



Prélèvement d'eau en Gironde

R.N.O.

Surveillance du Milieu Marin

Travaux du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin

Edition 2003



SOMMAIRES DES EDITIONS PRECEDENTES

Des copies des millésimes épuisés sont disponibles sur demande

Les éditions marquées **W** sont téléchargeables à l'adresse :

<http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/rnopublis.htm>

- 1988** (épuisé) LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
NI VEAUX ET TENDANCES DES PARAMETRES PRIORI TAI RES
GROS PLAN SUR LES NI TRATES EN RADE DE BREST
- 1989-1990** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
NI VEAUX ET TENDANCES DES PARAMETRES PRI ORI TAI RES (suite)
GROS PLAN SUR LA SURVEI LLANCE DES EFFETS BI OLOGI QUES
- 1991** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
TENDANCES DES POLLUANTS DANS LA MATI ERE VI VANTE
GROS PLAN SUR LA SURVEI LLANCE MI CROBI OLOGI QUE ET PHYTOPLANCTONI QUE
- 1992-1993** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
SURVEI LLANCE DES ELEMENTS NUTRI TIFS ET DE LA CHLOROPHYLLE
QUALI TE DU MI LI EU MARI N LI TTORAL : UNE SYNTHESE
- 1994** **W** (épuisé) LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
SURVEI LLANCE DES EFFETS BI OLOGI QUES PAR LA MESURE DE L'ACTI VI TE ENZYMATI QUE EROD
L'ARSENI C ET LE CHROME DANS LES COQUI LLAGES
- 1995** **W** (épuisé) LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
LES CONTAMI NANTS DANS LA MATI ERE VI VANTE
LES METAUX LOURDS DANS LES SEDI MENTS DE LA BAI E DE SEI NE (CAMPAGNE 1993)
- 1996** **W** (épuisé) LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
LE MACROBENTHOS MARI N : TEMOIN DES VARI ATI ONS DE L'ENVI RONNEMENT COTIER
LA SURVEI LLANCE DES CONTAMI NANTS DANS LA MATI ERE VI VANTE : COMPARAI SON FRANCE / ETATS-UNIS
- 1997** **W** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
QUADRI GE, UNE BASE DE DONNEES POUR L'ENVI RONNEMENT LI TTORAL
- 1998** **W** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
LES CONTAMI NANTS CHI MI QUES DANS LES SEDI MENTS DU LI TTORAL MEDI TERRANEEN
- 1999** **W** EDITORIAL : 25 ANS DE SURVEI LLANCE RNO
LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
LE METHYLMERCURE DANS LES MOLLUSQUES DU LI TTORAL FRANCAI S
LE TRI BUTYL ETAI N (TBT) DANS LES SEDI MENTS DES ETANGS LI TTORAU X MEDI TERRANEENS
I NDEX DES SUJETS TRAI TES DEPUI S 1988
- 2000** **W** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
TENDANCES TEMPORELLES DES TENEURS EN CONTAMI NANTS DANS LES MOLLUSQUES DU LI TTORAL FRANÇA I S
- 2001** **W** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
L'ARGENT, LE COBALT, LE NI CKEL ET LE VANADI UM DANS LES MOLLUSQUES DU LI TTORAL FRANÇA I S
LES CAROTTES SEDI MENTAI RES, MEMOIRE DE LA CONTAMI NATION
- 2002** **W** LE RNO : PROGRAMMES ACTUELS
LES POLYCHLOROBI PHENYLES (PCB) DANS L'ENVI RONNEMENT LI TTORAL
UTI LI SATI ON DES DONNEES DU RNO DANS LE CADRE DU NAUFRAGE DE L'ERI KA

En cas d'utilisation de données ou d'éléments de ce bulletin, il doit être cité sous la forme suivante :

RNO 2003.- Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 2003. Ifremer et Ministère de l'Écologie et du Développement Durable.
ISSN 1620-1124

Surveillance du milieu marin

TRAVAUX DU RNO

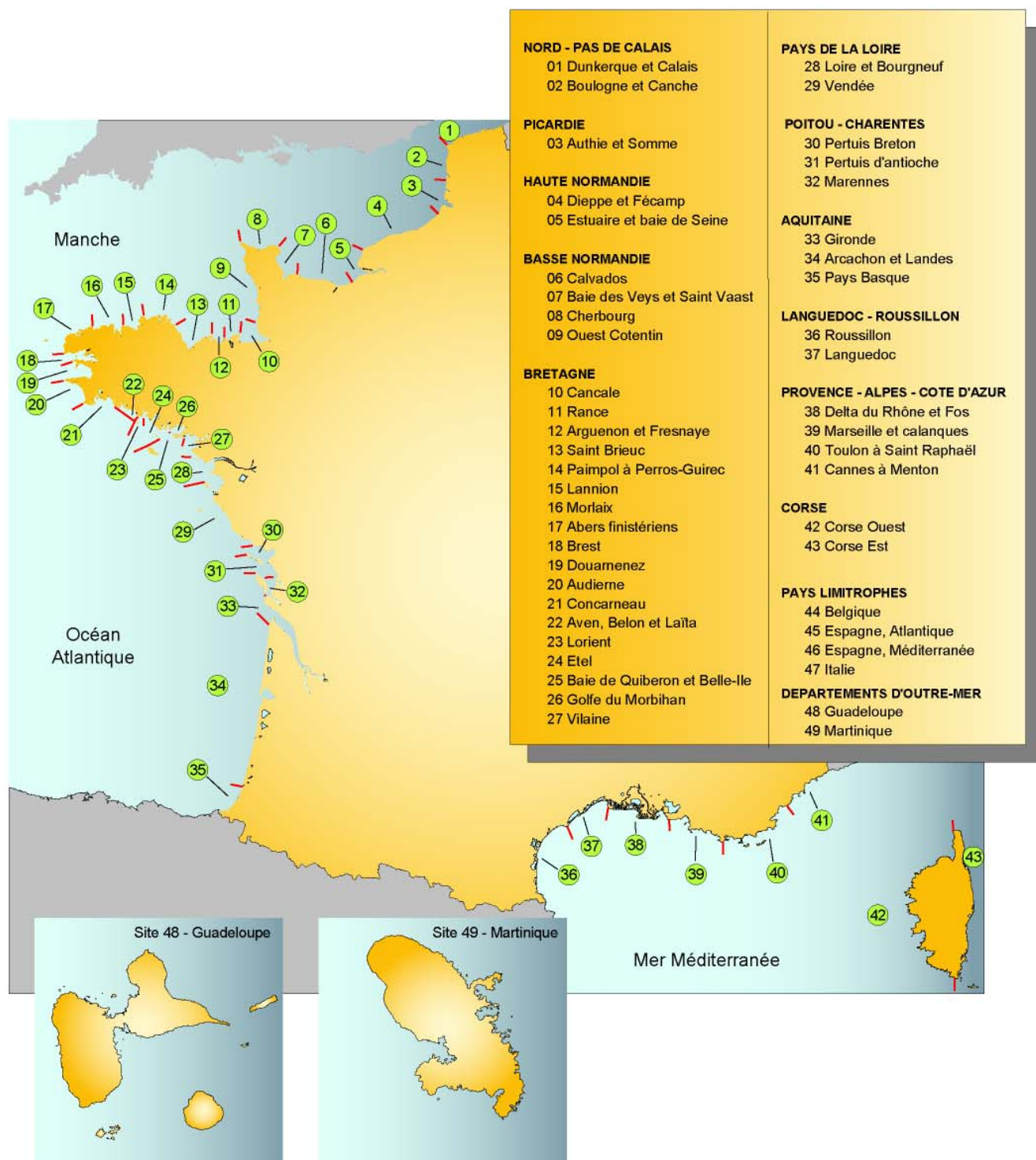
Edition 2003

Sommaire

- 1** Page 3 LE RNO : PRESENTATION GENERALE
- 2** Page 11 SURVEILLANCE DES ELEMENTS NUTRITIFS DE 1985 A 2003 : BILAN ET PERSPECTIVES
- 3** Page 43 LE RNO AUX ANTILLES (HYDROLOGIE)

RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN

DISPOSITION DES SITES DE SURVEILLANCE



1

LE RNO : PRESENTATION GENERALE

Didier CLAISSE et Michel JOANNY

1. CADRE GÉNÉRAL

Le Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO) a pour objectif d'évaluer les niveaux et les tendances de la contamination chimique du littoral, ainsi que des paramètres généraux de la qualité du milieu. Il intègre également des mesures d'effets biologiques des contaminants. Créé en 1974 par le Ministère chargé de l'Environnement, il est coordonné par l'Ifremer pour le compte de celui-ci. Les trois grands volets structurant le réseau ont été mis en place successivement :

1974 : PARAMETRES GENERAUX DE QUALITE : MESURES DANS L'EAU.

1979 : CONTAMINANTS : MESURES DANS LES ORGANISMES ET LE SEDIMENT.

1991 : EFFETS BIOLOGIQUES : ETUDES ET SUIVIS EXPERIMENTAUX.

2. PROGRAMMES EN COURS ET TRAVAUX MENÉS EN 2002

2.1. Surveillance des paramètres généraux de qualité

Cette surveillance porte sur les masses d'eaux. Les paramètres de base sont la température, la salinité, les sels nutritifs (nitrate + nitrite, ammonium, phosphate), la chlorophylle *a* et les phéopigments. Sur plusieurs sites, quelques paramètres supplémentaires sont aussi mesurés (oxygène dissous, silicate, matières en suspension, turbidité, etc.).

En 2002, ce type de surveillance a été pratiqué sur onze sites. En Manche-Atlantique, ce suivi comporte trois à cinq campagnes par an, uniquement en périodes hivernale et estivale, et le plan d'échantillonnage s'attache à décrire au mieux l'ensemble de la masse d'eau par des prélèvements répartis sur toute la gamme de salinité. En Martinique et Guadeloupe le suivi est du même type mais avec une fréquence mensuelle. En Méditerranée, trois à douze campagnes par an portent sur un nombre limité de stations fixes. Sur tous les sites sauf Brest, les Cellules Qualité des Eaux Littorales (CQEL) du Ministère chargé de l'Environnement organisent les campagnes, dont les échantillons sont analysés par des laboratoires locaux. Le tableau 1, page suivante, récapitule les travaux de surveillance dans l'eau menés en 2002.

Régions	Sites		Nombre de campagnes		Nombre d'échantillons pour l'année	
	n°	libellé	hiver	été	programme hydrologie	paramètres supplémentaires
Nord-Pas de Calais	1	Dunkerque	2	1	60	60
Haute Normandie	5	Seine (aval)	3	2	150	150
	5	Seine (amont)	6 par an		12	12
Basse Normandie	7	baie des Veys	2	2	20	20
Bretagne	18	Brest	3	1	120	120
	23	Lorient	2	2	60	0
Pays de la Loire	28	Loire (estuaire)	3	2	125	75
Aquitaine	33	Gironde	2	2	120	40
Provence-Alpes-Côte d'Azur	38	Fos (golfe)	10 par an		90	48
	38	Fos (Rhône)	12 par an		12	12
	38	Etang de Berre	10 par an		70	70
Corse	42	Ajaccio	2	1	42	0
Guadeloupe	48	Guadeloupe	12 par an		120	0
Martinique	49	Martinique	12 par an		168	0
TOTAL			94		1169	607

Tableau 1 :
Surveillance 2002
(hydrologie).

2.2. Surveillance des contaminants

Compte tenu des difficultés de collecte d'échantillons valides pour des analyses de traces dans l'eau et de la faible représentativité spatiale et temporelle de ceux-ci, cette surveillance porte en priorité sur les organismes marins, compartiment mieux adapté pour répondre aux objectifs du RNO. Les mollusques bivalves, moules et huîtres, sont ici utilisés comme indicateurs quantitatifs de contamination. Ce volet du RNO constitue le principal outil de connaissance systématique des niveaux de contamination du littoral français. 90 points de prélèvements (dont 8 dans les DOM) sont échantillonnés par les agents Ifremer quatre fois par an. Les paramètres actuellement mesurés sont présentés ci-dessous :

Contaminants mesurés dans la matière vivante

Métaux :

Argent (Ag), cadmium (Cd), chrome (Cr), cuivre (Cu), mercure (Hg), nickel (Ni), plomb (Pb), vanadium (V), zinc (Zn)

Organochlorés :

DDT, DDD, DDE,
lindane (γ -HCH), α -HCH,
polychlorobiphényles (Congénères 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180).

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphtène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène.

Depuis 2001 toutes les analyses sont effectuées par le département DEL/PC de l'Ifremer, au centre de Nantes. Une partie aliquote des échantillons est systématiquement conservée pour d'éventuels contrôles a posteriori ou pour la recherche ultérieure d'autres contaminants. Ceci a permis de constituer une banque d'échantillons couvrant l'ensemble du littoral sur vingt ans.

En complément à ce programme principal, et pour répondre aux obligations internationales, la surveillance des contaminants s'effectue aussi une fois par an dans des flets de la Baie de Seine. Le tableau 2 ci-dessous récapitule le volume des travaux de surveillance des contaminants dans la matière vivante menés en 2002.

Tableau 2 :

Surveillance 2002 dans la matière vivante. Un échantillon se compose de 50 moules, de 10 huîtres ou d'un poisson dont l'analyse porte sur le muscle et sur le foie.

Régions	Nombre de points de prélèvements	Nombre d'échantillons pour l'année	Espèce
Nord - Pas de Calais	2	8	Moule
Picardie	2	8	Moule
Haute Normandie	5	20	Moule
	1	25	Flet
Basse Normandie	7	28	Moule
Bretagne	12	48	Moule
	11	44	Huître
Pays de la Loire	1	4	Moule
	3	12	Huître
Poitou - Charentes	1	4	Moule
	7	28	Huître
Aquitaine	1	4	Moule
	9	36	Huître
Languedoc - Roussillon	7	28	Moule
Provence - Alpes - Côte d'Azur	9	36	Moule
Corse	4	16	Moule
Guadeloupe	3	12	Huître
Martinique	5	20	Huître
TOTAL	90	381	

Pour une évaluation à plus long terme, les contaminants sont aussi mesurés dans les sédiments. En fonction des vitesses de sédimentation, des remises en suspension, de la bioturbation, etc., le premier centimètre superficiel des sédiments peut intégrer plusieurs années de contamination. Dans ces conditions il est inutile de revenir tous les ans sur un même lieu. Une campagne annuelle portant sur des façades différentes chaque année permet de couvrir en dix ans l'ensemble du littoral français. Les contaminants recherchés sont les mêmes que dans la matière vivante, accompagnés des paramètres descriptifs et normalisateurs propres à cette matrice, tels que granulométrie, carbone organique, carbonates, aluminium, fer, lithium, manganèse. Sur quelques points sélectionnés, des carottes profondes sont prélevées et découpées en de nombreuses couches (horizons). L'analyse des contaminants dans chacun de ces horizons et leur datation permet de retracer l'historique de la contamination sur plusieurs dizaines d'années (voir édition 2001 de ce bulletin). Il n'y a pas eu de campagne de prélèvement de sédiment en 2002.

2.3. Surveillance des effets biologiques

Cette surveillance peut se faire à différents niveaux d'organisation biologique (communauté, population, individu, cellule, etc.). Des recommandations de techniques appliquées à la surveillance d'effets biologiques sont formulées au niveau international et prises en compte par le RNO. L'activité RNO dans ce domaine consiste principalement à soutenir des études de faisabilité des techniques de surveillance biologique. Selon les résultats obtenus, ces techniques sont pérennisées dans le cadre du RNO ou réservées à des études ponctuelles ou locales.

En 2002, la mesure de l'activité enzymatique EROD (Ethoxyrésorufine-o-dééthylase) en routine a été pratiquée dans les limandes de baie de Seine. En Méditerranée, les efforts portent depuis 1998 sur la mesure expérimentale de quelques biomarqueurs sur des animaux sédentaires (moules).

Pour répondre aux obligations internationales le RNO a initié un suivi des effets biologiques du TBT par la mesure de l'imposex (masculinisation des femelles d'un gastéropode, *Nucella lapillus*). Les études préliminaires ont été menées en 2001 et 2002 pour un démarrage effectif en 2003.

Le RNO soutient également le suivi des populations benthiques dans la baie de Morlaix réalisé par la Station Biologique de Roscoff. Cette action qui a débuté un an avant l'échouage de l'Amoco Cadiz s'intègre bien dans les objectifs de la surveillance des effets biologiques. Les résultats acquis ont été présentés dans l'édition 1996 de ce bulletin.

2.4. Extension du RNO outre-mer

L'extension du RNO au littoral de certains départements d'outre-mer est en cours. Des études préliminaires ont été engagées pour inventorier les problèmes environnementaux, évaluer les potentialités analytiques et logistiques locales et proposer une première stratégie de surveillance. En Martinique et Guadeloupe deux laboratoires ont été assistés par Ifremer pour acquérir les techniques analytiques en milieu marin puis intercalibrés. Les premières opérations de routine (hydrologie et matière vivante) ont débuté fin 2001. Pour la Guyane les études préliminaires sont en cours. Dans l'île de La Réunion, l'Ifremer (coordination du RNO) assiste la DIREN depuis 2001 dans la conduite d'une étude pilote de trois ans démarrée en 2002.

2.5. Assurance de qualité

Le suivi des développements méthodologiques, l'assistance aux laboratoires, la participation aux exercices d'intercalibration, sont des thèmes permanents du RNO. Dans ce cadre l'Ifremer a entrepris l'édition d'une série de fascicules décrivant les méthodes analytiques pratiquées par le RNO. Si nécessaire, des exercices d'intercomparaisons spécifiques peuvent être organisés. Ifremer et certains laboratoires partenaires sont impliqués dans le programme européen QUASIMEME (*Quality Assurance for Information from Marine Environmental Monitoring in Europe*). L'inclusion de matériel de référence certifié (CRM) dans les séries analytiques est systématique lors

des analyses dans la matière vivante et le sédiment. Plusieurs laboratoires partenaires bénéficient d'un agrément du Ministère chargé de l'Environnement pour un ou plusieurs types d'analyses. Les exercices auxquels ont participé les partenaires du RNO en 2002, ainsi que les CRM utilisés, sont listés dans les tableaux 3 et 4, pour les laboratoires ayant répondu à notre enquête au bouclage de cette édition.

Tableau 3 :

Exercices d'intercomparaison auxquels ont participé les laboratoires partenaires du RNO en 2002. Seuls apparaissent les exercices concernant des matrices et paramètres pour lesquels le laboratoire réalise des analyses pour le RNO.

Laboratoire	Organisateur de l'exercice	Code de l'exercice	Matrice	Paramètres RNO concernés
Flandres-analyses Dunkerque	AGLAE	02M6.1	Eau	S ^{0/00} , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		02M6.2	Eau	S ^{0/00} , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
Laboratoire de Rouen	AGLAE	02M71	Eau	Cu, Pb, Zn
		02M72	Eau	Cu, Pb, Zn
	AGLAE	02M91	Sédiment	Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg
		02M92	Sédiment	Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg
	QUASIMEME	QTM052SW	Eau	Cu, Pb
		QTM053SW	Eau	Cu, Pb
		QTM054SW	Eau	Cu, Pb
		QTM057SW	Eau	Cu, Pb, Zn
QTM058SW		Eau	Cu, Pb, Zn	
QTM059SW	Eau	Cu, Pb, Zn		
LDA Saint-Lô	AGLAE	02M6.1	Eau	S ^{0/00} , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si, MES
		02M6.2	Eau	S ^{0/00} , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si, MES
L.A.B.O. Brest	QUASIMEME	QNU 101 SW	Eau	NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU 102 SW	Eau	NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU 103 EW	Eau	NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU 104 EW	Eau	NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU 105 EW	Eau	NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
I.D.A.C. Nantes	AGLAE	02M6.1	Eau de mer filtrée	S ^{0/00} , NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄
IFREMER DEL / PC Nantes	QUASIMEME	QTM053BT	Moule	Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn
		QTM054BT	Poisson	Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn
		QTM058MS	Sédiment	Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, Li
		QTM059MS	Sédiment	Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn, Li
	BROC	Phase I du projet	Moule poisson	HAP, méthylés et homologues soufrés Pesticides organochlorés
Centre d'Océanologie Marseille	QUASIMEME	QNU096SW	Eau	NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU097SW	Eau	NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU101SW	Eau	NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si
		QNU102SW	Eau	NO ₃ , NO ₂ , NH ₄ , PO ₄ , Si

AGLAE : Association Générale des Laboratoires d'Analyses de l'Environnement.

QUASIMEME : Quality Assurance for Information from Marine Environmental Monitoring in Europe.

IAEA : International Atomic Energy Agency. QTM058MS - QTM059MS

BROC : Biological Reference for Organic Contaminants (exercice de préparation de CRM)

Tableau 4 :

Matériaux de référence (CRM) utilisés par les laboratoires partenaires du RNO en 2002. Seuls apparaissent les CRM concernant des matrices et paramètres pour lesquels le laboratoire réalise des analyses pour le RNO.

Laboratoire	Code du CRM utilisé	Prove-nance	Matrice	Paramètres RNO concernés
Laboratoire de Rouen	SLRS 4	NRC	Eau	Cu, Pb, Zn
LDA Saint-Lô	Etalon reconstitué		Eau	Salinité, MES, NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ , Si
L.A.B.O. Brest	IAPSO P/N 4400-131522	SPIN SPIN	Eau de mer Eau douce	Salinité NO ₃ , PO ₄ , Si
I.D.A.C. Nantes	QCWW1A QCDWB	VKI VKI	Eau Eau	NO ₃ , NH ₄ , PO ₄ Chlorures, fluorures
Ifremer DEL / PC Nantes	CRM 278R SRM 1566 b BCSS-1 MESS-2 MESS-3 IAEA 142 2977 1588a EC-2	BCR NIST NRC NRC NRC IAEA NIST NIST NWRI	Moule Huître Sédiment Sédiment Sédiment Moule Moule Huile de foie de morue Sédiment	Cd, Cu, Pb, Zn, Cr Cd, Cu, Pb, Zn, Cr Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Al, Fe, Mn, V, Li Cd, Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Al, Fe, Mn, V, Li Cd, Cu, Hg, Pb, Zn, Cr, Ni, Al, Fe, Mn, V, Li Hg CBs RNO, DDT, DDD, DDE, α et γ HCH, 14 HAP CBs RNO, DDT, DDD, DDE, α et γ HCH CBs RNO, 18 HAP
Institut Pasteur Guadeloupe	Solutions concentrées	Ifremer	Eau	NO ₃ , NH ₄ , PO ₄

- BCR :** Bureau Communautaire de Référence (Bruxelles, Belgique).
IAEA : International Atomic Energy Agency.
NIST : National Institute of Standards and Technology (USA).
NRC : National Research Council (Canada).
NWRI : National Water Research Institute (Canada).
SPIN : Société SPIN (Limours, France).

2.6. Gestion des données. Publications

Depuis juillet 1996 les données des différents réseaux de surveillance dont Ifremer a la charge sont archivées dans la base QUADRIGE, regroupant notamment les données du RNO et des réseaux microbiologique (REMI) et phytoplanctonique (REPHY). Divers outils et programmes d'extraction ont été développés. L'homogénéisation des concepts et des structures permet d'envisager une utilisation plus large de cette base et d'y accueillir tous résultats provenant de prélèvements en milieu marin effectués dans le cadre de programmes structurés. En particulier les données du Réseau de Surveillance des Ports Maritimes (REPOM) y seront archivées.

Ifremer a développé un site WEB incluant une large section consacrée à la surveillance : <http://www.ifremer.fr/envlit/surveillance/> On peut y trouver une présentation des réseaux gérés par Ifremer et consulter ou télécharger les données de contaminants dans les mollusques pour chaque point de prélèvement. De plus, les bulletins RNO les plus récents sont consultables sur ce site et téléchargeables au format pdf.

Il est également possible de consulter le site du Réseau National des Données sur l'Eau (RNDE) qui présente les réseaux de surveillance à partir d'un atlas géographique : <http://www.rnde.tm.fr/>.

Enfin, depuis 1988, les éditions successives de ce bulletin annuel présentent les résultats d'un ou plusieurs volets du RNO (voir sommaires en page de garde). Depuis l'édition 2002 plusieurs publications en relation avec les techniques ou les résultats de la surveillance RNO sont parues :

CHIFFOLEAU J.F. *et al.*, 2003. Dosage de certains métaux traces dans les organismes marins par absorption atomique. *Editions de l'Ifremer*. 36 p. ISBN 2-84433-114-9.

CHIFFOLEAU J.F. *et al.*, 2003. Dosage de certains métaux dans les sédiments et la matière en suspension par absorption atomique. *Editions de l'Ifremer*. 45 p. ISBN 2-84433-122-X.

COSSA D., LAURIER F.J.G., FICHT A., 2002. Mercury contamination in the Seine estuary, France : an Overview. Chap. 20, 298-320. In *Biogeochemistry of environmentally important elements*, Y. Cai et O.C. Braids Eds. *ACS Symposium Series 835, American Chemical Society, Washington DC*.

HUET M., MICHEL P., CLAVIER PAULET Y-M., 2002. Imposéx-TBT. Mise en place d'un réseau de suivi de la pollution par le tributyl étain le long des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique. *Rapport de contrat universitaire*. 20 p.

LEFEBVRE A., FOURNIER A., 2002. Suivi Régional des Nutriments sur le littoral du Nord Pas de Calais. Bilan de l'année 2000. *Rapport Ifremer DEL/BL/TMR/02/05*. 92 p.

SAVOYE N. *et al.*, 2003. Dynamics of particulate organic matter $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ during spring phytoplankton blooms in a macrotidal ecosystem (Bay of Seine, France). *Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 255; 27-41*.

TRONCZYNSKI J. *et al.* Etude comparative de la contamination des sédiments par les HAP avant et après le naufrage de l'Erika. Etude et suivi de la contamination de la colonne d'eau. *Rapport annuel*.

Ifremer, laboratoires côtiers, 2003. Résultats de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral, édition 2003. *11 rapports régionaux, env. 60 p.*

3. ASPECTS INTERNATIONAUX

Au plan international, le RNO s'inscrit tout d'abord dans le cadre de la Convention de PARIS, dite convention OSPAR qui s'intéresse à la surveillance et à la réduction des pollutions d'origine tellurique et des immersions à partir de bateaux ou d'aéronefs. Les travaux d'OSPAR concernant le RNO visent à la mise en œuvre de deux stratégies relatives aux substances dangereuses, et à la lutte contre l'eutrophisation.

La mise en œuvre de chaque stratégie est suivie par un comité spécialisé et ses groupes de travail, et par un comité sur l'évaluation et la surveillance (ASMO) et ses groupes de travail. Parmi ceux-ci, le groupe SIME

(Concentrations, trends and effects of substances in the marine environment) est celui qui traite les données de surveillance, dont celles du RNO. A cet effet celles-ci sont systématiquement communiquées au CIEM* qui les gère pour le compte d'OSPAR. La base de donnée du CIEM contient donc toutes les données de surveillance transmises par les pays membres. Cette base est mise à disposition des groupes de travail OSPAR lors des évaluations périodiques de l'environnement de la zone de la Convention.

**Conseil International pour l'Exploration de la Mer*

Suite à la mise en œuvre de la procédure commune OSPAR de détermination de l'état d'eutrophisation des zones marines côtières, le RNO a commencé à estimer les évolutions nécessaires de son volet hydrologique, en relation avec le réseau REPHY. Mais cette réflexion doit nécessairement se combiner avec celle qui va se mettre en place pour la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau (DCE) ⁽¹⁾.

En effet, si la DCE est d'abord une affaire nationale, puisqu'elle se traite en grande partie au niveau des districts hydrographiques, elle s'inscrit directement dans un cadre européen pour le RNO, en tant que programme national. Il est important de participer par exemple aux travaux menés à ce niveau sur les normes de qualité environnementale (NQE) ou sur les indicateurs environnementaux de l'agence européenne de l'environnement (AEE) ⁽²⁾.

D'ailleurs, l'articulation d'ensemble des instruments de protection internationale du milieu marin doit être recherchée, par exemple entre OSPAR et la DCE à propos de la procédure commune. C'est l'objectif que poursuit la commission européenne avec son initiative de définition d'une stratégie pour une politique marine européenne ⁽³⁾.

En Méditerranée, la Convention de Barcelone, qui est le pendant méditerranéen d'OSPAR, a commencé la mise en œuvre de la phase III du programme de surveillance MED POL pour lequel le RNO sera amené à fournir des données.



(1) Consulter : http://www.environnement.gouv.fr/dossiers/eau/PAGES/POLITIQUE/politiqueau/DCE/directive_cadre.htm

(2) Voir : http://themes.eea.eu.int/Specific_areas/coast_sea/indicators/hazardous_substances/mussels/index_html

(3) Consulter : <http://www.europa.eu.int/scadplus/leg/fr/lvb/l28129.htm>

2

LES ELEMENTS NUTRITIFS DANS L'EAU DE 1985 A 2003 : BILAN HIVERNAL ET PERSPECTIVES

Anne GROUHEL, Michel JOANNY, Serge SIMON (*)

(*) Cellule de suivi du Littoral Haut-Normand, 16 quai Casimir Delavigne, 76600 LE HAVRE

1. INTRODUCTION

Le suivi des éléments caractéristiques de la qualité physico-chimique de l'eau de mer (température, salinité, sels nutritifs) et d'autres paramètres plus particulièrement liés à l'état trophique du milieu (oxygène dissous, chlorophylle...) fonde le volet hydrologique du RNO depuis 1974, année des premiers prélèvements, avec un objectif d'évaluation des niveaux et de l'évolution de ceux-ci (tendances).

Les dix premières années de suivi ont permis progressivement la mise en place d'une stratégie de surveillance stable, avec des ajustements sur le nombre de sites de prélèvements, les fréquences des campagnes d'échantillonnage, et le nombre d'échantillons prélevés à chaque campagne.

Les sites initialement suivis correspondaient aux grands fleuves français (Seine, Loire, Gironde et Rhône) et à des secteurs considérés à l'origine comme des sites de référence (rade de Brest et baies de Cannes et Villefranche). Entre 1975 et 1978, plusieurs sites ont été ajoutés ou supprimés du programme. Les dix premières années de surveillance RNO ont fait l'objet d'un bilan publié en 1988 (*RNO 1988. Dix années de surveillance 1974-1984. Document technique, vol. II : physico-chimie, éléments nutritifs, matériel particulière. Coordination M. Chaussepied et M. Joanny. Ifremer et Secrétariat d'Etat chargé de l'environnement*).

Dès 1985, ce bilan a conduit à la redéfinition du programme de surveillance, en particulier avec l'adoption d'une stratégie permettant la détermination des stocks hivernaux et estivaux en éléments nutritifs. A partir de 1985 le plan d'échantillonnage est basé sur 2 à 5 campagnes de prélèvements annuelles sur des stations réparties selon un gradient de salinité.

Il paraît intéressant de faire aujourd'hui la synthèse des résultats acquis depuis 1985 et voir ainsi comment la situation a évolué depuis le dernier état des lieux présenté.

Dans le même esprit que le bilan précédent, ont été traités ici le cas du nitrate (en fait, la somme nitrate + nitrite), du phosphate, de l'ammonium, et pour les sites où il est mesuré, du silicate.

2. LES PRELEVEMENTS

2.1. Les sites de prélèvement

Depuis 1985, sont suivis les grands estuaires, identifiés dès 1974, et des zones soit réputées sensibles sous l'angle des apports en éléments nutritifs et de leurs effets, soit considérées comme référence. Les sites actuellement surveillés sont indiqués sur la figure 1.

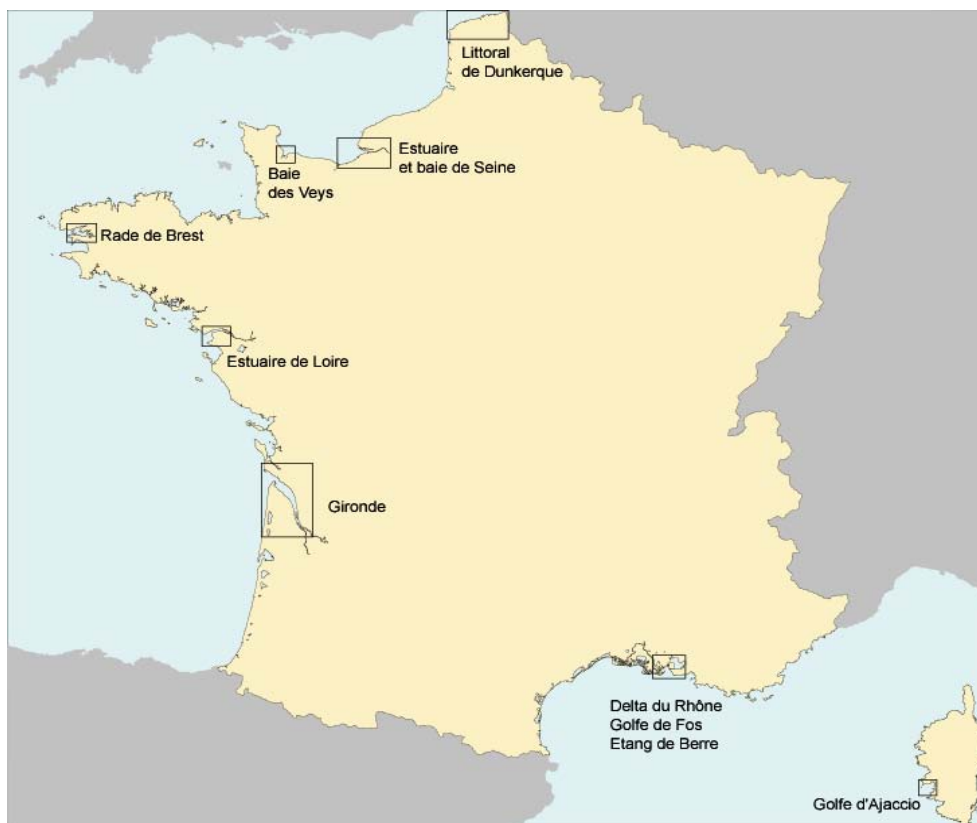


Figure 1 : Carte des sites de France métropolitaine qui font l'objet d'une surveillance des éléments nutritifs dans le cadre du RNO.

La surveillance en Martinique et Guadeloupe fait l'objet de la troisième partie de ce bulletin (page 43).

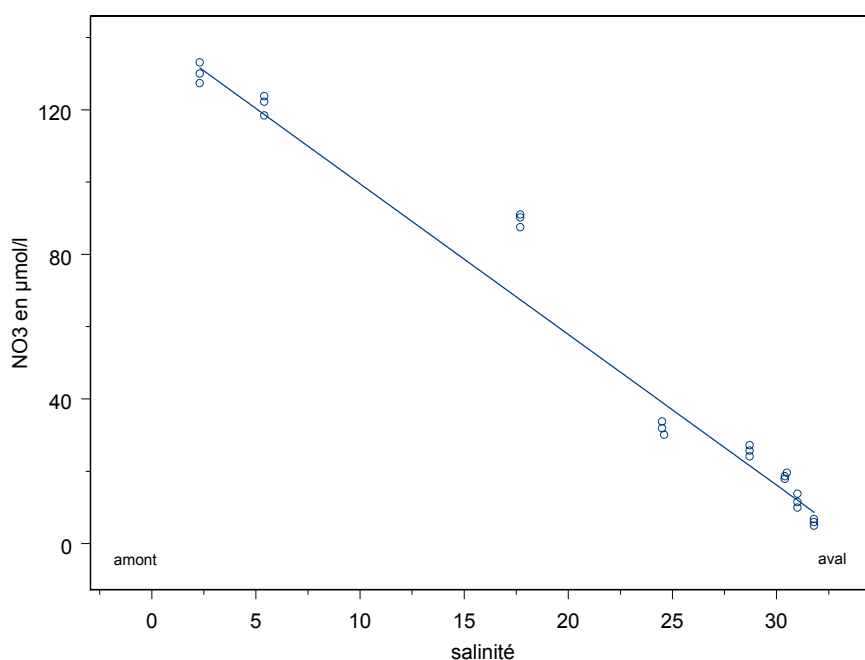
Le programme du RNO comprenait également un suivi hydrologique en rade de Marseille et en baie de Villefranche. Le premier a été interrompu fin 1997, le suivi des rejets d'eaux usées épurées (émissaire de Cortiou qui rejette en mer les eaux épurées de la ville de Marseille) n'étant pas du ressort du RNO. Le second a été arrêté fin 1999, les résultats obtenus montrant que la zone n'était en rien soumise à des apports nutritifs préoccupants (teneurs mesurées toujours très faibles). Le programme actuel du RNO comprend également le suivi en rade de Lorient, mais aucun résultat n'est disponible depuis 1994. Ce site n'a donc pas été pris en compte dans la présente synthèse.

2.2. Les campagnes de prélèvement

Depuis 1985, le nombre des campagnes de prélèvement a été réduit pour la plupart des sites suivis en Mer du Nord - Manche et Atlantique, pour ne plus comprendre que 3 à 5 campagnes annuelles. Celles-ci sont ciblées sur les périodes hivernale et estivale pendant lesquelles les éléments nutritifs font l'objet d'une consommation réduite par la flore présente : populations phytoplanctoniques réduites, soit par la température de l'eau, faible en hiver, soit par épuisement des sels nutritifs disponibles après les efflorescences printanières. Dans ces conditions, les flux d'éléments nutritifs sont conservatifs et l'étude des apports peut se faire par des

prélèvements réalisés selon un gradient de salinité le plus large possible. Les courbes obtenues pour des prélèvements réalisés d'amont en aval d'un estuaire s'apparentent alors à des droites, les sels nutritifs subissant uniquement une dilution en arrivant en mer (exemple figure 2).

Figure 2 : Concentrations hivernales en nitrate enregistrées au cours de la campagne de prélèvement du 5 décembre 2001 dans la Gironde.



Dans le cas de la figure 2, la gamme de salinité observée au cours de la campagne est large ; ce n'est pas toujours le cas (impossibilité de remonter suffisamment vers l'amont ou impossibilité de trouver des salinités vraiment marines à cause de l'importance des apports d'eaux douces). Afin de comparer les résultats obtenus d'une campagne à l'autre dans un même site et de comparer les évolutions temporelles d'un site à l'autre, chaque campagne est résumée par un indicateur calculé à partir des teneurs observées : **la teneur à salinité nulle**, qui correspond à la concentration théorique de l'élément considéré dans l'eau douce à son arrivée en mer. Le calcul se fait à partir de la droite de dilution de chaque campagne. Lorsque la distribution des concentrations ne peut pas être assimilée à une droite, les résultats sont écartés. C'est souvent le cas pour les résultats des campagnes estivales. Nous limiterons donc notre synthèse aux résultats obtenus en période hivernale, après vérification du caractère conservatif (droite) des distributions.

Pour les sites méditerranéens, on n'observe pas ces phénomènes de panache de dilution des fleuves en mer accompagné d'un gradient de salinité. Les prélèvements pour le dosage des sels nutritifs sont réalisés sur des points fixes, au rythme d'une dizaine de campagnes annuelles pour le Rhône, le golfe de Fos et l'étang de Berre et 3 campagnes annuelles en baie d'Ajaccio. C'est le cas également du littoral de Dunkerque qui ne présente pas de salinités faibles (3 campagnes par an). Pour ces sites, il n'est pas possible de calculer une concentration à salinité nulle de façon fiable. Nous considérerons donc directement les valeurs observées.

Tous les points de prélèvements font l'objet d'un échantillonnage en sub-surface (dans le premier mètre sous la surface de l'eau). Dans certains sites, des échantillonnages complémentaires sont réalisés au fond et à différentes profondeurs. Il n'entre pas dans notre objet ici de traiter les résultats obtenus dans la colonne d'eau. Nous nous limiterons donc aux prélèvements de sub-surface.

3. LES RESULTATS

3.1. Evolution temporelle hivernale par site, de 1985 à 2003

Trois types de traitement des données ont été adoptés pour tenir compte des caractéristiques hydrodynamiques différentes des sites.

Pour les sites estuariens, sous l'influence d'apports importants d'eau douce, la droite de dilution correspondant à chaque campagne hivernale a été extrapolée de façon à estimer la concentration à salinité nulle, accompagnée de son intervalle de confiance à 95%. Pour chaque paramètre, la série de ces concentrations a été tracée et la tendance temporelle est matérialisée par une régression locale pondérée (lowess). Les sites ainsi traités (estuaire et baie de Seine, baie des Veys, rade de Brest, estuaire de la Loire, Gironde) sont présentés par ordre géographique le long du littoral, du nord au sud. Pour chaque site, le nombre de campagnes et le nombre de mesures totales prises en compte dans l'évaluation est indiqué.

Le suivi dans le Grand Rhône est assuré sur un unique point de prélèvement présentant systématiquement des valeurs faibles de salinité. Pour permettre la comparaison avec les autres fleuves français, seules les concentrations hivernales en sels nutritifs correspondant à des salinités inférieures à 1 ont été utilisées ici.

Enfin, pour les sites de Dunkerque, golfe de Fos, étang de Berre et baie d'Ajaccio, qui ne présentent que des salinités marines, les résultats exposés ici sont les valeurs brutes mesurées.

Estuaire et baie de Seine

Les points de prélèvements en estuaire de Seine sont représentés sur la figure 3. Les teneurs mesurées sur ces points pour les différents sels nutritifs sont résumées dans le tableau 1. Les tendances temporelles des concentrations extrapolées à salinité nulle sont présentées dans les figures 4 à 7.

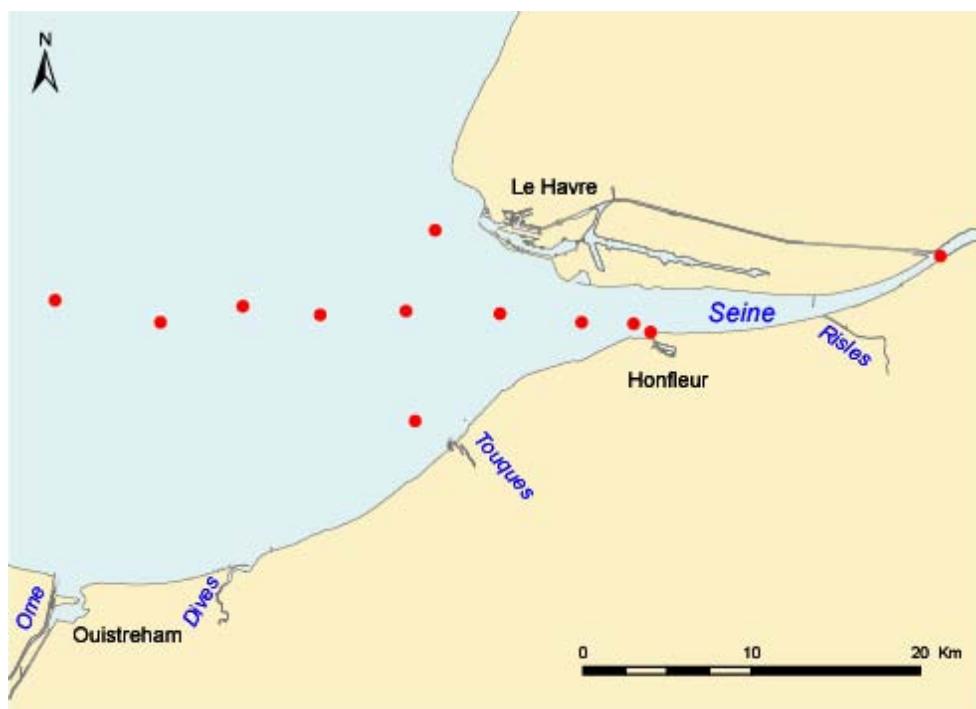


Figure 3 : Localisation des points de prélèvement RNO dans l'estuaire et la baie de Seine.

Tableau 1 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées en estuaire et baie de Seine de janvier 1985 à juin 2003.

	extrapolation à salinité nulle ($\mu\text{mol/l}$)		valeurs brutes ($\mu\text{mol/l}$)	
	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)
NO₃	244 à 638 (41 campagnes)	417 (391 - 444)	15,3 à 571 (1091 mesures)	194 (186 - 201)
NH₄	5,9 à 137 (40 campagnes)	40,8 (31,8 - 49,8)	0,005 à 124 (1084 mesures)	18 (16,9 - 19,2)
PO₄	4,8 à 41,9 (39 campagnes)	14,3 (11,4 - 17,3)	0,1 à 45,5 (1006 mesures)	7,221 (6,84 - 7,60)
SiOH	34,5 à 213 (42 campagnes)	153 (142 - 163)	0,2 à 248 (1183 mesures)	73,4 (70,6 - 76,2)

Figure 4 : Concentrations hivernales en ammonium extrapolées à salinité nulle en estuaire et baie de Seine.

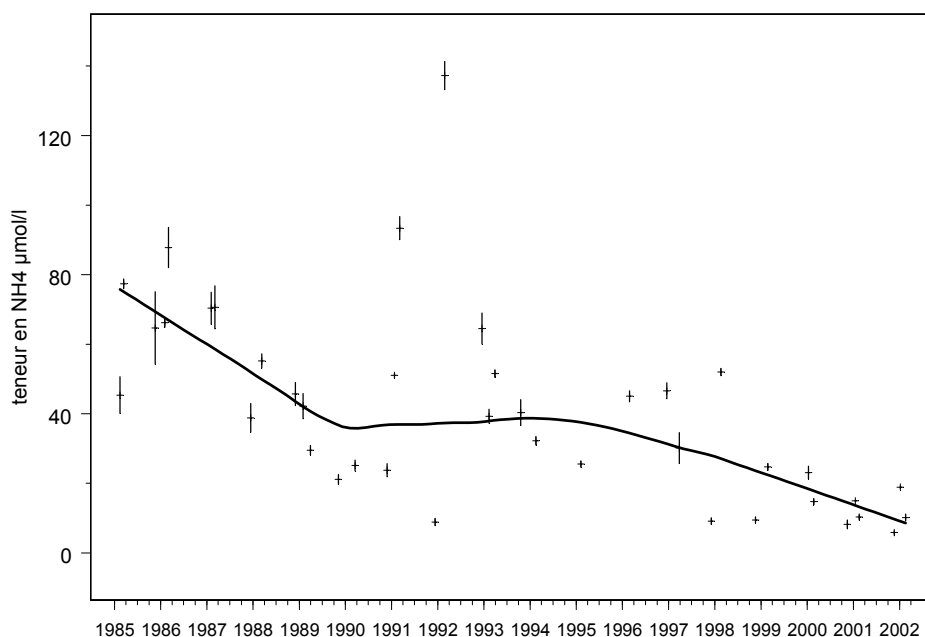
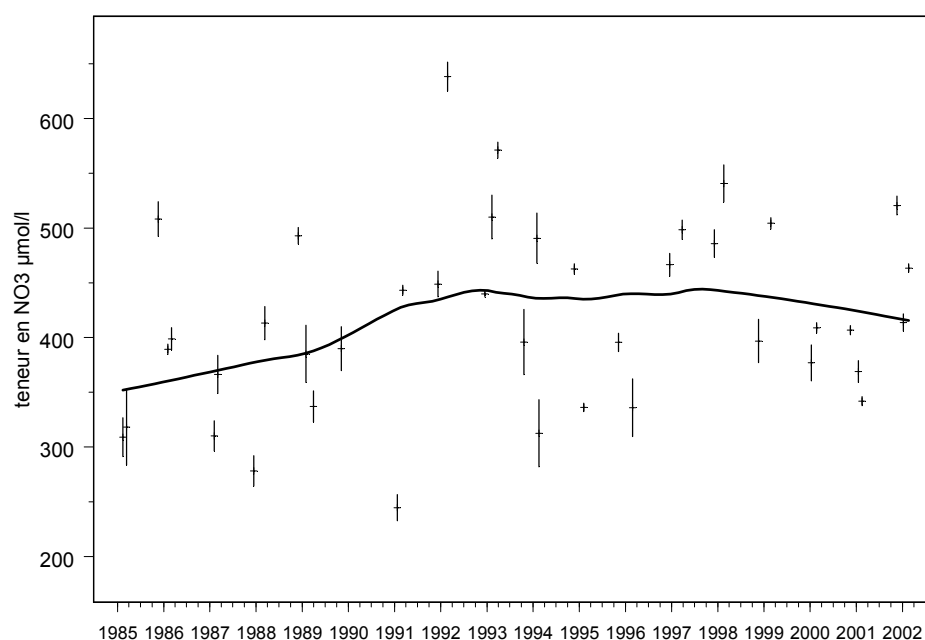


Figure 5 : Concentrations hivernales en nitrate extrapolées à salinité nulle en estuaire et baie de Seine.



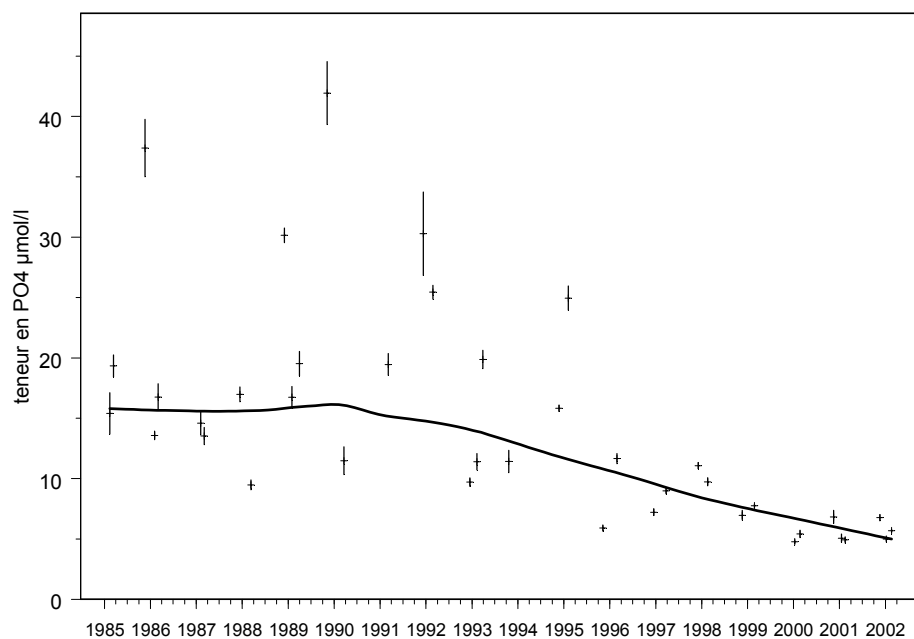


Figure 6 : Concentrations hivernales en phosphate extrapolées à salinité nulle en estuaire et baie de Seine.

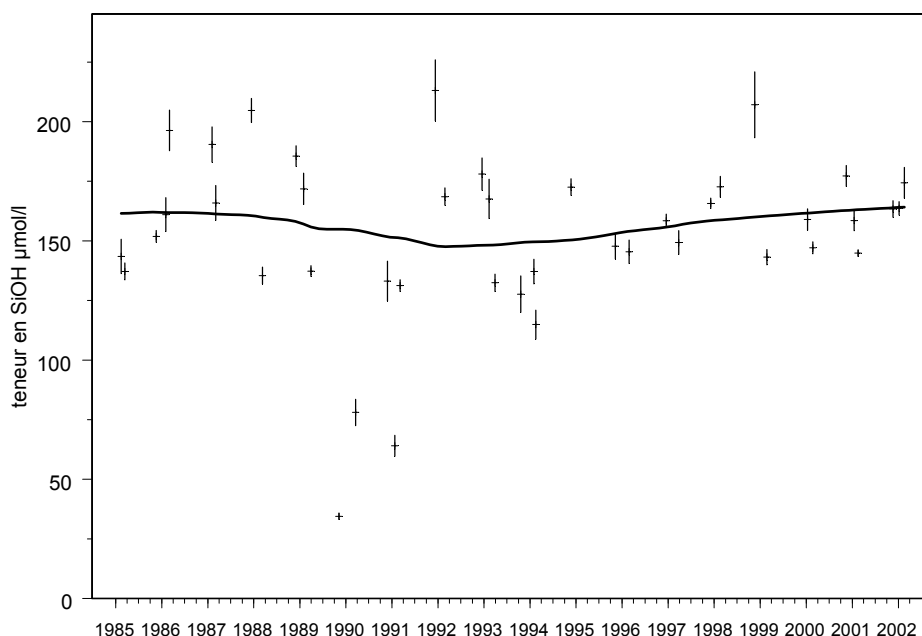


Figure 7 : Concentrations hivernales en silicate extrapolées à salinité nulle en estuaire et baie de Seine.

La campagne du 25 février 1992 se distingue de l'ensemble par des teneurs en nitrate, ammonium et phosphate fortes et peu dispersées.

Sur la période étudiée, les concentrations en ammonium et phosphate présentent une tendance à la diminution, les niveaux de nitrate et silicate restant stables, voire légèrement croissants pour le nitrate.

L'origine industrielle du phosphate en baie de Seine était bien connue dans les années 1975-1992. La diminution des concentrations en phosphate en estuaire de Seine à partir de 1992 est à relier à l'arrêt des rejets de phosphogypses dont on trouvera la chronologie dans l'encadré ci-contre. C'est un bon exemple de réduction de la contamination par incitation et par la concertation entre l'industrie et les administrations locales.

Evolution des rejets de phosphogypses en estuaire de Seine.

1974 : début des dépôts par barges.
1987 : arrêt des dépôts par barges.

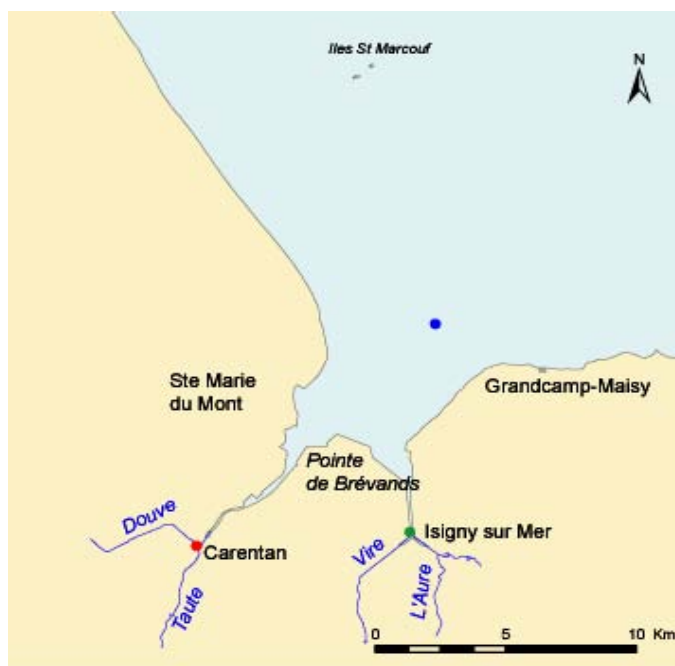
rejets par émissaire (moyennes mensuelles en tonnes) :

1975 : 100 000
1985 : 70 000
1989 : 62 000
1990 : 59 000
1991 : 52 000
1992 : arrêt définitif.

Baie des Veys

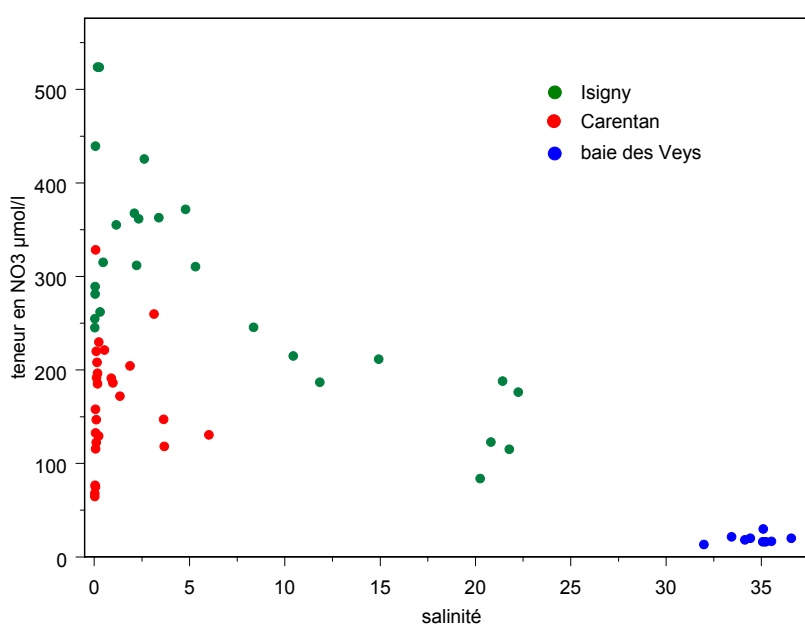
Le suivi de la baie des Veys a commencé en 1994. Pour des raisons logistiques, les cinq prélèvements réalisés à chaque campagne sont faits sur un point central de la baie et sur deux points en rivière échantillonnés à deux moments différents de la marée de manière à balayer la masse d'eau le plus largement possible (gamme de salinité étendue). Les deux points amont sont situés respectivement au confluent de la Douve et de la Taute (rivière de Carentan) et au confluent de la Vire et de l'Aure (rivière d'Isigny). Les points de prélèvements sont présentés dans la figure 8.

Figure 8 : Localisation des points de prélèvements RNO en baie des Veys.



La distribution des résultats en fonction de la salinité montre que les deux rivières ont des teneurs en nutriments différentes avec, à chaque campagne, des valeurs systématiquement plus élevées dans la rivière d'Isigny que dans la rivière de Carentan (figure 9).

Figure 9 : Distribution des teneurs en nitrate mesurées en surface au cours de chaque campagne hivernale en baie des Veys.



En considérant chaque droite de dilution, les teneurs observées durant les 8 années de suivi prises en compte (1994 - 2001) sont résumées dans le tableau 2. L'évolution des différents nutriments est représentée sur les figures 10 à 14.

	extrapolation à salinité nulle ($\mu\text{mol/l}$)		valeurs brutes ($\mu\text{mol/l}$)	
	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)
NO_3	158 à 322 (13 campagnes)	237 (209 - 266)	13,3 à 524 (63 mesures)	196 (164 - 229)
NH_4	4,4 à 35,3 (13 campagnes)	14,1 (8,8 - 19,5)	0,55 à 69 (63 mesures)	13,6 (9,98 - 17,3)
PO_4	2,1 à 11,7 (11 campagnes)	5,6 (3,5 - 7,71)	0,32 à 16 (63 mesures)	4,6 (3,7 - 5,5)
SiOH	226 à 870 (13 campagnes)	405 (307 - 503)	1,78 à 925 (sur 63 mesures)	303 (251 - 354)

Tableau 2 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées en baie des Veys de novembre 1994 à novembre 2001.

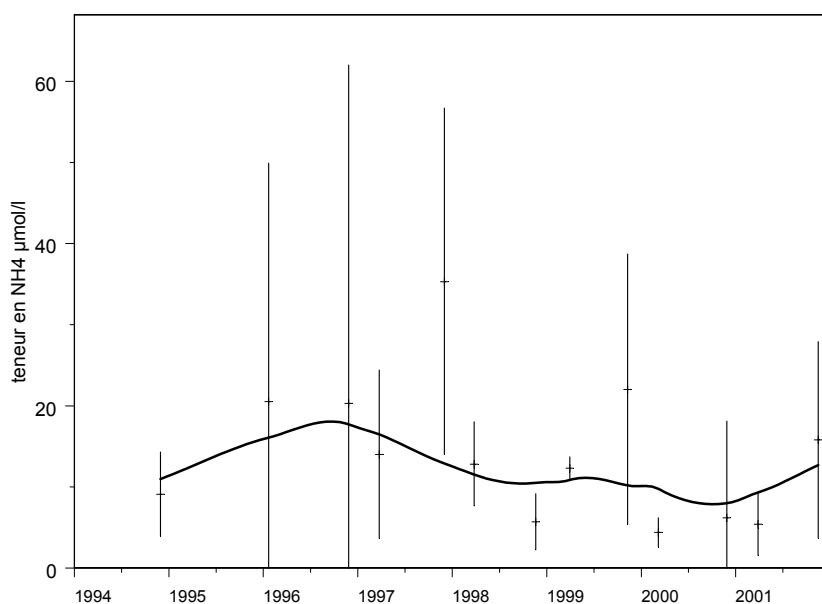


Figure 10 : Teneurs en ammonium extrapolées à salinité nulle en baie des Veys.

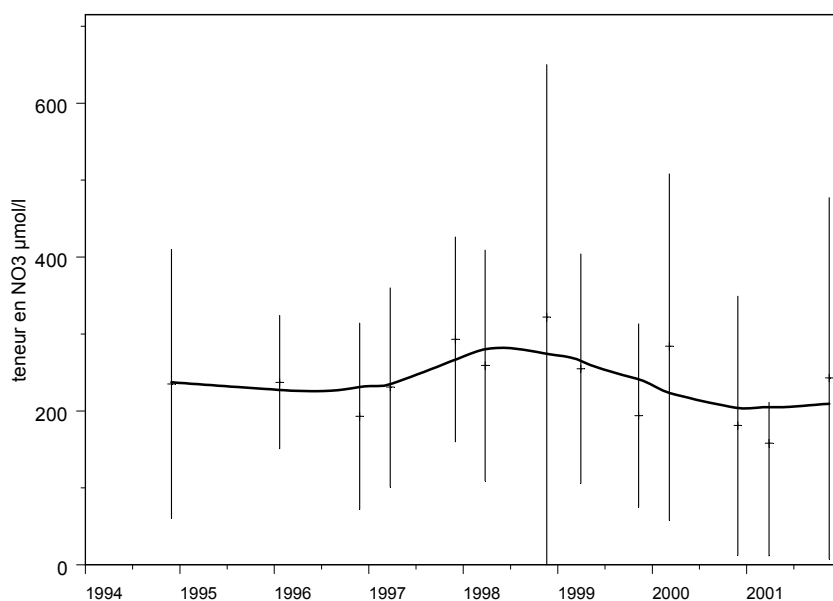


Figure 11 : Teneurs en nitrate extrapolées à salinité nulle en baie des Veys.

Figure 12 : Concentrations hivernales en phosphate extrapolées à salinité nulle en baie des Veys

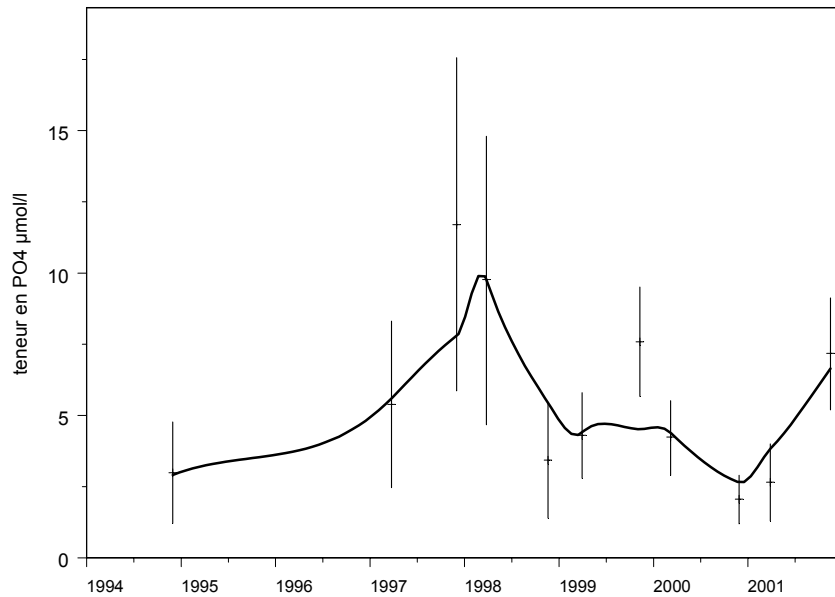
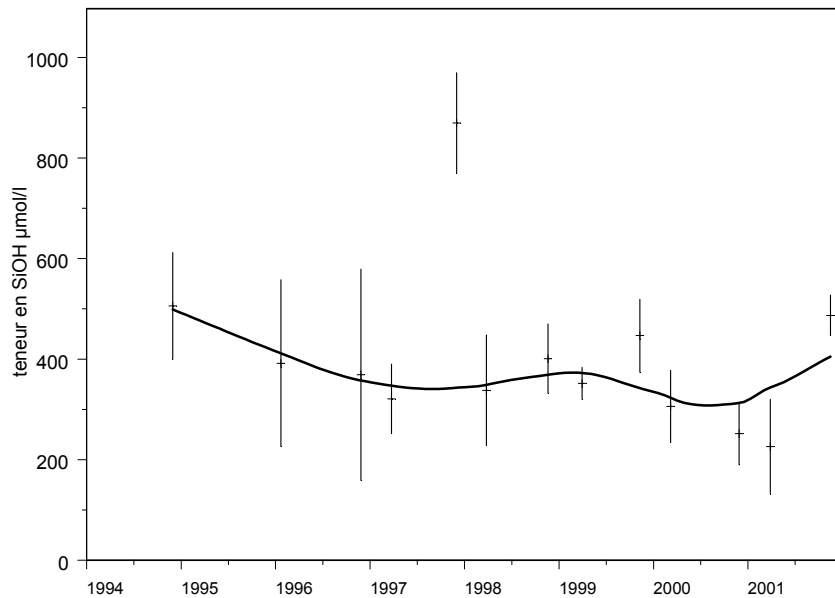


Figure 13 : Concentrations hivernales en silicate extrapolées à salinité nulle en baie des Veys.



Pour le phosphate, deux résultats de janvier et novembre 1996 ont été écartés car les distributions des teneurs selon la salinités ne sont pas assimilables à des droites, avec notamment l'absence de données pour le point du large.

Sur la courte période de suivi, les concentrations en éléments nutritifs varient peu. Au cours de la campagne de décembre 1997, des teneurs systématiquement élevées ont été relevées pour les différents éléments nutritifs et pour les points amont.

L'échantillonnage présente des lacunes. Il apparaît notamment que pour chaque rivière les deux prélèvements réalisés à deux moments différents correspondent fréquemment à des salinités proches, ce qui limite beaucoup l'intérêt de cette stratégie d'échantillonnage. Une plus grande attention devra être accordée à la variation de salinité utilisée comme traceur de la masse d'eau, de manière à assurer une meilleure répartition des prélèvements selon le gradient de salinité.

Rade de Brest

La figure 14 localise les points de prélèvements en rade de Brest, en distinguant les points a priori sous l'influence de l'Elorn, sous l'influence de l'Aulne et les points au large. La contribution respective de chacun des fleuves débouchant dans la rade de Brest, l'Elorn au nord et l'Aulne au sud, est bien visible, notamment pour l'ammonium (figure 15). Cependant, l'écart entre les pentes des droites de dilution de chacun des fleuves est faible et une seule droite a donc été calculée pour l'ensemble de la rade de Brest. Le tableau 3 fait la synthèse de ces données.

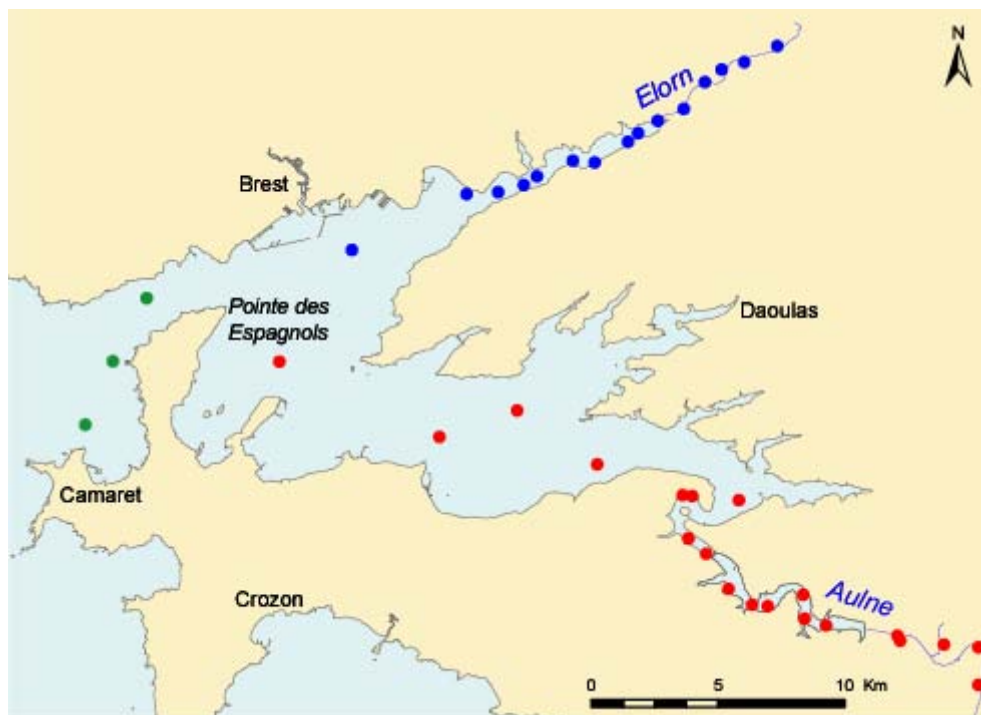


Figure 14 : Localisation des points de prélèvements RNO en rade de Brest.

	extrapolation à salinité nulle ($\mu\text{mol/l}$)		valeurs brutes ($\mu\text{mol/l}$)	
	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)
NO_3	221 à 698 (46 campagnes)	486 (453 - 520)	3,1 à 758 (941 mesures)	230 (218 - 242)
NH_4	5,3 à 27,5 (46 campagnes)	11,7 (10,3 - 13,1)	0,05 à 76 (941 mesures)	6,2 (5,8 - 6,54)
PO_4	0,54 à 4,5 (46 campagnes)	1,6 (1,3 - 1,8)	0,1 à 8,8 (941 mesures)	1,1 (1,03 - 1,13)

Tableau 3 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées en rade de Brest de décembre 1985 à janvier 2003.

Globalement le nitrate augmente peu sur la période 1985 - 2003 (figure 17) et reste assez stable autour d'une valeur de 500 $\mu\text{mol/l}$ depuis 1995, après avoir connu une forte croissance (de 200 à 550 $\mu\text{mol/l}$) sur la période précédente (bilan 1974 - 1984). En revanche, les figures 16 et 18 semblent montrer une décroissance des teneurs en ammonium et, moins nettement, en phosphate sur la période considérée.

Par ailleurs, on retrouve le comportement différencié du nitrate d'une part et de l'ammonium et phosphate d'autre part vis à vis du débit (figures 19 à 22 pour l'Aulne). Les concentrations en nitrate augmentent lorsque les débits augmentent (effet du lessivage par les pluies des sols chargés en nitrate sur un bassin versant à dominante agricole), tandis que celles de l'ammonium et du phosphate diminuent (effet de dilution de rejets d'origine essentiellement urbaine).

Figure 15 : Distribution des teneurs en ammonium mesurées en surface au cours de chaque campagne hivernale en rade de Brest.

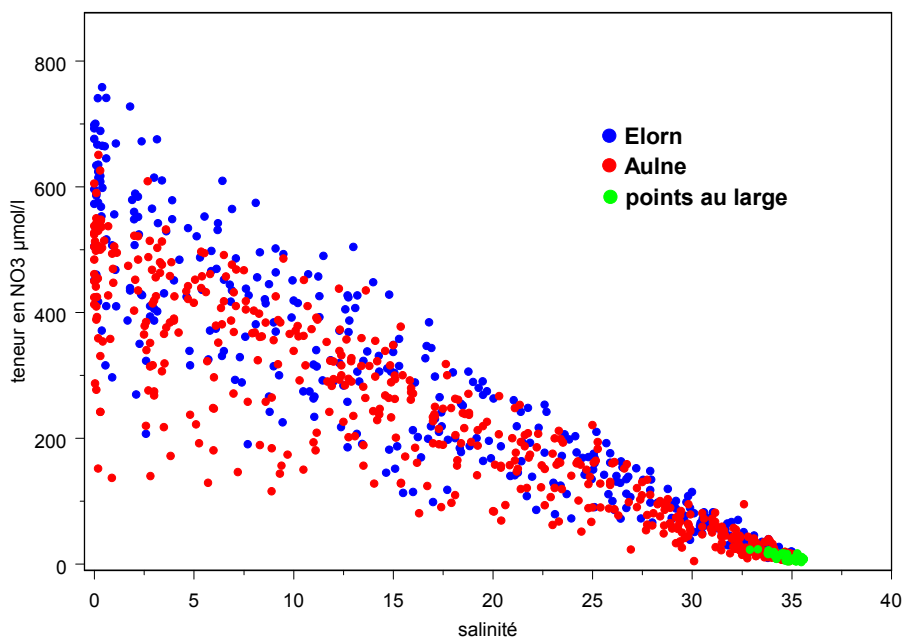


Figure 16 : Concentrations hivernales en ammonium extrapolées à salinité nulle en rade de Brest

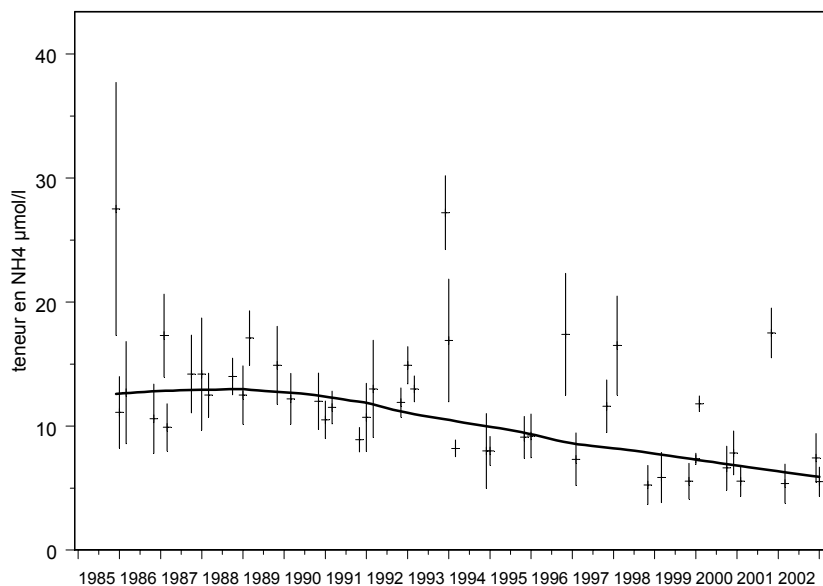
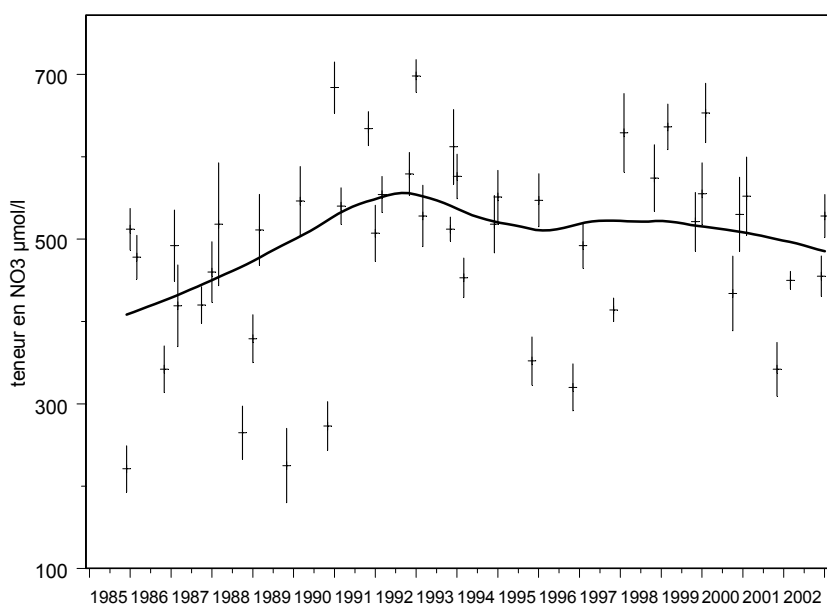


Figure 17 : Concentrations hivernales en nitrate extrapolées à salinité nulle en rade de Brest.



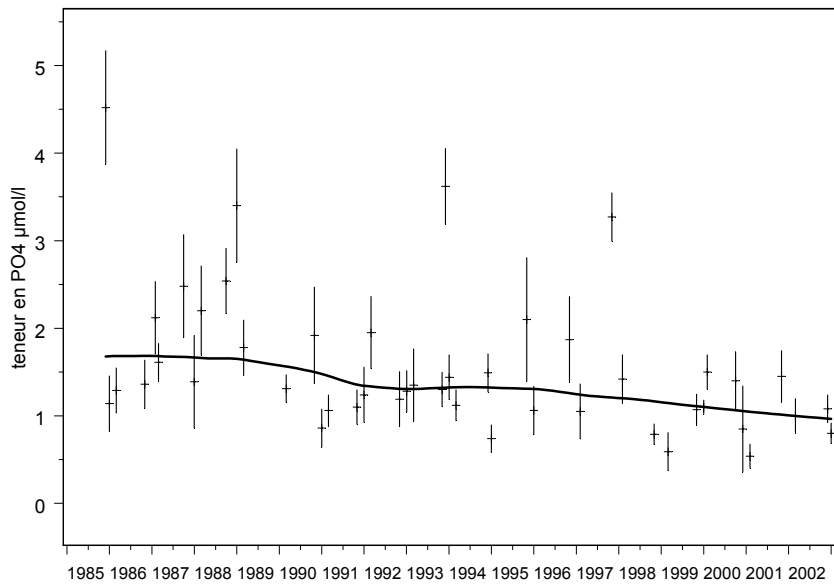


Figure 18 : Concentrations hivernales en phosphate extrapolées à salinité nulle en rade de Brest.

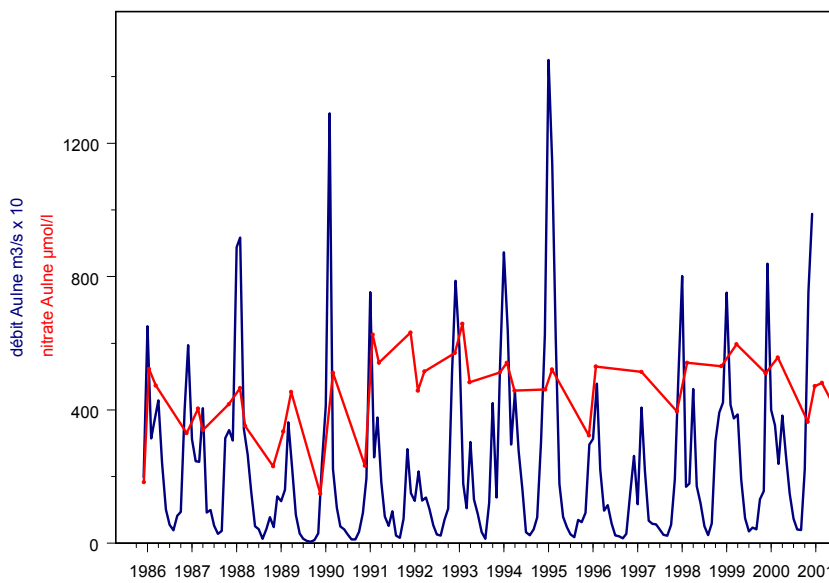


Figure 19 : Débits mensuels de l'Aulne (source : banque HYDRO) et teneurs en nitrate extrapolées à salinité nulle, calculées à partir des points de la rade de Brest situés dans l'estuaire de l'Aulne et à son embouchure.

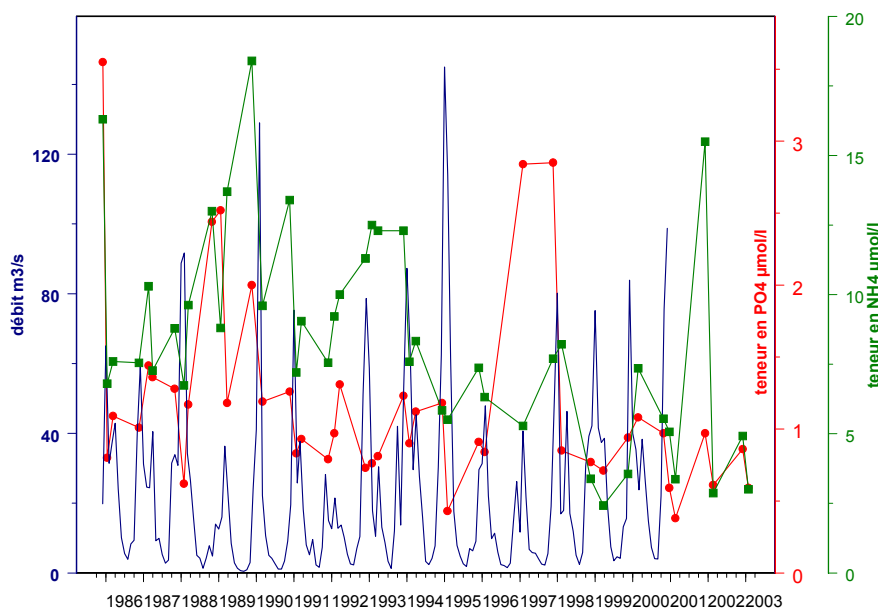


Figure 20 : Débits mensuels de l'Aulne (source : banque HYDRO) et teneurs en ammonium et phosphate extrapolées à salinité nulle, calculées à partir des points de la rade de Brest situés dans l'estuaire de l'Aulne et à son embouchure.

Figure 21 : Teneurs en nitrate extrapolées à salinité nulle en fonction des débits mensuels de l'Aulne (source : banque HYDRO). Les teneurs ont été calculées à partir des points de la rade de Brest situés dans l'estuaire de l'Aulne et à son embouchure.

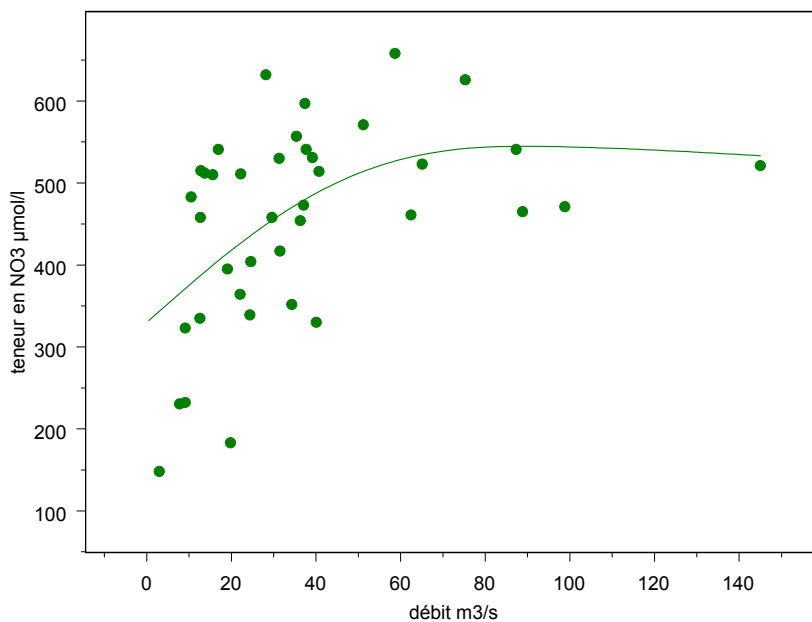
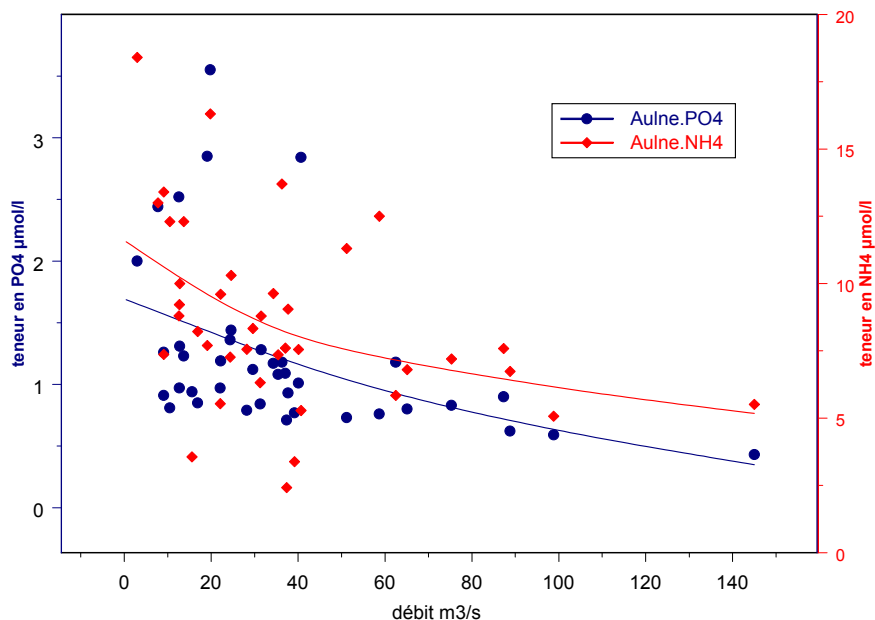


Figure 22 : Teneurs en phosphate et ammonium extrapolées à salinité nulle en fonction des débits mensuels de l'Aulne (source : banque HYDRO). Les teneurs ont été calculées à partir des points de la rade de Brest situés dans l'estuaire de l'Aulne et à son embouchure.



Estuaire de la Loire

La figure 23 présente les points de prélèvements RNO en estuaire de Loire. Le tableau 4 présente les résultats enregistrés sur ces points de 1985 à 2003.

Pour l'ammonium (figure 24), les campagnes antérieures à 1993 ont été écartées (distributions des valeurs non linéaire, nombreuses valeurs aberrantes). On ne retiendra donc que l'évolution des concentrations hivernales depuis 1993, avec des niveaux plutôt stables, entre 5 et 6 μmol/l, après une augmentation de 1993 à 1996.

Les concentrations hivernales en nitrate de la Loire (figure 25) montrent une tendance à l'augmentation de 1985 à 1997 (230 à 320 μmol/l), puis une diminution depuis 1998 (290 μmol/l en 2003).

Les teneurs en phosphate sont relativement stables, avec des niveaux oscillant autour de 4 μmol/l (figure 26).

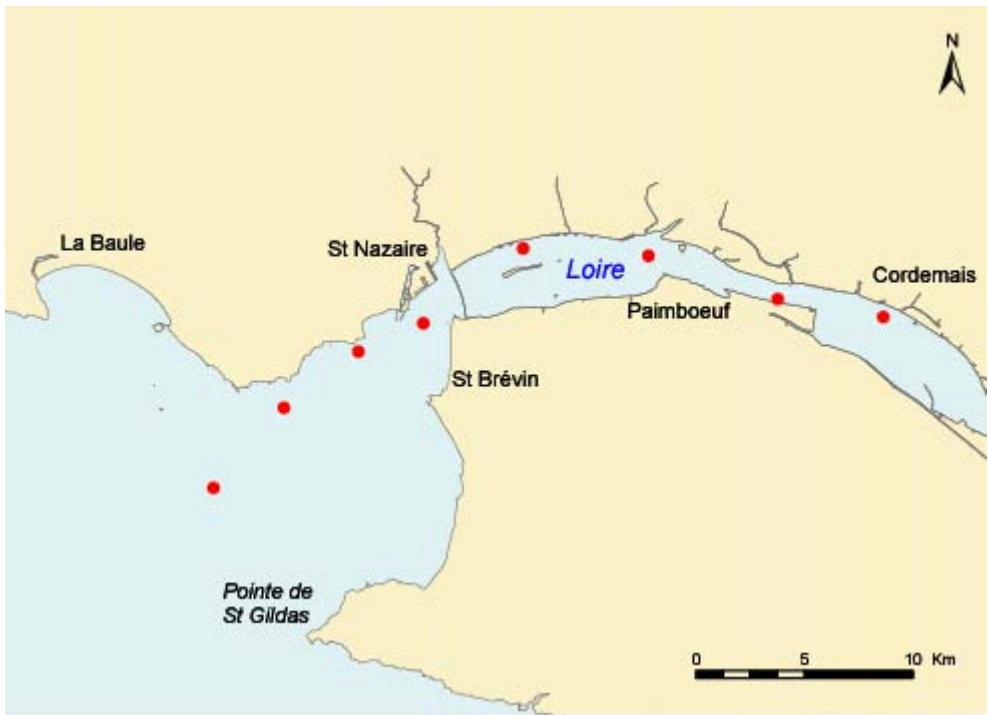


Figure 23 : Localisation des points de prélèvements RNO en estuaire de Loire.

	extrapolation à salinité nulle ($\mu\text{mol/l}$)		valeurs brutes ($\mu\text{mol/l}$)	
	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)
NO ₃	86,4 à 429 (51 campagnes)	283 (262 - 303)	1 à 429 (1200 mesures)	176 (170 - 182)
NH ₄	1,5 à 15,3 (31 campagnes)	6,5 (5,3 - 7,7)	max. à 25 (1200 mesures)	4,6 (4,45 - 4,84)
PO ₄	1,25 à 12,6 (51 campagnes)	4,9 (4,0 - 5,7)	max. à 52,6 (1200 mesures)	3,4 (3,2 - 3,5)

Tableau 4 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées en estuaire de Loire de mars 1985 à février 2003.

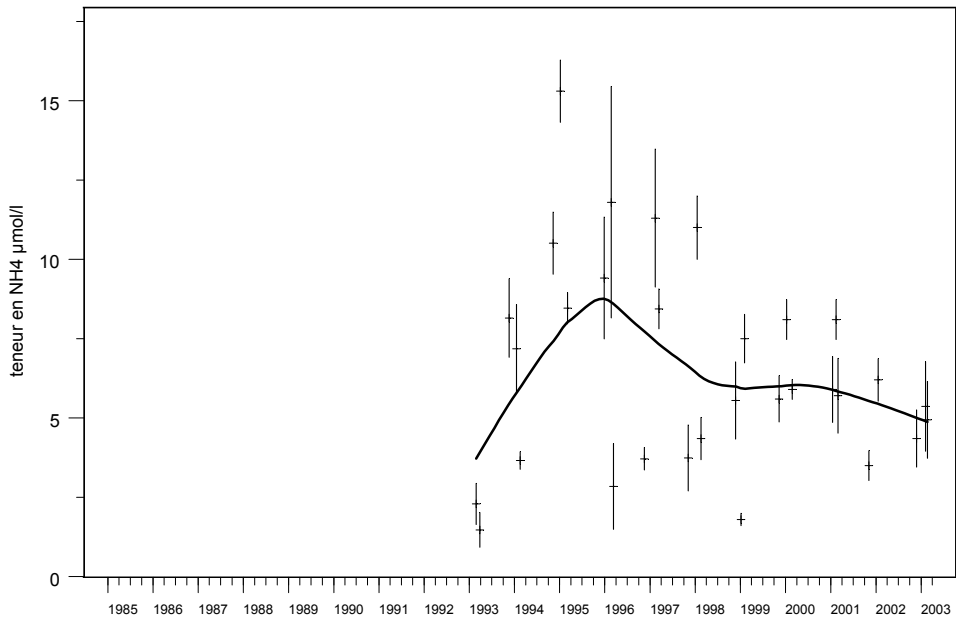


Figure 24 : Concentrations hivernales en ammonium extrapolées à salinité nulle en estuaire de Loire.

Figure 25 : Concentrations hivernales en nitrate extrapolées à salinité nulle en estuaire de Loire.

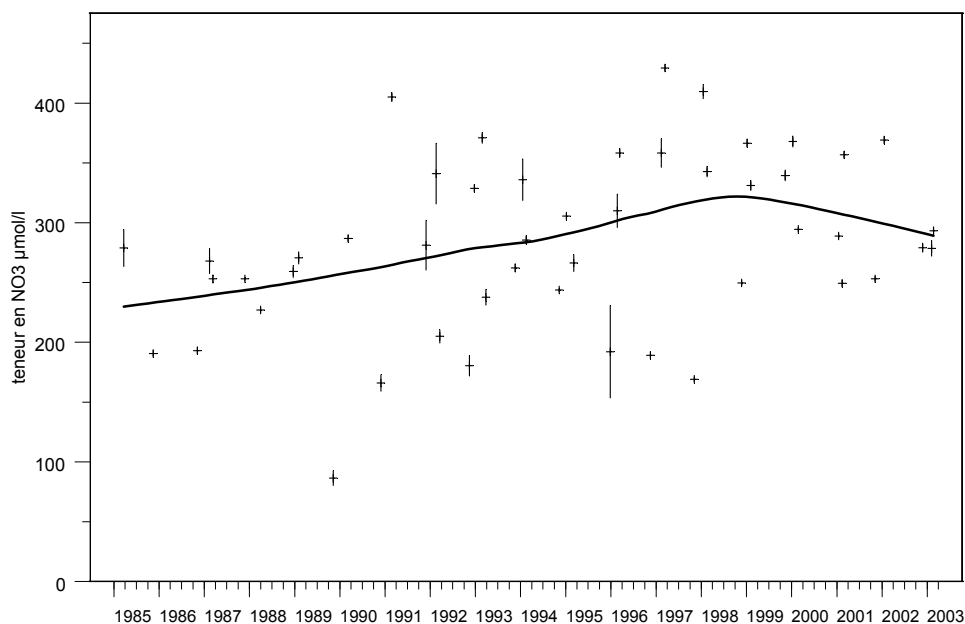
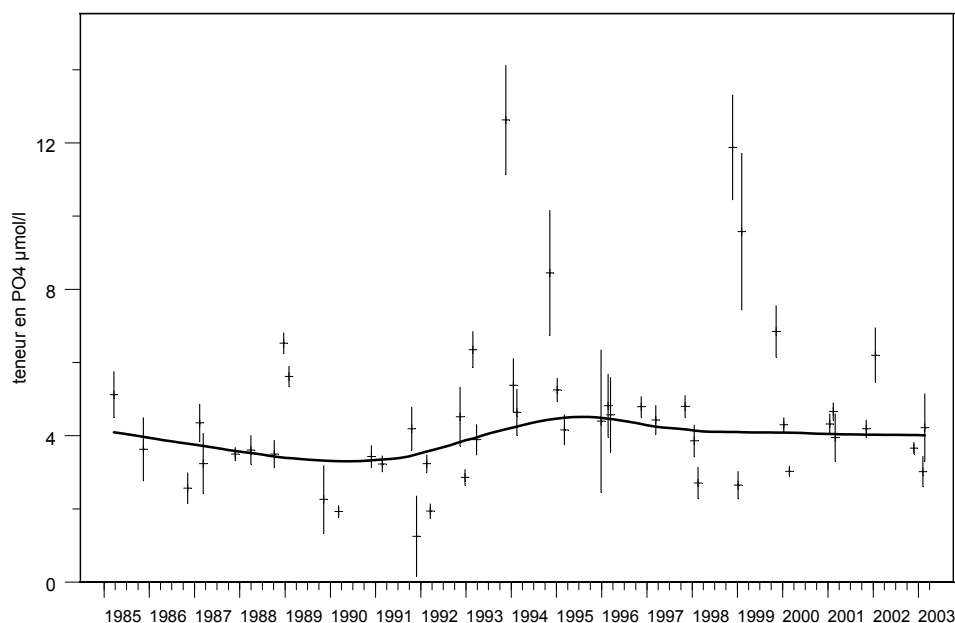


Figure 26 : Concentrations hivernales en phosphate extrapolées à salinité nulle en estuaire de Loire.



Gironde

Les résultats acquis sur les points de suivi en Gironde (figure 27) sont synthétisés dans le tableau 5. Les tendances temporelles apparaissent dans les figures 28 à 31.

En ce qui concerne l'ammonium, plus de la moitié des campagnes a dû être écartée pour cause de valeurs aberrantes, non distribuées linéairement selon le gradient de salinité. Ceci est sans doute lié à un problème de collecte ou d'analyse, pour ce paramètre très sensible aux conditions d'échantillonnage.

Pour le nitrate, la campagne du 14 décembre 1999 est atypique par les teneurs très élevées qui y sont mesurées. Cette observation a été confirmée par d'autres mesures sans qu'une explication n'ait pu être donnée pour le moment.

La campagne de mars 1993 n'a pas été prise en compte pour le phosphate car elle présente une distribution non linéaire des concentrations en fonction de la salinité. De plus, ces concentrations sont anormalement élevées.

Globalement, les concentrations observées restent peu élevées. Les niveaux de silicate ont augmenté de 80 à 140 $\mu\text{mol/l}$. Les teneurs en nitrate restent stables autour de 160 $\mu\text{mol/l}$. Les teneurs en phosphate reviennent autour de 1,5 $\mu\text{mol/l}$ en fin de la période d'étude, après une augmentation jusqu'à 3 $\mu\text{mol/l}$ au début des années 1990. Pour l'ammonium, le faible nombre de campagne pouvant être prises en compte ne permet pas une bonne appréciation de la tendance. Une plus grande rigueur devra être observée pour l'échantillonnage et l'analyse de manière à éviter les résultats non exploitables. Il conviendra de surveiller l'évolution de ce paramètre pour voir si la tendance récente à l'augmentation se confirme.

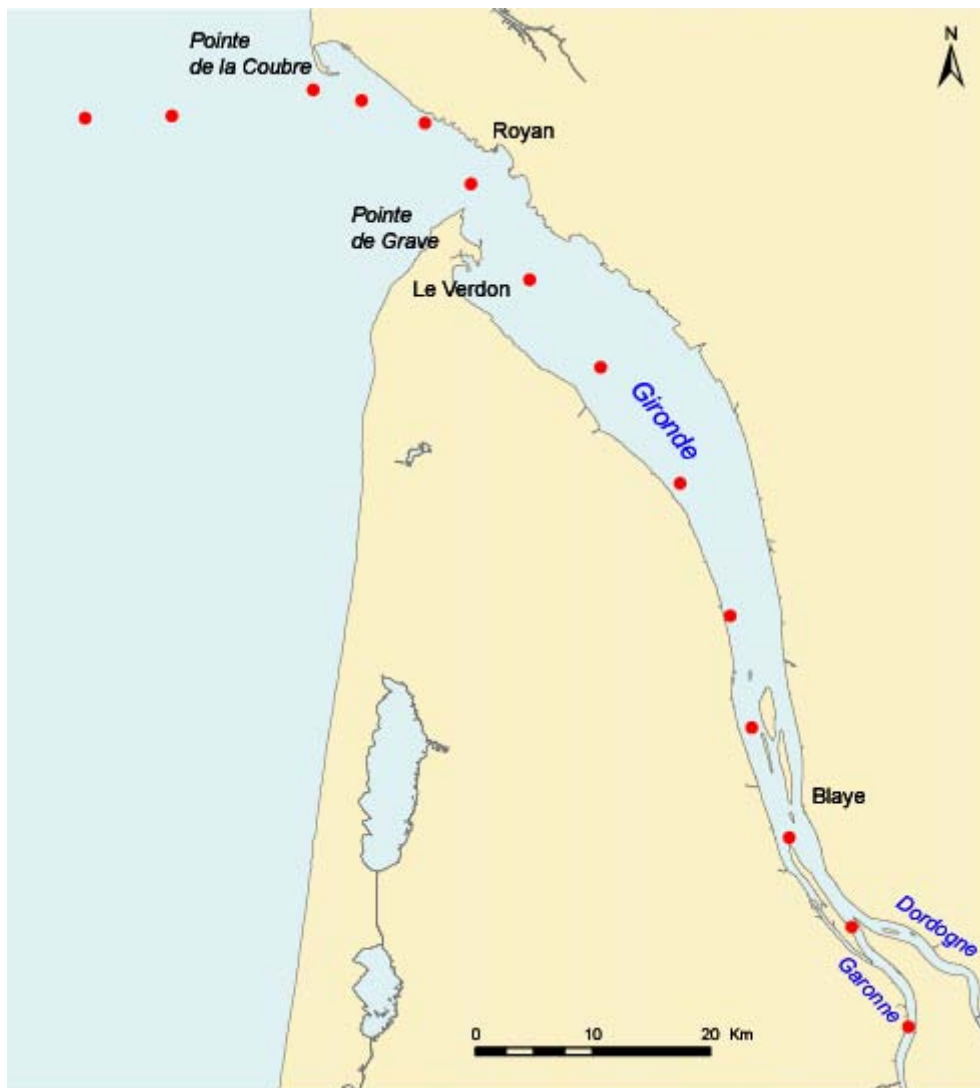


Figure 27 : Localisation des points de prélèvements RNO en Gironde.

	extrapolation à salinité nulle ($\mu\text{mol/l}$)		valeurs brutes ($\mu\text{mol/l}$)	
	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)	gamme de valeurs	moyenne (<i>intervalle de confiance à 95%</i>)
NO_3	85 à 479 (25 campagnes)	176 (146 - 206)	max. à 492 (566 mesures)	81 (75,5 - 86)
NH_4	0,02 à 9,9 (12 campagnes)	2,8 (0,75 - 4,8)	0,01 à 18,6 (566 mesures)	1,8 (1,63 - 2,03)
PO_4	0,11 à 5,28 (24 campagnes)	2,3 (1,8 - 2,9)	0,01 à 34,7 (566 mesures)	1,65 (1,46 - 1,85)
SiOH	78 à 169 (25 campagnes)	117 (106 - 128)	3,2 à 163 (292 mesures)	55 (50,5 - 59,3)

Tableau 5 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées en Gironde de février 1985 à janvier 2002.

Figure 28 : Concentrations hivernales en ammonium extrapolées à salinité nulle en Gironde.

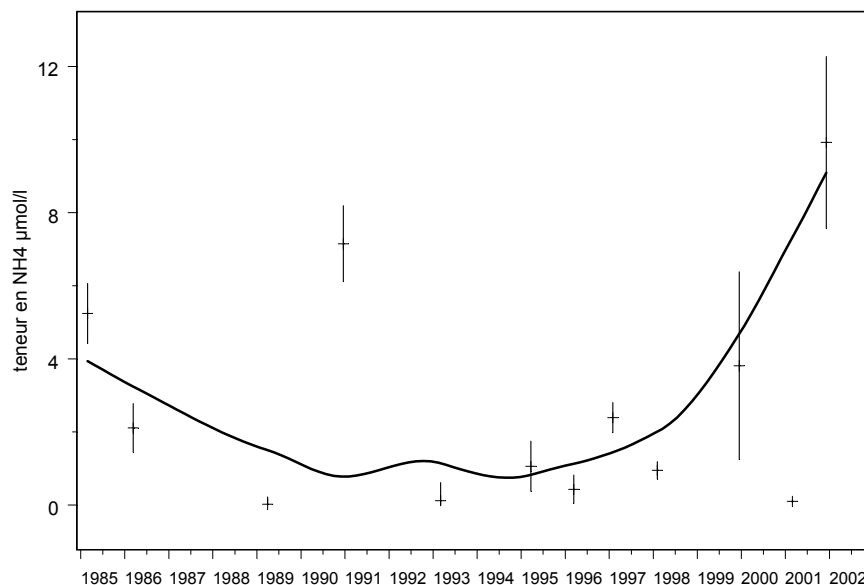


Figure 29 : Concentrations hivernales en nitrate extrapolées à salinité nulle en Gironde.

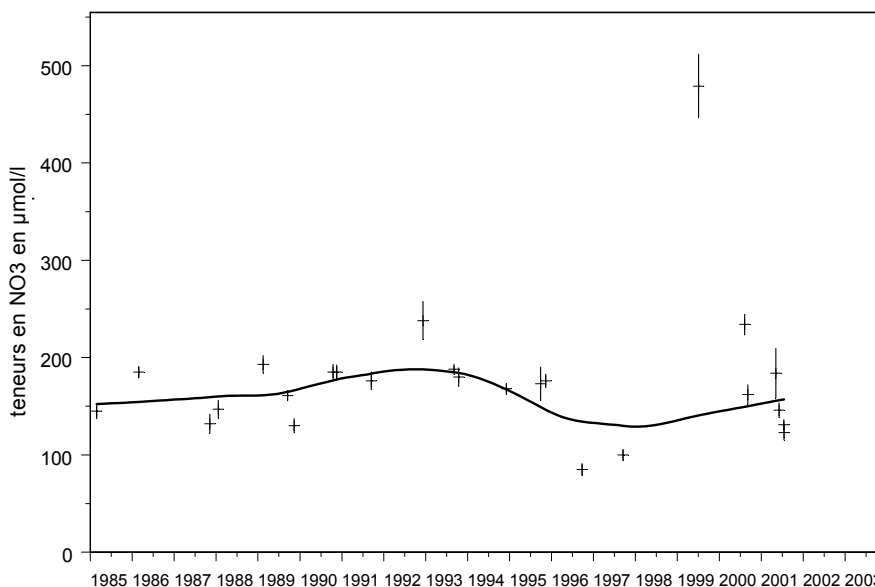
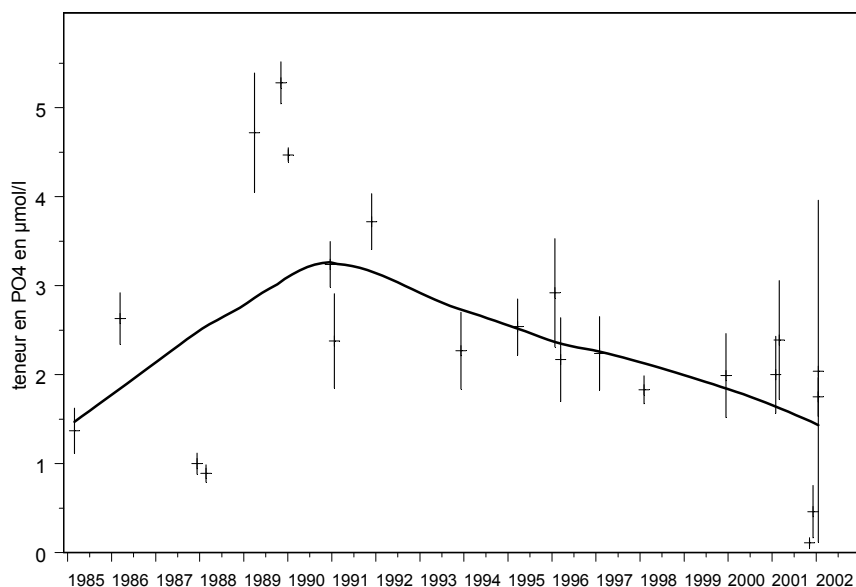


Figure 30 : Concentrations hivernales en phosphate extrapolées à salinité nulle en Gironde.



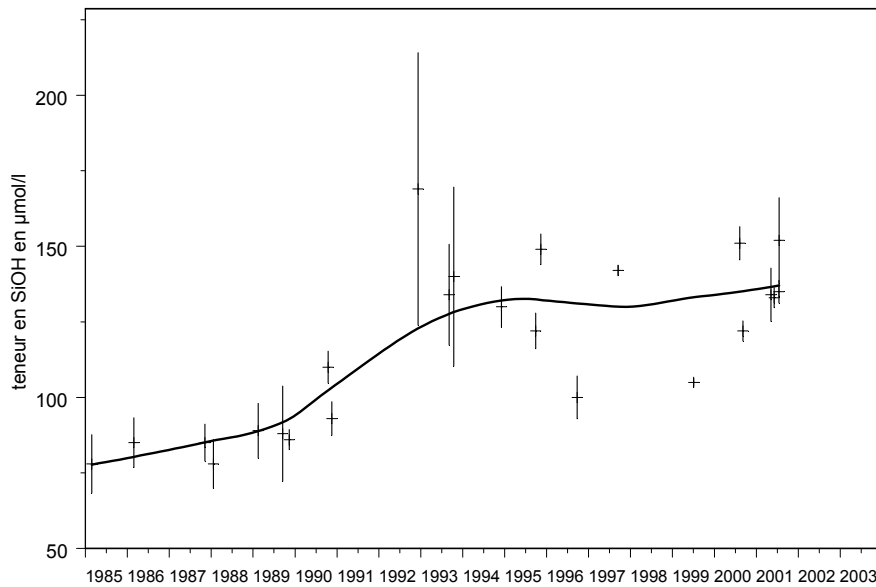


Figure 31 : Concentrations hivernales en silicate extrapolées à salinité nulle en Gironde.

Littoral de Dunkerque et Calais

Les points de suivi du site Dunkerque (figure 32) sont situés dans une ambiance marine, avec des salinités enregistrées rarement inférieures à 27. Il n'est donc pas possible d'évaluer une concentration à salinité nulle qui serait empreinte d'une forte erreur, d'autant que l'échantillonnage présente périodiquement des manques importants. Le tableau 6 présente la synthèse des résultats bruts enregistrés.

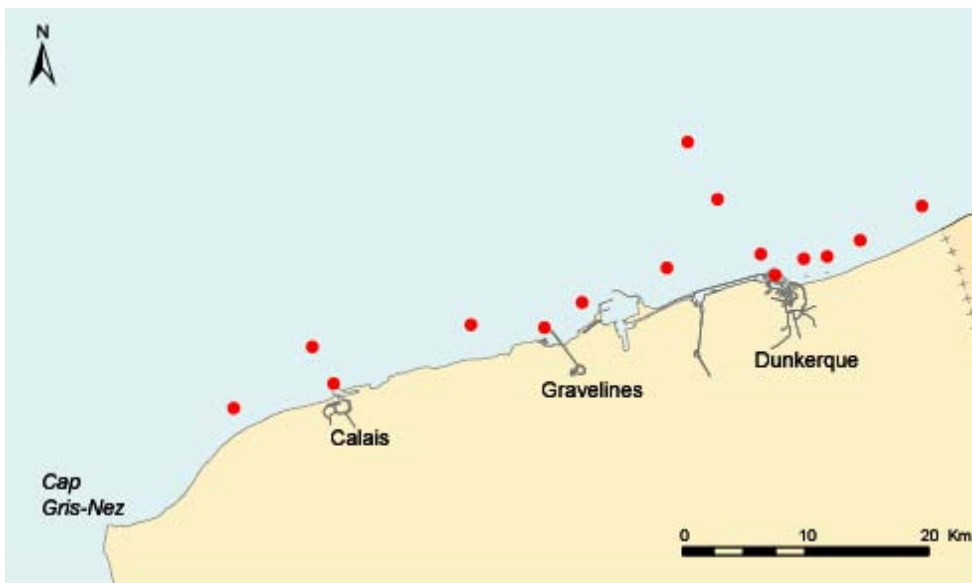
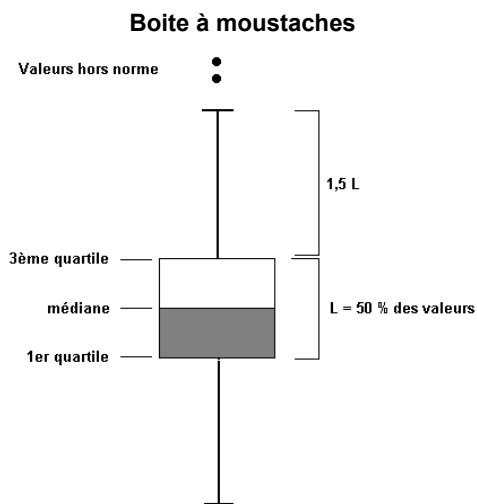


Figure 32 : Localisation des points de prélèvements RNO sur le littoral de Dunkerque et Calais.

	gamme de valeur	moyenne 1985 - 2002 (intervalle de confiance à 95%)
NO ₃	0,51 à 215 µmol/l (365 mesures)	18,9 µmol/l (17 - 20,9)
NH ₄	0,39 à 62,7 µmol/l (353 mesures)	3,19 µmol/l (2,76 - 3,62)
PO ₄	0,04 à 7,8 µmol/l (365 mesures)	1,01 µmol/l (0,93 - 1,09)
SiOH	0,02 à 134,4 µmol/l (365 mesures)	8,5 µmol/l (7,3 - 9,7)
salinité	16,7 à 35 (368 mesures)	médiane : 33,83

Tableau 6 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées le long du littoral de Dunkerque de mars 1985 à novembre 2002.



Comme expliqué plus haut, les données sont présentées ici sous une forme différente. Dans les figures 33 à 36 l'ensemble des résultats de chaque campagne est représenté sous la forme de boîtes représentant 50% des valeurs observées, avec indication de la médiane et des valeurs hors norme (boite à moustaches, voir ci-contre).

Il est à noter que les teneurs présentent parfois de fortes dispersions. Pour le nitrate, le phosphate et le silicate, aucune tendance réelle n'apparaît sur la période considérée mais ce résultat peut être dû en partie à la dispersion des valeurs, ajoutée aux lacunes de l'échantillonnage.

Les valeurs très fortes observées sont celles qui ont été mesurées sur les deux points situés à l'intérieur des ports. L'influence de l'activité anthropique et notamment des rejets urbains (NH_4) y est bien marquée.

Figure 33 : Concentrations hivernales en ammonium sur le littoral de Dunkerque.

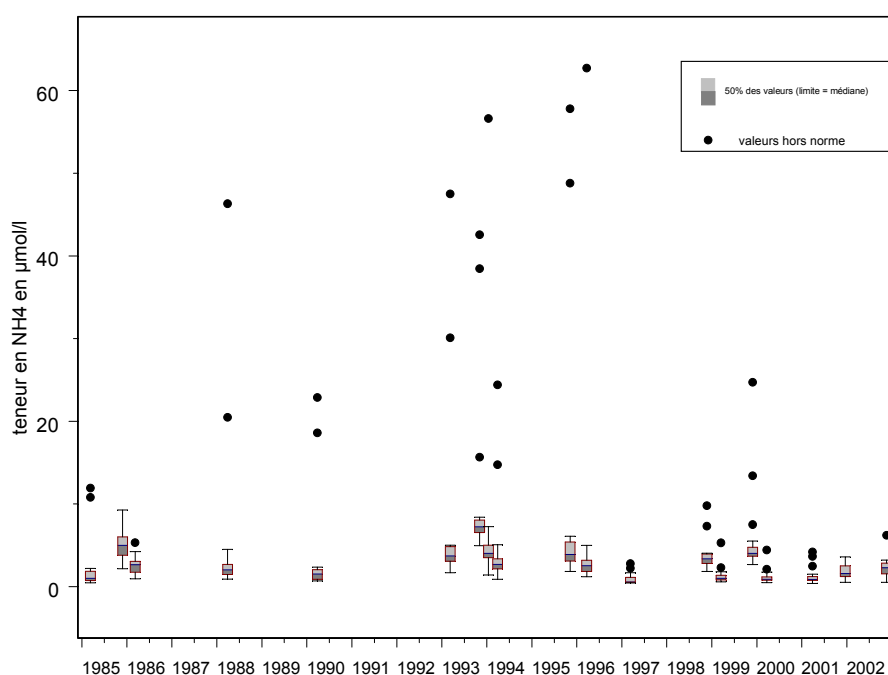
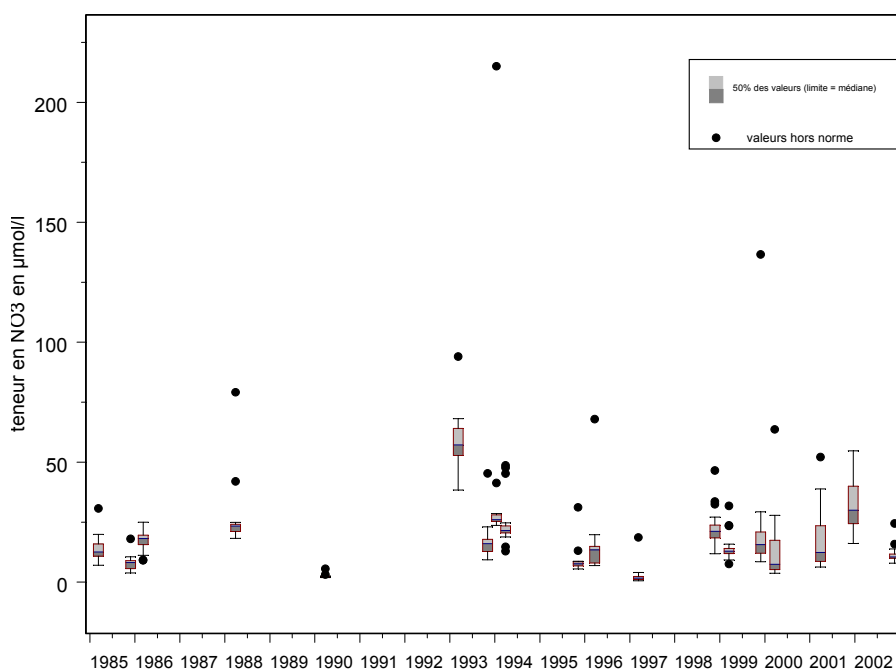


Figure 34 : Concentrations hivernales en nitrate sur le littoral de Dunkerque.



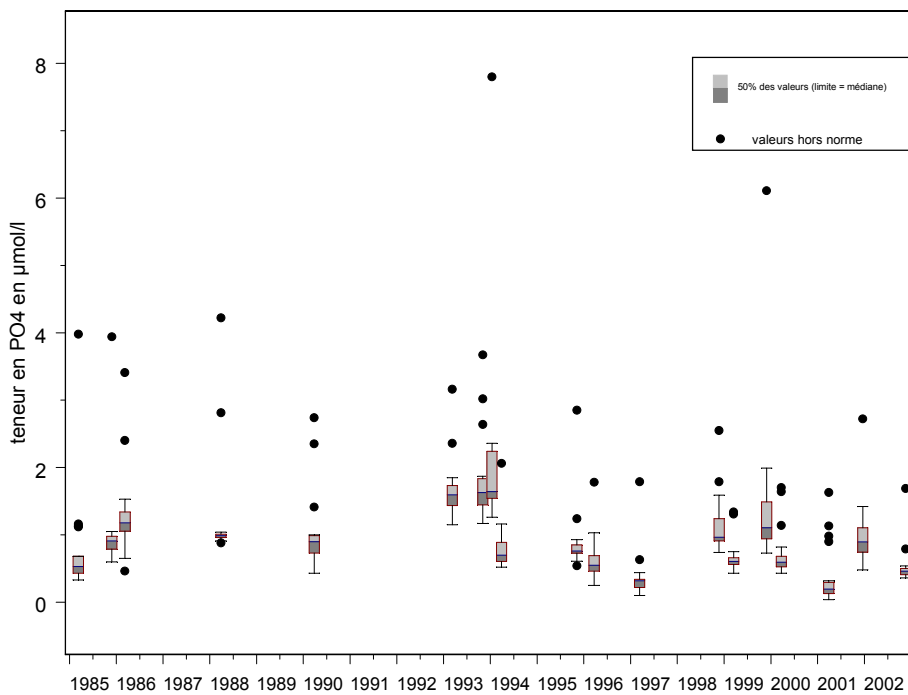


Figure 35 : Concentrations hivernales en phosphate sur le littoral de Dunkerque.

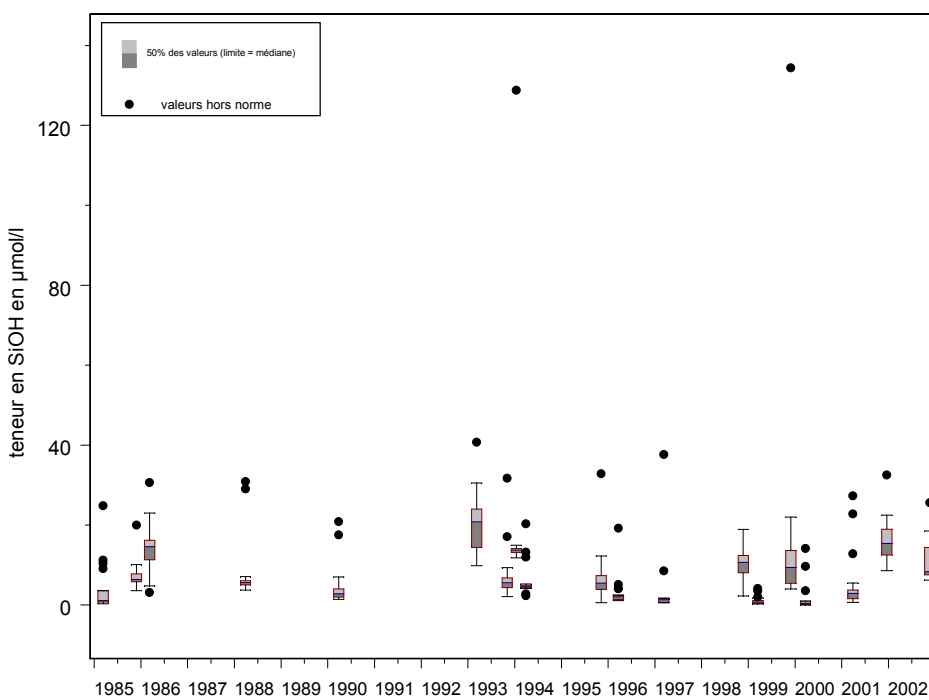


Figure 36 : Concentrations hivernales en silicate sur le littoral de Dunkerque.

Golfe de Fos

Les points de suivi du golfe de Fos (figure 37) sont situés dans une ambiance marine. Les salinités mesurées ne sont jamais inférieures à 21. Il n'est donc pas possible d'évaluer une concentration théorique à salinité nulle. Le tableau 7 présente la synthèse des résultats bruts enregistrés.

L'ensemble des résultats obtenus pour chaque campagne est représenté sous la forme d'une boîte représentant 50% des valeurs observées, avec indication des valeurs hors norme (points noirs sur les figures 38 à 40). Les teneurs observées restent globalement stables voire décroissantes (ammonium et phosphate) sur la période étudiée.

Figure 37 : Localisation des points de prélèvements RNO :
 Golfe de Fos (●)
 Etang de Berre (●)
 Delta du Rhône (●)

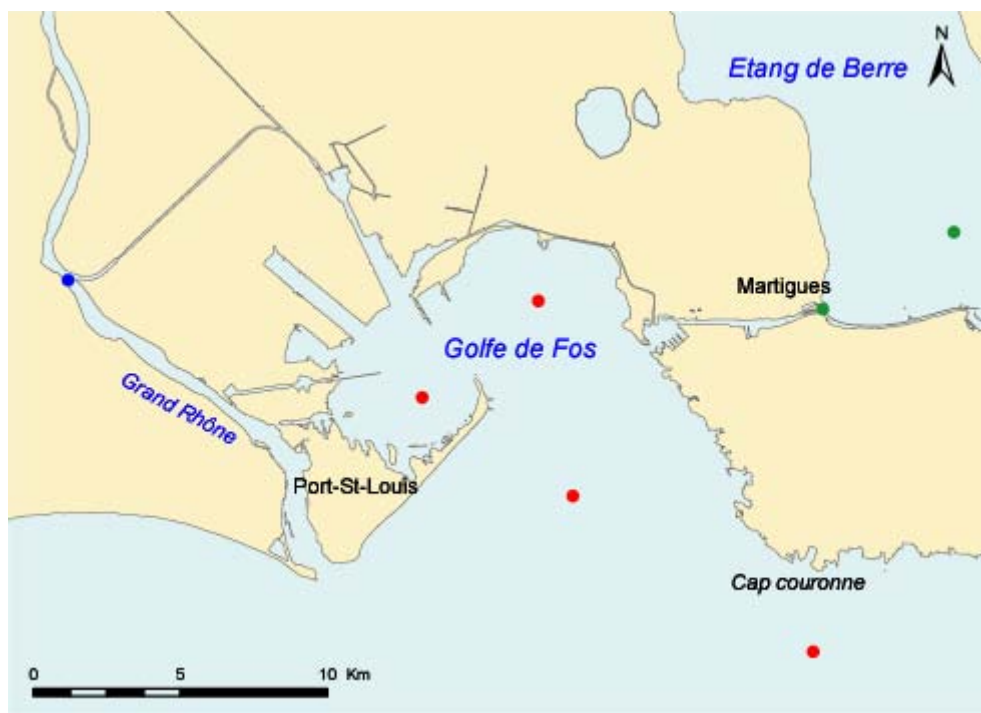
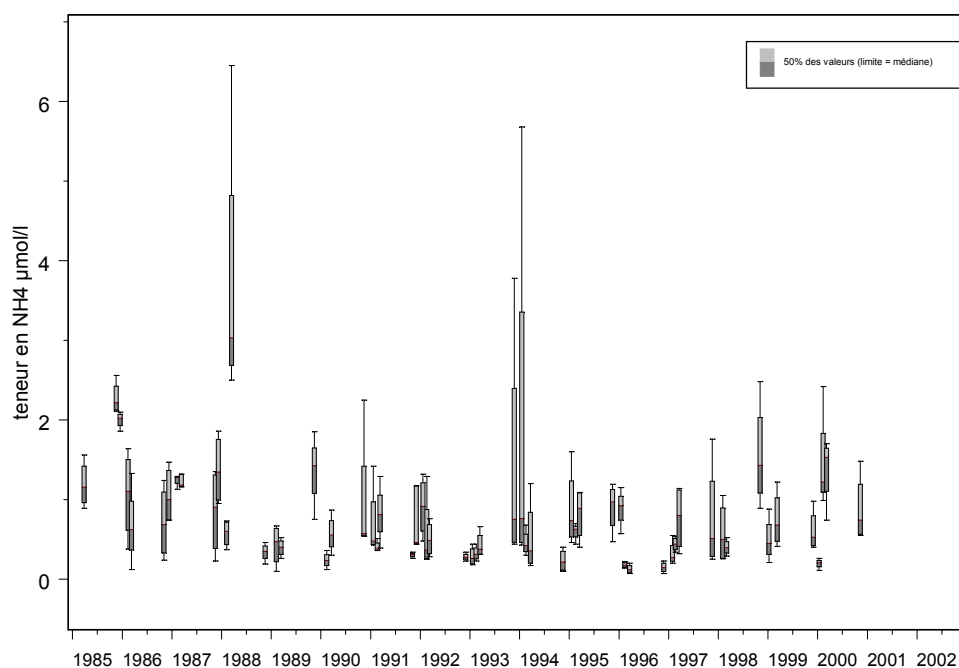


Tableau 7 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées dans le golfe de Fos de mars 1985 à novembre 2000.

	gamme de valeur	moyenne 1985 - 2000 (intervalle de confiance à 95%)
NO ₃	max. à 68,8 µmol/l (sur 234 mesures)	6,5 µmol/l (5,3 - 7,6)
NH ₄	0,07 à 6,45 µmol/l (sur 234 mesures)	0,81 µmol/l (0,71 - 0,92)
PO ₄	max. à 1,39 µmol/l (sur 234 mesures)	0,24 µmol/l (0,21 - 0,27)
salinité	21,2 à 38,9 (sur 234 mesures)	médiane : 36,7

Figure 38 : Concentrations hivernales en ammonium relevées à chaque campagne sur les quatre points du golfe de Fos.



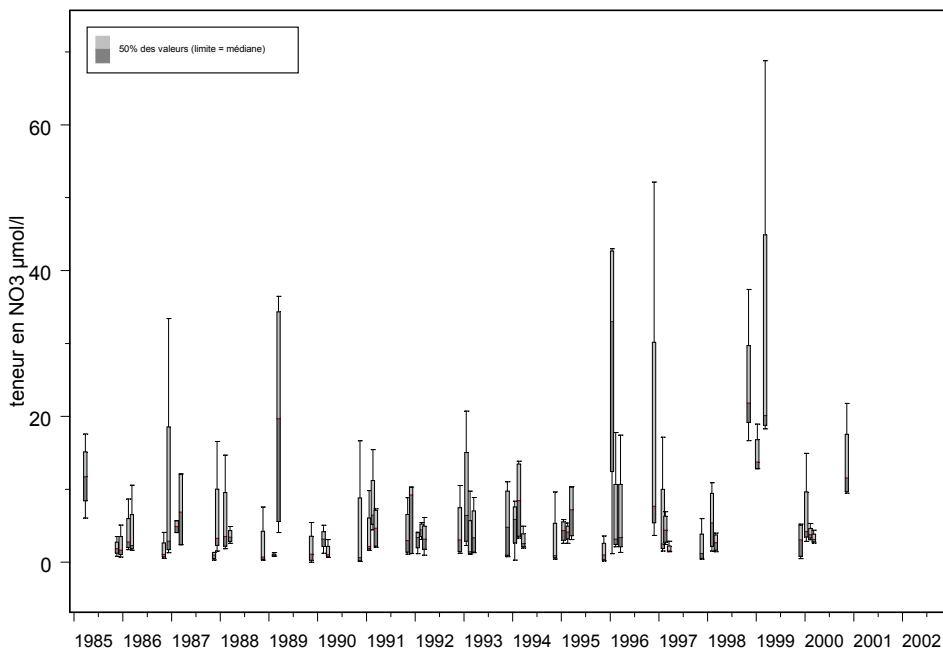


Figure 39 : Concentrations hivernales en nitrate relevées à chaque campagne sur les quatre points du golfe de Fos.

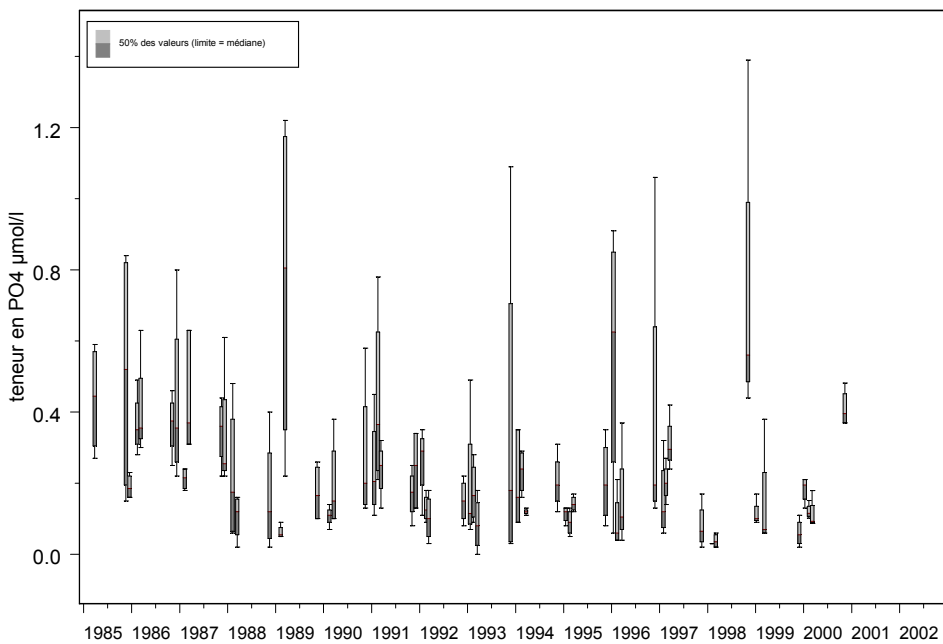


Figure 40 : Concentrations hivernales en phosphate relevées à chaque campagne sur les quatre points du golfe de Fos.

Etang de Berre

Dans l'étang de Berre le suivi repose sur deux points de prélèvements (figure 37). Le choix a été fait de présenter ici directement les valeurs brutes enregistrées (tableau 8 et figures 41 à 43).

	gamme de valeur	moyenne 1985 - 1998 (intervalle de confiance à 95%)
NO ₃	0,05 à 45,1 µmol/l (sur 106 mesures)	12,8 µmol/l (10,5 - 15)
NH ₄	0,12 à 6,31 µmol/l (sur 106 mesures)	1,38 µmol/l (1,13 - 1,63)
PO ₄	max. à 3,38 µmol/l (sur 106 mesures)	0,44 µmol/l (0,33 - 0,54)
salinité	1,84 à 25,7 (sur 106 mesures)	médiane : 10,2

Tableau 8 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées dans l'étang de Berre de mars 1985 à novembre 1998.

Pour l'ammonium (figure 41) les teneurs relevées sont généralement peu élevées et montrent une tendance à la décroissance, surtout marquée en début de période, entre 1985 et 1990. Les concentrations les plus élevées sont observées sur toute la gamme de salinité, ce qui suggère des apports sporadiques, non liés exclusivement à des épisodes pluvieux importants.

Les teneurs en nitrate observées montrent une tendance à l'augmentation entre 1989 et 1993 avec apparition de valeurs supérieures à 30 $\mu\text{mol/l}$ à partir de 1991.

Les concentrations en phosphate montrent très nettement une tendance à la diminution sur l'ensemble de la période de suivi.

Figure 41 : Concentrations hivernales en ammonium relevées à chaque campagne sur les deux points de l'étang de Berre.

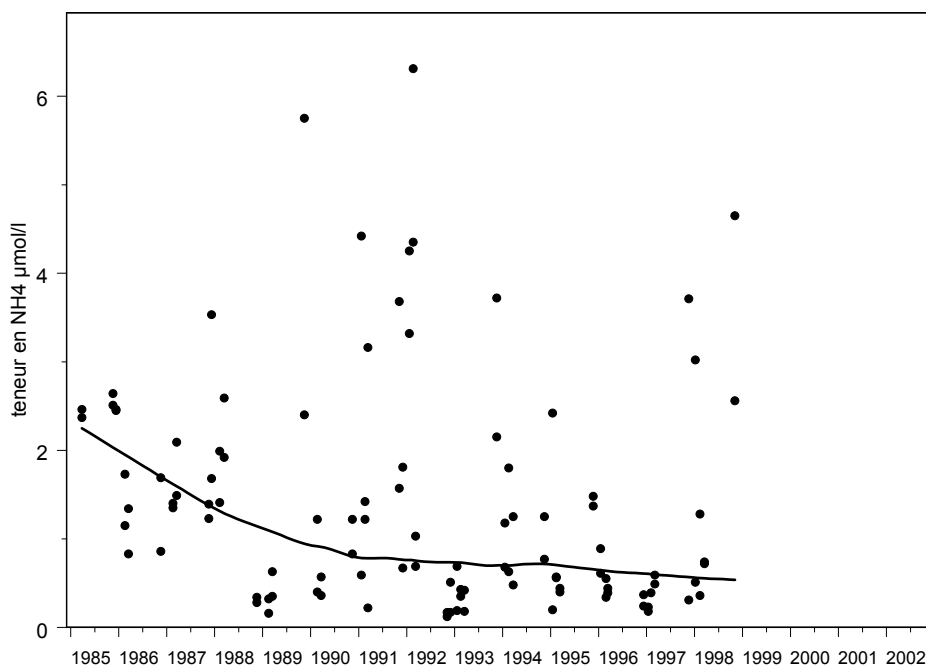
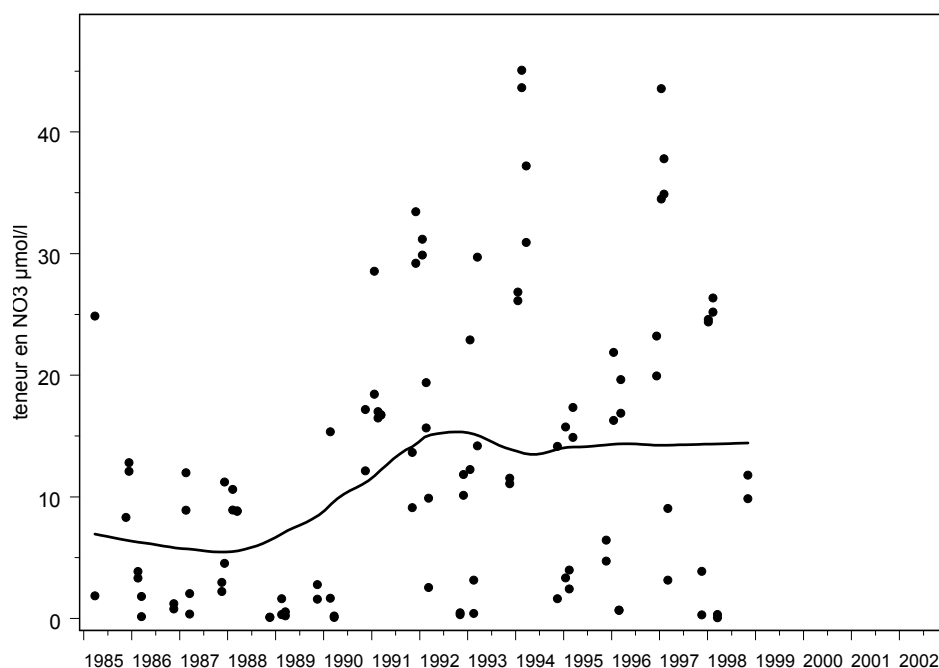


Figure 42 : Concentrations hivernales en nitrate relevées à chaque campagne sur les deux points de l'étang de Berre.



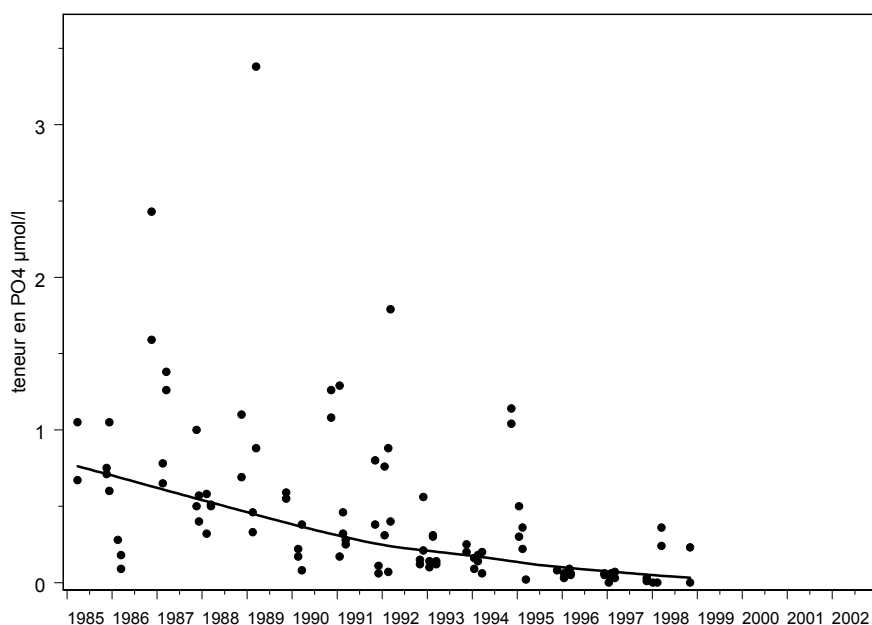


Figure 43 : Concentrations hivernales en phosphate relevées à chaque campagne sur les deux points de l'étang de Berre.

Delta du Rhône

Les mesures sont effectuées sur un seul point situé dans le Grand Rhône (figure 37). Elles sont résumées dans le tableau 9. Sur ce point situé dans le fleuve et en l'absence de marée, les salinités mesurées sont très faibles. Pour permettre la comparaison avec les estuaires des grands fleuves français, seules ont été prises en compte ici les observations réalisées à des salinités inférieures à 1 (figures 44 à 46). Une teneur forte en phosphate, non expliquée, observée le 14 janvier 1986, a été écartée.

	gamme de valeur (µmol/l)	moyenne 1985 - 2000 (µmol/l) (intervalle de confiance à 95%)
NO ₃	3 à 266 (sur 65 mesures)	124 (115 - 134)
NH ₄	0,2 à 18,9 (sur 65 mesures)	3,99 (2,93 - 5,04)
PO ₄	0,27 à 27,8 (sur 65 mesures)	3,65 (2,73 - 4,56)

Tableau 9 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées dans le Rhône de mars 1985 à novembre 2000.

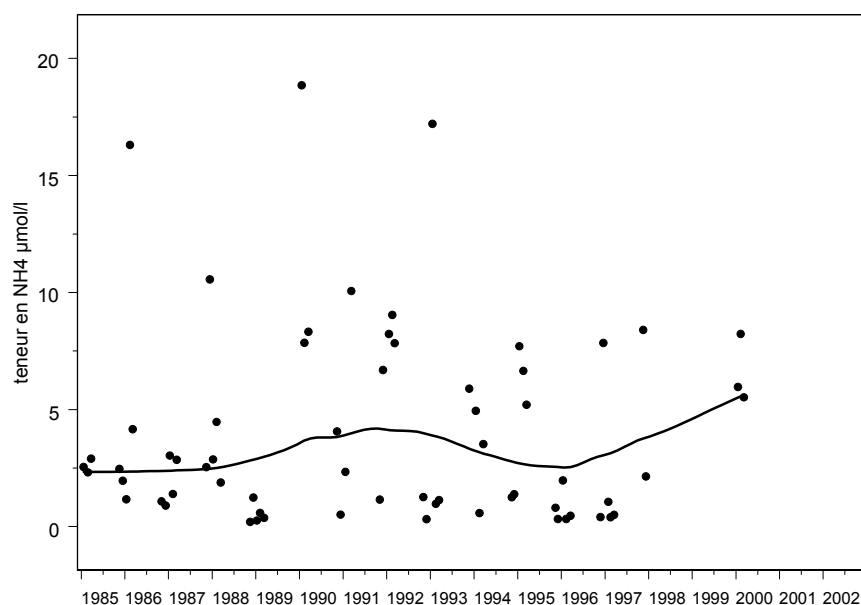


Figure 44 : Concentrations hivernales en ammonium relevées à chaque campagne dans le Grand Rhône pour des salinités inférieures à 1.

Figure 45 : Concentrations hivernales en nitrate relevées à chaque campagne dans le Grand Rhône pour des salinités inférieures à 1.

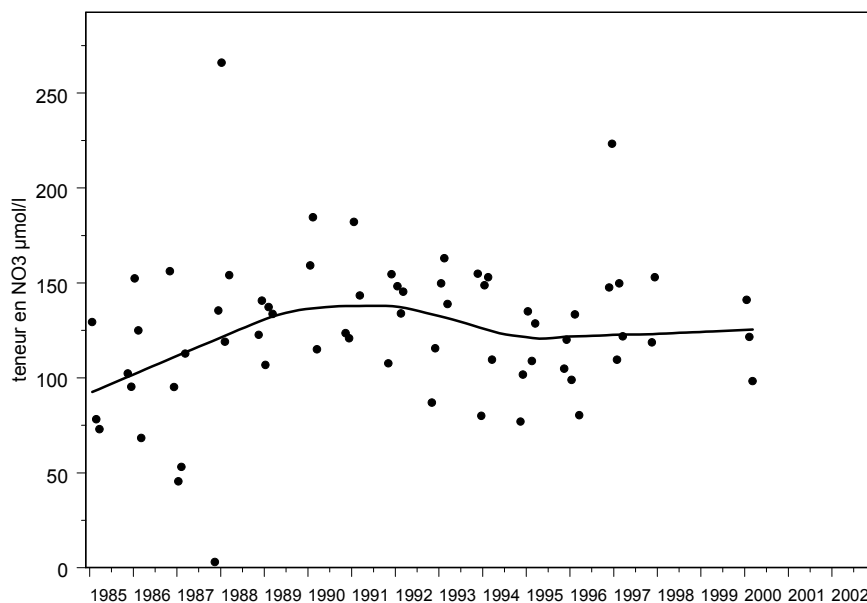
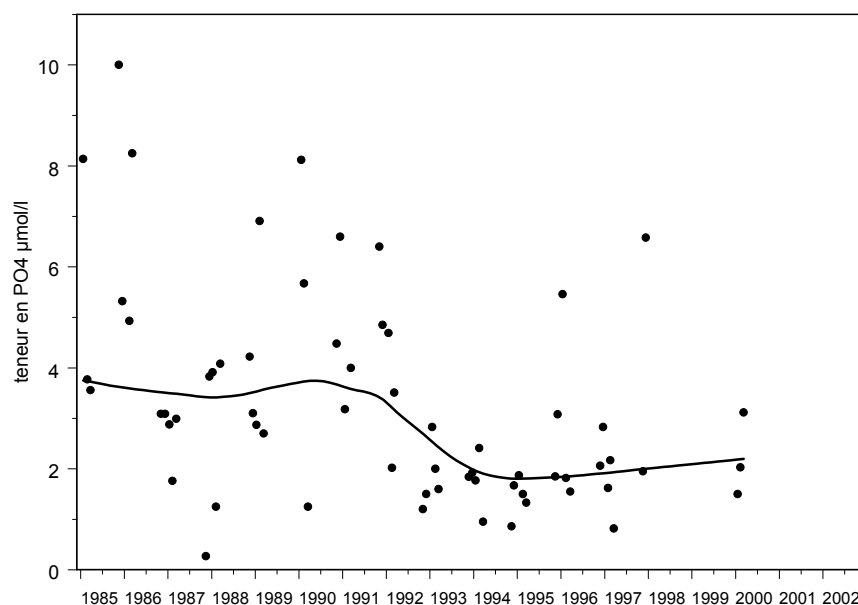


Figure 46 : Concentrations hivernales en phosphate relevées à chaque campagne dans le Grand Rhône pour des salinités inférieures à 1.



Les concentrations en ammonium sont relativement stables. Les dernières années semblent montrer une légère augmentation qui demande à être confirmée. Les teneurs en nitrate sont stabilisées après une augmentation jusqu'en 1990. Les concentrations en phosphate ont enregistré une nette diminution entre 1991 et 1993.

Golfe d'Ajaccio

Le golfe d'Ajaccio (figure 47) est un site exclusivement marin qui présente toujours des salinités élevées. Comme pour les autres sites marins, le tableau de synthèse et les figures suivantes (tableau 10 et figures 48 à 50) présentent les valeurs brutes. L'ensemble des résultats de chaque campagne est représenté sous la forme d'une boîte représentant 50% des valeurs observées, avec indication des valeurs hors norme (points noirs sur les figures).

Les mesures de phosphate de la campagne du 9 mars 1988, très élevées pour le site (2,5 µmol/l), ont été écartées. Elles pourraient être dues à une erreur de préparation du flaconnage (utilisation d'un détergent phosphaté).

Pour tous les sels nutritifs, les niveaux restent faibles et très proches du seuil de détection de la méthode. De même que pour d'autres sites autrefois suivis par le RNO, la surveillance du golfe d'Ajaccio pourrait être abandonnée (site de qualité constante et ne présentant pas a priori de risques forts de dégradation de sa qualité).

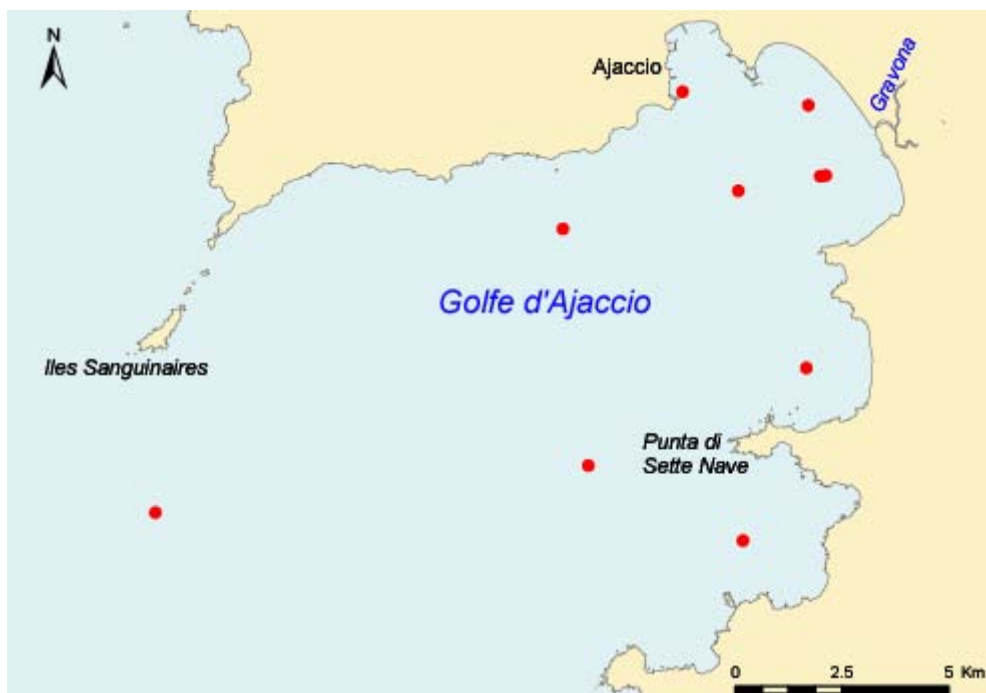


Figure 47 : localisation des points de prélèvements RNO dans le golfe d'Ajaccio.

	gamme de valeur	moyenne 1985 - 2001 (intervalle de confiance à 95%)
NO ₃	max à 8,6 µmol/l (sur 269 mesures)	0,73 µmol/l (0,58 - 0,88)
NH ₄	max. à 3,5 µmol/l (sur 269 mesures)	0,16 µmol/l (0,13 - 0,20)
PO ₄	max. à 1,66 µmol/l (sur 269 mesures)	0,59 µmol/l (0,50 - 0,68)
salinité	34,4 à 42,6 (sur 270 mesures)	médiane : 37,3

Tableau 10 : synthèse des concentrations hivernales en sels nutritifs mesurées dans le golfe d'Ajaccio de février 1985 à février 2001.

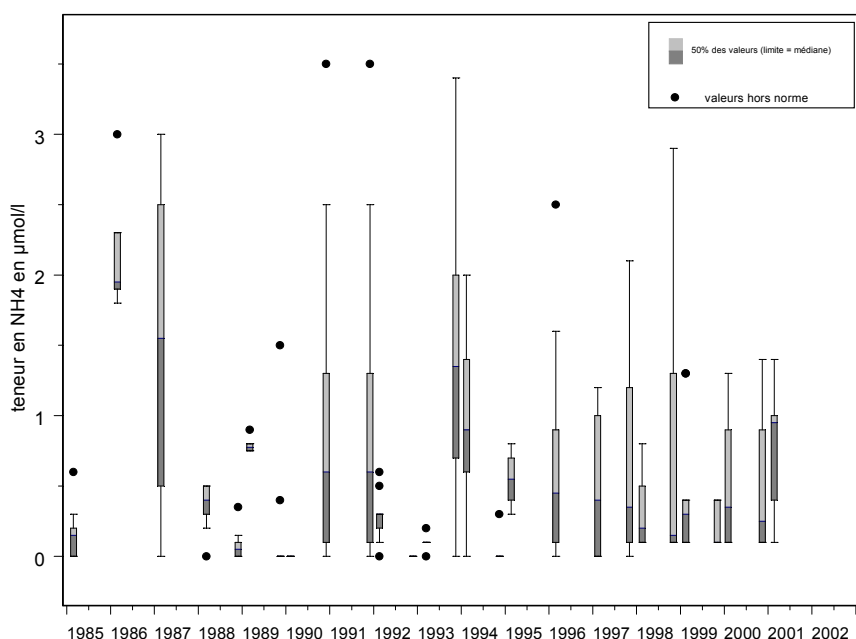


Figure 48 : Concentrations hivernales en ammonium relevées à chaque campagne sur tous les points du golfe d'Ajaccio.

Figure 49 : Concentrations hivernales en nitrate relevées à chaque campagne sur tous les points du golfe d'Ajaccio.

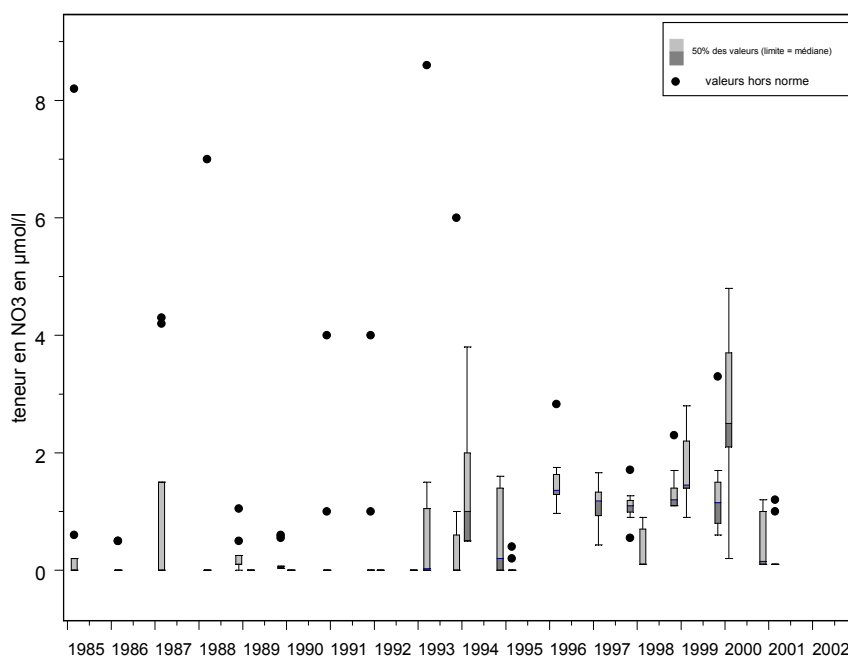
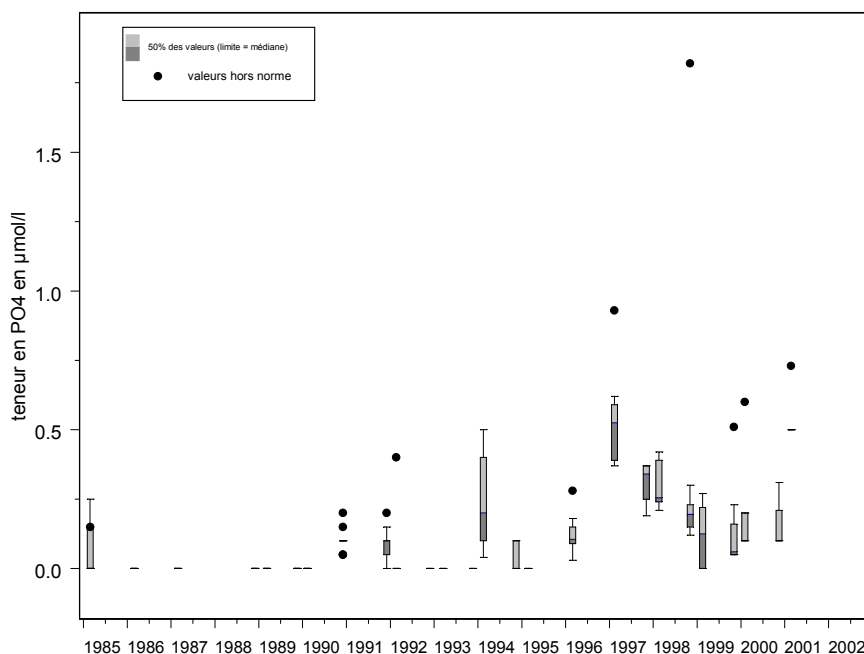


Figure 50 : Concentrations hivernales en phosphate relevées à chaque campagne sur tous les points du golfe d'Ajaccio.



3.2. Comparaison entre sites

Les résultats présentés précédemment site par site sont repris ici sous la seule forme des courbes de régression locale pondérée présentées sur un même graphique pour chaque élément considéré. L'adoption d'une échelle commune à plusieurs sites peut modifier l'aspect des courbes par rapport à la présentation précédente.

Pour les sites "estuariens", ces courbes représentent l'évolution temporelle des teneurs hivernales extrapolées à salinité nulle. Les résultats pris en compte pour le Rhône sont ceux mesurés sur un seul point pour les salinités inférieures à 1.

Pour les sites "marins", les courbes traduisent les valeurs observées pour toutes les salinités. Les résultats pris en compte pour Dunkerque et Ajaccio (grand nombre de points de prélèvement) sont la moyenne calculée pour chaque campagne. Pour l'étang de Berre et le golfe de Fos (respectivement deux et quatre points de prélèvement) toutes les teneurs mesurées ont été prises en compte.

Evolution de l'ammonium

Dans les conclusions du précédent bilan (1974 - 1984), les auteurs signalaient : "*en Manche - Atlantique, seuls les sites de Dunkerque et de la Seine s'individualisent avec des niveaux forts, niveaux qui se retrouvent sur Fos - Berre*". Les résultats acquis sur la période 1985 - 2003 semblent indiquer que la situation s'est nettement améliorée en Seine et sur Fos et Berre, ainsi que, dans une moindre mesure, sur Dunkerque (amélioration constatée à partir de 1996 seulement). La baie des Veys, qui n'est surveillée que depuis 1994, présente des contaminations fortes par rapport aux autres sites, seulement dépassées en Seine où la tendance à l'amélioration est très nette (figures 51 et 52).

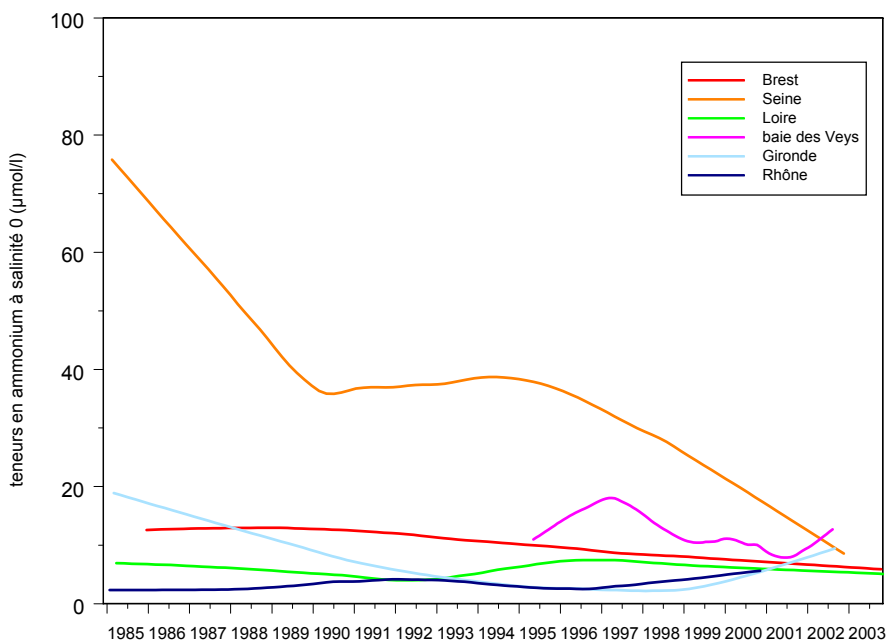


Figure 51 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en ammonium extrapolées à salinité nulle sur les sites estuariens et correspondant à des salinités < 1 pour le Rhône.

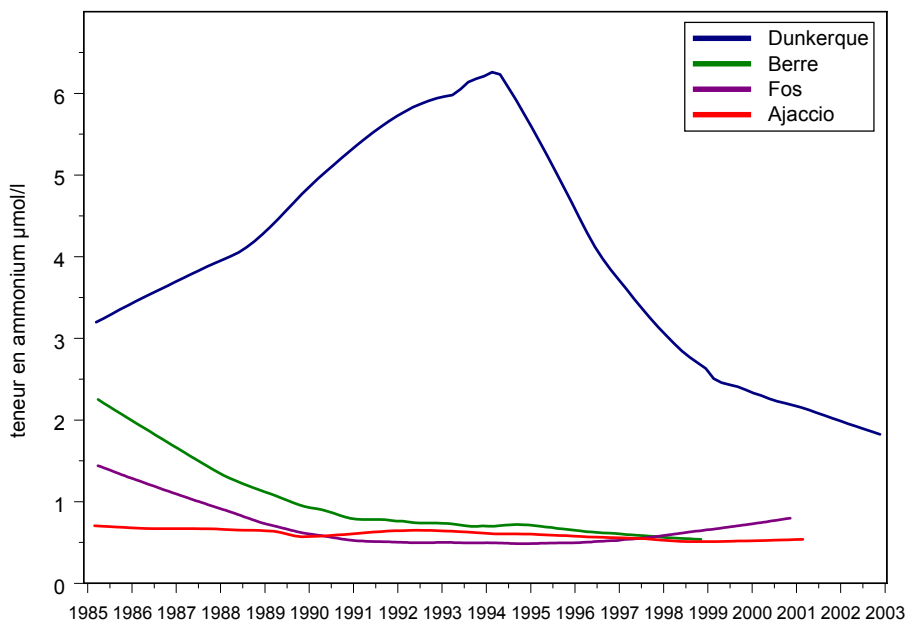


Figure 52 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en ammonium sur les sites marins.

Evolution du nitrate (NO₃ + NO₂)

On regroupe ici sous le vocable nitrate la somme du nitrate et du nitrite. Le précédent bilan (1974 - 1984) indiquait : "les niveaux les plus élevés s'observent en baie de Seine et en rade de Brest, et les plus faibles en Méditerranée. L'estuaire de la Gironde constitue un site de référence pour la zone Manche-Atlantique, mais les concentrations s'y trouvent trois fois plus élevées que sur Fos-Berre, site aux niveaux les plus élevés de Méditerranée". Dans ce nouveau bilan la hiérarchie des sites selon leur richesse en nitrate est conservée. On note une aggravation des niveaux pour l'ensemble des sites, particulièrement marquée pour Brest et la Seine (de 315 µmol/l environ sur 1974 - 1984 à respectivement 500 et 400 µmol/l sur la période récente). Ces deux sites évoluent de façon similaire, avec un maximum observé dans les années 1992 - 1993. La Gironde reste le site le moins contaminé par le nitrate pour la façade Manche-Atlantique, mais avec des niveaux qui ont également augmenté depuis le dernier bilan (de 100 µmol/l en 1974-1984 à 175 µmol/l sur la période récente) et qui sont équivalents aux niveaux observés dans le Rhône. Parmi les sites marins, Dunkerque présente des concentrations en nitrate nettement plus élevées que les sites méditerranéens. On retrouve sur Dunkerque et Berre le maximum des années 1992 - 1993 observé à Brest et en Seine (figures 53 et 54).

Figure 53 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en nitrate extrapolées à salinité nulle sur les sites estuariens et correspondant à des salinités < 1 pour le Rhône.

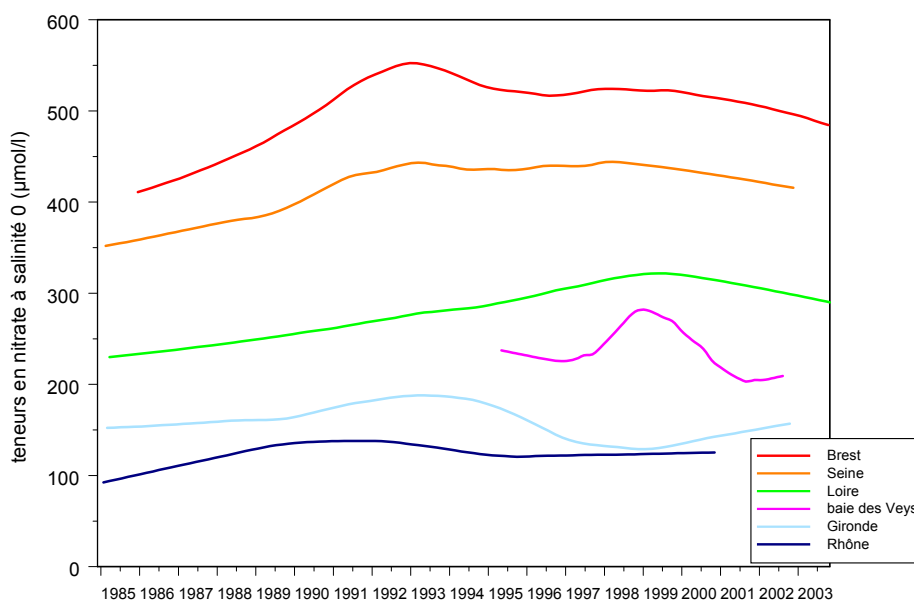
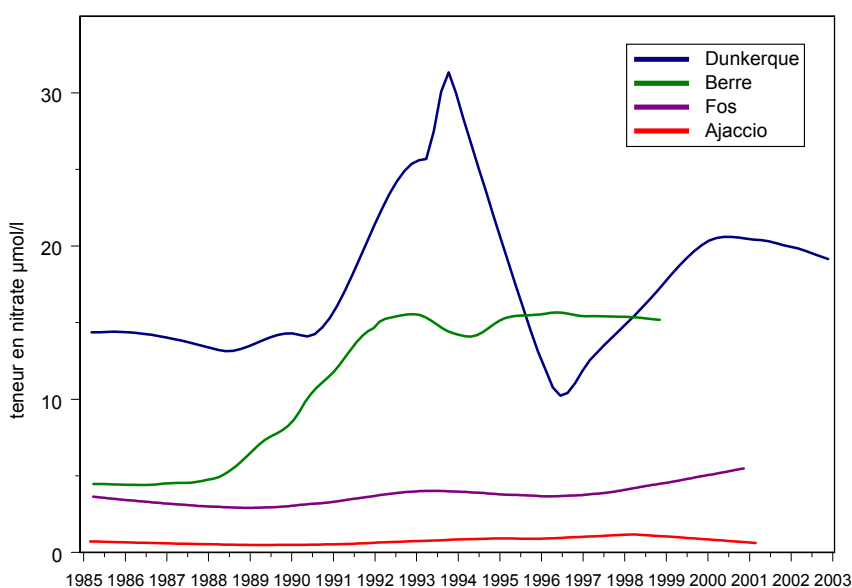


Figure 54 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en nitrate sur les sites marins. Le graphique montre quatre lignes représentant différents sites : Dunkerque (bleu foncé), Berre (vert), Fos (rose) et Ajaccio (rouge). L'axe vertical est 'teneur en nitrate µmol/l' de 0 à 30. L'axe horizontal est l'année de 1985 à 2003. Dunkerque présente les concentrations les plus élevées, avec un pic de plus de 30 µmol/l en 1993. Berre et Fos suivent, avec des concentrations entre 5 et 15 µmol/l. Ajaccio a les concentrations les plus faibles, autour de 1 µmol/l.



Evolution du phosphate

Les auteurs du bilan 1974 - 1984 signalaient : "Les niveaux les plus élevés se situent en baie de Seine et à Dunkerque. L'origine pour une bonne part industrielle de l'excès considérable de phosphate en baie de Seine est maintenant bien connue. Il est vraisemblable que le niveau à Dunkerque traduise l'influence de la baie de Seine, bien que les teneurs puissent être importantes dans les petits fleuves côtiers de la région de Dunkerque. Ailleurs, les niveaux en phosphate ne montrent pas d'anomalie en restant très comparables d'un site à l'autre. Les sites de la Loire et de l'étang de Thau seulement présentent des teneurs légèrement supérieures aux autres".

Globalement, sur la période 1985 - 2003, la hiérarchie des sites reste la même (figures 55 et 56). On note cependant à partir de 1991 une réelle diminution des niveaux de phosphate en Seine, qui deviennent comparables à ceux de la Loire en fin de période. En revanche, la tendance sur Dunkerque est moins nette et les niveaux restent élevés avec des variations importantes (maximum en 1993/1994). La baie des Veys, qui n'apparaissait pas dans le précédent bilan se situe parmi les sites les plus contaminés par le phosphate, sans tendance nette.

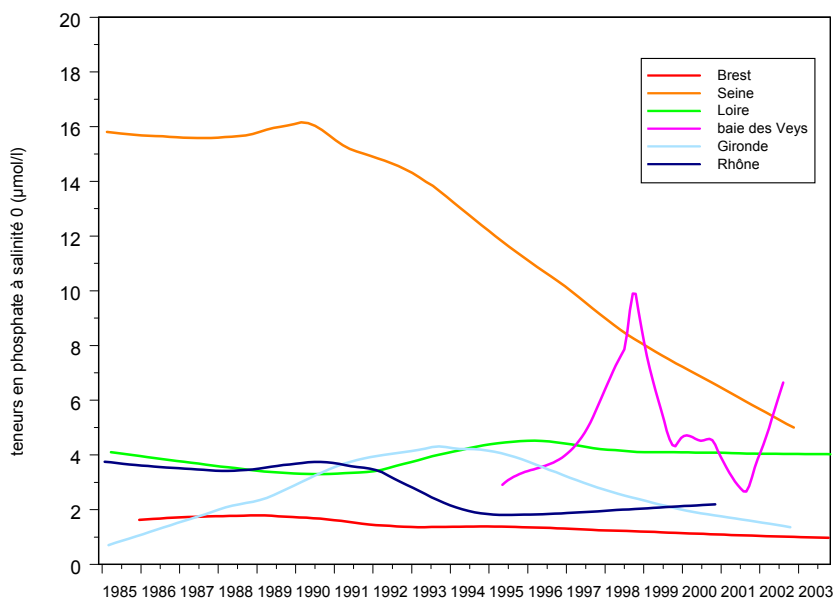


Figure 55 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en phosphate extrapolées à salinité nulle sur les sites estuariens et correspondant à des salinités < 1 pour le Rhône.

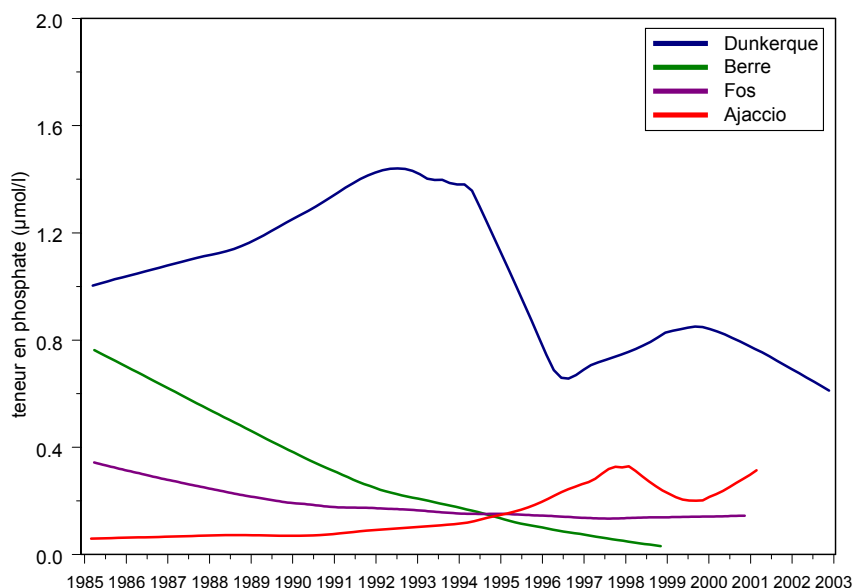


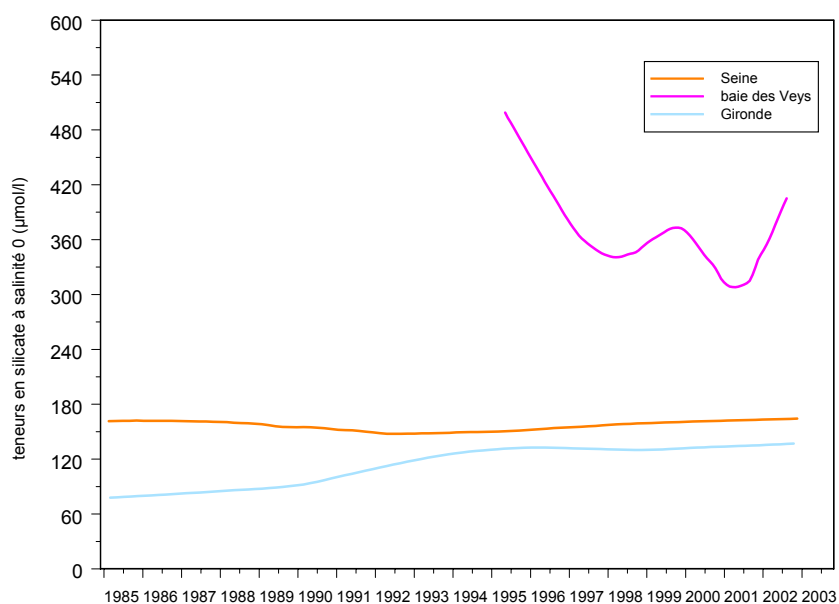
Figure 56 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en phosphate sur les sites marins.

Evolution du silicate

Le bilan précédent (1974 - 1984) notait "des schémas de dilution pour ce paramètre remarquablement similaires sur l'ensemble des sites, confirmant ainsi son caractère naturel, par opposition aux paramètres précédents dont une partie provient d'apports anthropiques". Cette conclusion avait conduit à proposer son abandon dans les suivis systématiques, sauf en baie de Seine comme paramètre explicatif supplémentaire dans les problèmes de dystrophie.

Le suivi sur la période 1985 - 2003 n'apporte pas d'informations supplémentaires par rapport à la période précédente, ce qui confirme le caractère naturel de ce paramètre et de ses variations. On note seulement, avec le suivi nouveau de la baie des Veys que ce site présente les plus forts niveaux, avec presque un facteur 2 par rapport à l'embouchure de la Seine (figure 57).

Figure 57 : Evolution comparée depuis 1985 des concentrations hivernales en silicate extrapolées à salinité nulle sur les sites estuariens où ce paramètre est mesuré.



4. BILAN ET PERSPECTIVES

Le bilan présenté ici a pris le parti de traiter l'ensemble des données disponibles à la mi-2003 (données saisies et vérifiées dans la base Quadrige), ce qui explique des périodes traitées différentes selon les sites, et l'absence totale de prise en compte du site de Lorient.

Les conclusions à tirer de ce bilan 1985 - 2003 sont nuancées selon les paramètres considérés :

- pour l'ammonium, on observe un mieux partout, probablement lié à une meilleure gestion des rejets urbains ;
- pour le nitrate, il y a eu au contraire augmentation des concentrations par rapport au bilan précédent mais avec une stabilisation voire une réduction des teneurs sur les dernières années de la période étudiée ;
- Sauf en Loire et à Ajaccio, les concentrations en phosphate tendent à diminuer. Ceci est particulièrement net pour la Seine qui présentait, et présente toujours mais peut-être plus pour longtemps, les niveaux les plus élevés (voir page 16).

Dans l'analyse comparée des différents sites, on note la place particulière de la baie des Veys, suivie depuis moins de 10 ans et qui présente apparemment des niveaux forts pour tous les sels nutritifs considérés. La surveillance de ce site est à poursuivre, d'autant qu'elle s'inscrit dans les perspectives à court terme d'évolution de la stratégie du RNO pour la prise en compte des décisions internationales relatives au suivi des phénomènes d'eutrophisation. A contrario, le suivi du golfe d'Ajaccio révèle des teneurs en sels nutritifs très faibles, dont les variations ne sont pas accessibles par les techniques de mesure actuellement utilisées au laboratoire. Ce site semble a priori à l'abri des risques d'apports importants de sels nutritifs, la surveillance pourrait donc y être suspendue.

Dans le cadre de la procédure commune de détermination de l'état d'eutrophisation des zones marines de la convention OSPAR et de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau, le RNO devra évoluer vers une prise en compte des effets de l'eutrophisation : généralisation du suivi de la chlorophylle et des teneurs en oxygène dissous, à des fréquences et des dates adaptées (mesures pendant les périodes de forte activité biologique), extension du champ d'action du RNO (prise en compte de nouveaux sites classés comme présentant un risque potentiel ou avéré d'eutrophisation selon les critères OSPAR). Quant à la surveillance des macrophytes et des diatomées, prévue également dans la procédure commune OSPAR et dans la directive cadre européenne sur l'eau, elle pourrait être envisagée soit dans le cadre du RNO, soit dans un cadre complémentaire (réseau existant ou à concevoir).

Par ailleurs, le travail présenté ici s'est heurté à des problèmes d'interprétation de certains résultats, liés à des dérives dans la qualité de la collecte et de l'analyse des échantillons. Ces dérives concernent aussi bien le respect des dates et fréquences d'échantillonnage (manques dans les séries de données), que les protocoles de prélèvement et d'analyse. Ces problèmes sont notamment sensibles pour la mesure de l'ammonium (nombreux résultats écartés). Le manuel des analyses chimiques en milieu marin de 1983 reste la référence en la matière (prélèvement et analyse). Une version actualisée de ce manuel est attendue pour 2004. Concernant la qualité dans les laboratoires d'analyse, le Ministère de l'écologie et du développement durable a revu en 1998 les règles d'attribution de l'agrément ministériel pour les laboratoires assurant l'analyse des eaux. Des aménagements de cet agrément pour une meilleure adéquation au milieu marin naturel sont en cours de discussion, en collaboration entre les laboratoires d'analyse, les experts de l'Ifremer et les représentants du Ministère.



3

LE RNO AUX ANTILLES (HYDROLOGIE)

Didier CLAISSE, Alain AMINOT, Laurent COURGEON (*), Vincent COURTRAY (**)

(*) Cellule Qualité des Eaux Littorales de FORT-DE-FRANCE

(**) Cellule Qualité des Eaux Littorales de POINTE-A-PITRE

1. INTRODUCTION

L'extension de la surveillance RNO aux Antilles est une démarche engagée depuis 1999. En matière de suivi hydrologique, les premiers prélèvements ont eu lieu en septembre 2001 et se poursuivent désormais en routine au rythme d'une campagne tous les mois. Ils sont assurés par les Cellules Qualité des Eaux Littorales (CQEL) de Pointe-à-Pitre et de Fort-de-France. Les analyses sont réalisées respectivement par l'Institut Pasteur de Guadeloupe et le Laboratoire Départemental d'Hygiène (LDH) de Martinique.

Le programme actuel, décidé en 2001, peut être considéré comme expérimental et sera adapté au vu des résultats acquis au cours des premières années. Un seul site par département fait l'objet d'un suivi hydrologique : le Grand Cul-de-Sac Marin en Guadeloupe et la baie de Fort-de-France en Martinique.

2. PROGRAMME ACTUEL

Dans le Grand Cul-de-Sac Marin le plan d'échantillonnage essaie de suivre le devenir des apports d'eau douce, principalement représentés ici par la Grande Rivière à Goyave (figure 1). La courantologie locale laisse supposer que ces eaux sont entraînées vers l'Ouest. Le point 205, situé dans une passe, est considéré comme une référence marine. Les campagnes ont lieu tous les mois. Le point 201 n'est échantillonné qu'en surface (moins de 2 mètres d'eau), les autres le sont en surface et au fond. Le programme prévoit de réaliser la filtration de l'échantillon à bord, par gravité directement en sortie de bouteille. Pour des raisons techniques elle a été jusqu'à présent réalisée au laboratoire. Les paramètres mesurés sont la température, la salinité, la turbidité FNU sur l'eau brute, le nitrate (NO_3), le nitrite (NO_2), l'ammonium (NH_4) et le phosphate (PO_4) sur l'eau filtrée.

Le plan d'échantillonnage en Baie de Fort-de-France est constitué de deux radiales convergentes de points de prélèvements. La radiale nord est sous l'influence de la rivière Lézarde, la radiale sud concerne la baie de Génipa (figure 2). Les campagnes ont lieu tous les mois. Chaque campagne donne lieu sur chaque point à un prélèvement d'eau en surface et au fond. Chaque prélèvement est réparti en deux échantillons : eau brute non filtrée et eau filtrée à $10\mu\text{m}$. Les paramètres mesurés sont la température, la salinité et les matières en suspension (MES) sur l'eau brute, le nitrate (NO_3), le nitrite (NO_2), l'azote ammoniacal (NH_4) et le phosphate (PO_4) sur l'eau filtrée. La filtration de l'échantillon est réalisée à bord, par gravité directement en sortie de bouteille, sur une membrane de porosité $10\mu\text{m}$.

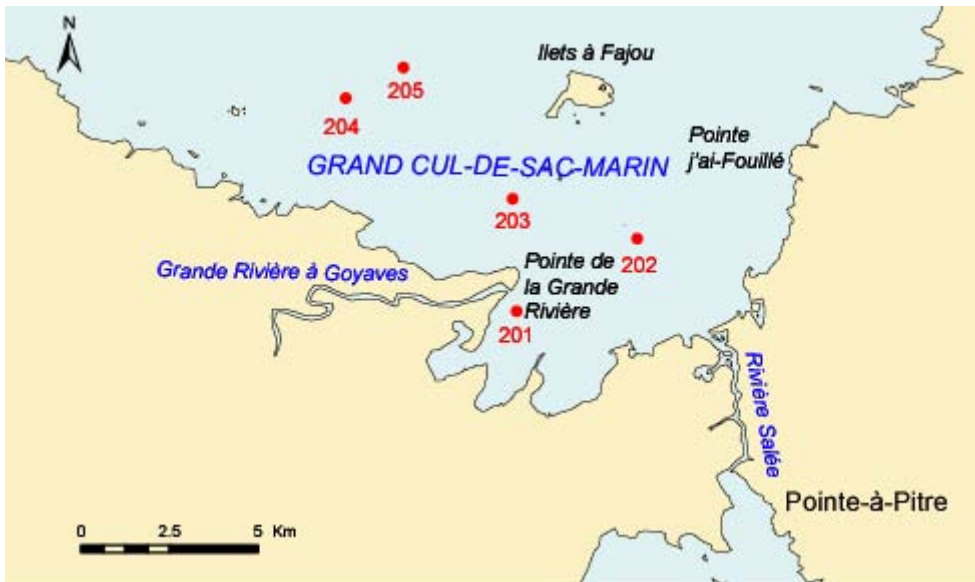


Figure 1 : Position des points de prélèvement RNO "hydrologie" dans le Grand Cul-de-Sac Marin.

3. BILAN DE LA PREMIERE ANNEE DE SUIVI

La présentation graphique de tous les résultats dépasserait largement le cadre de ce bulletin. Elle a fait l'objet de deux rapports publiés en 2003 et disponibles sur demande*. Seules sont reprises ici les principales conclusions de ces rapports. De plus, les données sont disponibles au même titre que tous les résultats du RNO.

* *Bilan de la première année de suivi hydrologique en baie de Fort-de-France (avril 2003) et Bilan de la première année de suivi hydrologique en Guadeloupe (juillet 2003).*

3.1. Guadeloupe

Salinité

La salinité est utilisée comme marqueur de la dilution en mer des apports d'eau douce. Son importance est primordiale. La qualité de cette mesure conditionne toutes les interprétations des autres résultats. La cohérence des mesures au fond est très satisfaisante. Les résultats suggèrent l'existence d'un cycle annuel avec les salinités les plus faibles d'août à octobre et les plus élevées en mars-avril. Les mesures de surface sont logiques et montrent l'influence de la Grande Rivière à Goyave sur le point 201 (désalure).

Turbidité

La cohérence observée pour la salinité ne se retrouve pas aussi nettement pour la turbidité. Cependant cette cohérence s'améliore du point 201 au point 205, donc à mesure que l'on s'éloigne de la source des apports. Ceci semble écarter l'hypothèse d'une imprécision analytique et suggère un comportement complexe du matériel particulaire dans le Grand Cul-de-sac Marin. Dans l'état actuel de la connaissance du fonctionnement local, seules des hypothèses peuvent être avancées qui demandent à être confirmées par plusieurs années de mesures.

Les valeurs les plus fortes sont logiquement mesurées en période d'apports importants si l'on se réfère aux salinités. Par contre, on observe assez souvent des turbidités plus fortes au fond qu'en surface. On peut penser que lors de prélèvements effectués peu après un apport important de matériel particulaire par la rivière, celui-ci est encore en surface, tandis qu'après un délai il décante et se retrouve principalement au fond. Si ce mode de fonctionnement se confirme, cela signifie que les éventuels contaminants transportés sur les particules finissent par s'accumuler au fond du lagon.

Nitrate

Sur l'ensemble des mesures effectuées, seulement cinq concentrations en nitrate sont supérieures à 0,5 µmol/l. Le milieu est donc très pauvre et la faiblesse de ces niveaux rend les différences entre surface et fond peu significatives. Le point 205 (référence marine) présente une bonne cohérence globale des concentrations en nitrate. Mis à part une valeur suspecte, cela suggère une bonne qualité des prélèvements et des analyses, au vu des faibles concentrations rencontrées. On n'observe pas de relation nette entre les concentrations en nitrate et les salinités, qui sont toutes supérieures à 27. De façon à mieux connaître la charge des eaux douces sortant de la rivière, un nouveau point plus en amont dans l'embouchure sera créé à partir de 2004.

Nitrite

En ce qui concerne le nitrite, sur 90 mesures, 43 résultats sont inférieurs au seuil de détection analytique du laboratoire (0,05 µmol/l) et seulement cinq valeurs dépassent 0,2 µmol/l. Ces cinq valeurs concernent d'ailleurs des points, dates et niveaux aléatoires et sont assez suspectes. La limite de détection annoncée (LD) de 0,05 µmol/l induit une limite de quantification (LQ) entre 0,15 et 0,17 µmol/l avec une incertitude de l'ordre de 20 %. Seules les valeurs suspectes dépassent la LQ. Dans ces conditions la poursuite de la mesure du nitrite peut être remise en question, au profit d'une mesure globale [NO₃ + NO₂] effectuée en une seule analyse. Une année supplémentaire de mesures semble cependant nécessaire avant toute décision, afin de confirmer les teneurs rencontrées.

Ammonium

Les concentrations en ammonium mesurées sont très élevées par rapport à celles de la somme [nitrate + nitrite]. Les processus connus de transformation de l'ammonium en nitrite puis nitrate sont incompatibles avec les valeurs trouvées. Ces valeurs fortes semblent relever de contaminations aléatoires (ponctuelles) ou systématiques (par exemple, les fortes concentrations de juillet 2002, concernent tout le lagon, et présentent un gradient inversé entre rivière et référence marine). La mesure de l'ammonium à l'état de traces en milieu marin est particulièrement délicate. Les possibilités de contamination des échantillons au moment du prélèvement ou de l'analyse sont multiples : fumées, échappement, filtres manipulés sans pinces, mauvais lot de flacons ou lavage de ceux-ci défectueux, contamination des réactifs, etc. Un soin particulier devra être apporté à cette mesure.

Phosphate

Les résultats sont ici aussi difficilement interprétables. Les concentrations annoncées sont fortes en comparaison de celles de nitrate et varient de façon aléatoire, ainsi que les hiérarchies fond/surface. Le point 205, considéré comme la référence marine, présente les mêmes niveaux de concentration que les autres points, ce qui ne paraît pas logique. La possibilité d'apports importants de phosphate dus à l'existence d'une très grosse distillerie industrielle sur la Rivière à Goyave ne semble pas confirmée par les données de la DDE. En effet, les concentrations mesurées en amont restent souvent indétectables. Après un recadrage des protocoles de prélèvement et d'analyse, une année supplémentaire de suivi semble nécessaire pour avancer des hypothèses.

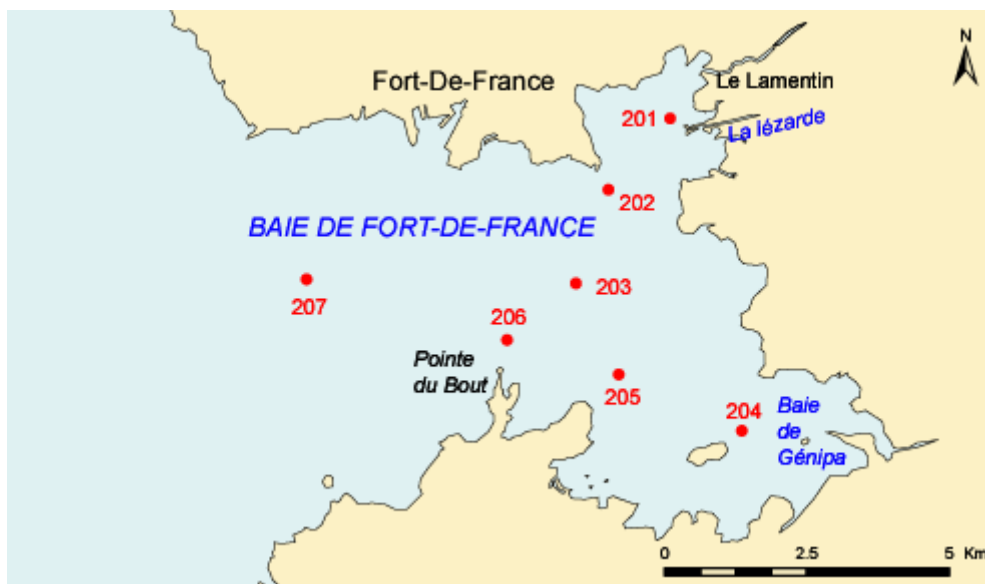


Figure 2 : Position des points de prélèvement RNO "hydrologie" en Baie de Fort-de-France.

3.2. Martinique

Salinité

Toutes les salinités mesurées sont comprises entre 27,1 et 35,5 pour la surface et entre 33,3 et 38,9 pour le fond. Trois valeurs douteuses mises à part, on observe globalement une bonne cohérence des salinités mesurées au fond. Les fluctuations en fonction des dates se retrouvent sur tous les points et paraissent logiques. Le point 207 (référence marine) sera déplacé vers l'Ouest de façon à le situer sur des fonds plus importants et dans une masse d'eau plus extérieure à la baie. En ce qui concerne les salinités de surface, les résultats paraissent également cohérents, le point 201 présentant logiquement les plus importantes dessalures (apports d'eau douce de la rivière Lézarde). Cependant afin d'étendre la gamme vers des salinités plus faibles un nouveau point sera créé dans l'embouchure de la rivière Lézarde.

Matières en suspension

Les résultats sont cohérents et semblent montrer deux épisodes d'apports importants de matières en suspension, probablement dus à de forts débits des rivières (crues). Dans ces deux épisodes les points les plus influencés sont logiquement les plus proches des embouchures des cours d'eau (201, 202 et 204).

Nitrate

Toutes les concentrations en nitrate observées sont inférieures ou égales à $8 \mu\text{mol/l}$ et de très nombreuses valeurs sont inférieures au seuil de détection analytique de $0,1 \mu\text{mol/l}$. Nous sommes donc en présence d'un milieu relativement pauvre. Logiquement, les concentrations les plus fortes sont observées sur le point 201, directement sous l'influence de la rivière Lézarde, et le gradient vers le large est cohérent. Les apports provenant du fond de la Baie de Génipa (point 204) apparaissent très inférieurs à ceux de la Lézarde. La relation entre le nitrate et la salinité (dilution des apports) n'est pas très bonne du fait des faibles valeurs de nitrate et des salinités élevées. La création d'un nouveau point de prélèvement en amont permettra d'observer des teneurs en nitrate plus fortes associées à des salinités plus basses. De fréquentes inversions entre surface et fond demandent à être confirmées. On note également un épisode d'apports importants en décembre 2001 qui semble n'avoir affecté que le nord de la baie.

Nitrite

Sur 152 mesures, 145 résultats sont inférieurs au seuil de détection analytique du laboratoire (0,1 µmol/l), et les sept restants sont tous compris entre 0,1 et 0,15 µmol/l. L'azote nitreux est donc présent à des concentrations non décelables, négligeables par rapport à l'azote nitrique. Ce fait étant désormais établi, la poursuite de la mesure du nitrite pourra être abandonnée au profit de la somme $[\text{NO}_3 + \text{NO}_2]$ mesurable en une seule opération.

Ammonium

Pour cette mesure délicate, sur 152 résultats, 86 sont inférieurs au seuil de détection du laboratoire (0,5 µmol/l). Les autres sont tous inférieurs à 4,2 µmol/l et 60 sont inférieurs à 2 µmol/l. En général les valeurs les plus élevées sont logiquement rencontrées au point 201. Cependant, l'interprétation du reste des données est impossible du fait d'un seuil de détection trop élevé par rapport aux concentrations présentes.

Phosphate

Les mêmes remarques que pour l'ammonium peuvent être faites pour le phosphate. Sur 152 résultats 131 sont inférieurs au seuil de détection du laboratoire (0,2 µmol/l), 16 sont compris entre 0,2 et 0,6 µmol/l et 5 entre 0,7 et 2,7 µmol/l (maximum mesuré). Le seuil de détection de 0,2 µmol/l induit une limite de quantification d'environ 0,6 µmol/l c'est à dire supérieure à 97% des concentrations mesurées. Pour justifier la poursuite de cette mesure, le seuil de détection devra être abaissé.

4. CONCLUSION

Cette première année de surveillance RNO aux Antilles est le résultat d'un travail considérable, réalisé par les partenaires impliqués : Acquisition, mise en route et calibration des techniques analytiques en milieu marin par les deux laboratoires et avec l'appui d'Ifremer, acquisition des techniques de prélèvement et réalisation des campagnes par les CQEL.

Malgré les réserves énoncées plus haut sur les mesures d'ammonium et de phosphate, les autres résultats sont intéressants à plus d'un titre. Ils semblent montrer un fonctionnement très indépendant de la partie nord de la baie de Fort-de-France, sous l'influence de la Lézarde, et de la partie sud, sous l'influence des apports en baie de Génipa, ainsi qu'un fonctionnement complexe du Grand Cul-de-Sac Marin, en particulier pour le matériel particulière. Cependant, le petit nombre de données disponibles au moment de ce travail fragilise toute interprétation. La poursuite des travaux est indispensable afin d'obtenir des séries temporelles portant sur plusieurs cycles annuels.

Les salinités mesurées montrent la nécessité de créer de nouveaux points plus en amont dans les rivières de façon à préciser d'avantage leurs apports.

En ce qui concerne les analyses elles-mêmes, il paraît raisonnable de mettre fin à la mesure séparée du nitrite dont les concentrations sont négligeables et de toute façon presque toujours inférieures à la limite de détection.

La poursuite des mesures d'ammonium et de phosphate n'a de sens que si les performances analytiques sont améliorées, en particulier par l'abaissement des seuils de détection. Malgré les faibles concentrations rencontrées, la mesure de ces

deux paramètres demeure intéressante car ce sont des traceurs de pollution urbaine et industrielle qu'il convient d'apprécier. La mesure de l'ammonium à l'état de traces en milieu marin est particulièrement délicate. Les possibilités de contamination des échantillons au moment du prélèvement ou de l'analyse sont multiples : fumées, échappement, filtres manipulés sans pinces, mauvais lot de flacons ou lavage de ceux-ci défectueux, contamination des réactifs, etc. Un soin particulier devra être apporté à cette mesure.

Le démarrage d'une activité de surveillance du milieu marin aux Antilles était une première étape (organisation des travaux, choix des partenaires, aspects logistiques, formation, etc.). La structure du réseau et son fonctionnement étant désormais acquis, Il s'agit maintenant de passer à la deuxième étape qui devra porter sur la qualité et la rigueur de toutes les opérations. L'expérience acquise sera d'une aide précieuse pour optimiser les protocoles.



Photo Vincent Courtray

Embouchure de la Grande Rivière à Goyaves en Guadeloupe
(point de prélèvement 201)

Coordination et réalisation : Didier CLAISSE
Cartes : Bernard RAFFIN

Impression et couverture :
Goubault S.A. - B.P. 38. - 44240 La Chapelle / Erdre - Tél. 02 51 12 75 75

Dépôt légal 1^{er} trimestre 2004



Direction de l'Eau
20, avenue de Ségur, 75302 PARIS 07 SP



Centre de Nantes
Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral
BP 21105, 44311 NANTES CEDEX 3

ISSN 1620 - 1124