfectoraux interdisant théoriquement la pêche :

- la zone de crash de l'aéroport de Marseille Provence ;
- les zones de Pipe Line ;
- l'intérieur des limites du Port Autonome de Marseille ;
- l'étang de Bolmon.

#### **5.1.1.7 L'aquaculture**

On note la présence de la ferme marine de la Durançole, à l'embouchure de la Durançole, sur la commune de Saint - Chamas. On y élève des loups, des esturgeons et des truites.

<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	77/138

## 5.1.2 Les activités de loisirs

Les activités de loisirs pratiquées sur l'étang sont très variées (Carte 11). Parmi elles, on peut citer la baignade, la plaisance et les activités nautiques légères telles que le kayak, l'aviron, la voile légère, le fly surf (ou kite surf), la planche à voile...

### 5.1.2.1 La baignade

C'est une activité récréative majeure du plan d'eau associée au littoral de l'étang de Berre qui se pratique sur les communes de Marignane, Chateauneuf, Vitrolles, Rognac, Martigues et Saint Mitre les Remparts.

Elle constitue une activité pratiquée à la fois par la population locale et par la population touristique. Vingt plages sont habituellement fréquentées (Tableau 22), dont 8 étaient surveillées et balisées en 2002 et 6 seulement en 2003.

Communes	Nom des plages	Surface en m <sup>2</sup>	Longueur en m	Nature du sol
Marignane	Le Jaï Nord	42 000	3 500	Sable
Chateauneuf	Le Jaï Sud	34 500	3 000	Sable
Martigues	Ferrières	5 040	180	Sable
	Tholon	1 200	150	Sable
	Figuerolles	9 000	300	Sable
Saint - Mitre	Massane	1 100	170	Graviers-Sable
Istres	Heures Claires	175	35	Galets
	Romaniquettes	900	150	Graviers
	Varage	3 780	330	Sable
	Janone	660	110	Sable
Saint - Chamas	La Digue	60	30	Galets
	Petite Venise	200	50	Galets
Berre	Champigny	2 300	230	Graviers
	Bouquet		1 000	Sable
	La Pointe	17 640	420	Sable
Rognac	Les Robinsons	450	90	Sable
Vitrolles	L'Agneau	1 260	180	Sable
	Les Cadesteaux	200	33	Sable
	Marina Plage	720	60	Sable
	Marette	3 300	330	Sable
	<b>Total</b>	<b>132 485</b>	<b>10 348</b>	

**Tableau 22 : Les plages de l'Étang de Berre (Source Service Maritime)**

### **5.1.2.2 Les activités nautiques**

- L'étang de Berre est propice à de nombreuses activités nautiques dont la voile. Onze clubs sont installés sur le pourtour regroupant 1 528 inscrits en 2000 (Boucet, 2001) :
  - 2 clubs à Berre (CN Berrois, Forum Berrois) ;
  - 3 clubs à Istres (CN Entressen, CN Istres, A.N.O.I.) ;
  - 2 clubs à Martigues (CV Martigues, CN Martigues) ;
  - 1 club dans les communes de Marignane (CN Marignane), Miramas (NC Miramas), Saint - Chamas (CN Saint - Chamas), Vitrolles (CVCK ASA) et Rognac (Base Nautique, section voile ASR).

#### ◆ Autres activités

L'aviron est également pratiqué sur l'étang de Berre. Les principaux clubs sont : le CMS Aviron à Marignane, le CM Martigues, le CM La Mède et le CM Vitrolles.

Sept bases nautiques ou zones à terre de sports assimilés sont implantées sur le littoral de l'étang de Berre :

- Port de Jonquières (Martigues)
  - Plage de Tholon (Martigues)
  - Plage de Figuerolles (Saint Mitre les Remparts)
  - Port des heures claires (Istres)
  - Base Nautique (Saint - Chamas)
  - Base Nautique (Vitrolles)
  - Base Nautique (Rognac)
- L'étang est également utilisé pour le transport de produits issus des activités économiques se pratiquant sur son pourtour et que nous détaillons dans les pages suivantes.

<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	79/138

### 5.1.3 L'activité portuaire

L'activité portuaire est importante sur le littoral. On distinguera les ports de pêche des ports de plaisance (Tableau 23).

Commune	Port	Capacité			Tirant d'eau	Aire de carénage	Entreprises liées à l'activité plaisance
		Fixes Plaisance	Fixes Pêche	Visiteurs			
Berre	Port du Passet		25				
	Port Les Lices de la mer	85			1,6 m	Oui	3
Marignane	Port du Jaï	12	18		1 m		3
Saint - Chamas	Port de Beau-Rivage (CNBR)	120			1,8 m		1
	Port du Sagnas	15	20				
	Port du Pertuis		25				
	Port de Saint-Chamas (Cercle Nautique)	230		30 à 40			
Martigues	Port à Sec de Martigues Sud	1 000			Port à sec		
	Port de Jonquières	172	18				
	Port de l'Île	12	12				17
	Port de Ferrières	300	65	0	4 m (avant port) 2,5 m (pontons)		
Istres	Port des Heures Claires	213	18	5	2,5	Oui	1

Tableau 23 : Descriptif des ports de la zone d'étude

Les pêcheurs de l'étang de Berre disposent de 195 places sur un total de 2352 anneaux. La répartition figurant dans le Tableau 23 correspond aux places potentielles.

Les ports de plaisance sont répartis tout autour de l'étang et génèrent une activité amont importante. La plaisance se pratique à la fois au sein de l'étang et dans le golfe de Fos voisin.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	80/138

## 5.2 LES ACTIVITES EXERCEES SUR LE LITTORAL ET LE BASSIN VERSANT

Plus de 480 000 personnes habitent, travaillent, circulent sur le bassin versant de l'étang de Berre. Il a fait l'objet d'une urbanisation et d'une industrialisation intense. On y recense de nombreuses activités (Tableau 24), regroupées en 4 grands secteurs :

- Des activités industrielles liées à l'étang depuis des années (mines de Gardanne (sur le point de s'arrêter) et surtout pétrochimie et sous-traitance induite) ;
- Une activité agricole, qui bien qu'en régression, reste encore diversifiée (viticulture, culture sous serres, maraîchages, céréales, oléiculture...);
- Un «jeune» secteur tertiaire (nouvelles technologies, technopôles) ;
- Une activité touristique en croissance.

### 5.2.1 Les activités industrielles et commerciales

L'étang de Berre est le siège d'une activité industrielle importante (Tableau 25).

#### 5.2.1.1 Le raffinage et la pétrochimie

Ce sont les activités majeures sur le secteur. Le transport maritime de ces produits se fait via le port de la Pointe à Berre, utilisé par le complexe SHELL pour le transport des produits noirs, de gaz et de produits chimiques.

Notons que le port de La Mède, à Chateauneuf-les-Martigues, utilisé par la raffinerie TOTAL pour l'expédition de produits raffinés, n'est plus en activité depuis le début de l'année 2003.

Une partie de l'étang est donc utilisée pour le transport et l'acheminement de ces produits. Une part importante du transport des produits chimiques s'effectue par des pipe-lines qui traversent et occupent l'étang (22 canalisations selon 8 tracés). D'autre part, l'étang est évidemment utilisé par la navigation commerciale inhérente au port pétrolier.

#### 5.2.1.2 Les autres activités économiques

Les abords de l'étang sont en partie occupés par des zones d'activités commerciales et des PME (par exemple, la zone industrielle et commerciale des Estroublans à Vitrolles étendue sur 500 ha). Enfin, un pôle important de l'industrie aéronautique est implantée à Marignane avec Eurocopter et l'aéroport Marseille-Provence.

L'industrie domine l'activité économique avec la construction aéronautique, le pétrole et la chimie. Concentré dans de grands établissements, l'emploi est souvent qualifié. La tertiarisation se poursuit : services et commerce sont les seuls créateurs d'emploi.

⇒ La transformation du site de l'étang de Berre depuis les années 60 a fortement inscrit dans le paysage, non seulement de grands établissements industriels mais aussi un nouveau réseau de circulation et des constructions urbaines.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	81/138

Activité économique	Salariés dans la zone d'emploi	
	Nombre	Part (%)
Agriculture/Pêche	524	1,1
Industrie	13 512	27,1
Construction	2 460	4,9
Commerce	8 723	17,4
Transports	5 687	11,4
Service aux entreprises	6 515	13
Services aux particuliers	1 762	3,5
Autres services	10 813	21,6
<b>Ensemble</b>	<b>49 996</b>	<b>100</b>

**Tableau 24 : Répartition des salariés au 01/01/1996 dans la zone d'emploi de l'Etang de Berre selon les secteurs d'activité (INSEE)**

Raison sociale	Localisation	Effectif	Activité
Eurocopter	Marignane	5402	Construction cellules aéronefs
Mairie	Vitrolles	1132	Administration générale
Shell	Berre l'Etang	940	Fabrication et production
Mairie	Marignane	615	Administration générale
Carrefour	Vitrolles	613	Hypermarché
Air France	Marignane	542	Transports aériens
Mairie	Berre l'Etang	491	Administration générale
Berroise de raffinage	Berre l'Etang	397	Raffinage de pétrole
Cie Shell Berre	Berre l'Etang	364	Services annexes de production
Sagenet	Vitrolles	299	Activité de nettoyage
Genoyer	Vitrolles	269	Commerce de gros
Iris	Vitrolles	261	Travail temporaire
Mairie	Rognac	259	Administration générale

**Tableau 25 : Les plus grands établissements au 01/01/97**

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	82/138

## 5.2.2 L'agriculture

Sur le bassin versant de l'étang de Berre, il est estimé que 29 000 ha sont cultivés, essentiellement des céréales et des vignes (Tableau 26). Les cultures maraîchères de Berre sont les seules véritables pratiques agricoles intensives réalisées sur le bassin versant. D'autre part, des élevages porcins importants sont localisés sur le bassin versant de l'Arc.

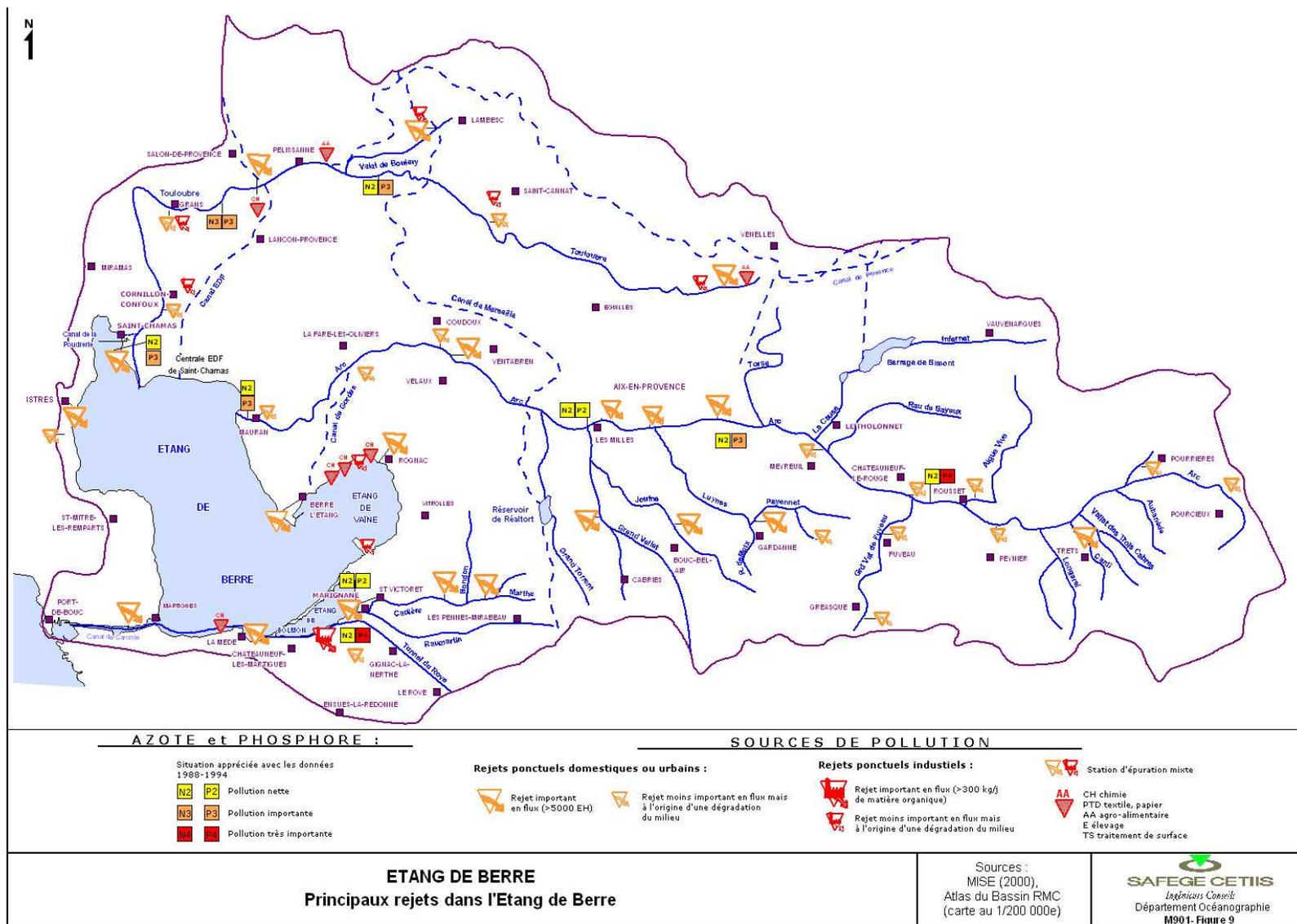
Les activités agricoles restent, malgré leur régression, une contrainte pour les cours d'eau à cause notamment des prélèvements importants effectués par rapport aux faibles débits des rivières.

Communes du Bassin Versant (en gras, communes situées autour de l'étang)	Nb d'exploitations		Nb total d'actifs	Superficie agricole utilisée (ha)
	1988	2000		
Aix en Provence	389	211	336	5107
Cabriès	41	14	28	231
Eguilles	62	39	51	875
Fuveau	65	26	31	571
Lançon de Provence	144	101	225	2835
Lambesc	154	88	157	2079
Puylobier	61	67	118	1360
Simiane	47	8	6	113
Trets	143	100	152	1408
Vauvenargues	25	7	6	152
Velaux	81	54	32	256
<b>Berre l'étang</b>	196	119	670	1294
<b>Chateauneuf les Martigues</b>	84	53	71	169
Istres	200	83	220	5426
<b>Marignane</b>	15	8	7	20
<b>Martigues</b>	144	71	51	489
<b>Miramas</b>	66	39	39	573
<b>Rognac</b>	23	13	12	147
<b>Saint-Chamas</b>	74	29	27	438
<b>Saint-Mitre</b>	32	12	15	137
<b>Vitrolles</b>	15	11	88	302

Source : Recensement agricole 2000 des communes du Bassin Versant de l'étang de Berre

Tableau 26 : L'activité agricole sur le bassin versant de l'étang de Berre

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	83/138



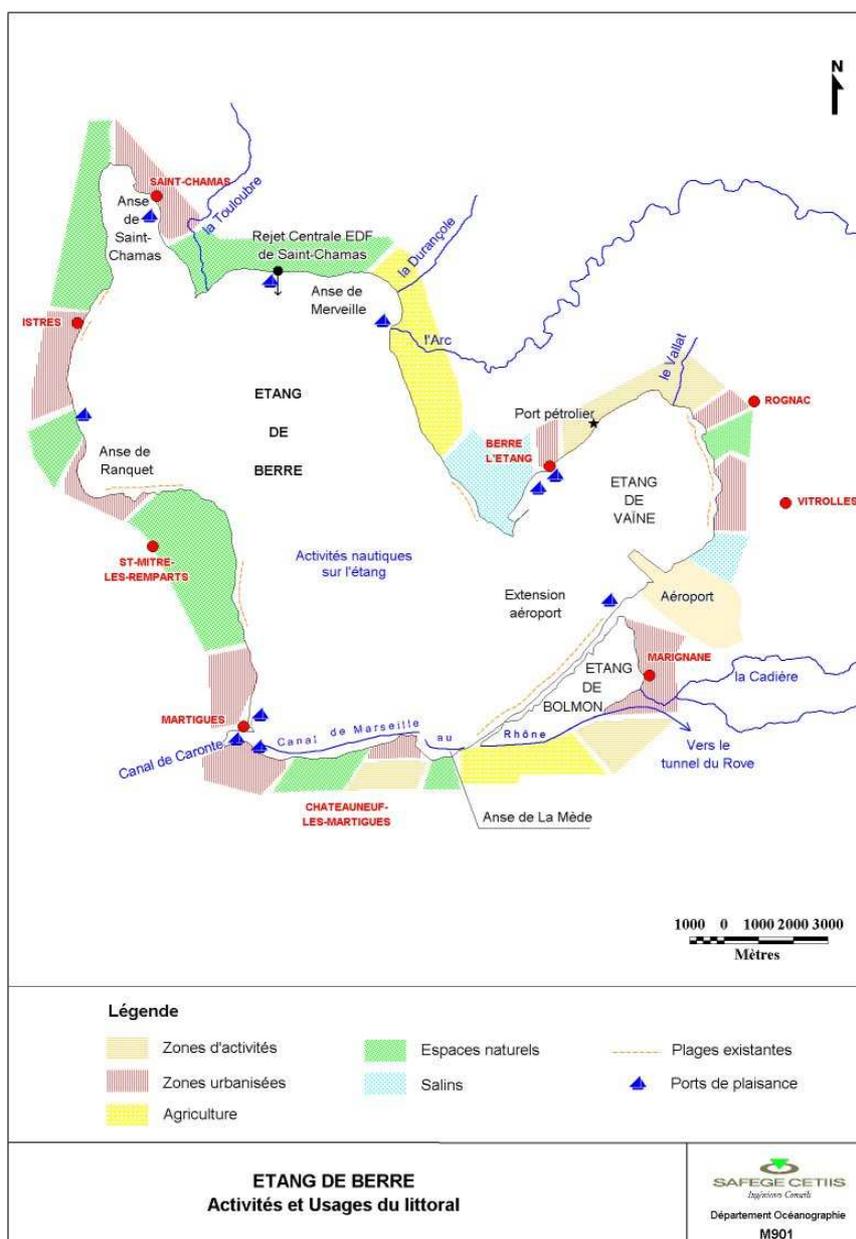
Carte 9: Principales sources de pollution sur le bassin versant de l'étang de Berre

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	84/138

### 5.3 SYNTHÈSE ET ENJEUX DE CHAQUE ZONE

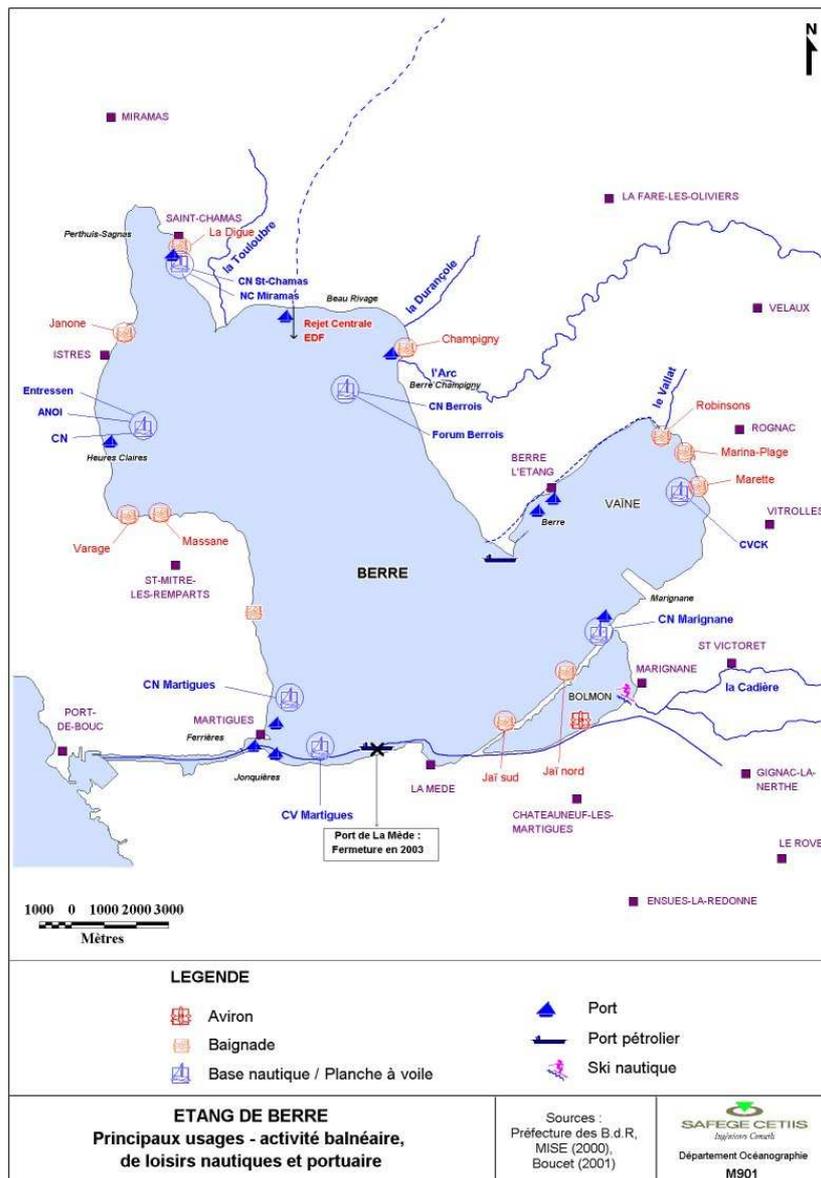
Les usages de l'étang de Berre s'exercent sur le plan d'eau et la zone littorale. Leur analyse s'appuie sur un zonage de l'étang, propre à rendre compte de la diversité des activités, des problèmes et des enjeux.

#### 5.3.1 Organisation spatiale des usages



Carte 10. Activités et usages du littoral

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	85/138



Carte 11. Activités de loisirs

### 5.3.1.1 Zone 1 : La façade occidentale de l'étang entre le canal de Caronte et la ville de Saint - Chamas

- L'urbanisation

Quatre communes sont installées sur cette partie de l'étang. Parmi elles figurent les deux communes les plus peuplées du pourtour de l'étang de Berre, soit Martigues, qui compte environ 43500 habitants et Istres qui approche les 39000 habitants, ainsi que la commune la moins peuplée : Saint - Mitre - les - Remparts (environ 5460 habitants) et la commune de Miramas (22520 habitants) située au bord de l'étang de Berre.

L'urbanisation du littoral est assez dense sur les deux principales communes : Martigues, qui s'étend de part et d'autre du canal de Caronte et en direction du Nord sur environ 1 km, et Istres, dont l'extension s'est faite surtout en direction du Sud vers le port des Heures - Claires. Deux autres zones sont urbanisées mais de manière moins dense : l'anse du Ranquet

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	86/138

située sur les communes de Saint - Mitre et Istres et la pointe Nord de l'anse de Saint - Chamas (Miramas - le - Vieux). L'urbanisation s'est peu étendue sur la frange côtière de ces deux zones.

- **Activités économiques**

#### Pêche

Sur 35 entreprises de pêche situées autour de l'étang de Berre, 10 sont localisées sur la façade Ouest de l'étang essentiellement à Martigues qui compte 9 entreprises. Une entreprise est implantée à Istres.

#### Agriculture

L'agriculture est relativement bien développée dans les communes de cette partie de l'étang avec plus de 200 exploitations enregistrées lors du recensement agricole de 2000. Toutefois, les espaces cultivés ne sont généralement pas situés en bordure d'étang et peuvent parfois en être très éloignés compte tenu de l'extension des territoires communaux. Une partie des pollutions issues de cette activité ne se déverse pas dans l'étang de Berre compte tenu de la configuration du bassin versant de l'étang sur sa côte occidentale.

#### Activités industrielles et commerciales

Cette partie de l'étang n'abrite pas de grosse activité industrielle mais quelques zones d'activité essentiellement commerciales.

- **Activité portuaire et transports**

Trois ports sont implantés sur le littoral occidental de l'étang de Berre. La capacité en postes fixes des ports de Ferrières (Martigues) et des Heures - Claires (Istres) est essentiellement vouée à l'accueil de bateaux de plaisance tandis que les bateaux de pêche disposent de 10 à 20% de la capacité de ces ports. Seul le port de l'Île offre une quantité équivalente de postes aux bateaux de pêche et de plaisance soit 12 anneaux chacun.

De nombreux pipe - line traversent l'étang de Berre notamment selon la direction Est-Ouest et atteignent la zone occidentale de l'étang en 5 points dont 3 aboutissants dans l'anse de Ranquet, 1 près du port des Heures - Claires et 1 sur la côte au Nord de Martigues.

- **Activités de loisirs**

#### La baignade

Cette activité se pratique depuis longtemps sur certaines zones de l'étang, notamment sur les communes de Martigues et Saint - Mitre - les - Remparts. On dénombre huit plages sur ce secteur réparties de manière assez homogène sur le littoral avec 3 plages au nord de la ville de Martigues, 2 dans l'anse du Ranquet et 3 plages situées de part et d'autre de la ville d'Istres.

La qualité des eaux de baignade : Aucune des plages de cette zone n'a été contrôlée par la DDASS en 2003. Deux plages ont toutefois fait l'objet de contrôles en 2002, la plage de Massane à Saint - Mitre et celle de Varage à Istres, toutes deux situées au Sud de l'anse du Ranquet. Ces deux plages ont été classées comme momentanément polluée en 2002. Le

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	87/138

classement de la plage de Varage en qualité médiocre est dû à un cumul de non conformités chimique et bactériologique (dépassement de la norme impérative<sup>4</sup> sur *Escherichia coli* (2675 germes par 100ml) et transparence de l'eau insuffisante). Notons également que les teneurs en *Escherichia coli* étaient régulièrement supérieures à la valeur guide (100 germes par 100ml). La plage de Massane a connu deux jours de mauvaise qualité de l'eau à la fin du mois d'août avec un dépassement de la norme impérative sur *Escherichia coli* (teneur maximale de 7101 germes par 100ml) et celui de la norme impérative sur les Streptocoques fécaux (11636 germes par 100ml).

### Activités nautiques

Il s'agit essentiellement de la pratique de la voile. Il existe 6 clubs nautiques dont 3 à Istres, 2 à Martigues et 1 à Miramas. Un club de pratique de l'aviron est installé à Martigues (CM Martigues). Enfin, 3 bases nautiques ou zones à terre de sports assimilés sont implantées dans cette zone : deux sont situées sur la côte au Nord de Martigues (Tholon et Figuerolles) et une au port des Heures Claires à Istres.

- Les espaces naturels

Les portions de littoral restées à l'état "naturel" sur cette partie du littoral de l'étang représentent un linéaire relativement important. Les plus étendues se situent entre le Nord de Martigues et l'anse de Ranquet et entre Istres et Saint - Chamas. Il s'agit le plus souvent d'une côte plutôt abrupte interrompue par des secteurs de "côte basse" où prennent place les plages et zones humides, ces dernières se trouvant plutôt au Nord d'Istres. Les zones naturelles dominant l'étang se présentent souvent sous la forme de broussailles ou de petites pinèdes.

### Inventaires et protection de zones naturelles

La façade occidentale de l'étang abrite un certain nombre de zones protégées ou ayant fait l'objet d'un inventaire.

Le Conservatoire du Littoral a acquis des terrains dans 3 zones : deux situées sur les communes de Martigues et Saint - Mitre - les - Remparts (*Figuerolles* et *Caderaou*) et une située en partie sur celle de Miramas (*Poudrerie*).

Trois ZNIEFF sont présentes dans cette zone : les *Heures - Claires* et la *Coupe de la rive occidentale de l'étang de Berre* sur la commune d'Istres, tous deux des sites d'intérêt géologique (ZNIEFF Géologiques), et également les *Marais de Saint - Chamas* (ZNIEFF de type I) dont une partie est située sur la façade occidentale de l'étang. Ces marais sont une zone de très grande valeur du point de vue ornithologique.

L'étang de Berre et plus exactement les espaces correspondant aux "*Marais et zones humides liés à l'étang de Berre*" constituent de manière générale un ensemble éligible au réseau Natura 2000 dans la catégorie relevant de la directive européenne "Habitats" (1992). Les zones de ce

---

<sup>4</sup> **Norme Impérative** : limite du nombre de germes par 100ml à ne pas dépasser (10000 pour Coliformes totaux et Streptocoques fécaux ; 2000 pour *Escherichia coli*)

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	88/138

type présentes sur la façade occidentale de l'étang de Berre sont donc éligibles à ce titre. Plus précisément, au sein de cet ensemble de zones éligibles, quelques secteurs sont proposés comme Sites d'Importance Communautaire (pSIC), l'un d'entre eux concerne en partie la commune de Miramas.

A ces sites s'ajoute un site classé au cœur de Martigues : le "*Canal Saint - Sébastien, Miroir aux oiseaux et Quai Brescon*".

### **5.3.1.2 Zone 2 : Le littoral de Saint – Chamas à la ville de Berre - l'Etang (façade Nord / Nord – Est de l'étang)**

- L'urbanisation

Deux communes occupent cet espace : Saint - Chamas, une des communes les moins peuplées de l'étang avec 6595 habitants, et Berre - l'Etang dont l'essentiel de la population (13410 habitants) est installé sur les rives de l'étang de Vaïne décrit plus loin. L'habitat étant très regroupé autour du cœur de ces villes, l'urbanisation du littoral cesse rapidement pour laisser place à des espaces naturels ou agricoles faiblement peuplés ainsi qu'aux anciens salins de Berre situés sur la pointe du même nom. La ville et les activités de Berre - l'Etang étant essentiellement implantées au bord de l'étang de Vaïne, donc en dehors de la zone que nous examinons ici, nous n'aborderons pas ces aspects dans la description de cette partie du littoral.

- Activités économiques

#### Pêche

La commune de Saint - Chamas compte 9 entreprises de pêche soit le maximum (avec Martigues) enregistré pour une commune de l'étang. Deux entreprises de pêche sont également installées sur le petit port de Champigny, situé sur la commune de Berre - l'Etang, près de l'embouchure de l'Arc.

#### Agriculture. Aquaculture

La commune de Berre - l'Etang totalise le plus grand nombre d'exploitations agricoles, soit 119, tandis que Saint - Chamas n'en compte que 29. L'activité agricole est essentiellement localisée dans la plaine alluviale de l'Arc et la Durançole.

Quelques vergers (oliviers) situés à l'Est du port de plaisance de Saint - Chamas sont exploités mais ce sont surtout la vigne ainsi que l'horticulture et le maraîchage qui sont bien développés dans la zone entre la Durançole et les salins de Berre, sur la commune de Berre - l'Etang (source : MSA, 1998).

Enfin, une ferme marine est installée à l'embouchure de la Durançole, sur la commune de Saint - Chamas, et produit des lous, esturgeons et truites.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	89/138

### Activités industrielles et commerciales

Ces activités sont très peu développées sur cette partie du littoral de l'étang laquelle est surtout caractérisée par la présence la centrale hydroélectrique de Saint - Chamas.

- Activité portuaire et transports

Cinq sites portuaires sont présents sur cette façade littorale. Quatre se trouvent sur la commune de Saint - Chamas : les ports de Beau - Rivage (CNBR) et de Saint - Chamas (Cercle Nautique), voués exclusivement à la plaisance, comptent respectivement 120 et 230 anneaux. Le port du Sagnas situé près de l'embouchure de l'Arc est un port de pêche (25 anneaux), le port du Pertuis est à la fois un port de pêche et de plaisance. Enfin, le port pétrolier de Berre (port de la Pointe) est situé à l'extrémité de la pointe de Berre, isolé des espaces alentours par les anciens salins.

Les conduites de pipe-line sont très présentes dans la partie Sud de cette bande littorale jusqu'au port pétrolier.

- Activités de loisirs

#### La baignade

Cinq plages sont situées sur cette frange littorale : les plages de La Digue et Petite Venise à Saint - Chamas et celles de Champigny, Bouquet et La Pointe à Berre - l'Etang. Seule la plage de Champigny, située près de l'embouchure de l'Arc, est contrôlée par la DDASS.

La qualité des eaux de Baignade de cette plage a beaucoup varié depuis 1999 avec la succession de mesures de qualité moyenne (1999, 2002), bonne qualité (2000) et pollution momentanée (2001) et enfin le classement en eaux de mauvaise qualité en 2003. Ce classement est du à une non conformité bactériologique et chimique régulière (faible transparence, dépassement de la norme impérative en *Escherichia coli*, dépassement de la norme guide en Coliformes totaux).

#### Activités nautiques

La pratique la plus courante est celle de la voile légère avec la présence de 3 clubs nautiques : le CN Saint - Chamas, le CN Berrois et le Forum Berrois, ces deux derniers étant situés à proximité de l'embouchure de l'Arc. Une base nautique est implantée à Saint - Chamas.

- Les espaces naturels

Des versants abrupts dominant la route qui longe l'étang de part et d'autre de la centrale hydroélectrique de Saint - Chamas. Les zones de marais proches des embouchures de la Touloubre au Sud de Saint - Chamas et de l'Arc constituent les espaces naturels les plus remarquables de cette zone. Il est possible d'associer à ces espaces celui représenté par les anciens salins de Berre à l'extrême Sud de la zone. Le reste de l'espace faiblement urbanisé correspond aux terres agricoles.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	90/138

## Inventaires et protection de zones naturelles

Le littoral entre Saint - Chamas et Berre - l'Etang abrite un certain nombre de zones protégées ou ayant fait l'objet d'un inventaire.

Le Conservatoire du Littoral a acquis des terrains dans 2 zones situées sur la commune de Saint - Chamas : *Poudrerie* (située dans le fond de l'anse de Saint - Chamas) et *La Petite Camargue* qui correspond à la zone humide située de part et d'autre de l'embouchure de la Touloubre.

Trois ZNIEFF (toutes de type I) sont présentes dans cette zone : les *Marais de Saint - Chamas*, la zone *Berre - Mauran embouchure de la Durançole* et *Salin de Berre*. Il s'agit de zones humides de grande valeur du point de vue ornithologique.

Cette partie du littoral de l'étang de Berre est particulièrement concernée par la présence des espaces correspondant aux "*Marais et zones humides liés à l'étang de Berre*", site éligible au réseau Natura 2000. Trois secteurs sont ici proposés comme Sites d'Importance Communautaire (pSIC), un au fond de l'anse de Saint - Chamas, un deuxième au niveau de l'embouchure de la Durançole et le dernier correspondant à la zone des Salins de Berre. Cette dernière (*Salines de Berre*), est une Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), soit une zone d'inventaire dont l'intérêt ornithologique justifie une attention particulière au regard de la Directive "Oiseaux" de Natura 2000.

### 5.3.1.3 Zone 3 : L'étang de Vaïne (de Berre – l'Etang à l'étang de Bolmon)

- L'urbanisation

Il s'agit de la façade la plus urbanisée de l'étang. Quatre communes sont représentées sur ce périmètre : Berre l'Etang, Rognac, Vitrolles et Marignane. Le centre urbain de Marignane, localisé au NE de l'étang de Bolmon, se situe toutefois dans la continuité du tissu industriel et urbain que forment les trois autres villes ce qui explique que nous l'incluons dans cette portion du littoral. Vitrolles et Marignane sont les deux communes les plus peuplées de cette zone avec plus de 30 000 habitants. Les différents noyaux urbains sont séparés les uns des autres soit par des zones d'activité (entre Berre et Rognac), soit par des zones d'occupation humaine plus lâche (autour de Vitrolles).

- Activités économiques

#### Pêche

Cette activité n'est représentée que dans les communes de Berre - l'Etang et Marignane avec respectivement 6 et 7 entreprises de pêche.

#### Agriculture

L'activité agricole est très peu développée en bordure de l'étang de Vaïne. C'est dans cette zone que les entreprises agricoles sont le moins bien représentées avec environ une dizaine d'exploitations sur chaque commune (exception faite de Berre - l'Etang). On y pratique surtout la viticulture et le maraîchage.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	91/138

### Activités industrielles et commerciales

Les zones d'activité, installées en dehors des villes et le long des principales voies de communication, sont nombreuses. Les principales sont :

- la zone au Nord de l'étang de Vaïne, à l'Est de Berre - l'Etang avec l'industrie de la chimie et de la raffinerie -pétrochimie (établissements Shell) ;
- la grande zone industrielle et commerciale des Estroublans, au Sud de Vitrolles ;
- le site de l'usine aéronautique Eurocopter

De plus petites zones industrielles ou commerciales sont implantées de manière plus dispersée.

- **Activité portuaire et transports**

Exception faite du port pétrolier de Berre (port de La Pointe) précédemment évoqué, l'étang de Vaïne compte seulement 2 ports : celui du Passet à Berre - l'Etang et le port du Jaï à Marignane. Ce dernier accueille à la fois des bateaux de plaisance et de pêche tandis que le port du Passet est uniquement un port de pêche.

Les infrastructures de transport sont denses et les modes de transport divers : ferroviaires, routiers, autoroutiers et aérien avec la présence de l'aéroport international de Marseille Provence. A ceci s'ajoute la présence dans le nord de l'étang de pipe-line reliant la pointe de Berre à la zone de raffinerie - pétrochimie.

- **Activités de loisirs**

#### La baignade

L'étang de Vaïne compte cinq plages : la plage des Robinsons à Rognac ainsi que les plages de l'Agneau, des Cadesteaux, Marina Plage et Marette à Vitrolles.

La qualité des eaux de baignade : Seules deux de ces plages ont fait l'objet d'un suivi de la DDASS ces dernières années : Marina Plage et Marette. Après avoir été Momentanément Polluées en 1999, les eaux de baignade de ces deux plages ont été de Qualité Moyenne de 2000 à 2002. En 2003, la plage de Marette a été classée comme Momentanément Polluée en raison d'une mauvaise qualité des eaux relevée deux fois de suite à la fin du mois de juillet et s'étant manifestée par le dépassement de la norme impérative en *Escherichia coli* et de la norme guide en Coliformes totaux. Cette zone de baignade enregistre régulièrement une faible transparence de l'eau (inférieure à la norme impérative). Les eaux de baignade de Marina Plage ont été classées en eaux de Mauvaise Qualité en 2003 avec par exemple près d'un mois de concentrations en *Escherichia coli* supérieures à la norme impérative (quantités comprises entre 2104 et 16740 germes par 100ml. La transparence de l'eau est régulièrement qualifiée de faible (moins de 1 mètre).

#### Activités nautiques

L'activité la plus pratiquée est la voile avec la présence de 3 clubs nautiques basés au bord de l'étang de Vaïne : le CN Marignane, le CVCK ASA à Vitrolles et la Base Nautique de Rognac, section voile. L'aviron est également pratiqué, les principaux clubs étant le CMS Aviron à

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	92/138

Marignane et le CM Vitrolles. Deux bases nautiques sont implantées dans l'étang de Vaïne, à Vitrolles et Rognac.

- Les espaces naturels

Les zones naturelles sont rares et d'extension très réduite. Elles sont situées essentiellement sur la côte Est de l'étang.

#### **Inventaires et protection de zones naturelles**

Le pourtour de l'étang de Vaïne comme le reste de l'étang est un espace correspondant aux "Marais et zones humides liés à l'étang de Berre" éligibles de manière générale au réseau Natura 2000. Il s'agit notamment pour l'étang de Vaïne, des Salins du Lion situés au Sud-Est de l'étang. Cet espace mérite en effet une attention particulière ce qui explique l'intérêt qu'y porte le Conservatoire du Littoral<sup>5</sup>.

#### **5.3.1.4 Zone 4 : L'étang de Bolmon et le cordon du Jaï**

- L'urbanisation

Deux communes bordent cet étang : Marignane et Châteauneuf - les - Martigues. L'étang est relativement urbanisé au Sud-Est par l'extension de la ville de Marignane et au Nord-Est avec la présence d'une zone habitée sur l'extrémité orientale du cordon du Jaï. La ville de Châteauneuf - les - Martigues (environ 11400 habitants) est davantage éloignée des bords de l'étang.

- Activités économiques

##### Pêche

Aucune entreprise de pêche n'est installée autour de l'étang de Bolmon en raison notamment de l'interdiction d'y pêcher.

##### Agriculture

53 exploitations agricoles sont installées sur le territoire de la commune de Châteauneuf - les - Martigues et 8 sur celle de Marignane (données du Recensement agricole 2000). Les cultures les plus développées sont le maraîchage, l'horticulture, la viticulture. Elles sont essentiellement pratiquées sur la commune de Châteauneuf.

##### Activités industrielles et commerciales

Le pourtour de cet étang est faiblement industrialisé. Quelques usines et petites zones industrielles ou commerciales sont dispersées au Sud de l'étang de Bolmon. Parmi elles, la zone industrielle de la Palun à Marignane, celle de la Valampe et un centre commercial au Sud-Ouest de l'étang à Châteauneuf.

---

<sup>5</sup> D'après un rapport du Sénat relatif à la séance du 16 avril 1997, le Conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres souhaitait "reprenre des négociations avec la Chambre de commerce et d'industrie de Marseille-Provence, afin d'acquérir les Salins du Lion situés sur la commune de Vitrolles".

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	93/138

- **Activité portuaire et transports**

Aucun port n'est installé sur le littoral de l'étang de Bolmon. L'extrémité d'un tracé de pipeline aboutit à la pointe Sud-Ouest de l'étang. La partie Sud de l'étang de Bolmon est traversée par les infrastructures liées au canal de navigation de Marseille au Rhône.

- **Activités de loisirs**

#### La baignade

Aucune zone de baignade ne se situe dans l'étang de Bolmon mais le cordon sableux du Jaï abrite deux plages : le Jaï Nord sur la commune de Marignane et le Jaï Sud sur la commune de Châteauneuf – les – Martigues.

Ces deux plages sont contrôlées par la DDASS. Les eaux du Jaï Nord ont été qualifiées de Momentanément polluées en 1999, de Bonne Qualité en 2000 et sont depuis 2001 de Qualité Moyenne en raison d'une transparence souvent insuffisante de l'eau (inférieure à 1 mètre) et à quelques dépassements des normes guides en *Escherichia coli* et Coliformes totaux. Les eaux du Jaï Sud ont été jugées de moins bonne qualité. Elles ont été qualifiées de Momentanément polluées en 1999 et 2003 et de Qualité Moyenne de 2000 à 2002. Le classement de Jaï Sud en eaux Momentanément polluées en 2003 s'explique aussi par la transparence parfois insuffisante de l'eau, quelques dépassements des normes guides en *Escherichia coli* et Coliformes totaux et un dépassement de la norme impérative en *Escherichia coli* à la fin du mois d'août.

#### Activités nautiques

Aucun club nautique n'est présent sur l'étang de Bolmon mais rappelons la présence du Club Nautique de Marignane, installé à proximité, à l'entrée de l'étang de Vaine.

- **Les espaces naturels**

Deux types de zones naturelles sont présentes autour de l'étang de Bolmon (i) les zones humides situées essentiellement dans le Sud-Ouest de l'étang (ii) le cordon sableux du Jaï notamment dans sa partie centrale. Cet espace est très menacé par la présence humaine (urbanisation sauvage et piétinement intensif en période estivale).

#### **Inventaires et protection de zones naturelles**

L'*Etang de Bolmon* bénéficie de plusieurs statuts. Il s'agit d'une ZNIEFF de type II au grand intérêt ornithologique. Il est éligible au réseau Natura 2000 en tant que site de "*Marais et zones humides liés à l'étang de Berre*", il a d'ailleurs été proposé comme Site d'Importance Communautaire (pSIC). Enfin, l'étang de Bolmon est un espace acquis par le Conservatoire du Littoral entre 1993 et 1999, ce dernier intervenant aussi sur quelques zones littorales adjacentes (Sud-Ouest de l'étang, partie centrale du cordon du Jaï...).

Le *Cordon du Jaï* est également un site remarquable. Il s'agit d'une ZNIEFF de type I présentant notamment un d'intérêt ornithologique.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	94/138

### **5.3.1.5 Zone 5 : La façade Sud de l'étang de Berre entre l'anse de La Mède et le canal de Caronte**

- L'urbanisation

Deux communes occupent cette portion du littoral : Châteauneuf - les - Martigues et Martigues. Deux zones urbaines se sont développées, La Mède, à l'Ouest de l'anse du même nom et les quartiers Sud de la ville de Martigues à l'extrémité Ouest de la zone. L'urbanisation y est dense. Quelques îlots urbains mitent peu à peu la zone naturelle entre martigues et La Mède.

- Activités économiques

#### Pêche

Une entreprise de pêche est située à Châteauneuf - La Mède et rappelons que 9 entreprises sont implantées à Martigues.

#### Agriculture

Les données agricoles relatives aux deux communes de cette zone ont précédemment été évoquées toutefois le relief escarpé de cette partie de la côte ne permet pas un développement des activités agricoles aussi important que dans la zone de l'étang de Bolmon et se caractérise plutôt par la présence de zones forestières.

#### Activités industrielles et commerciales

L'activité industrielle est essentiellement représentée par la raffinerie de pétrole (TOTAL) installée au Sud-Ouest de La Mède.

- Activité portuaire et transports

Les deux ports de cette zone sont situés à Martigues. Il s'agit du port de Jonquières dont l'essentiel des anneaux (172) est destiné aux bateaux de plaisance et une vingtaine aux bateaux de pêche, et du port à sec de Martigues Sud accueillant exclusivement des navires de plaisance.

Cette façade est une zone de passage incontournable pour atteindre le golfe de Fos ce qui explique la diversité des axes de circulation (autoroute, chemin de fer, voie de navigation de Marseille au Rhône dont la seule partie utilisée actuellement est le canal de Caronte, pipeline).

- Activités de loisirs

#### La baignade

Aucune zone de baignade n'est présente dans ce secteur.

<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	95/138

## Activités nautiques

Une base nautique est installée sur le port de Jonquières à Martigues de même qu'un Club Nautique.

- Les espaces naturels

Il s'agit de la partie Sud de l'anse de La Mède et du secteur entre Martigues et La Mède. Ce dernier correspond aux premières pentes du massif de l'Estaque. Son extension est réduite en raison de la présence de hameaux ainsi que des infrastructures routières.

### Inventaires et protection de zones naturelles

Un seul site remarquable est identifié : la *Coupe Sud de l'étang de Berre – Coupe Vasseur* qui se situe au bord de l'étang entre Sainte - Anne à l'Ouest et La Mède à l'Est. Il s'agit d'une ZNIEFF Géologique offrant un faciès sédimentaire marin devenant continental avec des éléments remarquables tels que des figures paléoécologiques.

### 5.3.2 Problématiques et enjeux liés aux usages

L'analyse de l'occupation de l'espace autour de l'étang de Berre permet de constater une grande variabilité dans la densité et les types d'usages faits de cet espace. Trois types d'organisation du territoire sont observés :

Une façade littorale urbanisée mais laissant une large place aux espaces naturels abritant parfois des sites remarquables ainsi que de nombreux lieux de baignade. Il s'agit ici de la côte Sud et Ouest entre La Mède et Saint - Chamas ;

Une façade littorale peu urbanisée et essentiellement partagée entre les terres agricoles et les espaces naturels parmi lesquels des sites remarquables. Il s'agit ici des côtes Nord et Est de l'étang principal entre Saint - Chamas et Berre - l'Etang et de l'étang de Bolmon ;

Enfin, l'étang de Vaïne dont le pourtour est très urbanisé et industrialisé laissant peu de place aux espaces naturels si ce n'est à quelques plages et d'anciens salins.

Les principaux atouts et contraintes pour chaque zone sont présentés dans les tableaux suivants.

#### ◆ Les atouts

Les aspects **paysagers** et **patrimoniaux** font l'identité d'un territoire. Ils sont un élément très important dans le caractère attractif d'un espace et sont un atout pour son développement en tant qu'espace touristique. Le patrimoine archéologique est important et très riche sur plusieurs segments littoraux (nord de Martigues, commune de Saint - Chamas avec plusieurs points sur le littoral) ;

Les aspects **balnéaires** et **nautiques** correspondent à l'"offre" faite concernant les usages récréatifs. Ils sont indispensables au développement des activités récréatives pour la population locale et de passage ;

Les aspects **économiques** sont très liés à la "demande" potentielle concernant les usages et à l'utilisation de l'espace à un moment donné. La présence trop importante de certains

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	96/138

éléments (industries, routes, croissance urbaine) peuvent néanmoins finir par devenir une contrainte.

◆ Les contraintes

**La qualité de l'eau**

Globalement, l'impact de la qualité de l'eau sur les usages est lié aux types d'altérations suivants :

*Turbidité, bactériologie* : elles sont une contrainte pour la pratique de la baignade et des activités nautiques ;

*Hydrologie, contamination en polluants* : elles sont une contrainte pour la pratique de la pêche et la consommation des produits de la pêche.

La qualité de l'eau peut être altérée par les rejets domestiques et urbains (STEP), les rejets industriels, l'apport des affluents (Arc, Touloubre, Cadière). Une détérioration de la qualité de l'eau peut également être favorisée par certaines conditions naturelles ou hydrodynamiques. Chacune des 5 zones identifiées est plus ou moins concernée par des rejets de STEP. Les contraintes particulières à chaque zone sont précisées dans les tableaux.

**L'artificialisation du littoral**

L'*artificialisation* du littoral est une contrainte lorsqu'elle est excessive car elle laisse une place réduite aux espaces naturels et attractifs.

L'*utilisation* du littoral peut être remise en cause par certains phénomènes naturels en particulier l'érosion. Cette dernière est une conséquence indirecte de l'artificialisation du littoral et constitue une contrainte à la fois pour l'usage balnéaire du littoral mais aussi pour le maintien d'écosystèmes ou de certains équipements ;

La *présence importante d'activités industrielles* peut être source de diverses contraintes autres que des pollutions ;

L'*insuffisance de certains équipements* (bases nautiques, capacité des ports de plaisance...) peut ralentir le développement de certains usages de l'étang.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	97/138

<b>ZONE 1</b>	
Façade occidentale de l'étang de Berre (du canal de Caronte à la ville de Saint - Chamas)	
<b>ATOUTS</b>	<b>CONTRAINTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paysagers</b></li> </ul> <p>Diversité des milieux (zones rocheuses, marais, plages)</p> <p>Bonne représentation des espaces naturels et/ou peu urbanisés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patrimoniaux</b></li> </ul> <p>Présence de sites archéologiques proches (site de Tholon au Nord de Martigues)</p> <p>Présence de zones naturelles protégées ou inventoriées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balnéaires, nautiques</b></li> </ul> <p>Nombreux sites de plages</p> <p>Nombreuses structures d'activité nautique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Economiques</b></li> </ul> <p>Bon potentiel de pratique de la pêche (entreprises, structures portuaires)</p> <p>Population importante donc fort potentiel d'utilisateurs directs et indirects de l'étang</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes liées à la qualité de l'eau</b></li> </ul> <p>En plus des rejets urbains, cette partie de l'étang est caractérisée par le difficile renouvellement des eaux de la zone Nord - Ouest de l'étang en raison du relatif confinement causé par le rejet de l'usine EDF de Saint - Chamas.</p>

La façade occidentale de l'étang de Berre a beaucoup d'atouts pour un développement plutôt axé sur la pêche et le tourisme. L'usage de l'espace y est relativement équilibré avec une urbanisation qui n'est pas excessive et de nombreux secteurs restés relativement naturels.

Le principal effort à fournir serait de réduire les rejets polluants dans le milieu.

<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	98/138

<b>ZONE 2</b>	
Façade Nord/NE de l'étang (le littoral de Saint - Chamas à la ville de Berre - l'Etang)	
<b>ATOUTS</b>	<b>CONTRAINTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paysagers</b></li> </ul> <p>Importantes zones non urbanisées (terres agricoles, anciens salins, espaces naturels)</p> <p>Diversité des milieux (zones rocheuses, marais, plages)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patrimoniaux</b></li> </ul> <p>Présence de zones naturelles protégées ou inventoriées correspondant à des zones humides naturelles ou non (Conservatoire du Littoral, ZNIEFF et ZICO)</p> <p>Témoin de l'exploitation passée de l'étang : les anciens Salins de Berre</p> <p>Présence de plusieurs sites antiques : villas romaines, moulin médiéval, pont Flavien</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balnéaires, nautiques</b></li> </ul> <p>Quelques sites de plages</p> <p>Sites portuaires nombreux et diversifiés</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Economiques</b></li> </ul> <p>Bon potentiel de pratique de la pêche : entreprises de pêche et surtout capacité d'accueil des ports</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes liées à la qualité de l'eau</b></li> </ul> <p>En plus des rejets urbains, cette partie de l'étang est caractérisée par l'influence des apports de l'Arc et de la Touloubre qui drainent de vastes bassins versants sur lesquels s'effectuent à la fois des rejets urbains et ceux liés à l'activité agricole. La grande plaine alluviale de l'Arc est particulièrement concernée avec de nombreuses terres agricoles. Le rejet des STEP de Berre et Rognac s'effectue sur cette partie du littoral (pointe de Berre).</p> <p><i>Les apports en azote et phosphore</i> particulièrement forts dans cette zone sont favorables aux développements algaux. La présence régulière de peuplements algaux sous la forme de macroalgues (<i>Ulva</i> spp.) ou de phytoplancton a un effet négatif pour la transparence de l'eau (turbidité...) et donc pour la pratique de la baignade, des activités nautiques et peut être gênant pour la pêche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes en relation avec l'usage du littoral</b></li> </ul> <p>Artificialisation de la côte rocheuse entre la pointe de Saint - Chamas et le port de Beau - Rivage.</p> <p>Fragilité du littoral sableux entre l'Arc et la pointe de Berre vis à vis de l'érosion et recul rapide et dangereux des falaises au nord du delta de l'Arc</p>

La façade Nord / Nord - Est de l'étang laisse une grande place aux espaces non urbanisés et donc attractifs pour le visiteur à la recherche d'espaces naturels. Le niveau irrégulier de qualité des eaux et les risques d'érosion de la côte sont les contraintes les plus importantes pour un usage balnéaire régulier de la zone.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	99/138

<b>ZONE 3</b>	
(L'étang de Vaïne, de Berre - l'Etang au Nord de l'étang de Bolmon)	
<b>ATOUTS</b>	<b>CONTRAINTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paysagers</b></li> </ul> <p>Présence des zones de salins (Salins de Berre et du Lion)</p> <p>Côte orientale dominée par le relief caractéristique des cuestas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patrimoniaux</b></li> </ul> <p>Sites témoins de l'exploitation passée de l'étang : les anciens Salins de Berre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balnéaires, nautiques</b></li> </ul> <p>Quelques sites de plages</p> <p>Activités nautiques bien développées</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Economiques</b></li> </ul> <p>Population importante donc fort potentiel d'utilisateurs directs et indirects de l'étang</p> <p>Fort potentiel de pratique de la pêche (nombreuses entreprises de pêche) malgré le petit nombre de ports de pêche</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes liées à la qualité de l'eau</b></li> </ul> <p>En plus des rejets urbains, cette partie de l'étang est caractérisée par une très forte activité industrielle et donc la présence de plusieurs rejets ponctuels industriels.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes en relation avec l'usage du littoral</b></li> </ul> <p>Zones urbaines, industrielles et infrastructures de transport denses et qui laissent peu de place aux espaces naturels</p> <p>Nuisances sonores (aéroport) et de qualité de l'air sont une gêne pour les activités récréatives</p> <p>Recul rapide des falaises bordant le Sud - Ouest de l'étang de Vaïne</p>

L'étang de Vaïne est sans doute la zone présentant les plus fortes contraintes mais elle possède quelques atouts solides surtout concernant la pratique des activités nautiques et de pêche et la bonne accessibilité du site.

<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	100/138

<b>ZONE 4</b> (L'étang de Bolmon et le cordon du Jaï)	
<b>ATOUTS</b>	<b>CONTRAINTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paysagers</b></li> </ul> <p>Proximité de deux espaces naturels très différents : littoral sableux et marais</p> <p>Vignobles à proximité de l'étang</p> <p>Urbanisation très localisée</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patrimoniaux</b></li> </ul> <p>Espace organisé autour de zones naturelles protégées ou inventoriées : une zone humide et un cordon sableux (Conservatoire du Littoral, ZNIEFF, Natura 2000)</p> <p>Aménagements littoraux remarquables (bourdigues, canal de Marseille au Rhône)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balnéaires</b></li> </ul> <p>Site remarquable pour la baignade (cordon du Jaï)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Economiques</b></li> </ul> <p>Activité industrielle peu développée</p> <p>Proximité de centres urbains</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes liées à la qualité de l'eau</b></li> </ul> <p>L'étang de Bolmon est "particulièrement dégradé" ce qui interdit la pratique de la pêche et des activités récréatives.</p> <p>En plus des rejets urbains, cette partie de l'étang est caractérisée par les apports dégradés de la Cadière, du canal du Rove. Cet étang est régulièrement soumis à des crises hypertrophiques.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes en relation avec l'usage du littoral</b></li> </ul> <p>Fragilité du cordon du Jaï en raison de menaces diverses : érosion, piétinement excessif, urbanisation sauvage, extension de la décharge de Marignane.</p> <p>Nécessité de contrôler l'urbanisation afin de préserver les espaces naturels tout proches</p> <p>Activités nautiques peu développées</p>

Cette partie de la zone littorale de l'étang de Berre a des atouts naturels majeurs qui en font une zone potentiellement attractive mais les nombreux rejets polluants qui se déversent dans l'étang de Bolmon le rendent particulièrement dégradé et la pression urbaine menace le pourtour de l'étang et le cordon du Jaï.

<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	101/138

<b>ZONE 5</b>	
(La façade sud de l'étang de Berre, entre La Mède et le canal de Caronte)	
<b>ATOUTS</b>	<b>CONTRAINTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Paysagers</b></li> </ul> <p>Plan d'eau dominé par les premières pentes de la chaîne de l'Estaque</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Patrimoniaux</b></li> </ul> <p>Présence d'une ZNIEFF Géologique</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Economiques</b></li> </ul> <p>Structures portuaires bien développées surtout concernant les navires de plaisance (port à sec)</p> <p>Proximité de centres urbains</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes liées à la qualité de l'eau</b></li> </ul> <p>En plus du rejet de STEP de La Mède, La qualité de l'eau sur cette partie de l'étang est une contrainte surtout pour l'activité de pêche et le nautisme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Contraintes en relation avec l'usage du littoral</b></li> </ul> <p>Pas de zone de baignade</p> <p>Littoral très artificialisé (villes, autoroute, digues du canal de Marseille au Rhône...)</p>

Le littoral Sud de l'étang de Berre présente peu d'atouts en tant qu'espace touristique, il constitue surtout un axe de circulation terrestre et maritime et une zone de pêche.

<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	102/138

## 6

# Evaluation de la qualité des sédiments et de la colonne d'eau

## 6.1 LES SELS NUTRITIFS

Les variations saisonnières en sels nutritifs dans l'eau sont très importantes. Cette variation est fonction des apports mais aussi du fonctionnement interne de l'étang.

### 6.1.1 L'azote

#### 6.1.1.1 L'azote dans les sédiments

En 1994, on constate une baisse des teneurs en ammonium dans les sédiments du nord et une augmentation des concentrations dans les eaux interstitielles du sud, atteignant des valeurs très élevées. Sur l'ensemble de l'étang : après une chute de 50% entre 1994 et 1998, on observe une hausse des teneurs en ammonium en 2000. Ces variations restent sans explication à ce jour.

En 2002, le **stock total d'ammonium dans les sédiments est évalué à 34 tonnes**. D'après le suivi de 2000, les zones les plus concentrées en azote total sont l'étang de Vaïne et le sud de l'étang.

#### 6.1.1.2 L'azote dans l'eau

Les résultats sont exposés dans l'état des lieux du GIPREB (2002, § II.5). La qualité de l'eau est évaluée d'après la grille de l'Agence de l'eau pour les milieux lagunaires méditerranéens.

Entre 1994 et 2002, la qualité de l'eau est « Très bonne » en ce qui concerne la teneur en ammonium mais le plus souvent « Passable » à « Mauvaise » pour les teneurs en nitrates.

En 2002, la concentration moyenne en **ammonium** sur l'ensemble des points surveillés de l'étang était de 1,84  $\mu\text{M}$  ce qui représente un stock de 32 tonnes d'ammonium dans la colonne d'eau (volume de l'étang : 980 millions de  $\text{m}^3$ ). Les zones les plus riches en ammonium sont l'anse de Saint Chamas, l'entrée du canal de Caronte, l'étang de Vaïne et le centre de l'étang. En 2002, ce stock était maximal en septembre et décembre.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	103/138

Les concentrations les plus importantes en **nitrates** concernent l'ouest de l'étang. D'après les données du suivi écologique mené par la MPREB, on peut estimer le stock en nitrates de la colonne d'eau en moyenne sur l'année à **314 tonnes**. En 2002 le stock était maximal en janvier et février.

⇒ On enregistre une saisonnalité très marquée des teneurs en nitrates et ammonium dans l'eau : les teneurs en nitrates sont élevées en hiver et les teneurs en ammonium élevées à la fin de l'été ce qui peut s'expliquer par la consommation des nitrates par le phytoplancton et la régénération de l'ammonium en été.

En hiver, les eaux de l'anse de Saint Chamas et du secteur Nord-Ouest sont des zones riches en nitrates par **confinement** des apports des stations d'épuration d'Istres - Romaniquette et de Miramas/ Saint Chamas ainsi qu'à l'arrivée de la Touloubre via le canal de la micro-centrale de la Poudrerie.

La concentration en ammonium est aussi plus élevée dans l'anse de Saint Chamas probablement pour les mêmes raisons. Les pics observés ont pour origines les apports de stations d'épuration ou bien parfois la reminéralisation (Ex : observation dans d'autres étangs de pics d'ammonium lors de la décomposition massive d'ulves)

## 6.1.2 Le phosphore

### 6.1.2.1 Les teneurs de phosphore dans les sédiments

Le sédiment joue un rôle dans le stockage du phosphore de l'étang. En 2002, dans les eaux interstitielles, **le stock est évalué à 2200 tonnes de phosphore total dont 23 tonnes de phosphate** (GIPREB, 2002). L'importance de ce stock ne serait que très relative comparée aux apports annuels des rivières et du canal EDF. Les concentrations de phosphate dans les eaux interstitielles sont très élevées (jusqu'à 100  $\mu\text{M}$ ) par rapport à celles de la colonne d'eau.

D'après les données 2000 du suivi écologique les zones de sédiment les plus concentrées en phosphore total sont le sud de l'étang, la zone de proximité des rejets de la Touloubre et du canal EDF et l'étang de Vaïne avec des valeurs supérieures à 520 mg/kg.

Notons que dans les étangs du Languedoc, la part de phosphore biodisponible serait de 20 à 30% du phosphore total (Ximénès *et al*, 1991 ; Gomez, 1996 ; Mesnage, 1994 ; Moutin, 1992).

### 6.1.2.2 Les teneurs de phosphore dans l'eau

Entre 1994 et 2002, la qualité de l'eau est « Très bonne » à « Bonne » en ce qui concerne le phosphate.

D'après la dernière campagne de suivi (2002), les zones les plus riches en phosphate sont l'étang de Vaïne, le sud et le centre de l'étang. En 2002, la concentration moyenne dans la colonne d'eau est de 0,33  $\mu\text{M}$  de phosphate sur l'ensemble des points surveillés de l'étang. Ceci représente un stock de **31 tonnes** de phosphate dans la colonne d'eau (volume de l'étang : 980 millions de  $\text{m}^3$ ). Ce stock serait plus important en août et en septembre.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	104/138

## 6.2 LES POLLUANTS CHIMIQUES

### 6.2.1 Les polluants chimiques dans l'eau

Les données du RNO de 1976 à 1982 témoignent d'une qualité moyenne de l'eau exceptée pour le lindane malgré une diminution régulière de ce composé depuis 1979. Les teneurs en cuivre, plomb et zinc sont très irrégulières avec des pics occasionnels.

D'après l'étude régionale intégrée de l'état de la pollution (IFREMER, 1985) la comparaison des résultats de deux enquêtes, l'une de 1972 (CEA de Cadarrache) et l'autre de 1978 (Dalmas, 1982 ; Diana, 1983, cités par IFREMER *et al*, 1985) ont permis de mettre en évidence un effet de **dilution des polluants** par les déversements de la centrale et un effet de **refoulement** vers les zones périphériques des apports des autres affluents (Arc, Touloubre...). D'autre part, les eaux duranciennes accentuent l'**isolement** du golfe de Saint Chamas et surtout de l'étang de Vaïne où l'on observe une évolution indépendante de l'étang principal.

A proximité du fond, les teneurs en polluants les plus élevées se situent dans le sud de l'étang (coin salé), dans l'étang de Vaïne et dans le golfe de Saint Chamas soit dans les secteurs non soumis à l'influence des eaux douces et subissant une stratification très marquée.

Les concentrations en polluants chimiques dans l'eau ne sont plus mesurées. Les sédiments fournissent des données plus cohérentes grâce à leur pouvoir d'intégration et leur stabilité relative.

### 6.2.2 Les polluants chimiques dans les sédiments

#### 6.2.2.1 Evolution globale de la contamination des fonds depuis 1976

D'après l'étude régionale intégrée de l'état de la pollution (1985), l'accroissement du taux de carbone dans les sédiments **entre 1964 et 1976** et les fortes teneurs en métaux lourds dans les carottes prélevées mettent en évidence **une accumulation** des polluants organiques et minéraux.

- ◆ En 1976, on distingue trois zones de pollution :
  - l'étang de Vaïne qui est le plus contaminé,
  - le sud de l'étang de Berre avec de fortes concentrations en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) et métaux lourds (surtout plomb) dans le coin salé,
  - le nord où l'on observe un gradient de concentration croissante de la centrale EDF vers la périphérie (effet de dilution, refoulement..). Les apports de l'Arc et la Touloubre se retrouvent contenus dans la zone littorale.
- ◆ Depuis 1976, on assiste à une décroissance des teneurs en polluants dans l'étang grâce aux premières mesures prises par le législateur et coordonnées par le Secrétariat Permanent pour les Problèmes de Pollutions Industrielles (SPPPI).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	105/138

On observe une diminution des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, des PCB (Polychlorobiphényles) et dérivés du DDT (dichloro-diphényl-trichloréthane) mais une augmentation des teneurs en détergents (ammonium) dans l'eau interstitielle.

- En 1980, la mise en place du bassin de délimonage à Cadarache et la réduction des débits liquides de la centrale ont permis une plus large extension des apports solides de l'Arc et de la Touloubre ce qui se traduit par une uniformisation des teneurs en polluants entre le Nord et le Sud de l'étang comme cela était le cas en 1964.
- D'après les données des services Maritimes 13, de 1983 à 1984, la contribution du canal à l'apport en polluants est quantifiée et se révèle significative (cf Tableau 17 du paragraphe 2.2.4.1). D'après Jérôme (1984) la pollution au large est souvent plus élevée qu'en bordure.
- Le suivi écologique de 1994 à 2000 montre une décroissance des concentrations en polluants dans les sédiments et une hétérogénéité dans la répartition de ces polluants. Le détail du suivi depuis 1994 est développé pour chaque polluant dans l'état de santé du milieu (§ III, GIPREB, 2002).

Les métaux les plus dangereux sont le mercure, le cadmium, suivis par le plomb, le cuivre et le chrome. Ce sont les 5 métaux pris en compte dans le suivi écologique mis en place en 1994 par la Mission Pour la Reconquête de l'Etang de Berre.

Globalement l'apport de particules fines par les rejets de la centrale depuis 1966 et les teneurs élevées des sédiments en matière organique ont jusqu'à présent favorisé le **piégeage de polluants** dans les sédiments et le recouvrement des sédiments anciens. Il existe en effet une corrélation positive entre la capacité de rétention des métaux du sédiment et sa teneur en matière organique. En raison des effets de dilution et surtout de refoulement exercés par les eaux du canal de Saint Chamas, les concentrations les plus fortes en substances chimiques ne sont pas systématiquement situées à proximité des « sources » de polluants.

#### 6.2.2.2 Evaluation globale des niveaux de contamination des sédiments

Les niveaux de références utilisés sont ceux définis en Méditerranée occidentale dans le cadre du RNO (Tableau 27) :

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	106/138

**Tableau 27 : Niveaux de référence pour l'évaluation de la contamination des sédiments**

Seuil*	Pb mg/Kg	Zn mg/Kg	Hg	Cu mg/Kg	Cd mg/Kg
1	30	50	0.1	20	0.15
2	60	100	0.2	40	0.3
3	90	150	0.5	60	0.6
4	120	200	1.5	80	1.2

\*Seuil 1 : limite supérieure des valeurs correspondant à une **contamination non avérée**

Seuil 2 : limite inférieure des valeurs correspondant à une **contamination significative**

Seuil 3 : limite inférieure des valeurs correspondant à une **forte contamination**

Seuil 4 : limite inférieure des valeurs correspondant à une **contamination extrême**

### 6.2.2.3 La contamination par les métaux

#### ◆ Mercure

Certaines zones de l'étang sont fortement contaminées en mercure (GIPREB, 2002). De 1994 à 1998, la plus grande partie de l'étang présente un niveau de contamination significatif (teneur maximale > 2mg/kg). La situation semble s'améliorer en 2000 avec des teneurs inférieures à 0,8 mg/kg sur l'ensemble de l'étang. Les zones habituellement très polluées telles que l'étang de Vaine et l'entrée du canal de Caronte ne sont plus que faiblement contaminées (0,4 à 0,8 mg/kg).

La zonation de la pollution au mercure fait apparaître l'influence de l'activité industrielle pour les régions sud-ouest et l'étang de Vaine. La pollution mesurée dans l'anse de saint Chamas (0,4 à 0,8 mg/kg) pourrait être due à l'ancienne poudrerie ou aux apports de la Touloubre, via le canal de la Poudrerie.

#### ◆ Plomb

Le grand étang présente des valeurs assez constantes et le plus souvent inférieures à 60 mg/kg (seuil de contamination significative). Par contre en 1994 et 2000, l'étang de Vaine présente des contaminations extrêmes (>200 mg/kg) et croissantes d'ouest en est (GIPREB, 2002).

#### ◆ Chrome

D'après le suivi effectué depuis 1994, les teneurs en chrome dans les sédiments (fraction >2mm) peuvent atteindre des valeurs proches de 90 mg/kg dans l'étang de Berre. Il n'y a pas de tendance stable malgré la diminution progressive des apports depuis 1994.

Les teneurs en chrome des sédiments de l'embouchure de l'Arc (60 à 70 mg/kg) mettent en évidence sa contribution aux apports, peut être en raison de l'activité industrielle sur le bassin versant (GIPREB, 2002).

#### ◆ Cuivre

La tendance générale est à la baisse depuis 1994. En 2000, les zones de pollution sont l'étang de Vaine, l'embouchure de l'Arc et le sud-est de l'étang avec des teneurs en cuivre comprises

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	107/138

entre 30 et 50 mg/kg. La contamination la plus significative concerne le nord de l'étang de Vaïne avec des teneurs proches de 50 mg/kg en 2000.

Ce cuivre proviendrait de l'utilisation de « bouillie bordelaise » dans les cultures du bassin versant de l'étang.

#### ◆ Cadmium

Le sud de l'étang de Berre et l'étang de Vaïne sont les plus pollués. De 1997 à 1998, on observe une homogénéisation des teneurs sur l'ensemble de l'étang, et en 2000 une baisse générale de la contamination dans le nord (<0,15 mg/kg) mais avec des concentrations toujours significatives dans le sud de l'étang et l'étang de Vaïne (jusqu'à 0.45 mg/kg).

A partir d'une salinité de 17‰ à 20‰, le cadmium se retrouve majoritairement sous forme dissoute plutôt que particulaire (GIPREB, 2002).

#### ◆ Arsenic, Zinc et Nickel

Ces 3 métaux ne sont pas intégrés au suivi écologique des sédiments de l'étang de Berre (suivi mené par le MPREB). Aucun texte réglementaire n'en impose la surveillance. On ne dispose d'aucune donnée sur les teneurs des sédiments en ces métaux.

L'augmentation générale de la pollution métallique dans la zone sud, où les apports de particules fines ont diminué corrélativement aux mesures de réduction, révèle un re-largage dans la colonne d'eau de contaminants métalliques (Garcia, 2000).

### **6.2.2.4 La contamination par les Polychlorobiphényles**

Il s'agit des PCB (congénères 118, 138, 153 et 180).

En 2000, les concentrations mesurées sont faibles (<60 µg/kg) comparativement au seuil de 500 µg/kg caractérisant un milieu faiblement contaminé mais les variations spatiales sont significatives. En 2000, la région sud-ouest de l'étang principal et l'étang de Vaïne sont légèrement plus contaminés avec des teneurs comprises entre 40 et 60 µg/kg (GIPREB, 2002). L'origine de cette pollution serait le Vallat Neuf.

### **6.2.2.5 La contamination par les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Seul l'étang de Vaïne dépasse les 1 200 mg/kg de HAP total. Le fluoranthène est majoritaire avec des teneurs élevées dans l'étang de Vaïne et au centre de l'étang de Berre. Dans l'étang de Vaïne, les teneurs sont croissantes d'est en ouest de 250 à plus de 500 mg/kg. La présence de fluoranthène marque l'utilisation de carburant fossile et est issue de ruissellement ou vapeurs lourdes de gaz par exemple.

### **6.2.2.6 La contamination par d'autres substances**

D'autres substances non mesurées dans le cadre du suivi écologique peuvent avoir un impact sur l'écosystème de l'étang de Berre. On ne dispose d'aucune estimation actuelle des teneurs en ces composés. Se pose la question de l'intérêt du suivi de paramètres tels que :

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	108/138

- Le Tributylétain (TBT) issu des peintures antisalissures des navires de plus de 25 mètres. Les pétroliers qui ont accès à l'étang et empruntent le chenal de navigation sont des vecteurs potentiels.
- Pesticides organochlorés : Le DDT (et ses dérivés DDD et DDE) et surtout le lindane (g-HCH)...

## **6.2.3 Polluants chimiques dans la matière vivante**

### **6.2.3.1 Algues et phanérogames**

La présence de pollution métallique dans les algues et les phanérogames a été montrée par Augier *et al*, 1996 (in GIPREB, 2002) mais leur utilisation comme indicateur est difficile en raison des multiples variables à prendre en compte.

### **6.2.3.2 Poissons**

Le suivi écologique mis en place depuis 1994 intègre une analyse des teneurs en polluants dans des échantillons de poisson. Quatre espèces de poissons sont prélevées : les muges, les loups, les athérines et les anguilles. Toute interprétation des résultats de contamination des poissons dans une optique de qualité du milieu est délicate en raison du caractère non sédentaire des poissons. Les observations faites sont récapitulées dans le Tableau 28.

<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	109/138

**Tableau 28 : Altérants chimiques dans la chair des poissons**

Altérant chimique	Teneurs dans la chair de poisson
<b>Mercure</b>	Teneurs généralement inférieures à 0,5 mg/kg pour les quatre espèces (depuis 2000 seulement pour les loups jusqu'alors les plus contaminés)
<b>Méthyl-mercure</b>	En 2000, toutes les teneurs sont inférieures au seuil de détection
<b>Cadmium</b>	Pic en 1998 surtout chez les muges. En 2000, retour à une teneur <0,1 mg/kg sauf pour les muges
<b>Plomb</b>	Pic en 1998 pour toutes les espèces (jusqu'à 0,45 mg/kg)
<b>Chrome</b>	Grande variabilité (<0,5 à 4 mg/kg). Teneurs plus élevées en 1995 et 1998
<b>Cuivre</b>	Pic en 1998 (autour de 4 mg/kg)
<b>Zinc</b>	Peu de variation interannuelle mais grande variabilité interspécifique
<b>PAH</b>	Augmentation en 2000 (sauf loups)
<b>PCB</b>	Valeurs autour de 0,5 mg/kg

**Tableau 29 : Concentrations limites autorisées (mg/kg de poids sec)**

Composé	Melzian (1989)	CSHPF	Valeurs guides internationales
Mercure	1,2	0,4	
Cadmium	8	2	
Plomb	2	2	
Chrome	180		
Cuivre	4		
Zinc	80		
PCB			4 000 à 8 000

### 6.2.3.3 Coquillages

De 1979 à 1981 les teneurs en polluants mesurées dans le cadre du RNO sur *Mytilus galloprovincialis* sont relativement faibles à l'exception des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Les données du RNO les plus récentes concernent le point de Martigues (code 38 095 101). Nous disposons des teneurs en zinc, plomb, mercure, cuivre, cadmium, lindane et CB 153

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	110/138

dans les moules entre **1990 et 1996**. Ces teneurs ne dépassaient pas les seuils réglementaires. On n'observe pas de tendance nette à l'augmentation ou à la diminution des teneurs mais une variabilité importante avec des pics (particulièrement en 1992 et 1994). Si en 1992 les apports solides et liquides du canal EDF ont été particulièrement importants, ce n'est pas le cas en 1994. On ne peut établir de corrélation directe.

**Depuis 1996, la disparition des coquillages en ce point n'a pas permis d'effectuer de dosages de contaminants dans les moules (IFREMER, Grouhel, comm. pers).**

#### **6.2.3.4 Phytoplancton et kystes de résistance**

Les ratios azote/phosphore et azote/silicates sont déterminants pour l'évolution de la communauté phytoplanctonique. Nous nous intéressons ici aux espèces susceptibles de former des kystes de résistance.

Certaines espèces de phytoplancton toxique forment des kystes de résistance qui sédimentent et peuvent conserver leur pouvoir de germination pendant plusieurs années. C'est le cas notamment pour les kystes de résistance d'*Alexandrium minutum*, issus de la reproduction sexuée, qui sont susceptibles de germer jusqu'à dix ans après leur formation, si les conditions redeviennent favorables (oxygène, lumière, température...) Or la présence d'*Alexandrium minutum* est courante dans l'étang de Berre.

Certaines espèces de *Dinophysis*, présents dans l'étang, forment aussi des kystes de résistance.

Pendant l'arrêt temporaire de turbinage en 1990, la zone orientale de l'étang s'est nettement différenciée du reste de l'étang. L'étang de Vaine fut le siège de développements de micro-algues spectaculaires. Cette année fut également marquée par une augmentation de la diversité spécifique et l'émergence d'un cortège d'espèces tolérantes pendant la période estivale. La «mutation» de la communauté phytoplanctonique en rapport avec la salinité s'est réalisée très rapidement. La colonisation s'effectuant à partir du Golfe de Fos.

### **6.3 QUALITE DES EAUX DE BAINNADE**

#### **6.3.1 Le contrôle**

La directive n°76/160 CEE du 8 décembre 1975 du Conseil des Communautés Européennes a établi des normes de qualité pour les eaux de baignade et a donné des indications générales sur les mesures à prendre pour en assurer la surveillance. Le décret n°81-324 du 7 avril 1981 modifié « fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées » a transcrit en droit national les dispositions de cette directive.

La Direction Départementale des Affaires Sociales et Sanitaires est en charge du contrôle, de l'analyse et du classement des zones de baignade. Les points régulièrement contrôlés sont présentés dans le Tableau 30.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	111/138

Tableau 30 : Qualité du littoral de l'étang de Berre entre 2000 et 2001 (DDASS)

Commune	Site	Qualité + nombre d'analyses	
		2001	2002
Rognac	Plage des Robinsons	B	B (9)
Vitrolles	Plage de la Marette	B	B (8)
	Plage de la Marina	B	B (9)
Berre l'Etang	Plage de Champigny	B	B (8)
Chateauneuf les Martigues	Plage du Jaï Sud	B	B (8)
Marignane	Plage du Jaï Nord	B	B (8)
Istres	Plage de Varage	C	C (9)
Saint Mitre les Remparts	Plage de la Massane	C	C (8)

Légende : A : Bonne qualité, B : Qualité moyenne, C : Momentanément polluée,  
D : Mauvaise qualité.

Les eaux de Baignade des plages de l'Etang de Berre sont globalement de qualité moyenne sauf les plages de Varage (Istres) et de la Massane (St Mitre) qui sont de qualité médiocre.

### 6.3.2 L'impact des rejets EDF sur la qualité des eaux de baignade

Les rejets EDF semblent ne pas avoir d'influence directe sur la qualité des eaux de baignade de l'étang. La dégradation de la qualité est imputable aux dysfonctionnements des systèmes d'assainissement ou aux fortes pluies (lessivage des sols et surverse des dispositifs d'assainissement). On peut noter que les plages les plus atteintes entre 1991 et 2000 se situent dans les zones de **confinement** de l'anse du Ranquet, l'anse de Saint Chamas et de l'étang de Vaine (GIPREB, 2002. § IV). La contribution de Saint-Chamas à ce confinement est en débat (résultats de la modélisation commentés en phase 2).

Les rejets de la centrale pourraient cependant agir d'une manière générale et indirecte sur les teneurs en germes bactériens en prolongeant la survie des bactéries entériques par enrichissement les sédiments en matière organique et par dessalure des eaux de l'étang.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	112/138

# 7

## Bilan et perspectives

### 7.1 BILAN ET PRINCIPAUX MECANISMES ACTUELS DE FONCTIONNEMENT DE L'ETANG DE BERRE

#### 7.1.1 Synthèse des évolutions

Aujourd'hui, le Grand étang est qualifié de milieu «perturbé» par le SDAGE. Ceci est en majeure partie dû au rejet issu de la dérivation de la Durance qui :

- provoque une anoxie quasi-permanente des fonds, empêchant toute implantation durable de la vie benthique au-delà de 5m de profondeur,
- induit un état de stress permanent qui maintient l'écosystème à un stade juvénile et le fragilise.

Cependant les dysfonctionnements que connaît l'étang de Berre doivent également être considérés dans un contexte très particulier marqué par l'importance des rejets industriels, des STEP des différentes agglomérations qui entourent l'étang et par les apports des rivières et canaux qui drainent des bassins versants très anthropisés. Le milieu est enfin marqué par l'expression d'un stock nutritif constitué dans les sédiments ou en recyclage permanent lors des fortes productions.

Les flux entrant et sortant de l'étang de Berre ne sont pas tous quantifiés de manière précise et des lacunes de connaissance persistent concernant notamment la nature et le volume des échanges s'effectuant au niveau du canal de Caronte.

L'écosystème de l'étang de Berre a évolué au cours du temps en fonction de nombreux facteurs naturels et surtout humains et depuis 1966 les composantes de l'écosystème ont réagit tout à tour aux variations du milieu provoquées par les rejets EDF.

Une légère amélioration du milieu s'est produite ponctuellement en 1990 suite à l'arrêt des rejets et depuis 1998 avec la diminution des rejets EDF. Cette dernière est cependant limitée et fragile et il ne s'agit en aucun cas d'une «renaissance» de l'étang.

L'évolution des composantes de la masse d'eau et des sédiments est récapitulée dans le tableau suivant. Chaque thème sera traité comme suit :

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	113/138

- Situation avant 1966
- Tendances imputables aux rejets débutés en 1966
- Situation actuelle
- Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier à partir des observations faites en 1990

La variabilité saisonnière des apports d'eau douce, particulièrement marquée depuis la mise en service de la centrale EDF, empêche toute stabilisation du milieu et s'ajoute aux cycles saisonniers naturels.

<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	114/138

**Evolutions des composantes de la masse d'eau et des sédiments**

Avant mars 1966		Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>Caractéristiques physiques</b>						
<b>Salinité</b>	30 en hiver à 33 en été (Minas)	Baisse de la salinité Stratification haline Forte variabilité	De 1994 à 2000 la salinité suit les variations annuelles et saisonnières des rejets. Stratification haline au centre de l'étang	Elle oscille entre 6 au fond et 25 en surface avec une tendance globale à la remontée depuis 1997	Augmentation rapide de la salinité (ex: de 23 en juillet à 28 en octobre 1990) et fin de la stratification	Remontée et stabilisation de la salinité
<b>Température</b>	Pas de donnée	Peu d'effet sur le régime thermique, température légèrement plus basse en hiver (3°C)	Stratification thermique dans la zone la plus profonde avec un écart de 5 à 7°C et une interface entre 6 et 8 mètres, pas de stratification ailleurs	Depuis 1994, elle oscille entre 7 et 22°C dans le fond et entre 4 et 26°C en surface	Effet des rejets sur la température limitée à la station la plus proche de l'embouchure du canal	Peu d'effet?

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	115/138

	Avant mars 1966	Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>Turbidité</b>	?	Augmentation de la turbidité par apport de MES et soutien de la production algale. Diminution des apports en MES depuis la mise en place du bassin de Cadarache en 1980	Turbidité importante Variabilité dans le temps et dans l'espace selon l'activité phytoplanctonique Turbidité ponctuelle dans le panache durancien		A court terme persistance de la turbidité avec le maintien d'une forte production algale (ex: 1990)	Baisse globale de la turbidité si réduction des apports en sels nutritifs, si rétablissement du zooplancton et consommateurs de phytoplancton
<b>Hydrodynamisme</b>						
<b>Temps de résidence</b>		Accélération du renouvellement des eaux de surface	Temps de résidence hétérogène, zones de confinement dépendant des rejets de la centrale	Temps de résidence de 150 jours en moyenne depuis 1994		Augmentation du temps de résidence des masses d'eau ?
<b>Circulation</b>		Création de zones de confinement telles que l'Anse de Saint Chamas, l'anse du Ranquet et l'embouchure de l'Arc ?	Système bi-couche (fort cisaillement vertical des courants)		Pas de données	Nouvel hydrodynamisme (cf: modèle EDF, en attente des simulations)
<b>Caractéristiques physico-chimiques</b>						

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	116/138

Avant mars 1966		Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>Oxygène</b>	Pas d'anoxie durable	Anoxies persistantes au fond	Longues périodes d'anoxie dans les fonds de plus de 6m		Réoxygénation des eaux profondes	Fin de l'anoxie avec la fin de la stratification et le rétablissement de la chaîne trophique
<b>pH</b>		Pas de donnée	Stable en moyenne et décroissant avec la profondeur (8.6 à 8.8 en surface et 7.8 à 8 au fond)	7.5 en 1990 avant l'arrêt temporaire. pH moyen de l'étang est stable depuis 1994.	Milieu bien tamponné Seule une légère augmentation a été observé pendant l'arrêt de 1990 (de 7.5 à 8.5)	?
<b>NO3 dans l'eau</b>		Accroissement très sensible des quantités apportées à l'étang. Augmentation globale des teneurs ?	Depuis 1994 Qualité de l'eau passable à très mauvaise	10 à 30 µM	Augmentation des teneurs en NO2 et NO3 dans la colonne d'eau par oxydation de NH4	Dépend du réajustement des échanges à Caronte (qui régulent l'entrée d'eaux marines)
<b>NO2 dans l'eau</b>			Depuis 1994 Qualité de l'eau bonne à passable	1 à 5 µM		
<b>NH4 dans l'eau</b>			Depuis 1994 Qualité de l'eau très bonne	0 à 7 µM	Libération de NH4 des sédiments vers la colonne d'eau	
<b>NH4 dans le sédiment</b>			Stock de NH4 dans le sédiment	34 tonnes		

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	117/138

	Avant mars 1966	Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>PO4 dans l'eau</b>		Accroissement des flux émis dans l'étang. Effet de dilution sur les teneurs en P ?	Depuis 1995 qualité de l'eau très bonne à bonne en général excepté au centre de l'étang où l'anoxie favorise le relargage et la diffusion de PO4 des sédiments vers l'eau surnageante	0 à 4 µM	Stockage rapide de P dans les sédiments par complexation au Fe favorisée par la réoxygénation des eaux de fonds	Augmentation des teneurs en P
<b>PO4 dans le sédiment</b>	Phosphates dissous 0,40 µat g en mai 1964		Stock de PO4 dans le sédiment surtout dans le Nord dans la zone d'influence de l'Arc, de la Touloubre et du canal	2200 tonnes de phosphore total dans sédiment		Diminution des teneurs dans les eaux interstitielles
<b>Si</b>		1985: apports très importants du canal (12 396 tonnes)	<b>Pas de données récentes sur les apports du canal et autres tributaires</b>			
<b>Matière Organique</b>		Accroissement très important des apports. Refoulement des sédiments les plus riches en matière organique vers le sud de l'étang	Plus fortes concentrations dans l'étang de Vaine et au sud-ouest du grand étang	8 à 20% ps	A court terme persistance des teneurs élevées avec le maintien d'une forte production algale (ex: 1990)	?

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	118/138

	Avant mars 1966	Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>Polluants</b>		Périodes d'apports importants Existence de zones de piégeage des polluants dans les sédiments fins	Baisse globale des teneurs en polluants Répartition spatiale très hétérogène		Relargage possible des polluants adsorbés dans les sédiments ?	
<b>Bactéries pathogènes</b>		Pas d'apport particulier par le canal	De 1991 à 1999 Eaux de Baignade de mauvaise qualité Amélioration depuis 1999 (6 sites classés B et 2 sites classés A)		Les sédiments de l'étang constitue un réservoir de bactéries et virus	?
<b>Caractéristiques sédimentaires</b>						
<b>Bathymétrie</b>	Les fonds de plus de 9 mètres couvrent le tiers sud de l'étang	Accélération de l'envasement		Max de 9 mètres de profondeur mais uniquement au sud de l'étang	Modification des fonds par baisse des apports et modification des zones d'envasement et d'érosion	
<b>Granulométrie</b>	Fonds majoritairement vaseux	Augmentation importante des apports en fraction fine	Les limons duranciens forment l'essentiel des dépôts récents	La fraction <63µm constitue entre 15 et 100% des sédiments <2mm	*Disparition de la fraction fine dans les zones d'érosion *Réduction du colmatage des sédiments plus anciens	L'évolution à long terme sera dictée par les modifications hydrodynamiques

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	119/138

Avant mars 1966		Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>Minéralogie</b>	Prédominance d'illite et montmorillonite	Augmentation de la teneur en illite par rapport à la smectite			Augmentation de la teneur en smectite (surtout dans la zone d'influence de l'arc)	
<b>Sédimentation</b>	Sédimentation naturellement rapide Envasement moyen de 15 cm entre 1925 et 1962 avec au Nord surtout de l'érosion et au Sud surtout dépôts	Sédimentation identique au centre, accéléré au Nord et à l'ouest (1m en 30 ans) et ralentie au Sud (0 à 30 cm en 30 ans)			Zones nouvelles de dépôts et d'érosion par modification de l'hydrodynamisme	<b>Nouvelle répartition des sédiments avec érosion au Nord et dépôts au Sud ? (cf modèle EDF)</b>
<b>Caractéristiques biologiques</b>						

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	120/138

	Avant mars 1966	Tendance imputable à mise en marche de la centrale en 1966	Situation actuelle		Effets envisageables de l'arrêt des rejets du canal usinier	
			Caractéristiques	Valeurs	Expérience de l'arrêt de 1990	Effets possibles à plus long terme
<b>Production primaire planctonique</b>	Diatomées et chlorophycées marines opportunistes. Nombre restreint d'espèces dominé par les diatomées	Augmentation de la production phytoplanctonique par apports de nutriments	Niveau élevé des biomasses phytoplanctoniques. Présence d'espèces de phytoplancton productrices de kystes de résistance (A.minutum, Dinophysis...)	Entre 5 et 30 mgChal/m3	Maintien de la biomasse chlorophyllienne. Emergence d'espèces néritiques, développement des ulves	Baisse de la production phytoplanctonique
<b>Flore benthique</b>	Ceinture d'herbiers de zostère	Disparition ou altération des herbiers Apparition et maintien de Potamogeton	Recul de Potamogeton, stabilisation des zostères		Recul de Potamogeton et développements d'ulves	Extension des herbiers phanérogames marines, Prolifération d'ulves
<b>Faune benthique</b>	Peuplement dominant des SVMC implanté de manière homogène	Appauvrissement et dégradation de l'ensemble des peuplements, remplacement de SVMC par LEE, disparition de la vie en dessous de 5 m,	Développement de Ficopomatus, peuplements dégradés LEE, pas de vie en dessous de 5 m		Maintien de l'assemblage LEE, progression des peuplements SVMC, apparition d'espèces marines, colonisation des fonds azoïques.	Retour des peuplements SVMC, développement des espèces liées aux herbiers

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	121/138

## 7.1.2 Les principes de fonctionnement de l'étang de Berre

### 7.1.2.1 La faune macrobenthique

Selon Stora et Galas (1990), la répartition et la dynamique des peuplements macrobenthiques côtiers de l'étang de Berre dépendent de **4 facteurs** agissant en synergie :

- ◆ Les **variations de salinité** : elles mènent à une instabilité permanente des communautés côtières. Les conditions de vie extrêmes sont plus ou moins bien supportées selon les espèces et provoquent des changements dans les communautés (Stora, Arnoux, 1988) ;
- ◆ Les **décharges de limons** (apports usine EDF) : leur effet sur les communautés benthiques est difficile à évaluer. Il est simplement possible de signaler leur caractère limitant sur les peuplements lorsqu'ils les recouvrent de plusieurs centimètres lors des rejets. Ces limons influencent aussi la turbidité des masses d'eau, pouvant ainsi constituer un facteur de perturbation pour les espèces filtreuses (Stora, Arnoux, 1988) ;
- ◆ Le **taux en oxygène dissous** dans les zones profondes semble être le paramètre limitant majeur, son niveau actuellement très bas empêche l'installation durable de macrobenthos à des profondeurs de 5 mètres et plus. Ces phénomènes d'anoxie sont causés par la stratification de la masse d'eau (période de forts rejets EDF) associée à la dégradation de la matière organique (Stora, Arnoux, 1988) ;
- ◆ La **charge polluante du milieu**. D'après Stora et Arnoux (1988), la pollution chimique ne constitue pas à elle seule un facteur limitant majeur pour les communautés macrobenthiques. Ces dernières sont surtout affectées par la combinaison de plusieurs facteurs entrant en synergie.

A ces éléments peut s'ajouter la sensibilité des peuplements macrobenthiques à la turbidité des eaux.

Les trois premiers paramètres dépendent fortement des apports d'eau douce dans l'étang, par le biais des fleuves côtiers (Arc, Touloubre, Cadière, Durançole), des stations d'épuration... et surtout depuis 1966 des rejets massifs de l'usine hydroélectrique de Saint-Chamas.

Il semble que ce soit la **stabilité** de certains de ces paramètres (absence de variations brutales de salinité, de décharge de limon) et la bonne oxygénation des eaux de l'étang (augmentation du taux d'oxygène dissous dans les stations profondes) qui aient rendu possible la colonisation des fonds azoïques observée au cours de l'été 1990.

### 7.1.2.2 Influence des rejets sur le fonctionnement de l'écosystème

Le fonctionnement de l'écosystème est modifié en fonction de l'intensité des rejets du canal EDF.

- ◆ Dans le cas de **forts rejets**, du canal de Saint-Chamas,

Le gradient halin limite les échanges de matières et d'énergie entre la surface et le fond, et favorise le phénomène d'anoxie des fonds au centre de l'étang, entraînant la mort des organismes benthiques. Le canal EDF règle également les teneurs en éléments nutritifs de l'étang par les rejets de nutriments et le contrôle qu'il exerce sur les entrées à Caronte. Pour des raisons déjà expliquées il est difficile de savoir si le canal EDF est un facteur d'accroissement ou de d'abaissement des teneurs en éléments nutritifs vis-à-vis d'un fonctionnement de l'étang sans Saint-Chamas. Quoiqu'il en soit les flux très importants

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	122/138

injectés dans l'étang même associés à des teneurs faibles (pour le P) alimentent de manière permanente le filtre biologique. En période estivale, la matière organique morte s'accumule dans les eaux profondes salées et entretient le phénomène d'anoxie.

Enfin, la diminution de la salinité s'accompagne d'une modification de la composition floristique des herbiers. L'apparition de l'algue filamenteuse *Enteromorpha prolifera* ne constitue pas un biotope aussi favorable à certains poissons (*Lipophrys pavo*, *Gobius niger*, *Syngnathus abaster*, poissons d'herbiers) que celui des herbiers des algues ou phanérogames disparus.

◆ Dans le cas de **faibles rejets**,

Le canal ne représente plus que 10 à 50% des apports en eau douce, le gradient de salinité s'érode, la salinité augmente et l'étang fonctionne davantage comme un étang d'eau saumâtre. D'après la modélisation conduite récemment par le LNHE, la réduction des rejets à Saint-Chamas a pour effet de ralentir les échanges à Caronte. Dans ces conditions, la contribution des tributaires et des eaux marines prend le pas sur celle des Saint-Chamas. Les conséquences sur les teneurs en nutriments dépendent en partie de l'ajustement des échanges à Caronte. Comme le montre les observations, les réductions de Saint-Chamas provoquent dans un premier temps une diminution des teneurs en nitrates (et de la chlorophylle), que l'on peut attribuer à la dilution de l'étang par les eaux marines. Cette remarque est sans doute moins valable pour le P dont les teneurs dans le canal de Saint-Chamas sont proches des concentrations en mer.

A court terme, la réduction des rejets est donc concomitante d'un abaissement des biomasses phytoplanctonique et de la turbidité. Ceci favorise le développement des ulves. Lorsque les faibles turbinages se prolongent, une remise en suspension des éléments nutritifs piégés en profondeur est possible en cas de vent fort, pendant une période de temps relativement longue. L'augmentation de la salinité consécutive aux faibles rejets permet également la clarification des eaux car elle favorise la floculation de la matière organique et le développement des organismes filtreurs tels que les moules qui vont consommer du phytoplancton.

Les populations microalgales adaptées à des milieux dessalés se multiplient jusqu'à épuisement des nutriments puis elles sont remplacées par des populations adaptées aux milieux saumâtres et qui proviennent de l'étang de Vaïne (espèce dominante : *Chlorella* sp.). Dans le même temps, l'augmentation de la salinité favorise le maintien des espèces néritiques qui pénètrent par le canal de Caronte. Une communauté mélangée se développe mais limitée dans le temps par l'épuisement des nutriments.

L'évolution des conditions du régime de salinité permet également une recolonisation rapide de l'étang par les espèces vagiles (poissons) mais plus lente par les mollusques, crustacé (Comité de bassin RMC, 1993).

Les schémas de synthèse suivants tentent de montrer les interactions s'opérant entre les différents mécanismes dans le cas d'un arrêt des rejets EDF. Il s'agit de la Figure 16 (effets sur les sédiments et la masse d'eau) et la Figure 17 (effets sur le compartiment biologique).

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	123/138

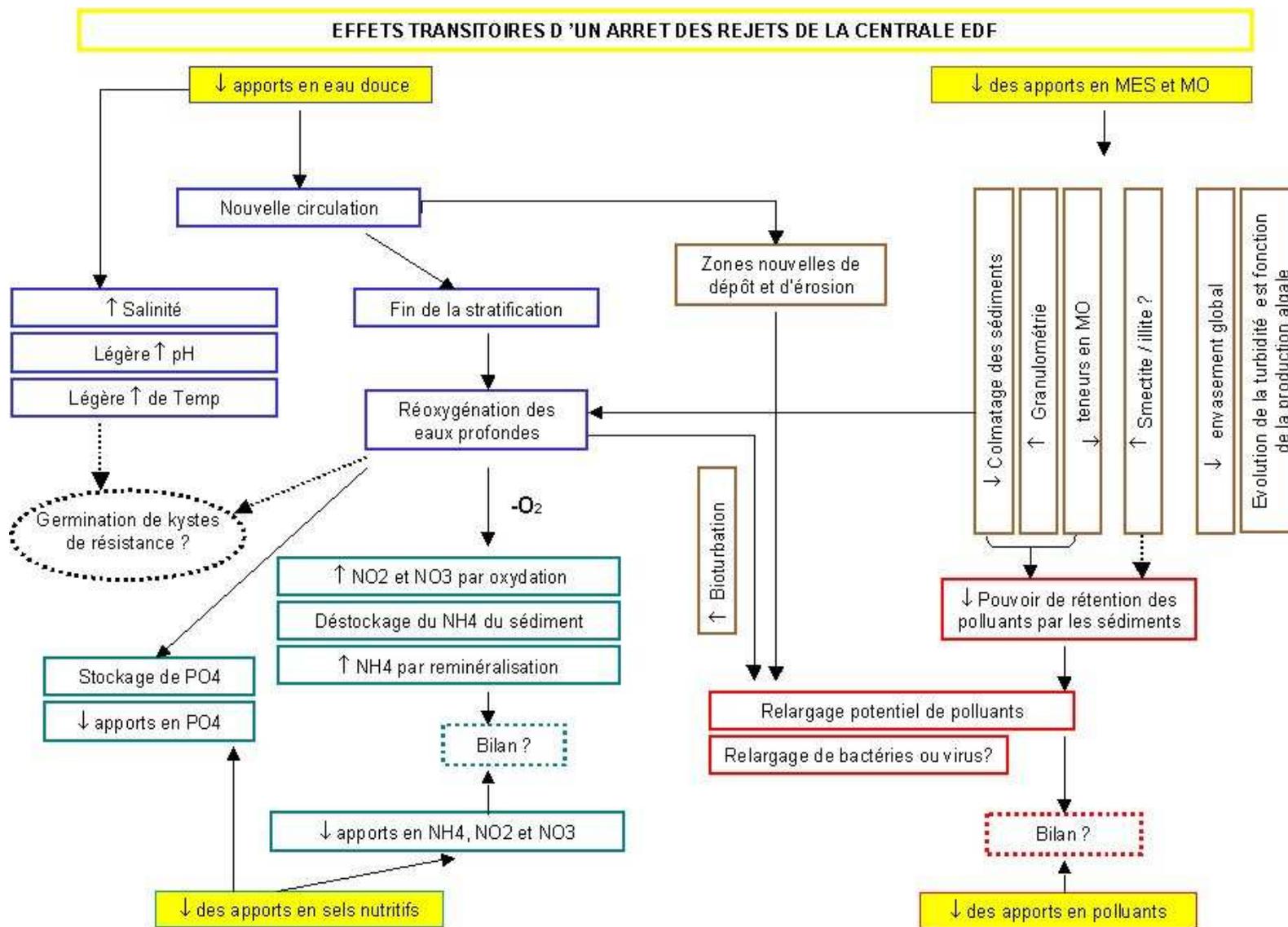


Figure 16 : Effets sur les sédiments et la masse d'eau

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	124/138

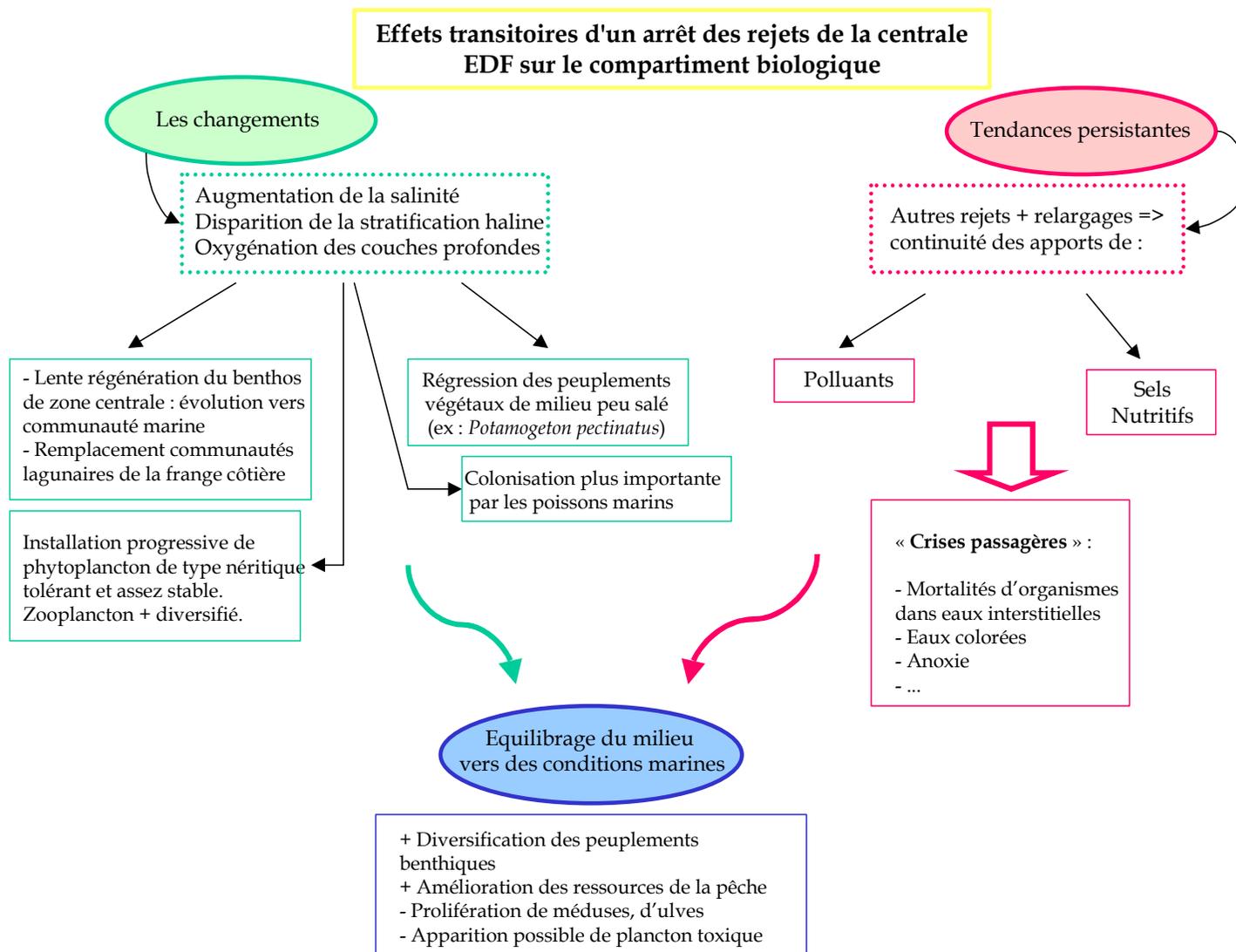


Figure 17 : Effets sur le compartiment biologique.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	125/138

## 7.2 ELEMENTS DE REFLEXION SUR L'EFFET INDUIT D'UN ARRÊT DES REJETS EDF A LA LUMIERE DE L'EXPERIENCE DE 1990

La réponse de l'écosystème observée suite à l'épisode d'arrêt des rejets EDF en 1990 permet de faire un certain nombre d'observations.

### 7.2.1 Le milieu

L'arrêt des rejets de la centrale entraînera une augmentation de la salinité, et la disparition ou l'atténuation sensible (pour le secteur de Caronte) de la pycnocline. Ce phénomène permettrait une augmentation de la teneur en oxygène de la couche du fond.

Rien ne permet d'affirmer qu'un arrêt des rejets se traduirait à terme par une réduction de la production algale.

D'une part, il est difficile d'évaluer en l'état actuel de nos connaissances les conséquences de cet arrêt sur les teneurs en nutriments (N et P) de l'étang. La réduction des flux jouerait pour une diminution de la production primaire mais s'accompagnerait d'un changement du rapport N/P (probablement sa diminution), d'une modification des effets de la production primaire sur les stocks de nutriments (qui ne sont plus alimentés par Saint-Chamas) dont on ne peut raisonnablement, à ce stade de l'étude, prévoir les conséquences. Ces points seront étudiés plus en détail dans la rapport de phase 2.

D'autre part, la réduction des apports en limons doit permettre d'abaisser la turbidité ce qui favoriserait la production algale mais l'atténuation voire la disparition de la stratification et la faible profondeur sont un terrain propice au maintien de la turbidité pendant les épisodes de vents.

Il convient de noter aussi qu'un arrêt des déversements du canal usinier n'entraînerait pas le retour à la situation de 1966 en raison de l'augmentation des apports des rivières et des rejets directs (en particulier en ce qui concerne les sels nutritifs) et du fait de la présence d'un stock important de matières nutritives et matières organiques dans les sédiments.

### 7.2.2 La faune et la flore macrobenthiques

Avec l'épisode de 1990, on a pu constater qu'un **arrêt prolongé des rejets d'eau douce** ajouté à une **stabilité des paramètres naturels** et à une **bonne oxygénation des eaux** peuvent conduire à la colonisation des fonds azoïques par de la faune macrobenthique et à l'installation d'espèces marines macrobenthiques sur la bordure côtière. Ainsi, l'arrêt des rejets d'eau douce au cours de l'été 1990 s'est accompagné d'une colonisation progressive et durable des fonds du centre de l'étang par des espèces lagunaires et marines des assemblages LEE et SVMC. L'analyse qui sera conduite en phase 2 abordera les points suivants :

- ✓ Le caractère durable de la recolonisation constatée en 1990 eu égard aux autres pressions anthropiques dont l'étang est encore la cible,
- ✓ La durée nécessaire à une stabilisation et à une maturation du nouvel écosystème,

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	126/138

- ✓ La régression des peuplements actuels des bordures côtières, acclimatés aux précédentes conditions environnementales et celle **des peuplements végétaux** à affinité d'eau peu salée (*Potamogeton pectinatus* par exemple),
- ✓ L'évolution de l'écosystème de l'étang soulagé de la pression anthropique des autres rejets polluants,
- ✓ Les risques d'eutrophisation à macro-algues.

Des éléments de réponse peuvent d'ors et déjà être apportés à ces questions. Les observations faites jusqu'à présent sur les dynamiques spatiales et temporelles des peuplements montrent que la nature chimique des sédiments de l'étang de Berre ne constitue pas un facteur limitant majeur en comparaison avec l'effet des rejets massifs d'eau douce du canal EDF (Stora *et al.*, 1995). La potentialité de recolonisation des sédiments pollués de l'étang de Berre a été testée lors d'une expérience menée entre juillet 1981 et janvier 1982 (Arnoux *et al.*, 1985). Elle a montré que la colonisation et la dynamique des populations de mollusques étudiées ne dépendent pas de la concentration en polluants du sédiment lui-même mais plutôt de la concentration de polluants dans l'eau interstitielle du sédiment. Cette dernière est induite par la variabilité des conditions ambiantes et en particulier la salinité. Le processus de recolonisation, relativement lent, mène à l'installation d'une faune malacologique similaire à celle présente dans l'environnement naturel de l'anse de Carteau, à savoir l'assemblage des Sables Vaseux de Mode Calme. La richesse spécifique est restée extrêmement basse durant les deux premiers mois (Arnoux *et al.*, 1985).

### 7.2.3 L'ichtyofaune

De manière générale, les espèces dont les effectifs se développent avec la salure des eaux sont :

- les espèces à affinité marine dominante supportant, pour un certain temps, une eau assez fortement dessalée : daurade, saupe, sars, marbré, sole commune, orphie (l'année 1990 a été marquée par une forte abondance des daurades dans tous les étangs méditerranéens) ;
- les espèces sédentaires existant aussi en mer : Crénilabre ou Canadelle, *Lipophrys pavo* (blennie paon) ;
- les espèces de poissons à affinité marine et ne supportant pas les trop grandes variations de salinité (rougets, sardines...).

L'augmentation de la salinité provoquée par l'arrêt des rejets d'eau douce en provenance de la centrale EDF pourrait donc s'accompagner d'une colonisation plus importante de l'étang par les poissons marins (Augier, 1996).

### 7.2.4 L'écosystème

Une régénération rapide du compartiment pélagique peut être envisagée, elle serait plus lente concernant le milieu benthique (Augier, 1996).

L'arrêt des rejets EDF est indispensable pour permettre la disparition de la couche anoxique des fonds situés au cœur de l'étang et donc rétablir leur capacité à se repeupler. Mais il reste difficile de dire dans quelles conditions se fera la régénération des peuplements sur

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	127/138

l'ensemble des fonds de l'étang ni de préciser celles du rétablissement de l'équilibre de l'écosystème benthique, même à long terme.

Dans la réflexion à venir sur les effets possibles de l'arrêt des rejets EDF sur le milieu, il faudra évaluer le risque qu'un retour à des conditions marines donne lieu à des « crises passagères » (relargage de polluants anciens, eaux colorées, anoxie...) mais qui ne seraient que la manifestation d'une « auto-épuration » progressive de l'étang. Les conditions marines en elles-mêmes pourraient par exemple donner lieu à une prolifération de méduses et d'ulves (Garcia, 2000).

## 7.3 LES CONDITIONS D'UNE REELLE REHABILITATION DE L'ETANG

### 7.3.1 La nécessité de mesures complémentaires et simultanées

- ◆ Un nécessaire arrêt des rejets EDF

Comme nous l'avons vu précédemment, la perturbation actuelle de l'étang de Berre est principalement liée à l'arrivée massive et irrégulière d'eau douce et de limons provenant majoritairement de la centrale hydroélectrique de Saint-Chamas.

Cependant les fonds de l'étang constituent un réservoir potentiel de pollution et d'éléments nutritifs dont le devenir régulera aussi l'évolution à court et moyen terme de l'écosystème lagunaire : aussi les effets bénéfiques des mesures prises pour la reconquête de l'étang ne seront-ils appréciés qu'à l'épuisement du stock pollué de ces fonds (MISE, 2000).

- ◆ Une nécessaire diminution des rejets de polluants

La réduction des décharges de polluants, en passant notamment par le respect des objectifs du SDAGE, apparaît comme une mesure d'accompagnement indispensable du processus de restauration de l'étang dans l'optique de garantir une bonne qualité du milieu et de limiter les risques d'eutrophisation.

### 7.3.2 Les incertitudes

- ◆ Le devenir des polluants et des éléments nutritifs piégés dans les sédiments

L'expérience conduite dans le golfe de Fos (Arnoux *et al.*, 1985) a montré que dans un contexte d'augmentation de la salinité des eaux surnageantes, se produisait un relargage de polluants contenus dans l'eau interstitielle des sédiments.

D'autre part, le mélange des eaux de surface et de fond permis par la disparition de la stratification haline pourrait s'accroître sous l'effet de vents violents. Ceci pourrait provoquer également un mélange entre les sédiments et l'eau qui amènerait dans les couches de surface les polluants actuellement piégés dans les sédiments ainsi que des sels nutritifs. Un tel scénario impliquerait, dans un premier temps, une probable persistance du phénomène d'eutrophisation de l'étang, malgré l'interruption des apports en sels nutritifs par le canal usinier.

Il est cependant difficile de se prononcer de manière certaine sur l'influence immédiate d'un arrêt des rejets sur le phénomène de relargage de polluants depuis les sédiments du fond. Selon P. Rebouillon, les dépôts sédimentaires anciens situés sur les fonds de l'étang sont sans doute maintenant structurés et consolidés dans leur épaisseur ce qui devrait retarder le phénomène de relargage de polluants précédemment décrit.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	128/138

L'expérience menée dans le golfe de Fos (Arnoux *et al.*, 1985) a montré que la faculté de colonisation et la dynamique des populations macrobenthiques peuvent être en partie liées au relargage des polluants dans l'eau interstitielle des sédiments. Ce relargage est lui-même induit par la variation des conditions ambiantes et particulièrement par l'augmentation de la salinité. Les importantes mortalités notées dans l'étang de Berre à l'occasion du passage de forts rejets d'eau douce à de faibles rejets, peuvent ainsi être liées à des décharges de polluants dans l'eau interstitielle.

Il semble donc que les variations environnementales induisant les décharges de polluants, combinées avec les polluants créent des effets synergétiques et des conditions limitant la possibilité de survie de la faune macrobenthique.

◆ La caractérisation et l'évolution des futurs rejets dans l'étang

Avant d'émettre toute hypothèse concernant la « réhabilitation souhaitée » de l'étang, il est nécessaire de tenir compte des autres facteurs anthropiques pouvant induire, plus ou moins directement, une instabilité des conditions environnementales et interagir avec les autres facteurs nuisibles.

Cet aspect sera investigué par une évaluation la plus précise possible (quantification, qualification, évolutions probables) des divers rejets qui pourront affecter l'étang de Berre dans les années à venir.

◆ Les possibles dysfonctionnements de l'écosystème

L'augmentation de la salinité de l'étang pourrait favoriser par exemple une colonisation des eaux par des espèces phytoplanctoniques marines parmi lesquelles les dinoflagellés sont reconnues comme pouvant présenter des formes sécrétrices de substances toxiques pour les poissons et l'homme via les coquillages (RMC, 1993).

La dynamique de la communauté benthique côtière dépend de la variabilité environnementale à court terme

⇒ Tous les éléments facteurs de déstabilisation du milieu, sont à prendre en compte, en vue de réhabiliter l'étang. La réduction des rejets est indispensable mais pas suffisante dans l'objectif d'améliorer la qualité de l'écosystème et donc de la vie dans l'étang. Ainsi, le respect de la totalité des mesures préconisées pour réduire les autres nuisances affectant l'étang est indispensable en vue de parvenir un jour à la réelle réhabilitation de l'étang de Berre.

Le scénario d'évolution n'est donc pas unique et la stratégie de reconquête dépend :

- de l'état actuel de l'étang ainsi que de ses potentialités de régénération et de restauration ;
- des activités en place et que l'on veut y développer, vocations d'usage...

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	129/138

## 8

# Bibliographie

**ABOUSSOUAN A., GERBAL M.,** 1994. *Faune ichtyologique de l'Etang de Berre : diversité, écologie et exploitation*. Rapp. N°9401, EDF / GIS Posidonie, Marseille : 84 p.

**ARFI R.,** 1991. *Etang de Berre 1990 – Suivi exceptionnel du milieu. Qualité des eaux : hydrologie, matériel particulaire et plancton*. Rapport de convention Agence de l'Eau RMC : 156 p.

**ARNOUX A.** 1997. *Commentaires sur l'évolution récente des sédiments de l'étang de Berre (1994-1996)*.

**ARNOUX A., STORA G., DIANA C.,** 1985. *In situ experimental study of the evolution and recolonization of polluted sediments*. Marine Pollution Bulletin. Vol. 16, n°8, pp. 313 – 318.

**AUGIER H.** 1996. *L'étang de Berre et sa réhabilitation. Bilan, Enjeu et prospective*. J. rech. Océanographique. Vol 21 n°1 et 2 : 1 à 8.

**BEKER B.,** 1986. *Communautés phytoplanctoniques en milieu côtier à salinité variable (étang de Berre, golfe de Fos)*. Thèse de l'Université d'Aix-Marseille II, 112 p.

**BELLAN G.,** 1972. *Effects of an artificial stream on marine communities*. Mar. Pollut. Bull. 3, pp : 74-77.

**BELLAN-SANTINI D., LACAZE J.-C., POIZAT C.,** 1994. *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 246 p.

**BERNARD G., BONHOMME P., VERLAQUE M., CADIOU G., BOUDOURESQUE C-F.,** 2001. *Suivi des principales espèces de macrophytes dans les étangs de Berre et de Vaïne : campagne 2001*. Contrat GIS Posidonies / GIPREB. GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr. : pp. 1-56 + annexes 1-3.

**BERTRANDY M-C., FAS C., BECK J-F.,** 1990. *Etang de Berre. Situation actuelle – évolution du milieu*. Rapport Service Maritime 13 : 53 p.

**BONHOMME P., BERNARD G.,** 1998. *Suivi des principales espèces de macrophytes dans les étangs de Berre et de Vaïne : campagne de 1998*. Contrat GIS Posidonie / Mission pour la Reconquête de l'Etang de Berre, GIS Posidonie publ., Marseille : 37 p.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	130/138

**BOUCET M.**, 2001. *Usages et objectifs de qualité du milieu dans le cadre de la réhabilitation de l'étang de Berre*. Rapport de stage de DESS "Economie et Environnement". Université Aix-Marseille II. 46 p. + annexes.

**BOUCHARD P.**, 1981. *Etude de l'état de pollution des sédiments de l'étang de Berre. 1<sup>ère</sup> partie : la pollution organique*. Thèse du laboratoire d'hydrologie et de Molysmologie Aquatique.

**BRUN L ., BELTRA S.**, 1994. *Etat des lieux et opportunités de conservation et de gestion des zones humides du pourtour de l'Etang de Berre*. Projet MedWet – DIREN PACA – Station Biologique de la Tour du Valat : 222 p.

**CHAUSSERIE-LAPREE J.**, 1988. *Le village gaulois de Martigues*. Dossiers Histoire et Archéologie, 128, juin 1988. 18 p.

**CHEVALLIER M-A.**, 1917. *L'Etang de Berre*. Annales de l'Institut Océanographique de Monaco. Tome VII, pp : 1 – 91.

**COMITE DE BASSIN RHONE MEDITERRANEE CORSE.**, 1993. Expertise des études réalisées en vue de la reconquête de l'étang de Berre. Conseil scientifique du comité de bassin Rhône Méditerranée Corse.

**CONSERVATOIRE DE L'ESPACE LITTORAL ET DES RIVAGES LACUSTRES.** 2001. *Guide méthodologique de gestion des lagunes méditerranéennes. Ouvrage collectif. Les eaux. Tome 1.*

**DERBIER S.**, 1994. *Les effets du plan de reconquête de l'Etang de Berre*. Mémoire de DESS de l'Université Montpellier I. 132 p.

**DRIRE**, 1994. *Etude des pollutions en provenance des zones industrielles du bassin versant de l'étang de Berre*. Rapport de stage de DESS « Prévention des risques et des nuisances technologiques » réalisé par Sylvestre C. et Casassa T.

**FEBVRE J.**, 1968. *Etude bionomique des substrats meubles de l'Etang de Berre*. Rec. Trav. St. Marine d'Endoume 44 : pp. 302 – 352.

**FIANDINO M.**, 2001. *Evaluation des apports sédimentaires en provenance des principaux fleuves vers l'étang de Berre*. Thèse. Synthèse du rapport final. Université de Provence – Safege Cetiis. 11p.

**FRANCOUR P., SOLTAN D.** 1996. *Suivi des principales espèces de macrophytes et du macrobenthos dans les étangs de Berre et de Vaïne : mise en place d'une nouvelle stratégie d'échantillonnage et analyse des premiers résultats*. GIS Posidonie, publ., Marseille : 1-94.

**FRANCOUR P., SOLTAN D.**, 1997. *Suivis des principales espèces de macrophytes dans les étangs de Berre et de Vaïne : campagne de 1997*. Contrat GIS Posidonie / Mission pour la Reconquête de l'Etang de Berre, GIS Posidonie Publ., Marseille : 25 p.

**GARCIA F.**, 2000. *Bilan et intérêt du suivi écologique – Bilan de la Mission pour la Reconquête de l'Etang de Berre de 1994 à 1999*. GIPREB : 44 p.

**GARCIA F.**, 1997. *Mission pour la reconquête de l'étang de Berre. Suivi écologique. Rapport de synthèse de la phase exploratoire 1994-1995-1996*. Propositions des programmes pour le suivi écologique à long terme soumises au comité scientifique du 12 décembre 1997.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	131/138

**GARCIA F.**, 1997. *Suivi écologique – rapport de synthèse de la phase exploratoire 1994 - 1995 - 1996*. MREB - Service Maritime 13 : 53 p.

**GARLAN T.** 1992. *Evolution de la bathymétrie de l'étang de Berre*. Rapport d'étude N° 891 EPSHOM/CH/GG/NP du 28.08.92

**GATEAU F.** (sous la dir. de), 1996. *L'Etang de Berre, Carte archéologique de la Gaule*, Eds Fondation Maison des Sciences de l'Homme. 379 p.

**GAUDY R.**, 1992. *Biologie de la population du copépode Acartia tonsa dans un milieu semi-clos : l'Etang de Berre*. Annales de l'Institut Océanographique, 68 : pp. 159 – 168.

**GAUDY R., VERRIOPOULOS G., CERVETTO G.**, 1995. *Space and time distribution of zooplankton in a Mediterranean lagoon (Etang de Berre)*. Hydrobiologia 300/301 : pp. 219 – 236.

**GIORGETTI C.**, 1981. *Etude de l'état de la pollution des sédiments de l'étang de Berre. 2ème partie : la pollution inorganique*. Thèse de la faculté de pharmacie de Marseille.

**GIPREB, 2002.** *Etang de Berre. Bilan des connaissances. Etat de santé du milieu*. 189 pages.

**GOSSE P., De VILLELE X., ROYER T.**, 2000. *Evaluations d'apports d'azote et de phosphore dans le bassin versant de l'étang de Berre : résultats de la campagne de mesures mai - novembre 1999*.

**GOURRET P.**, 1907. *Topographie zoologique des étangs de Caronte, de Labillon, de Berre et de Bolmon. Flore, Faune, Migrations, etc.* Annales du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille, 11 pp : 1 – 166.

**HUVE H., KIENER A., RIOUALL R.**, 1973. *Modifications de la flore et des populations ichtyologiques des étangs de Berre et de Vaïne (Bouches-du-Rhône) en fonction des conditions hydrologiques créées par le déversement de la Durance*. Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle, 33, pp : 123 - 134.

**IFREMER**, Centre d'Océanologie de Marseille, Laboratoire d'Hydrologie. Juillet 1985. *Etude Régionale Intégrée. Etang de Berre. Etude des apports limniques (Canaux et Rivières)*.

**IARE (Institut des Aménagements Régionaux et de l'Environnement)**, 1996. *Qualité biologique de l'étang de Bolmon*. Document de travail. Conservatoire du Littoral / Agence de l'Eau RMC / ARPE. 38p.

**IMBERT G., KERAMBRUN P, DEGIOVANNI**, 1999. *Hydrodynamisme et sédimentation liés à des rejets anthropiques dans un bassin littoral méditerranéen*. Earth and planetary sciences. 329, 205-209.

**JÉROME C.**, 1984. *Evolution récente des sédiments de l'étang de Berre*. Thèse de l'Université de Aix Marseille II.

**JORDA M.**, 1993. *Détritisme holocène et anthropisation dans la région de l'Etang de Berre. Interprétation morphosédimentaire de la carotte E3-DRASM*, in « Archéologie et Environnements : de la Sainte Victoire aux Alpilles. Publ. Univ. de Provence. pp. 407-417.

**KABOUCHE B., MAGNIN F.**, 1998. *Inventaire et distribution des gastéropodes terrestres et aquatiques sur le pourtour de l'étang de Bolmon*, résumé in *Site du Bolmon : rapport d'activité année 1998*. Document 3/3 Annexes 1998. SIBOJAI.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	132/138

**LAVAL H., MEDUS J. et ROUX M. R.,** 1991. *Palynological and sedimentological records of holocene human impact from the Etang de Berre, SE France*. The Holocene, 1, 3. pp. 269-272.

**LEROY V.,** 2001. *Traceurs palynologiques des flux biogéniques et des conditions hydrographiques en milieu marin côtier : exemple de l'étang de Berre*. DEA de l'Université Aix-Marseille III. 30 p.

**LEVEAU Ph. et PROVANSAL M.,** 1991, *Construction deltaïque et histoire des systèmes agricoles, le cas d'un petit delta : l'Arc, Etang de Berre*. Revue Archéologique de la Narbonnaise. 90 p.

**LHMA.** 1998. *Sédiments*. Mission pour la reconquête de l'étang de Berre.

**MARS P.,** 1949. *Contribution à l'étude biologique des étangs méditerranéens. Faune malacologique de l'Etang de Berre*. Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille. Tome IX, n° 2, pp : 65 – 116.

**MARS P.,** 1966. *Recherches sur quelques étangs du littoral méditerranéen français et sur leurs faunes malacologiques*. Vie Milieu supp., 20 : 1-359.

**MINAS M.,** 1970. *Résultats d'observations hydrologiques sur l'étang de Berre (années 1965, 1966 et 1967). Modification du régime hydrologique par suite du déversement des eaux apportées par le canal de dérivation de la Durance*. Cahiers Océanographiques, XXII, 1. pp. 73-88.

**MINAS M.,** 1973. *Sur la synthèse et la dégradation de la matière organique dans l'écosystème de l'étang de Berre – Dynamique et bilan – Rapports avec le régime hydrologique – Thèse Doct. Univ. Aix-Marseille : 339p*

**MINAS M.,** 1976 a. *Production organique primaire dans un milieu saumâtre eutrophe (Etang de Berre). Effets d'une forte dilution (dérivation des eaux de la Durance)*. Marine Biology, 35. pp. 13-29.

**MINAS M.,** 1976 b. *Oxygène dissous et saturation dans un milieu de forte production organique (Etang de Berre)*. Hydrobiologia, vol. 51, 2. pp. 149-162.

**MISE,** 2000. *Etang de Berre et son bassin versant. Objectifs de réduction des flux de substances polluantes*. Préfecture des Bouches du Rhône. DDAF Marseille. Version n° 4 du 30 septembre 2000.

**MORIN J.P.** 1997. *Etude de l'érosion du littoral de la commune de Berre l'Etang*. Cellule Etudes et Travaux du Service Maritime des Bouches du Rhône. Rapport de DESS de Géosciences appliquées de l'Université de Bordeaux I.

**MOSSE R-A.,** 1984. *Etude cartographique et quantitative des peuplements à Pomatogeton pectinatus dans l'Etang de Berre*. Rapport IFREMER / Lab. Biol. Ecol. Benthos, Fac. Sci. Luminy, 31 p.

**NÉRINI D.,** 2000. *Analyse statistique de processus physiques et chimiques en océanologie côtière à l'aide d'une méthode de régression et de classification par arbre décisionnel. Application à l'étude d'un milieu fortement perturbé : l'étang de Berre*. Thèse de l'Université de la Méditerranée, 98pp.

**PROVANSAL M.,** 1993, *Les sédiments holocènes de l'Etang de Berre, témoins de la morphogénèse récente des paysages*. In LEVEAU Ph. et PROVANSAL M. (dir), *Archéologie et Environnement : de la Sainte-Victoire aux Alpilles*, publ. Univ. De Provence, pp :417-424.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	133/138

**PROVANSAL M.**, 1995, *Holocene sedimentary sequences in the Arc River delta and the Etang de Berre in Provence (southern France)*, in LEWIN J., MACKLIN M.J. and WOODWARD J.C., (eds) *Mediterranean Quaternary Rivers Environments*, pp :159-165.

**PROVANSAL M., MORHANGE C.**, 1996, *Seuils climatiques et réponses morphogéniques en basse Provence depuis 5000 ans*, *Quaternaire*, 5, 3-4, pp :113-118.

**RICO-RAIMONDINO V., FRANCOUR P.**, 1995. *Cartographie des peuplements de macrophytes benthiques (algues et phanérogames) dans les étangs de Berre et de Vaïne (Bouches-du-Rhône)*. Contrat GIS Posidonies / Mission pour la Reconquête de l'Etang de Berre / Service Maritime 13, GIS Posidonie Publ., : 69 p.

**ROMANA L.A.** (coord.), 1985. *Etude Régionale Intégrée. Etang de Berre. Bilan des connaissances écologiques*. IFREMER.

**ROMANA L.A.** (coord.), 1985. *Etude Régionale Intégrée. Etang de Berre. Etat de la pollution*. IFREMER.

**ROUX R.M.** 1983. *Les apports liquides et solides du canal EDF de Saint Chamas dans l'étang de Berre*. Centre d'Océanologie de Marseille. Contrat N° 82/6990

**ROUX, M. R.**, 1991. *Les sédiments holocènes de l'Etang de Berre, témoins de la pression anthropique holocène ?*. Méditerranée, 1991. 4. pp. 3-14.

**SAMIER R., GALLAND J.C.** 1998. *Etang de Berre. Modélisation numérique tridimensionnelle des champs de courants et de salinité*. Direction des Etudes et Recherches.

**SEMROUD S., PERGENT G., BERTRANDY M-C.**, 1990. *Cartographie des peuplements de macrophytes benthiques (algues et phanérogames) dans les étangs de Berre et de Vaïne (Bouches-du-Rhône) : Cartographie des phanérogames*. Contrat Agence de l'Eau / GIS Posidonie / Service Maritime 13 : 52 p.

**SOURNIA A., BELIN C., BERLAND B., ERARD-LE DENN E., GENTIAN P. GRZEBYK D., MARCAILLOU-LE BAUT, P. LASSUS et F. PARTENSKY.** 1991. *Le phytoplancton nuisible des côtes de France, de la biologie à la prévention*. Rapport Ifremer et CNRS.

**SPPPI, ECOPOL**, 1979. *Etude écologique de l'étang de Bolmon*. 2 fascicules.

**STORA G.**, 1982. *Recherche de Bionomie descriptive et expérimentale (in vivo et in vitro) dans quelques biotopes littoraux soumis à des variations naturelles ou artificielles des conditions du milieu (notamment dans l'étang de Berre et le golfe de Fos)*. Thèse Doc. ès Sciences, Université d'Aix Marseille II, 227 pp. + annexes 203 pp.

**STORA G., ARNOUX A.**, 1988. *Effects on Mediterranean lagoon macrobenthos of a river diversion: assessment and analytical review*. In *Natural and Man-Made Hazards*, (El-Sabh and Murphy, eds). Reidel Publishing Company XXX, pp: 525-546.

**STORA G., ARNOUX A., GALAS G.**, 1995. *Time and spatial dynamics of a Mediterranean lagoon macrobenthos during and exceptionally prolonged interruption of freshwater inputs*. *Hydrobiologia*, 300/301, pp : 123-132.

**STORA G., GALLAS M.**, 1990. *Etang de Berre : suivi exceptionnel du milieu. Les peuplements macrobenthiques (juin-décembre 1990)*. COM, Station Marine d'Endoume : 9 p. + figures

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	134/138

**STORA G., GARCIA F., GILBERT F., NERINI D., RE C., 2001.** *Dynamique des peuplements macrobenthiques de la partie centrale et de la bordure côtière de l'Etang de Berre, octobre 2000 – mars 2001.* MPREB : 13 p.

**STORA G., GARCIA F., GILBERT F., NERINI D., RE C., 1999.** *Dynamique des peuplements macrobenthiques de la partie centrale et de la bordure côtière de l'Etang de Berre, janvier 98 – décembre 98.* MPREB : 13 p.

**STORA G., GARCIA F., GILBERT F., NERINI D., RE C., 1998.** *Dynamique des peuplements macrobenthiques de la partie centrale et de la bordure côtière de l'Etang de Berre, janvier 97 – décembre 97.* MPREB : 16 p.

**STORA G., GARCIA F., GILBERT F., NERINI D., RE C., 1997.** *Dynamique des peuplements macrobenthiques de la partie centrale et de la bordure côtière de l'Etang de Berre, mai 84 – décembre 96.* MPREB : 24 p.

**VOISIN P., 2002.** *Facteurs de contrôle des populations phytoplanctoniques dans l'Etang de Berre de 1994 à 1998.* Rapport de stage de Maîtrise Sciences de l'Environnement. GIPREB, COM. 26 p.

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	135/138

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

### CARTES

Carte 1 : Localisation de l'étang de Berre .....	3
Carte 2 : L'étang de Berre et localisation des stations du suivi hydrologique (en violet) .....	5
Carte 3: Principaux rejets liés aux systèmes d'assainissement.....	14
Carte 4 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1907.....	45
Carte 5 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1964.....	49
Carte 6 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1983.....	52
Carte 7 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1998.....	63
Carte 8 : Les peuplements benthiques de l'étang de Berre en 1990.....	70
Carte 9: Principales sources de pollution sur le bassin versant de l'étang de Berre .....	84
Carte 10. Activités et usages du littoral.....	85
Carte 11. Activités de loisirs.....	86

### FIGURES

Figure 1 : Apports solides et liquides par la centrale EDF de 1966 à 2001. ....	17
Figure 2. Débits annuels moyens du canal EDF et des 3 cours d'eau (1998-2002) .....	18
Figure 3. Débits mensuels moyens du canal EDF et des 3 cours d'eau (1998-2002) .....	18
Figure 4 : Evolution des apports EDF et de la salinité moyenne en surface depuis 1993-1994. .....	19
Figure 5 : Zonation de la couche de mélange de l'étang de Berre a) sans turbinage b) 3 mois après la reprise c) Zonation de la couche profonde.....	20
Figure 6. Flux d'azote Kjeldahl mensuels moyens de 1998 à 2002 .....	24
Figure 7. Flux de nitrates mensuels moyens de 1998 à 2002 .....	24
Figure 8. Flux de phosphates mensuels moyens de 1998 à 2002 .....	25
Figure 9. Flux de phosphore total mensuels moyens de 1998 à 2002.....	25
Figure 10. Evolution des volumes turbinés et des concentrations en nitrate dans le canal EDF et dans l'étang. ....	27

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	136/138

Figure 11. Concentrations mensuelles moyennes en MES de 1998 à 2002 des cours d'eau et du canal.....	31
Figure 12. Flux moyens mensuels de MES de 1998 à 2002 par les cours d'eau et le canal .....	32
Figure 13. Flux moyens annuels de MES de 1998 à 2002.....	32
Figure 14. Concentrations en coliformes thermotolérants de 1998 à 2002 .....	35
Figure 15. Concentrations en streptocoques fécaux de 1998 à 2002.....	35
Figure 16 : Effets sur les sédiments et la masse d'eau .....	124
Figure 17 : Effets sur le compartiment biologique.....	125

TABLEAUX

<i>Tableau 1 : Quelques dates importantes dans l'évolution de la qualité des eaux et des sédiments de l'étang de Berre en liaison avec les rejets de saint-Chamas.....</i>	6
Tableau 2. Liste des apports à l'étang de Berre.....	8
Tableau 3 : Qualité des eaux de l'Arc à Berre l'Etang (source :Agence de l'eau).....	9
Tableau 4 : Qualité des eaux de la Cadière à Marignane (source :Agence de l'eau) .....	10
Tableau 5 : Qualité des eaux de la Touloubre au pont Flavien (source :Agence de l'eau) .....	11
Tableau 6. Surface des bassins versants et débits des cours d'eau.....	12
Tableau 7. Points de mesures SEQ sur les cours d'eau .....	12
Tableau 8. Caractéristiques des stations d'épuration du pourtour de l'étang.....	15
Tableau 9. Moyennes annuelles des flux rejetés par les stations d'épuration du pourtour de l'étang en 1999 et 2000 (Source : Services maritimes 13).....	21
Tableau 10. Concentrations mensuelles des cours d'eau en facteurs altéragènes de 1998 à 2002.....	22
Tableau 11. Flux annuels de nitrates et contribution du canal .....	23
Tableau 12. Flux annuels de phosphore total et contribution du canal.....	25
Tableau 13. Flux déversés dans l'étang en 1999.....	28
Tableau 14. Flux annuels de facteurs altéragènes apportés par les cours d'eau et le canal EDF .....	29

Date	Nature de l'émission	Rédaction	Contrôle interne	Référence	Page
Octobre 2003	Rapport de phase	VS/KE/MC	LB	M901	137/138

Tableau 15. Flux mensuels des cours d'eau en facteurs altéragènes de 1998 à 2002 .....	30
Tableau 16. Flux annuels de MES et contribution du canal .....	32
Tableau 17 : Apports annuels dans l'étang de Berre en Hg, Cd, Pb et PCB par les principaux cours d'eau et le canal EDF. (Dosage sur l'eau brute ; Mesures de août 1983 à juillet 1984).....	33
Tableau 18. Rejets industriels directs.....	34
Tableau 19. Flux de Coliformes Thermotolérants et Streptocoques Fécaux (Nb/s).....	35
Tableau 20 : Participation des rejets du canal EDF aux principaux apports.....	36
Tableau 21 : La flotille de pêche sur l'étang de Berre .....	74
Tableau 22 : Les plages de l'Etang de Berre (Source Service Maritime) .....	79
Tableau 23 : Descriptif des ports de la zone d'étude .....	80
Tableau 24 : Répartition des salariés au 01/01/1996 dans la zone d'emploi de l'Etang de Berre selon les secteurs d'activité (INSEE).....	82
Tableau 25 : Les plus grands établissements au 01/01/97 .....	82
Tableau 26 : L'activité agricole sur le bassin versant de l'étang de Berre .....	83
Tableau 27 : Niveaux de référence pour l'évaluation de la contamination des sédiments....	107
Tableau 28 : Altérants chimiques dans la chair des poissons.....	110
Tableau 29 : Concentrations limites autorisées (mg/kg de poids sec) .....	110
Tableau 30 : Qualité du littoral de l'étang de Berre entre 2000 et 2001 (DDASS).....	112

<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	138/138