

Version provisoire pour approbation

Synthèse de l'état de la contamination chimique du golfe de Marseille

Volume 2

Atlas cartographique

Annexes

*Convention Ifremer / Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse
n°802.2004.058*

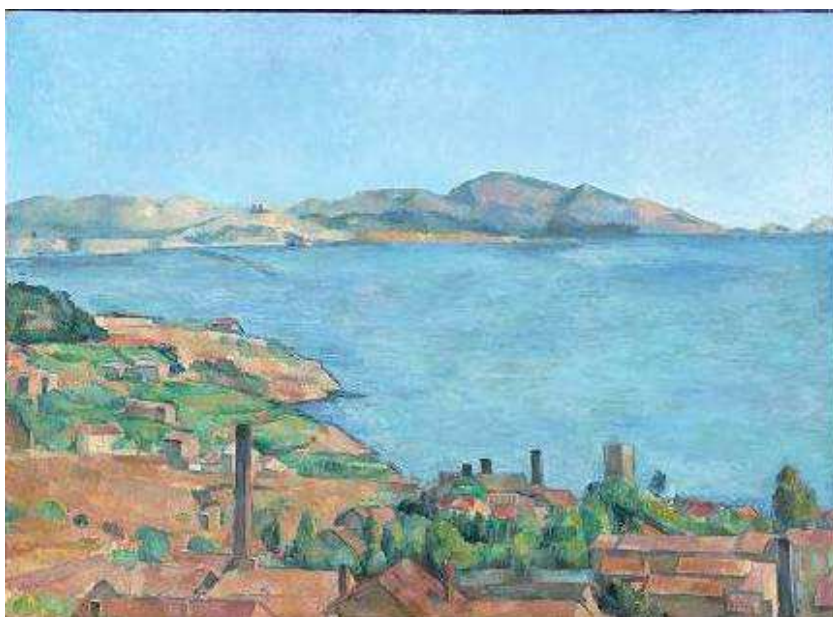


Tableau de P. Cézanne (Golfe de Marseille)

Atlas cartographique

Liste des cartes :

Carte 1 : Situation de la zone d'étude, sources, apports et points de mesure de contaminants chimiques en baie de Marseille.....	3
Carte 2 : Campagne 2004 : stations de mesures sédiments, moules, DGT.....	4
Carte 3 : Nature des sédiments.....	5
Carte 4 : Campagne 2003 – Zoom Cortiou.....	6
Carte 5 : Ecotoxicité mesurée dans le sédiment superficiel.....	7
Carte 6 : Contamination chimique mesurée dans la matière vivante.....	8
Carte 7 : Contamination chimique mesurée par les DGT.....	9
Carte 8 : Concentrations en substances médicamenteuses.....	10
Carte 9 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - plomb.....	11
Carte 9 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - cadmium.....	12
Carte 11 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - mercure.....	13
Carte 12 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - nickel.....	14
Carte 13 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - fluoranthène.....	15
Carte 14 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_b_fluoranthène.....	16
Carte 15 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_k_fluoranthène.....	17
Carte 16 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_a_pyrène.....	18
Carte 17 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_ghi_pérylène.....	19
Carte 18 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – indeno_123cd_pyrène.....	20
Carte 19 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - DDE.....	21
Carte 20 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – DDD.....	22
Carte 21 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – DDT.....	23
Carte 22 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – CB 138.....	24
Carte 23 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – CB 153.....	25

Annexes

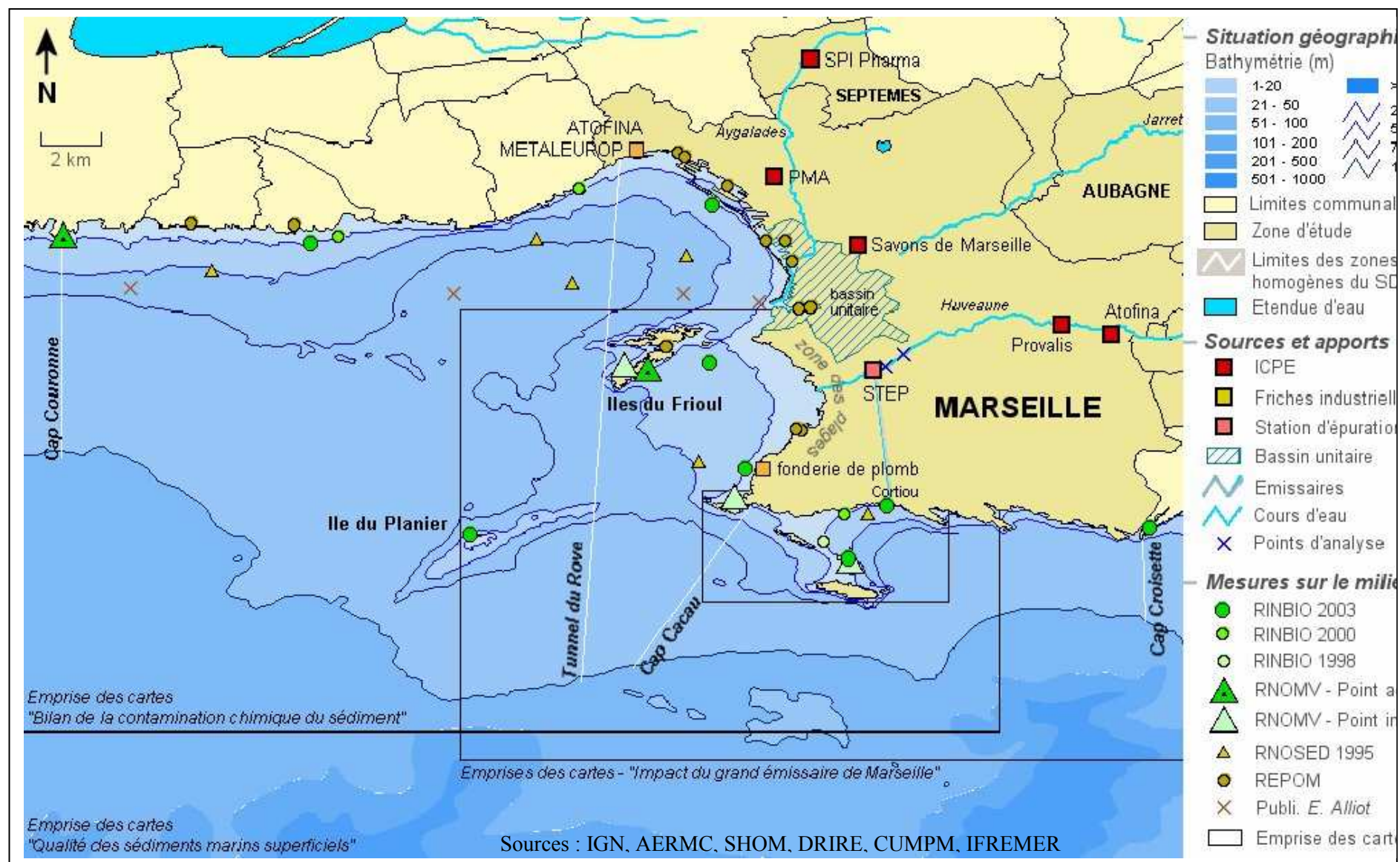
Annexe 1. Bibliographie

Annexe 2. Résultats des mesures

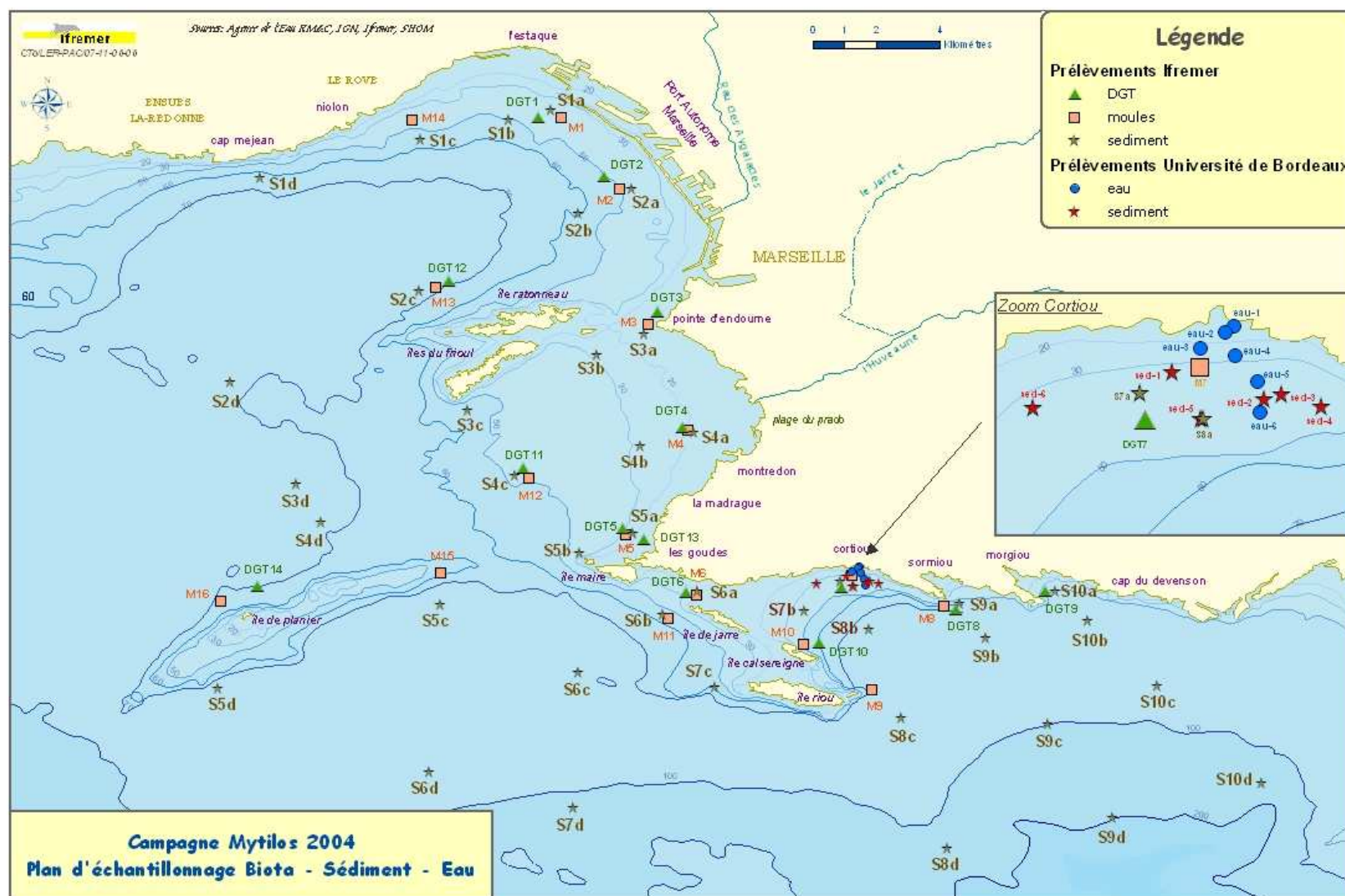
Annexe 3. Extrait des résultats REPOM 1997 2004 Sédiments

Annexe 4. Contaminants émergents, rapports du LPTC

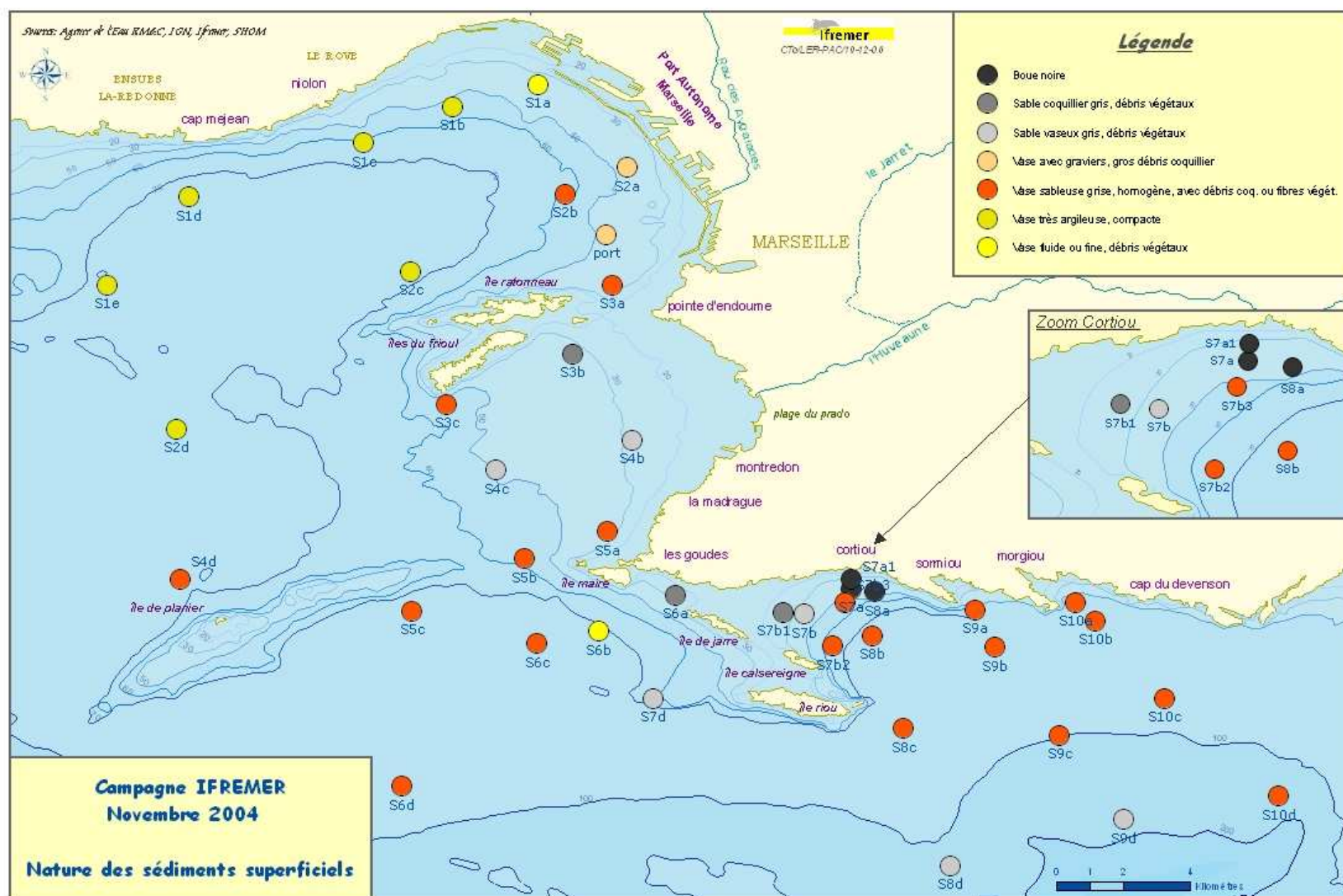
Annexe 5. Voies de contamination et caractéristiques physico-chimiques des contaminants



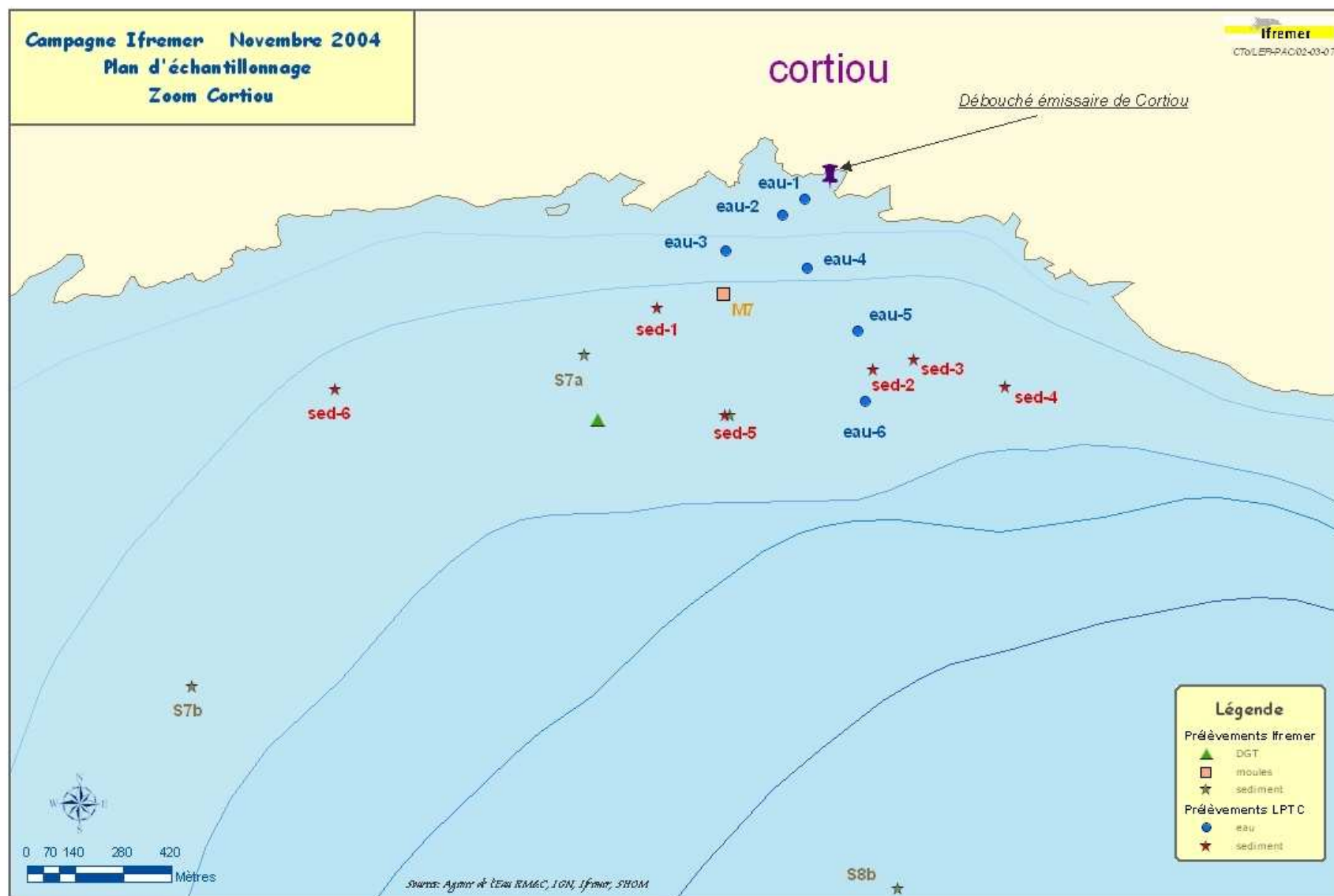
Carte 1 : Situation de la zone d'étude, sources, apports et points de mesure de contaminants chimiques en baie de Marseille



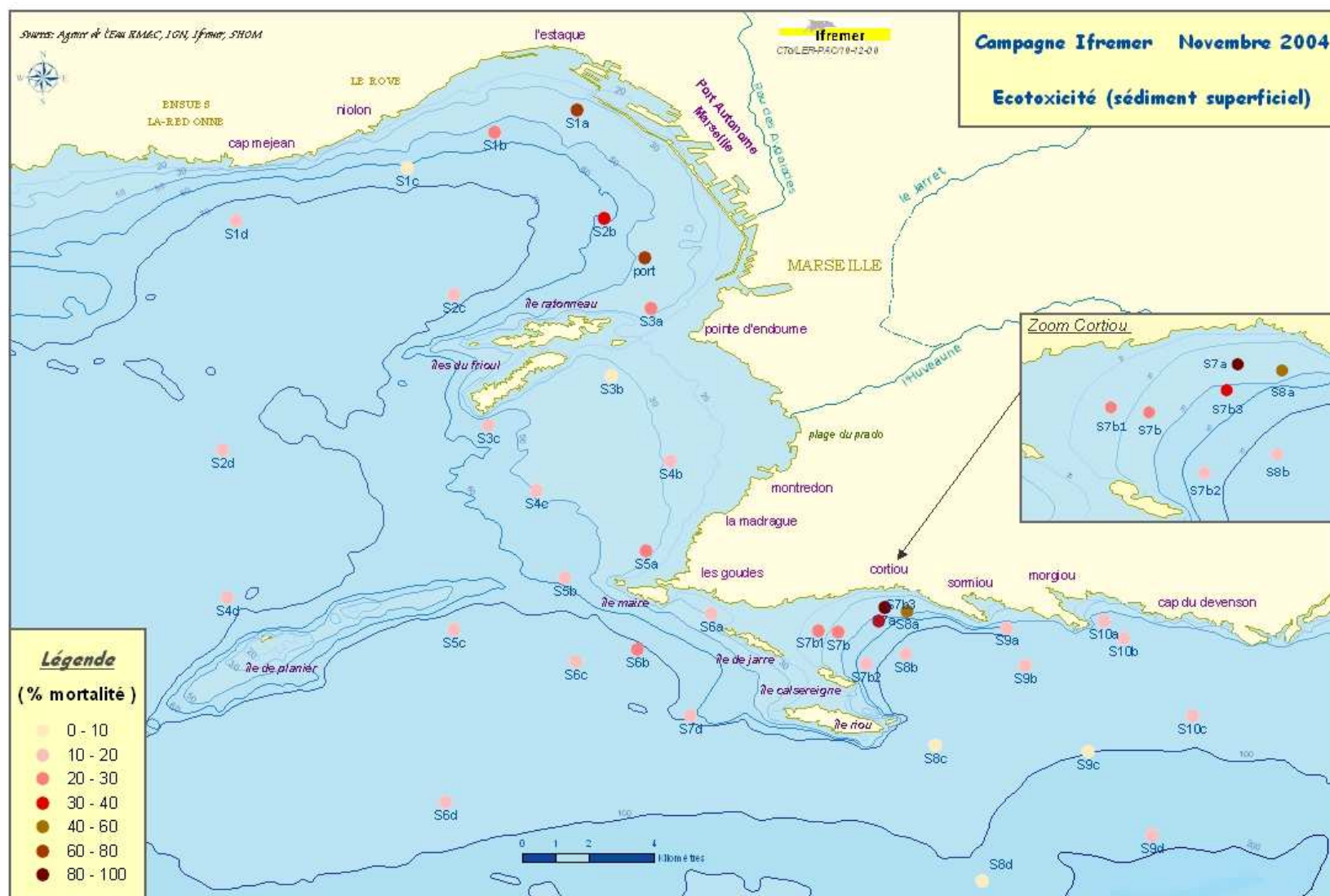
Carte 2 : Campagne 2004 : stations de mesures sédiments, moules, DGT



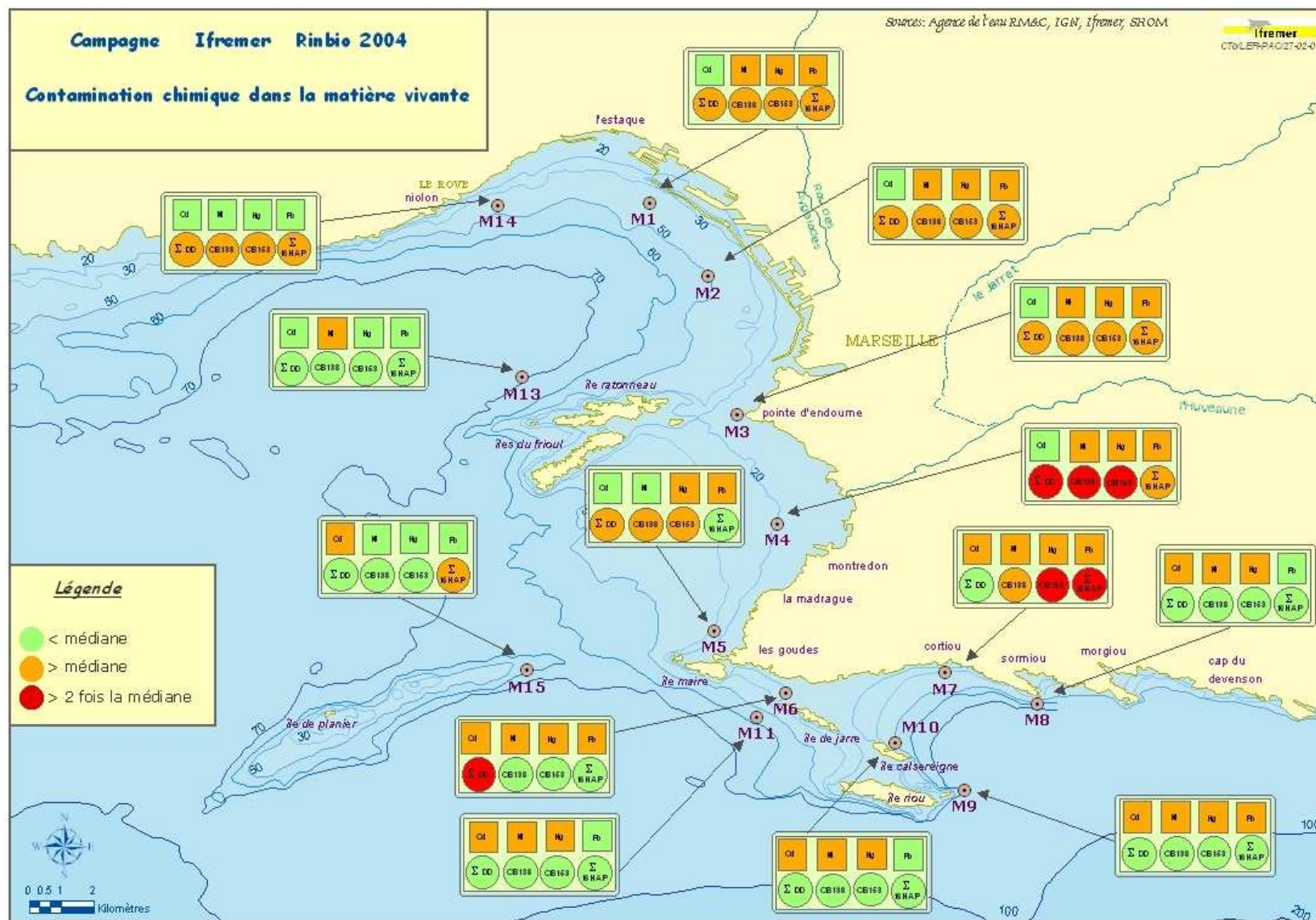
Carte 3 : Nature des sédiments



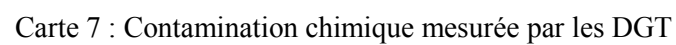
Carte 4 : Campagne 2003 – Zoom Cortiou

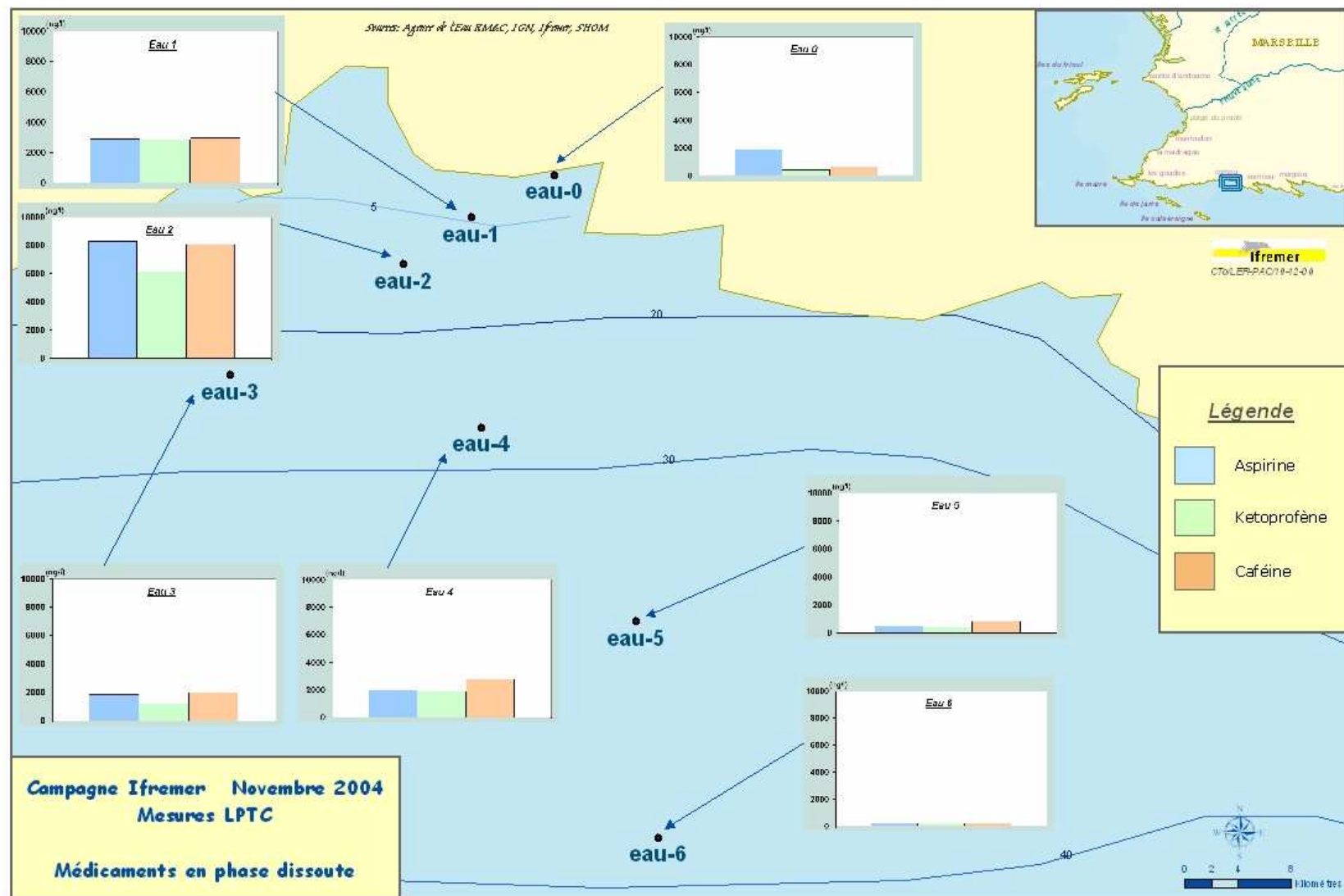


Carte 5 : Ecotoxicité mesurée dans le sédiment superficiel

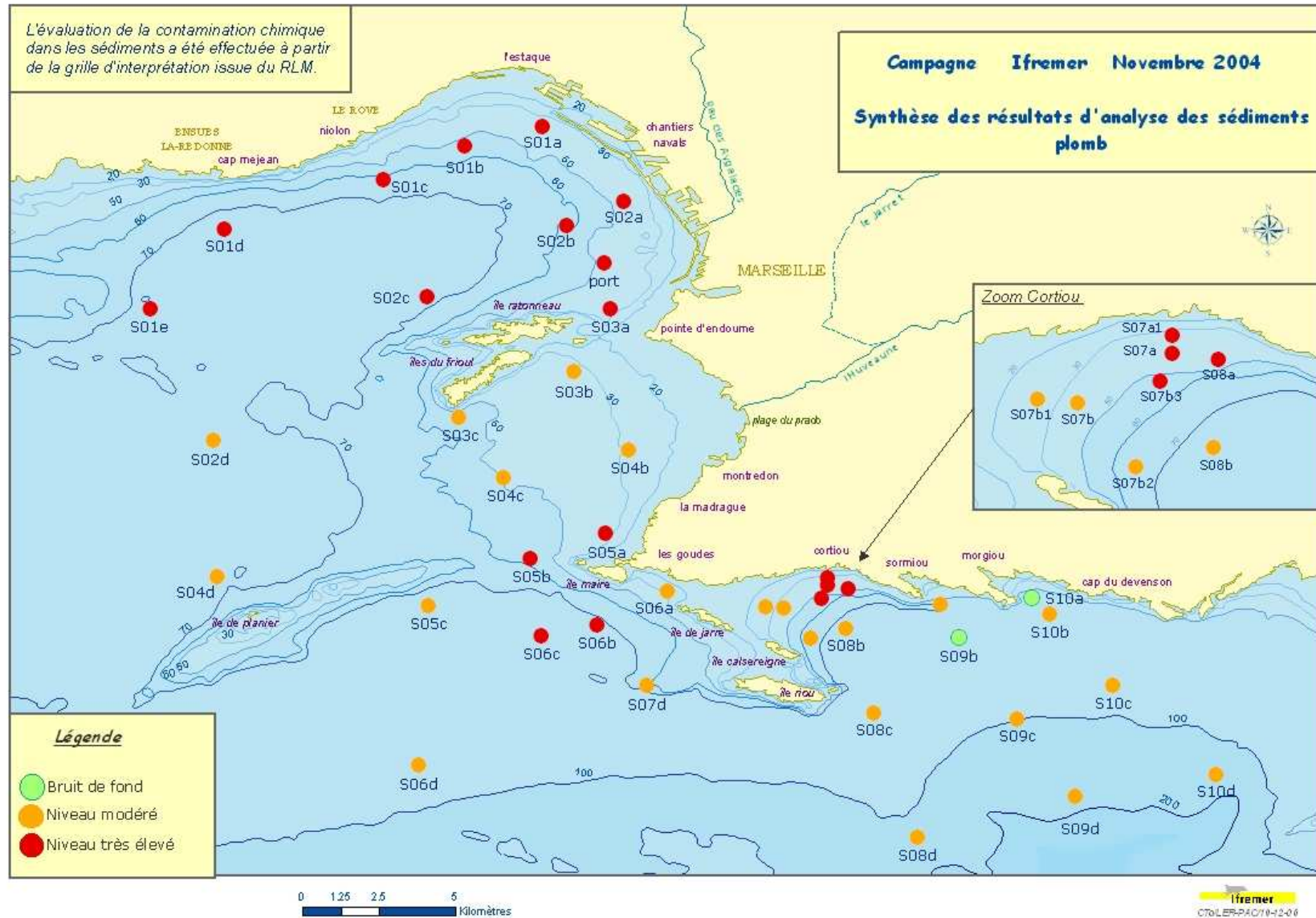


Carte 6 : Contamination chimique mesurée dans la matière vivante

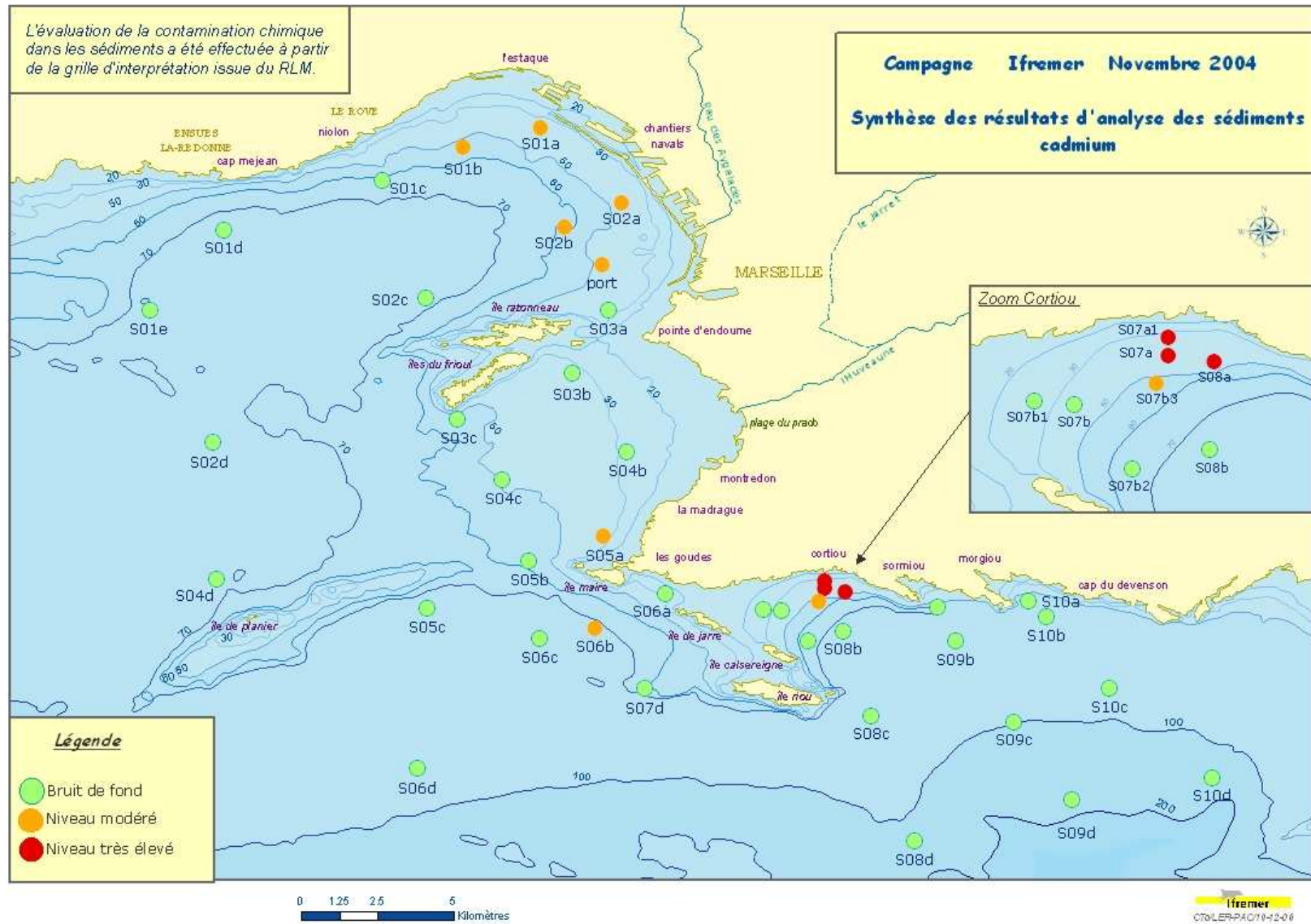




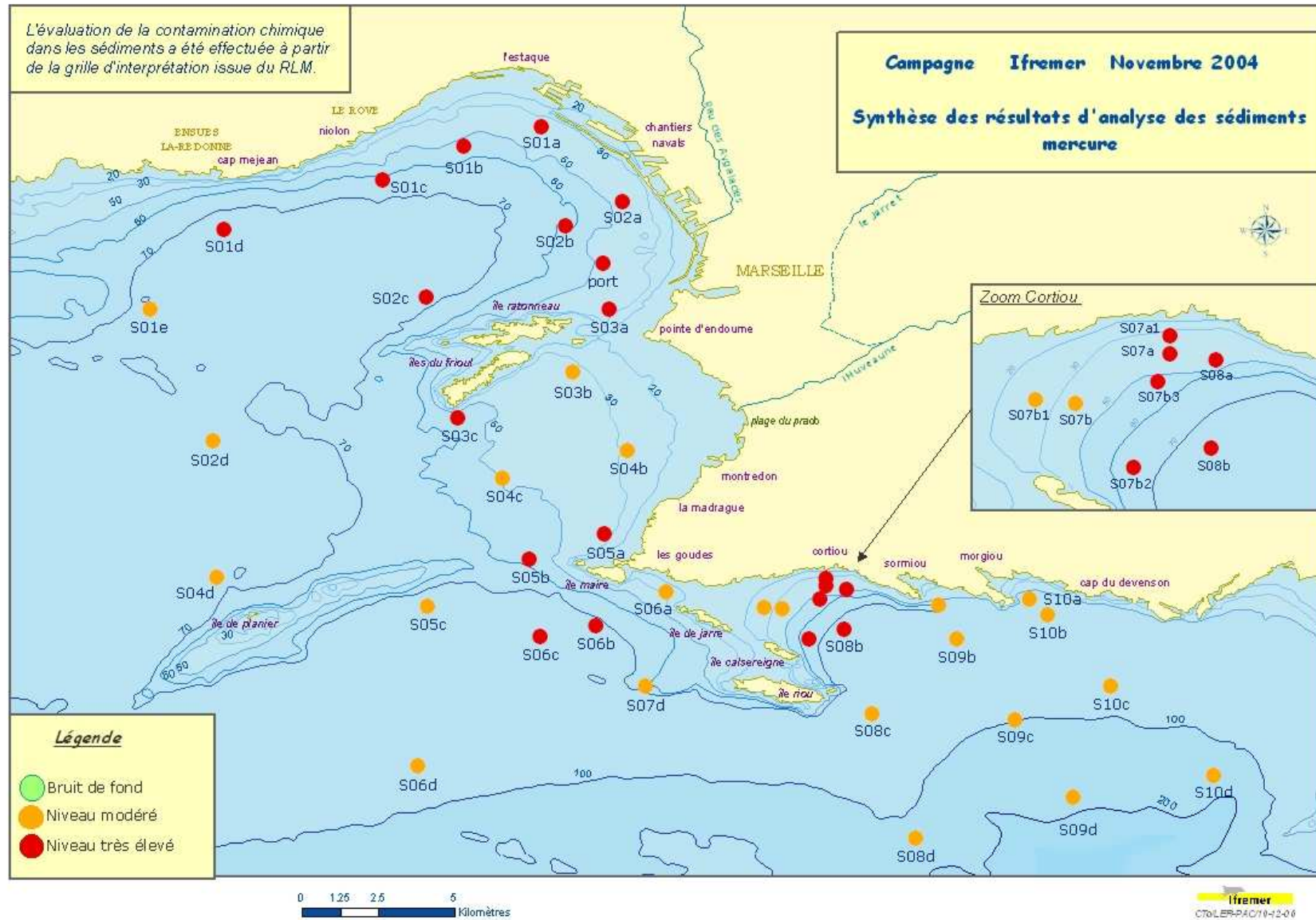
Carte 8 : Concentrations en substances médicamenteuses



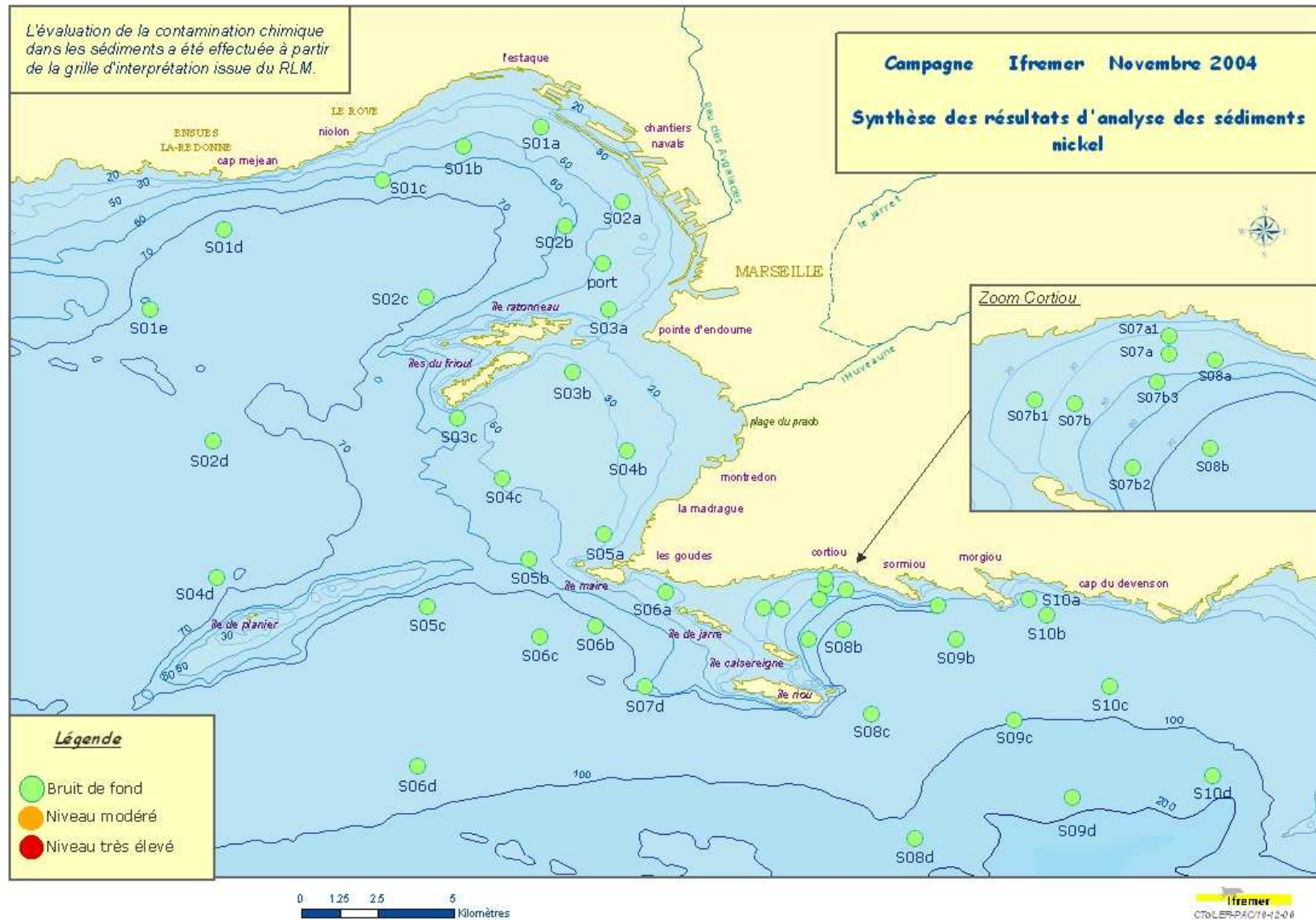
Carte 9 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - plomb



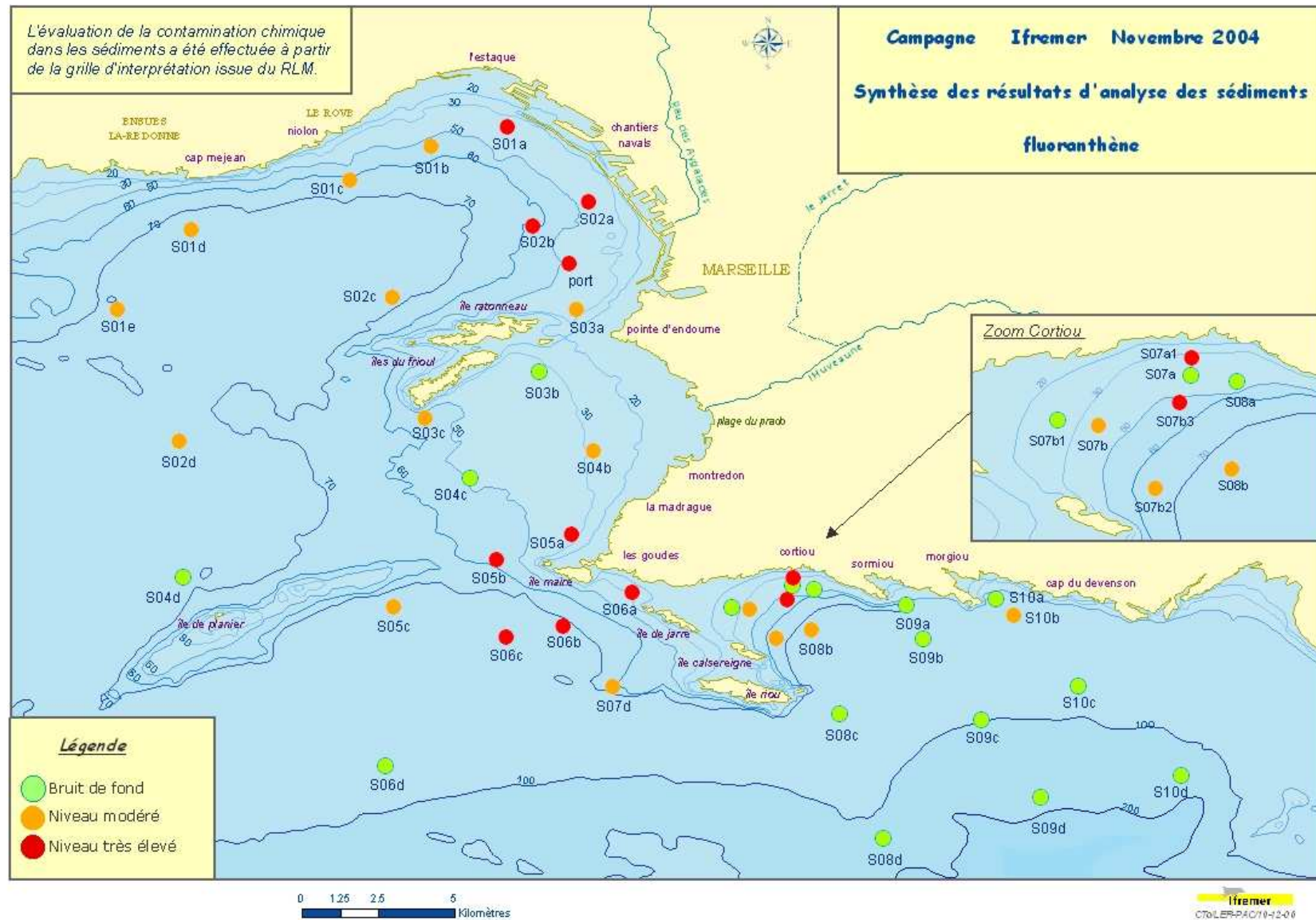
Carte 10 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - cadmium



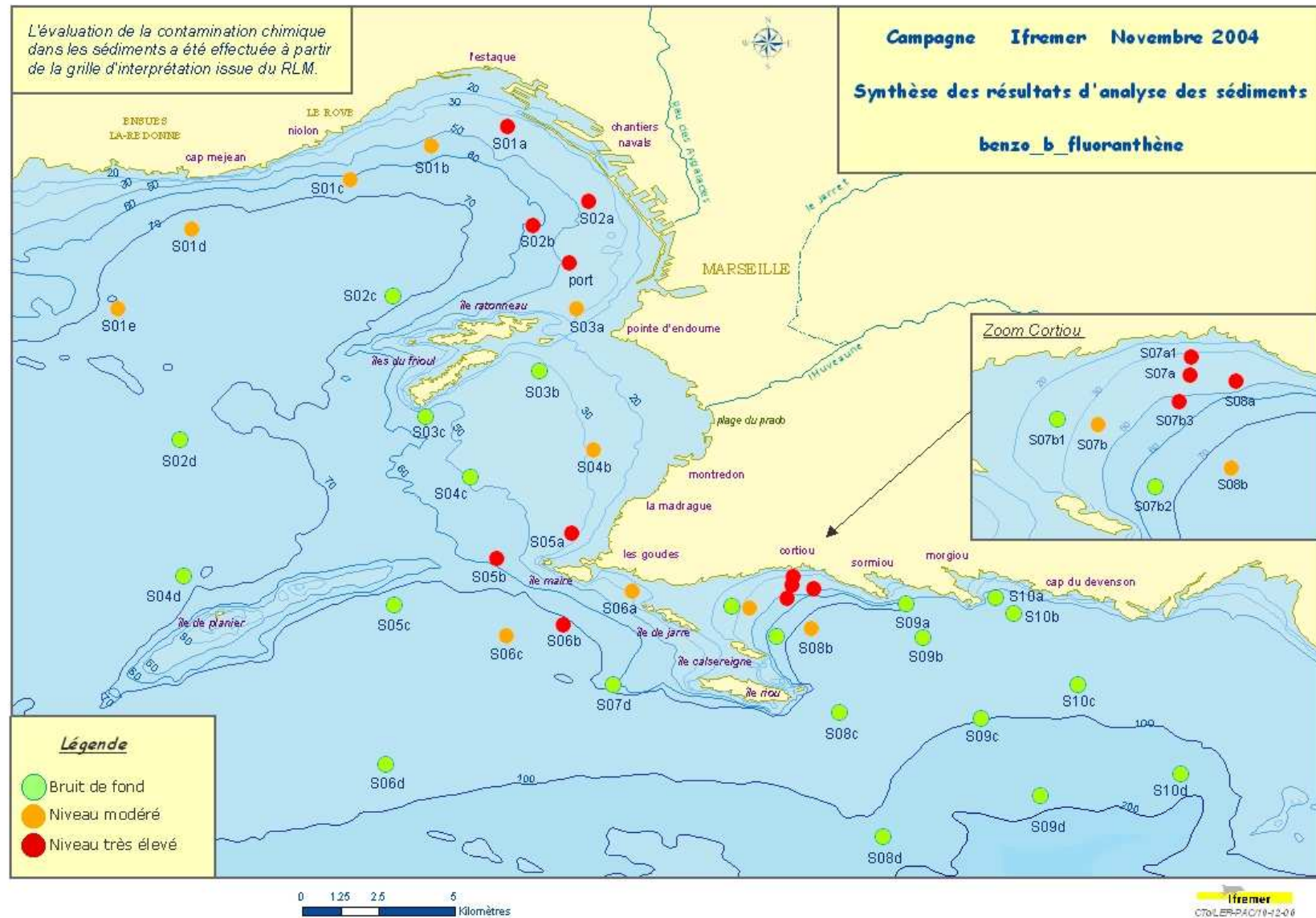
Carte 11 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - mercure



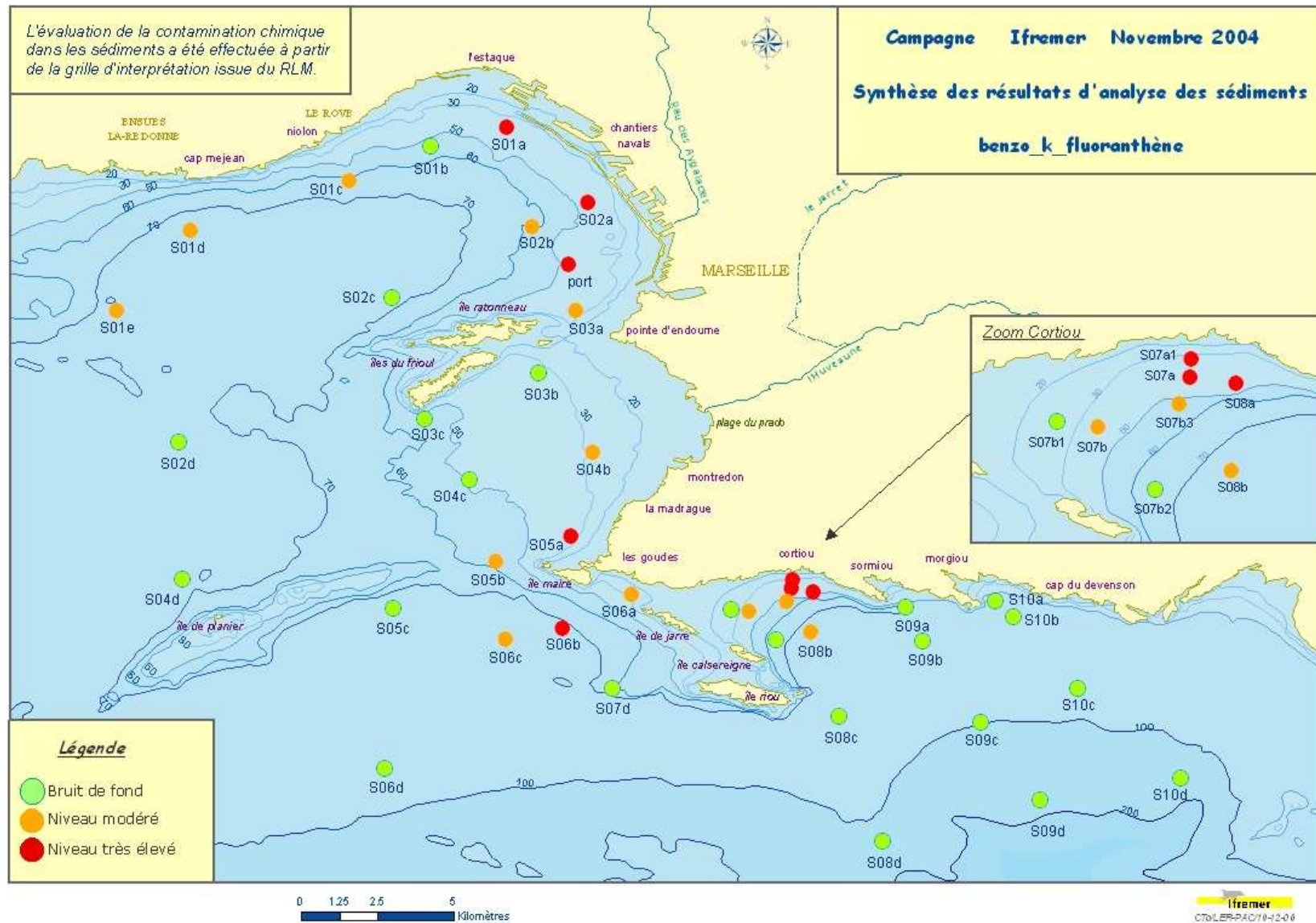
Carte 12 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - nickel



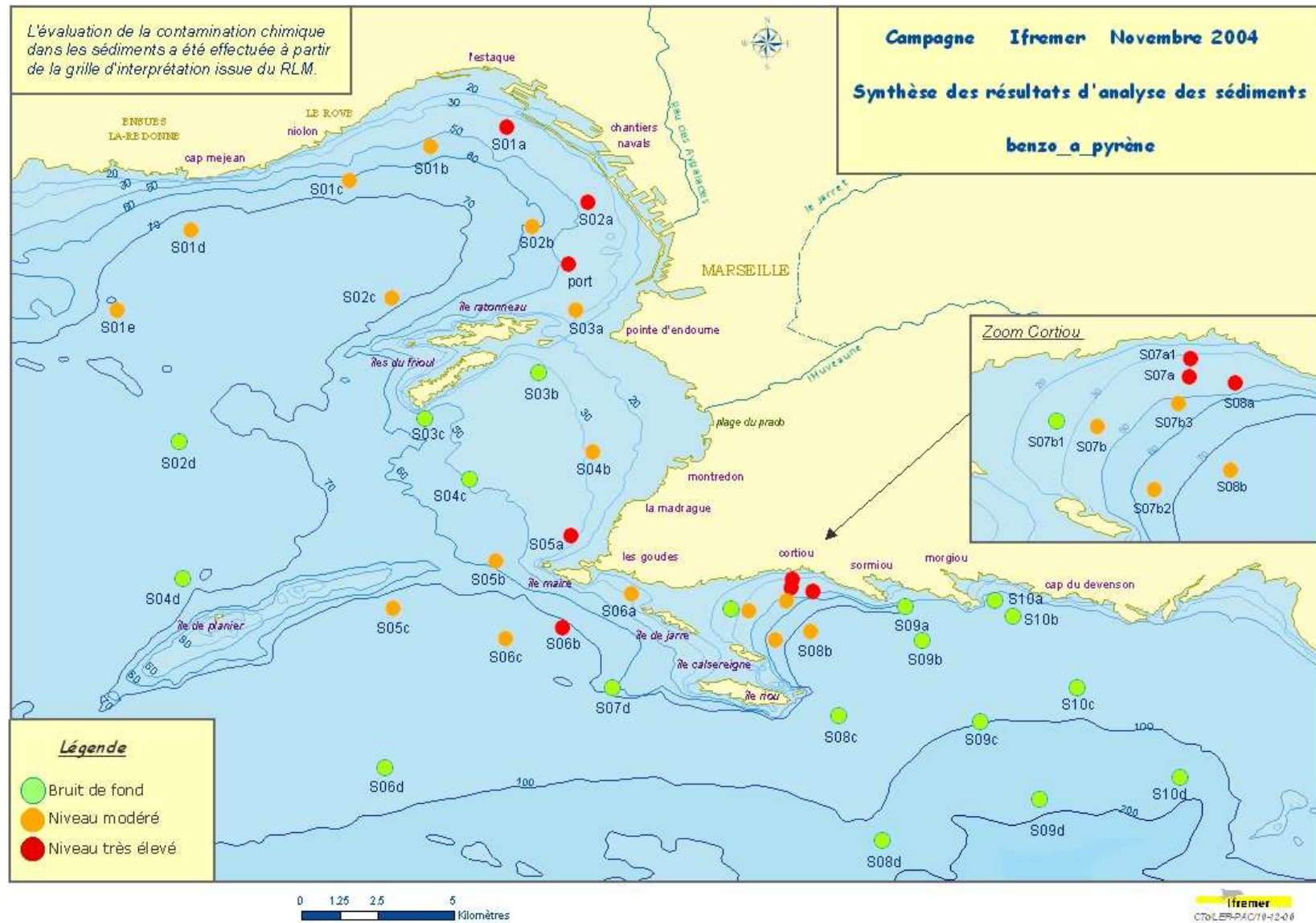
Carte 13 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - fluoranthène



Carte 14 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_b_fluoranthène



Carte 15 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_k_fluoranthène



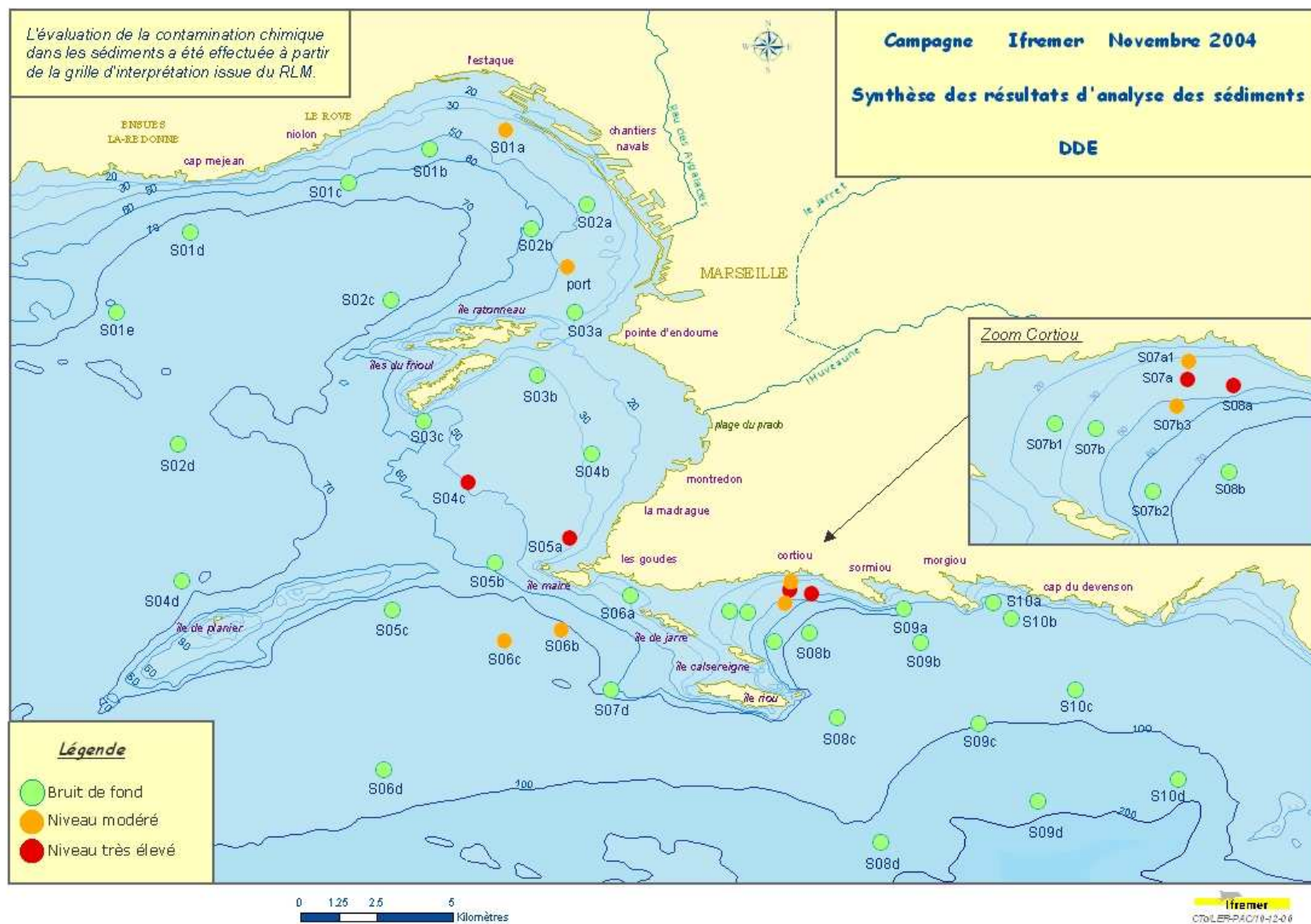
Carte 16 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_a_pyrène



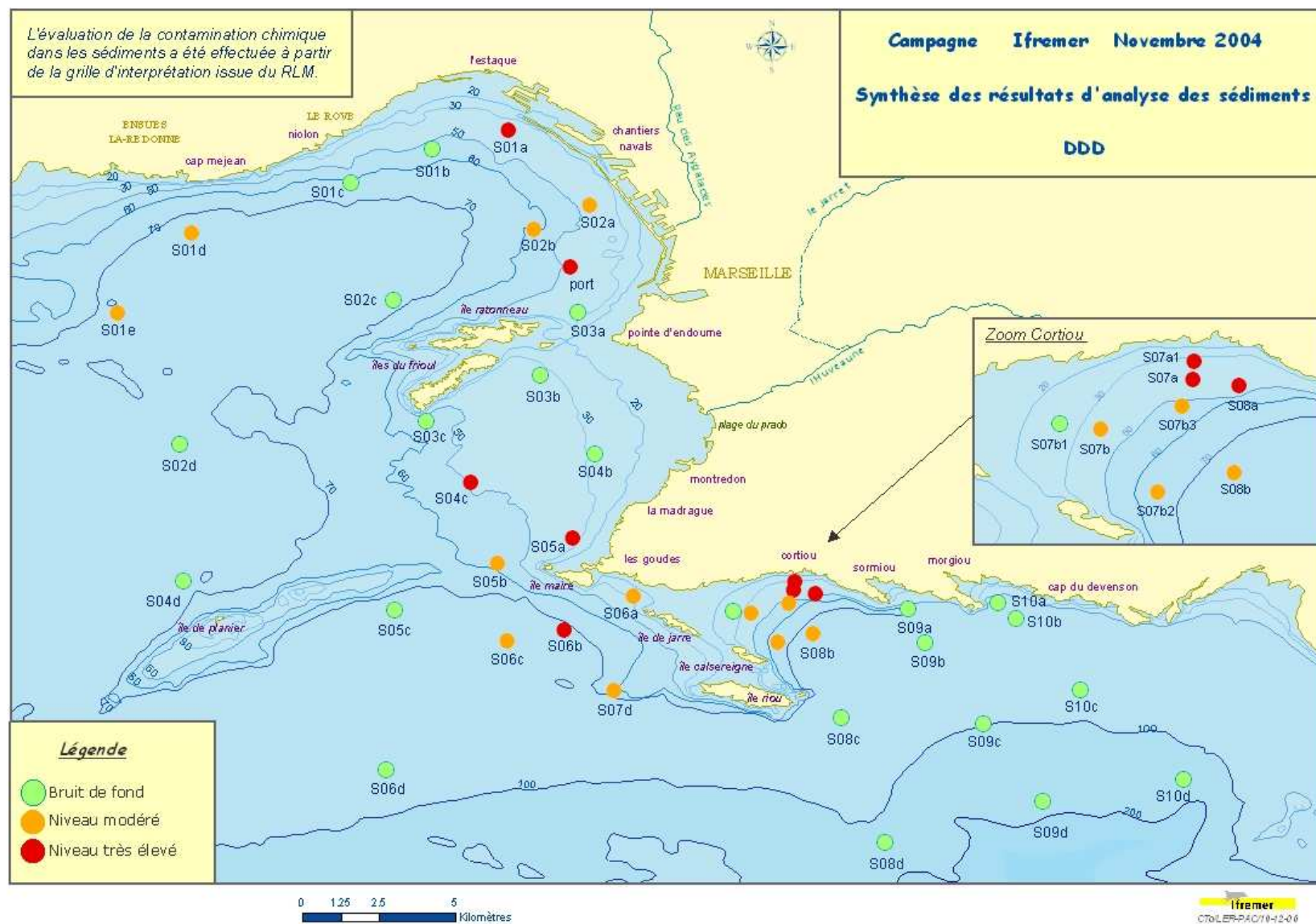
Carte 17 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – benzo_ghi_pérylène



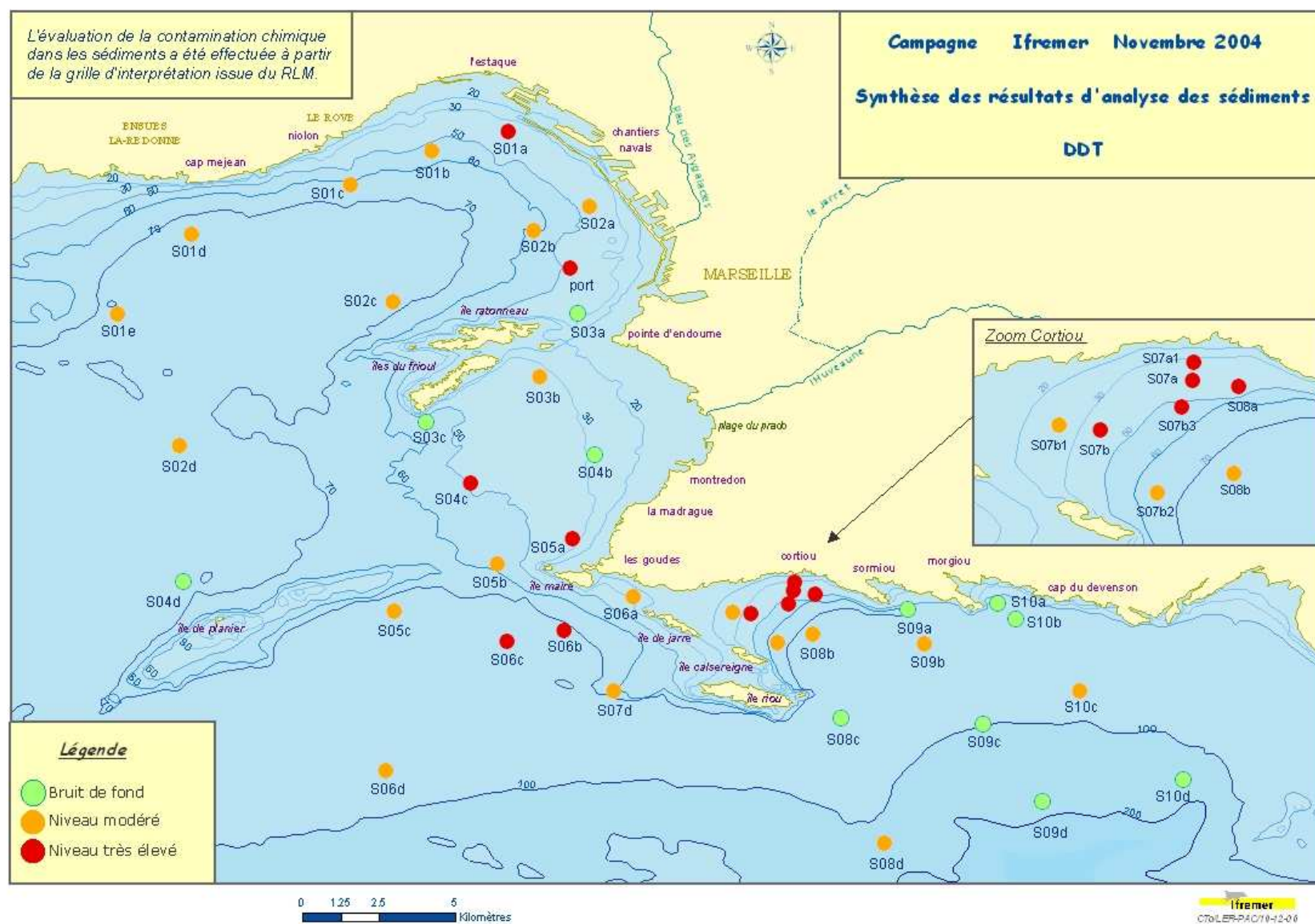
Carte 18 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – indeno_123cd_pyrène



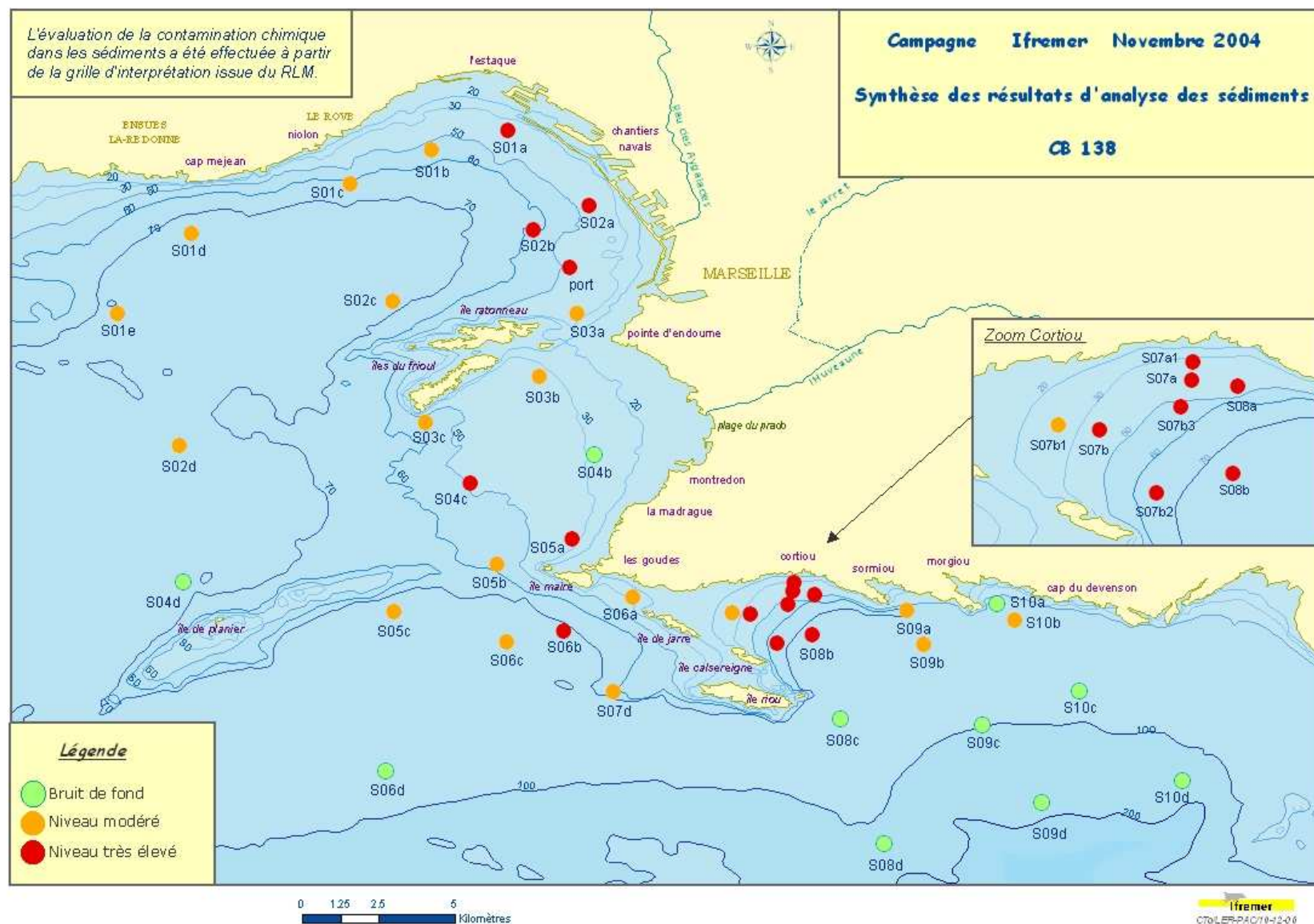
Carte 19: Synthèse des résultats d'analyse des sédiments - DDE



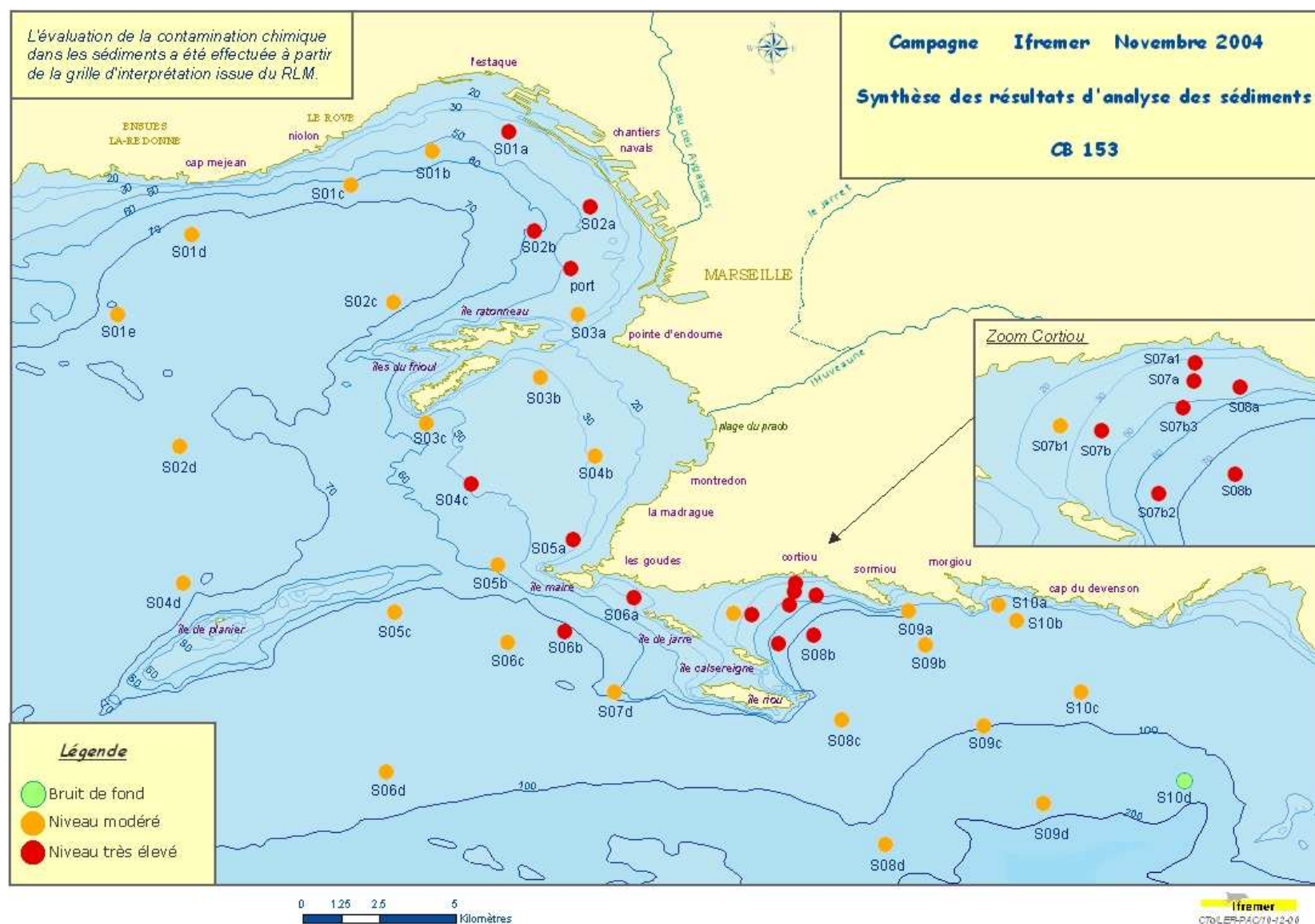
Carte 20: Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – DDD



Carte 21 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – DDT



Carte 22 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – CB 138



Carte 23 : Synthèse des résultats d'analyse des sédiments – CB 153

Annexes

- Annexe 1. Bibliographie
- Annexe 2. Résultats des mesures
- Annexe 3. Extrait des résultats REPOM 1997 2004 Sédiments
- Annexe 4. Contaminants émergents, rapports du LPTC
- Annexe 4. Voies de contamination et caractéristiques physico-chimiques des contaminants

Annexe 1 : bibliographie

Abarnou, A., Loizeau, V., 2001. Les dioxines et composés apparentés. Rapport interne Ifremer.

Andral B., Alzieu C., Bertrand M.C., Boissery P., Dauré S., Patrone J., Rebouillon P., Thébault H. Les guides méthodologiques du RLM, Evaluation de la contamination chimique et radiologique du sédiment (en cours d'approbation).

Andral, B., Stanisière, J.Y., Sauzade, D., Damier, E., Thébault, H., Galgani, F., Boissery, P., 2004, Monitoring chemical contamination levels in the Mediterranean based on the use of mussel caging. Mar. Pollut. Bull. 49, 704-712.

Andral B., C. Tomasino, 2004. Réseau intégrateurs biologiques (RINBIO) : évaluation de la contamination chimique des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles en Méditerranée - résultats de la campagne 2003. Rapport Ifremer pour l'Agence de l'eau RM&C.

Andral B., Tomasino C., 2006. Programme Mytilos 2004, résultats de la campagne d'intercalibration transfrontalière, Ed. Ifremer pour l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse.

Arfi R., Arnoux A., Bellan-Santini D., Bellan G., Laubier L., Pergent-Martini C., Bourcier M., Dukan S., Durbec J.-P., Marinopopoulos J., Millot C., Moutin T., Patriti G. and Petrenko A. (V. de Marseille), 2000. Impact du grand émissaire de Marseille et de l'Huveaune détournée sur l'environnement marin de Cortiou - Etude bibliographique raisonnée 1960-2000 - 137 p.

Arfi R., Arnoux A., Bellan-Santini D., Bellan G., Laubier L., Pergent-Martini C., Bourcier M., Dukan S., Durbec J.P., Marinopopoulos J., Millot C., Moutin T., Patriti G. and Petrenko A. (V. de Marseille), 2000. Evolution d'un site marin soumis à un rejet urbain - Synthèse bibliographique 1960-2000 - 38 p. (version abrégée du précédent).

Boutier B. et al, 2005. Les métaux dans les sédiments du Golfe de Gascogne, Bulletin du RNO. Rapport Ifremer.

CETIIS, 1995. Modélisation mathématique de la baie de Marseille, mise en œuvre d'un modèle de traceur sur le site de Cortiou. Réf. OR-LM-R9506, Rapport d'étude pour la Ville de Marseille, Direction de l'Assainissement.

Claisse D., Le Moigne M., Durand G., Beliaeff B., 2006. Ligne de base : les contaminants chimiques dans les huîtres et les moules du littoral français, RNO 2006 – Surveillance du Milieu Marin. Travaux du RNO. Edition 2006. Ifremer et Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.

Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole, 2005. Système d'assainissement de l'agglomération de Marseille, Dossier relatif aux autorisations administratives et enquêtes publiques, en particulier pour les parties : D. Analyse état initial, les milieux récepteurs et G. Analyse de l'impact sur l'environnement.

Créocéan, 2005. Extension biologique de la station d'épuration de Marseille Programme de suivi du milieu marin dans le secteur de Cortiou, Etat « zéro bis » de

la zone, Rapport d'étude pour la Communauté Urbaine Marseille Provence Métropole / Direction de l'eau et de l'assainissement.

Davison W. and Zhang H., 1994. In situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature*, 367, 546-548.

Gonzalez J.L., Tomasino C., Ravel C., 2004. L'utilisation de DGT (Gels à Gradient de Diffusion) pour évaluer la contamination en métaux traces de la colonne d'eau. Application à la rade de Marseille. Rapport interne Ifremer.

Gonzalez J.L., Turquet J., Cambert H., 2005. Programme MODIOLE, suivi pilote des contaminants chimiques dans les organismes marins à la Réunion. Evaluation des concentrations en contaminants métalliques dans les eaux littorales de la Réunion par la technique DGT (gels à gradient de diffusion) : résultats des premiers essais. Rapport interne Ifremer.

James A., Claisse D., Marchand M., 2006. Les normes de qualité environnementale (NQE), outils d'évaluation du bon état chimique, RNO 2006, Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

Marchand M., Tissier C., 2005. Analyse du risque chimique en milieu marin, l'approche méthodologique européenne. Ed. Ifremer, 126 p.

Quiniou F., His E., Delesmont R., Caisey X., 2005. Bio-indicateur de la toxicité potentielle de milieux aqueux : bio-essai « développement embryo-larvaire de bivalve ». Ed. Ifremer, Méthode d'analyse en milieu marin, 24 p.

RNO, 1998. Surveillance du milieu marin, Travaux du RNO, Edition 1998, Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

RNO, 2006. Surveillance du milieu marin, Travaux du RNO, Edition 2006, Ifremer et Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

SAFECE CETIIS, 2006. Modélisation numérique du devenir des rejets des systèmes d'assainissement communautaires. Rapport d'étude pour la Communauté Urbaine de Marseille Provence Métropole.

Sarrazin L., Wafo E., Cahuvin F., Rebouillon P., 2002. Exploration du devenir physico-chimique des détergents anioniques dans les effluents liquides de la station d'épuration de la ville de Marseille, Université d'Aix Marseille II, Laboratoire d'Hydrologie et de Molysmologie Aquatique (LHMA), Rapport d'étude.

SERAM - Le Masson J., 1997. Mesures de pollutions par temps de pluie à Marseille entre 1992 et 1996 – Synthèse - 34 p.

SIEE pour l'Agence de l'Eau RM&C, 2002, Evaluation des Flux d'apports polluants à la Méditerranée.

Strazzulla J.Y., 1985. Bilan de la contamination chimique des sédiments du golfe de Marseille (thèse).

Zhang H. and Davison W., 1995. Performance characteristics of the technique of diffusion gradients in thin-films (DGT) for the measurement of trace metals in aqueous solution. *Anal. Chem.* 67, 3391-3400.

Wafo E. Sarrazin L. Diana C. Schembri T. Lagadec V. Monod JL., 2006. Polychlorinated biphenyls and DDT residues distribution in sediment of Cortiou (Marseille, France) Marine pollution bulletin 52, 104-120.

Wafo E., Sarrazin L., Diana C., Schembri T., Lagadec V., Monod JL., 2006. Polychlorinated biphenyls and DDT residues distribution in sediments of Cortiou (Marseille, France).

Annexe 2 : Résultats des mesures

Campagne METROC 2004

- Mesure de la contamination dans les sédiments
 - Analyse granulométrique
 - Référentiels d'évaluation pour les sédiments
 - Résultats des mesures dans les sédiments
 - Eléments trace et pesticides
 - HAP
- Mesure de la contamination dans les moules
 - Tableaux de résultats
- Mesure de la contamination dans les DGT
- Liste des agréments et accréditation du Laboratoire de Rouen

Mesure de la contamination dans les sédiments

Tableau 1 : Analyse granulométrique

N °	G<2000	G<1000		G<500		G<250		G<125		G<63		G<40		G<20		G<10		G<5		G<2	
		valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%
1	95,50	96,80	92,44	85,30	81,46	59,80	57,11	30,70	29,32	17,30	16,52	13,50	12,89	10,40	9,93	7,99	7,63	5,06	4,83	1,84	1,76
2	96,90	99,20	96,12	94,30	91,38	82,90	80,33	58,80	56,98	29,90	28,97	21,00	20,35	14,70	14,24	10,60	10,27	6,25	6,06	2,23	2,16
3	93,70	94,20	88,27	79,90	74,87	62,20	58,28	35,90	33,64	13,90	13,02	9,15	8,57	6,31	5,91	4,49	4,21	2,67	2,50	0,89	0,83
4	91,20	95,70	87,28	77,90	71,04	52,40	47,79	30,10	27,45	14,70	13,41	10,50	9,58	7,53	6,87	5,33	4,86	3,08	2,81	0,97	0,88
5	96,20	98,50	94,76	89,80	86,39	73,60	70,80	41,60	40,02	17,60	16,93	11,60	11,16	8,06	7,75	5,70	5,48	3,35	3,22	1,16	1,12
6	93,00	98,80	91,88	92,70	86,21	75,90	70,59	43,10	40,08	21,80	20,27	16,30	15,16	12,10	11,25	9,07	8,44	5,65	5,25	2,06	1,92
7	94,10	99,50	93,63	87,00	81,87	49,90	46,96	16,00	15,06	10,40	9,79	8,64	8,13	6,77	6,37	4,84	4,55	2,60	2,45	0,76	0,72
8	96,60	95,90	92,64	84,30	81,43	67,60	65,30	46,30	44,73	25,70	24,83	17,30	16,71	11,20	10,82	7,63	7,37	4,46	4,31	1,64	1,58
9	92,40	93,40	86,30	79,10	73,09	65,00	60,06	45,00	41,58	29,10	26,89	20,80	19,22	12,30	11,37	6,77	6,26	3,25	3,00	1,06	0,98
10	93,80	97,00	90,99	85,50	80,20	70,60	66,22	46,30	43,43	27,90	26,17	19,70	18,48	11,40	10,69	6,31	5,92	3,11	2,92	1,03	0,97
11	93,70	94,60	88,64	65,70	61,56	35,30	33,08	17,20	16,12	9,55	8,95	7,05	6,61	4,96	4,65	3,23	3,03	1,67	1,56	0,43	0,40
12	88,90	95,80	85,17	80,90	71,92	59,20	52,63	38,20	33,96	25,70	22,85	20,70	18,40	15,00	13,34	9,70	8,62	4,98	4,43	1,62	1,44
13	95,60	98,70	94,36	90,00	86,04	74,10	70,84	41,80	39,96	20,30	19,41	14,70	14,05	10,20	9,75	6,93	6,63	3,95	3,78	1,35	1,29
14	94,80	93,30	88,45	73,90	70,06	53,40	50,62	38,30	36,31	26,00	24,65	19,80	18,77	13,70	12,99	9,32	8,84	5,44	5,16	2,01	1,91
15	89,30	86,60	77,33	64,80	57,87	41,00	36,61	19,20	17,15	8,96	8,00	6,59	5,88	4,61	4,12	2,99	2,67	1,60	1,43	0,48	0,43
16	94,50	98,60	93,18	93,80	88,64	85,30	80,61	73,70	69,65	51,60	48,76	39,60	37,42	28,30	26,74	20,00	18,90	12,20	11,53	4,92	4,65
17	95,20	96,40	91,77	76,90	73,21	57,70	54,93	41,70	39,70	20,60	19,61	14,70	13,99	10,60	10,09	7,78	7,41	4,80	4,57	1,87	1,78
18	97,50	98,00	95,55	90,80	88,53	80,10	78,10	67,00	65,33	32,90	32,08	20,10	19,60	13,60	13,26	9,64	9,40	5,92	5,77	2,35	2,29
19	91,30	85,50	78,06	54,90	50,12	32,50	29,67	20,90	19,08	11,40	10,41	8,45	7,71	6,34	5,79	4,61	4,21	2,73	2,49	0,87	0,79
20	96,10	98,30	94,47	81,90	78,71	54,40	52,28	39,10	37,58	29,90	28,73	24,80	23,83	18,90	18,16	14,00	13,45	8,84	8,50	3,70	3,56
21	87,70	93,80	82,26	64,50	56,57	38,10	33,41	22,20	19,47	14,00	12,28	11,20	9,82	8,45	7,41	5,81	5,10	3,18	2,79	0,92	0,81
22	89,40	85,50	76,44	50,10	44,79	16,50	14,75	3,95	3,53	2,11	1,89	1,70	1,52	1,28	1,14	0,91	0,81	0,51	0,46	0,13	0,12

N °	G<2000	G<1000		G<500		G<250		G<125		G<63		G<40		G<20		G<10		G<5		G<2	
		valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%	valeur	%
23	88,00	93,50	82,28	78,50	69,08	63,40	55,79	47,00	41,36	29,50	25,96	22,90	20,15	17,00	14,96	12,50	11,00	7,98	7,02	3,38	2,97
24	67,90	98,80	67,09	87,00	59,07	70,50	47,87	50,90	34,56	39,80	27,02	34,80	23,63	27,80	18,88	20,70	14,06	13,10	8,89	5,37	3,65
25	91,70	93,70	85,92	67,10	61,53	44,00	40,35	26,80	24,58	16,30	14,95	12,90	11,83	9,95	9,12	7,47	6,85	4,70	4,31	1,86	1,71
26	94,70	86,40	81,82	66,10	62,60	50,10	47,44	36,70	34,75	23,20	21,97	16,00	15,15	8,98	8,50	4,79	4,54	2,31	2,19	0,71	0,67
27	89,20	96,80	86,35	89,20	79,57	77,60	69,22	66,50	59,32	54,40	48,52	46,60	41,57	35,50	31,67	24,50	21,85	14,10	12,58	5,45	4,86
28	74,90	92,50	69,28	78,10	58,50	66,20	49,58	54,70	40,97	44,80	33,56	38,40	28,76	29,90	22,40	21,90	16,40	13,50	10,11	5,55	4,16
29	69,60	97,70	68,00	87,10	60,62	64,80	45,10	40,80	28,40	27,80	19,35	22,90	15,94	17,30	12,04	12,00	8,35	6,75	4,70	2,41	1,68
30	82,10	100,00	82,10	96,80	79,47	90,40	74,22	84,20	69,13	72,80	59,77	62,80	51,56	48,10	39,49	35,20	28,90	22,90	18,80	10,50	8,62
31	94,80	96,70	91,67	84,80	80,39	72,20	68,45	62,90	59,63	52,40	49,68	44,90	42,57	34,60	32,80	25,10	23,79	15,90	15,07	6,94	6,58
32	92,90	100,00	92,90	100,00	92,90	100,00	92,90	98,40	91,41	92,10	85,56	83,70	77,76	66,80	62,06	47,70	44,31	28,50	26,48	11,70	10,87
33	98,60	100,00	98,60	100,00	98,60	100,00	98,60	99,00	97,61	93,00	91,70	85,10	83,91	69,30	68,33	50,80	50,09	31,40	30,96	13,20	13,02
34	97,60	100,00	97,60	98,20	95,84	95,70	93,40	89,80	87,64	74,00	72,22	64,50	62,95	51,30	50,07	39,00	38,06	26,10	25,47	12,10	11,81
35	91,50	100,00	91,50	95,90	87,75	89,20	81,62	79,50	72,74	68,60	62,77	60,90	55,72	49,90	45,66	38,50	35,23	25,80	23,61	11,90	10,89
36	89,20	93,60	83,49	68,20	60,83	42,10	37,55	25,10	22,39	17,80	15,88	15,50	13,83	12,90	11,51	9,98	8,90	6,21	5,54	2,40	2,14
37	98,60	95,20	93,87	81,00	79,87	59,10	58,27	44,40	43,78	27,70	27,31	21,30	21,00	15,90	15,68	11,50	11,34	6,97	6,87	2,67	2,63
38	89,80	94,30	84,68	64,30	57,74	34,10	30,62	18,70	16,79	12,30	11,05	10,10	9,07	8,01	7,19	6,10	5,48	3,77	3,39	1,30	1,17
39	92,40	88,70	81,96	68,10	62,92	45,70	42,23	25,20	23,28	9,99	9,23	7,33	6,77	5,50	5,08	4,02	3,71	2,39	2,21	0,77	0,71
40	96,90	95,00	92,06	74,80	72,48	43,70	42,35	17,10	16,57	9,59	9,29	7,69	7,45	6,01	5,82	4,51	4,37	2,68	2,60	0,87	0,84
41	93,80	95,00	89,11	80,00	75,04	54,20	50,84	23,90	22,42	13,00	12,19	10,20	9,57	7,96	7,47	6,03	5,66	3,75	3,52	1,33	1,25
42	96,80	98,70	95,54	89,60	86,73	65,00	62,92	32,70	31,65	19,80	19,17	16,00	15,49	12,60	12,20	9,81	9,50	6,27	6,07	2,42	2,34

Tableau 2 : Référentiel d'évaluation pour les concentrations mesurées dans les sédiments (limites supérieures)

		Pb	Cd	Hg	Ni	DDT	DDE	DDD	CB138	CB153	naphta- lene	anthra- cene
	état 1	25	0,15	0,05		0,2	1,2	1,2	0,5	0,2		
RLM	état 2	50	0,6	0,4		4	5	5	4	5		
	état 3	sup	sup	sup		sup	sup	sup	sup	sup		
	bdf	100	1,2	0,4	37				0,05	0,05		
GEODE	N1	200	2,4	0,8	74				0,1	0,1		
	N2	sup	sup	sup	sup				sup	sup		

		fluoranthene	benzo(b)fluo- ranthene	benzo(k)fluo- ranthene	benzo(a)- pyrene	benzo(g,h,i)- perylene	indeno(1-2-3- cd)pyrene
	état 1	40	200	100	100	100	100
RLM	état 2	200	500	250	500	250	250
	état 3	sup	sup	sup	sup	sup	sup
	bdf						
GEODE	N1						
	N2						

Tableau 3 : Résultats des mesures dans les sédiments pour les éléments-traces et les pesticides

	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Al (%)	MS (%)	CaCO ₃ (%CO ₃)	COT (%C/sec)	63	DDT (µg/kg/sec)	DDE (µg/kg/sec)	DDD (µg/kg/sec)	CB138 (µg/kg/sec)	CB153 (µg/kg/sec)
port	178	0,41	4,73	21	2,26	64,4	45,4	5,78	27,02	5,5	1,3	5,8	51	68
S01a	115	0,25	2,37	12	1,75	60,2	38,9	2,96	19,35	52	3,6	30	101	105
S01b	141	0,19	2,05	24	3,14	61,1	54,1	2,1	59,77	0,5	0,2	1,1	1,6	2,1
S01c	65	0,14	0,52	21	3,07	60,4	38,1	1,67	49,68	0,6	0,3	0,9	1,9	2,3
S01d	70	0,14	0,49	31	4,39	51,4	54,9	1,74	85,56	0,6	0,5	1,4	1,8	2,4
S01e	57	0,13	0,39	30	4,63	52,8	39,1	1,58	91,70	1,2	0,6	1,2	1,4	1,8
S02a	178	0,4	3,93	19	2,5	62,6	44,9	3,87	33,56	2,1	0,7	2,2	5,3	7
S02b	128	0,27	3,12	22	2,72	58,7	30,6	2,57	48,52	1,4	0,6	3,3	68	82
S02c	63	0,06	0,42	24	3,46	61,1	26,4	1,45	72,22	0,2	0,3	1,1	1,5	1,9
S02d	50	0,06	0,36	28	3,86	63,9	27,9	1,15	62,77	0,3	0,4	0,9	0,9	1,2
S03a	86	0,13	1,38	13	1,7	61,3	58,3	2,56	25,96	0,05	0,3	1	3,4	4,4
S03b	35	0,025	0,12	3	0,367	69,3	36,1	0,44	1,89	1,2	0,1	0,3	0,9	1,2
S03c	40	0,12	0,44	12	1,65	66,9	23,5	1,33	28,73	0,1	0,3	0,5	1	1,5
S04b	34	0,06	0,05	5	0,673	65,1	35,2	1,26	12,28	0,05	0,1	0,2	0,3	0,9
S04c	40	0,05	0,22	6	0,812	65,7	56,3	0,79	91,30	78,06	50,12	29,67	19,08	10,41
S04d	38	0,025	0,13	13	1,4	63,8	37,6	0,65	15,88	0,05	0,2	0,05	0,05	0,7
S05a	89	0,16	1,18	9	1,28	57,2	43,2	3,38	32,08	126	5,5	21	5,2	6,5
S05b	59	0,1	0,51	9	1,25	66	35,8	1,55	19,61	2,5	0,6	1,5	2,5	4,4
S05c	39	0,07	0,22	11	1,46	66,7	40,6	0,82	14,95	3,4	0,5	0,9	1,4	1,9
S06a	42	0,09	0,2	3	0,468	61,8	44,6	1,74	8,00	0,8	0,6	1,3	4	6,7
S06b	106	0,23	1,43	17	2,08	53,8	24,3	3,65	48,76	29	2,1	19	12	16
S06c	65	0,06	0,59	13	1,74	67,2	41,5	3,8	27,31	62	1,7	4,1	3,2	3,7
S06d	34	0,025	0,12	10	1,3	71,5	40,5	1,38	11,05	0,5	0,2	0,4	0,2	0,6
S07a	573	4,75	8,74	35	2,37	32,4	32,1	9,68	26,17	108	45	182	290	419
S07a1	413	7,66	7,38	30	1,8	29	21	8,81	21,97	5	3,2	15	51	87
S07b	46	0,06	0,35	3	0,619	64	35	1,05	8,95	4,4	0,9	1,4	7,4	19
S07b1	35	0,025	0,16	1	0,331	57,8	40,7	0,87	22,85	0,3	0,2	0,2	1,6	2,8
S07b2	43	0,07	0,53	7	1,22	63,8	46,6	1,08	19,41	1,3	0,3	1,2	5,3	13
S07b3	97	0,41	1,62	10	1,15	56,2	56,7	2,24	24,65	12	1,4	4,8	35	59
S07d	43	0,025	0,25	5	0,871	64,9	37,8	3,42	9,23	0,5	0,3	1,3	1	1,5
S08a	342	5,28	8,9	27	2,27	30,1	36,7	11,2	26,89	45	24	40	287	482
S08b	43	0,09	0,49	9	1,27	67,7	34,2	1,14	24,83	2,6	0,3	1,5	9,4	14
S08c	25	0,06	0,11	8	1	69,9	32,2	0,36	9,79	0,05	0,05	0,1	0,05	0,5
S08d	25	0,025	0,07	11	1,42	72,1	52,7	1,78	9,29	3,9	0,3	0,4	0,05	0,3
S09a	28	0,07	0,25	6	0,761	63,5	38,5	0,84	13,41	0,1	0,05	0,2	0,6	1,3
S09b	24	0,05	0,17	8	1,26	67,4	28,9	0,63	16,93	0,2	0,05	0,2	0,9	1,5
S09c	27	0,025	0,13	12	1,7	68,5	25,7	0,53	20,27	0,05	0,1	0,2	0,2	0,6
S09d	26	0,025	0,06	13	1,41	71,4	30,4	1,16	12,19	0,05	0,1	0,2	0,05	0,3
S10a	18	0,025	0,07	4	0,713	67,3	40,1	0,53	13,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2
S10b	26	0,025	0,17	8	1,25	66,8	24,6	0,79	28,97	0,1	0,2	0,3	0,9	1,4
S10c	26	0,05	0,14	9	1,42	71,8	44	0,49	16,52	0,9	0,2	0,2	0,05	0,7
S10d	27	0,025	0,07	13	1,95	71,3	42,5	2,09	19,17	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Tableau 4 : Résultats des mesures dans les sédiments pour les HAP

	Naphtalene (µg/kg)	Acenaphthylene (µg/kg)	Acenaphthene (µg/kg)	Fluorene (µg/kg)	Phenanthrene (µg/kg)	Anthracene (µg/kg)	Fluoranthene (µg/kg)	Pyrene (µg/kg)	Benzo (a) anthracene (µg/kg)	Chrysene (µg/kg)	Benzo (b) fluoranthene (µg/kg)	Benzo (k) fluoranthene (µg/kg)	Benzo (a) pyrene (µg/kg)	Dibenzo (a,h) anthracene (µg/kg)	Benzo (g,h,i) perylene (µg/kg)	Indeno (1-2-3-cd) pyrene (µg/kg)	Somme 16 HAP (µg/kg)
port	3,9	20	4,5	38	1120	310	1900	1760	1120	1060	3080	1260	2540	383	1330	1540	17469
S01a	13	5	28	31	465	74	890	780	570	582	1760	690	1220	224	737	790	8859
S01b	1,8	5	15	5,2	46	9,2	106	105	63	57	224	93	161	27	108	111	1137,2
S01c	1,6	5	13	8,6	96	18	179	162	107	92	385	155	252	39	158	175	1846,2
S01d	20	5	23	12	102	20	186	164	96	84	341	131	203	33	125	152	1697
S01e	3,8	5	19	8,5	81	15	150	126	81	74	344	137	214	32	145	156	1591,3
S02a	92	5	61	72	627	109	1130	1130	611	573	1320	528	967	131	475	578	8409
S02b	52	5	34	28	252	48	594	586	313	300	557	222	359	53	185	212	3800
S02c	2,6	5	10	4,7	46	8,3	86	82	48	42	193	80	103	19	77	78	884,6
S02d	24	5	19	6,9	53	8,2	111	96	45	45	101	41	52	8,6	33	38	686,7
S03a	2	5	0,5	0,5	28	5,3	198	192	117	101	254	113	203	26	107	107	1459,3
S03b	1,9	5	0,5	0,5	1,7	0,5	16	16	15	19	55	22	31	6,1	29	22	241,2
S03c	12	5	13	3,7	32	5	69	64	36	32	150	59	94	16	83	61	734,7
S04b	1,8	5	0,5	0,5	11	2,5	69	65	68	65	476	198	276	53	211	213	1715,3
S04c	7,71	5,79	4,21	2,49	0,79	0,1	0,05	0,2	0,05	0,05	0,25	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05
S04d	1	5	0,5	0,5	6,7	1	29	29	16	16	41	17	23	4,1	17	17	223,8
S05a	2,4	14	4,2	5,1	212	50	754	676	576	506	2410	949	1850	259	1070	1170	10508
S05b	17	5	14	5,2	72	14	215	199	140	133	518	220	399	56	228	267	2502,2
S05c	1,2	5	1,3	0,5	17	2,5	77	76	53	52	166	68	120	18	78	74	809,5
S06a	2,4	5	0,5	0,5	68	12	244	231	134	125	251	103	173	24	106	105	1584,4
S06b	22	16	24	19	276	55	646	581	428	399	1580	619	1170	166	731	799	7531
S06c	60	5	26	14	166	32	380	362	200	178	413	170	270	39	149	170	2634
S06d	26	5	22	4,8	18	2,3	37	34	20	19	76	32	47	8,4	28	34	413,5
S07a	4,1	14	11	27	413	152	0,5	960	624	521	2180	887	1450	138	701	769	8851,6
S07a1	4,9	12	9,8	9,6	123	48	202	324	134	108	739	304	524	81	324	343	3290,3
S07b	39	5	23	10	65	13	111	104	85	82	424	170	270	44	222	218	1885
S07b1	34	5	19	5,4	13	2,2	21	21	11	11	27	11	15	2,5	15	12	225,1
S07b2	29	5	24	6,4	38	6,5	91	89	58	53	161	63	100	17	78	83	901,9
S07b3	3,4	11	4,3	2,8	71	16	262	257	190	171	602	232	392	67	319	342	2942,5
S07d	25	5	17	5,1	40	6,4	121	114	64	61	121	49	85	10	39	49	811,5
S08a	4,4	15	14	13	177	45	0,5	393	369	333	1860	741	1200	240	1000	1160	7564,9
S08b	15	2,9	17	9,6	31	5,6	69	63	56	54	346	137	209	41	203	214	1473,1
S08c	17	1,7	16	7,6	3	0,5	3,1	3,8	1,9	1,7	9,5	4,2	6,9	2,5	6,7	6,1	92,2
S08d	34	5	26	5,3	12	1,6	20	18	8,8	7,9	31	13	17	3,1	13	16	231,7
S09a	0,5	5	6,7	3	3,5	0,5	6,8	7,1	4,2	4,5	19	7,3	10	2,5	9,4	10	100
S09b	0,5	5	10	4,4	12	1,7	36	36	20	19	43	18	26	2,5	20	22	276,1
S09c	23	5	19	8,3	15	2	30	28	17	17	61	25	34	2,5	31	33	350,8
S09d	2,8	5	0,5	0,5	1,1	5	22	22	14	12	32	12	17	2,4	13	13	174,3
S10a	20	5	21	7,3	3	0,5	2,8	3,4	1,8	1,8	7,5	2,8	3,1	0,5	2,9	4,3	87,7
S10b	13	5	17	9	18	3	43	40	24	22	88	34	57	7	43	51	474
S10c	34	5	20	9	14	1,9	30	29	17	17	45	17	30	2,5	20	23	314,4
S10d	2,8	5	1,2	0,5	1,1	0,5	5,5	5,8	3,8	3,5	14	5,4	7,9	1,2	6,8	6,5	71,5

Mesure de la contamination dans les moules

Tableau 5 : Classes relatives « Matière Vivante » établies à partir de résultats METROC 2004

	mg/kg				µg/kg			
	Cd	Hg	Ni	Pb	Σ DD	CD138	CB158	Σ HAP
< médiane	0,76	0,06	0,50	1,40	6,15	12,00	16,50	40,15
> médiane	1,51	0,12	1,00	2,80	4,70	3,80	3,70	12,30
> 2 x médiane	sup	sup	sup	sup	sup	sup	sup	sup

Tableau 6 : Résultats bruts moules METROC 2004 (1)

Nom station	P Coq. lot (g)	P Sec chair lot (g)	PS/PC	Mat. Grasses (g)	Cadmium (mg/kg)	Mercurure (mg/kg)	Nickel (mg/kg)	Plomb (mg/kg)
M1	227,80	31,74	0,14	4,34	0,57	0,07	0,50	1,60
M2	221,90	40,42	0,18	3,06	0,63	0,07	0,50	1,40
M3	188,40	39,76	0,21	5,90	0,56	0,06	0,50	1,50
M4	245,10	44,34	0,18	2,50	0,60	0,08	0,50	2,10
M5	239,70	35,88	0,15	3,91	0,61	0,06	0,40	1,50
M6	204,00	32,66	0,16	6,44	0,81	0,06	0,60	1,40
M7	236,80	29,85	0,13	4,24	0,90	0,07	0,70	1,50
M8	238,50	30,20	0,13	4,63	0,92	0,06	0,60	1,20
M9	238,30	29,92	0,13	7,55	1,12	0,06	0,50	1,50
M10	208,10	30,33	0,15	4,95	0,96	0,06	0,70	1,10
M11	234,60	35,21	0,15	3,74	0,86	0,06	0,60	1,20
M13	219,20	44,40	0,20	5,30	0,70	0,05	0,50	0,90
M14	216,40	42,84	0,20	7,17	0,69	0,05	0,40	1,20
M15	189,10	33,06	0,17	2,41	0,84	0,05	0,40	1,00
Min	188,40	29,85	0,13	2,41	0,56	0,05	0,40	0,90
Max	245,10	44,40	0,21	7,55	1,12	0,08	0,70	2,10
Med	224,85	34,14	0,16	4,49	0,76	0,06	0,50	1,40

Tableau 7 : Résultats bruts moules METROC 2004 (2)

Nom station	pp' DDE (µg/kg)	pp' DDT (µg/kg)	pp' DDD (µg/kg)	Σ DD (µg/kg)	Congénère 138 (µg/kg)	Congénère 153 (µg/kg)	Dioxines+Furanes
M1	3,3	2,5	2,8	8,60	16,00	25,00	
M2	2,6	2,0	2,2	6,80	14,00	22,00	1,63
M3	2,6	2,3	2,0	6,90	16,00	25,00	
M4	6,4	4,2	6	16,60	27,60	42,30	
M5	3,0	2,1	1,9	7,00	14,00	20,00	
M6	2,0	16,0	2,7	20,70	10,00	15,00	1,19
M7	3	2,1	1	6,10	18,80	36,10	
M8	2,1	1,4	0,5	4,00	9,20	13,00	0,861
M9	3,3	1,4	0,5	5,20	7,50	12,00	
M10	1,4	1,3	0,5	3,20	8,00	11,00	
M11	1,6	1,3	0,5	3,40	8,20	11,00	
M13	1,7	1,3	1,1	4,10	7,80	9,90	
M14	1,9	1,8	2,5	6,20	14,00	18,00	
M15	1,4	1,4	1,8	4,60	7,70	10,00	
Min	1,40	1,30	0,50	3,20	7,50	9,90	0,86
Max	6,40	16,00	6,00	20,70	27,60	42,30	1,63
Med	2,35	1,90	1,85	6,15	12,00	16,50	1,19

Tableau 8 : Résultats bruts moules METROC 2004 (3)

Nom station	Naphtalène	Acénaphthylène	Acénaphthène	Fluorène	Phénanthrène	Anthracène	Fluoranthène (µg/kg)	Pyrène	Benzo(a)anthracène	Chrysène	Benzo (b) fluoranthène (µg/kg)	Benzo (k) fluoranthène (µg/kg)	Benzo (a) pyrène (µg/kg)	Dibenzo (a,h) anthracène (µg/kg)	Benzo (ghi) pérylène (µg/kg)	Indéno (1,2,3 - cd) pyrène (µg/kg)	somme HAP
M1	1,8	5,0	12,0	5,2	6,8	2,4	3,4	2,1	1,3	5,0	2,5	1,5	6,0	2,50	2,50	2,50	62,50
M2	1,9	5,0	8,6	2,9	4,6	1,5	2,3	1,6	0,5	2,3	1,5	1,4	3,8	2,5	2,5	2,5	45,4
M3	1,3	5,0	11,0	3,3	4,9	2,5	1,9	1,3	0,5	3,1	1,3	1,2	2,2	2,5	2,5	2,5	47,0
M4	3,4	5,0	17,0	4,4	2,6	0,5	1,3	1,1	0,5	1,7	0,5	1,7	1,5	2,5	2,5	2,5	48,7
M5	1,4	5,0	6,7	1,6	2,9	0,5	1,2	0,5	0,5	1,3	0,5	1,5	2,4	2,5	2,5	2,5	33,5
M6	1,5	5,0	5,1	0,5	2,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,4	2,3	2,5	2,5	2,5	28,4
M7	37,0	5,0	25,0	7,6	5,7	2,3	2,0	1,5	0,5	2,5	1,4	2,9	4,6	2,5	2,5	2,5	105,5
M8	1,5	5,0	2,6	0,5	1,9	0,5	1,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2,5	24,6
M9	1,5	5,0	7,6	1,0	2,7	0,5	1,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,6	0,5	2,5	2,5	2,5	31,0
M10	1,7	5,0	5,6	2,4	3,5	1,7	1,9	1,0	0,5	1,1	0,5	1,4	1,1	2,5	2,5	2,5	34,9
M11	1,4	5,0	6,0	1,5	1,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2,5	28,3
M13	1,5	5,0	6,5	1,9	2,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2,5	29,7
M14	1,8	5,0	12,1	5,2	4,6	1,5	2,2	1,1	0,5	2,8	0,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2,5	46,8
M15	2,1	5,0	9,8	5,0	4,6	2,6	1,9	1,3	0,5	2,2	0,5	1,5	1,2	2,5	2,5	2,5	45,7
Min	1,3	5,0	2,6	0,5	1,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,2	0,5	2,5	2,5	2,5	24,6
Max	37,0	5,0	25,0	7,6	6,8	2,6	3,4	2,1	1,3	5,0	2,5	2,9	6,0	2,5	2,5	2,5	105,5
Med	1,6	5,0	8,1	2,7	3,2	1,0	1,6	1,1	0,5	1,5	0,5	1,5	1,4	2,5	2,5	2,5	40,2

Mesure de la contamination par les DGT

Tableau 9 : résultats des mesures par DGT

moyenne	Ag eau		Cd eau		Co eau		Cr eau		Pb eau		Ni eau		Cu eau	
	ng/l		ng/l		ng/l		ng/l		ng/l		ng/l		ng/l	
	SURF	FOND	SURF	FOND	SURF	FOND	SURF	FOND	SURF	FOND	SURF	FOND	SURF	FOND
DGT1	0,4		5,3		14,8		89,9		36,1		389,3		129,7	
DGT1		0,4		5,1		19,4		95,3		73,8		266,5		64,7
DGT2	0,4		6,9		22,3		94,5		43,4		318,8		52,2	
DGT2		0,5		7,7		17,5		101,6		76,2		378,1		53,5
DGT12	3,8		4,9		16,2		189,5		25,8		347		141,1	
DGT12		2,2		3,3		14		275,9		43,7		383,1		128,7
DGT11	0,4		4,5		12,4		103,7		51,7		365,9		144,5	
DGT11		0,4		3,8		16		130,1		39,4		320,9		137,1
DGT5	0,5		5,7		17,8		124,7		82,7		333,4		63,3	
DGT5		0,4		4,3		16,1		114,1		45,9		310,8		58,3
DGT13		0,4		1,5		8,4		58,3		41,8		266,7		50,8
DGT6	3,5		7,8		17,6		119,7		38,3		370,6		171,4	
DGT6		4,7		6,8		15,3		163		42,4		349,5		165,5
DGT7	7,1		5,9		18,4		160,1		44,4		388,8		150,6	
DGT7		7,6		4,3		14,5		185,2		104,3		306,2		92,3
DGT8	6		4,6		16,1		195,3		28,2		375,7		113,4	
DGT8		4,5		4,5		12,4		254,4		26,5		412,7		88,3
DGT9	3,3		3,2		12,8		217,7		23,9		323,8		114,2	
DGT9		3,1		2,4		12,2		1295,1		18,4		280,6		94,1

Agréments et accréditations du Laboratoire de Rouen

MAJ 06/2005

Liste des agréments et accréditations du LABORATOIRE de ROUEN



AGRÉMENTS : ATMOSPHÈRES DES LIEUX DE TRAVAIL ET ANALYSES À L'ÉMISSION		
Ministère de l'Emploi, du Travail et de la Cohésion Sociale Prélèvement et dosage de la teneur en <i>benzène</i> des atmosphères des lieux de travail	Arrêté du 28/01/2003 JORF n°23	Jusqu'au 31/12/2005
Ministère de l'Écologie et du Développement Durable Analyse de la concentration en <i>dioxines</i> et <i>furannes</i> (PCDD et PCDF) à l'émission (agrément 8)	Arrêté du 27/12/2004 JORF du 03/02/2005	Jusqu'au 31/12/2007

AGRÉMENTS : EAU		
Ministère de la Santé	Contrôle sanitaire des eaux en Haute Normandie	
Ministère de l'Écologie et du Développement Durable Analyses des <i>eaux</i> et des <i>sédiments</i> (types 1 à 11 et 13)	Arrêté du 10/12/2004 JORF du 20/12/2004	Année 2005

AGRÉMENTS : AGRO-ALIMENTAIRE	
GAFTA Grain and feed	Renouvelé tous les 6 mois
FOSFA	Pas de limite de validité
ONIC	Campagne 2004/2005
SYNDICAT de PARIS Blés tendres de meunerie, graines oléagineuses de colza et de tournesol, maïs (addenda II, V, VI)	Campagne 2004/2005

ACCRÉDITATIONS		
Programmes COFRAC : 60 : analyses des aliments diététiques et de régime et analyses destinées à l'étiquetage nutritionnel des aliments 81 : analyses des aliments pour animaux 82 : analyses des corps gras et oléoprotéagineux 97 : prélèvements et analyses de polluants atmosphériques à l'émission et dans l'air ambiant 99-2 : analyses de contaminants chimiques chez les animaux, dans leurs produits et les denrées alimentaires destinées à l'homme ou aux animaux 100-1 : analyses des eaux 100-2 : analyses biologiques et microbiologiques des eaux 119 : analyses des blés tendres, farines , et autres produits de mouture 156 : analyses des boues et des sédiments Hors programme : - Eaux salines et saumâtres - Analyses dioxines et furannes (matrices agroalimentaires) - Prélèvements des eaux en vue d'analyses physicochimiques et microbiologiques (eaux destinées à la consommation humaine, eaux de baignade, eaux de piscine, eaux de rivières, eaux résiduaires, eaux souterraines) - Prélèvement des eaux pour dénombrement et identification de legionella - Essais physico-chimiques des eaux sur site Portée flexible : - Recherche des composés organiques dans les eaux, les boues et les sédiments	Annexes techniques COFRAC Portée de l'accréditation sur demande	Jusqu'au 30/09/2008

LABORATOIRE DE ROUEN

49 Rue Mustel - B.P. 4063 - 76022 ROUEN CEDEX 3 - ☎ 02.32.10.22.44 - 📠 02.32.10.22.41

3) METHODES DE MESURE ET D'ANALYSE :Analyses sur moules :

Paramètres	Méthodes	Seuils de quantification
CADMIUM	GFAAS	0.1 mg/kg/sec
PLOMB	GFAAS	0.1 mg/kg/sec
CHROME TOTAL	GFAAS	0.1 mg/kg/sec
NICKEL	GFAAS	0.1 mg/kg/sec
COBALT	GFAAS	0.1 mg/kg/sec
CUIVRE	ICP	0.1 mg/kg/sec
ZINC	ICP	0.5 mg/kg/sec
ARGENT	GFAAS ou ICP	0.1 mg/kg/sec
ARSENIC	hydrures – fluorescence atomique	0.1 mg/kg/sec
MERCURE	Vapeurs froides – fluorescence atomique	0.01 mg/kg/sec
NICKEL	GFAAS	0.1 mg/kg
PESTICIDES ORGANOCHLORES	GC/ECD	1 µg/kg sec
PCB	GC/ECD	1 à 10 µg/kg sec
HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES	GC/MS	1 à 10 µg/kg sec
MATIERES GRASSES	BLIGH AND DYER	/
DIPHENYLETHERS BROMES	GC/MS-CI négative	1 µg/kg sec
ORGANOÉTAINS	GC-MS	

Analyses sur sédiments :

Paramètres	Méthodes	Seuils de quantification
GRANULOMETRIE	METHODE LASER	/
MATIERES SECHES	NF ISO 11465	0.01 %
MINERALISATION	NF X 31-147	/
MERCURE	NF EN 13506	0.01 mg/kg
CADMIUM	NF EN ISO 5961	0.1 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
COBALT	FDT 90-119	
ARSENIC	NF EN ISO 11969	0,1 mg/kg
ARGENT	FDT 90-119	
ALUMINIUM	NF EN ISO 11885	50 mg/kg
HYDROCARBURES POLYCYCLIQUES AROMATIQUES (16)	XP X 33 012	1 à 10 µg/kg sec selon le composé

EXPERTISES TECHNOLOGIES & SERVICES – ANALYSES

3 Rue du Tronquet – B.P. 198 – 76136 Mont Saint Aignan

SAS au capital de 1 653 341,60 € - SIRET : 440 160 802 000 11 – APE 743 B – R.C.S. Rouen : 440 160 802 – TVA : FR 78 440 160 802

ETSA098-0

REDACTEURS : JR-NG

Annexe 3. Extrait des résultats REPOM 1997 2004 Sédiments

RESULTATS DES ANALYSES REPOM 13 ANALYSES DE SEDIMENTS				ELEMENTS TRACES								
Ministère des Transports de l'Équipement du Tourisme et de la Mer  service maritime des Bouches-du-Rhône subdivision Eau Environnement marin	ANNEE REPOM	Al										
	Niveaux	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec	mg/kg sec		
Valeurs seuil de l'arrêté du 14/06/2000	< N1		25	1,2	90	45	0,4	37	100	276		
	N1<x<N2											
	> N2		50	2,4	180	90	0,8	74	200	552		
PORT DE L'ESTAGUE		2000	16620	97,3	0,897	34,9	192,0	1,69		225,0	270,0	
		1997	19599	5,79	1,85	28,9	268	1,120	23,3	259	716	
		2003	13 440	109	0,24	49	255	0,63	23	254	293	
PORT ABRI DE L'ESTAGUE		2000	17300	95,8	0,982	41,7	312,0	1,86		175,0	343,0	
		1997	20665	6,18	1,3	29,4	432	1,86	17,8	289,5	692	
		2003	9 270	86	0,23	50	314	0,67	16	203	303	
PORT DE SAUMATY		2000	32560	49,9	0,653	32,1	132,0	1,04		143,0	469,0	
		1997	37365	2,59	1,65	30,8	187	2,23	22,3	145	857	
		2003	13 790	37	0,18	36	96	0,32	16	100	238	
BASSIN MIRABEAU		1999	29957	20,0	0,199	29,1	214,7	0,42	52	118	249	
		2000	15890	18,3	0,493	29,1	80,9	1,31	42,6	94,7	138,0	
	(point 30 Est)	2001	22 490	23,8	0,19	26	111,4	0,97	40	81	168	
		2002	14 780	13,9	0,17	<20	104	0,65	<10	74	139	
		2003	17 240	24	0,11	39	173	1,56	17	118	271	
		2004	17950	18	0,11	40	86	0,69	17	67	135	
PONT PINEDE		1999	37539	100,0	0,3	49,2	953,0	2,04	55	637	1573	
		2000	27452	29,1	1,566	63,3	274,0	8,15	46,9	446,0	868,0	
		2001	16 160	26,7	0,33	44	202,2	2,69	31	282	870	
		2002	17 290	31,1	0,33	<20	237	14,79	18	280	977	
		2003	24 330	32	0,44	86	304	8,13	29	449	948	
		2004	23220	30	0,45	85	214	7,75	24	323	722	
BASSIN DE RADOUB		1999	36844	73,0	0,25	46,5	911,9	1,882	52	606	1466	
		2000	35235	64,9	1,932	63,3	1130,0	29,01	50,8	688,0	1232,0	
		2001	31 060	121,3	1,11	75	1573,3	18,28	45	2288	1852	
		2002	29 390	106	1,60	68	2655	19,94	35	935	2121	
		2003	24 800	93	0,78	65	656	57,98	24	902	1133	
		2004	30710	136	3,32	130	1749	21,09	41	1504	3569	
BASSIN D'ARENC		2000	30150	40,0	2,872	245,0	852,0	6,61	70,9	611,0	910,0	
		2001	29 060	29,9	3,45	163	778,7	21,10	56	370	836	
		2002	23 360	31,0	3,92	84	515	12,74	31	308	575	
		2003	20 240	21,0	2,15	148	548	17,62	31	375	780	
		2004	20740	22	2,16	94	325	7,20	27	300	461	
PORT DU FRIOL		1997	19 402	<1	1,55	27,8	88	0,942	17,9	220	490	
		1999	23398	10,7	0,298	17,8	63,2	0,732		113,4	114,5	
		2001	15 550	11,4	0,23	36	94,4	1,49	40	105	174	
		2003	9 720	14	0,17	33	65	0,56	10	93	156	
VIEUX PORT DE MARSEILLE 1		1997	28456	1,95	4,35	65,1	574	18,11	29,1	734	1025	
		1999	29129	27,0	0,245	57,2	471,6	2,02	56	353	1004	
		2001	24 450	22,1	0,65	56	390,6	7,03	41	360	568	
		2003	19 340	35	2,08	94	474	11,58	28	1162	1357	
VIEUX PORT DE MARSEILLE 2		1997	27546	0,91	2,3	51,2	445	8,49	20,9	384	914	
		1999	27744	30,0	0,3	65,0	493,4	3,31	52,7	604	1391	
		2001	26 400	23,0	2,79	89	621,9	10,39	43	693	1278	
		2003	15 570	21	0,57	62	402	8,88	19	377	651	
PORT DE LA POINTE ROUGE 1		1997	15 885	<1	1,20	16,9	514	0,63	9,3	115	329	
		1999	17109	7,5	0,2	22,0	173,8	0,528	51	95,8	205,7	
		2001	10 200	8,3	0,43	30	207,1	0,55	27	215	161	
		2003	4 100	8	<0,05	21	167	0,26	5	75	131	
PORT DE LA POINTE ROUGE 2		1997	16 235	0,59	1,35	29,3	161	0,72	11,5	126	538	
		1999	22793	12,8	0,298	58,5	217,2	0,612	61	199,8	271,1	
		2001	14 170	12,0	0,42	36	353,7	0,67	37	121	301	
		2003	7 670	11	0,05	45	165	0,54	10	116	184	

RESULTATS DES ANALYSES REPOM 13 ANALYSES DE SEDIMENTS		POLYCHLOROBIPHENYLES						
Ministère des Transports de l'Équipement du Tourisme et de la Mer  service maritime des Bouches-du-Rhône subdivision Eau Environnement marin	ANNEE REPOM							
		CB.28	CB.52	CB.101	CB.118	CB.138	CB.153	CB.180
	Niveaux	µg/Kg sec	µg/Kg sec	µg/Kg sec	µg/Kg sec	µg/Kg sec	µg/Kg sec	µg/Kg sec
	< N1	25	25	50	25	50	50	25
Valeurs seuil de l'arrêté du 14/06/2000	N1<x<N2							
	> N2	50	50	100	50	100	100	50
PORT DE L'ESTAQUE	2000	1,87	5,45	12,61	13,54	24,00	26,30	16,64
	1997							
	2003	2,98	5,65	20,10	24,57	38,12	46,57	28,83
PORT ABRI DE L'ESTAQUE	2000	2,22	14,28	33,09	31,56	46,80	53,03	25,67
	1997							
	2003	4,09	20,44	50,38	55,16	87,86	127,95	67,04
PORT DE SAUMATY	2000	1,69	7,75	16,40	15,08	23,95	24,10	13,66
	1997							
	2003	0,87	2,19	9,18	10,95	17,40	19,17	11,85
BASSIN MIRABEAU	1999	3,81	10,75	35,67	35,95	81,02	80,86	69,89
	2000	2,66	12,62	25,26	32,90	51,56	55,33	31,48
(point 30 Est)	2001	2,08	17,10	42,40	58,27	66,17	65,66	48,35
	2002	5,53	15,98	31,22	33,04	46,04	46,26	34,04
	2003	39,55	76,05	118,71	115,23	160,67	160,40	111,81
	2004	8,79	26,06	64,75	99,30	100,07	101,02	55,66
PONT PINEDE	1999	7,65	66,68	218,88	286,12	550,50	416,33	472,73
	2000	4,56	31,13	71,94	106,25	136,69	127,81	112,16
	2001	6,11	63,17	151,88	135,88	231,00	215,39	154,15
	2002	24,70	112,53	244,42	393,80	494,27	412,45	267,67
	2003	9,55	68,78	174,07	181,66	317,13	332,30	248,48
	2004	6,19	12,90	23,17	21,09	80,85	78,14	59,92
BASSIN DE RADOUB	1999	24,87	206,70	615,63	753,27	1132,96	809,36	755,63
	2000	6,72	52,02	112,74	106,13	161,12	148,93	115,92
	2001	28,12	215,76	336,53	323,05	421,35	411,00	287,85
	2002	27,56	151,16	338,38	578,10	802,30	804,00	384,60
	2003	11,45	106,79	221,48	240,28	338,91	343,83	242,60
	2004	17,00	190,43	380,50	365,18	516,57	452,78	341,86
BASSIN D'ARENC	2000	23,36	63,27	122,56	57,70	123,33	116,66	106,34
	2001	31,74	80,65	135,34	76,77	164,84	213,30	218,83
	2002	26,85	66,00	115,83	98,64	224,59	266,83	196,53
	2003	25,26	79,55	136,13	90,13	232,40	301,48	256,55
	2004	19,58	42,26	99,36	96,10	187,73	219,32	87,33
PORT DU FRIOL	1997							
	1999	0,30	1,10	1,85	2,40	3,25	3,52	2,00
	2001	0,31	1,45	5,21	7,42	8,30	9,68	4,98
	2003	0,59	1,37	2,52	3,65	4,87	6,11	3,09
VIEUX PORT DE MARSEILLE 1	1997							
	1999	2,07	9,55	50,15	50,54	118,98	135,00	187,74
	2001	8,09	39,47	159,89	174,83	275,00	279,27	215,96
	2003	11,33	91,97	223,04	200,30	437,12	525,19	433,36
VIEUX PORT DE MARSEILLE 2	1997							
	1999	5,50	31,19	70,42	147,90	463,64	180,97	190,21
	2001	17,52	82,40	320,37	404,68	636,75	753,90	593,86
	2003	2,97	32,06	92,76	103,78	187,49	214,44	142,07
PORT DE LA POINTE ROUGE 1	1997							
	1999	0,69	2,12	5,00	4,52	7,56	8,80	5,07
	2001	0,47	1,38	3,78	4,32	6,21	7,59	4,32
	2003	2,60	6,06	6,88	8,05	9,82	11,73	7,84
PORT DE LA POINTE ROUGE 2	1997							
	1999	1,69	3,93	9,64	9,89	16,08	19,97	12,19
	2001	0,41	1,82	6,04	7,50	12,02	13,65	8,25
	2003	0,91	5,45	8,86	9,20	14,17	18,03	10,58

Règles d'utilisation des données acquises par la CQEL du Service Maritime des Bouches-du-Rhône

Les données détenues par la CQEL qui vous ont été transmises ont été acquises sur financement du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

Leur utilisation est soumise aux conditions suivantes :

1) Non-revente des données source

L'exploitation commerciale des données n'est autorisée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Direction de l'Eau) qu'à la stricte condition que l'utilisateur y apporte une valeur ajoutée.

Les données brutes transmises ne peuvent pas faire l'objet d'une utilisation à des fins commerciales (facturation de résultats)

2) Citer la source

L'utilisateur doit indiquer d'une manière visible l'origine des données en portant la mention suivante :

CQEL 13- Service Maritime des Bouches-du-Rhône / « Nom du réseau » – Ministère de l'écologie et du développement durable (direction de l'eau) »

3) Responsabilité

Les données fournies sont des indications dont l'utilisateur fait un usage sous sa seule responsabilité. La responsabilité de la CQEL et du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Direction de l'Eau), si elle devait être engagée, ne pourrait trouver sa cause que dans une faute lourde sauf faute volontaire et la réparation ne saurait comprendre que les dommages directs à l'exclusion expresse des dommages immatériels

Le Chef de la Subdivision
Eau Environnement Marin

M-C BERTRANDY

Annexe 4. Contaminants émergents

ETUDE DU REJET DE LA STATION D'EPURATION DE MARSEILLE DANS LA CALANQUE DE CORTIOU – CAS DES ALKYLPHENOL-POLYETHOXYLES

H. Budzinski, A. Togola, S. Lardy

*Laboratoire de Physico- et Toxico-Chimie des Systèmes Naturels (LPTC) - UMR 5472 CNRS
351 crs de la Libération, Université Bordeaux I, 33405 TALENCE*

CONTEXTE DE L'ETUDE

Les agents tensioactifs ou surfactants sont parmi les molécules chimiques les plus synthétisées dans le monde. Ils sont utilisés depuis les années 1950, comme détergents, émulsifiants, agents antifongiques, adjuvants, etc.... Ils sont caractérisés par leur caractère amphiphile (queue hydrophile et tête hydrophobe). On considère 4 grandes classes : les surfactants anioniques, qui représentent 55 % des surfactants produits annuellement dans le monde, les plus connus étant les alkylbenzène sulfonates (LAS), les surfactants cationiques de type ammonium quaternaire, les surfactants amphotères de type aminoacides, bétaines ou phospholipides et enfin les surfactants non-ioniques, qui viennent au deuxième rang par ordre d'importance industrielle avec un peu moins de 40 % du total ; leurs principaux représentants étant les alkylphénol-polyéthoxylés.

Dès les années 1980, les premières observations de phénomènes de perturbation endocrinienne chez des organismes aquatiques vivant dans des milieux impactés (fortement anthropisés) ont vu le jour. Les premières études qui ont suivi ont mis en évidence la présence à des concentrations élevées (plusieurs centaines de $\mu\text{g/L}$) des alkylphénol-polyéthoxylés et de leurs métabolites de biodégradation. Depuis leur inscription dans la liste des 33 substances prioritaires de la Directive européenne Cadre-Eau, les alkylphénol-polyéthoxylés et plus particulièrement les nonylphénols, le 4-(para)-nonylphénol, les octylphénols et le para-tert-octylphénol font l'objet de nombreuses études toxicologiques et écotoxicologiques.

En France, peu d'études ont été conduites sur ces composés dans les milieux aquatiques, de telle sorte qu'il y a un réel manque de connaissances quant à d'une part l'état de contamination des milieux aquatiques par les composés alkylphénoliques et d'autre part l'exposition des organismes à ces composés. Cette étude de la contamination par les alkylphénol-polyéthoxylés présente donc une approche innovante en matière d'étude de contamination, au sens large, des systèmes aquatiques. Il s'agissait de dresser un bilan de la contamination par les alkylphénol-polyéthoxylés des rejets de la station d'épuration de Marseille.

Les alkylphénol-polyéthoxylés (APnEO) sont des composés chimiques d'origine anthropique, uniquement. L'élément de base de la molécule est un noyau phénolique sur lequel est substitué un radical alkyle. La molécule comprend un nombre variable de groupes éthoxylés ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$) (Figure 1).

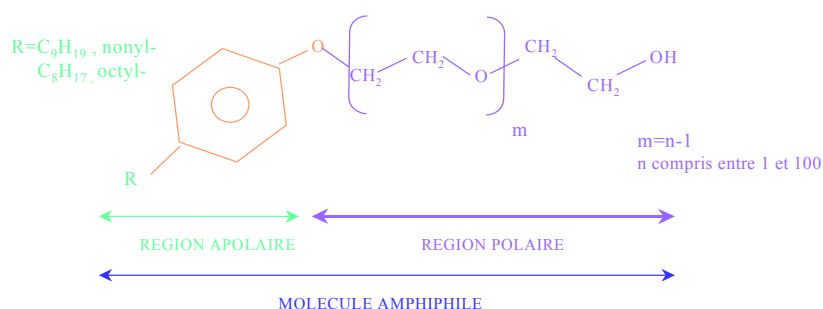


Figure 1 : Schéma d'une molécule d'alkylphénol-polyéthoxylé.

Les APnEO sont employés dans des domaines d'application très larges en tant que détergents, émulsifiants, agents de mouillage et agents dispersants dans des applications industrielles, institutionnelles et domestiques (INERIS, 2004). Ces multiples usages leur offrent autant de portes de dispersion dans l'environnement.

Les phénomènes de dégradation et de transformation biologiques (Ahel et al., 1994) sont importants dans le cas des APnEO. Le mécanisme de biodégradation s'articule selon deux étapes : la biodégradation primaire et la biodégradation ultime.

La biodégradation primaire est un procédé selon lequel la molécule d'APnEO est oxydée et altérée suffisamment pour qu'elle perde ses propriétés de tensioactif. La voie majoritaire de biodégradation est la perte successive de groupements «éthoxy» (White, 1994). En condition anaérobie, les produits de dégradation sont majoritairement des AP1EO et AP2EO (Figure 2). En conditions aérobies, les produits de dégradation sont des acides alkylphénoxypolyéthoxyacétiques (APnEC), plus particulièrement AP1EC et AP2EC (Ahel et al., 1994) (Figure 2). L'alkylphénol est, quant à lui, le produit de biodégradation primaire ultime, en condition aérobie et anaérobie (Ahel et al., 1994) (Figure 2).

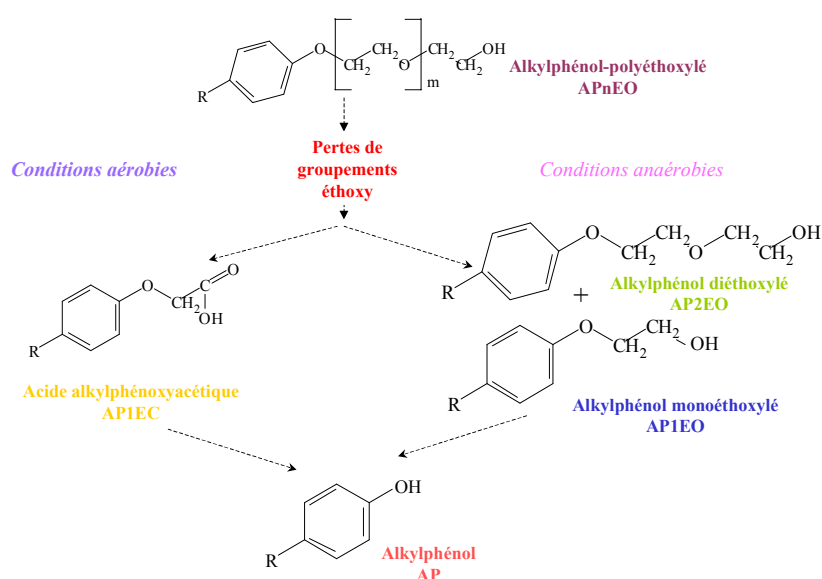
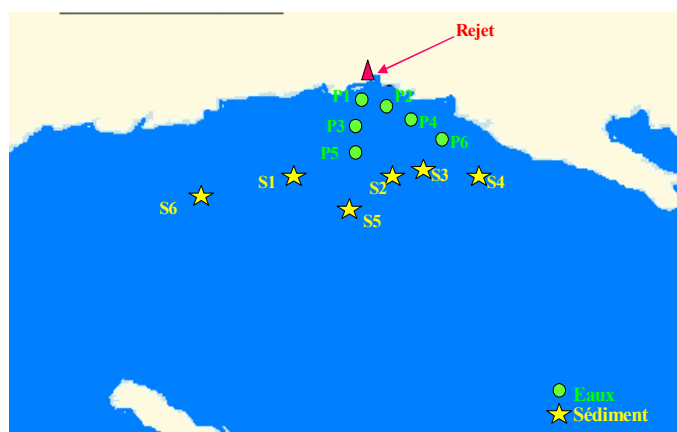


Figure 2 : Schéma de principe du phénomène de biodégradation des APnEO.

La biodégradation ultime est le procédé qui conduit à la conversion complète des molécules en CO₂, H₂O et sels minéraux (Ahel et al., 1994).

CAMPAGNE



Des prélèvements d'eaux (surface, profondeur 0,1m) et de sédiments ont été effectués, en bateau, au niveau du rejet de la station d'épuration de Marseille (Calanque de Cortiou) et au niveau de sa zone de diffusion selon deux panaches : Panache 1 comprenant les points P2, P4, P6 ; et Panache 2 comprenant les points P1, P3 et P5. 6 prélèvements de sédiments (S1 à S6) ont été réalisés en périphérie de la zone à l'aide d'un carottier Reineck (Figure 3).

Figure 3 : La Calanque de Cortiou. Localisation des points de prélèvements.

MOLECULES D'INTERET

De part leur persistance, leur présence dans l'environnement et leur potentiel toxique 4 composés alkylphénoliques ont été sélectionnés (Figure 4).

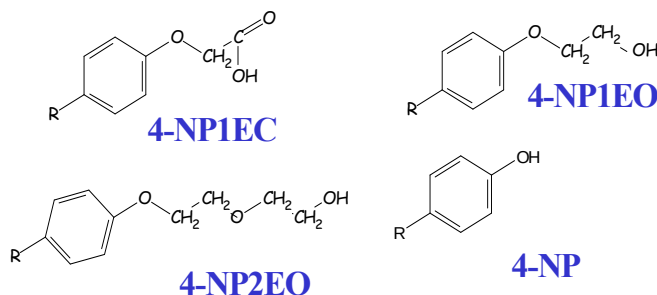


Figure 4 : Molécules d'intérêt.

TRAITEMENT DES ECHANTILLONS D'EAUX NATURELLES

Ce protocole expérimental repose sur la mise en œuvre de différentes techniques de traitement de l'échantillon : extraction, purification et analyse chromatographique.

Chaque analyse comprend non seulement un blanc de protocole qui suit la totalité du protocole d'extraction, de purification et d'injection et qui permet d'assurer la validité des résultats environnementaux produits (mise en évidence de phénomènes de contamination de l'échantillon au cours du protocole d'analyse), mais également un échantillon supplémenté en analytes qui permet de quantifier le rendement de la manipulation (mise en évidence de pertes ou de gains d'analytes).

Les échantillons prélevés sont tout d'abord conditionnés dans des bouteilles de verre préalablement nettoyées puis stockés à 4°C. La filtration, qui doit s'effectuer dans les plus brefs délais afin de limiter les phénomènes de biodégradation qui pourraient se dérouler, se réalise à l'aide d'unités de filtration en Nalgene®, le passage de l'échantillon se fait sur un filtre en fibres de verre (filtres GF-F, diamètre de pores 0,7µm), préalablement calciné (à 450 °C pendant 6 heures) et pesé, sous vide. On isole ainsi la phase dissoute de la phase particulaire.

Le protocole d'extraction de la phase dissoute se déroule par extraction en phase solide SPE (Figure 5). L'extraction en phase solide est une alternative à l'extraction liquide / liquide ; cette technique est rapide, robuste, sélective et économique en solvants. Son principe général est le même que celui de la chromatographie en phase liquide. Il revient à adsorber certaines familles de molécules sur un adsorbant plus ou moins spécifique et à les éluer grâce à un solvant spécifique. Cette étape se déroule sur des cartouches VARIAN BOND ELUT C18, 200mg. La phase adsorbante est une silice greffée C18 (apolaire) qui piège les composés par des liaisons de type Van Der Waals.

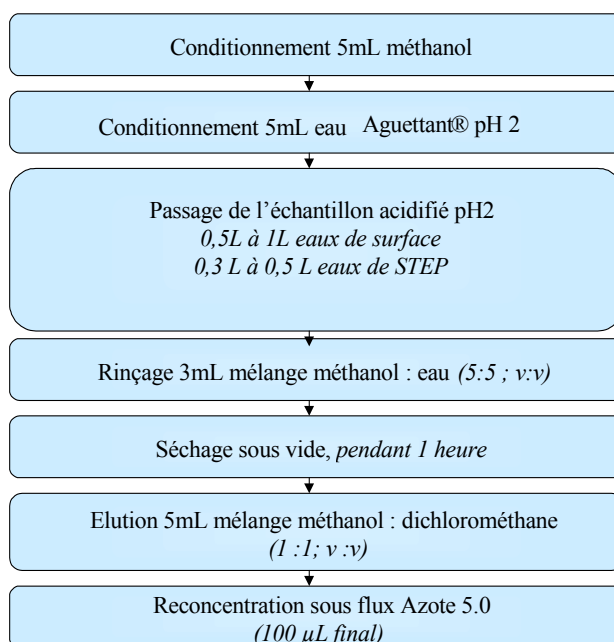


Figure 5 : Protocole d'extraction de la phase dissoute des eaux naturelles.

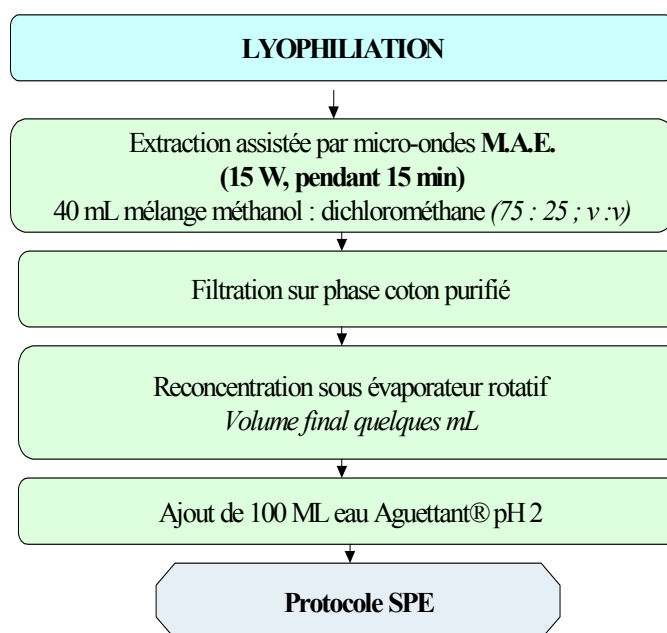


Figure 6 : Protocole complet de traitement d'un échantillon particulaire : préparation de l'échantillon, extraction, purification.

Le protocole d'extraction de la phase particulaire se divise en 4 grandes étapes. Une 1^{ère} étape de lyophilisation qui conduit à la déshydratation de l'échantillon par sublimation. Cette étape est suivie d'une étape d'extraction assistée par micro-ondes dont le principe général est de favoriser le passage des composés adsorbés sur la matrice solide vers un solvant grâce à l'action des micro-ondes. Cette étape est suivie d'une étape de reconcentration sous évaporateur rotatif qui conduit à l'évaporation du solvant sous vide et par chauffage. Enfin une ultime étape dite de purification se déroule par extraction

en phase solide sur cartouche VARIAN BOND ELUT C18 selon le protocole exposé précédemment. L'extrait est ensuite reconcentré, sous flux d'azote, et injecté en LC/ESI/MS.

Les extraits (échantillons reconcentrés dans le méthanol) obtenus sont analysés en chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse, en mode de sélection d'ions.

La quantification s'effectue par une méthode dite d'étalonnage externe qui consiste à préparer des solutions étalons de concentrations connues. A partir des aires (Intensité de la réponse) obtenues, on peut établir une courbe Aire = fonction (Concentration) d'équation générale $Y = aX + b$. La justesse de cette méthode de quantification repose sur l'encadrement des échantillons naturels par les points de la gamme.

RESULTATS ET DISCUSSION

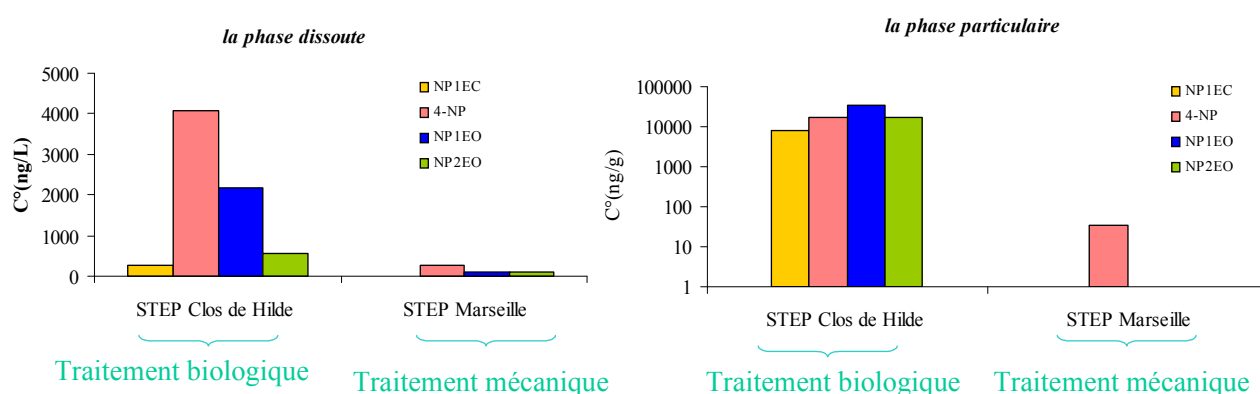


Figure 7 : Caractérisation des profils des rejets des stations d'épuration selon le type de traitement appliqué.

On notera que lorsque les stations d'épuration (c'est le cas de Clos de Hilde une station d'Aquitaine) mettent en œuvre une étape de traitement mécanique combinée à une étape de traitement biologique (boues activées en aération prolongée) le rejet est caractérisé par la présence, majoritairement en phase dissoute, de 4-NP1EC qui est un métabolite issu de la biodégradation aérobie des alkylphénol-polyéthoxylés. Les concentrations dans les rejets sont de l'ordre de plusieurs milliers de ng/L en moyenne à la fois dans la phase dissoute et dans la phase particulaire (Figure 7). Au contraire les stations d'épuration à traitement mécanique uniquement (traitement plus simple) présentent des rejets caractérisés par le 4-NP1EO et le 4-NP2EO qui sont les produits issus de la biodégradation des alkylphénol-polyéthoxylés en conditions anaérobies, dans des concentrations plus faibles de l'ordre de quelques centaines de ng/L. Ceci laisse supposer que ces rejets contiennent une forte proportion de composés alkylphénoliques à longue chaîne éthoxylée qui seront dégradés ultérieurement dans le milieu récepteur. Ces observations sont en accord avec des travaux antérieurs (Ahel et Giger, 1994) et montrent que les phénomènes de biodégradation aérobie sont plus efficaces que les phénomènes de biodégradation anaérobie.

Pour cause de la faible teneur en matière en suspension du milieu marin, les points P1 à P6 n'ont pu faire l'objet d'analyse de la phase particulaire.

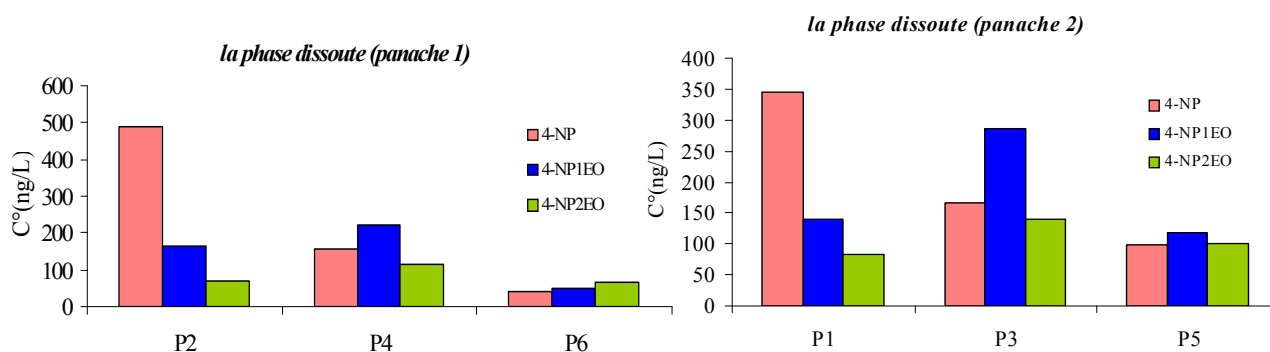


Figure 8 : Concentrations en composés alkylphénoliques, phase dissoute uniquement, au sein de 2 panaches de diffusion ;

La Figure 8 montre les concentrations en composés alkylphénoliques en ng/L, dans la phase dissoute, au sein de chacun des 2 panaches. On constate une dissymétrie de contamination entre les 2 panaches, le panache 1 étant plus chargé que le panache 2 avec des concentrations maximums supérieures d'un facteur 2. On note que pour chacun des panaches les points intermédiaires P2 et P5 présentent les concentrations maximums. Ces tendances laissent penser qu'une fois introduits dans le milieu récepteur (via le rejet) les composés alkylphénoliques poursuivent leur biodégradation, par voie anaérobie puis que des phénomènes de dilution (diminution des concentrations pour les points P5 et P6) se déroulent en fonction des courants dominants.

La Figure 9 présente les concentrations en composés alkylphénoliques dans les sédiments exprimées en ng/g de poids sec. On note que le 4-NP, métabolite le plus lipophile, est le composé majoritaire dans la phase sédimentaire avec des concentrations comprises entre une centaine de ng/g (S6, S4) à près de 900 ng/g (S5), devant le 4-NP1EO dont les concentrations sont de l'ordre de 200 ng/g. On observe que les points présentant les concentrations les plus élevées (S2 et S5) se situent dans l'axe direct du rejet de la Station d'épuration.

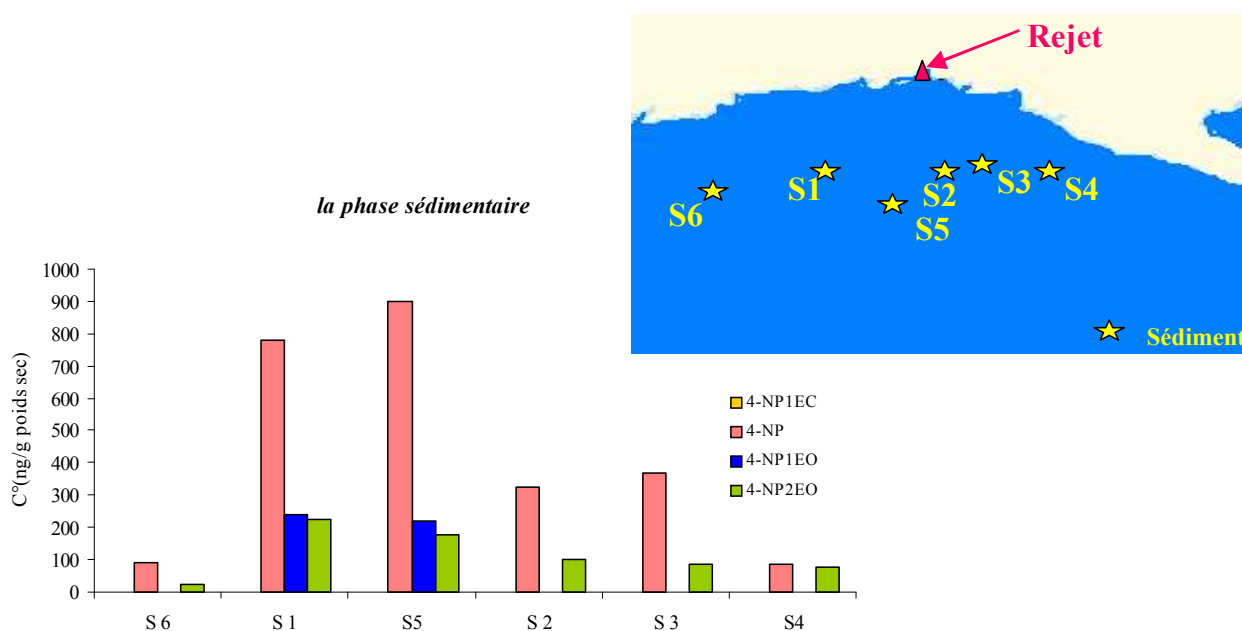


Figure 9 : Concentrations en composés alkylphénoliques dans les sédiments de la zone périphérique du rejet de la STEP de Marseille

Le rapport PEC/PNEC dans les eaux pour le 4-NP, en considérant le $PNEC_{\text{aqua}}$ d'eau de mer à savoir 33 ng/L, est proche et même supérieur à 1 dans les panaches de diffusion de la STEP, ce qui laisse supposer que des effets toxiques sont susceptibles de se dérouler au sein de la calanque de Cortiou. Cependant, on remarque que ces valeurs diminuent rapidement pour se rapprocher d'un rapport égal à 1, ce qui laisse supposer que la zone de risque toxique potentiel est limitée à la zone de rejet de la STEP de Marseille (Figure 10). Si l'on considère les risques toxiques associés aux sédiments, on constate que des effets toxiques peuvent se dérouler mais que ces risques sont également limités à la zone d'influence directe du rejet de la STEP de Marseille.

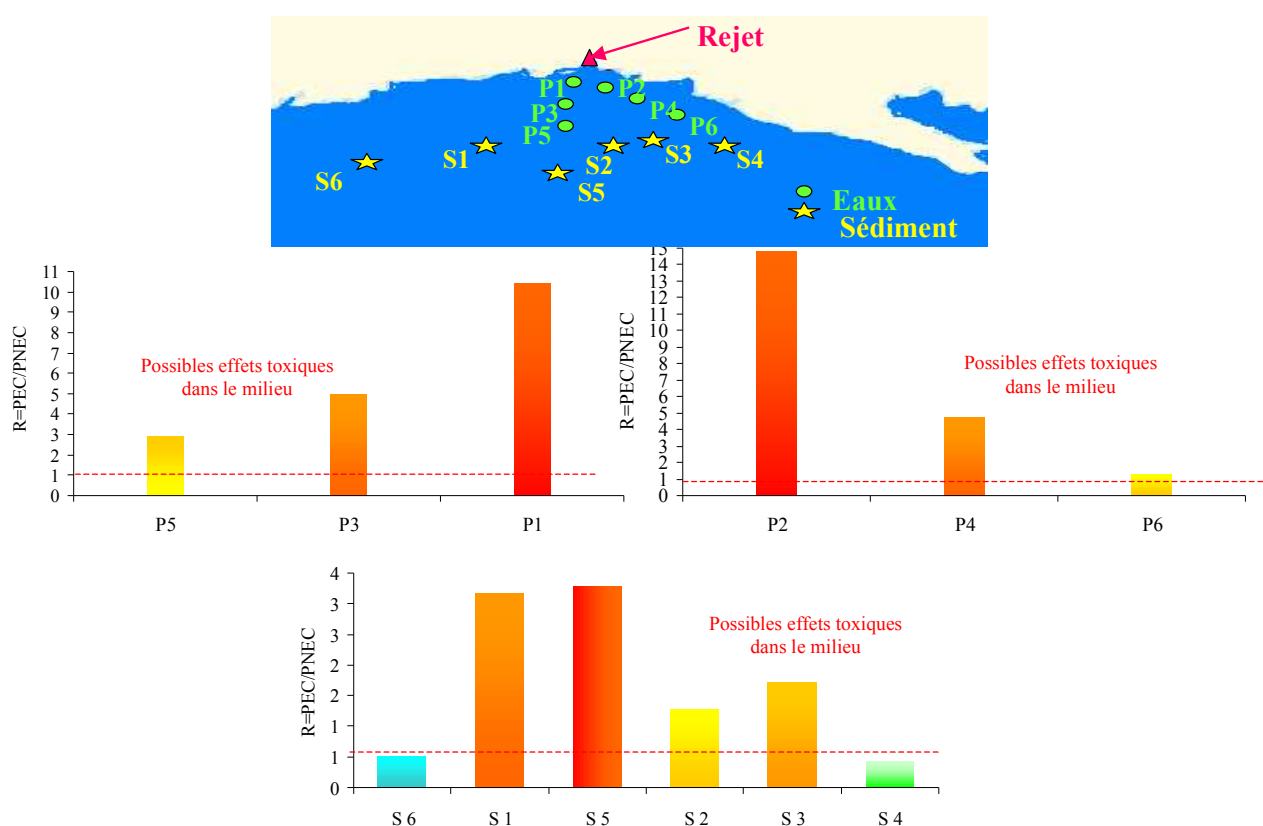


Figure 10 : Etude de risques potentiels au niveau de la Calanque de Cortiou dans la phase aqueuse et dans la phase sédimentaire.

REFERENCES

Ahel M., Giger W., Schaffner C. (1994)

Behaviour of alkylphenol polyethoxylate surfactants in the aquatic environment – I. Occurrence and transformation in sewage treatment. *Water Research*, 28, 1143-1152.

INERIS (2004)

Les substances prioritaires de la Directive Cadre-Eau. Fiche de données technico-économiques. Rapport Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 53-72.

White R., Jobling S., Hoare S. A., Sumpter J. P., Parker M. G. (1994)

Environmentally persistent alkylphenolic compounds are estrogenic. *Endocrinology*, 135, 175-182.

ETUDE DU REJET DE LA STATION D'EPURATION DE MARSEILLE DANS LA CALANQUE DE CORTIOU – CAS DES SUBSTANCES PHARMACEUTIQUES

H. Budzinski, A. Togola, S. Lardy

*Laboratoire de Physico- et Toxicochimie des Systèmes Naturels (LPTC) - UMR 5472 CNRS
351 crs de la Libération
Université Bordeaux I
33405 TALENCE*

1- Composés étudiés

Anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS)

C'est la classe la plus fortement représentée étant donnée leur forte consommation (souvent sans prescription médicale) et leur grande variabilité au niveau de leurs propriétés physico-chimiques, de leur dégradabilité... Les structures chimiques des 6 composés retenus sont présentées Figure 1 : le paracétamol (PARA, Doliprane®, Efferalgan®), l'ibuprofène (IBU, Advil®), le naproxène (NAP, Apranax®), le diclofénac (DICLO, Voltarène®) et l'aspirine (ASP, Aspégic®).

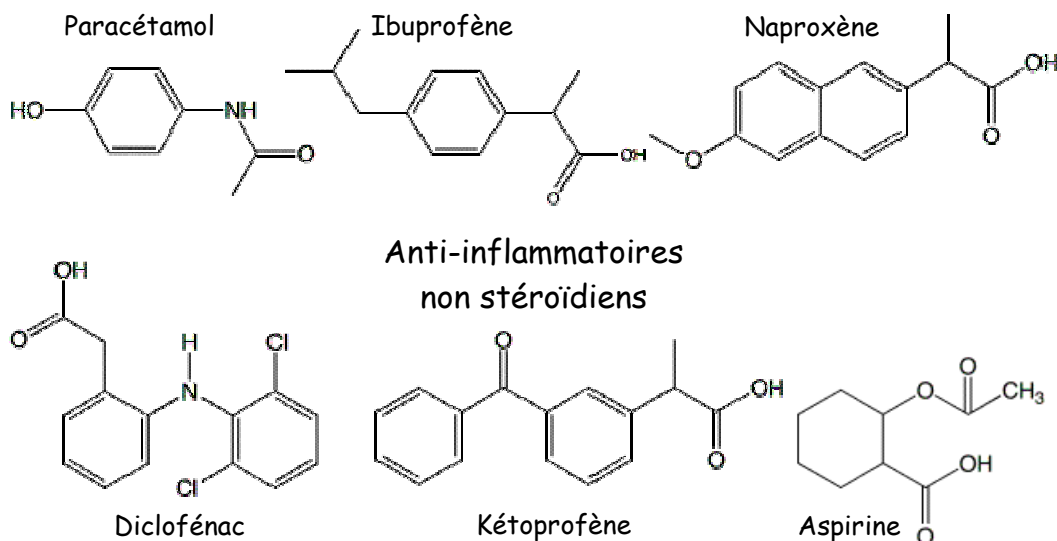


Figure 1 : Structure chimique des AINS.

Antidépresseurs

7 composés ont été étudiés parmi les nombreux antidépresseurs sur le marché (Figure 2). L'imipramine (IMIP, Tofranyl®), l'amitryptiline (AMI, Laroxyl®) et la doxépine (DOX, Quitaxon®) appartiennent à la classe chimique des composés imipraminiques tricycliques. Tous les composés de cette famille sont des dérivés de l'imipramine (dibenzoazépines). La carbamazépine (CBZ, Tégrétol®), aussi de la classe des dibenzoazépines a été dans un premier temps utilisée comme antidépresseur pour soigner les troubles bipolaires, en alternative au lithium. Ses usages principaux actuellement concernent son action anti-convulsivant (soin des épileptiques) et antinévralgique (névralgie faciale).

La fluoxétine (FLUOX, Prozac®), le diazépam (DZP, Valium®) et le nordiazépam (NDZP, Nordaz®) sont des antidépresseurs aux propriétés anxiolytiques, psycholeptiques et myorelaxantes.

Les ISRS (Inhibiteurs Sélectifs de la Recapture de la Sérotonine) ont montré une toxicité sur les organismes aquatiques, avec des effets sur la reproduction dès de faibles concentrations, de l'ordre de la dizaine de ng/L (Foran *et al.*, 2004). La carbamazépine est l'un des composés les plus fréquemment mesurés dans les écosystèmes aquatiques aussi bien dans les effluents que dans les eaux de boisson. Sa forte rémanence et sa résistance aux traitements d'épuration en font un composé essentiel à étudier.

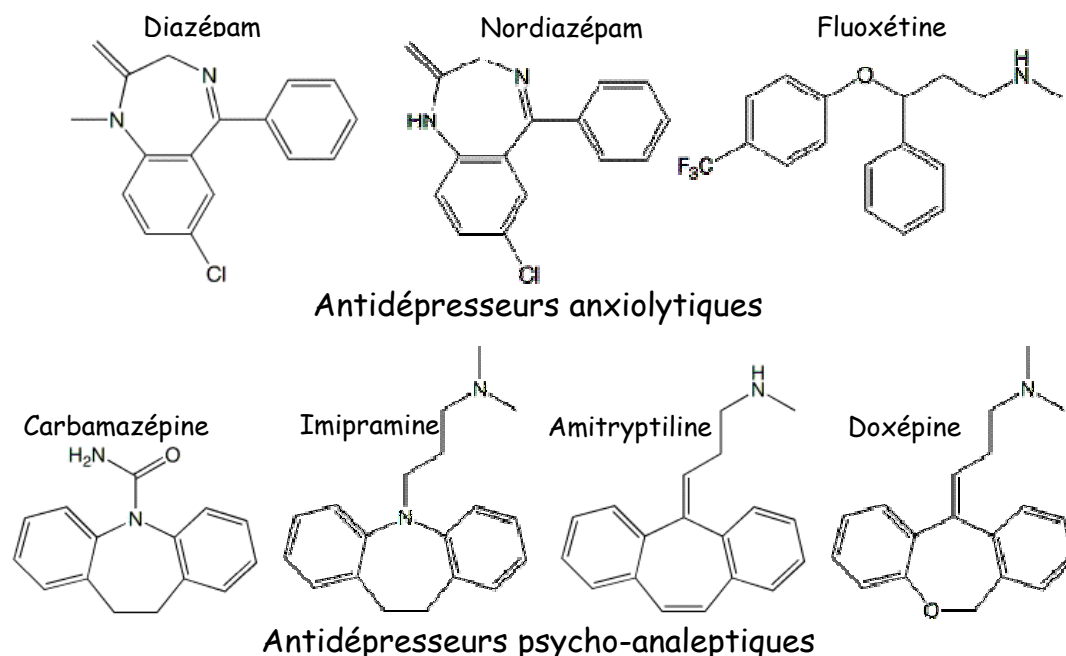


Figure 2 : Structures chimiques des antidépresseurs.

Les hypolipémiants

Parmi les hypolipémiants de la famille des fibrates, le gemfibrozil (GEMF, Lipur®) est l'un des composés les plus utilisés (Figure 3). Les hypolipémiants sont reconnus pour avoir une toxicité forte même à de faibles doses, correspondant aux doses efficaces. Certains d'entre eux ont d'ailleurs du être retirés du marché français comme la cérivastatine (famille des statines) en 2002 (laboratoire Bayer, Ataltor®, Cholstat®), et le clofibrate (Lipavlon®, laboratoire Astrazeneca) en 1999.

Le gemfibrozil a montré une capacité de bioaccumulation et un effet sur les stéroïdes hormonaux chez le poisson rouge (Mimeault *et al.*, 2005) et une hépatotoxicité chez le rat (Sausen *et al.*, 1995).

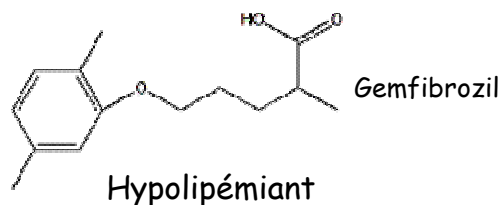


Figure 3 : Structure chimique des composés étudiés

Les bronchodilatateurs

Le salbutamol (SALB) et la terbutaline (TERB) (Figure 4) ont été retrouvés dans les effluents de stations d'épuration aux Etats-Unis à des concentrations de respectivement 0,029 et 0,017 µg/L (Kolpin *et al.*, 2004).

Aux Etats-Unis, le salbutamol est le 11^{ème} composé pharmaceutique le plus consommé en 2005 (<http://www.rxlist.com/top200a.htm>).

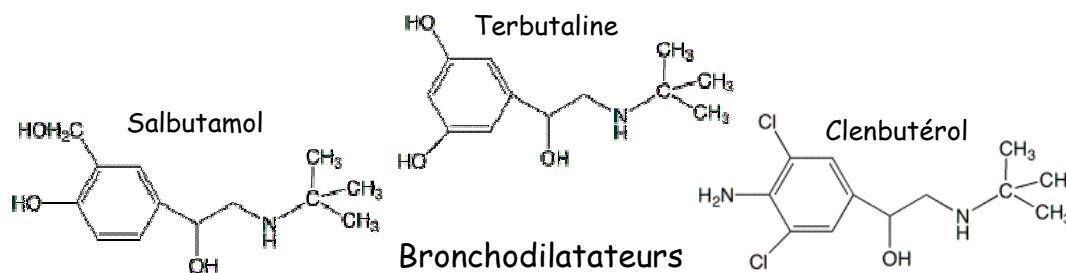


Figure 4 : Structure chimique des bronchodilatateurs.

Les autres composés

La caféine (CAF) (Figure 5) est utilisée en tant que psychotonique et analeptique cardiaque et respiratoire. On va la retrouver soit seule, soit le plus souvent associée à d'autres composés comme le paracétamol et le dextropropoxyphène, pour le traitement des migraines aiguës. Néanmoins, la principale consommation de caféine provient de la consommation de boissons : café, mais aussi thé, chocolat, cola...

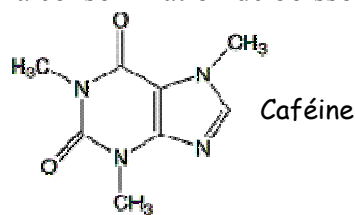


Figure 5 : Structure chimique de la caféine.

2- Site d'études

La station d'épuration de Marseille, créée en 1987 est l'unique station drainant toute la communauté urbaine de Marseille, assurant actuellement le traitement de 1 300 000 équivalents habitants. Cette installation, qui ne possède pas de traitement biologique a, compte tenu des avancées technologiques depuis sa construction, un mode de fonctionnement dépassé. Le rejet de cette station se fait par l'intermédiaire d'un émissaire ouvert sur la mer Méditerranée dans la Calanque de Cortiou (Figure 6).

La campagne de prélèvements a eu lieu en novembre 2004, sur l'Europe, bateau océanographique côtier de l'Ifremer.

Des prélèvements d'eau de surface ont été effectués autour de la zone de rejet. Dans la même zone, légèrement élargie, des sédiments ont été prélevés par carottage à l'aide d'une benne Shippeck, permettant de conserver l'intégrité du sédiment de surface.

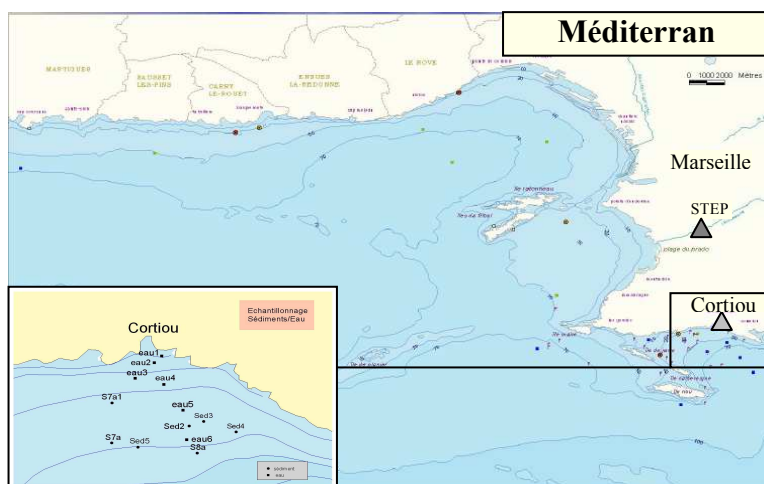


Figure 6 : Localisation de la calanque de Cortiou et des sites de prélèvements (SED, EAU).

3- Méthodes de prélèvements

L'échantillonnage d'eau a été effectué à bord du zodiac due l'Europe, directement dans des bouteilles de verre ambrées, préalablement calcinées (450°C, 6h). L'eau brute est prélevée et traitée dans les 48 h suivant l'échantillonnage. La filtration se fait sur des filtres en fibre de verre GF-F, de diamètre de pore 0,7 μ m, préalablement calcinés (450°C, 6h). Pour éviter toute dégradation, les échantillons sont filtrés et extraits au plus vite, généralement dans les 48 h suivant le prélèvement. Concernant les sédiments, ils ont été prélevés par carottage (benne Shipeck, utilisée pour les zones de faible fond).

4- Quantification des substances pharmaceutiques

Echantillons d'eau par Extraction en Phase Solide (SPE)

Dans le cas de l'extraction en phase solide, l'extraction est effectuée sur la phase dissoute. Les échantillons d'eau sont donc dans un premier temps filtrés sur des filtres en fibres de verre (diamètre de pores 0,7 μ m) préalablement calcinés (450 °C, 6 h). L'échantillon d'eau est acidifié à pH 2 et les étalons internes sont ajoutés gravimétriquement à l'échantillon. Le conditionnement des cartouches (OASIS MCX) se fait par deux éluutions, successivement 3 mL d'un mélange acétate d'éthyle : acétone (50:50; v:v), puis 3 mL d'eau osmosée à pH 2. Suite à ce conditionnement, l'échantillon est déposé sur les cartouches par aspiration sur cuve VACelut®, à un débit compris entre 12 et 18 mL par min. Le séchage s'effectue sous vide pendant 1 h afin d'éliminer toutes les traces d'eau sur la cartouche. L'élution des composés d'intérêt se fait par trois éluutions successives : dans un premier temps 3 mL d'acétate d'éthyle, puis 3 mL du mélange d'acétate d'éthyle : acétone (50:50; v:v), suivis de 3 mL du mélange acétate d'éthyle : acétone : NH₄OH (49:49:2; v:v:v). Cet éluât final est ensuite évaporé à sec et repris dans 50 à 100 μ L l'acétate d'éthyle. L'étalon seringue est ajouté à l'extrait final pour injection.

Echantillons "matrices solides"

Sont considérés comme matrices solides les sédiments ainsi que les particules dissociées de la phase dissoute par filtration. Tous ces échantillons solides vont subir une étape de lyophilisation qui va permettre de connaître le poids sec de chaque échantillon, et de pouvoir ainsi les comparer entre eux, sans être gênés par le biais de leur taux d'humidité, parfois très variable. Les échantillons de

sédiments sont ensuite tamisés (tamis de 2mm) afin d'éliminer les cailloux, coquilles et autres débris indésirables. Le protocole d'extraction des matrices solides comprend plusieurs étapes, présentées Figure 7. Pour ce protocole, les étalons internes sont ajoutés gravimétriquement lors de l'étape de pesée de la matrice.

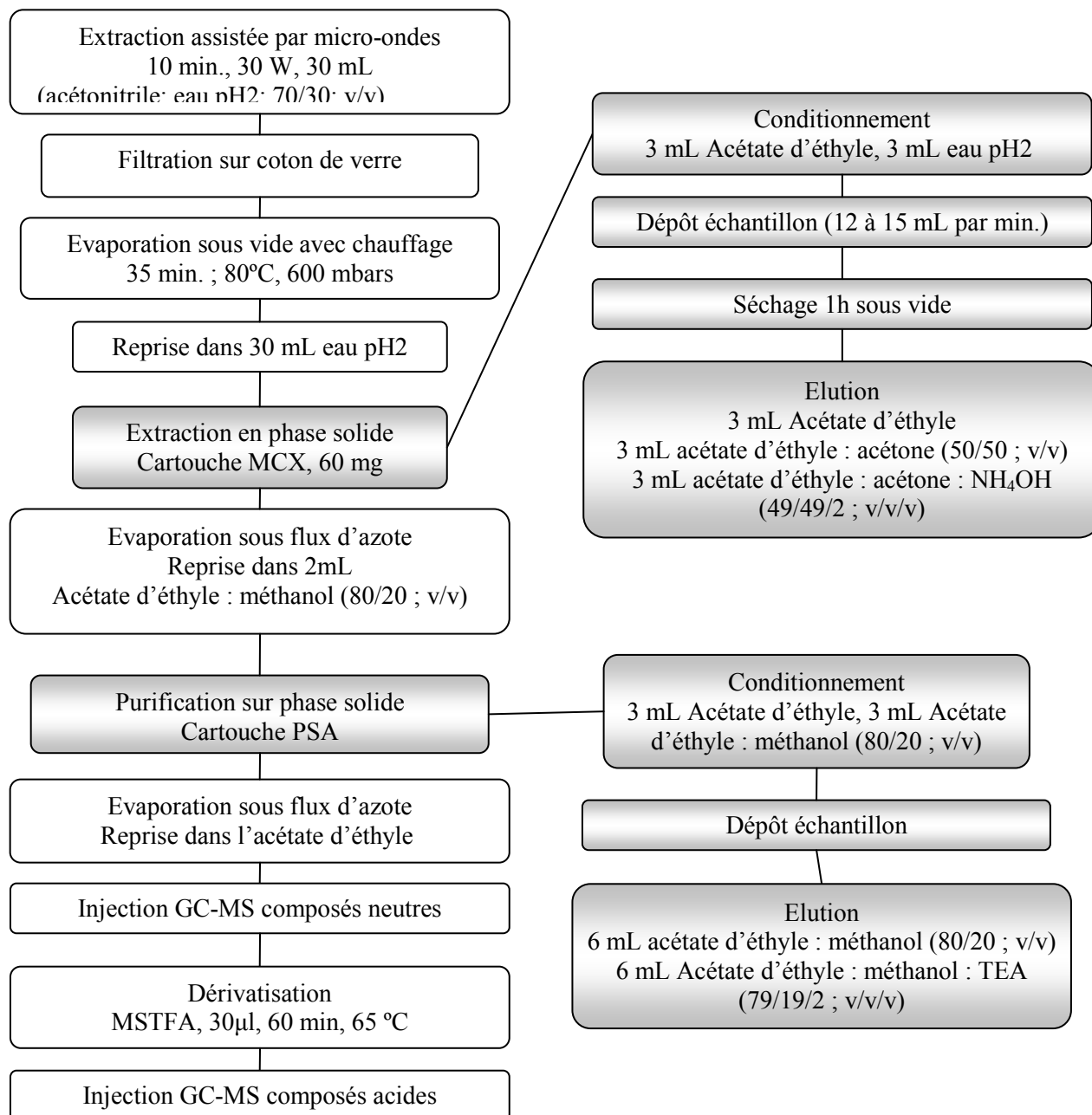


Figure 7 : Protocole d'extraction des matrices solides.

Analyses des composés pharmaceutiques par GC/MS

Les composés sont dosés par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Un double système d'étalonnage a été mis en place : un premier niveau, avant l'étape d'extraction (étalons internes deutérés), permet de quantifier les composés présents dans l'échantillon. A un second niveau, juste avant l'analyse GC/MS, permet de quantifier les étalons internes deutérés préalablement introduit, et ainsi de valider l'étape d'extraction pour chaque échantillon. La méthode

GC-MS est détaillée dans l'annexe 1. Les composés sont analysés par deux analyses GC-MS consécutives. La première, permettant le dosage des composés neutres, s'effectue après l'ajout du premier étalon seringue. La deuxième analyse GC-MS est précédée d'une étape de dérivation (30 L de MSTFA, 65°C, 30 min) après ajout d'un deuxième étalon seringue.

5- Résultats

Les tableaux de données brutes sont présentées dans les annexes 2 (données phase dissoute), 3 (données phase particulaire) et 4 (données sédiment).

A - CONTAMINATION DE LA PHASE DISSOUE :

Niveaux de concentrations :

Les concentrations mesurées dans la calanque de Cortiou sont globalement très élevées, avec cependant une gamme de variation très importante selon les composés. Les anti-inflammatoires non stéroïdiens (Aspirine, diclofénac, naproxène, ibuprofène et kétoprofène), le paracétamol et la caféine sont présents à de très fortes concentrations, de l'ordre du $\mu\text{g/L}$ (Figure 8). Pour le paracétamol, ces concentrations vont jusqu'à 250 $\mu\text{g/L}$.

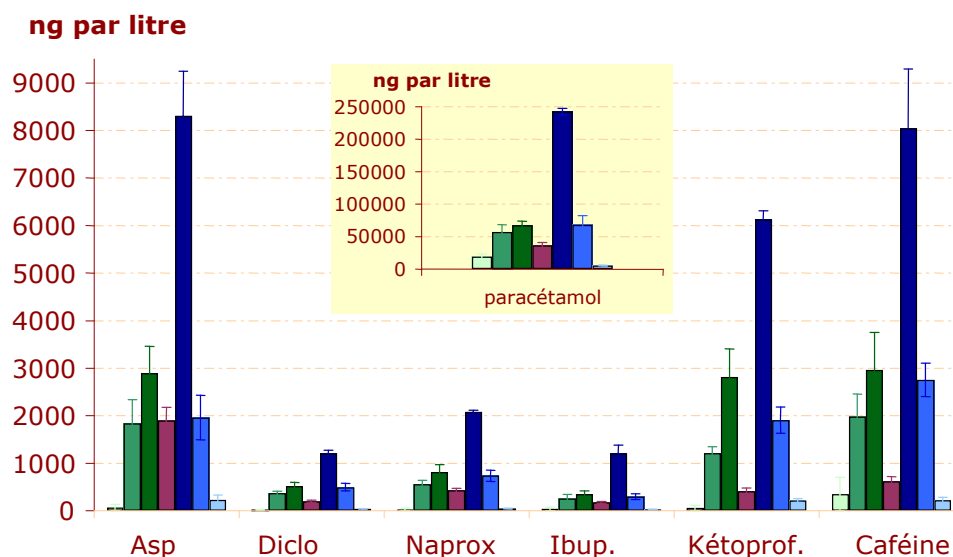


Figure 8 : Concentrations en anti-inflammatoires dans la calanque de Cortiou.

Pour les antidépresseurs (amitriptiline, diazépam, nordiazépam, carbamazépine) et l'hypolipémiant, le gemfibrozil, les concentrations sont plus faibles, de l'ordre de la dizaine de ng/L, mais ces niveaux sont plus élevés que ceux présentés dans les publications, même pour des rejets de stations d'épuration, hormis pour la carbamazépine, parfois mesurées jusqu'à 6 $\mu\text{g/L}$ (Ternes et al., 1998) (Figure 9). Ces niveaux de concentrations sont représentatifs de la consommation de chaque composé : la caféine provient majoritairement de la consommation de boissons (Tableau 1), les anti-inflammatoires et autres antipyrétiques sont des composés fortement utilisés, sans prescription médicale et avec des prises journalières comprises entre 100 et 6000 mg. Par opposition, les antidépresseurs et les hypolipémiants sont des composés moins consommés quantitativement, car d'usage moins répandu, avec

prescription médicale et avec des prises beaucoup moins importantes (de l'ordre de 10 à 1000 mg par jour).

La contamination de la Calanque de Cortiou ne semble pas affectée par la dégradation des composés dans la station d'épuration. Les composés les plus dégradables dans les stations (aspirine, ibuprofène, caféine) sont aussi présents que les composés beaucoup plus persistents (diclofénac, kétoprofène...). Le paracétamol par exemple est un composé très sensible aux traitements des stations d'épuration, montrant un abattement généralement supérieur à 95 % en présence d'un traitement secondaire biologique (Joss et al., 2006).

L'absence de ce type de traitement sur la station d'épuration de Marseille ainsi que sa capacité de traitement très importante explique les fortes teneurs mesurées.

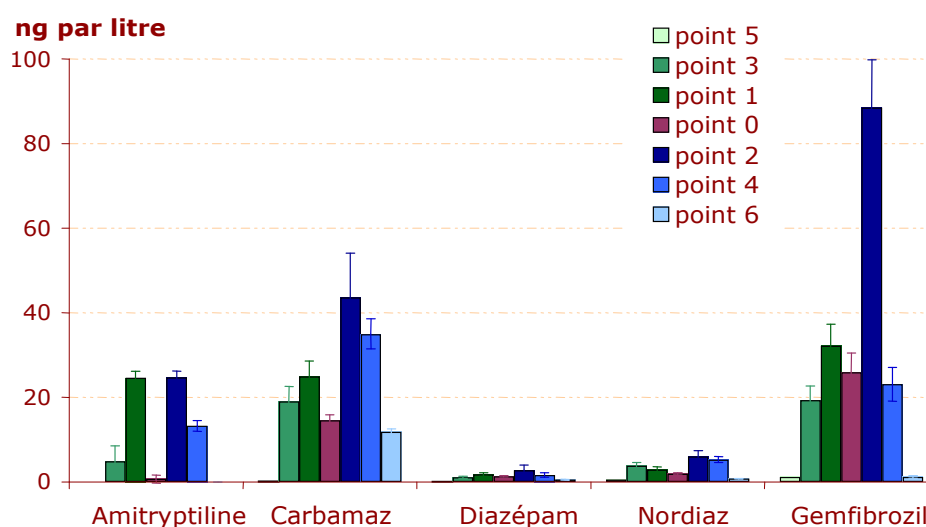


Figure 9 : Concentrations en antidépresseurs et hypolipémiant dans la calanque de Cortiou.

Type	Quantité	Quantité de caféine
Café	1 tasse	100- 150 mg
Café décaféiné	1 tasse	1 - 5 mg
Thé	1 tasse	60 - 70 mg
Cola	1 boîte (33 cl)	40 - 50 mg
Médicament	1 comprimé	200 – 400 mg

Tableau 1 : Quantité de caféine par type de consommation.

Répartition dans l'aire d'étude :

La zone d'étude s'est limitée à une aire proche de l'émissaire, dans le panache de dilution du rejet. La présence des îles à proximité de l'émissaire en font une zone protégée, peu soumise aux vents et aux forts courants, qui pourraient entraîner une dilution plus rapide du rejet. Dans des investigations futures, il serait intéressant d'élargir la zone d'étude pour établir la limite d'influence de ce rejet.

B- CONTAMINATION DE LA PHASE PARTICULAIRE :

La concentration dans la phase particulaire a été mesurée sur l'ensemble des points de prélèvement. La concentration des particules en composés pharmaceutiques, de l'ordre plusieurs centaines de ng/g (Figure 9), semble relativement élevée, même s'il n'existe pas de données extérieures aux mesures effectuées au laboratoire sur ce type d'échantillons.

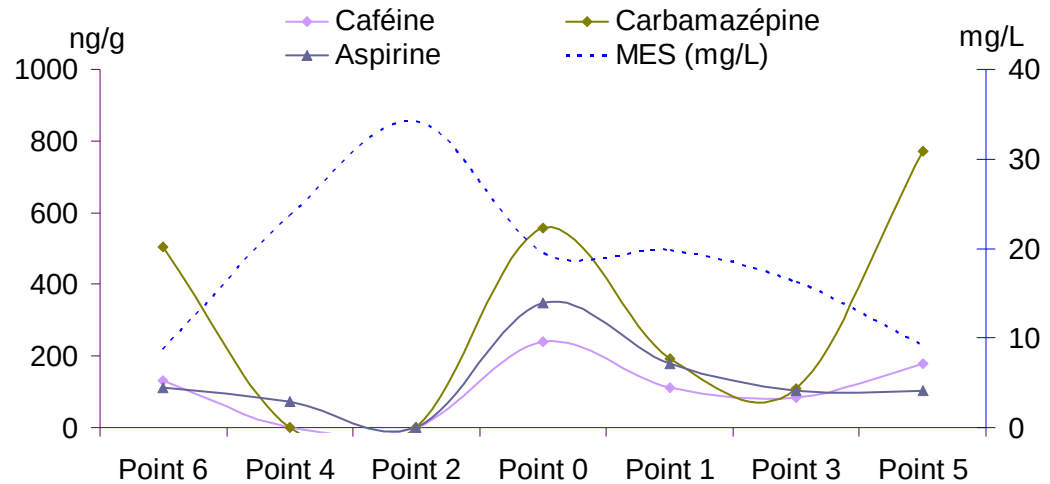


Figure 9 : Concentrations exprimées en ng par gramme de particules.

Cette même concentration ramenée en ng par litre d'eau devient quasiment négligeable, compte-tenu de la faible teneur en particules des eaux de la Calanque, de l'ordre de quelques ng par litre (Figure 10).

Dans le cas de la calanque de Cortiou, la phase particulaire ne joue pas un rôle prépondérant dans le niveau global de contamination. Néanmoins, elle peut jouer un rôle dans la dissémination de la pollution et dans la contamination des organismes aquatiques.

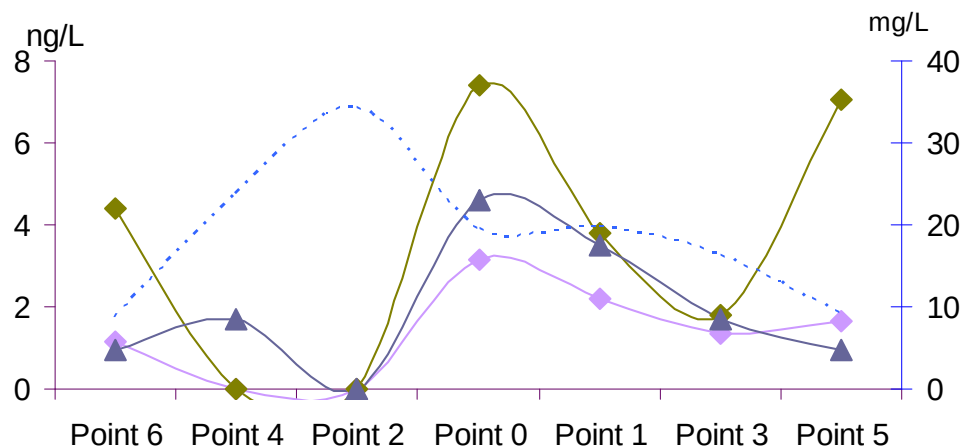


Figure 10 : Concentrations exprimées en ng par litre d'eau.

C- CONTAMINATION DU COMPARTIMENT SEDIMENTAIRE :

La complexité de cette matrice, possédant une très forte teneur en matière organique (émise par la station d'épuration), rend difficile l'analyse, avec l'apparition de nombreux interférents et une augmentation de la limite de détection. Seuls quelques composés ont été détectés dans les sédiments : la caféine, l'aspirine et la carbamazépine, composés présents dans la phase particulaire. La carbamazépine, composé très persistant dans l'environnement et la caféine, l'aspirine et le kétoprofène présents à de forte teneur dans l'effluent sont les composés majoritairement retrouvés. Malgré sa présence dans l'effluent, le paracétamol n'est pas retrouvé dans les sédiments. Les phénomènes de biodégradation dans le milieu naturel, sa faible hydrophobicité et les difficultés de dosage de ce composé dans les matrices complexes, peuvent expliquer ce phénomène.

6- Conclusion et perspectives

La contamination de la calanque de Cortiou en substances pharmaceutiques est avérée, même si des études complémentaires seraient nécessaires afin d'évaluer la réelle influence de la station en différentes conditions. En effet, la variabilité des apports (Castiglioni *et al.*, 2006), des conditions climatiques (affectant le fonctionnement de la station d'épuration) (Tauxe-Wuersch *et al.*, 2005), peuvent faire varier considérablement l'impact de l'émissaire sur la zone côtière. La prédominance de la phase dissoute sur la phase particulaire a été de nouveau mise en évidence. Même si peu d'études concernent à l'heure actuelle ce compartiment particulaire, son rôle dans la dissémination de la pollution et dans la potentielle contamination des organismes biologiques n'est pas à exclure et demande à être étudié plus spécifiquement.

Concernant le compartiment sédimentaire, une étude plus approfondie de ce compartiment complexe, important dans l'étude du devenir biogéochimique des composés pharmaceutiques dans les écosystèmes aquatiques, pourra être envisagée pour les études ultérieures. De même, la composante biologique n'a pas été évaluée. Compte-tenu de la fragilité du biota des écosystèmes côtiers, il serait intéressant d'évaluer l'exposition des organismes biologiques à cet effluent.

La future rénovation et amélioration du système d'épuration de la ville de Marseille devraient apporter des solutions à la contamination établie de la calanque de Cortiou. Un suivi lors de la mise en œuvre de ce nouveau système permettrait d'étudier la réhabilitation du milieu.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Castiglioni, S., Bagnati, R., Fanelli, R., Pomati, F., Calamari, D. et Zuccato, E.: Removal of Pharmaceuticals in Sewage Treatment Plants in Italy. 2006. *Environ. Sci. Technol.* 40(1), p 357-363.
- Foran, C.M., Weston, J., Slattery, M., Brooks, B.W. et Duane, B.H. (2004). Reproductive assessment of Japanese Medaka (*Oryzias latipes*) following a four-week fluoxetine (SSRI) exposure. *Arch. Environ. Contam. Toxicol* 46(4), p 511-517.
- Joss, A., Keller, E., Alder, A.C., Gobel, A., McArdell, C.S., Ternes, T. et Siegrist, H.: Removal of pharmaceuticals and fragrances in biological wastewater treatment. 2005. *Water Research* 39(14), p 3139-3152.
- Kolpin, D.W., Skopec, M., Meyer, M.T., Furlong, E.T. et Zaugg, S.D. (2004). Urban contribution of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants to streams during differing flow conditions. *Science of The Total Environment* 328(1-3), p 119-130.
- Mimeault, C., Woodhouse, A.J., Miao, X.-S., Metcalfe, C.D., Moon, T.W. et Trudeau, V.L. (2005). The human lipid regulator, gemfibrozil bioconcentrates and reduces testosterone in the goldfish, *Carassius auratus*. *Aquatic Toxicology* 73(1), p 44-54.
- Sausen, P.J., Teets, V.D., Voss, K.S., Miller, R.T. et Cattley, R.C. (1995). Gemfibrozil-induced peroxisome proliferation and hepatomegaly in male F344 rats. *Cancer Letters* 97, p 263-268.
- Tauxe-Wuersch, A., De Alencastro, L.F., Grandjean, D. et Tarradellas, J.: Occurrence of several acidic drugs in sewage treatment plants in Switzerland and risk assessment. 2005. *Water Research* 39(9), p 1761-1772.
- Ternes, T.A., Stumpf, M., Schuppert, B. et Haberer, K.: Simultaneous determination of antiseptics and acidic drugs in sewage and river water. 1998b. *vom Wasser* 90, p 295-309.

ANNEXE 1 : ANALYSE GC-MS

Chromatographe en phase gazeuse HP 6890

Injecteur mode splitless

Volume d'injection : 2 µL

Gaz vecteur hélium 6.0 (1,3 mL/min)

Colonne

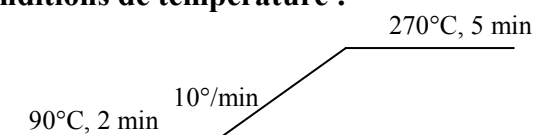
HP 5MS, 5% phényl, 95 % polysiloxane

Diamètre interne : 0,25 mm

Epaisseur phase stationnaire : 0,25 µm

Longueur : 30 m

Conditions de température :



Spectromètre de masse : HP 5973

Ionisation impact électronique : 70 eV

Température de la source : 130°C

Analyse en mode SIM (Selected Ion Monitoring)

Composés	MM	m/z	Composés	MM	m/z
Composés acides (dérivés)					
Aspirine	180	<u>195</u>	Diclofénac	295	<u>214</u>
Ibuprofène	206	<u>160</u>	Gemfibrozil	250	<u>201</u>
Kétoprofène	254	<u>282</u>	Salbutamol	239	<u>369</u>
Naproxène	230	<u>185</u>	Clenbutérol	276	<u>335</u>
Paracétamol	151	<u>206</u>	Terbutaline	225	<u>356</u>
Etalon de contrôle :			Hydroxy-pyrène	218	290
Composés neutres (non dérivés)					
Caféine	194	<u>194</u>	Imipramine	317	<u>234</u>
Diazépam	285	<u>256</u>	Doxépine	280	<u>58</u>
Carbamazépine	236	<u>193</u>	Nordiazépam	271	<u>242</u>
Amitriptyline	281	<u>58</u>			
Etalon de contrôle :			Pyrène	<u>202</u>	<u>202</u>
Etalons internes de quantification					
Diazépam d5	286	<u>261</u>	Amitriptyline d6	287	<u>64</u>
Nordiazépam d5	276	<u>247</u>			

ANNEXE 2 : CONCENTRATIONS EN PHASE DISSOUE

POINT 0	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	2145	1898	282	15%
	2045			
	1504			
diclofénac	175	199	28	14%
	237			
	183			
naproxen	438	428	47	11%
	480			
	365			
ibuprofen	185	175	25	14%
	200			
	140			
ketoprofène	344	414	65	16%
	501			
	396			
gemfibrozil	30	26	4	17%
	28			
	20			
Paracetamol	42405	36777	4167	11%
	35476			
	32449			
cafeine	612	620	101	16%
	747			
	500			
Amitryptilin	<4			
	<4			
	<4			
carbamazepin	14	15	1	9%
	13			
	16			
diazépam	1	1	0	12%
	1			
	2			
nordiaz	2	2	0	14%
	2			
	2			

point 1	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	3693	2896	565	20%
	2451			
	2545			
diclofénac	627	513	85	17%
	424			
	488			
naproxen	1025	817	150	18%
	675			
	751			
ibuprofen	452	350	73	21%
	315			
	285			
ketoprofène	3616	2819	586	21%
	2224			
	2618			
gemfibrozil	39	32	5	16%
	28			
	29			
Paracetamol	75510	67704	6163	9%
	60442			
	67160			
cafeine	2767	2967	789	27%
	4017			
	2117			
Amitryptilin	25	25	2	6%
	27			
	23			
carbamazepin	25	25	1	5%
	24			
	27			
diazépam	2	2	0	25%
	2			
	1			
nordiaz	3	3	1	25%
	4			
	2			

point 4	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	2614	1964	468	24%
	1532			
	1746			
diclofénac	610	499	79	16%
	451			
	436			
naproxen	906	737	121	16%
	628			
	678			
ibuprofen	328	299	64	21%
	211			
	359			
ketoprofène	2296	1907	277	15%
	1682			
	1742			
gemfibrozil	29	23	4	17%
	19			
	22			
Paracetamol	88072	67908	14586	21%
	54059			
	61594			
cafeine	3058	2754	351	13%
	2263			
	2943			
Amitryptilin	14	13	1	9%
	11			
	14			
carbamazepin	39	35	4	10%
	30			
	35			
diazépam	2	2	1	31%
	2			
	1			
nordiaz	6	5	1	13%
	5			
	5			

point 5	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	485	488	69	14%
	574			
	406			
diclofénac	145	143	15	11%
	160			
	123			
naproxen	198	198	27	14%
	231			
	165			
ibuprofen	57	104	39	37%
	152			
	102			
ketoprofène	393	406	58	14%
	483			
	342			
gemfibrozil	5	6	1	20%
	7			
	5			
Paracetamol	18629	19502	3649	19%
	24343			
	15534			
cafeine	322	811	353	43%
	1141			
	971			
Amitryptilin	<4			
	<4			
	<4			
carbamazepin	27	27	0	1%
	27			
	27			
diazépam	1	1	0	20%
	1			
	1			
nordiaz	0	1	1	72%
	1			
	1			

ANNEXE 3 : CONCENTRATIONS MESUREES DANS LES PARTICULES

point 2	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	8115	8313	937	11%
	9547			
	7277			
diclofénac	1297	1210	62	5%
	1153			
	1181			
naproxen	2123	2083	35	2%
	2087			
	2037			
ibuprofen	1092	1206	179	15%
	1459			
	1066			
ketoprofène	6340	6130	179	3%
	5902			
	6147			
gemfibrozil	83	88	11	13%
	104			
	78			
Paracetamol	238736	242378	5260	2%
	238581			
	249816			
cafeine	6311	8044	1253	16%
	8591			
	9230			
Amitryptilin	23	25	2	6%
	25			
	26			
carbamazepin	42	44	10	24%
	32			
	57			
diazépam	1	3	1	43%
	4			
	4			
nordiaz	4	6	1	24%
	6			
	8			

point 3	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	1726	1836	507	28%
	1277			
	2505			
diclofénac	366	371	46	12%
	318			
	430			
naproxen	568	564	77	14%
	468			
	657			
ibuprofen	196	256	91	36%
	188			
	385			
ketoprofène	1266	1214	135	11%
	1029			
	1348			
gemfibrozil	18	19	3	18%
	16			
	24			
Paracetamol	58703	57496	11055	19%
	43393			
	70390			
cafeine	1514	1985	474	24%
	1806			
	2634			
Amitryptilin	6	5	4	74%
	9			
	0			
carbamazepin	15	19	4	19%
	19			
	24			
diazépam	1	1	0	23%
	1			
	1			
nordiaz	3	4	1	19%
	5			
	3			

point 6	Conc. en ng/l	moyenne	écart type	écart type %
aspirine	253	229	107	47%
	346			
	88			
diclofénac	44	41	4	10%
	44			
	35			
naproxen	55	46	7	16%
	47			
	37			
ibuprofen	18	25	6	24%
	33			
	24			
ketoprofène	263	216	42	19%
	224			
	161			
gemfibrozil	1	1	0	22%
	1			
	1			
Paracetamol	6897	5693	964	17%
	5645			
	4536			
cafeine	143	226	61	27%
	290			
	244			
Amitryptilin	<4	0	0	#DIV/0!
	<4			
	<4			
carbamazepin	11	12	1	6%
	12			
	13			
diazépam	1	1	0	16%
	0			
	1			
nordiaz	1	1	0	10%
	1			
	1			

ng /g	station 6	station 5	station 4	station 3	station 2	station 1	station 0
CAF	132	179	<4	84	<4	110	238
AMI	<4	<4	<4	<4	<4	<4	<4
DOX	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
IMIP	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9
CBZ	504	771	<6	109	<6	192	558
DZP	<7	<7	<7	<7	<7	<7	<7
NDZP	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
ASP	110	103	73	103	<6	177	347
IBU	<3	<3	<3	3	<3	7	4
PARA	12	11	11	3	<6	20	9
GEMF	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<3
NAP	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<3
DICLO	10	22	<3	<3	<3	<3	6
TERB	8	<3	<3	<3	<3	<3	<3
SALB	11	<3	<3	<3	<3	<3	<3
CLEN	7	12	<3	<3	<3	<3	8
KETO	21	11	<4	<4	<4	28	10

Concentration exprimées en ng/g de particules (Poids sec).

pg/L	station 6	station 5	station 4	station 3	station 2	station 1	station 0
CAF	175	213	<4	114	<4	331	572
AMI	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
DOX	<11	<11	<11	<11	<11	<11	<11
IMIP	<12	<12	<12	<12	<12	<12	<12
CBZ	671	918	<8	148	<8	576	1338
DZP	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9
NDZP	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
ASP	147	123	130	139	<4	532	833
IBU	<4	<4	<4	4	<4	20	8
PARA	15	13	20	4	<5	59	21
GEMF	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
NAP	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
DICLO	14	27	<5	<5	<5	<5	15
TERB	10	<4	<4	<4	<4	<4	<4
SALB	15	<4	<4	<4	<4	<4	<4
CLEN	10	15	<5	<5	<5	<5	19
KETO	28	13	<7	<7	<7	28	23
SPM (mg/L)	1.3	1.2	1.8	1.4	0.7	3.0	2.4

Concentrations exprimées en pg/L

ANNEXE 4 : CONCENTRATIONS MESUREES DANS LES SEDIMENTS

	SED 1	SED 2	SED 3	SED 4	SED 5	SED 6
Caféine	186,6	14,6	18,9	2,4	103,1	8,6
Amitryptiline	4,9	2,3	0,4	1,1	nd	nd
Doxépine	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Imipramine	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Carbamazépine	24,3	23	10,5	9,6	14,2	4,9
Diazépam	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Nordiazépam	45	159	53,3	121,9	19,4	38,3
Aspirine	nd	nd	62,3	nd	nd	nd
Ibuprofène	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Paracétamol	0,9	0,4	2,4	0,8	nd	nd
Gemfibrozil	0,1	nd	0,3	5,5	nd	nd
Naproxen	0,8	nd	1,9	nd	nd	nd
Diclofénac	0,4	nd	0,2	nd	nd	nd
Terbutaline	2,1	1	2,1	0,1	0,3	nd
Salbutamol	nd	nd	1,2	nd	0,4	nd
Clenbutérol	1,3	nd	nd	nd	nd	nd
Kétoprofène	8,1	18,8	6	nd	nd	nd

Concentrations exprimées en ng/g de sédiment (Poids sec)

Annexe 4 : Voies de contamination et caractéristiques physico-chimiques des contaminants

Les fiches présentées dans cette annexe consistent en des modèles conceptuels avec deux principaux objectifs. D'une part, pour chaque contaminant, ils représentent les voies de contamination et les transferts entre compartiments. D'autre part ils donnent une idée des risques relatifs à la présence des contaminants dans le milieu marin à partir de divers indicateurs. Les indicateurs utilisés ont été choisis sur la base de documents produits par la cellule Analyse des Risques Chimiques en milieu marin (ARC) et sont les suivants :

l'adsorption (ADS), c'est-à-dire l'affinité qu'a une substance pour la matière en suspension ou le sédiment. Une substance avec un grand coefficient d'adsorption se retrouvera plutôt sous forme particulaire dans le sédiment ou dans la matière en suspension que sous forme dissoute dans la colonne d'eau. Le degré d'adsorption d'une substance sur un substrat solide est donné par le coefficient K_p mesuré ou calculé à partir du coefficient de partage normalisé du carbone organique/eau K_{oc} : $K_p = K_{oc} \times f_{oc}$ (fraction de carbone organique). On estime par défaut $K_p \text{ MES} = K_{oc} / 10$ et $K_p \text{ SED} = K_{oc} / 20$. Au delà d'une valeur de K_p de 103, on considère qu'une substance est significativement adsorbable.

la persistance (PSA : Air / PSE : Eau), sachant que plus celle-ci est élevée, plus un composé aura le temps de contaminer les autres compartiments de l'environnement. Cette persistance diminue dans l'air avec les processus de photo-oxydation (dégradation par un oxydant), et dans l'eau avec les processus de photolyse (dégradation par la lumière), d'hydrolyse (par l'eau) et de biodégradation (par les micro-organismes). La demi-vie dans l'air et dans l'eau de mer (temps suffisant pour dégrader de moitié la quantité d'un composé) est un bon indicateur de la persistance d'une molécule. On considère qu'une substance est significativement persistante si sa demi-vie est supérieure à 1 jour dans l'air et à 2 mois dans l'eau.

La bioaccumulation (BAC), terme général décrivant le processus par lequel les substances chimiques sont accumulées par les organismes à travers toutes les voies d'exposition ; air, eau, sol, sédiment et nourriture. Le facteur de bioconcentration (BCF), qui équivaut au quotient de la concentration de la substance dans l'organisme et celle dans l'eau à l'état d'équilibre, est un indicateur de bioaccumulation. Dans certains cas, il peut y avoir biomagnification (augmentation de la concentration interne en contaminants chimiques par la chaîne alimentaire). Le BCF peut être mesuré dans les algues, les invertébrés, les poissons... Une substance est considérée comme significativement bioaccumulable pour des valeurs de BCF supérieures à 103. A défaut, nous avons utilisé le coefficient de partage octanol/eau (K_{ow}) qui indique si une substance est lipophile et donc susceptible d'être accumulée par les organismes (lorsque son $\log K_{ow}$ est supérieur à 3).

La toxicité (TOX) chronique, qui exprime les effets d'une exposition durant le cycle de vie d'une espèce aquatique. Elle est souvent exprimée par la NOEC (No Observable Effect Concentration) qui est la concentration sans effet observé, ce qui représente la plus forte concentration d'une substance obtenue pour un test de toxicité donné qui n'a statistiquement aucun effet adverse sur les espèces exposées. Nous avons mentionné la PNEC (Predicted Non Effect Concentration) lorsqu'une étude de risque a été effectuée. A défaut, nous avons reporté la LC50 ou la EC50 (concentration qui provoque la mortalité ou des effets pour 50% des individus sur une période de temps donnée). On considère qu'une substance est toxique si elle induit des effets nocifs sur les organismes pour des concentrations dans le milieu de l'ordre du microgramme par litre ($\mu\text{g.l}^{-1}$).

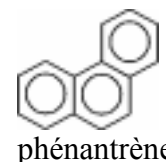
¹ CE (2002) - European Commission. Technical Guidance Document in support of Commission Directive 93/67/EEC on risk assessment for new notified substances.

² INERIS - <http://chimie.ineris.fr>

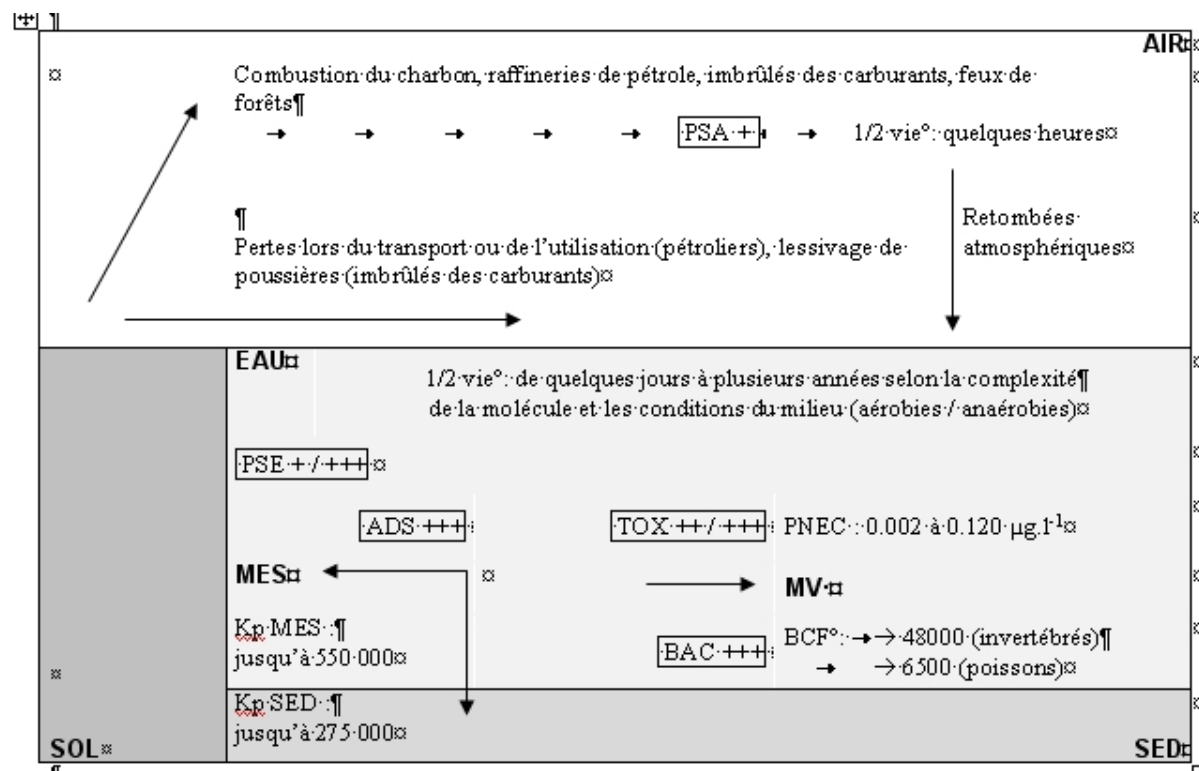
Les indicateurs sont renseignés de manière quantitative (Kp, PNEC, BCF...) et qualitative : valeur faible (+), modérée (++) ou forte (+++). Les sources documentaires ayant permis ces synthèses sont mentionnées sur chaque fiche.

Pour chaque composé, après avoir exposé les voies de contamination et le comportement général en milieu marin, nous avons précisé le degré de connaissance de ses effets écotoxicologiques (si le composé est bien connu ou s'il l'est peu) et son niveau de prise en compte, en détaillant à chaque fois les mesures faites au niveau des apports potentiellement contaminants et celles réalisées en milieu marin.

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques



Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : EU (2001), Risk Assessment Report of Naphthalene, draft of October 2001, United Kingdom | ARC (2002), Evaluation des seuils de qualité pour les HAP (document interne) | INERIS - Portail Substances Chimiques - <http://chimie.ineris.fr/> | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

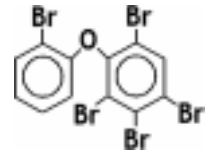
Les HAP figurent parmi les contaminants dont les effets ont été les plus étudiés. Néanmoins, cette famille regroupe de nombreux composés qu'il est impossible de dénombrer compte tenu des multiples substitutions possibles. De ce fait, il est difficile de rendre compte des caractéristiques de l'ensemble de ce groupe, qui diffèrent beaucoup d'un composé à un autre selon sa structure moléculaire. Le naphthalène par exemple, constitué de 2 cycles benzéniques uniquement, sera le plus facilement dégradé en milieu marin.

Pour ce qui est des principaux rejets marseillais, les HAP sont mesurés par la DDE dans les cours d'eau. Ils seront en outre mesurés en 2004 dans les effluents des ICPE pour en identifier les sources industrielles dans le cadre de l'Action Nationale de Recherche et de Réduction des Rejets de Substances Dangereuses menée par la DRIRE.

Pour ce qui est de leur présence dans le milieu marin, les HAP sont relativement bien suivis dans la baie de Marseille. Ils sont mesurés dans la plupart des réseaux de surveillance de l'IFREMER (RNOMV, RNOSED, RINBIO), et dans le REPOM et leur distribution a été étudiée autour de l'émissaire de Cortiou. Il se peut également qu'une synthèse ait été faite sur tout le littoral méditerranéen concernant ces composés, sous forme d'une carte.

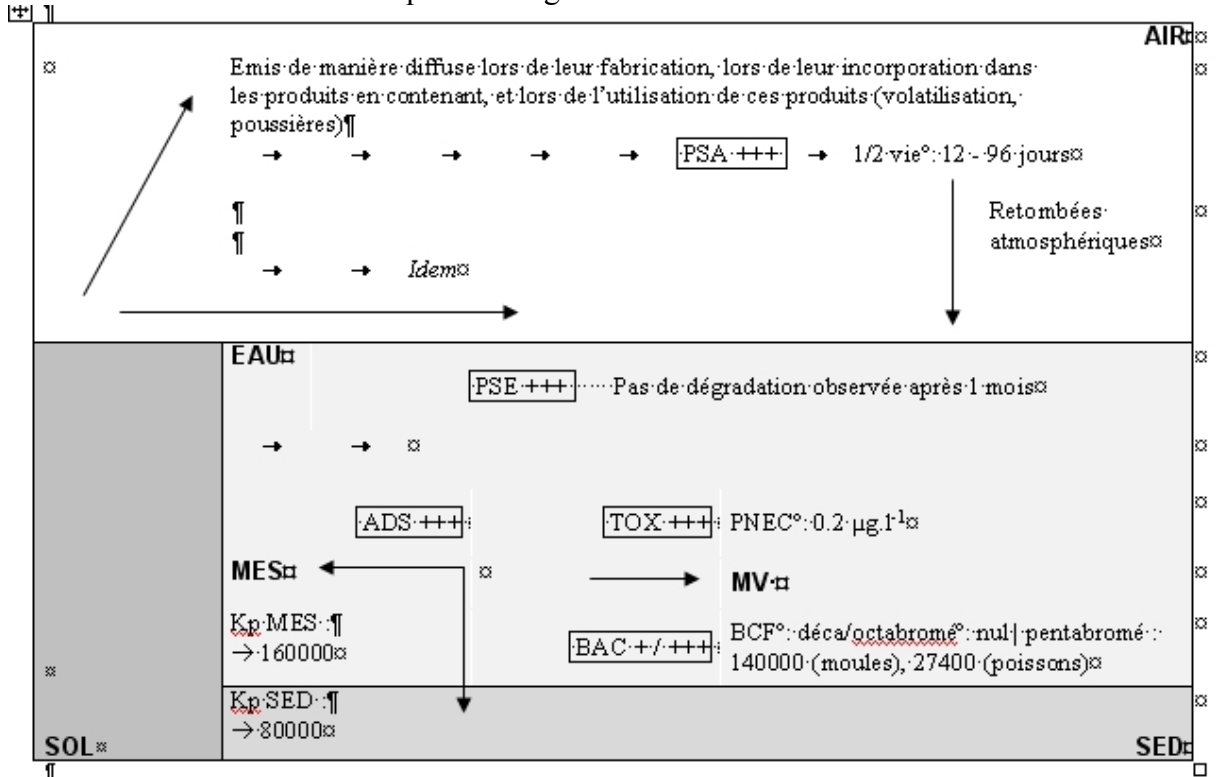
Compte tenu des voies préférentielles de contamination par les HAP, il pourrait être intéressant de les doser dans les surverses d'orage, les exutoires pluviaux de l'agglomération marseillaise et en entrée / sortie de station d'épuration pour mieux en caractériser les apports.

DEPB : Diphenyléthers polybromés



Voies de contamination et comportement général en milieu marin

pentabromodiphényléther



Sources : EU (2002), Risk Assessment Report of bis(pentabromophenyl)ether, draft of June 2002, United Kingdom | EU (2001), Risk Assessment Report of Diphenylether, octabromo derivative, draft of June 2002, UK | EU (2000), Risk Assessment Report of Diphenylether, pentabromo derivative, final report of August 2000, UK.

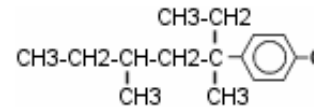
Les PBDE n'ont pas encore fait l'objet d'un grand nombre de publications et sont encore très peu connus. Cette famille rassemble des composés qui se distinguent par le nombre d'atomes de brome qu'ils portent, et qui n'ont donc pas les mêmes propriétés physiques. Le décabromodiphényléther et l'octabromodiphényléther ne sont par exemple pas du tout bioaccumulables du fait de leur configuration moléculaire, alors que le congénère pentabromé l'est vraisemblablement.

Les principaux rejets marseillais de DEPB sont dus à des sources diffuses, et l'exposition à ces produits est par conséquent difficile à évaluer. Les DEPB seront mesurés en 2004 dans les effluents des ICPE pour en identifier les sources industrielles.

Pour ce qui est de leur présence dans le milieu marin, les DEPB ne sont actuellement suivis dans aucun programme de surveillance. On ne dispose d'aucune information quant à leur présence ou non en baie de Marseille. Cela s'explique surtout par le caractère encore émergent de ces produits.

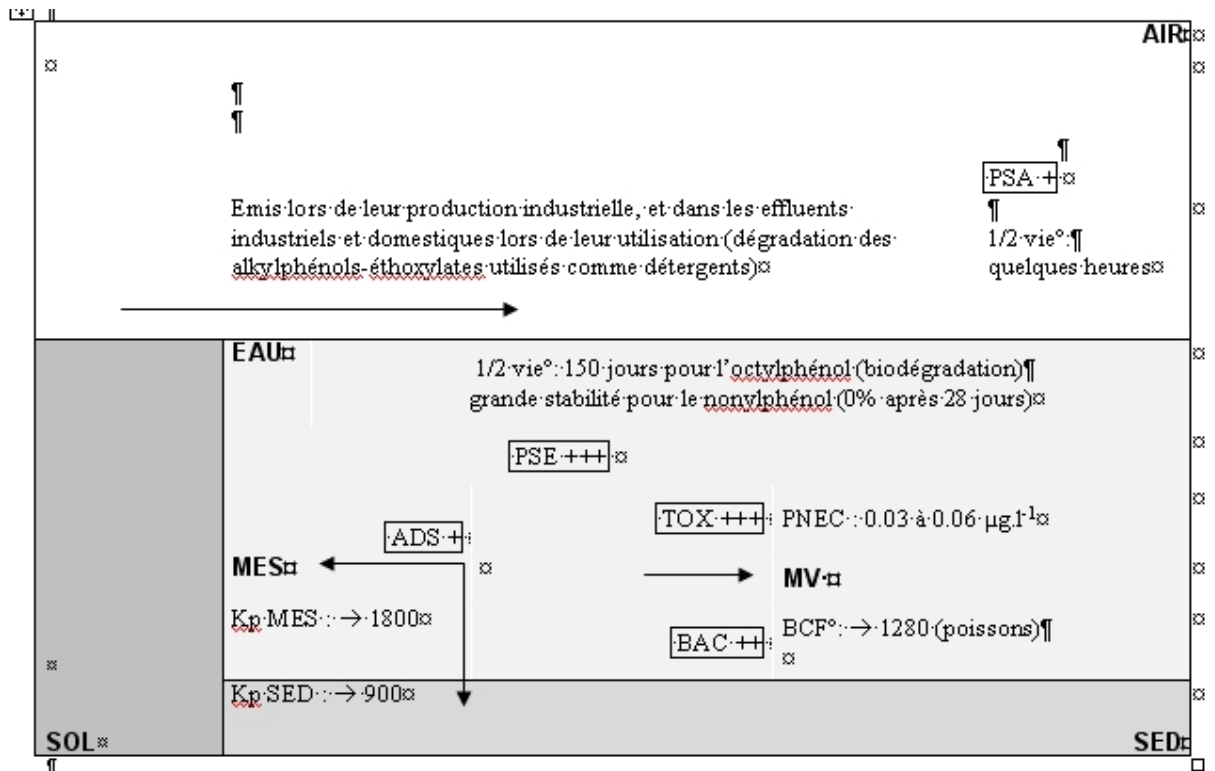
Compte tenu du manque d'information concernant les DEPB, il semble prioritaire de les doser en milieu marin, afin de mesurer l'ampleur de la contamination, ce qui n'a pas encore été fait jusqu'à présent. Selon les résultats obtenus, et d'après les voies de contamination diffuses exposées plus haut, il pourra être intéressant de les doser ensuite en entrée et sortie de la station d'épuration marseillaise, dans les exutoires pluviaux et les surverses d'orage, voire même dans les cours d'eau traversant l'agglomération.

Alkylphénols



nonylphénol

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



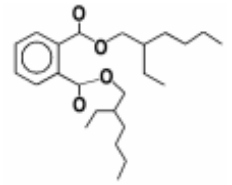
Sources : OSPAR : <http://www.ospar.org/fr/html/welcome.html> | HSDB : <http://toxnet.nlm.nih.gov/> | AQUIRE : <http://www.epa.gov/ecotox/> | INERIS - Portail Substances Chimiques - <http://chimie.ineris.fr/>

Les alkylphénols forment une famille de composés encore peu étudiés mais dont on sait qu'ils ont des effets nocifs en milieu marin (oestromimétisme notamment). On les distingue selon le degré de ramification de leur groupement alkyl : octylphénol, nonylphénol. Les formes éthoxylées des alkylphénols sont des détergents non ioniques. Les alkylphénols ne sont pas mesurés dans les rejets de l'agglomération marseillaise. La DRIRE prévoit néanmoins de les mesurer en 2004 dans les effluents des ICPE pour en identifier les sources industrielles.

Pour ce qui est de leur présence dans le milieu marin, aucune étude n'a encore été réalisée en baie de Marseille. Certaines ont déjà traité des détergents anioniques, assez représentatifs de l'activité domestique urbaine (exemple du manoxol), mais pas des détergents non ioniques.

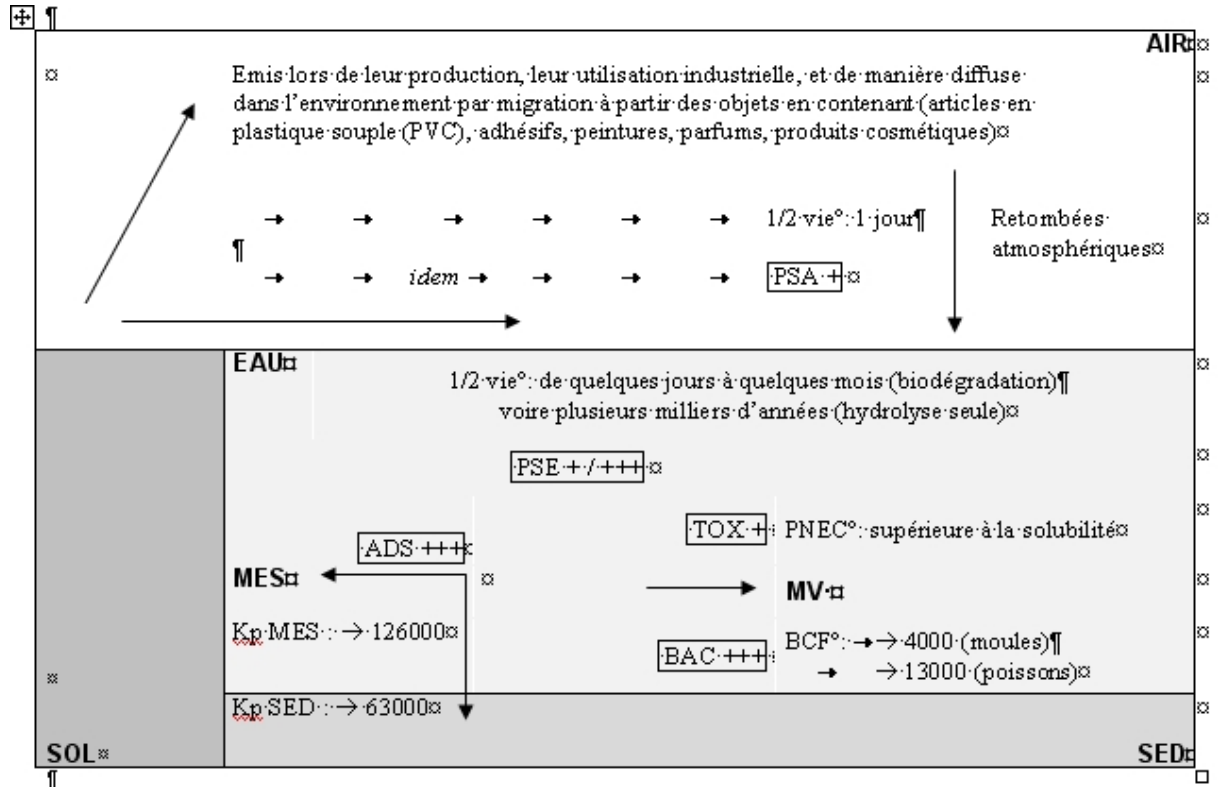
Compte tenu du manque d'information concernant leur présence en baie de Marseille, il est prioritaire de doser ces composés en milieu marin. Les voies préférentielles de contamination (industrielles et domestiques) montrent l'intérêt de doser les alkylphénols (éventuellement sous leur forme éthoxylée) principalement en entrée et sortie de station d'épuration.

Phtalates



DEHP

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : INRS - Le point des connaissances sur les phtalates. | EPHE UMR 7619 Sisyphe, Les phtalates dans l'environnement : Sources, devenir et écotoxicité. | INERIS - Portail Substance Chimiques - <http://chimie.ineris.fr/> | EU (2001), Risk Assessment Report of Bis(2-ethylhexyl)phthalate, draft of September 2001, Sweden

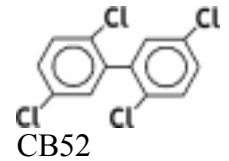
Les phtalates sont encore peu abordés dans la littérature scientifique. Tout comme les DEPB, l'exposition aux phtalates est difficile à évaluer en raison de la multiplicité des sources potentielles et des situations. La faible solubilité de ces composés permettrait de réfuter l'hypothèse d'empoisonnement direct, mais leur potentiel de bioaccumulation (les facteurs de bioaccumulation mentionnés ont été mesurés pour le DEHP) ferait envisager un risque d'empoisonnement secondaire via la chaîne trophique.

La quantité de phtalates rejetée par l'agglomération marseillaise est actuellement inconnue. Ces composés pourront pour la première fois être mis en évidence dans les effluents industriels marseillais dans le cadre de l'action nationale de recherche de substances dangereuses menée par la DRIRE.

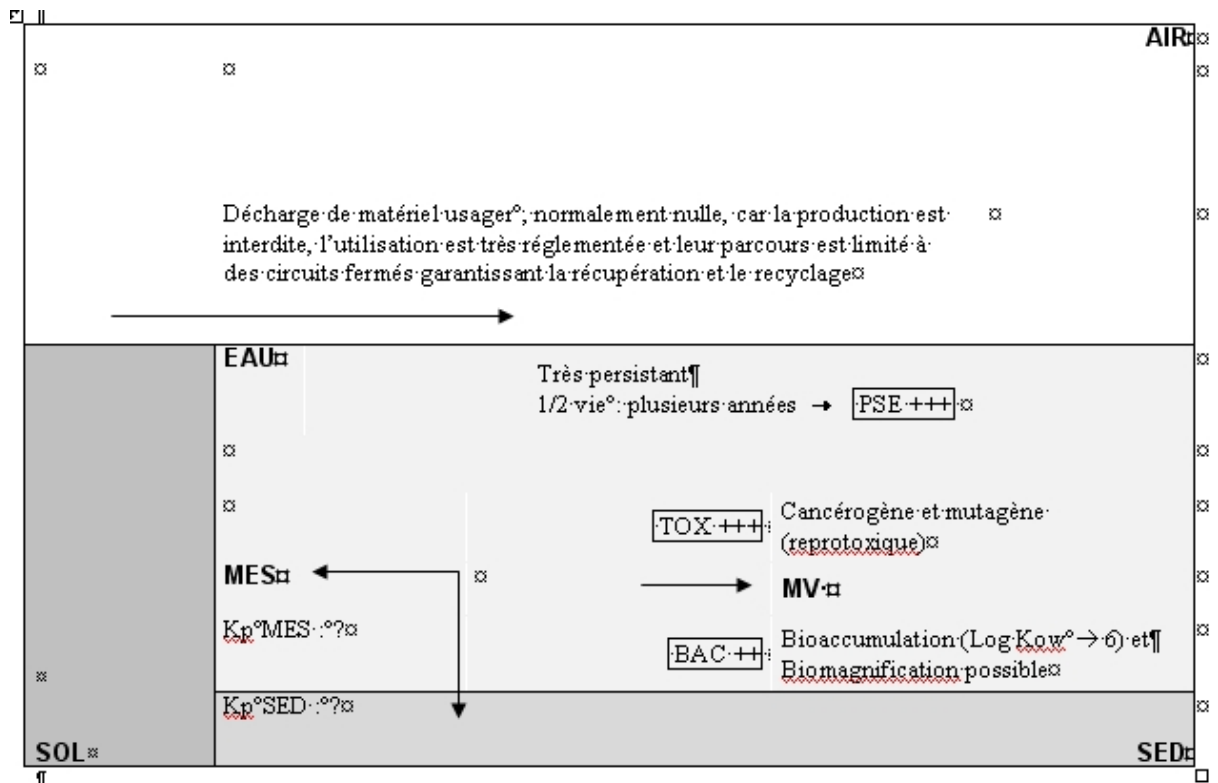
Pour ce qui est de leur présence dans le milieu marin, les phtalates ne sont pas surveillés sur le littoral côtier et n'ont pas fait l'objet d'études particulières. Ce sont en effet, comme les DEPB et les alkylphénols, des contaminants émergents.

Compte tenu du manque d'information concernant les phtalates, il semble prioritaire de les doser en milieu marin, afin de mesurer l'ampleur de la contamination actuelle. D'après les voies de contamination diffuses mises en évidence ci-dessus, il pourrait être intéressant de les doser ensuite en entrée et sortie de la station d'épuration marseillaise, dans les exutoires pluviaux et les surverses d'orage, ou encore dans les cours d'eau traversant l'agglomération.

PCB : Polychlorobiphényles



Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : INRS : Les polychlorobiphényles - Fiche toxicologique. | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

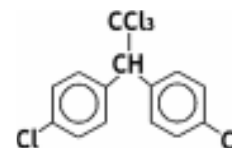
Les PCB sont certainement les produits chimiques ayant fait l'objet du plus grand nombre de publications scientifiques à l'échelle méditerranéenne et internationale. Leurs effets toxicologiques sont désormais très bien connus. Ce sont des substances produites industriellement par chloration du biphenyle. Il existe en théorie 209 congénères distincts qui se différencient par le nombre et la position des atomes de chlore sur la molécule de biphenyle.

Les rejets de PCB à l'échelle de l'agglomération sont supposés nuls. La production de PCB est en effet interdite en France depuis 1987 et le démantèlement des équipements en contenant en vue de leur dégradation est strictement réglementée. A Marseille, les matériaux contenant du PCB sont collectés par Ortec Environnement et Transports et Entretien Phocéen. Ils sont néanmoins encore mesurés par la DDE dans les cours d'eau traversant l'agglomération, et le seront en 2004 par la DRIRE dans les effluents industriels.

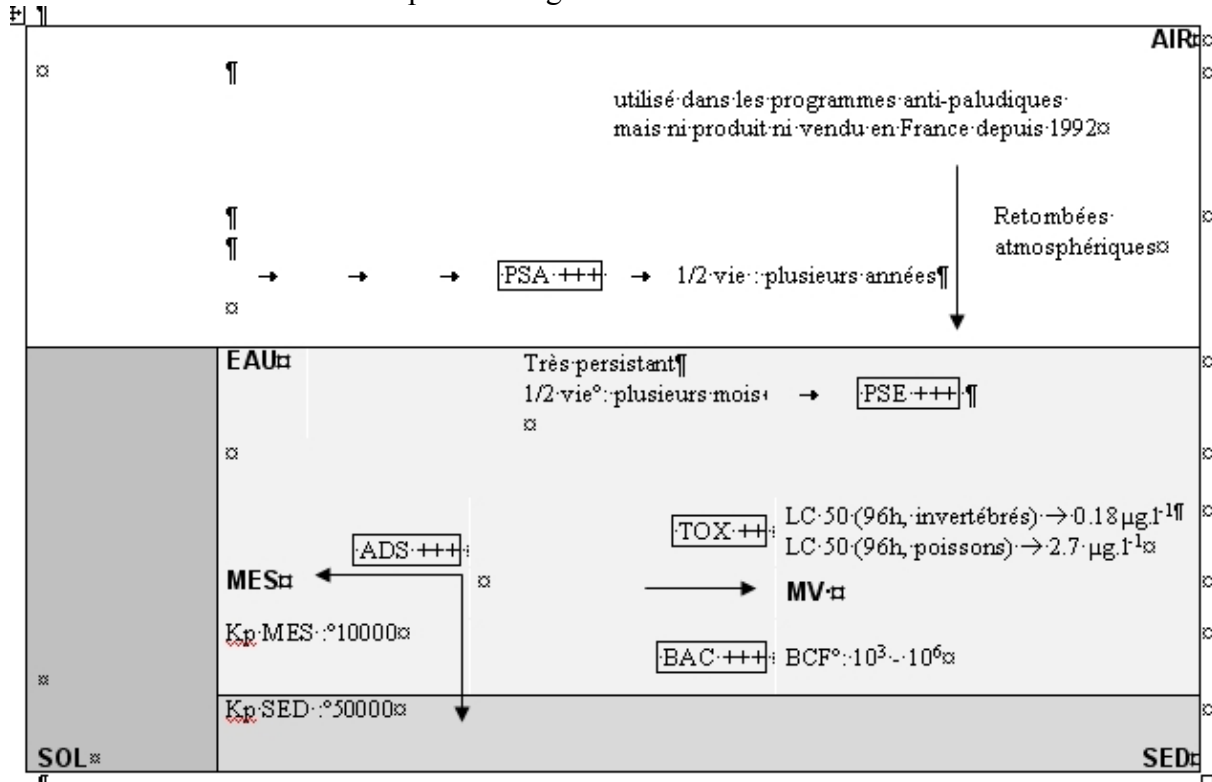
Du fait de leur persistance, les PCB peuvent cependant encore être trouvés dans l'environnement. Les PCB sont donc suivis depuis plusieurs années dans le cadre des principaux réseaux de surveillance côtiers (RNOMV, RNOSED, RINBIO, REPOM). Ce sont en effet des co-contaminants. Leur distribution a été étudiée autour de l'émissaire urbain de Cortiou et sur l'ensemble de l'étendue de la baie de Marseille. Leur répartition a également fait l'objet d'une carte de synthèse à l'échelle Méditerranéenne.

Si les PCB ne semblent plus être considérés comme des contaminants préoccupants, du fait de la réglementation en vigueur, leur mesure en milieu marin peut permettre de comparer les résultats aux données historiques disponibles sur la zone d'étude.

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane



Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : IPCS : <http://www.inchem.org/> | US EPA : <http://www.epa.gov/ecotox/> | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

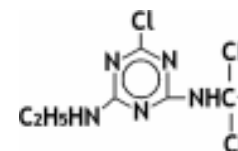
Le DDT figure parmi les composés qui, comme les PCB, ont certainement fait l'objet jusqu'à présent du plus grand nombre de publications scientifiques à l'échelle méditerranéenne et internationale et dont les effets sont très bien connus.

L'agglomération marseillaise n'utilise ni ne rejette de DDT. Les apports aqueux sont donc supposés nuls.

Compte tenu de la persistance de la molécule et de ses métabolites, le DDT est encore présent en milieu marin, douze ans après son interdiction. Le DDT est donc recherché dans le cadre des réseaux de surveillance de l'IFREMER (RNOMV, RNOSED et RINBIO). Malgré le fait qu'il soit considéré comme un core-contaminant, il n'a pas fait l'objet d'autres mesures en baie de Marseille, certainement du fait des restrictions réglementaires à son égard.

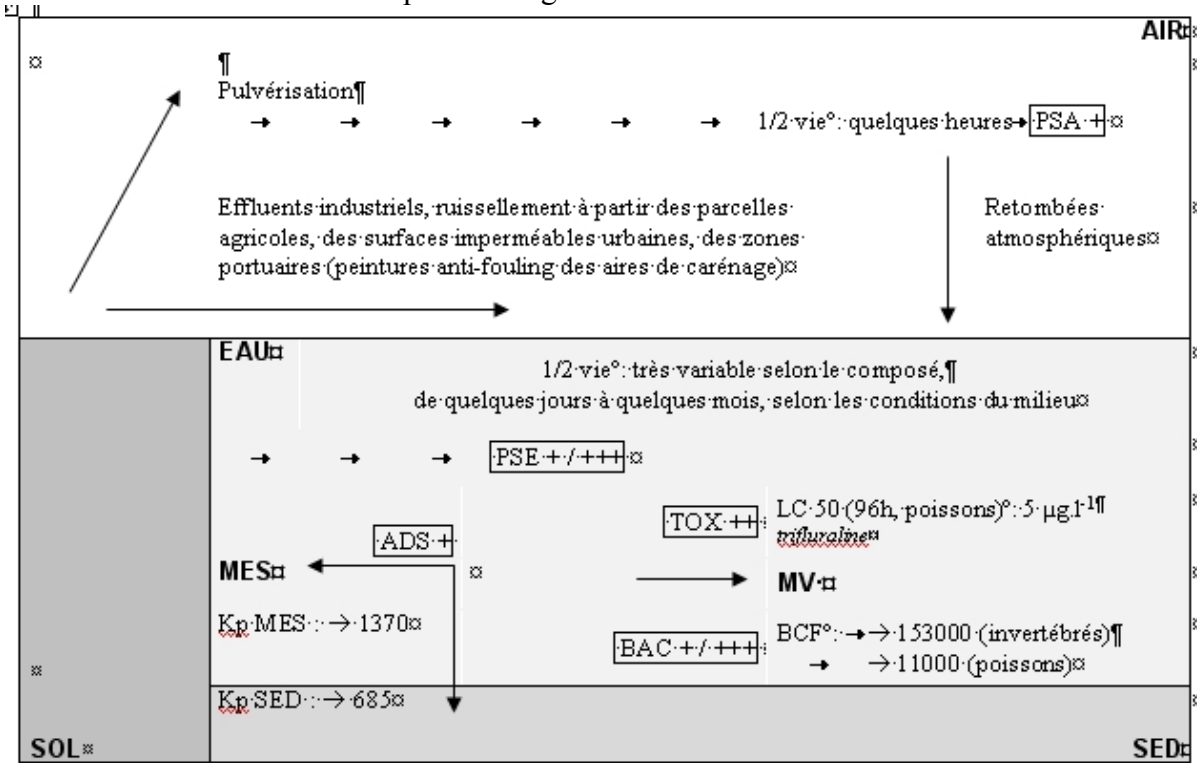
Le suivi réalisé en baie de Marseille depuis 1979 dans le cadre du RNOMV montre une très nette diminution (plus de 90%) des teneurs en DDT et métabolites (DDD et DDE) dans les tissus de moules depuis 1981. Dès lors, le DDT ne semble plus constituer un élément véritablement préoccupant. Tout comme le PCB, la mesure du DDT en milieu marin peut permettre de comparer les résultats aux données historiques disponibles.

Herbicides



atrazine

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : AGRITOX : <http://www.inra.fr/agritox/> | HSDB : <http://toxnet.nlm.nih.gov/> | IUCLID (2000), European Chemical Bureau, Ispra (Italie) (CD Rom) | AQUIRE : <http://www.epa.gov/ecotox/> | NRA : <http://www.nra.gov.au/chemrev/>.

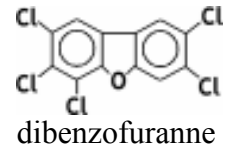
Les herbicides regroupent une quantité importante de produits qui ne sont pas tous très bien connus. De grandes variations sont attendues dans le comportement selon la famille (triazines, amides, urées substituées...) et les composés. La synthèse exposée ci-dessus a été réalisée sur la base des herbicides présents en annexe X de la DCE. Les valeurs retenues les plus importantes sont celles de la trifluraline (famille des dinitroanilines).

Les herbicides ne sont pas mesurés aux niveaux des exutoires de l'agglomération. L'entreprise Provalis à Marseille, spécialisée dans la chimie phytosanitaire, peut être suspectée de rejeter des herbicides, mais les mesures faites à la demande de la DRIRE sont inférieures aux seuils de détection. Selon le RNDE, les présomptions de contamination par les pesticides sont faibles dans le département. Notons que l'utilisation de l'atrazine, probablement un des plus dangereux herbicide, est désormais interdite en France.

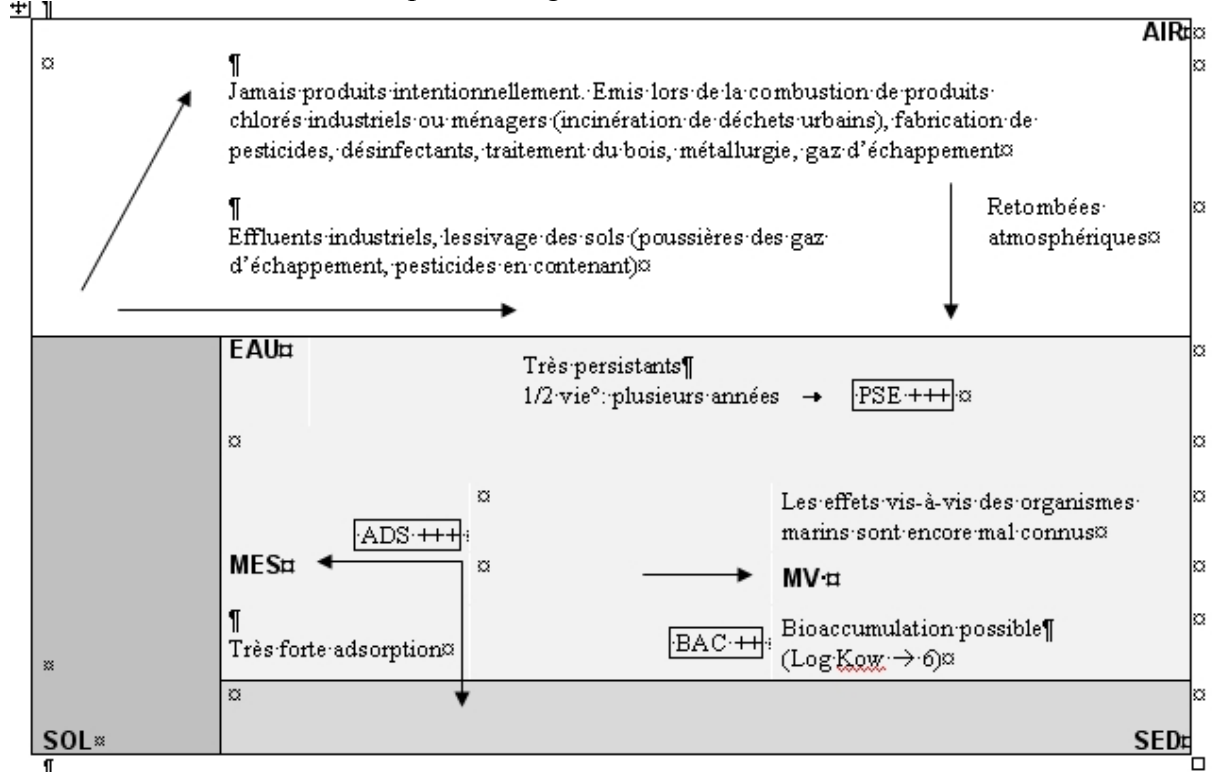
Pour ce qui est de leur présence dans le milieu marin, les herbicides n'ont pas encore été dosés en baie de Marseille.

On ne dispose à ce jour que de peu d'informations sur la contamination par les herbicides. Il est primordial de doser certains composés en milieu marin, en se basant par exemple sur la liste de l'annexe X de la DCE. Compte-tenu des voies préférentielles de contamination par les herbicides, il pourrait être intéressant par la suite de les doser dans les cours d'eau, au niveau des ports (pour ceux qui rentrent dans la composition des peintures biocides), des exutoires pluviaux, des surverses d'orage, et en entrée / sortie de la station d'épuration urbaine.

Dioxines et furanes



Voies de contamination et comportement général en milieu marin



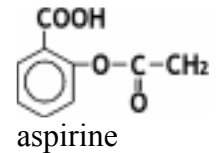
Sources : INERIS - Portail Substance Chimiques - <http://chimie.ineris.fr/>

Les dioxines et furanes sont des sous-produits dont la synthèse n'est pas intentionnelle. Ils ont fait l'objet d'un grand nombre de publications de la part des pays bordant la Méditerranée, mais leur mesure en milieu marin est relativement coûteuse.

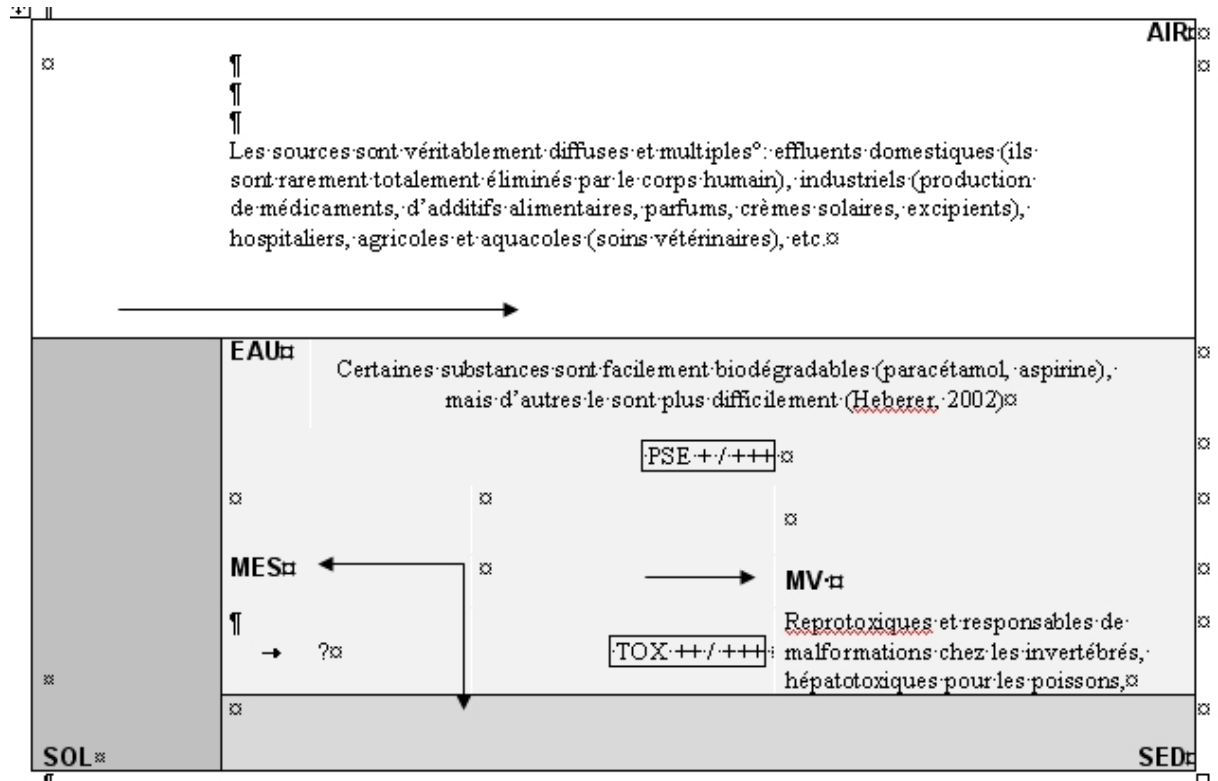
Aucune information n'est disponible sur les rejets aqueux éventuels de dioxines et de furanes au niveau de l'agglomération, ni sur leur présence en zone marine côtière de l'agglomération marseillaise. Ces sous-produits sont par contre émis sous forme atmosphérique au niveau de Fos-sur-Mer.

Compte tenu du manque d'information sur la contamination du milieu marin par ces substances, il semble primordial de doser les dioxines et furanes en baie de Marseille. D'après les voies préférentielles de contamination par ces composés, il pourrait être intéressant de les doser dans les exutoires pluviaux et les surverses d'orage de l'agglomération, ainsi qu'en entrée et sortie de la station d'épuration marseillaise.

PPCP : Produits pharmaceutiques et de soin (Pharmaceutical & Personal Care Products)



Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : US EPA - Origins and fate of PPCP's in the Environment. | Heberer, T., 2002. Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment : a review of recent research data. | Chemosphere (2000), Stuer-Lauridsen et al, Environmental risk assessment of human pharmaceuticals in Denmark after normal therapeutic use.

La présence de PPCP dans les eaux naturelles ou de boisson est une préoccupation relativement récente, et le nombre de publications traitant de ces produits, à l'échelle de la Méditerranée, est encore limité. Sous l'appellation PPCP se dissimulent de nombreuses familles de produits (anti-inflammatoires, beta-bloquants, antibiotiques, progestatifs, etc) dont les effets sur les organismes aquatiques peuvent être synergiques.

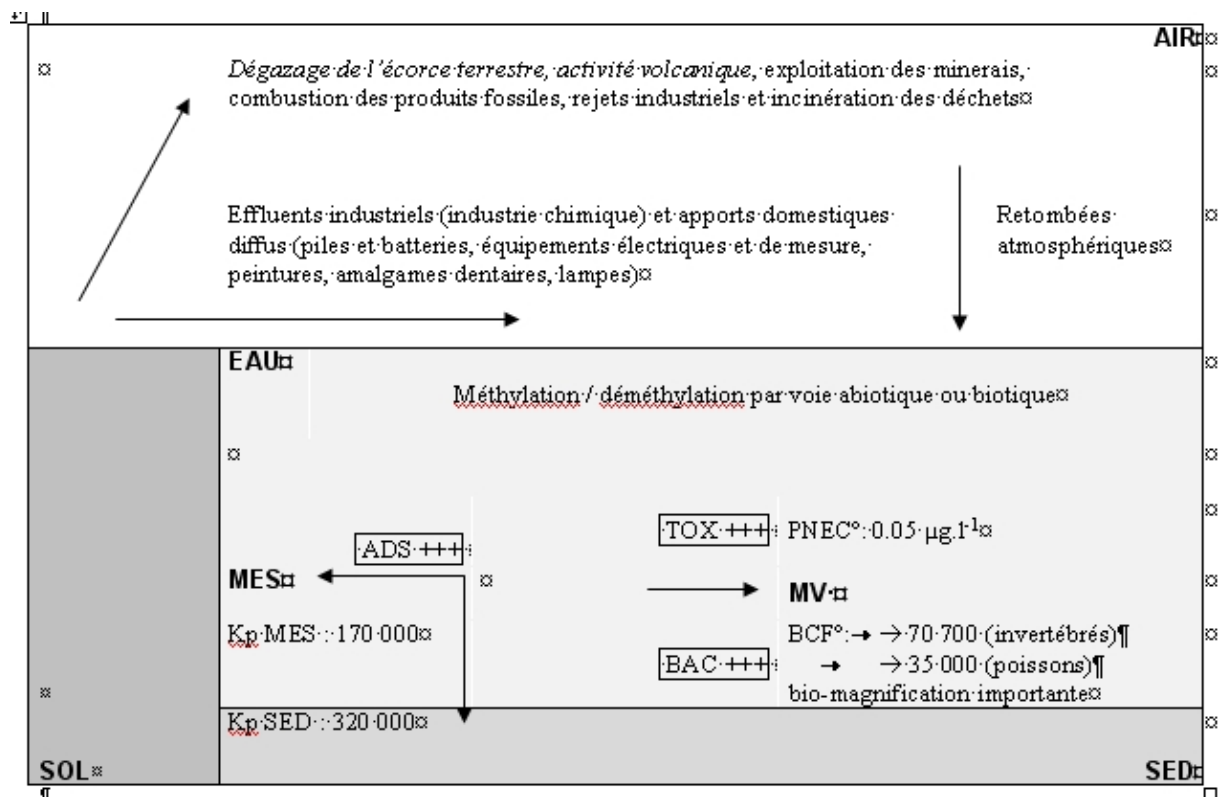
Pour ce qui est des principaux rejets marseillais, aucune mesure n'a actuellement été recensée. SPI Pharma, entreprise soumise à la réglementation des ICPE produisant des antiacides et des compléments minéraux, pourrait être suspectée de rejeter des principes actifs dans le réseau sanitaire urbain. Mais comme le montre le schéma ci-dessus, les sources industrielles ne représentent qu'une partie des apports.

Aucune information n'est disponible quant à la présence de ces produits en baie de Marseille.

Compte tenu du manque d'information relative à la présence potentielle de ces contaminants, il semble impératif de doser certains produits dans le milieu marin, en s'inspirant éventuellement des substances citées dans la convention OSPAR (clotrimazole, xylène musqué) ou en recherchant des analgésiques courants (paracétamol, aspirine, ibuprofène). Compte tenu des voies préférentielles de contamination par les produits pharmaceutiques et de soin, il serait intéressant, pour mieux caractériser les apports, de les doser en entrée et sortie de station d'épuration, dans les cours d'eau traversant l'agglomération, et dans les effluents industriels suspectés.

Mercure (Hg)

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : INERIS (2000), fiche sur le mercure et ses dérivés | INERIS (2002), Mercure (document interne) | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

Pour ce qui est des principaux apports marseillais, le mercure est mesuré par la DDE dans les cours d'eau, et dans l'Huveaune par l'Agence de l'Eau RMC. Il a également été dosé en aval de la friche de l'Estaque. La mesure en routine du mercure est réalisée pour certaines ICPE à la demande de la DRIRE, mais aucun industriel n'est concerné dans la zone d'étude (les deux plus proches sont à Fos-sur-Mer, pour un total de 16 kg/an rejetés en mer). Il fera néanmoins l'objet d'une mesure ponctuelle en 2004 dans les effluents industriels.

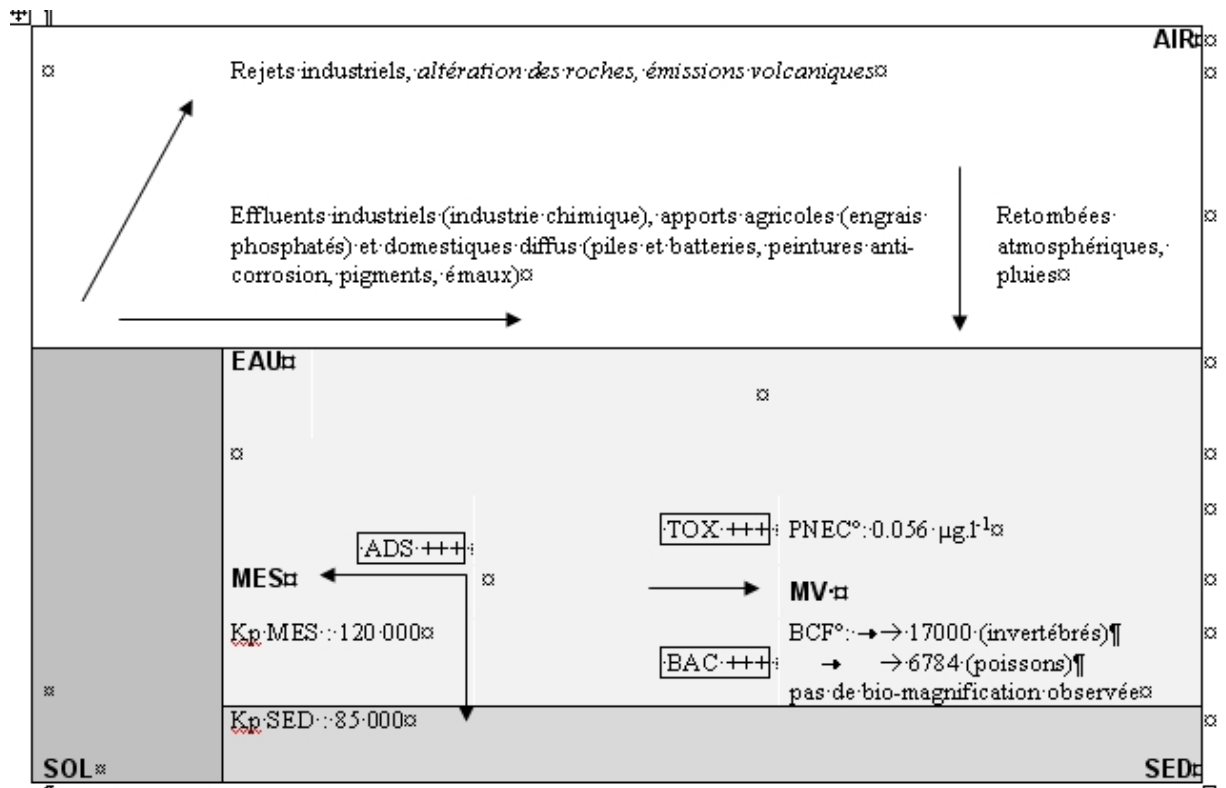
Le mercure est mesuré en milieu marin dans le cadre des réseaux de surveillance de l'IFREMER (RNOMV, RNOSED, RINBIO) et du REPOM. Sa répartition dans le sédiment a été mesurée en 1985 sur la zone d'étude et a certainement fait l'objet d'une synthèse globale sur la façade méditerranéenne.

Le suivi mis en œuvre dans le cadre du RNOMV montre une certaine stabilité du taux de mercure dans les moules en baie de Marseille.

Compte tenu des voies préférentielles de contamination par le mercure, il serait intéressant de le mesurer en entrée et sortie de la station d'épuration marseillaise.

Cadmium (Cd)

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : ARC (2002), Evaluation des seuils de qualité pour le cadmium (document interne) | INERIS (2002), fiche sur le cadmium (document interne) | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

Pour ce qui est des principales voies d'apports marseillais, le cadmium est mesuré dans les cours d'eau par la DDE et dans l'Huveaune par l'Agence de l'Eau RMC. La SERAM l'a également dosé dans les eaux pluviales urbaines. La mesure en routine du cadmium est réalisée pour certaines ICPE à la demande de la DRIRE, notamment pour Protec Métaux d'Arenc (PMA). Atofina en rejette également (3kg/an). Des mesures ponctuelles seront faites en 2004 dans les effluents des principales ICPE de l'agglomération.

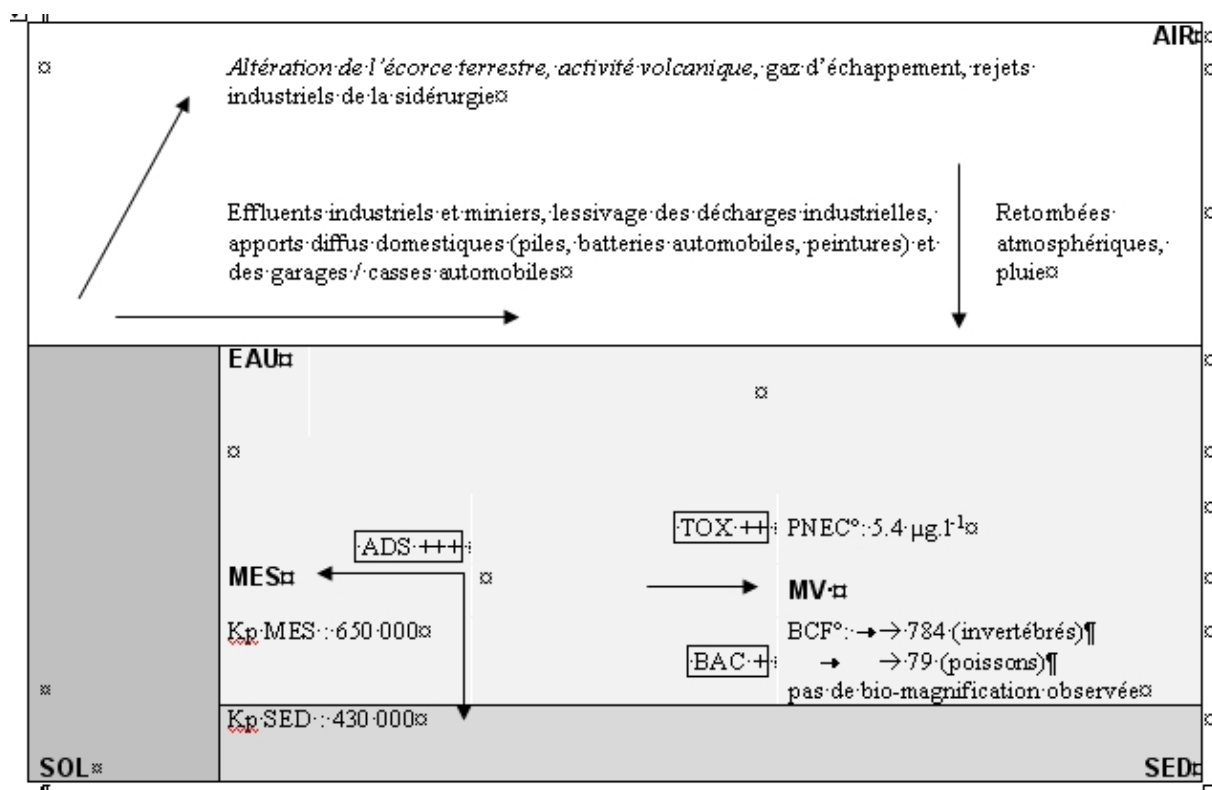
Le cadmium est mesuré en milieu marin dans le cadre des réseaux de surveillance de l'IFREMER (RNOMV, RNOSED, RINBIO) et du REPOM (le cadmium est présent dans les peintures anti-salissures). En outre, les teneurs en cadmium dans le sédiment ont été mesurées le long d'un transect Marseille-Fos en 1999.

Le suivi des teneurs en cadmium dans les tissus de moules révèle une légère augmentation depuis 1995, alors qu'elles avaient diminué depuis 1980.

Compte tenu des voies préférentielles de contamination par le cadmium, il serait intéressant de le mesurer en entrée et sortie de la station d'épuration marseillaise.

Plomb (Pb)

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : INERIS (2002), fiche du plomb (document interne) | IFREMER (1993) Le plomb en milieu marin, Repères Océan, n°3-1993 | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

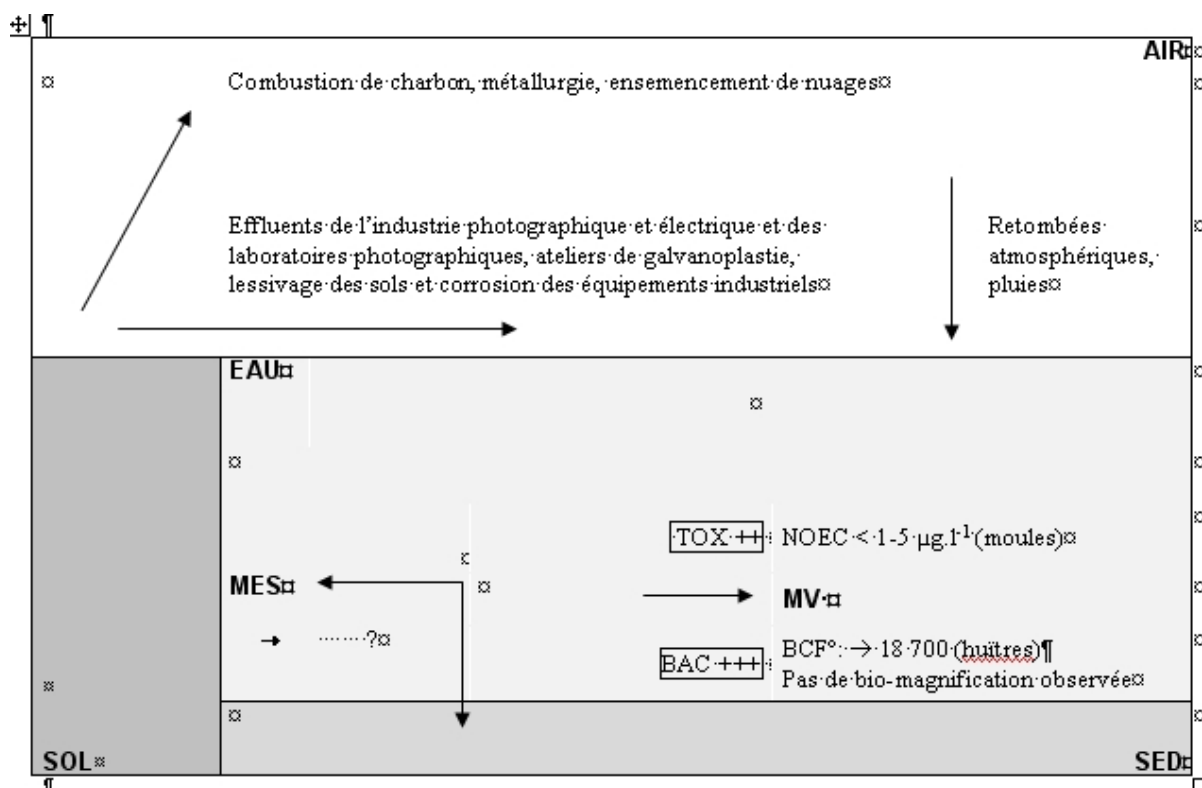
Pour ce qui est des principaux rejets marseillais, le plomb est mesuré dans les cours d'eau par la DDE et dans l'Huveaune par l'Agence de l'Eau RMC. La SERAM l'a également dosé dans les eaux pluviales urbaines et l'Agence de l'Eau, dans son évaluation des flux d'apports polluants à la Méditerranée, traite également des apports pluviaux urbains en plomb. La mesure en routine du plomb est réalisée à la demande de la DRIRE pour PMA. Il a été mesuré inopinément dans les effluents d'Atofina, qui en rejette 6 kg/an. Le plomb a également été dosé dans les sédiments situés en aval des deux friches industrielles. En outre, des mesures ponctuelles complémentaires seront menées en 2004 par la DRIRE dans les effluents des principales ICPE de l'agglomération. Le plomb est mesuré en milieu marin dans le cadre des réseaux de surveillance de l'IFREMER (RNOMV, RNOSED, RINBIO) et du REPOM (il intervient dans la composition des peintures des coques). Les teneurs en plomb dans le sédiment ont été mesurées le long d'un transect Marseille-Fos en 1999. Sa répartition dans le sédiment a été mesurée en 1985 en baie de Marseille) et a dû faire l'objet d'une synthèse sur tout le littoral méditerranéen.

Le suivi des teneurs en plomb effectué par l'IFREMER dans les tissus de moules révèle une nette diminution (50%) en baie de Marseille depuis 1980.

Compte tenu des voies préférentielles de contamination par le plomb, il pourrait être intéressant de le mesurer en entrée et sortie de la station d'épuration urbaine, et au niveau des exutoires pluviaux et surverses d'orage.

Argent (Ag)

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : OMS, 2002 : Silver and silver compounds : environmental aspects. Concise International Chemical Assessment | Jorgensen et al, ECOTOX - Ecological Modelling and Ecotoxicology (Cd-Rom)

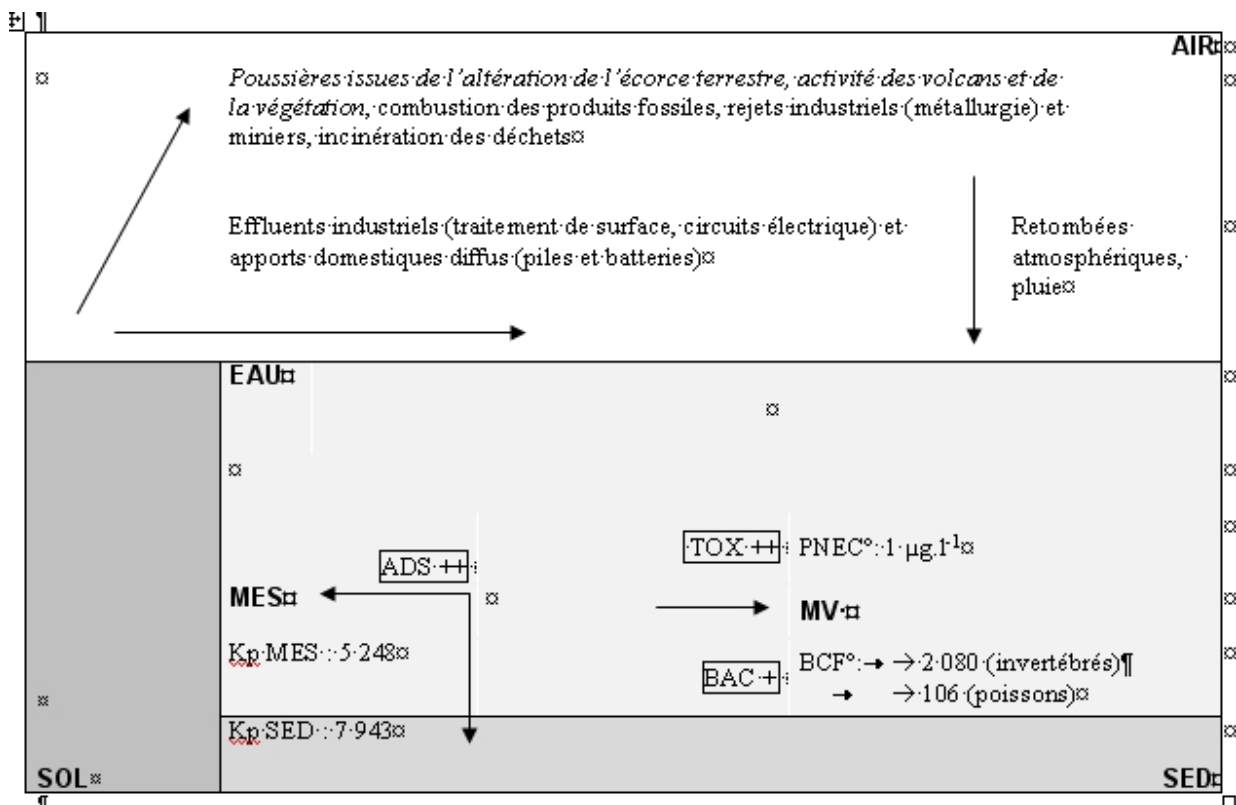
Pour ce qui est des voies de contamination, l'argent a pu être mis en évidence dans les rejets d'Atofina lors de contrôles inopinés. Cependant, le métal n'est pas mesuré aux autres points d'apports potentiels.

L'argent n'est pas pris en compte dans la surveillance du milieu marin. Ils n'a pas non plus fait l'objet d'études particulières en baie de Marseille.

Compte tenu du manque d'information quant à sa présence en baie de Marseille, il semble primordial de dresser un état des lieux de la contamination des eaux côtières par ce métal. Ensuite, compte tenu des résultats obtenus et des voies préférentielles de contamination exposées plus haut, il pourrait faire l'objet de mesures dans les effluents industriels et en entrée / sortie de la station d'épuration marseillaise.

Nickel (Ni)

Voies de contamination et comportement général en milieu marin



Sources : EU (2002), Risk Assessment Report of nickel, draft of May 2002, Denmark | INERIS (2002), Nickel (document interne) | ARC (2002), Evaluation des seuils de qualité pour le nickel (document interne) | Kennish M. J., 1992. Ecology of Estuaries : Anthropogenic Effects.

Pour ce qui est des principaux rejets marseillais, le nickel est mesuré dans les cours d'eau par la DDE et dans l'Huveaune par l'Agence de l'Eau RMC. Mis en évidence dans les effluents d'Atofina lors de contrôles inopinés, il sera également dosé dans les effluents industriels des autres principales ICPE de l'agglomération dans le cadre de l'action nationale menée par la DRIRE.

Le nickel est surveillé en milieu marin dans le cadre du REPOM et du RINBIO. Les teneurs en nickel dans le sédiment ont été mesurées le long d'un transect Marseille-Fos en 1999.

Les résultats de la campagne RINBIO 2000 met en évidence des teneurs en nickel en baie de Marseille du même ordre de grandeur que celles du littoral méditerranéen.

Compte tenu des voies préférentielles de contamination par ce métal, il pourrait être intéressant de le doser en entrée et sortie de la station d'épuration afin de quantifier les apports domestiques diffus.