

Suivi de la qualité de l'eau dans la Réserve Naturelle de l'Etang de Biguglia



MedWet/Régions
L'initiative pour les zones humides méditerranéennes

Collectivité Territoriale
de Corse



OFFICE DE
L'ENVIRONNEMENT
DE LA CORSE



Suivi de la qualité de l'eau dans la Réserve Naturelle de l'Etang de Biguglia



Réserve Naturelle
ETANG DE BIGUGLIA

Lettre de commande du 4 mai 2004

Photographie : vue du fortin de l'étang de Biguglia

Fiche documentaire

Type de rapport : Rapport scientifique final	
Numéro d'identification du rapport : R.INT.DEL/PAC 04-06	date de publication : Septembre 2004 langue du rapport : Français nbre pages : 51+ Annexes bibliographie oui illustration(s) oui
Titre et sous-titre du rapport : Suivi de la qualité de l'eau dans la Réserve Naturelle de l'Etang de Biguglia Rapport final	
Auteurs principaux : Valérie ORSONI Yoann BALDI	Ifremer, Laboratoire Environnement Ressources - Provence Azur Corse
Collaborateurs : Louis Costantini Catherine Paoli Samuel Petragallo Emmanuelle Roque Isabelle Vescovali	Ifremer, Laboratoire Environnement Ressources - Provence Azur Corse Réserve Naturelle de l'Etang de Biguglia
Organisme commanditaire : Office de l'Environnement de la Corse (OEC)	
Résumé : <p>Cette étude a pour objectif de réaliser le suivi de la qualité de l'eau dans la Réserve Naturelle de l'Etang de Biguglia. Le projet mené par l'OEC, en collaboration avec la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia, s'inscrit dans un programme Interreg III B intitulé « Programme d'action sur les zones humides des régions méditerranéennes – MedWet/ Régions.</p> <p>Le suivi a été réalisé à la fois dans le compartiment sédimentaire et dans la colonne d'eau, pour 11 stations réparties au niveau du réseau de drainage et dans la lagune.</p> <p>Les paramètres mesurés dans chacun des compartiments sont ceux mentionnés dans le cahier des charges. Ils concernent à la fois l'enrichissement organique et les micropolluants toxiques.</p> <p>Les résultats montrent que l'étang de Biguglia reçoit des apports en micropolluants métalliques et en contaminants organiques en provenance du bassin versant et qu'ils influent sur la qualité actuelle du milieu.</p> <p>Plus particulièrement on constate que les teneurs en micro polluants métalliques les plus élevées concernent le nickel et le chrome et qu'elles concernent l'ensemble des stations échantillonnées.</p> <p>De plus on note un gradient de contamination croissant du nord au sud pour l'ensemble des micropolluants hormis le nickel et le chrome. Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans les stations situées dans le canal du Fossone qui permet la liaison entre le Golo et la lagune.</p> <p>Le suivi de la colonne d'eau révèle aussi de fortes teneurs en Ni et Cu et des apports importants en nitrites (NO₂⁻) et nitrates (NO₃⁻).</p> <p>Dans cette étude, l'interprétation de la qualité du milieu s'est avérée délicate en raison de l'absence de seuils de référence réglementaires pour les teneurs en micropolluants métalliques dans les lagunes. De plus, la nature géologique des sols de la Haute-Corse pourrait avoir une influence sur la présence de micropolluants dans l'eau.</p>	
Mots-clés : lagune, Biguglia, enrichissement organique, micropolluant	

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	1
2. SITE D'ETUDE : L'ETANG DE BIGUGLIA.....	3
2.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'ETANG	4
2.2. OCCUPATION DU BASSIN VERSANT ET TYPE D'ACTIVITE	5
3. ECHANTILLONNAGE	7
3.1. LOCALISATION DES POINTS DE PRELEVEMENTS	8
3.2. LE SEDIMENT : METHODE DE PRELEVEMENT, DEVENIR DE L'ECHANTILLON ET PARAMETRES ANALYSES	11
3.2.1. <i>Méthode de prélèvement</i>	11
3.2.2. <i>Devenir de l'échantillon de sédiment</i>	12
3.2.3. <i>Paramètres mesurés et méthodes d'analyse</i>	12
3.3. L'EAU : METHODE DE PRELEVEMENT, DEVENIR DE L'ECHANTILLON ET PARAMETRES ANALYSES	14
3.3.1. <i>méthode de prélèvement</i>	14
3.3.2. <i>Devenir de l'échantillon d'eau</i>	14
3.3.3. <i>Paramètres mesurés et méthodes d'analyse</i>	15
4. PRESENTATION DES VARIABLES ETUDIEES.....	16
4.1. MICROPOLLUANTS METALLIQUES	17
4.2. CONTAMINANTS ORGANIQUES	18
5. EXPLOITATION DES DONNEES	22
5.1. EXPLOITATION DES DONNEES CONCERNANT LE COMPARTIMENT SEDIMENTAIRE	22
5.1.1. <i>Micropolluants métalliques</i>	22
5.1.1.1. Présentation des résultats et comparaison avec les niveaux de référence.....	23
5.1.1.2. Utilisation des classes de qualité.....	27
5.1.1.3. Evolution de la qualité des sédiments de l'étang depuis 2000.....	29
5.1.2. <i>Enrichissement trophique</i>	30
5.1.2.1. Présentation des résultats et évolution de la qualité des sédiments	30
5.1.3. <i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques</i>	32
5.1.4. <i>Pesticides organochlorés</i>	32
5.2. EXPLOITATION DES DONNEES CONCERNANT LA COLONNE D'EAU	32
5.2.1. <i>Micro polluants métalliques dans l'eau</i>	32
5.2.1.1. Présentation des résultats et comparaison avec les niveaux de référence.....	32
5.2.1.2. Evolution de la qualité de l'eau de l'étang depuis 2000	36
5.2.2. <i>Enrichissement trophique</i>	36
5.2.2.1. Présentation des résultats et comparaison avec les niveaux de référence.....	36
5.2.2.1.1 Stations situées en périphérie de la lagune.....	36
5.2.2.1.2 Stations Lagunaires	37
5.2.2.2. Evolution des teneurs en nutriment dans l'eau	40
5.2.3. <i>Température</i>	41
5.2.4. <i>Salinité</i>	42

6. CONCLUSION.....	43
7. RECOMMANDATIONS	46
8. LISTE DES TABLEAUX.....	50
9. LISTE DES FIGURES	52
10. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	54
11. ANNEXES	57



1. Introduction

Ce document constitue le rapport final (version provisoire pour approbation) de l'étude du suivi de la qualité de l'eau et des sédiments de la Réserve Naturelle de l'Étang de Biguglia.

Ce projet mené par l'OEC, en collaboration avec la Réserve Naturelle de l'étang de Biguglia, s'inscrit dans un programme Interreg III B intitulé « Programme d'action sur les zones humides des régions méditerranéennes – MedWet/ Régions ».

L'étang de Biguglia, situé au nord - est de la Corse, est inclus dans la réserve naturelle de l'étang de Biguglia, propriété du département de la Haute-Corse. Au titre de réserve naturelle, le milieu fait l'objet d'un suivi de la qualité des eaux, inscrit dans le plan de gestion, dont les résultats 2004 sont présentés dans ce rapport.

L'étang de Biguglia a une superficie de 1450 ha et une profondeur de 1 m. Il est le réceptacle d'un bassin versant urbanisé qui s'étend sur les communes de Furiani, Biguglia, Borgo et Lucciana. Ce milieu confiné reçoit des apports en éléments minéraux et en contaminants chimiques d'origine anthropique, en provenance du bassin versant, via les cours d'eau ou les eaux de ruissellement qui aboutissent dans les canaux de drainage qui bordent l'étang.

Dans cette étude, ces apports ont été mesurés en 11 stations réparties sur le pourtour de l'étang et dans la lagune. Les analyses ont été réalisées à la fois dans le sédiment et dans la colonne d'eau. Le compartiment sédimentaire a fait l'objet d'une campagne d'échantillonnage réalisée en automne 2004. La colonne d'eau a été échantillonnée à trois reprises, au printemps en été et en automne.



2. Site d'étude : l'étang de Biguglia



Ce chapitre présente le site d'étude, sa localisation géographique, ses caractéristiques générales, ainsi que les pressions exercées sur le bassin versant et sur le plan d'eau.

2.1. Caractéristiques générales de l'étang

L'étang de Biguglia (Figure 2) est situé à 4 km au sud de Bastia, au cœur de la Réserve Naturelle, créée en 1994. Avec une superficie de 1450 ha, il est le plus grand étang de Corse. D'**origine lagunaire**, cet étang **peu profond** est allongé parallèlement à la mer et est séparé de cette dernière par un lido. Il communique avec la mer par un « grau », régulièrement entretenu, situé à l'extrémité nord. En raison d'échanges avec la mer relativement limités, et surtout très localisés, la lagune de Biguglia est un **écosystème confiné**, principalement dans sa partie sud. Les apports du bassin versant y sont retenus et leur dilution en mer est réduite. On constate un gradient de salinité décroissant du nord au sud, d'une amplitude d'environ 5 à 10 unités. Les salinités varient de plus de 35 pour mille au nord près du grau à moins de 12 pour mille dans la partie sud la plus confinée (Orsoni *et al.*, 2001). L'étang de Biguglia est le réceptacle d'un **bassin versant de 182 km²** dont le point culminant se situe à 1500 m. Celui-ci est occupé par une zone urbaine dense et des parcelles agricoles constituées principalement de cultures maraîchères et d'élevages bovins.

Les apports d'eaux douces se font :

- ↳ par des ruisseaux ou petits fleuves : Pancrazio, Pietre Turchine, Rasignani, Mormorana et Bevinco (Figure 3), dont seul le dernier affiche un caractère permanent,
- ↳ par l'ensemble des canaux qui sillonnent la plaine de la Marana avant d'aboutir aux 5 stations de pompage (le Fort, Petriccia, Quercile, Fornoli, Ghjunchetta) qui rejettent l'eau des canaux dans l'étang,
- ↳ à l'extrême sud par le canal du Fossone qui, permet des échanges de masses d'eaux avec le Golo,
- ↳ le ruissellement des collines.



2.2. Occupation du bassin versant et type d'activité

L'étang de Biguglia est principalement exploité par la pêche dont l'importance en terme économique est non négligeable. La production annuelle est estimée à 180 t de poissons (muges, anguilles et lousps et atérines dans une moindre mesure). La conchyliculture et la pisciculture n'y sont pas pratiquées.

La chasse, quant à elle, est autorisée sur une partie de la rive ouest de l'étang mais n'est pratiquée que par un petit nombre de personnes.

D'autres activités socio-économiques s'exercent à la fois sur le cordon lagunaire et sur le bassin versant de l'étang. L'usage principal du bassin versant est l'urbanisation. Selon l'INSEE, les communes de Biguglia, Furiani, Borgo et Lucciana, qui bordent l'étang, voient leur nombre d'habitants augmenter chaque année. L'extension urbaine est en partie liée au développement des activités anthropiques, principalement à caractère industriel et commercial. A cela s'ajoute une population estivale croissante liée au tourisme. Celle-ci se concentre principalement sur le cordon lagunaire. Enfin, les activités agricoles concernent le maraîchage, le pâturage (200 bovins sur la rive ouest, ovins et équidés de façon marginale) et les vergers.



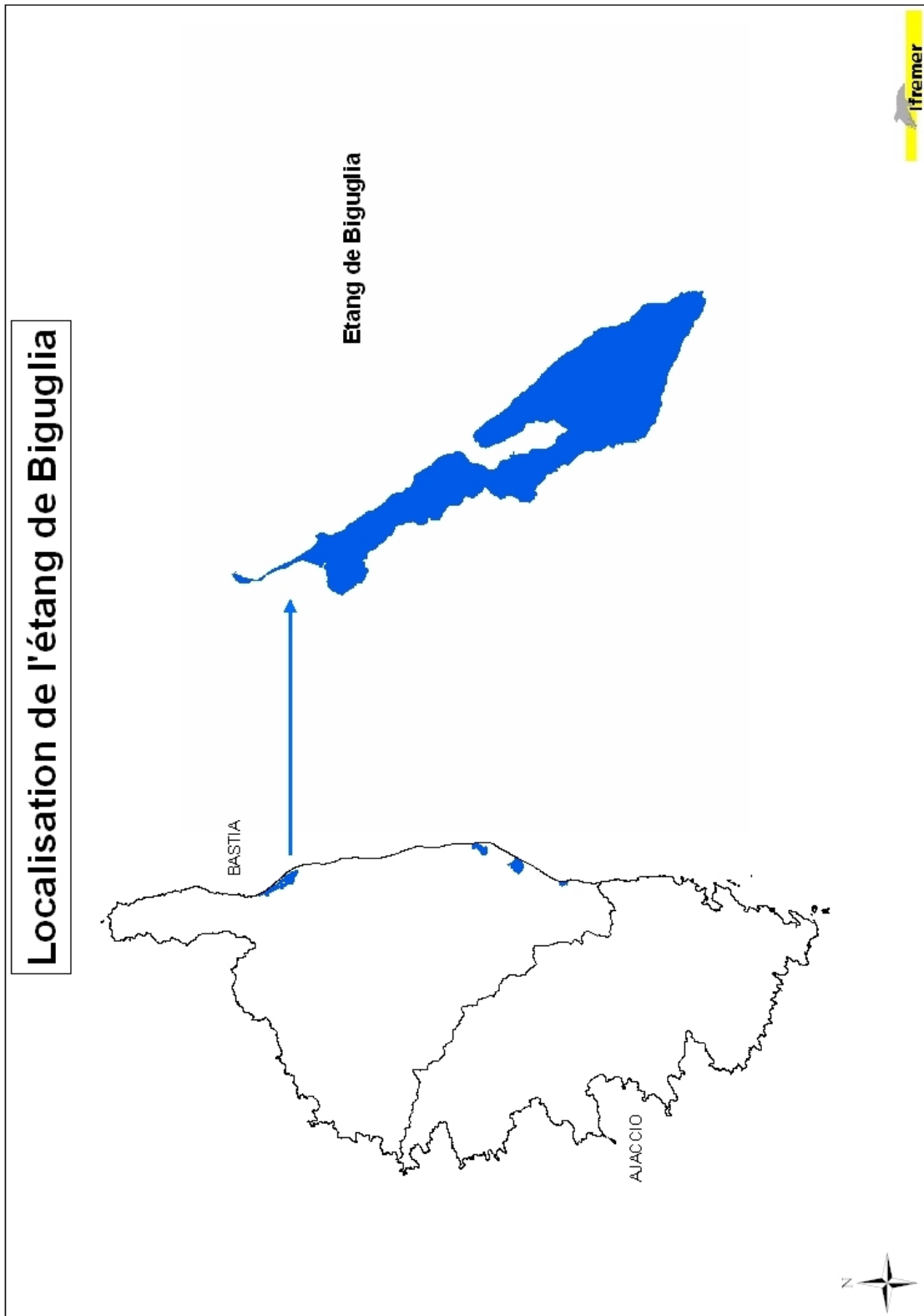


Figure 1: Localisation de l'étang de Biguglia



3. Echantillonnage



Ce chapitre présente d'une part la localisation des points de prélèvement, et d'autre part, les méthodes de prélèvements des compartiments étudiés.

3.1. Localisation des points de prélèvements

Les points de prélèvements sont au nombre de 11 (Figure 2) :

- ✓ 5 sont situés au niveau des stations de pompage (P1, P2, P3, P4, P5) qui bordent l'étang (Figures 5, 6 et 7), P5 étant en amont du canal du Fossone,
- ✓ 3 se situent dans l'étang (E2, E4, E6),
- ✓ 2 sont positionnés à la sortie de cours d'eau, l'un permanent, le Bevinco (E3) (ruisseau qui constitue l'arrivée d'eau douce principale), l'autre temporaire, le san Pancraziu (E1, figure 4),
- ✓ 1 est situé dans le canal du Fossone (E5) situé au sud de l'étang et qui constitue une communication avec le Golo, fleuve le plus important de Haute – Corse.

Pour l'ensemble de ces stations, les prélèvements ont été réalisés à la fois dans le sédiment et dans la colonne d'eau, à raison de 3 campagnes pour la colonne d'eau et 1 pour le sédiment. Les relevés des positions géographiques des stations ont été effectués à l'aide d'un GPS.

Les coordonnées des 11 stations échantillonnées sont présentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Localisation et coordonnées GPS des stations de prélèvements

N° des stations	Localisation	Coordonnées GPS	
		Longitude	Latitude
E1	Etang	42°39.358 N	9°26.870 E
E2	Etang	42°36.599 N	9°28.129 E
E3	Rivière Bevinco	42°37.907 N	9°27.090 E
E4	Etang	42°34.591 N	9°29.153 E
E5	Canal du Fossone	42°33.766 N	9°30.873 E
E6	Etang	42°36.074 N	9°29.063 E
P1	Station de pompage	42°38.512 N	9°26.926E
P2	Station de pompage	42°36.797 N	9°27.878 E
P3	Station de pompage	42°35°382 N	9°28.306E
P4	Station de pompage	42°36.797 N	9°27.878 E
P5	Station de pompage	42°33.673 N	9°30.857 E



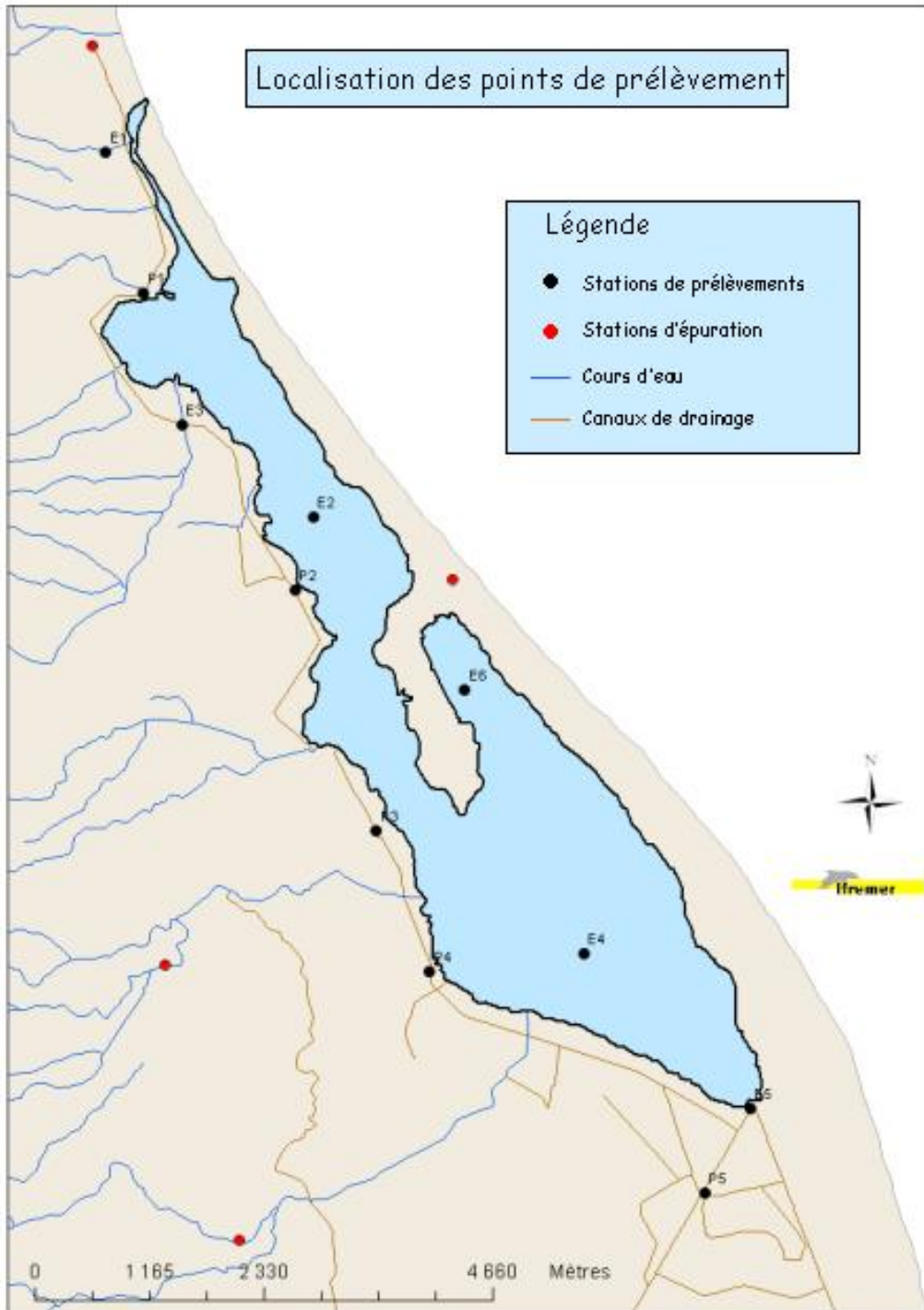


Figure 2 : Localisation des points de prélèvements





Figure 3 : Vues de la station de prélèvement E1



Figure 4 : Vues de la station de prélèvement P1 à gauche et de la station de pompage, à droite



Figure 5 : Vues de la station de prélèvement P3 à gauche et de la station de pompage, à droite





Figure 6 : vue de la station de prélèvement P3

3.2. Le sédiment : méthode de prélèvement, devenir de l'échantillon et paramètres analysés

3.2.1. Méthode de prélèvement

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés, du bord ou depuis l'embarcation, à l'aide d'une « Benne Eckman » (Figure 7) de 15 cm de côté. Cela permet de prélever les sédiments superficiels tout en conservant leur stratification. Cette distinction est indispensable pour évaluer la qualité chimique du sédiment dans la couche superficielle, c'est-à-dire dans les premiers centimètres du sédiment. Celui-ci peut intégrer plusieurs années de contamination en fonction des vitesses de sédimentation, des remises en suspension, de la bioturbation, etc...



Figure 7 : Benne Eckman

3.2.2. Devenir de l'échantillon de sédiment

Deux prélèvements de sédiments sont réalisés par point. L'un est destiné à l'analyse de l'azote, du phosphore et des métaux, l'autre est destiné à l'analyse des micropolluants organiques. Chaque fois, la partie du sédiment qui est prélevée sur place concerne les trois premiers centimètres (Figure 8). En fonction des paramètres que l'on souhaite analyser, il est important de suivre les techniques de prélèvements appropriées afin de garantir les meilleurs résultats.

Pour les métaux, l'azote et le phosphore, on prélève le centimètre superficiel à l'aide d'une spatule en plastique (polyéthylène) puis on dépose l'échantillon dans un pilulier en polyéthylène ultra propre ayant subi un pré-traitement (lavage acide, rinçage à l'eau ultra pure). L'échantillon est ensuite placé dans une glacière puis expédié le jour même au laboratoire.

Pour l'analyse des micropolluants organiques, le centimètre superficiel est prélevé à l'aide d'une spatule en inox (Figure 8) préalablement passée à 450 °C pendant 8 heures et rangée dans une feuille d'aluminium ayant subi le même traitement. Le prélèvement est mis dans un bocal en verre pyrolysé contenant un papier aluminium pyrolysé entre le couvercle et le bocal, puis placé dans une glacière et expédié le jour même au laboratoire.

3.2.3. Paramètres mesurés et méthodes d'analyse

Les analyses de sédiment ont été réalisées par le laboratoire de Rouen. Les paramètres mesurés ainsi que les méthodes de mesure et les seuils de quantification sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : paramètres mesurés dans le sédiment et méthodes d'analyses

Paramètres	Méthodes	Seuils de quantification
Matières sèches	NF ISO 11465	0.01%
Azote	NF ISO 11261	0.05%
Phosphore	NF EN 1189	0.01%
Mercure	NF EN 13506	0.01 mg/Kg
Cadmium	NF EN ISO 5961	0.05 mg/Kg
Plomb	FDT 90-112 ou FDT 90-119	0.1 mg/Kg
Cuivre	NF EN ISO 11885	0.1 mg/Kg
Zinc	NF EN ISO 11885	0.5 mg/Kg
Chrome total	NF EN ISO 11885	0.1 mg/Kg
Nickel	NF EN ISO 11885	0.1 mg/Kg
DDT et produits dégradés	D'après XP X 33 012	1 µg/Kg sec selon le composé
Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques	XP X 33 012	1 à 10 µg/Kg sec selon le composé



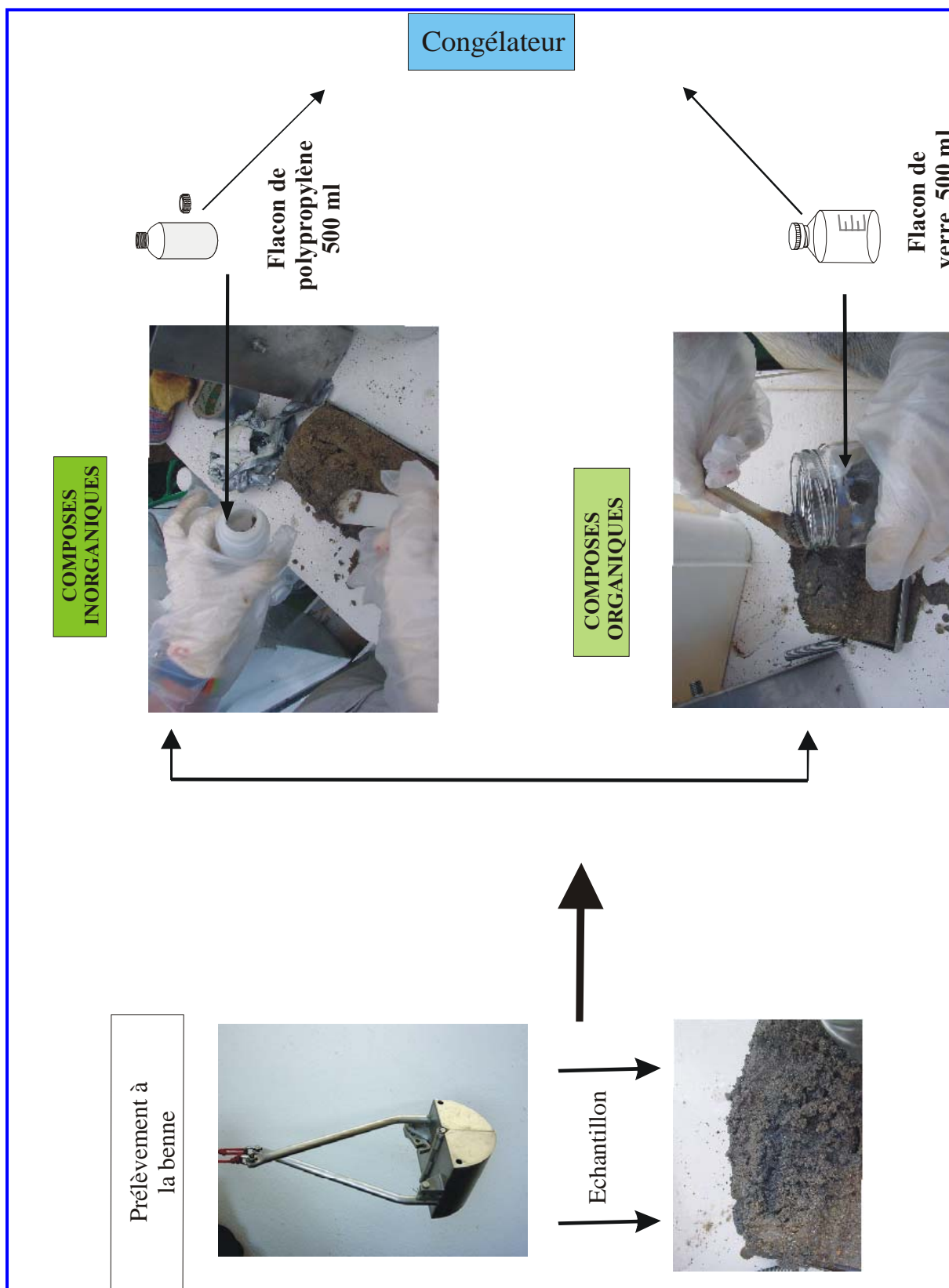


Figure 8: Devenir de l'échantillon de sédiment



3.3. L'eau : méthode de prélèvement, devenir de l'échantillon et paramètres analysés

3.3.1. méthode de prélèvement

Les prélèvements d'eau ont été réalisés en subsurface, du bord ou depuis l'embarcation, à l'aide de flacons en plastique, verre, polyéthylène ou téflon en fonction du paramètre à analyser.

3.3.2. Devenir de l'échantillon d'eau

L'échantillon est prélevé dans la colonne d'eau, en subsurface, directement avec le flacon approprié. Le type de flacon utilisé est fonction des paramètres que l'on souhaite analyser. Pour un même point, différents prélèvements sont donc nécessaires. En l'occurrence, 8 prélèvements d'eau ont été réalisés à chaque station. Pour tous, des précautions sont à prendre au moment de l'échantillonnage afin de ne pas contaminer le prélèvement et de garantir les meilleurs résultats.

Pour les métaux (sauf mercure), les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un flacon de 250 ml en téflon, préalablement stabilisé au laboratoire à l'acide nitrique SUPRAPUR. Pour le mercure, le flacon de 40 ml en téflon est préalablement stabilisé au laboratoire avec une solution de bromisation.

Pour l'analyse des nitrites, nitrates et orthophosphates, l'eau est prélevée à l'aide d'un flacon de 125 ml en plastique.

Pour l'azote ammoniacal, le prélèvement est effectué dans un flacon en plastique de 200 ml.

L'analyse du carbone organique total et la chlorophylle a et phaeopigments nécessitent chacun un prélèvement de 1l dans un flacon en polyéthylène.

Ces échantillons doivent être conditionnés à l'abri de la lumière.

L'azote et le phosphore sont analysés à partir d'un échantillon d'eau prélevé dans un flacon de polyéthylène de 500 ml, préalablement acidifié à $\text{pH} < 2$ avec H_2SO_4 .

125 ml d'eau prélevés dans un flacon en polyéthylène sont nécessaires à l'analyse des agents de surface anioniques.

Les échantillons sont immédiatement placés dans une glacière puis expédiés le jour même au laboratoire.



3.3.3. Paramètres mesurés et méthodes d'analyse

Les analyses de la colonne d'eau ont été réalisées par le laboratoire de Rouen. Les paramètres mesurés ainsi que les méthodes de mesure et les seuils de quantification sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3 : Paramètres mesurés dans l'eau et méthodes d'analyses

Paramètres	Méthodes	Seuils de quantification
Nitrates	NF EN ISO 13395 modifiée RNO-CNEXO	0.08 $\mu\text{mol / l}$
Nitrites	NF EN ISO 13395 modifiée RNO-CNEXO	0.04 $\mu\text{mol / l}$
Azote ammoniacal	NF T 90-015-2 modifiée RNO-CNEXO Colorimétrie KOROLEFF	0.5 $\mu\text{mol / l}$
Azote Kjeldahl	NF EN 25663	0.2 mg / l
Phosphore total	NF EN 1189	0.02 mg / l
Orthophosphates	ISO/DIS 15681-2 modifiée RNO-CNEXO	0.11 $\mu\text{mol / l}$
COD	NF EN 1484	0.5 mg / l
Chlorophylle phaeopigments	a- NF T 90-117	1.5 mg / m ³
Mercure	NF EN 13506	5 ng/l
Cadmium	NF EN ISO 5961	0.01 $\mu\text{g/l}$
Chrome total	NF EN ISO 11885	0.1 $\mu\text{g/l}$
Cuivre	FDT 90-119	0.05 $\mu\text{g/l}$
Plomb	FDT 90-119	0.1 $\mu\text{g/l}$
Zinc	FDT 90-112 ou NF EN ISO 11885	0.5 $\mu\text{g/l}$
Nickel	FDT 90-119	0.1 $\mu\text{g/l}$
Agents anioniques	Flux continu	



4. Présentation des variables étudiées



Parmi les variables étudiées, on distingue les micropolluants métalliques et les contaminants organiques.

4.1. Micropolluants métalliques

Mercur

Le mercure (Hg) est un élément métallique toxique qui présente un risque majeur pour l'écosystème marin. La fabrication et l'usage de catalyseurs, de fongicides, de pigments et composés mercuriels, les piles au mercure, la fabrication de chlore par électrolyse sur cathode de mercure, le traitement des minerais non ferreux, l'incinération de déchets et la combustion du charbon, représentent les principales sources anthropiques (Cossa *et al.*, 1990). Le mercure est très réactif vis-à-vis des particules en suspension et les sédiments constituent un réservoir important de contamination mercurielle.

Cadmium

Le cadmium (Cd) est utilisé pour la fabrication des batteries Ni-Cd et des alliages non-ferreux, le traitement de surface des aciers et la stabilisation des matières plastiques. Par ailleurs, étant associé à l'état de traces dans les minerais, les activités métallurgiques sont des sources d'émissions atmosphériques importantes.

Plomb

Le plomb (Pb) est un métal utilisé industriellement depuis l'Antiquité et sa production s'est régulièrement accrue jusqu'au début du XX^{ème} siècle.

L'utilisation de plomb-tétraéthyle comme additif antidétonant dans les carburants a eu pour conséquence un accroissement brutal de la consommation en plomb à partir de 1945. Il en résulte que l'atmosphère représente la principale voie de transfert du plomb d'origine anthropique. Il présente une forte affinité pour la matière particulaire et généralement la contamination décroît de la surface vers les horizons profonds, traduisant ainsi les effets de l'ère industrielle.

Cuivre

Le cuivre (Cu) est un oligo-élément nécessaire à la vie mais qui peut présenter des effets toxiques à partir d'un certain seuil de concentration. Il est extrait d'une très grande variété de minerais. Les principaux secteurs d'utilisation sont : l'industrie électrique, le bâtiment, le traitement des bois et dans les produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides). L'utilisation d'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures marines et du sulfate de cuivre dans les traitements viticoles, constituent des sources importantes d'apport de cuivre dans les milieux aquatiques où il se trouve sous forme particulaire, colloïdale et dissoute.



Zinc

Le zinc (Zn) est un oligo-élément. Les apports anthropiques sont essentiellement imputables à la métallurgie et à la combustion des bois et des charbons (Chiffolleau *et al.*, 2001). Les principaux secteurs d'utilisation étant la couverture du bâtiment et la chimie (piles électriques), notamment celle du caoutchouc.

Nickel

Le Nickel (Ni) est souvent associé au fer, cuivre, chrome et cobalt dans les minerais de zinc. Il est utilisé dans les aciers inoxydables, les alliages, les aciers et les traitements des surfaces. L'atmosphère reçoit aussi une part importante due essentiellement à la combustion du pétrole et du charbon (Chiffolleau *et al.*, 2001).

Chrome

Le chrome (Cr) est essentiellement extrait de la chromite. Il n'y a pas de production française de chrome mais une importation annuelle de 300 000 tonnes. Les principaux secteurs d'utilisation sont la sidérurgie et la métallurgie. L'apport de chrome dans les eaux côtières est essentiellement dû aux effluents industriels aux eaux de blanchissage et aux rejets de teinturerie (Cazin *et al.*, 1995).

Nous pouvons toutefois préciser que certains micropolluants métalliques comme le Cuivre, le Nickel et le Chrome peuvent être naturellement présent dans la roche et par conséquent les sédiments peuvent présenter des teneurs naturellement élevées.

4.2. Contaminants organiques

Azote total dans les sédiments (NTS)

Dans les sédiments, l'azote se présente essentiellement sous forme organique particulaire et, dans une bien moindre mesure, sous formes organiques et inorganiques dissoutes dans les eaux interstitielles. En toute logique, ses teneurs sont fortement liées au pourcentage de matière organique. La distribution de l'azote total dans les sédiments est donc le plus souvent très similaire à celle décrite pour la matière organique.

Phosphore total dans les sédiments (PTS)

Le phosphore, élément essentiel pour la vie, constitue comme l'azote un composant de la matière organique. On va donc le retrouver en quantités importantes dans les sédiments riches en matière organique. Mais les phosphates ont tendance à s'associer avec les particules minérales sédimentaires. On peut citer notamment l'adsorption des orthophosphates sur les hydroxo-complexes ferriques et les argiles. Les relations entre phosphates et particules sédimentaires sont complexes. On retiendra simplement que ces phosphates constituent un stock supplémentaire s'ajoutant à celui composant la matière organique. Les conditions plus réductrices qui règnent pendant la saison estivale contribuent à la disparition des hydroxo-complexes ferriques qui libèrent alors leurs



phosphates dans la colonne d'eau. Les sédiments, particulièrement ceux comportant une forte fraction fine, constituent donc un réservoir naturel de phosphates dont la disponibilité pour la production primaire augmente en été. Le phosphore sédimentaire constitue donc un bon indicateur d'eutrophisation des milieux lagunaires.

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) constituent une large classe de contaminants et leur présence dans l'environnement résulte de différents processus (Neff, 1979) comme la pyrolyse des matières organiques à haute température, feu de forêts, combustion des charbons et pétroles. Ce processus constitue la principale voie d'introduction des HAP dans l'environnement et résulte majoritairement des actions anthropiques. Il est bien connu que la combustion des essences est une source importante d'introduction de HAP dans l'atmosphère, parmi lesquels le benzo (a) pyrène (BaP) (50 à 100 µg / L de carburant consommé). Les activités industrielles telles que les alumineries, le raffinage ou les rejets urbains participent également de manière importante aux apports atmosphériques et aquatiques. Toutefois, on considère que les rejets pétroliers contribuent très majoritairement aux apports de HAP, alors que les retombées atmosphériques sèches et humides sont responsables de l'introduction de BaP.

En raison de leur caractère lipophile, les HAP sont concentrés dans les sédiments et les organismes vivants ; les niveaux rencontrés dépendent de la nature et des sources de contamination.

Pesticides organochlorés (E2 et E4) : PCB (Polychlorobiphényles)

Le terme PCB désigne une famille de composés organochlorés. Dans les années 70, la prise en compte de leurs effets environnementaux a conduit, d'abord à l'interdiction des usages dispersifs en limitant leur emploi aux systèmes clos, essentiellement pour le matériel électrique de grande puissance (transformateurs, condensateurs), puis à l'arrêt de leur production industrielle (1987 en France).

Les PCB sont des composés semi-volatiles, hydrophobes et persistants. Ce sont des contaminants de synthèse représentatifs d'une pollution diffuse d'origine strictement anthropique. Les rejets urbains, les décharges de matériel usagé et les activités liées à la récupération des matériaux ferreux sont potentiellement des sources d'introduction dans l'environnement.

Azote ammoniacal ou ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium est considéré comme la plaque tournante du cycle de l'azote dans les écosystèmes côtiers.

L'azote ammoniacal ou ammonium est une source d'azote minérale essentielle dans le fonctionnement biologique des écosystèmes aquatiques. Utilisé comme source d'azote par le phytoplancton et les macrophytes, l'ammonium est très impliqué dans les processus d'eutrophisation. Il est présent dans les engrais azotés mais est peu lessivable



par les pluies en comparaison avec les nitrates. L'ammonium constitue surtout un traceur de rejets de STEP et de lagunages. De plus, c'est le produit de la régénération azotée qui permet aux apports du bassin versant de subir plusieurs cycles « consommation-régénération » selon le taux de résidence des eaux lagunaires. Il provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne de la matière organique azotée dans l'eau, et notamment à l'interface eau-sédiment. Lors de crises anoxiques, l'ammonium présente des pics de concentration.

Nitrates (NO_3^-)

Dans les sels de l'azote, éléments essentiels dans les processus d'eutrophisation, les nitrates témoignent presque toujours d'apports extérieurs. Le lessivage des engrais des sols vers les eaux souterraines et superficielles, mais aussi les effluents de stations d'épuration (STEP) et de lagunages sont les principales sources de nitrates et nitrites dans les lagunes. La production endogène de nitrates par les bactéries de la nitrification (oxydation de l'ammonium en nitrites puis en nitrates) peuvent conduire à enrichir les eaux lagunaires en nitrates. De fortes concentrations en nitrates sont donc à attendre dans les eaux dessalées.

Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites constituent une forme d'azote inorganique intermédiaire entre la forme la plus oxydée (nitrate) et la forme réduite (ammonium). Dans les apports d'origine agricole, ils sont liés aux nitrates et représentent environ 10 % de la quantité (nitrates + nitrites). Dans les effluents issus des STEP et lagunages, ils sont plutôt liés à l'ammonium qui constitue le substrat de départ pour la nitrification. Le nitrite est un composé dont l'instabilité biogéochimique empêche l'accumulation dans les milieux naturels. En l'absence de pollution agricole, de fortes concentrations indiquent donc plutôt des apports récents issus de rejets de STEP et lagunages. Lorsque les concentrations d'ammonium sont fortes (supérieures à $10 \mu\text{M}$), les bactéries nitrifiantes en transforment une partie en nitrites.

Phosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore constitue le deuxième élément impliqué dans les processus d'eutrophisation. Les végétaux ont besoin d'orthophosphates dissous (PO_4^{3-}) pour assurer leur croissance. Les cours d'eau et les eaux souterraines qui alimentent les eaux côtières sont généralement déficitaires en phosphates par rapport à l'azote inorganique dissous. Les principaux apports de phosphore sont associés à la phase particulaire qui provient essentiellement du lessivage superficiel ou ruissellement à l'occasion de fortes pluies. Les phosphates ont tendance à s'accumuler dans les sédiments avec lesquelles ils s'associent dans des formes majoritairement minérales et particulaires. Les sédiments peuvent re-larguer des quantités importantes de phosphates dans l'eau lorsque des conditions réductrices s'installent et/ou se développent (disparition de l'oxygène dissous et baisse du pH), c'est-à-dire en période estivale lorsque la température de l'eau et donc



du sédiment augmente (voire oxygène dissous). C'est pourquoi les concentrations de phosphate dans la colonne d'eau sont très liées à la température lorsqu'elles ne sont pas soumises à la pression des végétaux ou lorsque des effluents des STEP et lagunages ne viennent pas perturber ce cycle naturel.

Azote total dans l'eau (NTE)

Les concentrations en azote total (NTE) dans l'eau renseignent aussi bien sur les niveaux de concentrations en sels d'azote (NID) que sur les quantités de matières organiques particulaires ou dissoutes dont certaines formes sont clairement identifiées comme d'autres causes de l'eutrophisation.

Phosphore total dans l'eau (PTE)

Comme pour l'azote total dans l'eau (NTE), les concentrations en phosphore total dans l'eau (PTE) expriment à la fois les niveaux de phosphates et les quantités de matières organiques qui révèlent notamment les excès de production primaire. Le phosphore apporté aux lagunes par le lessivage du bassin versant est en grande partie sous forme particulaire mais une augmentation des concentrations en phosphates dans les eaux accompagne souvent les dessalures consécutives à de fortes pluies sur le bassin versant. Les anoxies qui entraînent la mortalité de nombreux organismes aérobie vivant à l'interface eau-sédiment, induisent la libération d'importantes quantités de phosphates dans l'eau (Souchu *et al.*, 1998).

Chlorophylle

La détermination des chlorophylles a, b et c permet une première approche de la composition des peuplements phytoplanctoniques suivant les grands groupes taxonomiques. Parmi les pigments chlorophylliens, seule la chlorophylle-a est retrouvée dans toutes les espèces phytoplanctoniques. Ce paramètre est un bon indicateur de la quantité de phytoplancton présent dans les eaux lagunaires. La prolifération du phytoplancton est une des principales conséquences d'apports excessifs en sels d'azote et de phosphore dans les milieux aquatiques. L'augmentation de la turbidité dans les lagunes entraîne la disparition des phanérogames marines au profit des algues opportunistes.

Pheophytine-a

La phéophytine-a et plus généralement les phéopigments sont toujours présents en quantité non négligeable dans le pool des pigments du phytoplancton. Leur quantité augmente quand il y a dégradation des cellules. Leur intégration dans la somme (chlorophylle-a + phéophytine-a) peut être un moyen de tenir compte de cette dégradation, notamment de celle liée au traitement des échantillons (conservation, filtration, etc.).



5. Exploitation des données

Les zones côtières et plus particulièrement les milieux lagunaires sont exposés aux pollutions dues principalement aux activités sur le bassin versant. Ces apports en contaminants sont généralement différenciés en (i) rejets industriels, (ii) rejets urbains et (iii) agriculture et produits phytosanitaires. Leur arrivée dans le milieu lagunaire peut s'effectuer par lessivage des sols (ruissellement), par les arrivées d'eau douce (fractions solubles et en suspension) et par voie atmosphérique (poussières, aérosols). Les processus de transport et de distribution des contaminants chimiques au sein de la lagune (eau, sédiment, biote) est fonction de la nature des contaminants et des conditions hydrodynamiques du milieu.

5.1. Exploitation des données concernant le compartiment sédimentaire

De nombreuses études mettent en avant l'utilisation du sédiment comme paramètre descriptif de la contamination métallique (Claisse *et al.*, 1998 ; Joanny, 1997 ; Morel *et al.*, 1999). Les variables du sédiment sont dites intégratrices car elles intègrent les fluctuations des variables instantanées sur une longue période et sont ainsi le reflet de tout le passé d'un milieu (Donazzolo *et al.*, 1984). De ce fait, les niveaux superficiels du sédiment, c'est à dire les premiers centimètres, peuvent renseigner plusieurs années de contamination.

Il convient de noter que les prélèvements de sédiments échantillonnés à Biguglia durant cette étude sont, pour la plupart, constitués de vases. Ces particules fines d'argile ont une capacité de rétention importante et supérieure à celle des sédiments grossiers du fait de leur richesse en matière organique et plus particulièrement en sulfure, qui favorise la fixation de nombreux contaminants.

Seule la station E1, située tout au nord de l'étang, est constituée de sédiments grossiers, différence qui pourrait être la conséquence d'un régime hydraulique caractérisé par un débit temporaire ne permettant pas le dépôt de particules fines. Cette différence de granulométrie pourrait expliquer des résultats affichant des concentrations plus faibles en micropolluants métalliques.

5.1.1. Micropolluants métalliques

En introduction, il est utile de signaler que les résultats concernant les teneurs en métaux lourds enregistrés sur l'étang sont comparés aux valeurs de référence généralement utilisées pour permettre d'évaluer l'état du milieu qui sont :



- Les valeurs du bruit de fond géochimique (Tableau 4) évalué d'après les données de la bibliographie dont celles du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO).
- Les valeurs mesurées dans les sédiments marins superficiels autour de la Corse dans le cadre du projet LIMA (Andral *et al.*, 2004).

Il est important de préciser que les concentrations en métaux dans les sédiments n'ont pas été normalisées, ce qui rend délicat une comparaison précise entre les stations, en raison de l'hétérogénéité de la granulométrie des sédiments.

Par ailleurs, pour plus de lisibilité, les résultats ont été répartis en classes de contamination à partir des grilles de référence établies dans le cadre du projet LIMA (Andral *et al.*, 2004), qui a concerné l'ensemble des côtes corses.

Enfin, ces résultats ont été comparés aux données disponibles sur la lagune afin de caractériser l'évolution des niveaux de contamination de 2000 à 2004.

Rappelons que les concentrations dans les sédiments sont exprimées en mg/Kg poids sec sur la fraction inférieure à 2 mm.

5.1.1.1. Présentation des résultats et comparaison avec les niveaux de référence

Mercure

Les concentrations mesurées **au nord** de la zone d'étude sont faibles. Elles sont en effet de l'ordre du bruit de fond géochimique mesuré en méditerranée. Elles dépassent cependant les valeurs mesurées dans les sédiments marins autour de la Corse dans le cadre du projet LIMA (Andral *et al.*, 2004). Elles se situent entre 0.06 et 0.12 mg/Kg avec toutefois des valeurs légèrement supérieures au niveau du Bevinco (Point E3 avec 0.18 mg/Kg).

En revanche dans la **partie sud** (tiers inférieur) les teneurs mesurées sont plus élevées puisqu'elles sont jusqu'à trois fois supérieures à celle enregistrées au nord. Elles dépassent le bruit de fond géochimique et sont aussi supérieures aux valeurs mesurées sur les côtes corses (Andral *et al.*, 2004). Les teneurs les plus élevées ont été enregistrées dans le bassin sud de l'étang et dans le canal du Fossone situé à l'extrémité sud et qui relie la lagune au Golo.



Cadmium

Les concentrations mesurées sur les deux tiers nord de la zone d'étude varient entre 0.1 et 0.4 mg/Kg. Ces valeurs dépassent pour la plupart le bruit de fond géochimique méditerranéen (0.15 mg/Kg). Elles sont aussi supérieures aux valeurs mesurées en mer (Andral *et al.*, 2004).

Comme pour le mercure, les concentrations en cadmium les plus élevées sont enregistrées au sud de la zone d'étude, dans le canal du Fossone, notamment aux stations E5 et P5, où les valeurs sont respectivement 0.8 et 1 mg/Kg.

Plomb

Généralement, les concentrations en plomb mesurées sur la zone d'étude sont proches voire inférieures au bruit de fond géochimique (30 mg/Kg).

Seules les stations E4, E5 et P5, situées dans le tiers inférieur de la zone d'étude présentent des concentrations plus élevées (respectivement 44, 45 et 51 mg/Kg) qui dépassent aussi les valeurs mesurées en mer (Andral *et al.*, 2004).

Cuivre

Les concentrations en cuivre, mesurées sur l'ensemble de la zone d'étude, s'échelonnent entre 32 et 79 mg/Kg et sont donc toutes supérieures au bruit de fond géochimique (30 mg/Kg) ainsi qu'aux valeurs mesurées en mer (Andral *et al.*, 2004).

C'est encore dans le tiers inférieur de la zone d'étude que sont enregistrées les teneurs les plus élevées : avec des teneurs de 63 à 79 mg/Kg, le niveau 1 de la grille Geode (45 mg/Kg) est assez largement dépassé.

Zinc

Les concentrations en zinc mesurées sur la zone d'étude sont faibles, de l'ordre du bruit de fond géochimique (90 mg/Kg), avec des valeurs légèrement supérieures dans la partie sud, au niveau du canal du Fossone.

Nickel et chrome

Sur l'ensemble des stations échantillonnées, les teneurs en nickel et en chrome sont élevées. Elles dépassent largement les niveaux de référence définis par la commission OSPAR ainsi que les valeurs mesurées en mer (Andral *et al.*, 2004). On constate une



forte similitude entre les concentrations mesurées en nickel et chrome, ce qui va dans le sens d'une origine naturelle (socle).

Les concentrations en nickel (moyenne de 350 mg/Kg avec un maximum de 490 mg/Kg) et en chrome (moyenne de 420 mg/Kg, avec un maximum de 600 mg/Kg) sont comparables à celles qui avaient été enregistrées à Canari (campagne Interreg IIIA Moniqua), à quelques centaines de mètres de la mine d'amiante (profondeur 10 m) ; ces deux métaux présentaient pour la campagne Canari de 2003 des valeurs supérieures au niveau 2 de la grille Geode, avec 309 mg/Kg pour le nickel (niveau 2 Geode : 74 mg/Kg) et 652 mg/Kg (niveau 2 Geode : 180 mg/Kg). A titre informatif, les résidus miniers prélevés sur le littoral dans le cadre de la campagne LIMA présentaient des concentrations de 2200 mg/Kg pour le nickel et de 1100 mg/Kg pour le chrome.

Tableau 4: Valeurs du Bruit de fond géochimique évalué d'après les valeurs de la bibliographie et dans les niveaux profonds des carottes du Réseau National d'Observation (RNO) mg/Kg

<i>mg/Kg</i>	<i>Bruit de fond¹</i>
Mercure	0,1
Cadmium	0,15
Plomb	30
Cuivre	30
Zinc	90

Les résultats présentés dans la figure 9 confirment le gradient de contamination croissant du nord au sud identifié précédemment pour l'ensemble des micropolluants hormis le nickel et le chrome. Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans les stations situées dans le canal du Fossone qui permet la liaison entre le Golo et la lagune, faisant supposer des apports en métaux – naturels ou d'origine anthropique- par cet exutoire.

Ces fortes teneurs se retrouvent dans les sédiments internes à la lagune, principalement en E4 et dans une moindre mesure en E6 situé dans l'anse de San Damiano (Figure 2).

¹ Les valeurs du Bruit de fond géochimique évalué d'après les valeurs de la bibliographie et dans les niveaux profonds des carottes du Réseau National d'Observation (RNO)



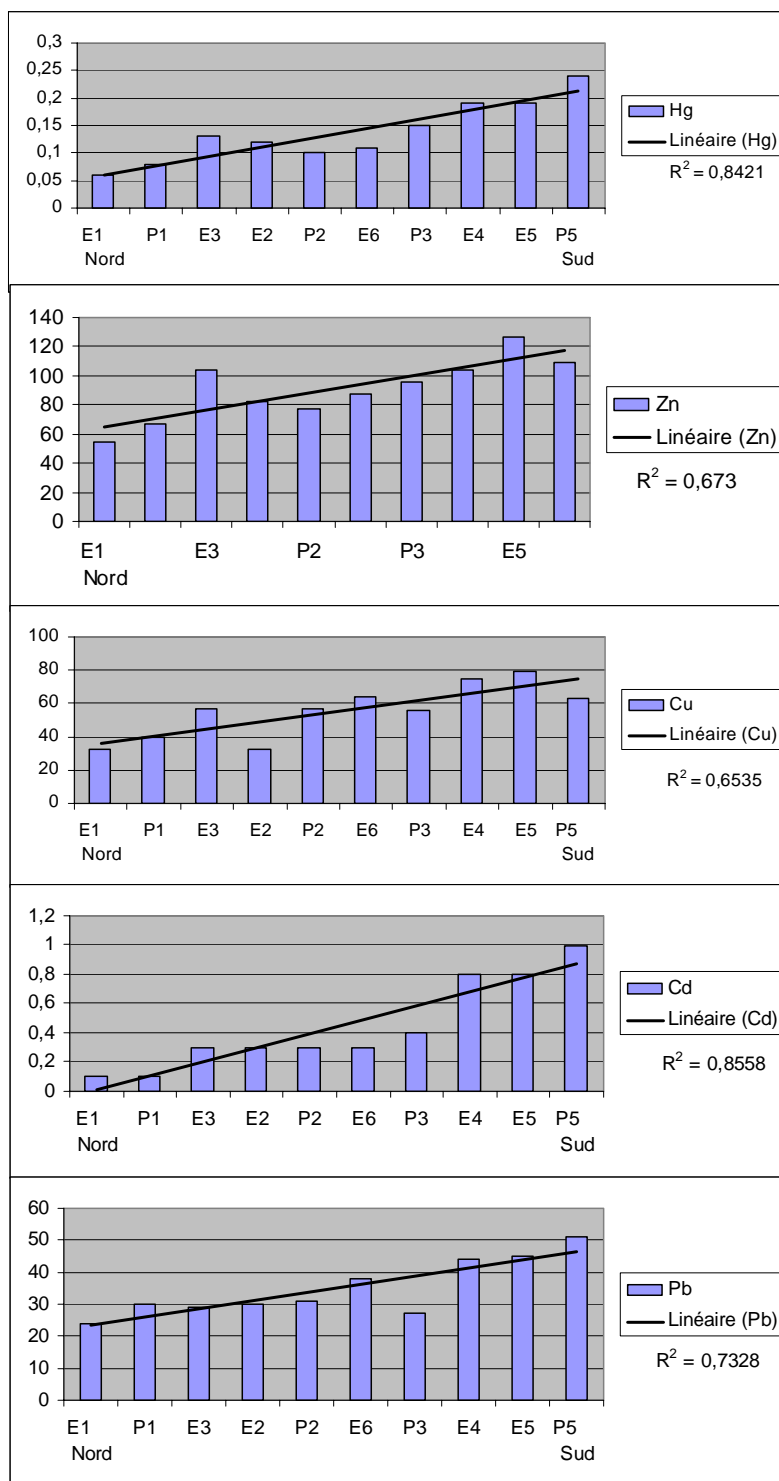


Figure 9 : teneurs en micro polluants dans les sédiments de l'étang de Biguglia en fonction de la répartition nord/sud des stations pour Hg, Zn, Cu, Cd et Pb. Un "outlayer" (P4), a été supprimé. Ce point était excentré, et présentait un comportement particulier.

5.1.1.2. Utilisation des classes de qualité

Pour représenter les résultats de contamination chimique, nous avons opté pour la classification des résultats bruts selon l'échelle de lecture mise au point dans le cadre du programme LIMA. Au cours de cette campagne, cinq classes avaient été déterminées, en s'appuyant sur un jeu de données le plus large possible, intégrant les données RNO sédiment (Andral *et al.*, 2004).

Les cinq classes de contamination allant du niveau « de base » (résultats inférieurs au bruit de fond géochimique) au niveau « très élevé » sont présentées dans le tableau 5 :

Tableau 5 : Classes de contamination pour les métaux (en mg/Kg de p.s.)

	pb	zn	hg	cu	cd	ni	cr	as
Classe 1	<30	<90	<0.1	<15	<0.15	<20	<40	<5
Classe 2	30< <40	90< <180	0.1< <0.25	15< <45	0.15< <0.5	20< <40	40< <80	5< <20
Classe 3	40< <50	180< <270	0.25< <0.4	45< <75	0.5< <0.85	40< <60	80< <120	20< <35
Classe 4	50< <60	270< <360	0.4< <0.55	75< <105	0.85< <1.2	60< <80	120< <160	35< <50
Classe 5	>60	>360	>0.55	>105	>1.2	>80	>160	>50

Cette démarche permet de visualiser les différents niveaux de contamination enregistrés sur l'ensemble de la zone d'étude. La carte obtenue (Figure 10) permet de localiser les zones présentant les teneurs en micro polluants métalliques les plus élevées.



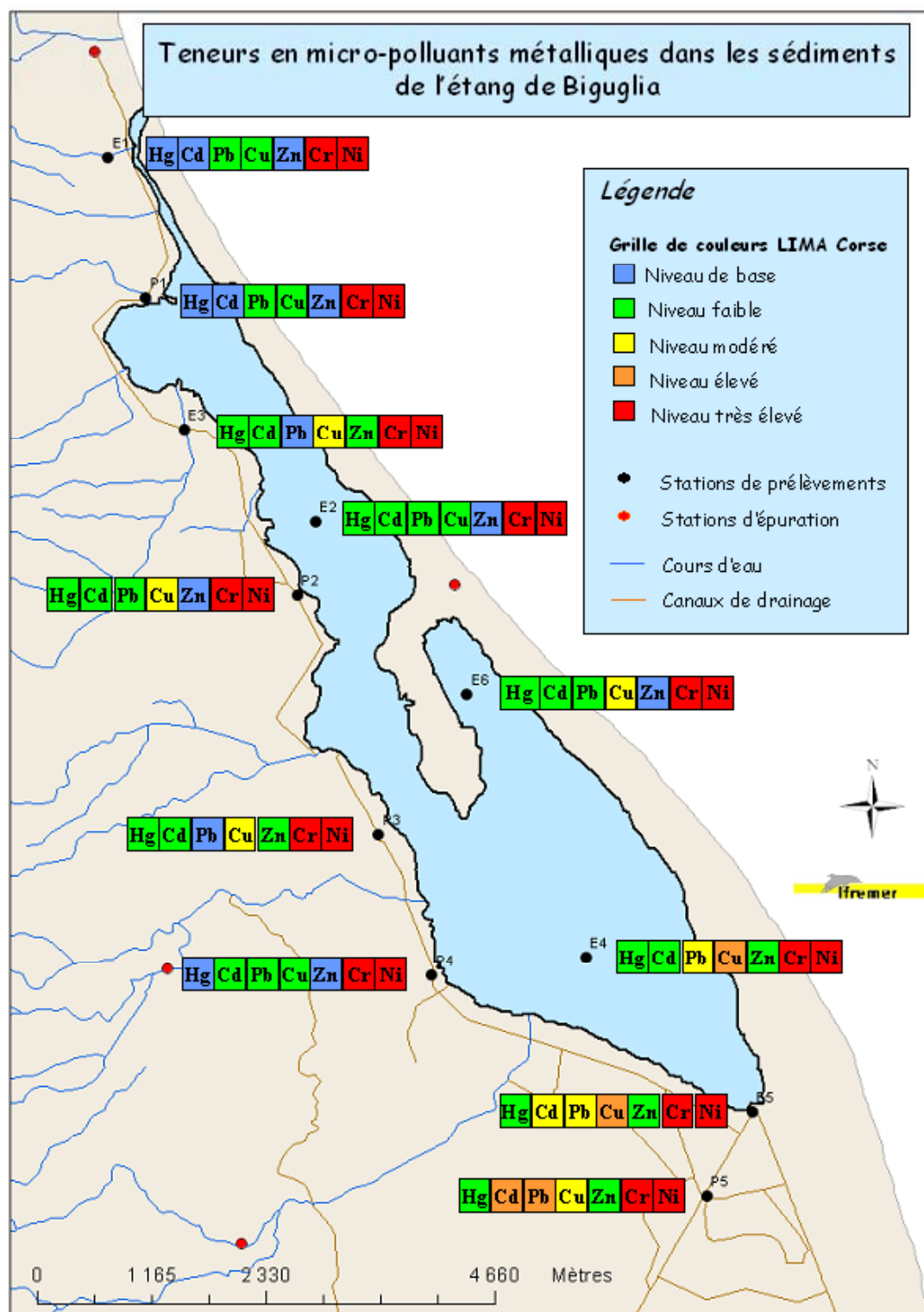


Figure 10 : Teneurs en micro-polluants métalliques dans les sédiments de l'étang de Biguglia

On constate que les teneurs en éléments traces les plus élevées concernent le nickel et le chrome. Ces concentrations dépassent notamment les niveaux de référence définis par la commission OSPAR (Annexe 1) pour l'ensemble des stations échantillonnées. On peut



émettre l'hypothèse d'un bruit de fond géochimique élevé, lié à la nature des sols. Cette hypothèse est renforcée par une étude réalisée par le BRGM (BRGM, 1994) qui a permis de démontrer que la nature des sols du bassin versant de Biguglia était riche en nickel et chrome.

Cette même étude a par ailleurs caractérisé le secteur de Biguglia comme une zone à risque pour la contamination des eaux par le cuivre en raison principalement de la présence d'une mine de cuivre sur le bassin versant de l'étang. Ceci pourrait expliquer notamment les teneurs en cuivre élevées mesurées dans la plupart des stations.

5.1.1.3. Evolution de la qualité des sédiments de l'étang depuis 2000

Le tableau 6 compare les teneurs en micropolluants métalliques mesurés dans les sédiments entre 2000 et 2004 aux stations E2 et E4:

Tableau 6 : Evolution des teneurs en micropolluants métalliques dans les eaux de l'étang de Biguglia entre 2000 et 2004

	E2		E4		
mg/Kg	2000	2004	2000	2001	2004
Cu	18.5	32	44.5	65	75
Zn	45	82	80	62.5	104
Pb	70	30	25.5	30	44
Cd	0.3	0.3	0.6	0.4	0.4
Hg	0.02	0.12	0.05	0.05	0.15

Les concentrations en **cuivre** augmentent d'un facteur 2 entre 2000 et 2004. Elles restent toujours de l'ordre du bruit de fond géochimique dans le bassin nord (E2). En revanche, les teneurs, qui atteignent 75 mg/Kg en E4, sont significatives d'un apport en cuivre dans le bassin sud.

Les teneurs en **zinc** semblent augmenter, principalement en E2, mais elles restent du même ordre de grandeur que le bruit de fond géochimique.

Pour le **plomb**, les chiffres montrent une diminution des concentrations mesurées en E2, atteignant ainsi les valeurs proches du bruit de fond. En E4 en revanche, les concentrations mesurées en 2000, 2001 et 2004, semblent indiquer une augmentation de la contamination dépassant le bruit de fond.

Les concentrations en **cadmium** restent stables en E2 et diminuent légèrement en E4. Elles restent cependant 2 fois plus élevées que le bruit de fond, signalant ainsi des apports en Cd dans la lagune.



Les concentrations en **mercure** semblent augmenter mais restent du même ordre que le bruit de fond.

Les teneurs en **nickel** et le **chrome** n'avaient pas été mesurées lors des précédents suivis.

Pas de tendance marquée n'a été mise en évidence. Les données de 2004 confirment celles de 2002, en précisant notamment la répartition géographique de la contamination. Seul le cuivre semble présenter une augmentation de ses teneurs dans les sédiments.

5.1.2. Enrichissement trophique

5.1.2.1. Présentation des résultats et évolution de la qualité des sédiments

La qualité des sédiments pour l'azote total (NT) et le phosphore total (PT) est évaluée à partir de la grille d'évaluation de la qualité de l'eau élaborées par l'Ifremer pour l'évaluation du niveau d'eutrophisation des milieux lagunaires méditerranéens (Ifremer-Creocean-UM2, 2000).

En ce qui concerne l'évolution de la l'enrichissement trophique des sédiments, les cartes représentant la localisation des stations en 2000 et 2001 (suivi scientifique de l'étang de Biguglia), montrent que seules 2 stations, nommées Big 1 et Big 2, sont situées dans le même secteur que E2 et E4.

Phosphore total (PT)

Les résultats montrent que les concentrations les plus élevées en phosphore sont mesurées à proximité de la station de pompage P3, à l'embouchure du canal du Fossone situé à l'extrémité sud (E5) et dans le Bevinco (E3). Ces stations sont respectivement qualifiées de mauvaises à médiocre selon la grille d'évaluation de la qualité des sédiments.

Dans la lagune en revanche, les teneurs en phosphore sont peu élevées (tableau 7)



Tableau 7 : évaluation de la qualité des sédiments pour NT et PT dans les sédiments de l'étang de Biguglia

	E2	E4	E6
NT g/Kg PS	5,50	7,50	6,70
PT mg/Kg PS	435	598	456






Légende : Très bon  Bon  Moyen  Médiocre  Mauvais 

La comparaison des résultats d'analyse du PT mesurés en 2004 (Tableau 8) avec ceux de 2000, 2001 (Suivi scientifique de l'étang de Biguglia) et 2003 (RLC 2003) montrent que les concentrations en PT diminuent légèrement de 2003 à 2004. Un excès en PT est toutefois mesuré dans le bassin sud de l'étang.

Tableau 8: Evolution des teneurs en NT et PT dans les sédiments de l'étang de Biguglia, de 2000 à 2004

		Biguglia (E2)					
		2000	2001	2003	2004		
NT g/Kg PS		1.60	/	4.91	5.50		
PT mg/Kg PS		200	/	580	435		
		Biguglia (E4)					
		2000	2001	2003	2004		
NT g/Kg PS		3.90	4.60	6.37	7.50		
PT mg/Kg PS		300	300	612.5	598		

Légende

-  Très bon
-  Bon
-  Moyen
-  Médiocre
-  Mauvais

Azote total (NT)

La plupart des stations échantillonnées autour de la lagune sont riches en azote total et qualifiées de mauvaises par la grille d'évaluation de la qualité des sédiments.



Dans la lagune, les sédiments sont aussi riches en azote total, principalement dans le bassin sud et dans l'anse de la presqu'île de San Damiano où leur état est qualifié de mauvais (Tableau 7). La comparaison des résultats d'analyse du NT mesurés en 2004 (Tableau 8) avec ceux de 2000, 2001 (Suivi scientifique de l'étang de Biguglia) et 2003 (RLC 2003), permet de mettre en évidence une augmentation des teneurs en NT dans les sédiments lagunaires, aussi bien en E2 qu'en E4. En 2003 et 2004, les sédiments affichent un fort enrichissement en NT.

5.1.3. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques mesurées dans l'étang comme dans les stations situées sur les canaux ou cours d'eau sont faibles. Aucun apport significatif en HAP n'est constaté dans l'étang de Biguglia.

5.1.4. Pesticides organochlorés

Les concentrations mesurées en pesticides organochlorés (DDT) aux stations E2 et E4 sont inférieures au seuil de détection qui est de l'ordre des bruits de fond géochimiques mesurés dans les carottes sédimentaire du RNO en Méditerranée. Aucun apport significatif en pesticides n'est mesuré dans les sédiments lagunaires aux stations centrales des bassins nord (E2) et sud (E4).

5.2. Exploitation des données concernant la colonne d'eau

Les résultats des analyses réalisées dans la colonne d'eau figurent en annexe V.

5.2.1. Micro polluants métalliques dans l'eau

5.2.1.1. Présentation des résultats et comparaison avec les niveaux de référence

Des déterminations de métaux lourds dans l'eau (filtrée), sur les 11 points et pour les 3 campagnes (printemps, été automne 2004), ont été effectuées afin d'avoir une idée de la contamination des eaux de l'étang. La détermination des fractions dissoutes par prélèvement unique dans la masse d'eau est par essence sujette à de fortes variabilités, la masse d'eau étant soumise à des changements d'origine physique, chimique et biologique, ainsi qu'à l'hydrodynamisme. La matrice « eau » a cependant été retenue dans cette étude pour dégager d'éventuelles tendances qui pourraient compléter les déterminations effectuées dans les sédiments.

L'analyse des séries temporelles - c'est à dire l'évolution des teneurs en métaux au cours des trois campagnes - ne permettant pas de tirer des conclusions, nous avons



choisi de représenter, pour chaque point de prélèvement, la moyenne des concentrations des trois campagnes. Les résultats sont présentés dans le tableau 9 ci-après.

Tableau 9: Moyenne des concentrations en métaux lourds (en µg/L), par station, pour les campagnes de printemps, été , automne 2004.

Stations	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni
E1	0.0025	0.013	0.79	1.69	1.63	0.31	3.92
P1	0.0045	0.012	0.31	1.27	1.47	1.37	3.29
E3	0.0025	0.006	0.08	1.15	0.80	0.73	4.46
E2	0.0025	0.038	0.07	1.21	1.10	0.95	5.86
P2	0.0025	0.008	0.12	0.74	0.87	0.97	9.84
E6	0.0025	0.010	0.03	1.06	0.37	0.98	4.83
P3	0.0025	0.008	6.79	1.37	1.80	1.81	17.90
P4	0.0048	0.029	0.14	0.50	0.90	0.79	7.23
E4	0.0025	0.014	0.09	1.72	0.53	1.28	6.77
E5	0.0025	0.016	0.07	0.58	0.60	2.09	4.55
P5	0.0040	0.037	0.35	0.52	1.00	0.57	6.95
Ensemble de l'étang	0.0030	0.017	0.80	1.07	1.01	1.08	6.87

Les principales tendances observées sont les suivantes :

- Les teneurs moyennes en **mercure** dans l'eau correspondent au seuil analytique (2,5 ng/L), et les valeurs les plus élevées ne dépassent pas le double de cette valeur (5 ng/L), avec les plus fortes valeurs moyennes observées au Sud (points P4 et P5) et une valeur isolée de 7 ng/l au point P5 en août 2004.

Ces valeurs ne dépassent pas les critères d'évaluation écotoxicologique qui font office de recommandation (valeur maximale de 50 ng/L). Ces teneurs sont en outre de l'ordre de grandeur de celles rencontrées dans les estuaires peu contaminées (quelques ng/L). En Méditerranée, les teneurs de référence, pour le mercure, dans les eaux océaniques se situent entre 0,1 et 20 ng/L suivant les secteurs. Il est à noter que, dans les zones turbides en général, les associations organiques sont les processus dominants gouvernant la distribution et la spéciation du mercure. La détermination du mercure dans les suspensions et sa spéciation chimique permettrait vraisemblablement d'apporter des précisions.

- Les teneurs moyennes en **cadmium** accusent également les plus fortes valeurs toujours au sud de l'étang avec des concentrations moyennes de 29 ng/L au point P4 et de 37 ng/L au pont P5. Une mesure isolée de 100 ng/L a été enregistrée au Nord de l'étang (point E2) lors de la campagne de juin 2004.



A l'exception de la plus forte valeur (« spike »), ces teneurs en cadmium sont comparables à celles observées dans les estuaires peu ou pas contaminés ainsi que dans les eaux méditerranéennes (teneurs comprises entre 0,5 et 12 ng/L). Elles sont également de l'ordre de grandeur de celles observées à Calvi, dans le cadre du Groupement de Recherches (GdR) Corse entre l'Ifremer et l'Université de Corse, mais avec une technique différente (capteurs passifs). A titre de comparaison, l'estuaire de la Gironde, connu pour sa forte teneur en cadmium, présente des concentrations en cadmium de 100 à 400 ng/l. Seule la valeur isolée de 106 ng/L observée au nord de l'étang dépasse la valeur guide (100 ng/L) des critères d'évaluation écotoxicologique (EAC). Les valeurs plus élevées constatées au sud de l'étang sont vraisemblablement associées aux suspensions charriées par les arrivées d'eau douce, une désorption du cadmium particulaire (donnant des chlorocomplexes solubles) se produisant à partir de 15 pour mille de salinité. Ces fortes concentrations peuvent caractériser une influence du « socle », naturellement riche en cadmium, et à des apports éventuels (à évaluer) dus au ruissellement.

- Les teneurs moyennes en **plomb** sont de l'ordre de quelques dizaines de ng/l à l'exception de deux points situés au Nord (points P1 et E1) et de deux autres au Sud (Points P3 et P5), où les teneurs dépassent la centaine de ng/l (0,1 µg/L). Une concentration inexplicée (20 µg/L), a été observée en août au point P4, au sud-ouest de l'étang, et n'est pas exploitable.

Les teneurs observées caractérisent des niveaux pouvant être considérés comme peu ou pas contaminés, à l'exception des secteurs où les teneurs en plomb sont supérieures à 100 ng/L, indiquant des apports anthropiques significatifs, pouvant parvenir à la lagune par voie atmosphérique (proximité de la ville de Bastia). Ces niveaux sont cependant inférieurs aux valeurs guides (critères d'évaluation toxicologique). Ils sont aussi inférieurs à ceux qui avaient été constatés (GdR Corse) en rade de Toulon, secteur connu pour sa contamination en plomb.

- Les teneurs moyennes en **cuivre** et en **zinc** sont de l'ordre du µg/L, sans particulièrement dégager de tendance de répartition. Si les teneurs en zinc ne sont pas préoccupantes (niveaux inférieurs à 5 µg/L), les teneurs en cuivre sont - avec une moyenne (n = 33) supérieure à 1 µg/L - considérées comme élevées, voire très élevées, puisqu'elles dépassent les seuils de qualité définis par la commission OSPAR et sont supérieures aux valeurs guides (0,05 µg/L).
- Les teneurs les plus élevées en **nickel** sont enregistrées sur la rive ouest de l'étang, au point P3 (pour les trois séries de prélèvement, Figure 11), et les plus élevées en **chrome** au sud de l'étang (point E5). Les concentrations moyennes pour ces deux métaux dans le reste de l'étang sont de l'ordre de 4 à 7 µg/L pour le nickel et de 0,3 à 1,2 µg/L pour le chrome.

Les concentrations en nickel mesurées dans l'eau de l'étang de Biguglia sont particulièrement élevées puisque supérieures à celles qui ont été relevées à Canari (dans



le cadre du programme INTERREG IIIA/MONIQUE, avec un maximum de 1 $\mu\text{g/L}$). Ces très fortes concentrations dans l'étang (moyenne de 33 mesures proches de 7 $\mu\text{g/L}$) sont environ 7 fois plus élevées qu'à Canari (« champ moyen ») et environ 15 fois plus élevées qu'en baie de Calvi (ces données sont cependant à vérifier en utilisant des capteurs passifs. Cf recommandations).

Quant aux concentrations en chrome dans l'eau, elles accusent aussi des niveaux élevés, à peu près dans les mêmes proportions que celles observées pour le nickel, ce qui pourrait dénoter une origine naturelle pour ces deux éléments.

La présence de nickel et de chrome dans l'eau proviendrait vraisemblablement du socle, en notamment de phénomènes de désorption à partir des sédiments : dissolution à l'interface eau-sédiment, dissolution à partir des particules et suspension, et passage dans la colonne d'eau, ce qui est cependant à confirmer. Les concentrations très élevées observées pour ces deux métaux dans les sédiments semblent corroborer ce fait.

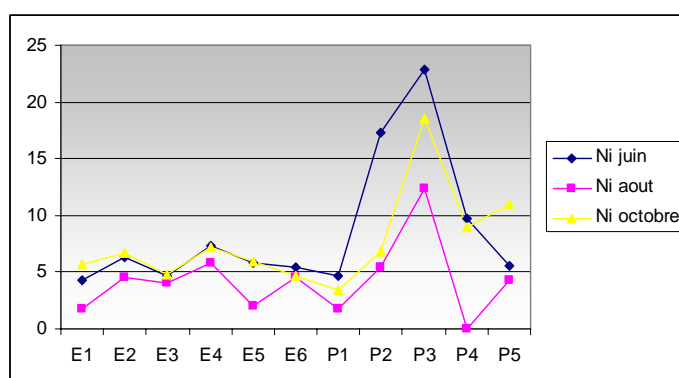


Figure 11: Evolution des teneurs en Ni dans la colonne d'eau (en $\mu\text{g/L}$) aux différentes stations, pour les campagnes de printemps, été, automne 2004

Les concentrations mesurées dans l'eau pour le mercure, le cadmium, le plomb et le zinc sont donc peu élevées et caractéristiques d'hydrosystèmes peu ou pas contaminés.

Au contraire, les concentrations en nickel, en chrome et en cuivre, accusent des niveaux très élevés, dont l'origine est certainement à rechercher dans la nature des sols (apports de suspensions puis désorption au contact de l'eau salée) ou dans la présence d'anciennes carrières au niveau du bassin versant de l'étang.

D'une manière générale, les niveaux en éléments traces observés dans la colonne d'eau confirment ceux observés dans les sédiments.



5.2.1.2. Evolution de la qualité de l'eau de l'étang depuis 2000

Nous disposons de peu d'éléments de comparaison pour connaître précisément l'évolution de la qualité du milieu en terme de micropolluant métalliques et d'enrichissement organique. Les analyses récentes réalisées datent de 2000 et 2001. Elles ont été réalisées dans le cadre du suivi scientifique de la qualité de l'eau de la réserve naturelle de l'étang de Biguglia. Les données nous ont été fournies par les gestionnaires de la réserve naturelle.

Même si des comparaisons sont réalisables, il faut toutefois tenir compte du fait que les méthodes analytiques peuvent être différentes. De plus, le géoréférencement des stations de prélèvement n'est pas précisé dans les études précédant celle-ci. Aussi, nous ne pouvons être certains de comparer 2 mêmes stations mais plutôt deux secteurs.

Les résultats d'analyses des campagnes réalisées en 2000 et 2001 dans la colonne d'eau, affichent pour la plupart des valeurs inférieures au seuil de détection. Seules des concentrations en zinc sont détectées, et leurs valeurs sont inférieures aux niveaux de référence définis par la commission OSPAR. Par conséquent, compte tenu de l'absence de mesures pour les autres micropolluants métalliques, nous ne pouvons évaluer l'évolution de la qualité de l'eau pour ces paramètres.

5.2.2. Enrichissement trophique

5.2.2.1. Présentation des résultats et comparaison avec les niveaux de référence

Les figures 12 et 13 illustrent les teneurs en éléments organiques dans l'eau. Pour l'interprétation des résultats, les seuils de qualité utilisés sont ceux issus des grilles d'évaluation de la qualité de l'eau du Réseau de suivi lagunaire corse (RLC) (Ifremer-Créocéan-UMII, 2000). Une grille type contenant les seuils de référence est présentée en annexe II.

5.2.2.1.1 Stations situées en périphérie de la lagune

Les apports en **nitrites** (NO_2) sont légèrement supérieurs en août pour l'ensemble des stations et les quantités les plus importantes sont mesurés en P2, P3 et P4 avec des teneurs en moyenne 2 fois plus élevées qu'aux autres stations.

Ces teneurs dépassent le seuil de $1 \mu\text{M}$, au delà duquel la grille d'évaluation de la qualité utilisée dans le cadre du RLC caractérise l'état de « mauvais ».



Les concentrations en **nitrate** (NO_3) mesurées sont constantes au cours des trois campagnes d'échantillonnage. Les teneurs les plus importants sont mesurés en P2 et P3 avec un facteur dix par rapport aux autres stations. En P4, des concentrations élevées sont également observées au printemps et en automne avec des concentrations trois fois plus faibles qu'en P2 et P3.

Les concentrations mesurées à ces stations dépassent très largement le seuil de $10 \mu\text{M}$, au delà duquel la grille d'évaluation de la qualité utilisée dans le cadre du RLC caractérise l'état de « mauvais ».

Les concentrations en **ammonium** (NH_4) sont plus élevées en automne pour l'ensemble des stations. A cette période, les concentrations mesurées sont « moyennes » à « mauvaises » d'après la grille d'évaluation de la qualité utilisée dans le cadre du RLC.

Les teneurs en **phosphates** (PO_4) sont « bonnes » à « moyennes » pour l'ensemble des stations situées en amont de la lagune. Seul un pic mesuré en automne en P1 dépasse le seuil de $10 \mu\text{M}$, au delà duquel la grille d'évaluation de la qualité utilisée dans le cadre du RLC caractérise l'état de « mauvais ».

Les concentrations en **Azote total** (NT) mesurées aux stations d'apports sont « très bonnes » selon la grille d'évaluation de RLC.

Les concentrations en **phosphore total** (PT) sont « médiocres » à « mauvaises » en automne, « bonnes » à « moyenne » en juin et « bonne » en août.

5.2.2.1..2 Stations situées à l'intérieur de la Lagune

Aux stations E2, E4 et E6, les concentrations en **nitrate** et **ammonium** mesurées durant les trois campagnes sont très bonnes d'après la grille du RLC.

Les teneurs en **nitrite** et **phosphates** sont bonnes. Un léger excès en phosphate est mesuré en E4 en juin. Dans la lagune, les concentrations en **Azote total** (NT) sont « très bonnes » selon la grille d'évaluation de RLC. Les concentrations en **phosphore total** (PT) suivent le même schéma qu'au niveau des stations d'apport : elles sont « médiocres » en automne, « bonnes » (E2) à « moyenne » (E4, E6) en juin et « bonne » en août.



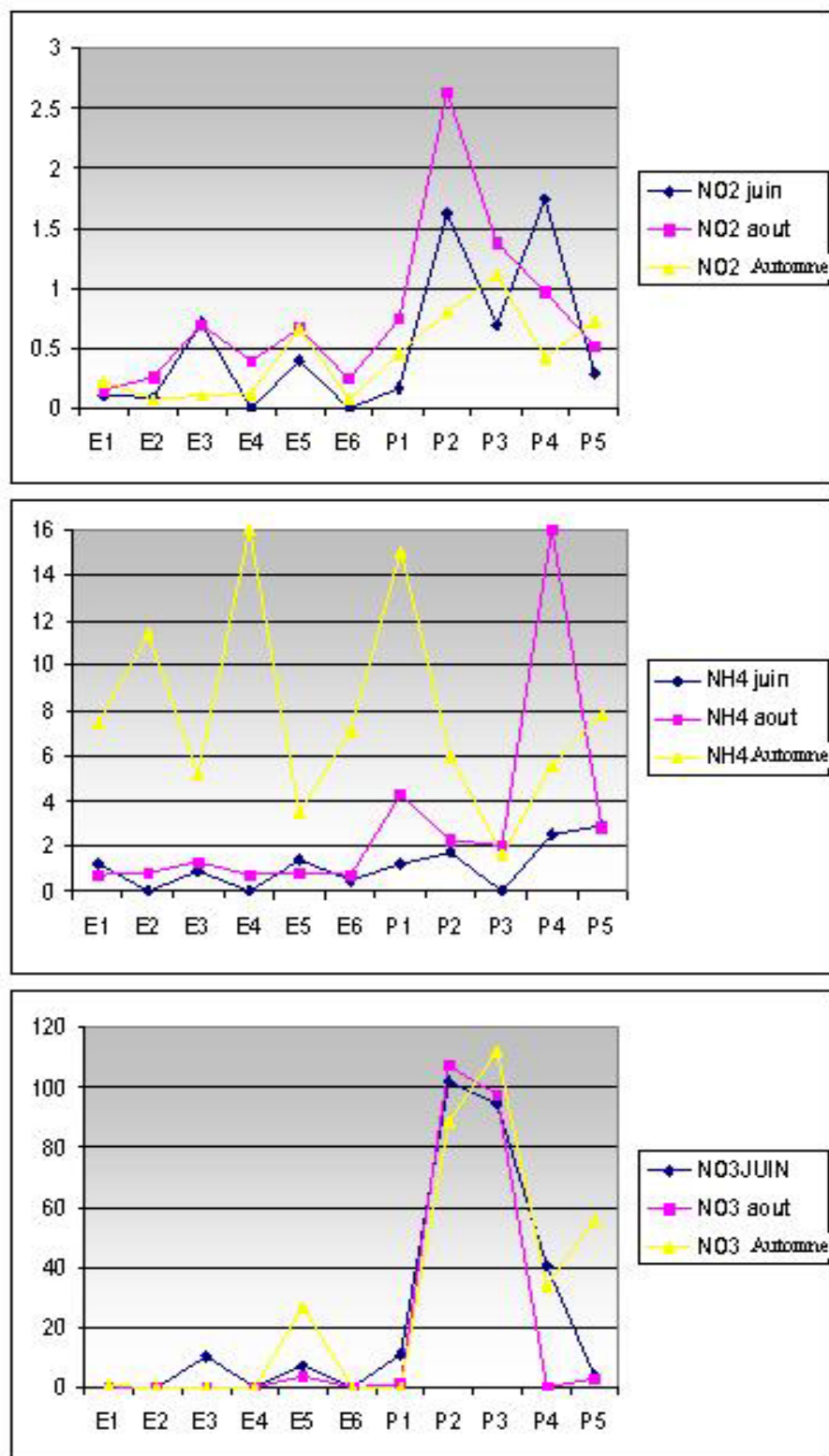


Figure 12 : Evolution des teneurs en NO_2^- , NO_3^- et NH_4^+ (en μM) aux différentes stations d'échantillonnage de la colonne d'eau, au printemps, en été et en automne 2004

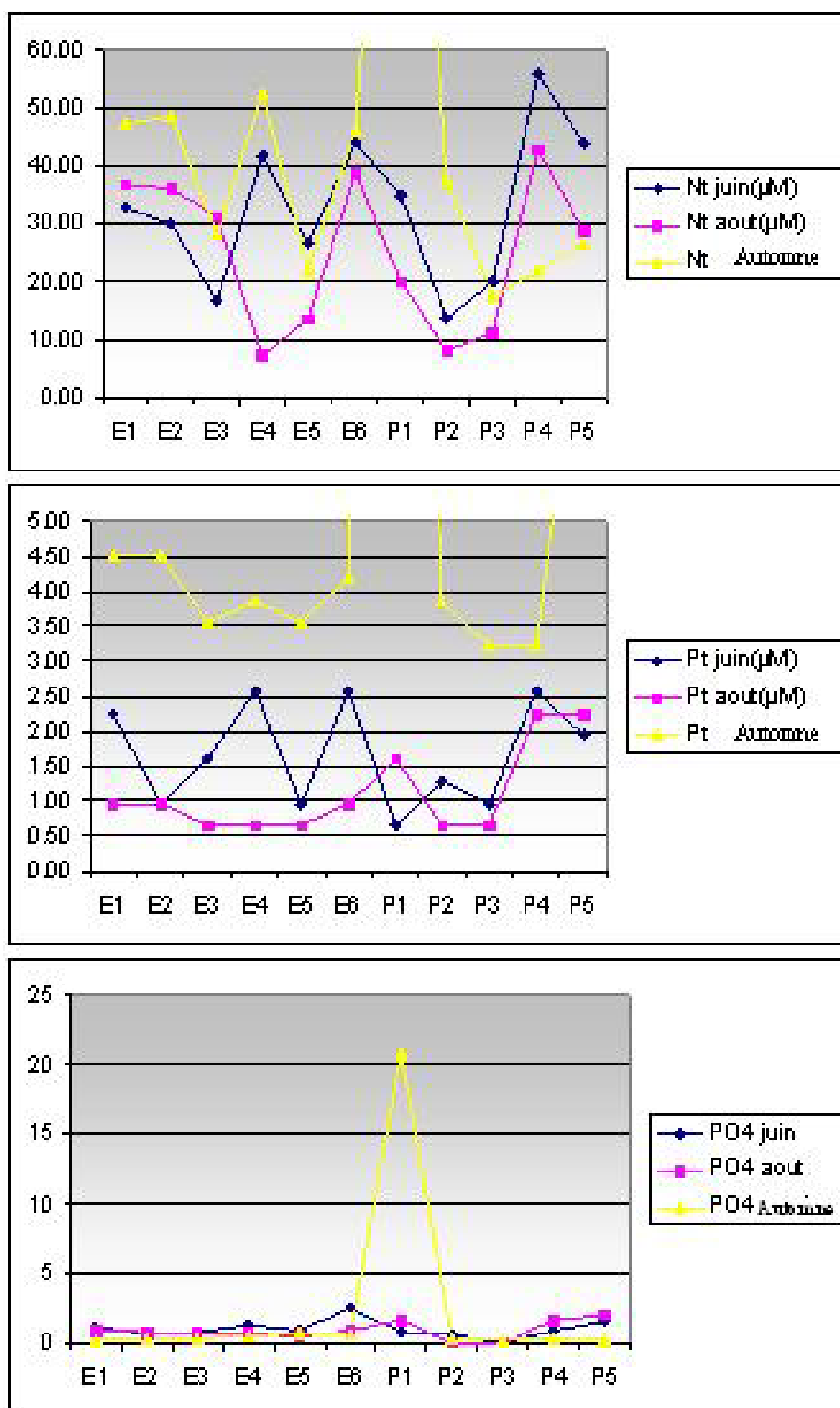


Figure 13 : Evolution des teneurs en NT et PT et PO₄³⁻ (en µM) aux différentes stations d'échantillonnage de la colonne d'eau, au printemps, en été et en automne 2004

En conclusion, les principaux apports à l'étang concernent les nitrites (NO₂⁻) et les nitrates (NO₃⁻), susceptibles de favoriser l'eutrophisation du milieu. Les valeurs les plus importantes sont mesurées aux stations P2 et P3 et dans une moindre mesure en P4 pour les nitrates. On voit nettement que ces apports azotés proviennent du bassin versant ; leur origine est à rechercher soit dans des effluents non contrôlés (effluents domestiques ou d'élevage), soit dans l'utilisation d'engrais.

Ces apports ne se retrouvent cependant pas dans les stations centrales, du fait soit de la dilution ou de leur utilisation par les producteurs primaires.

5.2.2.2. Evolution des teneurs en nutriment dans l'eau

Le tableau 10 classe les résultats obtenus en 1999, 2002, 2003 et 2004 selon la grille de classification du RLC (*Orsoni et al., 2002*) pour les paramètres suivants : l'oxygène dissous, la turbidité, les phosphates, l'azote inorganique dissous, les nitrites, les nitrates, l'ammonium, la chlorophylle a, la chlorophylle a plus les phéopigments, l'azote total et le phosphore total.

En ce qui concerne les sels nutritifs, on constate qu'en 2004 les concentrations en **nitrates** et **ammonium** mesurées au cours des trois campagnes aux stations E2, E4 et E6, sont très bonnes, d'après la grille du RLC. Ces résultats montrent une diminution des teneurs en ammonium par rapport aux années précédentes. Cependant, on constate une augmentation de la biomasse chlorophyllienne qui consomme cette réserve contribuant ainsi à ces faibles valeurs.

Les teneurs en **nitrites** et **phosphates** restent bonnes en 2004. On constate toutefois un léger excès de phosphate en E4, conforme à l'accumulation de phosphate généralement observée dans les milieux lagunaires en période estivale.

Les concentrations en **azote total** sont « très bonnes » et, on constate une légère baisse dans la partie sud (E4) entre 2003 et 2004.

En 2004, les concentrations en **phosphore total** sont plus élevées que les années précédentes, cet enrichissement est mesuré en octobre où les concentrations sont respectivement mauvaises et médiocres aux stations E2 et E4.



Tableau 10 : Evolution des teneurs en contaminants organiques dans l'eau de l'étang de Biguglia, de 2000 à 2004, aux stations E2 et E4

	Biguglia (E2) 2004			Biguglia (B2)			Biguglia (E4) 2004			Biguglia Sud (B4)		
	Juin	Aout	Octobre	1999	2002	2003	Juin	Aout	Octobre	1999	2002	2003
Oxygène dissous (écart saturation)	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Moyen	Très bon	Très bon	Médiocre	Bon	Mauvais	Moyen	Médiocre
Turbidité	Moyen	Moyen	Moyen	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Moyen	Moyen	Très bon	Très bon	Très bon
Phosphates	Bon	Bon	Bon	Bon	Très bon	Très bon	Médiocre	Bon	Bon	Médiocre	Bon	Médiocre
Azote inorganique dissous	Moyen	Moyen	Moyen	Bon	Bon	Bon	Moyen	Moyen	Moyen	Médiocre	Mauvais	Bon
Nitrites	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Très bon	Médiocre	Moyen	Mauvais
Nitrates	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Très bon	Moyen	Très bon	Bon
Ammonium	Très bon	Très bon	Mauvais	Moyen	Moyen	Bon	Très bon	Très bon	Mauvais	Médiocre	Mauvais	Moyen
Chlorophylle a	Très bon	Très bon	Bon	Médiocre	Bon	Mauvais	Très bon	Médiocre	Bon	Très bon	Médiocre	Moyen
Chlorophylle a + phéopigments	Très bon	Très bon	Bon	Médiocre	Bon	Mauvais	Très bon	Moyen	Bon	Très bon	Moyen	Moyen
Azote total	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Très bon	Très bon	Bon	Bon	Bon	Moyen
Phosphore total	Très bon	Bon	Mauvais	Moyen	Très bon	Moyen	Médiocre	Très bon	Médiocre	Moyen	Très bon	Moyen
ETAT COLONNE D'EAU	Très bon	Bon	Mauvais	Médiocre	Bon	Mauvais	Moyen	Moyen	Médiocre	Médiocre	Mauvais	Moyen

Légende Très bon Bon Moyen Médiocre Mauvais

5.2.3. Température

Des études précédentes (Orsoni et al., 2002) ont permis de noter qu'au cours de l'année la température de l'eau varie de 8 à 29°C de manière homogène sur l'ensemble de la lagune. De même, durant les 3 campagnes d'échantillonnage, la température a varié de façon homogène sur l'ensemble des stations, avec les températures les plus basses mesurées en P3 (Figure 15), en égalant sans les dépasser les maxima enregistrés les années précédentes.



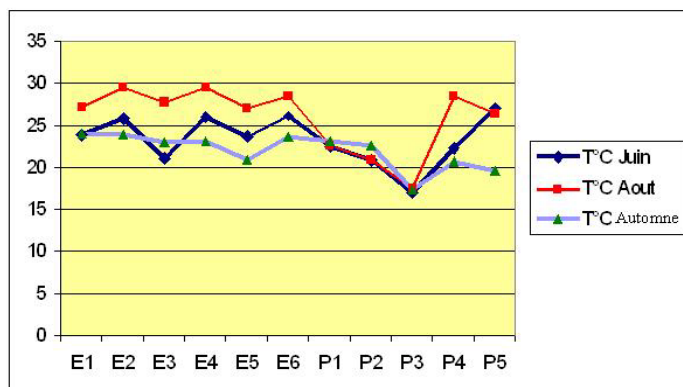


Figure 14 : Evolution de la température aux différentes stations d'échantillonnage, au printemps, en été et automne 2004

5.2.4. Salinité

Dans la lagune (stations E2, E4, E6), les températures les plus élevées ont été relevées en E2. Elles décroissent ensuite dans le bassin sud (E4, E6). De la même manière que pour les études réalisées précédemment sur la lagune, on constate un gradient de salinité décroissant du nord vers le sud, ce qui s'explique en grande partie par le positionnement du grau au nord de l'étang.

Au niveau des apports par le bassin versant, les stations E3, P2 et P3 sont les moins salées (Figure 16).

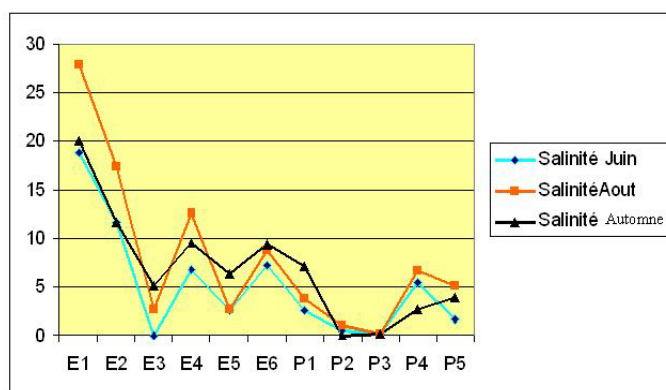


Figure 15 : Evolution de la salinité aux différentes stations d'échantillonnage, au printemps en été et en automne 2004

6. conclusion



Cette étude a permis, à travers l'étude du compartiment sédimentaire et de la colonne d'eau, de mettre en évidence l'importance des apports par le bassin versant sur l'état actuel de la qualité du milieu.

Les analyses des échantillons prélevés aux stations situées sur le pourtour de la lagune révèlent des apports aussi bien de micropolluants métalliques que de composés organiques et de nutriments. Ces apports sont mesurés à la fois dans la colonne d'eau et dans le sédiment.

En ce qui concerne les micro polluants métalliques, les résultats montrent un gradient de contamination croissant du nord au sud identifié pour l'ensemble des micropolluants hormis le nickel et le chrome. Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans les stations situées dans le canal du Fossone qui permet la liaison entre le Golo et la lagune, faisant supposer des apports en métaux – naturels ou d'origine anthropique- par cet exutoire.

Le point marquant concerne la contamination de la lagune et de sa périphérie, relevée à la fois par l'analyse de l'eau et des sédiments. On peut émettre l'hypothèse d'un bruit de fond géochimique élevé, lié à la nature des sols. Cette hypothèse est renforcée par une étude réalisée par le BRGM (BRGM, 1994) qui a permis de démontrer que la nature des sols du bassin versant de Biguglia était riche en nickel et chrome.

Cette même étude a par ailleurs caractérisé le secteur de Biguglia comme une zone à risque pour la contamination des eaux par le cuivre en raison principalement de la présence d'une mine de cuivre sur le bassin versant de l'étang. Ceci pourrait expliquer notamment les teneurs en cuivre élevées mesurées dans la plupart des stations.

Par rapport aux analyses effectuées en 2000, aucune tendance particulière n'a été mise en évidence. Les données de 2004 confirment celles de 2002, en précisant notamment la répartition géographique de la contamination. Seul le cuivre semble présenter une augmentation de ses teneurs dans les sédiments.

D'une manière générale, les niveaux en éléments traces observés dans la colonne d'eau confirment ceux observés dans les sédiments.

Les concentrations mesurées dans l'eau pour le mercure, le cadmium, le plomb et le zinc sont en revanche peu élevées et caractéristiques d'hydrosystèmes peu ou pas contaminés.



En ce qui concerne les paramètres de l'eutrophisation, les principaux apports à l'étang concernent les nitrites (NO_2^-) et les nitrates (NO_3^-), susceptibles de favoriser l'eutrophisation du milieu. Les valeurs les plus importantes sont mesurées aux stations P2 et P3 et dans une moindre mesure en P4 pour les nitrates. On voit nettement que ces apports azotés proviennent du bassin versant ; leur origine est à rechercher soit dans des effluents non contrôlés (effluents domestiques ou d'élevage), soit dans l'utilisation d'engrais.

Ces teneurs importantes en nitrites et nitrates sont cependant bien plus faibles aux stations centrales. C'est probablement leur consommation par la biomasse végétale qui conduit à cette diminution aux stations centrales.

Les sédiments sont aussi enrichis en azote total dans la plupart des stations alors que les teneurs en phosphore sont, en revanche, peu élevées. En 2003 et 2004, les sédiments affichent un fort enrichissement en azote total (NT).

Le chapitre suivant conclut sur l'intérêt d'un tel suivi pour les besoins des gestionnaires et met en évidence la complexité d'analyse et de traitement des teneurs en micro polluants dans l'eau, tout en proposant d'autres alternatives que le suivi dans la colonne d'eau.



7. recommandations



Les analyses effectuées ont permis de dégager un certain nombre de points forts ayant trait notamment aux niveaux rencontrés en contaminants et sels nutritifs (sédiments et colonne d'eau) et étant exposés dans la conclusion de ce rapport.

Des hypothèses ont également été émises quant aux apports de contaminants par le bassin versant.

Ces préoccupations rejoignent celles de la DCE qui préconise la mise en place d'un suivi à long terme des masses d'eau, dans le but de vérifier l'atteinte du « bon état » (écologique et chimique) de ces masses d'eaux en 2015. Cette phase qui sera lancée en 2006 par la mise en place de réseaux de surveillance de la qualité des eaux aboutira au démarrage du premier programme d'actions, à l'horizon 2009, qui consistera dans la pratique à une révision des SDAGE et des plans de gestion actuels.

Les masses d'eau étant intégratrices de ce qui se passe au niveau du bassin versant, il sera donc primordial d'identifier l'ensemble des activités anthropiques du bassin versant et d'évaluer leur impact sur le milieu.

Ces recommandations sont donc de deux ordres, celles concernant le suivi lagunaire et celles concernant l'élargissement des études à l'échelle du bassin versant.

1 – Concernant le suivi dans le milieu

Le diagnostic visant à établir l'état écologique et chimique de l'étang de Biguglia, et qui constituait la première étape de la démarche DCE, a été réalisé en 2003. Ce diagnostic a permis de renseigner la grille NABE du site (« Non Atteinte du Bon Etat ») et d'évaluer son risque de Non Atteinte du Bon Etat comme étant fort.

Il convient désormais d'améliorer la surveillance de la qualité des eaux qui jouera un rôle primordial dans cette démarche.

- Compartiment sédiments : la surveillance peut être étendue aux Cobalt et à l'Arsenic, généralement associés au Chrome et au Nickel quoiqu'en proportions plus faibles.
- Compartiment eau : bien que confirmant les mesures réalisées dans le compartiment sédimentaire, les tendances qui se dégagent de l'étude de la colonne d'eau méritent d'être confirmées grâce à l'utilisation de capteurs passifs (DGT ou gradient diffusion in thin film ; figure 16), qui intègrent les concentrations "biodisponibles" sur des pas de temps plus importants. L'analyse des métaux piégés sur le capteur permettrait ensuite de déterminer sa concentration dans l'eau, suivant une méthodologie mise au point par l'Ifremer. Cette technique, utilisée avec succès sur les côtes corses depuis 2003, pourrait



donc être mise en place sur le site de l'étang de Biguglia pour valider et compléter les mesures ponctuelles effectuées.

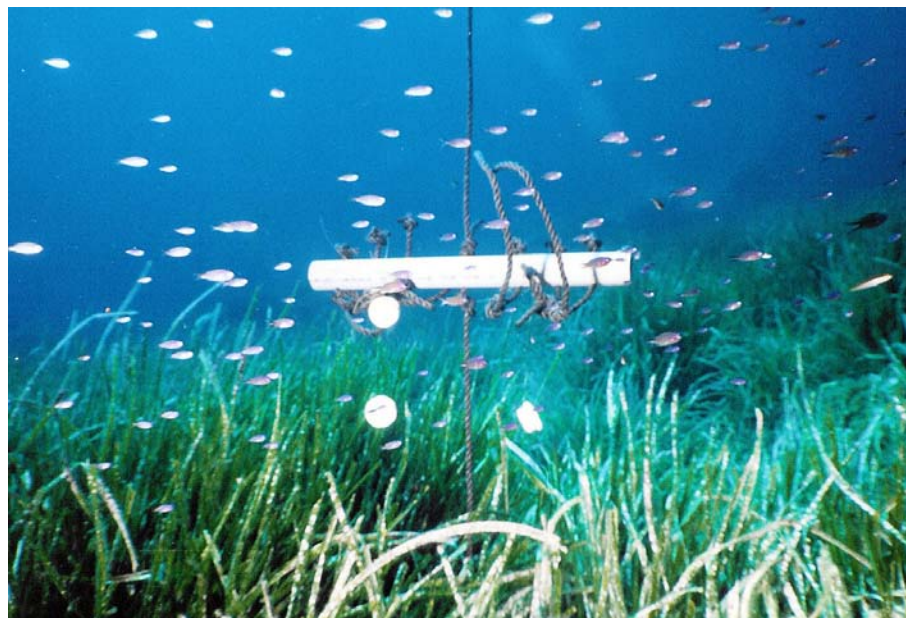


Figure 16 : Capteur passif DGT

La surveillance de la qualité du milieu marin est effectuée en Méditerranée notamment grâce au Réseau National d'Observation. En outre l'étude de la contamination dans le compartiment sédiments et dans la colonne d'eau ce réseau s'appuie sur la capacité des moules à concentrer les contaminants chimiques dans ses tissus. Cette technique permet d'évaluer les niveaux de contamination chimique biodisponibles dans la colonne d'eau sur des pas de temps intermédiaires à ceux résultant de l'étude des compartiments eau et sédiments, telle qu'elle est actuellement réalisée sur l'étang de Biguglia. En effet, le compartiment sédiment cumule les pollutions passées et présentes et donne donc une indication se rapprochant plus de l'état de contamination du milieu, alors que les mesures réalisées dans la colonne d'eau, soumises à de fortes fluctuations, ne permettent de déterminer la contamination que de manière très ponctuelle dans le temps.

L'utilisation de bivalves permettrait d'obtenir des données intégrant les concentrations de contaminants sur des pas de temps de l'ordre du mois, et donc de permettre l'établissement d'un diagnostic plus précis de la qualité chimique des masses d'eau en déterminant les niveaux de contamination actuels.

Deux solutions existent dans ce sens :



- Le monitoring passif : c'est le cas du RNO qui se base uniquement sur l'étude de gisements naturels de bivalves
- le « monitoring actif » : c'est le cas de RINBIO (Réseau Intégrateurs Biologiques) qui a recours à des transplants d'individus provenant d'un site de référence. Cette technique, mise en place à l'aide de « cages à moules », permet de sélectionner les stations indépendamment de la présence de populations naturelles, de leur distance à la côte et de leur profondeur. Elle permet en outre de réduire l'influence de nombreux facteurs externes et internes, susceptibles d'induire des fluctuations dans les mesures : variations entre espèces, variations saisonnières, variations pour une même classe d'âge ou de taille en raison de différences génétiques. On parle dans ce cas de « monitoring actif ».

Dans l'hypothèse ou l'option du monitoring actif serait choisie, il conviendrait dans un premier temps de d'étudier l'impact potentiel de l'implantation temporaire de « cages à moules » dans l'étang.

Concernant l'interprétation de la qualité du milieu, il convient aussi de souligner les difficultés rencontrées en raison de l'absence pour l'instant de seuils de référence réglementaires pour les teneurs en micropolluants métalliques dans les lagunes, ainsi que de valeurs permettant de définir le bruit de fond inhérent à l'étang de Biguglia. L'obtention de telles références permettraient d'évaluer la qualité du milieu dans le contexte particulier de l'étang de Biguglia et de différencier la contamination liée à des apports anthropiques de celle liée à la nature géologique des sols. La réalisation d'un carottage sédimentaire profond visant à déterminer ces valeurs pourrait donc se révéler essentiel.

2- élargissement de l'étude à l'ensemble du bassin versant

La compréhension des mécanismes à l'origine de la contamination de la lagune est désormais nécessaire au vu des objectifs ambitieux en matière de préservation, de restauration et de gestion déterminés par la Directive Cadre Eau (2000/60/CE).

Il conviendrait donc d'élargir les études des sources de pollutions à l'ensemble du bassin versant de la réserve notamment en répertoriant et en cartographiant les activités anthropiques prenant place dans le bassin versant de la réserve et pouvant avoir une influence sur la qualité écologique de son milieu.

Cette inventaire se concentrerait en particulier sur les activités de production agricole et d'élevage, les divers rejets, urbains et industriels ainsi que les activités minières.



8. Liste des tableaux



Tableau 1 : Localisation et coordonnées GPS des stations de prélèvements.....	8
Tableau 2 : paramètres mesurés dans le sédiment et méthodes d'analyses	12
Tableau 3 : Paramètres mesurés dans l'eau et méthodes d'analyses	15
Tableau 4: Valeurs du Bruit de fond géochimique évalué d'après les valeurs de la bibliographie et dans les niveaux profonds des carottes du Réseau National d'Observation (RNO) mg/Kg	25
Tableau 5 : Classes de contamination pour les métaux (en mg/Kg de p.s.)	27
Tableau 6 : Evolution des teneurs en micropolluants métalliques dans les eaux de l'étang de Biguglia entre 2000 et 2004	29
Tableau 7 : évaluation de la qualité des sédiments pour NT et PT dans les sédiments de l'étang de Biguglia.....	31
Tableau 8: Evolution des teneurs en NT et PT dans les sédiments de l'étang de Biguglia, de 2000 à 2004.....	31
Tableau 9: Moyenne des concentrations en métaux lourds (en µg/L), par station, pour les campagnes de printemps, été , automne 2004.....	33
Tableau 10 : Evolution des teneurs en contaminants organiques dans l'eau de l'étang de Biguglia, de 2000 à 2004, aux stations E2 et E4	41



9. Liste des figures



Figure 1 : Localisation de l'étang de Biguglia.....	6
Figure 2 : Localisation des points de prélèvements	9
Figure 3 : Vues de la station de prélèvement E1	10
Figure 4 : Vues de la station de prélèvement P1 à gauche et de la station de pompage, à droite	10
Figure 5 : Vues de la station de prélèvement P3 à gauche et de la station de pompage, à droite	10
Figure 6 : vue de la station de prélèvement P3	11
Figure 7 : Benne Eckman.....	11
Figure 8: Devenir de l'échantillon de sédiment.....	13
Figure 9 : teneurs en micro polluants dans les sédiments de l'étang de Biguglia en fonction de la répartition nord/sud des stations pour Hg, Zn, Cu, Cd et Pb. Un "outlayer" (P4), a été supprimé. Ce point était excentré, et présentait un comportement particulier.....	26
Figure 10 : Teneurs en micro-polluants métalliques dans les sédiments de l'étang de Biguglia.....	28
Figure 11: Evolution des teneurs en Ni dans la colonne d'eau (en µg/L) aux différentes stations, pour les campagnes de printemps, été, automne 2004.....	35
Figure 12 : Evolution des teneurs en NO ₂ ⁻ , NO ₃ ⁻ et NH ₄ ⁺ (en µM) aux différentes stations d'échantillonnage de la colonne d'eau, au printemps, en été et en automne 2004	38
Figure 13 : Evolution des teneurs en NT et PT et PO ₄ ³⁻ (en µM) aux différentes stations d'échantillonnage de la colonne d'eau, au printemps, en été et en automne 2004	39
Figure 14 : Evolution de la température aux différentes stations d'échantillonnage, au printemps, en été et automne 2004	42
Figure 15 : Evolution de la salinité aux différentes stations d'échantillonnage, au printemps en été et en automne 2004	42
Figure 16 : Capteur passif DGT.....	48



10. Références Bibliographiques



ANDRAL B., ORSONI V., TOMASINO C., (2004). Cartographie chimique du compartiment sédimentaire du littoral Corse. Ifremer R.INT.DEL/PAC/04-02. 54 p.

BOUTIER B. et CLAISE D. (2001). Les carottes sédimentaires mémoire de la contamination. Surveillance du Milieu Marin, Travaux du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Ed. Ifremer et Ministère de l'Environnement. 21-39.

BRGM. (1994). Risque de pollution par métaux lourds, arsenic, des eaux destinées à la consommation humaine. 15p.

CAZIN F., LOST C. et LEBEC C. (1995). Qualité des eaux littorales en Languedoc – Roussillon. Bilan des réseaux de surveillance. Ed. CEPALMAR et Ifremer. 150p.

CHIFFOLEAU J.F., CLAISSE D., COSSA D., FICHT A., GONZALES J.L., GUYOT T., MICHEL P., MIRAMAND P., OGER C. et PETIT F. (2001). La contamination métallique. Programme scientifique Seine-Aval. Ed. IFREMER : 39p.

CLAISSE D., BOUTIER B. et TRONCZYNSKI J. (1998). Les contaminants chimiques dans les sédiments du littoral méditerranéen. Surveillance du Milieu Marin, Travaux du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin. Ed. IFREMER et Ministère de l'Environnement. 9-511998.

COSSA D., THIBAUD Y., ROMEO M. (1990). Le mercure en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapports Scientifiques et Techniques de l'Ifremer N°19, 130p.

DONNAZOLO R., ORIO A.A., PAVONI B., PERIN G. (1984). Heavy metals in the sediments of the Venice Lagoon. Ed. Oceanologica Acta. 25-32.

FRISONI G.F. & DUTRIEUX E., 1992. L'étang de Biguglia – Diagnostic écologique 1991 – 1992. Rapp. IARE : 167p.

IFREMER, 2004 Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc – Roussillon : Bilan des résultats 2003. Rapport RSL-04/2004, 424p.

IFREMER, CREOCEAN, UNIVERSITE DE MONTPELLIER II, 2000. Mise à jour d'indicateurs de la qualité des milieux lagunaires. Marché public n° 989051. Rapp. Final IFREMER/DEL/SETE : 423p.

JOANNY M. (1997). Surveillance de l'environnement littoral et côtier. Direction Environnement et Aménagement littoral Service Applications opérationnelles. Ed. Ifremer. 32p.

MOREL M., ANDRAL B., BERTHOME J.P. et JOANNY M. (1999). Surveillance de la qualité de l'environnement littoral. Propositions pour une meilleure coordination des réseaux. Ed. Ifremer. 36p.

NEFF J.M. (1979). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources, fates and biological effects. Applied Science Publishers Ltd. Ripples road, Barking, Essex, England. 262p.



ORSONI V. IFREMER, 2002. Réseau de Suivi Lagunaire Corse 2002 : Rapp. Final : 75p.

ORSONI V. IFREMER, 2003. Réseau de Suivi Lagunaire Corse 2003 : Rapp. Final : 114p.

ORSONI V., SOUCHU P., SAUZADE D., 2001. Caractérisation de l'état d'eutrophisation des trois principaux étangs corses (Biguglia, Diana et Urbino), et proposition de renforcement de leur surveillance. Rapp. Final. IFREMER/DEL/CO : 175p.

RNO 1998 – Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 1998. Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. 52p.

SOUCHU P., GASC A., COLLOS Y., VAQUER., TOURNIER H., BIBENT B., DESLOUS-PAOLI J-M. (1998). Biogéochimical aspects of bottom anoxia in a mediterranean lagoon (Thau, France). Mar. Ecol. Prog. Ser. 164p.



11. Annexes



Annexe I

Niveaux de Référence définis par la commission OSPAR		
Substance	Eau (µg/l)	Sédiments (mg/kg mat, sèche)
Métaux Trace		
As	1-10 (f)	
Cd	0,01-0,1 (f)	
Cr	1-10 (f)	10-100 (p)
Cu	0,005-0,05 (f)	
Hg	0,005-0,05 (f)	
Ni	0,1-1 (p)	5-50 (p)
Pb	0,5-5 (f)	
Zn	0,5-5 (f)	
Pesticides Organochlorés		
DDE	n.r.	
Dieldrine	n.r.	
Lindane	0,005-0,005 (f)	
HPA		
Naphtalène	5-50 (f)	
Phénanthrène	0,5-5 (p)	
Anthracène	0,001-0,01 (p)	
Fluoranthène	0,01-0,1 (p)	
Pyrène	0,05-0,5 (p)	
Benzo [a] anthracène	n.d.	
Chrysène	n.d.	
Benzo [k] fluoranthène	n.d.	
Benzo [a] pyrène	0,01-0,1 (p)	
Benzo [ghi] perylène	n.d.	
Indéno [123-c.d] pyrène	n.d.	
Σ PC	n.r.	
TBT	0,00001-0,0001 (f)	

- f = ferme
 p = provisoire
 f.c. = pour considération ultérieure
 n.r. = pas pertinent pour le programme de surveillance actuel
 n.d. = données indisponibles ou insuffisantes
 I = cette fourchette se trouve dans la gamme des valeurs ambiantes pour les eaux naturelles. Cette valeur doit être comparée à la fraction biodisponible dans l'eau de mer



Annexe II

Exemple de grille utilisée pour l'évaluation de la qualité de l'eau du Réseau de suivi Lagunaire Corse (RLC) contenant les seuils de référence pour les paramètres étudiés (Ifremer-Créocéan-UMII, 2000).

U2S			Très bon		Bon		Moyen		Médiocre		Mauvais
[Δ % O ₂ SAT]		0		20		30		40		50	
TUR	(NTU)	0		5		10		25		40	
PO ₄ ³⁻	(μM)	0		0.3		1		1.5		4	
NID	(μM)	0		2		6		10		20	
NITRI	(μM)	0		0.3		0.5		0.75		1	
NITRA	(μM)	0		1		3		5		10	
AMMO	(μM)	0		1		3		5		10	
Chl-a	(mg.m ⁻³)	0		5		7		10		20	
Chlaphe	(mg.m ⁻³)	0		7		10		15		25	
NT	(μM)	0		50		75		100		120	
PT	(μM)	0		0.75		1.5		2.5		4.5	



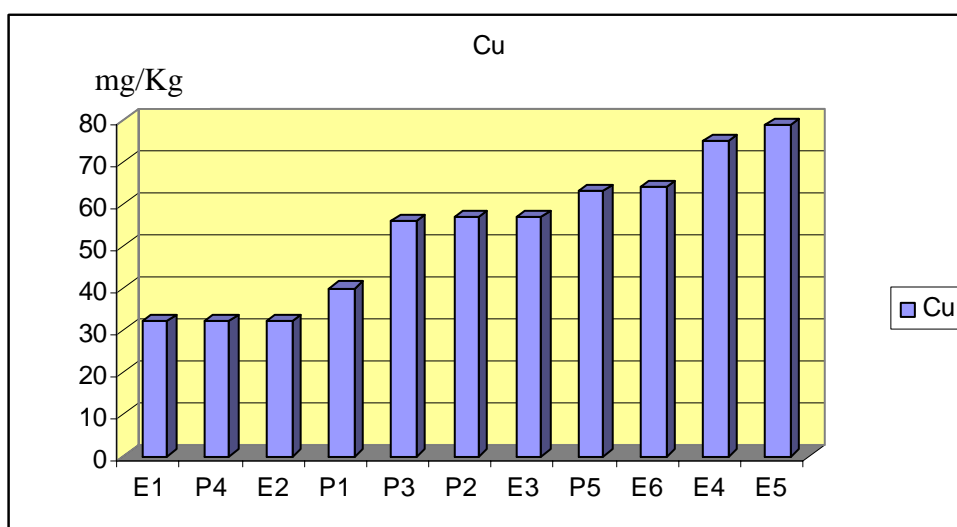
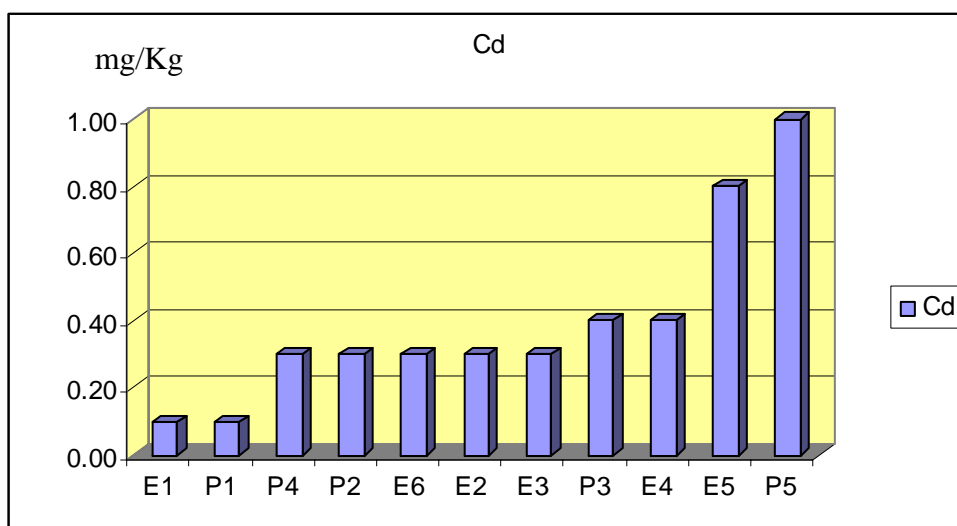
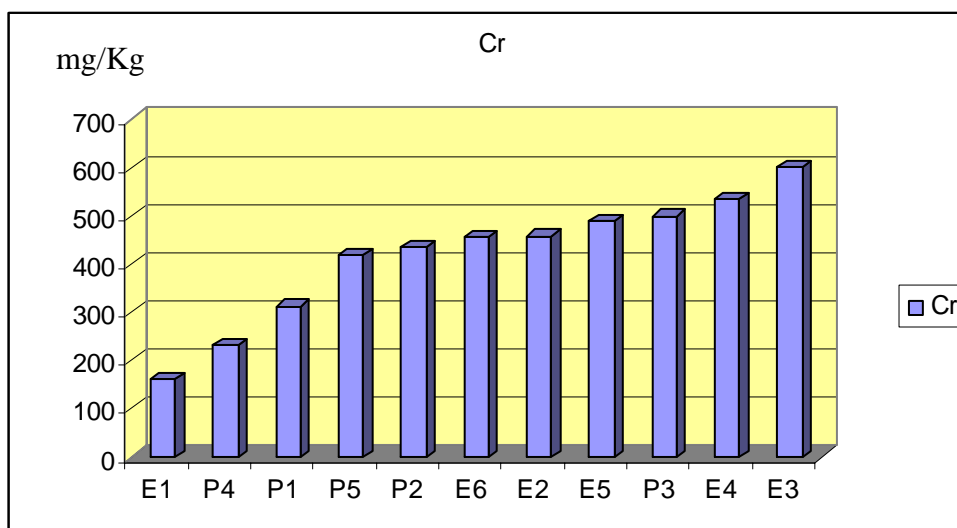
Annexe III

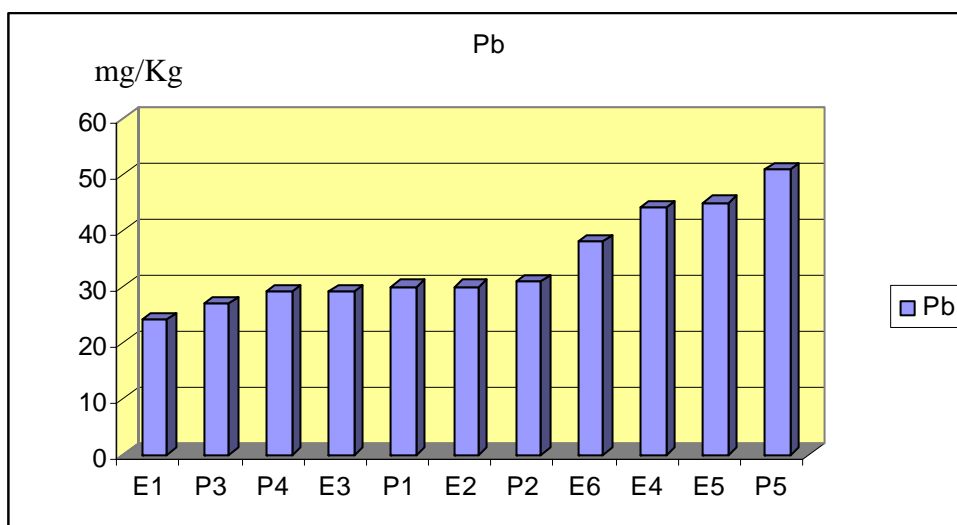
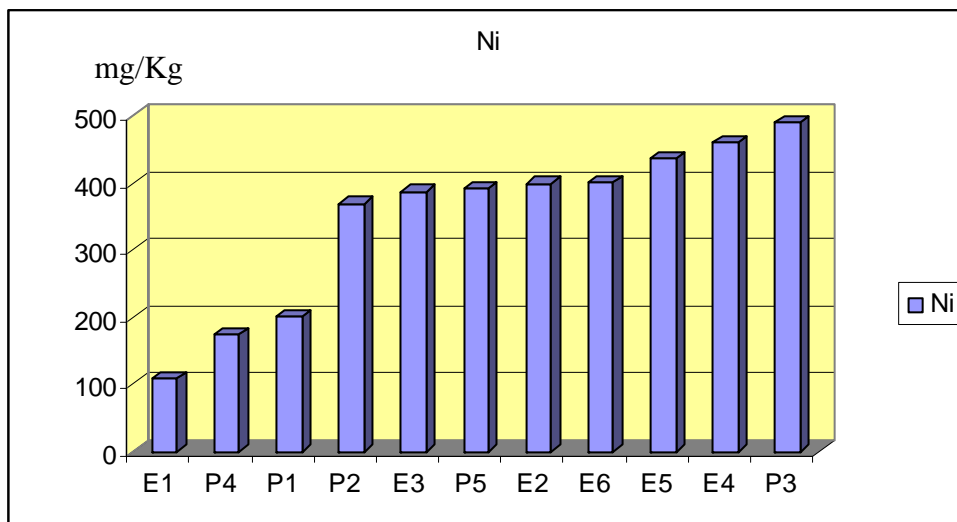
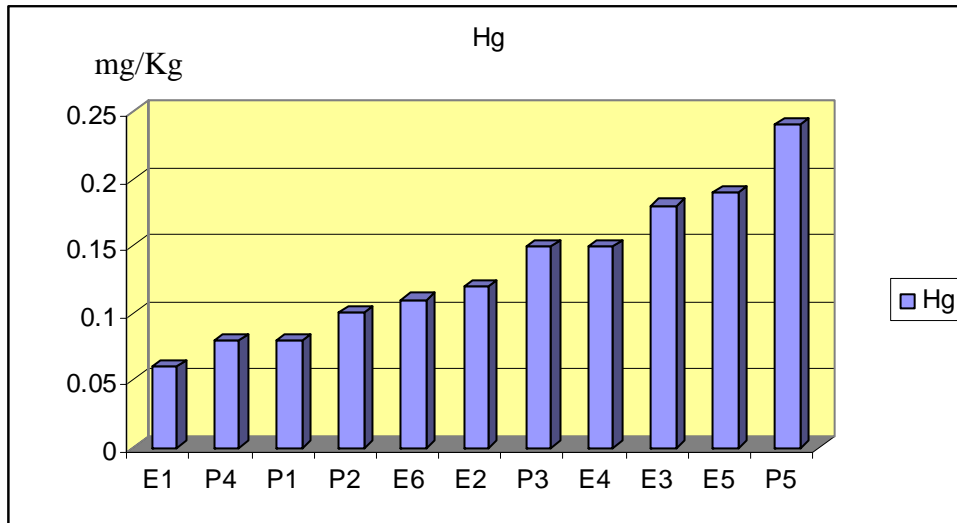
Biguglia : résultats des analyses réalisées dans les sédiments en Automne 2004										
Station	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	% MS	Pt (mg/kg)	Nt (%N/sec)
E1	0.1	162	32	0.06	108	24	55	55.3	609	0.17
E2	0.3	458	32	0.12	399	30	82	27.2	435	0.55
E3	0.3	602	57	0.18	387	29	104	30.8	695	0.54
E4	0.4	536	75	0.15	459	44	104	22.2	598	0.75
E5	0.8	490	79	0.19	436	45	127	20.7	718	0.82
E6	0.3	457	64	0.11	401	38	88	23.2	456	0.67
P1	0.1	313	40	0.08	200	30	67	48.9	595	0.33
P2	0.3	434	57	0.1	369	31	77	23.6	603	0.73
P3	0.4	499	56	0.15	489	27	96	16.3	938	0.73
P4	0.3	233	32	0.08	173	29	80	62.7	525	0.17
P5	1	418	63	0.24	391	51	109	19.2	464	0.69
Station	Naphtalène (µg/kg/sec)	Acénaphtylène (µg/kg/sec)	Acénaphène (µg/kg/sec)	Fluorène (µg/kg/sec)	Phénanthrène (µg/kg/sec)	Anthracène (µg/kg/sec)	Fluoranthène (µg/kg/sec)	Pyrène (µg/kg/sec)	Chrysène (µg/kg/sec)	
E1	<1	<10	<1	<1	2.9	<1	12	11	9.8	
E2	5.9	<10	<1	2.2	12	2.3	33	31	50	
E3	64	<10	2.9	4	30	3.6	30	30	15	
E4	2.8	<10	<1	2.1	6.8	3.1	22	16	9.2	
E5	5.7	<10	<1	3.5	12	4	31	26	12	
E6	2.3	<10	<1	1.3	8.3	3.2	40	37	16	
P1	<1	<10	<1	<1	6.7	<1	42	38	24	
P2	2.7	<10	<1	2.1	18	3.4	50	47	24	
P3	<1	<10	<1	1.2	7.8	<1	7	7	6.3	
P4	1.2	<10	<1	1.3	1.7	<1	5.9	6.7	6.9	
P5	1.2	<10	<1	2.5	11	2.3	29	23	11	

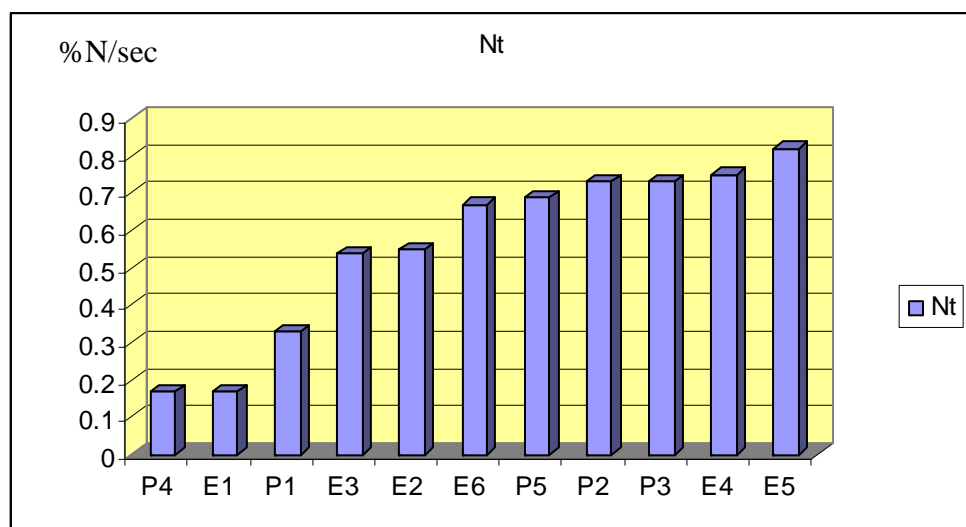
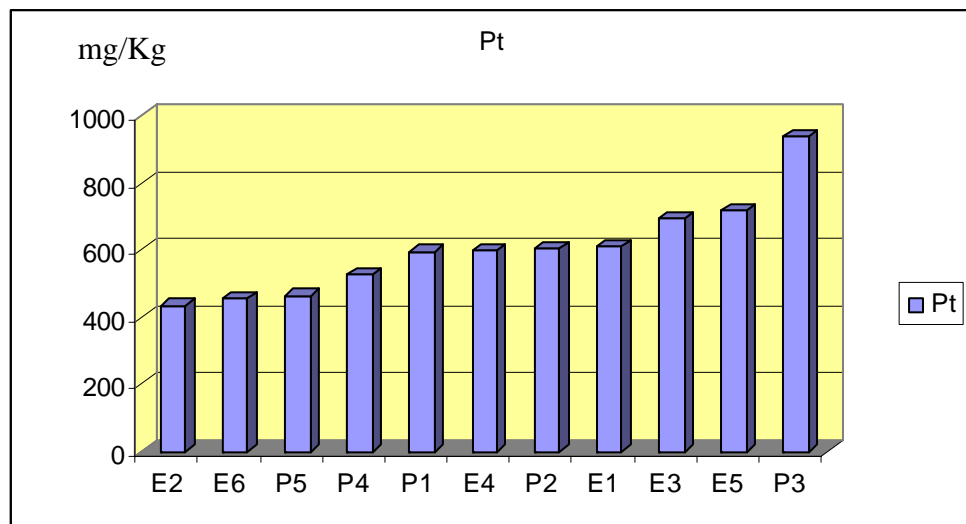
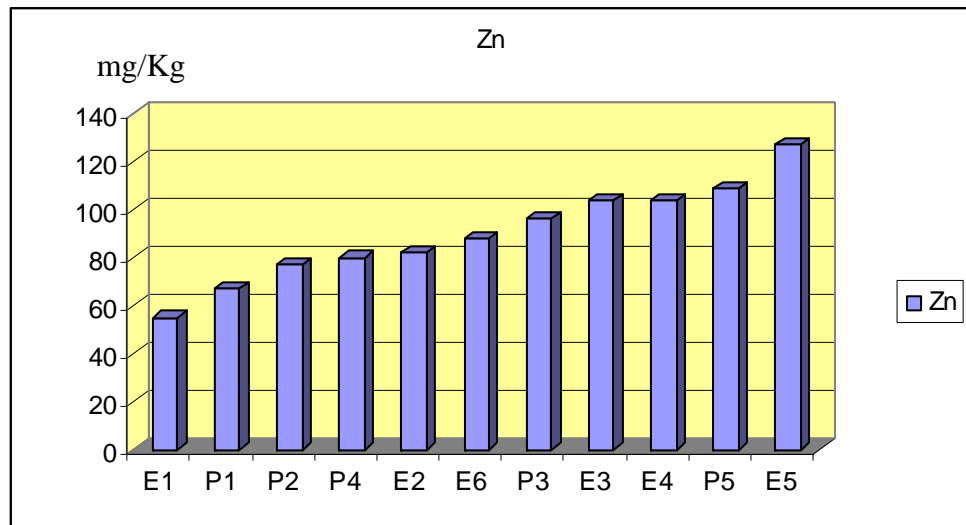
Biguglia : résultats des analyses réalisées dans les sédiments en Automne 2004							
Station	Benzo (a) Anthracène (µg/kg/sec)	Benzo (b) fluoranthène (µg/kg/sec)	Benzo (k) fluoranthène (µg/kg/sec)	Benzo (a) pyrène (µg/kg/sec)	Dibenzo (a,h) anthracène (µg/kg/sec)	Benzo (g,h,i) pérylène (µg/kg/sec)	Indéno (1,2,3,cd) pyrène (µg/kg/sec)
E1	6.2	12	5.4	9.7	1.1	7.8	8.8
E2	34	28	12	21	4	20	21
E3	13	20	8.6	17	<1	17	14
E4	10	25	10	12	1	17	19
E5	16	36	13	19	1.8	21	23
E6	20	38	16	26	4.9	24	27
P1	22	25	12	23	2.2	17	18
P2	23	37	15	28	4.3	22	23
P3	3.9	17	2.4	3.9	<1	4.7	4.7
P4	3.4	4.2	1.9	4	2.1	6.2	2.3
P5	11	38	10	14	1.8	18	19
Station	pp' DDE (µg/kg/sec)	op' DDD (µg/kg/sec)	pp' DDD (µg/kg/sec)	op' DDT (µg/kg/sec)	pp' DDT (µg/kg/sec)	op' DDE (µg/kg/sec)	
E2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
E4	<1	<1	<1	<1	<1	<1	

Annexe IV

Teneurs en micropolluants toxiques et enrichissement organique dans les sédiments de l'étang de Biguglia en automne 2004







Annexe V

Biguglia : résultats des analyses réalisées dans la colonne d'eau en juin 2004														
Station	T°C	Salinité	% sat. O ₂	O ₂ dissout	NH ₄ (µmole/l)	NO ₃ (µmole/l)	NO ₂ (µmole/l)	PO ₄ (µmole/l)	Chla (mg/m ³)	Phéo (mg/m ³)	Nt (mg/l N)	Pt (mg/l P)	COD (mg/l C)	Agents de Surface Anioniques (mg/l)
E1	23.9	18.8	100	10	1.2	0.14	0.11	1.08	<1,5	<1,5	0.92	0.07	4.1	<1
E2	25.8	11.7	104.3	8.54	<0,5	<0,08	0.09	0.62	<1,5	<1,5	0.84	0.03	6.4	<1
E3	21.1	0	71	6.37	0.9	10.2	0.71	0.73	<1,5	<1,5	0.47	0.05	4.1	<0,05
E4	26	6.8	98	8.04	<0,5	<0,08	<0,04	1.21	1.9	<1,5	1.17	0.08	8	<0,5
E5	23.7	2.6	35.5	3.04	1.4	7.42	0.39	0.85	1.6	2.1	0.75	0.03	3.2	<0,2
E6	26.1	7.3	110	9.02	0.5	0.08	<0,04	2.56	<1,5	<1,5	1.23	0.08	8.9	<0,5
P1	22.4	2.6	53	4.83	1.2	11.1	0.17	0.78	<1,5	2.5	0.98	0.02	4.1	<0,2
P2	20.9	0.5	110	9.95	1.7	102	1.62	0.66	<1,5	<1,5	0.38	0.04	3.5	<0,05
P3	17	0.2	63.7	6.2	<0,5	94.6	0.7	<0,53	<1,5	<1,5	0.56	0.03	5.5	<0,05
P4	22.3	5.5	99	8.1	2.5	40.5	1.75	0.92	1.5	2	1.56	0.08	3.4	<0,05
P5	27	1.6	85	6.63	2.9	3.68	0.29	1.47	<1,5	19.9	1.23	0.06	3.5	<0,2

Station	T°C	Salinité	% sat. O ₂	O ₂ dissout	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	Cr (µg/l)
E1	23.9	18.8	100	10	0.017	2.59	0.631	1.9	<0,005	4.33	0.44
E2	25.8	11.7	104.3	8.54	0.106	1.99	0.08	2.7	<0,005	6.26	1.76
E3	21.1	0	71	6.37	0.008	2.12	0.056	0.7	<0,005	4.62	0.91
E4	26	6.8	98	8.04	0.022	2.93	0.069	0.8	<0,005	7.33	0.81
E5	23.7	2.6	35.5	3.04	0.021	0.98	0.135	1	<0,005	5.81	0.17
E6	26.1	7.3	110	9.02	0.022	1.62	0.034	0.6	<0,005	5.4	0.24
P1	22.4	2.6	53	4.83	0.015	0.71	0.102	2	0.005	4.68	0.71
P2	20.9	0.5	110	9.95	0.013	1.3	0.077	1.4	<0,005	17.3	1.2
P3	17	0.2	63.7	6.2	0.015	2.09	0.07	4	<0,005	22.8	2.83
P4	22.3	5.5	99	8.1	0.058	0.94	0.231	2.2	0.006	9.68	1.27

Biguglia : résultats des analyses réalisées dans la colonne d'eau en août 2004														
Station	T°C	Salinité	% sat. O ₂	O ₂ dissout	NH ₄ (µmole/l)	NO ₃ (µmole/l)	NO ₂ (µmole/l)	PO ₄ (µmole/l)	Chla (mg/m ³)	Phéo (mg/m ³)	Nt (mg/l N)	Pt (mg/l P)	COD (mg/l C)	Agents de Surface Anioniques (mg/l)
E1	27.3	27.9	32.2	2.56	0.7	<0,08	0.15	0.94	1.5	1.5	1.03	0.03	6.3	
E2	29.6	17.4	86	6.67	0.8	<0,08	0.26	0.82	3.8	1.5	1.01	0.03	6.8	
E3	27.7	2.7	50.4	3.97	1.3	0.29	0.7	0.79	8.1	3.2	0.87	0.02	2.6	<0,25
E4	29.5	12.6	67.6	5.21	0.7	<0,08	0.39	0.74	11.5	2.6	<0,2	0.02	7.5	
E5	27	2.8	40.4	3.23	0.8	3.65	0.66	0.54	1.6	1.7	0.38	<0,02	1.3	<0,25
E6	28.5	8.8	27.8	2.16	0.7	<0,08	0.25	0.92	15.3	4	1.09	0.03	7.9	
P1	22.7	3.8	50	4.25	4.3	0.98	0.75	1.65	4.9	4	0.56	0.05	2.3	<0,25
P2	20.8	1	15.5	1.15	2.3	107	2.64	<0,53	<1,5	<1,5	0.23	<0,02	1	<0,25
P3	17.5	0.1	48	4.57	2	97.7	1.38	<0,53	1.6	1.5	0.31	<0,02	1	<0,15
P4	28.4	6.6	3.4	0.27	53.9	<0,08	0.97	1.67	<1,5	2.9	1.2	0.07	7.4	<0,5
P5	26.4	5.1	28.4	2.32	2.8	3.23	0.51	2.06	7.3	12.7	0.81	0.07	2.1	<0,25
Station	T°C	Salinité	% sat. O ₂	O ₂ dissout	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Hg (µg/l)	Ni (µg/l)	Cr (µg/l)			
E1	27.3	27.9	32.2	2.56	<0,005	0.44	0.07	1	<0,005	1.79	0.2			
E2	29.6	17.4	86	6.67	<0,005	0.79	0.027	0.4	<0,005	4.6	0.3			
E3	27.7	2.7	50.4	3.97	<0,005	0.61	0.025	1.2	<0,005	4.01	0.5			
E4	29.5	12.6	67.6	5.21	0.009	1.11	0.029	0.6	<0,005	5.81	1.6			
E5	27	2.8	40.4	3.23	<0,005	0.39	<0,001	0.4	<0,005	1.96	0.9			
E6	28.5	8.8	27.8	2.16	0.005	0.69	0.02	0.3	<0,005	4.49	0.5			
P1	22.7	3.8	50	4.25	0.005	0.3	0.013	0.7	0.006	1.78	2			
P2	20.8	1	15.5	1.15	<0,005	0.19	0.006	0.9	<0,005	5.45	0.6			
P3	17.5	0.1	48	4.57	<0,005	1	20.1	0.9	<0,005	12.4	1.5			
P4	28.4	6.6	3.4	0.27	<0,005	0.29	0.091	0.3	<0,005	<3,03	0.5			
P5	26.4	5.1	28.4	2.32	0.022	0.31	0.663	0.6	0.007	4.31	0.6			

Biguglia : résultats des analyses réalisées dans la colonne d'eau en Automne 2004														
Station	T°C	Salinité	% sat. O ₂	O ₂ dissout	NH4 (µmole/l)	NO3 (µmole/l)	NO2 (µmole/l)	PO4 (µmole/l)	Chla (mg/m ³)	Phéo (mg/m ³)	Nt (mg/l N)	Pt (mg/l P)	COD (mg/l C)	Agents de Surface Anioniques (mg/l)
E1	24	20	78.5	6.64	7.4	0.82	0.23	0.27	5.2	1.7	1.32	0.14	8.3	
E2	23.9	11.7	73	6.26	11.4	0.25	0.07	0.38	6.6	2.9	1.36	0.14	8.1	
E3	23	5.1	58.6	5.7	5.2	0.29	0.1	0.39	2.9	2	0.79	0.11	3.7	<0,25
E4	23.2	9.6	74	6.41	14	<0,08	0.12	0.51	6.3	3.3	1.47	0.12	7.8	
E5	20.9	6.4	80	7.18	3.5	26.4	0.66	0.7	<1,5	<1,5	0.62	0.11	2	<0,25
E6	23.6	9.4	64.6	5.86	7.1	0.13	0.07	0.58	3.2	<1,5	1.29	0.13	8.2	
P1	23.1	7.1	23	2.9	89.1	0.08	0.46	20.8	6.3	2.5	4.34	0.99	9.6	<0,25
P2	22.6	0	64.4	5.64	6	88.5	0.8	0.44	4.5	4.5	1.05	0.12	3.8	<0,25
P3	17.4	0.2	63	6.7	1.6	112	1.1	0.26	1.9	2.1	0.49	0.1	1.6	<0,05
P4	20.6	2.8	22	2.77	5.6	33.9	0.42	0.37	<1,5	<1,5	0.61	0.1	2.3	<0,25
P5	19.6	4	59.5	5.6	7.8	55.5	0.72	0.23	6.8	13.8	0.75	0.26	6.8	<0,25
Station	T°C	Salinité	% sat. O ₂	O ₂ dissout	Cd	Cu	Pb	Zn	Hg	Ni	Cr			
E1	24	20	78.5	6.64	0.018	2.03	1.67	2	<0,005	5.65	0.3			
E2	23.9	11.7	73	6.26	0.006	0.85	0.091	0.2	<0,005	6.71	0.8			
E3	23	5.1	58.6	5.7	0.006	0.71	0.154	0.5	<0,005	4.75	0.79			
E4	23.2	9.6	74	6.41	0.01	1.11	0.178	0.2	<0,005	7.18	1.43			
E5	20.9	6.4	80	7.18	0.024	0.38	0.081	0.4	<0,005	5.88	5.2			
E6	23.6	9.4	64.6	5.86	<0,005	0.86	0.035	0.2	<0,005	4.61	2.2			
P1	23.1	7.1	23	2.9	0.016	2.8	0.814	1.7	<0,005	3.42	1.4			
P2	22.6	0	64.4	5.64	0.007	0.72	0.266	0.3	<0,005	6.76	1.1			
P3	17.4	0.2	63	6.7	0.005	1.02	0.209	0.5	<0,005	18.5	1.1			
P4	20.6	2.8	22	2.77	0.025	0.26	0.092	0.2	0.006	8.99	0.6			
P5	19.6	4	59.5	5.6	0.045	0.44	0.315	0.6	<0,006	11	0.7			