

CENTRE DE TRAITEMENT MULTIFILIERES
DE DÉCHETS MÉNAGERS DE FOS-SUR-MER



SUIVI DU MILIEU MARIN

RAPPORT

ANNÉE 2010



Mai 2011



Cabinet A. RAMADE/Gérim
36, Av. Pasteur - 13890 MOURIES

* SOMMAIRE *



* SOMMAIRE *

I - CONTENU ET OBJECTIFS DU PROGRAMME	1
II - DÉROULEMENT DES CAMPAGNES DE PRÉLÈVEMENTS	2
2.1. PÉRIODES	
2.2. CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENT	
2.2.1. Hydrologie – hydrochimie	
2.2.2. Sédiments	4
2.2.3. Moules	6
2.2.4. Poissons	8
2.3. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSES	10
2.3.1. Préparation	
2.3.2. Analyses	11
III - RÉSULTATS BRUTS	12
IV - HYDROCHIMIE	17
4.1. SENSIBILITÉ ANALYTIQUE ET RÉFÉRENCES	18
4.2. CARACTÉRISTIQUES HYDROLOGIQUES DES STATIONS	19
4.2.1. Campagne du 1er avril 2010	
4.2.2. Campagne du 17 juin 2010	
4.2.3. Campagne du 3 septembre 2010	20
4.2.4. Campagne du 12 Novembre 2010	22
4.3. CARBONE ORGANIQUE TOTAL	24
4.4. MERCURE	26
4.5. CADMIUM	28
4.6. NICKEL	30
4.7. PLOMB	32
4.8. CHROME	34
4.9. ZINC	36



4.10. CUIVRE	38
4.11. ARSENIC	40
4.12. ALUMINIUM	42
4.13. PCDD/F	44
4.13.1. Teneurs	
4.13.2. I-TEQ.....	46
4.14. DL-PCB	48
4.14.1. Teneurs	
4.14.2. I-TEQ.....	50
V - SÉDIMENT	52
5.1. FRACTION PÉLITIQUE	
5.2. CARBONE ORGANIQUE TOTAL	56
5.3. ALUMINIUM	58
5.4. MERCURE	60
5.5. CADMIUM.....	62
5.6. NICKEL	64
5.7. PLOMB	66
5.8. CHROME	68
5.9. ZINC	70
5.10. CUIVRE	72
5.11. ARSENIC	74
5.12. DIOXINES ET FURANNES	76
5.13. DL-PCB	80
VI - MATIÈRE VIVANTE	84
6.1. MERCURE	
6.1.1. Dans les moules	
6.1.2. Dans les poissons	86
6.2. CADMIUM.....	88
6.2.1. Dans les moules	
6.2.2. Dans les poissons	90



6.3. NICKEL	92
6.3.1. Dans les moules	
6.3.2. Dans les poissons	94
6.4. PLOMB	96
6.4.1. Dans les moules	
6.4.2. Dans les poissons	98
6.5. ZINC	100
6.5.1. Dans les moules	
6.5.2. Dans les poissons	102
6.6. CHROME	104
6.6.1. Dans les moules	
6.6.2. Dans les poissons	107
6.7. ARSENIC	108
6.7.1. Dans les moules	
6.7.2. Dans les poissons	110
6.8. ALUMINIUM	112
6.8.1. Dans les moules	
6.8.2. Dans les poissons	114
6.9. CUIVRE	116
6.9.1. Dans les moules	
6.9.2. Dans les poissons	118
6.10. PCDD/FS (POIDS EN VALEUR ABSOLUE)	120
6.10.1. Dans les moules	
6.10.2. Dans les Poissons	124
6.11. PCDD/FS (EN I-TEQ)	126
6.11.1. Dans les moules	
6.11.2. Dans les poissons	128
6.12. DL-PCB (POIDS EN VALEUR ABSOLUE)	130
6.12.1. Dans les moules	
6.12.2. Dans les poissons	132
6.13. DL-PCB (EN I-TEQ)	134
6.13.1. Dans les moules	
6.13.2. Dans les poissons	136



..... * Centre de Traitement Multifilières de Déchets Ménagers de Fos-sur-Mer*
..... - Suivi du milieu marin : année 2010 -
.....

*** RAPPORT ***



I - CONTENU ET OBJECTIFS DU PROGRAMME

- ☞ Ce premier suivi annuel du milieu marin comporte, conformément au programme d'autosurveillance de l'unité, quatre campagnes saisonnières et concerne quatre matrices : l'eau, les sédiments, les moules et les poissons. Il porte sur un maillage de stations serré et étendu (couvrant toute la moitié occidentale du golfe de Fos), comme représenté sur la planche portée en fin de rapport (carte de localisation en A3, à déplier).
- ☞ La liste des paramètres chimiques analysés est large. Elle inclut, notamment, les paramètres de normalisation, les éléments trace (métaux, arsenic...), les dioxines et les PCB « *dioxin like* ». Le traitement et l'interprétation des données recueillies sur les moules et les poissons visent une évaluation de la qualité environnementale des milieux.
- ☞ Il s'agit donc d'un programme qui tend à l'exhaustif, dans le but de créer un cadre de caractérisation des futurs résultats. Dans ce sens, il vient compléter et préciser les « points zéro » et « zéro bis », états de référence réalisés respectivement en 2005 et 2009.
- ☞ Un autre sous-produit de cette démarche est d'apporter les connaissances nécessaires pour adapter les suivis ultérieurs aux réalités du site. En effet, dès 2011, le programme annuel doit être allégé (une seule campagne annuelle prévue par le programme d'autosurveillance).



II - DÉROULEMENT DES CAMPAGNES DE PRÉLEVEMENTS

2.1. PÉRIODES

☞ Les campagnes de prélèvements d'eau et de sédiments ont été réalisées les :

- ✓ 1er et 2 avril
- ✓ 17 et 18 juin
- ✓ 3 et 13 octobre
- ✓ 11 et 12 novembre

☞ Les prélèvements de moules et les pêches ont été effectués dans la même semaine que les campagnes hydro-sédimentologiques.

2.2. CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENT

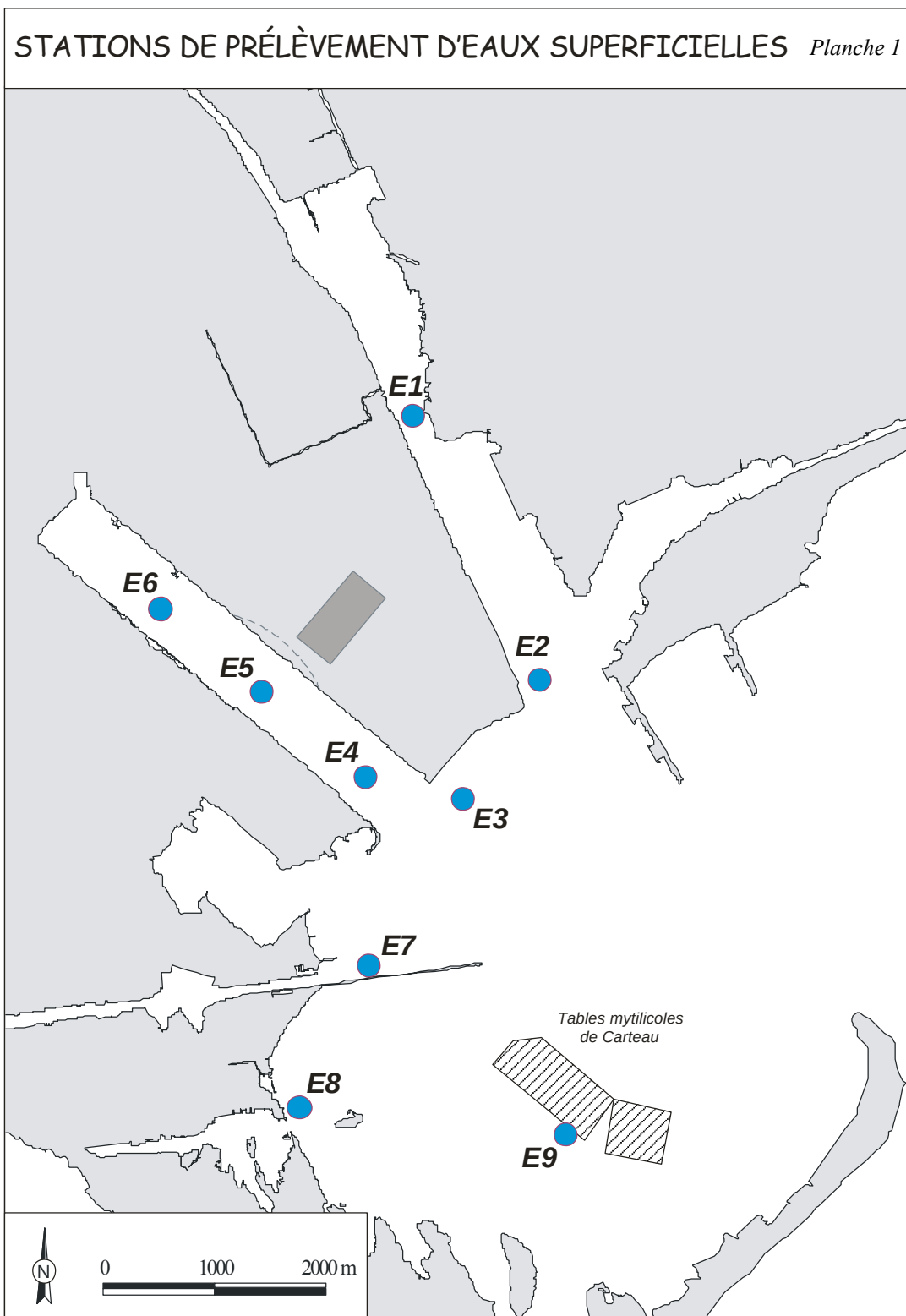
2.2.1. HYDROLOGIE - HYDROCHIMIE

☞ La planche 1 localise les 9 stations de prélèvement d'eaux superficielles. Ces stations sont celles identifiées par le programme de suivi, qui ont déjà été échantillonnées en 2009, lors du point « zéro prime ».

☞ Leur localisation, en WGS84, est reportée dans le tableau ci-après.

Stations	Coordonnées	
	Latitude	Longitude
E1	N 43° 26'. 086	E 04° 51'. 816
E2	N 43° 24'. 783	E 04° 52'. 627
E3	N 43° 24'. 324	E 04° 51'. 748
E4	N 43° 24'. 361	E 04° 51'. 791
E5	N 43° 24'. 790	E 04° 51'. 013
E6	N 43° 25'. 138	E 04° 50'. 455
E7	N 43° 23'. 373	E 04° 51'. 537
E8	N 43° 22'. 681	E 04° 51'. 065
E9	N 43° 22'. 605	E 04° 53'. 077

TABLEAU 1 : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES (WGS 84) DES STATIONS DE PRÉLÈVEMENT D'EAUX SUPERFICIELLES





- ☞ Les prélèvements d'eau ont été méticuleusement réalisés selon une procédure limitant les risques de contamination externe (bateau au mouillage, moteur arrêté, après stabilisation et renouvellement du milieu durant plus de 10 minutes, ouverture et fermeture des flacons à la profondeur d'échantillonnage...). Ces prélèvements superficiels (40 - 50 cm de profondeur) n'ont pas posé de problème particulier. Ils ont été accompagnés de la saisie des métadonnées indispensables à l'exploitation des résultats d'hydrochimie (température, salinité, mais aussi et surtout courant régnant à la profondeur de mesure). Ces données d'environnement ont été mesurées par un courantographe Doppler AANDERAA RCM9, équipé des sondes idoines.

2.2.2. SÉDIMENTS

- ☞ La planche 1 localise les 12 stations de prélèvement de sédiments, identiques, pour neuf d'entre elles, aux stations d'hydrochimie. Trois stations supplémentaires (S10, 11 et 12), situées en entrée de la Darse 3 et derrière la Gracieuse, complètent le réseau. Ces stations sont, elles aussi, identiques à celles mesurées par le point « zéro prime » de 2009.
- ☞ La localisation, en WGS84, de ces trois stations est reportée dans le tableau suivant :

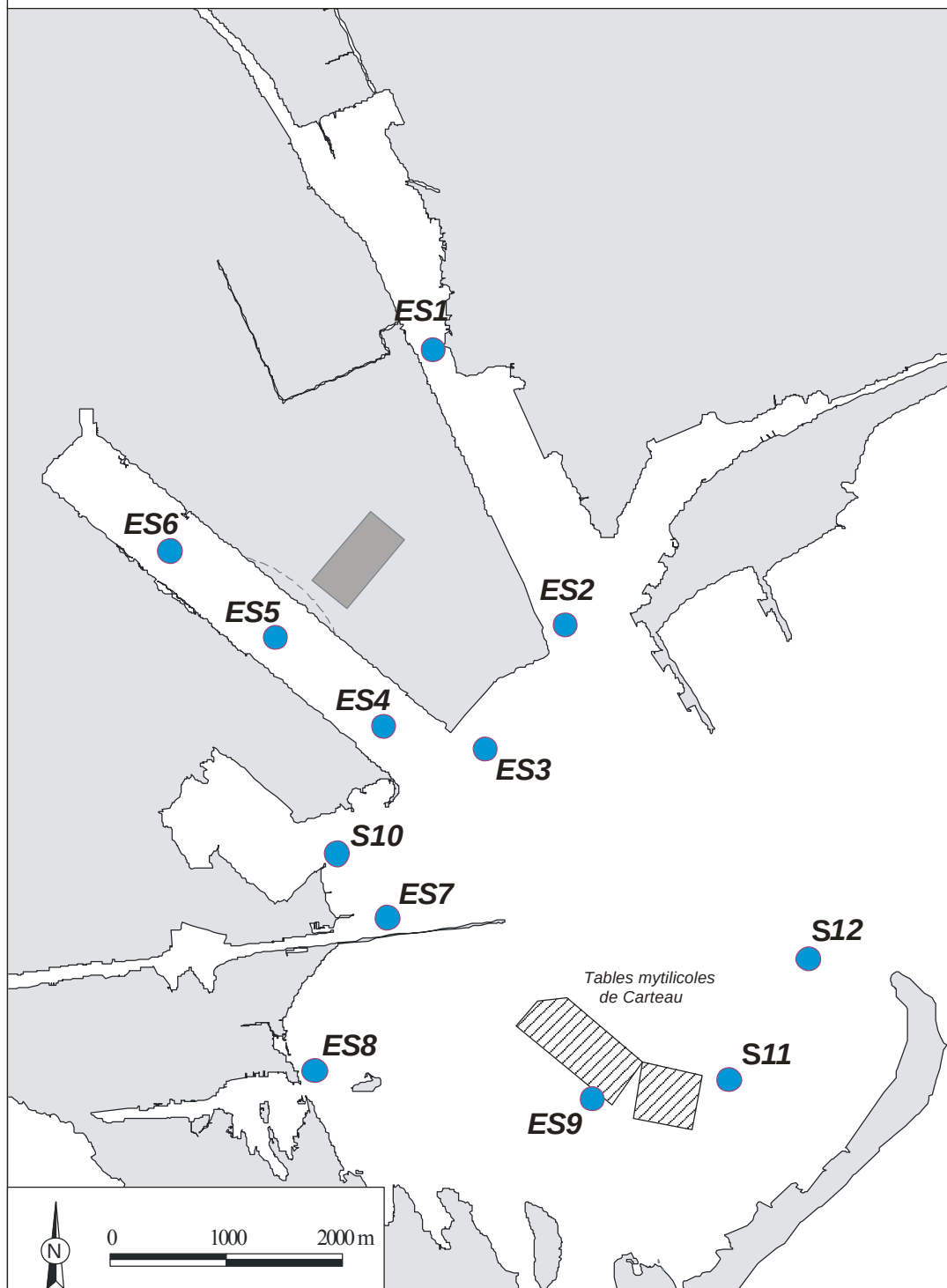
Stations	Coordonnées	
	Latitude	Longitude
ES10	N 43° 23'. 710	E 04° 51'. 816
ES11	N 43° 22'. 612	E 04° 53'. 665
ES12	N 43° 23'. 219	E 04° 54'. 191

TABEAU 2 : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES (WGS 84) DES STATIONS DE PRÉLÈVEMENT DE SÉDIMENT

- ☞ Les sédiments ont été prélevés à la benne « *Orange Peel* » (avec mise en œuvre d'un bateau équipé d'un mât de charge et d'un treuil), y compris sur les sites à très faible hauteur d'eau (canal Saint-Antoine par exemple) afin d'homogénéiser les conditions de collecte des échantillons. Cette benne, bien adaptée aux vases portuaires, prélève une épaisseur de sédiments superficiels de l'ordre de 15 à 20 cm et réduit les risques de lessivage des fines lors de la remontée de l'échantillon en surface.



STATIONS DE PRÉLÈVEMENT DE SÉDIMENT *Planche 2*





2.2.3. MOULES

- ☞ Les 9 sites de prélèvement de moules sont l'homologue des stations communes eaux/sédiments et portent le même numéro qu'elles : elles sont situées à la côte, au droit des points localisés planche 1.
- ☞ Leur positionnement est porté au tableau 3 (WGS 84), étant entendu que les sites de cueillette ne sont pas ponctuels : Il a parfois été nécessaire d'explorer un linéaire littoral de 100 mètres pour parvenir à constituer un échantillon.

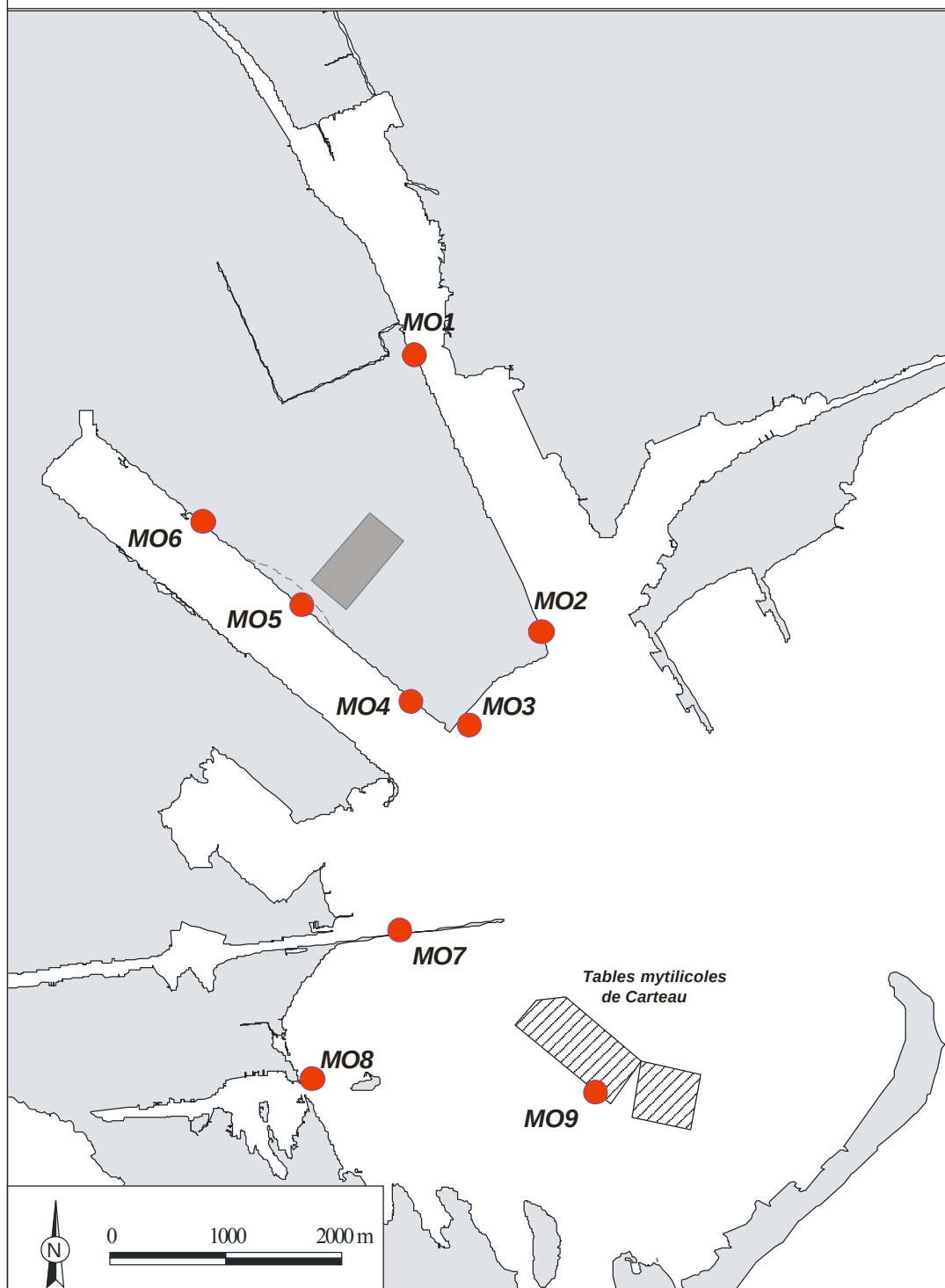
Stations	Coordonnées	
	Latitude	Longitude
MO1	N 43° 26'. 072	E 04° 51'. 760
MO2	N 43° 24'. 765	E 04° 52'. 557
MO3	N 43° 24'. 349	E 04° 52'. 055
MO4	N 43° 24'. 389	E 04° 51'. 824
MO5	N 43° 24'. 625	E 04° 51'. 454
MO6	N 43° 25'. 149	E 04° 50'. 638
MO7	N 43° 23'. 349	E 04° 51'. 540
MO8	N 43° 22'. 676	E 04° 51'. 032
MO9	N 43° 22'. 603	E 04° 53'. 054

TABLEAU 3 : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES (WGS 84) DES STATIONS DE PRÉLÈVEMENT DE MOULES

- ☞ Les moules ont été collectées, selon les sites, à pied, depuis un bateau ou en plongée autonome.
- ☞ Il s'agit du matériel dont l'échantillonnage a été le plus problématique. En effet, les gisements naturels visités semblent avoir été sensibles aux travaux réalisés dans les darses (dragage de la Darse 2 pour les gisements des stations MO4, 5 et 6, construction d'un ouvrage de rejet pour les moules de la station MO2...). Les surexploitations, par cueillette, des sites accessibles à pied sont aussi une cause d'épuisement des gisements (station MO8). En conséquence, il n'a pas été possible d'échantillonner les stations MO1, 3, 5 et 6 lors de la troisième campagne et la station MO8 lors de la quatrième. Par ailleurs, les lots constitués en fin d'année sont parfois plus hétérogènes qu'il n'est souhaitable. Les résultats de biométrie (évaluation d'un indice de condition physiologique des individus, ou « indice de remplissage » des moules) traduisent cette variabilité. Ils permettent aussi d'en tenir compte dans l'interprétation des résultats (voir paragraphe 2.3.1.).



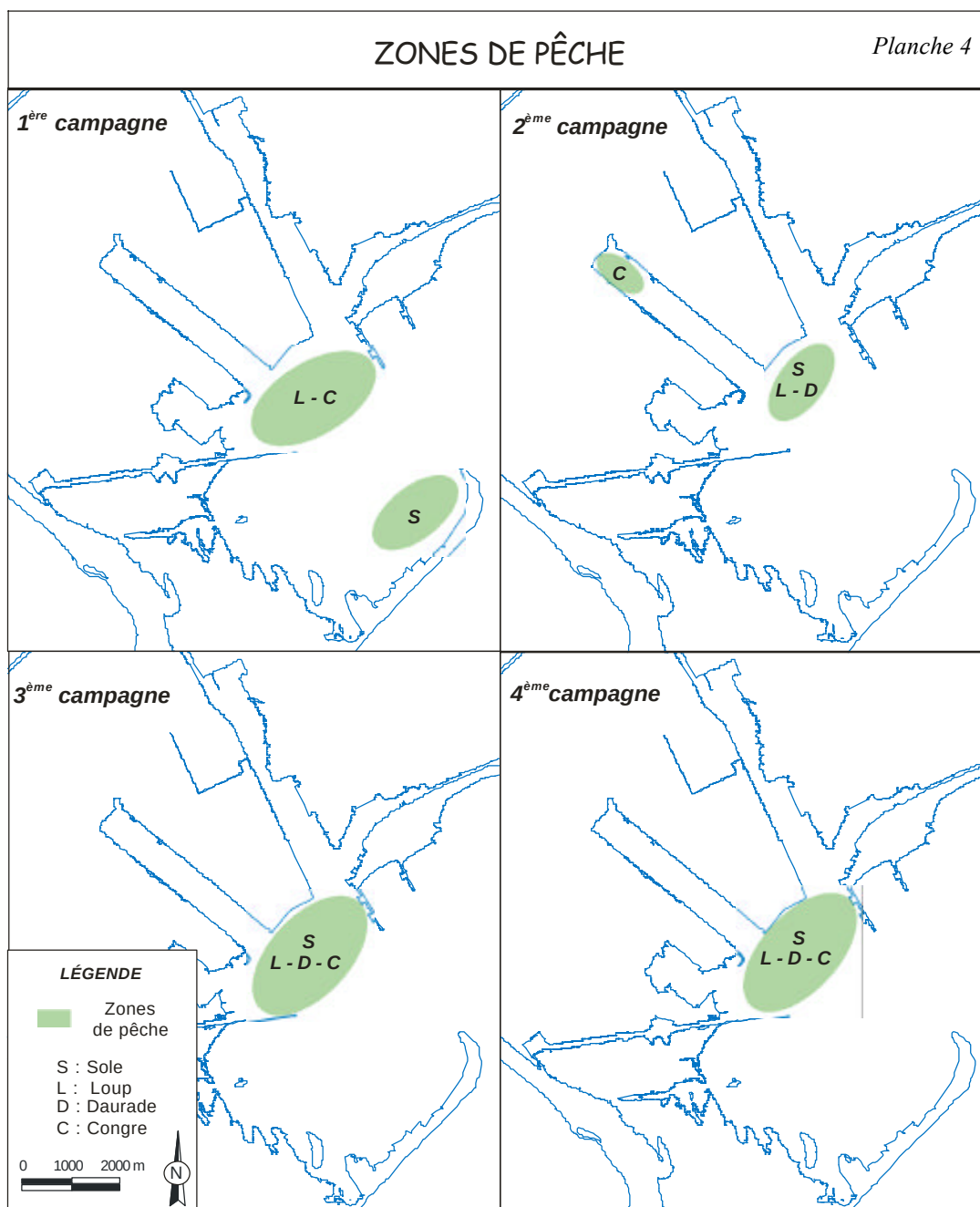
STATIONS DE PRÉLÈVEMENT DE MOULES *Planche 3*





2.2.4. POISSONS

- ☞ Les trois espèces de poissons initialement retenues sont la sole (déjà intégrée aux programmes de 2005 et 2009), le loup (prélevé en 2009) et le congre. À partir de la deuxième campagne, on a étendu le prélèvement à la dorade, autre poisson classé parmi les « prédateurs », exploité dans le golfe de Fos.
- ☞ Les pêches ont été réalisées au filet calé (sole, loup, dorade) et à la palangre (congre) dans le golfe (anse du Repos et Caban Sud) ainsi qu'en Darse 2 (voir localisations, planche 4).





2.3. PRÉPARATION DES ÉCHANTILLONS ET ANALYSES

2.3.1. PRÉPARATION

Eaux

Les eaux sont, lors du prélèvement, conditionnées dans les flacons *ad hoc*, fournis et préparés par le laboratoire (5 flacons par prélèvement). Ils sont immédiatement mis en glacière à bord.

Sédiments

Les analyses portant sur le sédiment frais, les échantillons ne nécessitent aucune préparation préalable.

Moules

Les moules prélevées ont été mises en stabulation durant 48 h dans de l'eau de mer recueillie sur le site afin qu'elles se débarrassent des fécès et pseudo-fécès pouvant modifier les résultats de l'analyse chimique. Chaque échantillon est ensuite séparé, à l'aveugle, en :

- ✓ Un lot de 50 individus destinés à l'analyse chimique,
- ✓ Un lot de 15 moules sur lesquelles sont effectuées des mesures biométriques individuelles : longueur, poids de la coquille humide/sèche, poids de la chair fraîche/sèche et calcul de l'indice de condition (voir annexe 1 pages A1 à A19).



Poissons

- ☞ L'échantillonnage comprend généralement quatre individus par espèce et par station, poolés pour un poids total excédant le kilo, hormis pour la sole (pool de 700 g environ) et le congre (un seul poisson par station).
Les données biométriques sont portées en annexe 3 sur les tableaux 13, 23, 31 et 41.
- ☞ L'analyse porte uniquement sur la chair : après avoir détaché les filets, ces derniers sont pelés (en raclant la peau pour prélever la couche adipeuse qui y adhère). L'échantillon est, en suite, composé de fractions aliquotes des filets préparés (5 à 6 sous-échantillons).

2.3.2. ANALYSES

- ☞ Les analyses ont été réalisées par le Laboratoire de Rouen, laboratoire agréé COFRAC (voir annexes 1 p. A1).
- ☞ Les méthodes analytiques sont portées en annexe 1 p. A2.



III - RÉSULTATS BRUTS

Campagnes		ES1					ES2					ES3				
		2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4
COT	mg(C)/L	4,2	1,9	2,8	2,4	2,4	1,9	1,6	2,0	3,4	2,1	3,0	1,3	1,6	2,3	1,1
Aluminium	µg/L	< 500	24,0	22,0	8,0	32,0	< 500	22,0	11,0	< 5,0	19,0	< 500	27,0	16,0	< 5,0	14,0
Arsenic	µg/L	< 25	1,0	2,0	1,0	1,0	< 25,0	1,0	1,0	1,0	2,0	< 25,0	2,0	1,0	1,0	2,0
Cadmium	µg/L	< 2,5	0,30	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2,5	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2,5	0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chromé	µg/L	< 25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cuivre	µg/L	< 15,0	3,2	1,4	0,6	1,0	< 15,0	1,4	0,7	< 0,5	0,8	< 15,0	1,4	< 0,5	< 0,5	1,7
Mercuré	µg/L	< 0,2	0,015	0,017	< 0,005	< 0,005	< 0,2	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,2	0,013	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Nickel	µg/L	< 25	0,6	0,9	0,7	0,7	< 25,0	0,7	0,5	0,6	< 0,5	< 25,0	0,6	0,5	< 0,5	0,7
Plomb	µg/L	< 25	0,3	0,4	< 0,2	< 0,2	< 25,0	0,2	0,3	< 0,2	< 0,2	< 25,0	0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zinc	µg/L	< 50	12,6	10,0	< 5,0	7,0	< 50	9,7	10,0	< 5,0	6,0	< 50	8,0	6,0	< 5,0	2,5
Somme PCDD/F	pg/L	31,8	14,1	< 12,0	< 12,0	13,1	31,8	14,1	24,1	< 12,0	< 12,0	31,8	12,0	35,7	< 12,0	15,9
Somme PCB-DL	pg/L	1163	550	1030	327	436	1163	360	841	391	68144	1163	280	1014	427	22
Somme PCDD/F	TEQ pg/L	5,8	0,3	< 2,0	< 2,0	2,1	5,8	0,3	2,1	< 2,0	< 2,0	5,8	0,3	2,0	< 2,0	2,0
Somme PCB-DL	TEQ pg/L	3,34	0,61	0,13	0,07	0,11	3,34	0,59	0,15	0,07	11,70	3,34	0,58	0,17	0,08	0,03

Campagnes		ES4					ES5					ES6				
		2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4
COT	mg(C)/L	3,1	1,2	1,6	1,6	1,6	2,9	1,4	1,7	1,7	1,6	2,4	1,2	1,2	1,8	1,6
Aluminium	µg/L	< 500	26,0	10,0	< 5,0	34,0	< 500	36,0	13,0	< 5,0	27,0	< 500	28,0	10,0	6,0	38,0
Arsenic	µg/L	< 25	1,0	2,0	1,0	2,0	< 25,0	1,0	2,0	2,0	2,0	< 25,0	1,0	1,0	2,0	2,0
Cadmium	µg/L	< 2,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2,5	0,1	< 0,1	0,1	0,1	< 2,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Chromé	µg/L	< 25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cuivre	µg/L	< 15,0	0,8	0,5	< 0,5	2,7	< 15,0	0,9	0,6	< 0,5	0,9	< 15,0	0,8	0,5	0,5	0,8
Mercuré	µg/L	< 0,2	0,076	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,2	0,015	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,2	0,015	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Nickel	µg/L	< 25	< 0,5	0,6	0,6	0,7	< 25,0	0,6	0,6	0,6	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plomb	µg/L	< 25	0,2	< 0,2	< 0,2	0,6	< 25,0	0,3	< 0,2	< 0,2	0,8	< 25,0	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,6
Zinc	µg/L	< 50	9,1	8,0	< 5,0	18,0	< 50	8,5	12,0	< 5,0	16,0	< 50	7,4	5,0	< 5,0	12,0
Somme PCDD/F	pg/L	31,8	13,1	29,7	< 12,0	< 12,0	31,8	14,1	24,0	< 12	12,5	31,8	17,1	87,0	< 12	11,9
Somme PCB-DL	pg/L	1163	630	1377	537	3	1163	320	1191	437	3	1163	690	1572	587	3
Somme PCDD/F	TEQ pg/L	5,8	0,3	2,3	< 2,0	< 2,0	5,8	0,3	2,0	< 2,0	2,0	5,8	0,3	2,2	< 2,0	2,0
Somme PCB-DL	TEQ pg/L	3,34	0,62	0,22	0,09	0,03	3,34	0,59	0,19	0,08	0,03	10,60	0,62	0,24	0,09	0,03

Campagnes		ES7					ES8					ES9				
		2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4	2009	1	2	3	4
COT	mg(C)/L	2,6	1,5	1,6	1,8	1,8	4,0	2,7	2,5	1,9	2,3	4,1	1,7	1,1	2,2	1,6
Aluminium	µg/L	< 500	18,0	14,0	< 5,0	17,0	< 500	45,0	15,0	< 5,0	22,0	< 500	14,0	15,0	6,0	20,0
Arsenic	µg/L	< 25	1,0	2,0	2,0	2,0	< 25,0	< 1	2,0	1,0	2,0	< 25,0	1,0	2,0	2,0	2,0
Cadmium	µg/L	< 2,5	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 2,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 2,5	0,8	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Chromé	µg/L	< 25	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 25,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,8
Cuivre	µg/L	< 15,0	1,5	0,8	0,8	1,1	< 15,0	1,1	1,4	0,9	0,8	< 15,0	0,6	0,6	0,7	0,7
Mercuré	µg/L	< 0,2	0,011	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,2	0,008	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,2	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Nickel	µg/L	< 25	0,6	0,7	0,5	0,5	< 25,0	0,9	0,7	0,7	< 0,5	< 25,0	0,5	0,6	0,6	0,6
Plomb	µg/L	< 25	0,7	0,3	< 0,2	< 0,2	< 25,0	0,3	0,3	< 0,2	< 0,2	< 25,0	< 0,2	0,3	< 0,2	0,6
Zinc	µg/L	< 50	8,2	6,0	< 5,0	< 5,0	< 50	9,1	5,0	< 5,0	< 5,0	< 50	6,2	7,0	< 5,0	14,0
Somme PCDD/F	pg/L	31,8	10,1	< 12,0	< 12,0	14,1	50,8	15,9	< 12,0	< 12,0	12,8	31,8	13,7	< 12,0	< 12,0	17,1
Somme PCB-DL	pg/L	1163	522	927	649	3	1163	490	771	533	3	1163	290	910	444	233
Somme PCDD/F	TEQ pg/L	5,8	0,3	< 2,0	2,1	2,0	5,8	0,3	< 2,0	2,1	2,0	5,8	0,3	< 2,0	2,1	2,2
Somme PCB-DL	TEQ pg/L	10,60	0,62	0,17	0,10	0,03	10,60	0,61	0,13	0,09	0,03	10,60	0,59	0,16	0,08	0,05

TABLEAU 4 : HYDROCHIMIE

1 : 01/04/2010 ; 2 : 17/06/2010 ; 3 : 03/09/2010 ; 4 : 12/11/2010



Campagnes		ES1						ES2						ES3					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Fraction < 63 µm	%	82.2	79.9	84.4	84.6	86.8	83.5	88.4	48.6	92.5	90.7	93.7	95.2	75.9	63.1	48.8	16.8	97.7	19.7
COT	% m/m	4.2	3.8	3.3	3.0	3.3	3.4	3.3	1.2	3.2	2.7	2.9	2.8	3.8	0.5	0.5	0.3	0.7	0.3
Aluminium	g/kg	41.0	7.7	49.8	48.9	48.2	47.7	42.6	15.0	56.5	56.9	54.2	52.5	43.3	7.9	42.2	38.0	40.1	39.3
Arsenic	mg/kg	12.5	11.0	11.2	11.3	10.9	11.2	12.6	12.0	13.8	12.8	15.9	14.7	12.8	12.0	11.0	11.1	10.1	9.9
Cadmium	mg/kg	0.1	<0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	<0.5	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	<0.5	0.1	0.1	0.1	0.1
Chrome	mg/kg	76	43	79	81	77	76	74	62	90	89	82	78	76	24	42	42	45	40
Cuivre	mg/kg	19.6	56.0	28.0	30.0	28.0	26.0	18.8	33.0	29.0	33.0	27.0	26.0	13.3	16.0	10.0	12.0	11.0	7.0
Mercur	mg/kg	0.19	0.20	0.17	0.14	0.15	0.15	0.22	0.10	0.19	0.15	0.17	0.17	0.11	<0.1	0.03	<0.02	0.03	0.01
Nickel	mg/kg	32	25	35	37	36	37	30	20	33	34	34	34	29	22	21	19	22	18
Plomb	mg/kg	33.8	43.0	46.0	36.0	33.0	32.0	30.7	32.0	45.0	32.0	30.0	30.0	25.4	19.0	28.0	15.0	18.0	13.0
Zinc	mg/kg	83	97	111	118	107	106	71	69	104	106	97	97	62	58	57	51	58	46
Somme PCDD/F	pg/g	2.25	1.27	1.94	2.06	3.05	2.94	2.90	1.33	1.71	1.62	2.00	2.04	1.45	0.44	0.18	0.07	0.25	0.05
Somme PCB-DL	pg/g	4.17	2.82	3.00	3.08	4.72	3.24	4.30	1.89	3.24	2.71	4.09	3.68	2.83	0.81	0.42	1.84	1.57	0.39
Somme PCDD/F	TEQ pg/g	12.9	7.4	11.5	7.4	9.5	9.7	15.3	3.3	12.1	7.6	5.1	8.2	8.1	0.9	1.8	0.5	0.4	0.1
Somme PCB-DL	TEQ pg/g	1.98	1.64	1.75	1.42	2.19	1.89	1.79	0.83	2.40	1.18	1.83	1.30	1.71	0.13	0.10	0.21	0.37	0.48

Campagnes		ES4						ES5						ES6					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Fraction < 63 µm	%	89.3	53.6	91.6	87.7	97.7	84.7	73.7	80.9	67.9	81.2	84.1	82.3	85.1	93.6	61.4	78.3	71.5	71.5
COT	% m/m	1.0	1.9	1.2	1.1	1.0	1.1	1.0	2.6	0.9	0.8	1.0	0.9	1.1	1.9	0.5	0.7	0.9	0.9
Aluminium	g/kg	46.0	6.3	50.2	44.9	52.2	47.1	42.8	7.9	42.8	46.1	46.6	43.3	46.2	8.6	38.8	47.9	44.1	47.6
Arsenic	mg/kg	13.4	15.0	15.2	14.0	13.2	13.7	12.9	16.0	10.0	13.7	13.6	11.7	13.9	14.0	8.6	11.4	11.5	12.2
Cadmium	mg/kg	0.1	<0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.5	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.5	0.1	0.4	0.1	0.1
Chrome	mg/kg	62	22	60	58	65	57	56	34	35	56	55	55	66	24.0	35	60	58	58
Cuivre	mg/kg	15.4	14.0	21.0	23.0	24.0	18.0	13.2	26.0	14.0	20.0	18.0	15.0	16.1	19.0	12.0	21.0	18.0	17.0
Mercur	mg/kg	0.08	<0.1	0.08	0.07	0.05	0.07	0.06	<0.1	<0.02	0.04	0.05	0.03	0.12	<0.1	<0.02	0.02	0.03	0.04
Nickel	mg/kg	28	21	30	27	33	29	26	35	26	29	28	29	29	29	24	31	29	29
Plomb	mg/kg	24.5	17.0	34.0	22.0	25.0	21.0	20.6	17.0	25.0	16.0	18.0	14.0	27.7	19.0	26.0	18.0	17.0	17.0
Zinc	mg/kg	58	55	78	75	78	73	55	52	58	65	68	61	71	56	48	67	64	67
Somme PCDD/F	pg/g	0.39	0.82	0.77	0.68	0.24	0.54	0.43	0.12	0.11	0.09	0.27	0.08	1.21	0.16	0.06	0.03	0.12	0.20
Somme PCB-DL	pg/g	0.88	0.53	1.01	2.78	2.11	1.61	1.12	0.32	0.22	2.02	1.45	0.51	1.78	0.32	0.14	2.77	1.15	0.12
Somme PCDD/F	TEQ pg/g	2.3	2.2	4.1	1.4	0.5	2.2	2.8	0.2	3.6	0.4	0.6	0.1	7.7	0.2	0.5	0.0	0.2	0.9
Somme PCB-DL	TEQ pg/g	0.34	0.07	0.80	0.61	0.41	0.21	0.67	0.04	0.03	0.22	0.45	0.31	0.79	0.04	0.01	0.32	0.25	0.02

Campagnes		ES9						ES10						ES11					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Fraction < 63 µm	%	70.7	86.2	62.5	56.9	60.8	66.3		7.8	18.0	26.0	37.0	44.5		17.5	53.6	50.7	51.2	60.6
COT	% m/m	3.1	4.1	1.2	0.9	1.2	1.0		0.9	1.9	1.0	1.2	1.5		1.1	1.7	1.6	1.8	2.4
Aluminium	g/kg	40.8	9.6	44.5	43.6	44.3	43.6		4.4	45.7	42.9	45.5	44.7		5.0	42.3	41.5	41.9	41.0
Arsenic	mg/kg	12.2	11.0	8.8	8.1	8.0	8.4		9.0	18.3	14.2	14.9	16.5		10.0	8.3	7.9	8.0	10.3
Cadmium	mg/kg	0.1	<0.5	0.2	0.2	0.2	0.2		<0.5	0.1	0.1	<0.1	<0.1		<0.5	0.2	0.1	0.1	0.2
Chrome	mg/kg	64	31	54	55	52	52		15	43	47	52	51		17	47	52	51	59
Cuivre	mg/kg	25.1	30.0	18.0	19.0	16.0	15.0		6.0	13.0	15.0	14.0	13.0		11.0	17.0	18.0	17.0	21.0
Mercur	mg/kg	0.16	0.20	0.09	0.06	0.07	0.08		<0.1	0.04	0.03	0.04	0.05		<0.1	0.10	0.07	0.08	0.12
Nickel	mg/kg	27	27	25	26	26	26		15	26	23	24	26		18	24	25	23	27
Plomb	mg/kg	34.2	36.0	33.0	22.0	23.0	22.0		<10	28.0	17.0	18.0	21.0		11.0	31.0	23.0	21.0	26.0
Zinc	mg/kg	83	84	78	80	78	75		36	77	68	71	75		49	81	82	77	89
Somme PCDD/F	pg/g	1.76	1.22	1.00	0.79	0.84	0.92		0.21	0.11	0.13	0.16	0.36		0.37	1.30	0.83	0.81	1.77
Somme PCB-DL	pg/g	3.43	2.05	1.02	1.71	1.69	0.77		0.47	0.34	1.51	1.47	0.10		1.62	2.39	3.23	2.84	1.89
Somme PCDD/F	TEQ pg/g	11.4	6.4	2.8	2.6	1.3	3.6		0.3	1.8	0.9	0.8	2.1		2.1	10.6	3.9	2.9	5.9
Somme PCB-DL	TEQ pg/g	2.98	1.40	0.72	0.63	0.56	0.46		0.07	0.52	0.18	0.56	0.33		0.61	1.30	0.99	1.17	1.23

Campagnes		ES7						ES8						ES12					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Fraction < 63 µm	%	71.3	78.1	61.0	71.2	66.0	67.5		16.1	6.7	18.4	11.3	17.0		5.3	48.5	43.8	38.9	46.6
COT	% m/m	1.4	2.1	2.3	1.6	1.9	1.5		0.7	0.4	0.4	0.4	1.1		<0.2	1.8	1.4	1.7	1.6
Aluminium	g/kg	43.0	9.3	49.0	49.7	48.3	46.9		3.1	33.3	32.2	32.5	30.3		3.3	45.0	43.1	41.7	42.4
Arsenic	mg/kg	15.4	20.0	18.1	17.7	15.2	14.3		4.0	2.1	2.5	2.4	2.6		6.0	11.8	11.2	10.6	10.2
Cadmium	mg/kg	0.1	<0.5	0.1	0.1	0.1	0.1		<0.5	<0.1	0.1	0.1	0.1		<0.5	0.2	0.1	0.1	0.1
Chrome	mg/kg	62	29	58	64	61	61		12	40	43	53	58		10	40	48	51	50
Cuivre	mg/kg	14.3	26.0	23.0	26.0	21.0	19.0		5.0	5.0	6.0	6.0	8.0		5.0	17.0	18.0	16.0	16.0
Mercur	mg/kg	0.08	0.10	0.16	0.09	0.10	0.12		<0.1	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.1	0.09	0.07	0.08	0.08
Nickel	mg/kg	28	27	28	30	29	28		13	13	14	13	16		11	25	24	23	24
Plomb	mg/kg	26.4	30.0	40.0	27.0	28.0	27.0		<10	17.0	10.0	9.0	10.0		<10	29.0	22.0	21.0	21.0
Zinc	mg/kg	64	80	95	97	92	88		30	29	37	32	43		33	77	74	68	73
Somme PCDD/F	pg/g	0.22	0.49	0.46	0.68	0.69	0.31		0.27	0.05	0.05	0.04	0.07		0.15	1.31	0.73	0.87	0.93
Somme PCB-DL	pg/g	0.77	0.81	1.30	1.94	2.46	1.61		0.67	0.11	0.78	1.34	0.38		0.47	3.25	3.19	3.78	1.70
Somme PCDD/F	TEQ pg/g	8.0	1.5	11.4	5.4	2.8	6.0		0.4	0.5	0.1	0.1	0.2		0.1	7.5	3.2	1.8	4.0
Somme PCB-DL	TEQ pg/g	0.73	0.46	1.15	0.95	0.88	1.03		0.48	0.02	0.09	0.16	0.05		0.07	1.53	0.44	0.48	0.70



* Centre de Traitement Multifilières de Déchets Ménagers de Fos-sur-Mer *
- Suivi du milieu marin : année 2010 -

Campagnes		MO1						MO2						MO3					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Aluminium	mg/kg	741	147	632	226		461	319	401	799	68	146	306	394	149	379		94	294
Arsenic	mg/kg	10.9	13.2	11.8	13.1		11.7	14.0	10.4	16.8	15.0	13.9	13.2	14.4	10.9	15.2		16.6	15.5
Cadmium	mg/kg	0.59	0.26	0.63	0.79		0.90	0.68	0.25	0.72	0.41	0.35	0.67	0.64	0.23	0.52		0.46	0.65
Chrome	mg/kg	2.1	<1.0	4.0	5.7		11.2	1.5	1.5	3.0	1.8	1.1	9.1	1.3	<1.0	3.9		1.0	6.8
Cuivre	mg/kg	6.6	4.7	9.8	6.6		9.4	6.5	4.5	9.3	5.2	5.5	7.2	5.7	5.4	7.6		5.9	7.8
Mercur	mg/kg	0.13	0.05	0.16	0.02		0.09	0.17	0.03	0.18	0.05	0.06	0.08	0.16	0.04	0.17		0.10	0.10
Nickel	mg/kg	2.6	<1.0	4.6	2.7		4.5	1.7	<1.0	3.6	1.4	1.0	8.3	2.7	<1.0	3.1		1.2	5.4
Plomb	mg/kg	4.2	0.8	4.5	2.4		2.6	1.8	0.7	1.6	0.6	0.5	0.9	2.0	0.7	1.5		0.7	1.2
Zinc	mg/kg	140	137	136	149		200	153	94	271	128	150	174	173	95	195		197	204
Somme PCDD/F	pg/g sec	72.3	18.4	89.0	22.2		82.1	77.0	38.8	86.6	16.6	81.8	106.2	44.5	17.0	75.2		78.5	109.6
Somme PCB-DL	pg/g sec	10724	7555	4390	4962		5191	23935	9365	2786	4168	8704	7781	10401	6411	3575		9159	6803
Somme PCDD/F	ITEQ pg/g sec	1.4	1.1	1.5	0.8		1.0	2.0	1.2	1.7	0.8	2.1	0.8	1.6	0.5	1.3		1.7	0.8
Somme PCB-DL	ITEQ pg/g sec	4.4	6.6	3.2	3.0		2.0	12.2	7.5	1.5	2.9	4.3	4.5	5.7	6.1	2.1		5.4	5.3

Campagnes		MO4						MO5						MO6					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Aluminium	mg/kg	390	316	510	113	59	338	284	381	471	30		286	413	841	474	56		251
Arsenic	mg/kg	13.7	11.1	15.0	18.8	15.5	15.9	13.5	10.9	15.3	17.7		9.3	12.6	10.3	17.7	16.9		12.8
Cadmium	mg/kg	0.40	0.21	0.48	0.51	0.43	0.59	0.42	0.20	0.40	0.44		0.55	0.41	0.19	0.59	0.48		0.47
Chrome	mg/kg	0.7	1.3	2.3	4.5	0.8	4.0	0.8	1.0	4.1	1.1		6.3	0.9	2.3	4.3	3.9		14.1
Cuivre	mg/kg	5.1	4.3	7.6	5.4	4.4	8.4	5.2	5.4	8.5	5.2		7.6	5.7	6.1	8.8	5.7		6.9
Mercur	mg/kg	0.11	0.03	0.13	0.08	0.10	0.10	0.09	<0.025	0.14	0.07		0.09	0.12	<0.025	0.14	0.08		0.07
Nickel	mg/kg	1.3	<1.0	3.4	2.0	1.0	3.4	1.5	<1.0	4.4	1.5		3.5	1.4	1.9	3.7	1.3		2.3
Plomb	mg/kg	1.3	1.3	1.3	1.0	0.6	1.4	1.5	1.0	0.8	0.8		1.0	1.3	1.4	1.6	0.9		0.8
Zinc	mg/kg	125	85	171	187	161	214	129	84	147	156		159	172	112	231	170		198
Somme PCDD/F	pg/g sec	41.9	13.8	61.9	18.6	74.4	163.0	51.1	19.6	84.8	17.1		165.7	129.4	23.2	356.0	26.7		161.6
Somme PCB-DL	pg/g sec	13212	6787	4478	6351	10488	7709	12057	6140	4086	6915		6235	13745	5221	3368	5802		6602
Somme PCDD/F	ITEQ pg/g sec	1.3	0.5	1.6	0.9	2.5	1.3	1.5	1.1	1.6	0.9		1.5	2.5	1.1	3.9	1.2		2.3
Somme PCB-DL	ITEQ pg/g sec	7.7	6.1	3.2	5.9	6.2	4.3	7.2	6.3	2.9	5.2		1.1	7.8	5.1	3.6	5.7		3.6

Campagnes		MO7						MO8						MO9					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Aluminium	mg/kg	419	295	247	78	89	127	895	237	415	147	60		188	253	103	71	137	122
Arsenic	mg/kg	13.9	12.2	15.7	15.9	13.7	13.7	33.6	9.7	15.7	13.6	16.0		12.8	8.2	17.0	14.0	13.9	15.3
Cadmium	mg/kg	0.58	0.32	0.56	0.39	0.35	0.83	0.68	0.16	0.59	0.39	0.50		0.41	0.27	0.52	0.35	0.59	0.42
Chrome	mg/kg	1.3	1.3	1.1	1.5	0.9	2.1	1.9	<1.0	3.3	10.9	2.3		0.6	<1.0	1.4	1.2	1.9	1.4
Cuivre	mg/kg	6.4	9.0	8.8	6.7	6.0	9.2	9.4	5.9	12.3	9.7	6.1		4.4	5.5	6.4	6.0	10.3	6.3
Mercur	mg/kg	0.12	0.06	0.16	0.09	0.05	0.10	0.21	0.09	0.21	0.10	0.06		0.12	0.05	0.14	0.10	0.06	0.08
Nickel	mg/kg	1.7	1.3	2.4	1.6	0.7	1.9	2.7	<1.0	4.0	2.6	1.4		0.9	<1.0	2.8	1.1	3.3	1.4
Plomb	mg/kg	1.5	1.3	1.5	0.9	0.8	1.6	1.9	0.6	1.7	1.2	0.9		1.3	1.1	1.2	0.9	1.4	0.6
Zinc	mg/kg	141	147	178	140	139	223	153	86	237	129	161		101	82	198	139	243	124
Somme PCDD/F	pg/g sec	49.3	46.8	99.0	35.6	34.2	150.7	57.3	28.7	119.7	65.3	38.6		102.0	25.4	106.3	30.1	144.7	126.8
Somme PCB-DL	pg/g sec	15768	15665	7086	5346	8572	9220	12658	6367	3955	5545	14496		17326	7823	5236	5837	26843	7355
Somme PCDD/F	ITEQ pg/g sec	1.4	2.9	1.9	1.2	1.0	2.1	1.9	1.3	1.5	1.6	1.2		2.1	1.9	1.7	1.5	2.4	1.7
Somme PCB-DL	ITEQ pg/g sec	9.0	13.3	4.3	4.0	4.7	5.1	7.6	3.8	2.2	3.6	7.0		8.4	5.0	3.2	4.7	14.5	4.2

TABLEAU 6 : QUALITÉ DE LA MATIÈRE VIVANTE (MOULES)

1 : 01/04/2010 ; 2 : 17/06/2010 ; 3 : 03/09/2010 ; 4 : 12/11/2010



Campagnes		Congre						Loup					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Aluminium	mg/kg			<1	2	2	2		2	<1	2	2	<1
Arsenic	mg/kg			54,9	52,5	70,6	89,7		2,6	10,0	4,2	3,5	10,1
Cadmium	mg/kg			<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chromé	mg/kg			0,1	0,2	0,5	0,1		<1,0	0,1	0,3	0,1	0,2
Cuivre	mg/kg			0,7	1,0	4,5	0,7		0,9	1,3	1,3	4,8	1,8
Mercure	mg/kg			0,85	0,90	0,68	1,50		0,85	1,72	1,25	1,11	2,85
Nickel	mg/kg			0,2	0,2	<0,1	<0,1		<1,0	0,3	0,3	0,1	0,2
Plomb	mg/kg			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1		1,7	<0,1	<0,1	0,4	<0,1
Zinc	mg/kg			49	44	38	43		18	20	20	18	30
Somme PCDD/F	pg/g sec			5,1	9,5	<8,0	82,0		10,8	10,0	12,1	9,2	35,9
Somme PCB-DL	pg/g sec			25567	112095	25212	163065		9408	25649	19144	55318	62622
Somme PCDD/F	ITEQ pg/g sec			0,5	0,8	<0,7	1,6		0,7	0,4	1,9	1,1	2,4
Somme PCB-DL	ITEQ pg/g sec			16,3	50,2	9,9	58,1		4,2	13,4	7,9	11,7	37,2

Campagnes		Daurade						Sole					
		2005	2009	1	2	3	4	2005	2009	1	2	3	4
Aluminium	mg/kg				2	2	<1	112	13	<1	6	2	2
Arsenic	mg/kg				13,9	11,0	23,8	18,5	36,3	41,9	106,0	10,9	13,9
Cadmium	mg/kg				<0,05	<0,05	<0,05	<0,02	<0,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chromé	mg/kg				0,3	0,3	<0,1	0,2	<1,0	0,1	0,3	0,1	0,1
Cuivre	mg/kg				0,9	4,3	1,5	0,7	0,9	0,6	0,8	3,9	1,1
Mercure	mg/kg				0,24	0,22	0,31	0,19	0,09	0,11	0,06	0,03	0,10
Nickel	mg/kg				0,2	0,2	0,5	0,2	<1,0	0,3	0,2	0,1	0,1
Plomb	mg/kg				<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,5	<0,1	0,1	<0,1	<0,1
Zinc	mg/kg				21	18	32	20	19	19	26	28	36
Somme PCDD/F	pg/g sec				8,9	10,9	26,0	4,5	10,4	4,9	5,7	5,6	34,7
Somme PCB-DL	pg/g sec				8903	13527	27150	4242	3661	2722	5880	11359	9035
Somme PCDD/F	ITEQ pg/g sec				1,2	1,1	1,1	0,2	0,7	0,3	0,2	1,6	0,9
Somme PCB-DL	ITEQ pg/g sec				4,1	3,7	8,7	1,6	0,4	1,0	1,7	3,5	1,6

TABLEAU 7 : QUALITÉ DE LA MATIÈRE VIVANTE (POISSONS)
1 : 01/04/2010 ; 2 : 17/06/2010 ; 3 : 03/09/2010 ; 4 : 12/11/2010



..... * Centre de Traitement Multifilières de Déchets Ménagers de Fos-sur-Mer *
..... - Suivi du milieu marin : année 2010 -
.....



IV - HYDROCHIMIE

Notons, en liminaire, la pertinence discutable de cette matrice par rapport aux buts et aux conditions de site (et de réalisation) de ce suivi, pour les raisons suivantes :

☞ Avant tout, la matrice eau est un fluide, qui ne possède pas de « mémoire » et est, par nature, très variable dans le temps et l'espace. Contrairement aux autres matrices étudiées (sédiment et matière vivante), elle n'intègre pas les conditions du milieu et ne fournit qu'une image instantanée, sans portée générale. Seuls, la répétition routinière de campagnes et le traitement statistique de séries de résultats suffisamment longues en permettent l'interprétation.

De ce fait, la mesure de l'hydrochimie doit, *a minima*, impérativement s'accompagner des mesures d'environnement (métadonnées) qui permettent de resituer les résultats dans les conditions du prélèvement.

☞ Ensuite, parce que les paramètres analysés (métaux et polluants organiques persistants) sont majoritairement hydrophobes et se fixent prioritairement sur les matières en suspension et dans la matière organique.

☞ Enfin, parce que les teneurs des différents contaminants sont très faibles dans l'eau, ce qui impose des limites de quantification des résultats analytiques adaptées, mais surtout, des procédures de prélèvement et de conditionnement des échantillons méticuleuses (pour réduire les risques de contamination liée au prélèvement et au flaconnage).

En contrepartie, cette matrice présente pour avantage d'être la seule, pour l'instant, à disposer de normes de qualité environnementale (NQE) « officielles » permettant de situer les résultats par rapport à des objectifs qualitatifs.



4.1. SENSIBILITÉ ANALYTIQUE ET REFERENCES

Le tableau 10 montre que les niveaux de quantification des résultats (LQ) sont tous inférieurs aux NQE disponibles (2008/105/CE) d'un facteur 2 au minimum ; ils sont même inférieurs aux concentrations jugées sans effet sur l'environnement (PNEC) pour tous les métaux (seul l'arsenic déroge à ce constat).

		Type de référence		Gammes de valeurs			LQ	
		PNEC ⁽¹⁾	NQE ⁽²⁾				2009	2010
Arsenic	µg/L	0,44		< PNEC	> PNEC		25,0	1,0
Cadmium	µg/L	0,2	0,2	< NQE	> NQE		2,5	0,1
Chrome	µg/L	3,4		< PNEC	> PNEC		25	0,5
Cuivre	µg/L	0,8		< PNEC	> PNEC		15	0,5
Mercure	µg/L	0,01	0,05	< PNEC	PNEC - NQE	> NQE	0,2	0,005
Nickel	µg/L	0,5	20	< PNEC	PNEC - NQE	> NQE	25	0,5
Plomb	µg/L	5,4	7,2	< PNEC	PNEC - NQE	> NQE	25	0,2
Zinc	µg/L	7,8		< PNEC	> PNEC		50	5

**TABEAU 10 : VALEURS DE RÉFÉRENCE RETENUES POUR L'INTERPRÉTATION
DES RÉSULTATS ANALYTIQUES**

(⁽¹⁾ INERIS; (⁽²⁾ NQE - 2008/105/CE -)

Les résultats obtenus montrent que les sensibilités analytiques sont bien adaptées aux conditions rencontrées : aucun paramètre n'est systématiquement inférieur à sa LQ.



4.2. CARACTÉRISTIQUES HYDROLOGIQUES DES STATIONS

4.2.1. CAMPAGNE DU 1^{ER} AVRIL 2010

Les observations et mesures réalisées ont montré, pour la couche de surface, un paysage hydrologique contrasté :

- ☞ On a observé de très forts apports telluriques au nord de la Darse 1 (canal du Vigueirat, centre Crau...), impliquant une dessalure marquée des eaux superficielles, avec des courants sortants très violents : Pour le point ES1, la température de l'eau était de 13,7 °C, la salinité 25,8 UPS et le courant portait au 155 ° à 31 cm.s⁻¹ de moyenne !
- ☞ Au point ES2, la salinité était encore faible (30,2 UPS), et le courant toujours sortant (au 145 °) à 19 cm.s⁻¹.
- ☞ En Darse 2 (ES4, ES5 et ES6), la température était légèrement plus basse au nord (13,5 °C) qu'au sud (13,9 °C), les salinités passant de 36,5 à 35,5 UPS.
- ☞ À la sortie du canal Saint-Louis (ES7), la salinité et la température étaient faibles (34,8 UPS et 13,2 °C), démontrant une influence tellurique nette.
- ☞ La station du canal Saint-Antoine (ES8) montrait une très forte dessalure (19,5 UPS), révélatrice de forts apports d'eau du Rhône.
- ☞ La station de Carteau (ES9) présentait une salinité de 33,9 UPS.

4.2.2. CAMPAGNE DU 17 JUIN 2010

Les mesures hydrologiques (courant, température et salinité) relevées en subsurface durant 15' environ à chaque station de prélèvement d'eaux (stations 1 à 9) décrivent un schéma très différent de celui observé lors de la première campagne :

- ☞ On est en présence d'un fort courant entrant en Darse 2, orienté selon l'axe du bassin (directions moyennes du 300 au 305 °) avec des vitesses décroissantes du sud vers le nord (de 32 cm.s⁻¹ pour ES4 à 26,5 cm.s⁻¹ à ES6), ce mouvement général étant sensible jusqu'à ES3, située dans le golfe (16,8 cm.s⁻¹ portant au 300°).



- ☞ En Darse 1, on observe des courants modérés (6 à 7 cm.s⁻¹ en moyenne), sortant au sud (ES2), plus confus à ES1 (moyenne au 70 °).
- ☞ Ailleurs dans le golfe, les courants sont très faibles (< 4 cm.s⁻¹) et leur direction non significative.
- ☞ Les températures sont relativement homogènes (entre 20,3 et 21,4 °C), hors mis à ES8 où on relève 23,3 °C sur des fonds de 80 cm, en l'absence de courant (eurythermie des petits fonds de Carteau).
- ☞ Contrairement à la première mission, les salinités sont moins dispersées et plus élevées. Seules les stations ES8 et, dans une moindre mesure, ES9 et MO7, montrent une dessalure sensible (respectivement 35,2 – 37,1 et 37,4).

4.2.3. CAMPAGNE DU 3 SEPTEMBRE 2010

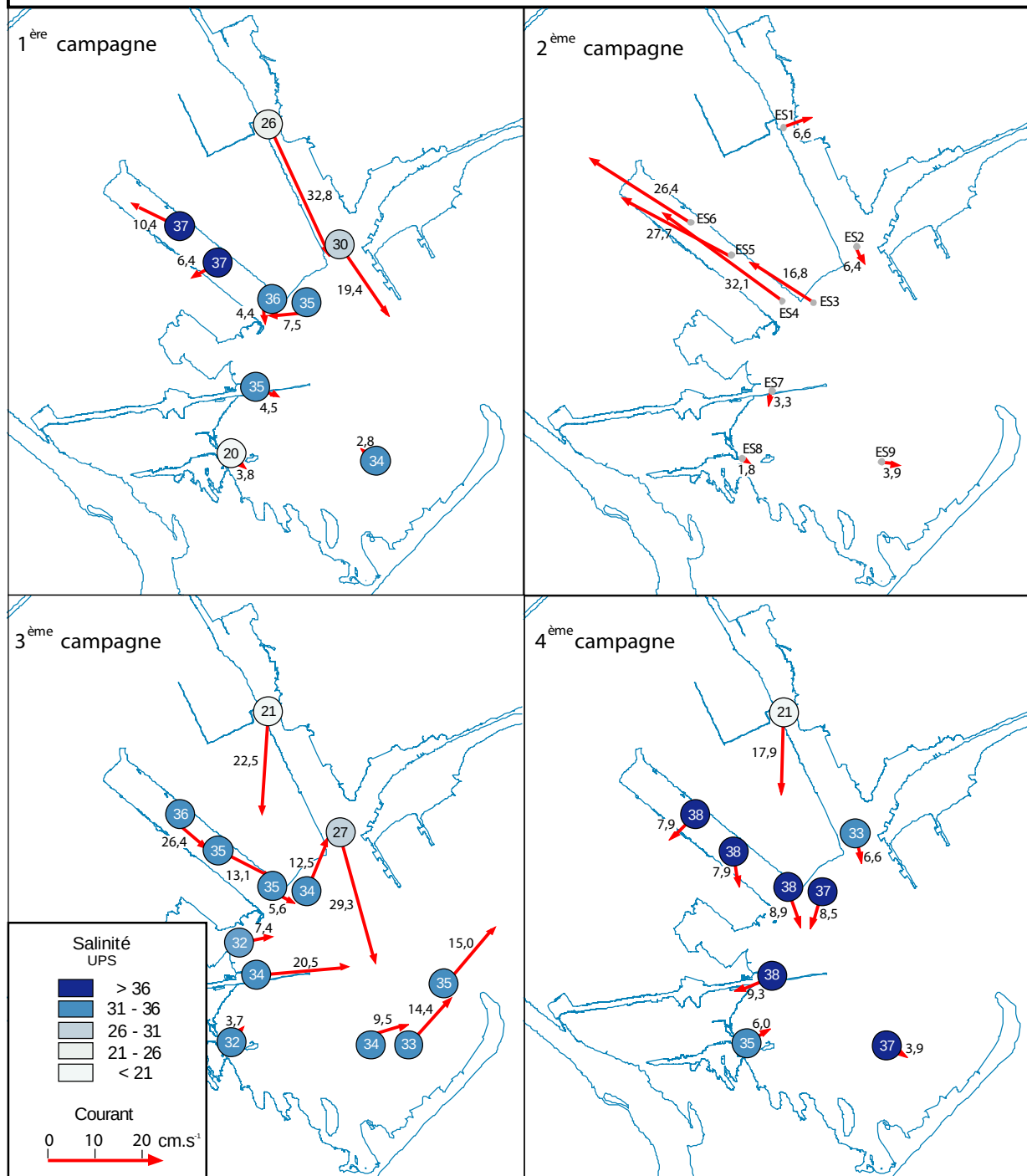
Les conditions hydrodynamiques et hydrologiques rencontrées sont à nouveau comparables à celles enregistrées lors de la première campagne de printemps :

- ☞ En Darse 1, les apports des canaux sont responsables d'une dessalure superficielle encore plus accentuée qu'en avril (21,2 UPS à ES1 et 26,9 à ES2) et de courants sortants très dynamiques (22,5 cm.s⁻¹ au 184° en moyenne à ES1 et surtout, 29,3 cm.s⁻¹ sortants au 164 ° à ES2). Avec 18 °C en moyenne, ces eaux de mélange sont plus froides que les eaux du golfe de près de 1°C.
- ☞ La Darse 2 est beaucoup moins dynamique, avec des courants superficiels portant globalement au sud-est (sortants) à des vitesses fluctuant entre 2 et 15 cm.s⁻¹. La lame d'eau superficielle de la Darse 2 est relativement homogène avec une température de 18,7 à 18,9 °C et une salinité très légèrement plus forte au nord (35,5 UPS à ES6) qu'aux deux autres stations (35,0 UPS à ES5 et 35,1 à ES4). Notons que ces salinités superficielles correspondent aux maxima relevés lors de cette campagne, toutes les autres stations étant sous l'influence plus ou moins directe d'eaux telluriques.



COURANT ET SALINITÉ

Planche 5





- ☞ À la station ES7, au débouché du canal Saint-Louis, on observe un courant sortant (portant au 85° à 20 cm.s^{-1} de moyenne). En dépit de cette dynamique, on ne note pas de composante tellurique sensible (33,7 UPS de salinité).
- ☞ La station du canal saint Antoine (ES8) et celle de la Darse 3 (S10) présentent des caractéristiques voisines, avec une dessalure modérée (31,6 à 31,8 UPS, soit environ 2 UPS de moins que dans le centre du golfe) et une dynamique faible (courant largement inférieur à 10 cm.s^{-1}). La seule différence entre ces deux stations porte sur la température, plus élevée dans les faibles fonds d'ES8 ($21,2^\circ \text{C}$) que dans le canal Saint Louis ($18,9^\circ \text{C}$).
- ☞ Les stations de l'anse de Carteau (stations ES9, S11 et S12) ont pour caractéristiques communes des courants superficiels sortants, avec une vitesse croissante vers la sortie du golfe (portant au nord-est à S11 et S12, avec des vitesses de l'ordre de 15 cm.s^{-1}). Les températures sont situées entre $18,5$ et 19°C . Les salinités comprises entre 33,4 et 34,9 UPS sont maximales à S12, au droit de la pointe de la Gracieuse.

4.2.4. CAMPAGNE DU 12 NOVEMBRE 2010

- ☞ La Darse 1 présente une configuration classique, proche de celle observée lors de la campagne précédente, mais légèrement moins dynamique : au nord (ES1), les courants superficiels générés par les apports fluviaux sont sortants, avec une vitesse moyenne de 18 cm.s^{-1} , plus faible que celle enregistrée lors des campagnes 1 et 3, mais tout de même deux fois plus forte que le maximum relevé, le même jour, sur les huit autres stations. Les eaux sont, ici, plus froides, comme le 3 septembre, et fortement dessalées (21 UPS). Ce flux sortant est encore perceptible, bien qu'atténué, au sud de la Darse 1 (ES2) avec une vitesse faible ($6,6 \text{ cm.s}^{-1}$) et une salinité de 32 UPS (soit 5 UPS de moins que l'eau du golfe de Fos).
- ☞ La Darse 2 (ES4, ES5, ES6) présente des courants superficiels relativement faibles (8 à 9 cm.s^{-1}), globalement sortants. La masse d'eau y est homogène (température de $16,3^\circ \text{C}$ à $16,5^\circ \text{C}$ et salinité entre 37,6 UPS et 37,7 UPS, la plus forte enregistrée dans ce bassin au cours de ce suivi, traduisant une influence néritique certaine).



- ☞ La station du canal Saint-Antoine (ES8) montre des eaux légèrement dessalées (35,3 UPS de moyenne) portées vers l'est-nord-est par le courant.
- ☞ Les autres stations (ES6 et ES7) présentent des eaux aux caractéristiques néritiques (37,7 UPS), sans composante fluviale, contrairement aux campagnes précédentes.



4.3. CARBONE ORGANIQUE TOTAL

En moyenne sur les quatre campagnes, les teneurs sont regroupées entre 1,20 et 3,4 mg.l⁻¹, avec des moyennes comprises entre 1,4 et 2,4 mg.l⁻¹.

Elles distinguent deux groupes :

- ☞ Les stations ES1, ES2 (Darse 1) et ES8 (canal Saint-Antoine) avec des teneurs moyennes de 2,3 - 2,4 mg.l⁻¹. L'incidence des eaux telluriques (nord de la Darse 1 et Darse Sud) est vraisemblablement la cause des teneurs élevées des deux premières stations. La station ES8, pour sa part, semble plus révélatrice d'une source organique locale d'origine fluviale.
- ☞ Les six autres stations présentent des teneurs significativement plus faibles, situées entre 1,4 et 1,7 mg.l⁻¹ (soit 35 % de moins que le premier groupe), le minimum étant observé en haut de la Darse 2 (ES6).

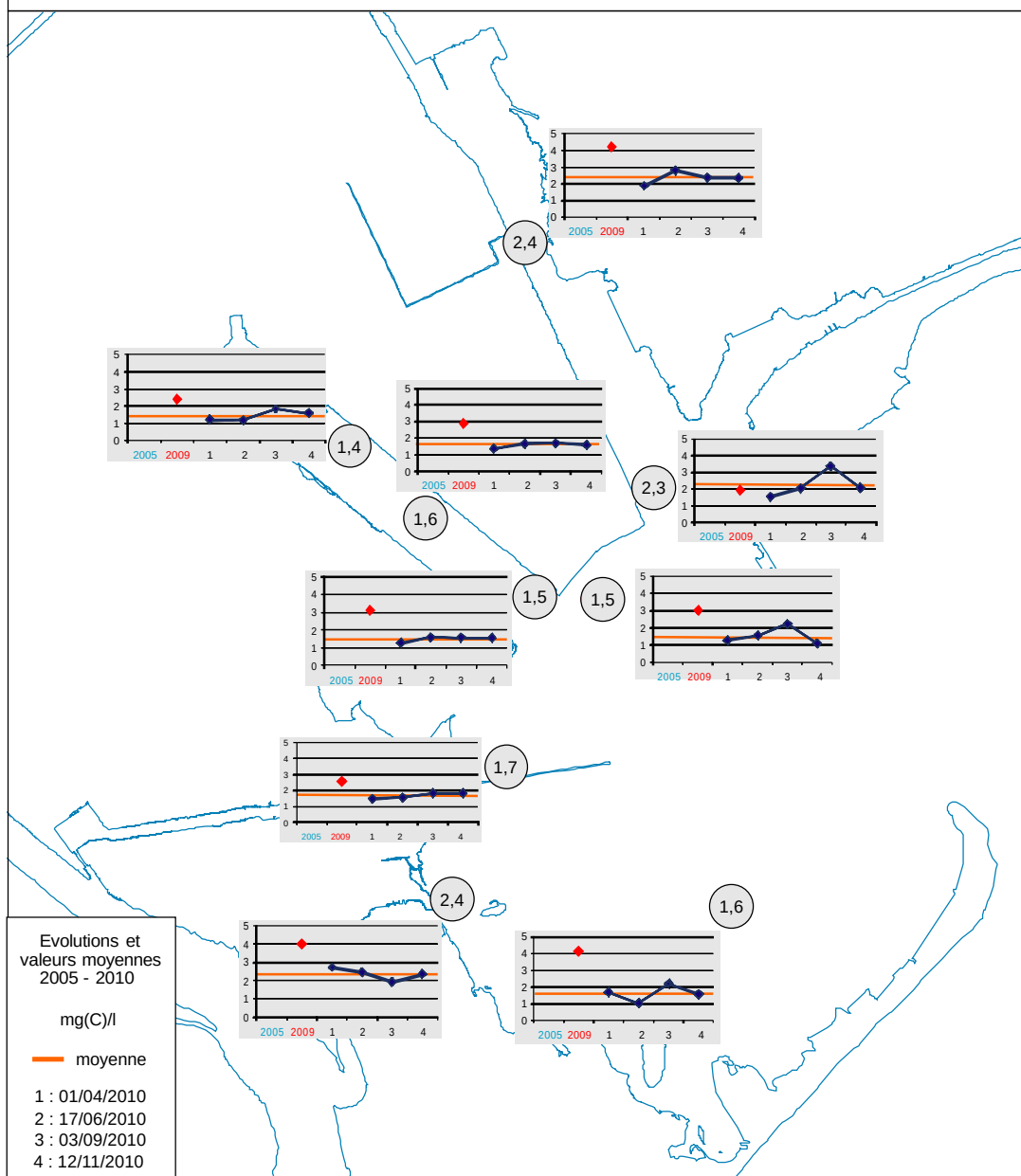
L'évolution, au cours des quatre campagnes, révèle généralement une certaine régularité des teneurs qui fluctuent peu autour de la valeur moyenne, y compris pour la station ES1, qui accuse pourtant une influence tellurique marquée. Dérogeant à cette règle, les stations ES2, ES3 et, dans une moindre mesure, ES9 (Carteau), présentent des teneurs supra moyennes lors de la troisième campagne (en relation avec une dessalure marquée pour la station ES2).

Si l'on exclut la station ES2, les teneurs relevées lors du point « zéro prime » en 2009 sont toutes supérieures à celles de l'année (de plus de 150 % à ES9, le double à ES4, de l'ordre de 70-80 % à ES1, ES5, ES6 et ES8).



EAU : COT

Planche 6





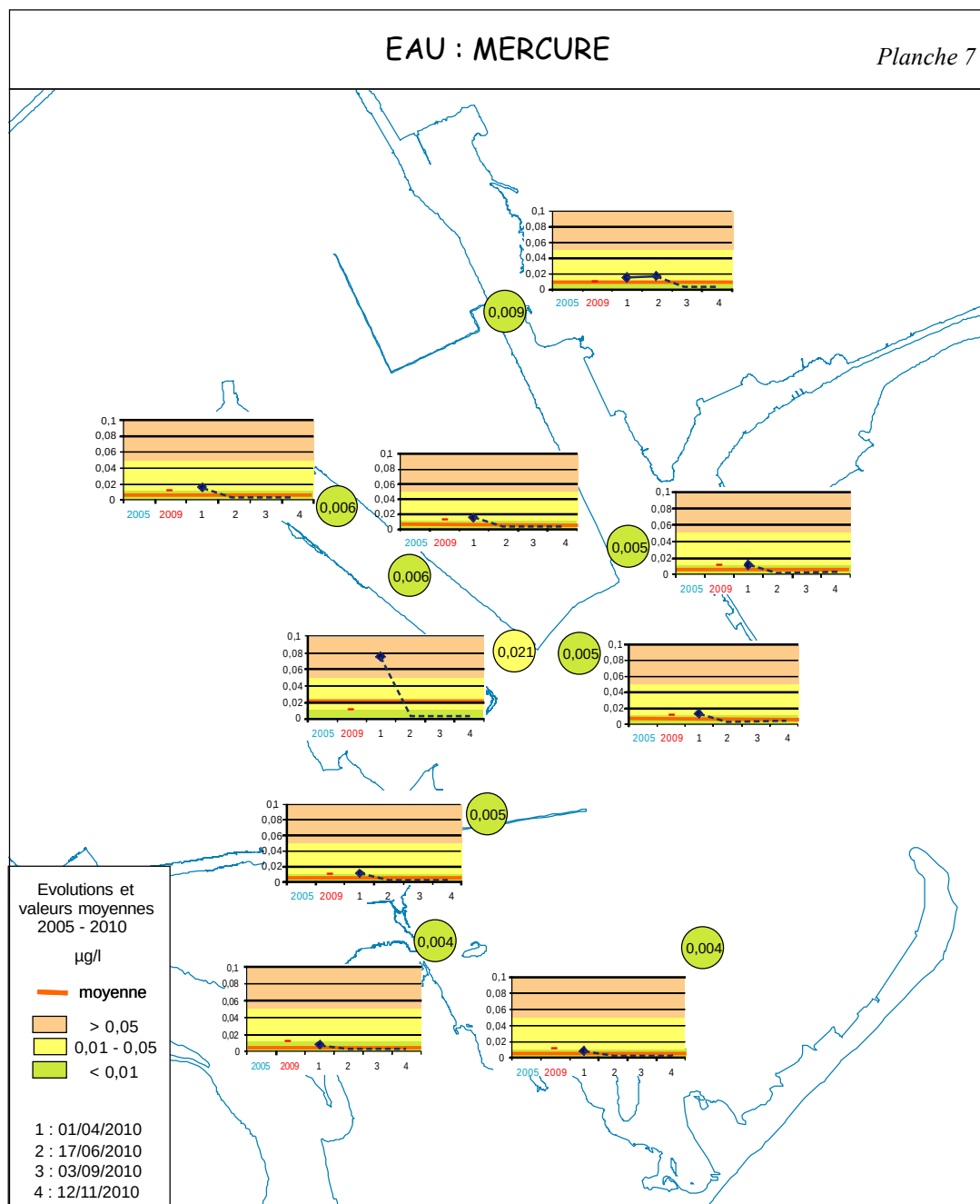
4.4. MERCURE

- ☞ Les teneurs en mercure trouvées dans les eaux superficielles sont généralement très faibles : pour 26 résultats sur 36, elles sont inférieures à la LQ analytique, fixée à $0,005 \mu\text{g.l}^{-1}$ (soit 10 fois moins que la NQE).
- ☞ Seule, la première campagne présente des résultats supra-liminaires de 8 à 15 ng.l^{-1} , excepté à la station ES4, où on relève une valeur isolée de 76 ng.l^{-1} , supérieure à la NQE, fixée pour ce paramètre à 50 ng.l^{-1} (70 ng.l^{-1} en CMA).
- ☞ Ces très faibles concentrations en mercure relevées dans l'eau ne sont pas surprenantes : cette matrice n'est généralement pas jugée pertinente pour l'analyse de ce contaminant, majoritairement fixé sur les particules en suspension (les matrices classiquement préconisées sont les sédiments et le biote). Ceci est d'ailleurs vrai pour tous les métaux et les paramètres organiques analysés dans l'eau à l'occasion de ce suivi.
- ☞ Notons que ces résultats ne peuvent être comparés à ceux de l'état de référence de 2009 qui étaient tous inférieurs à une LQ très élevée (de 200 ng.l^{-1}).



EAU : MERCURE

Planche 7





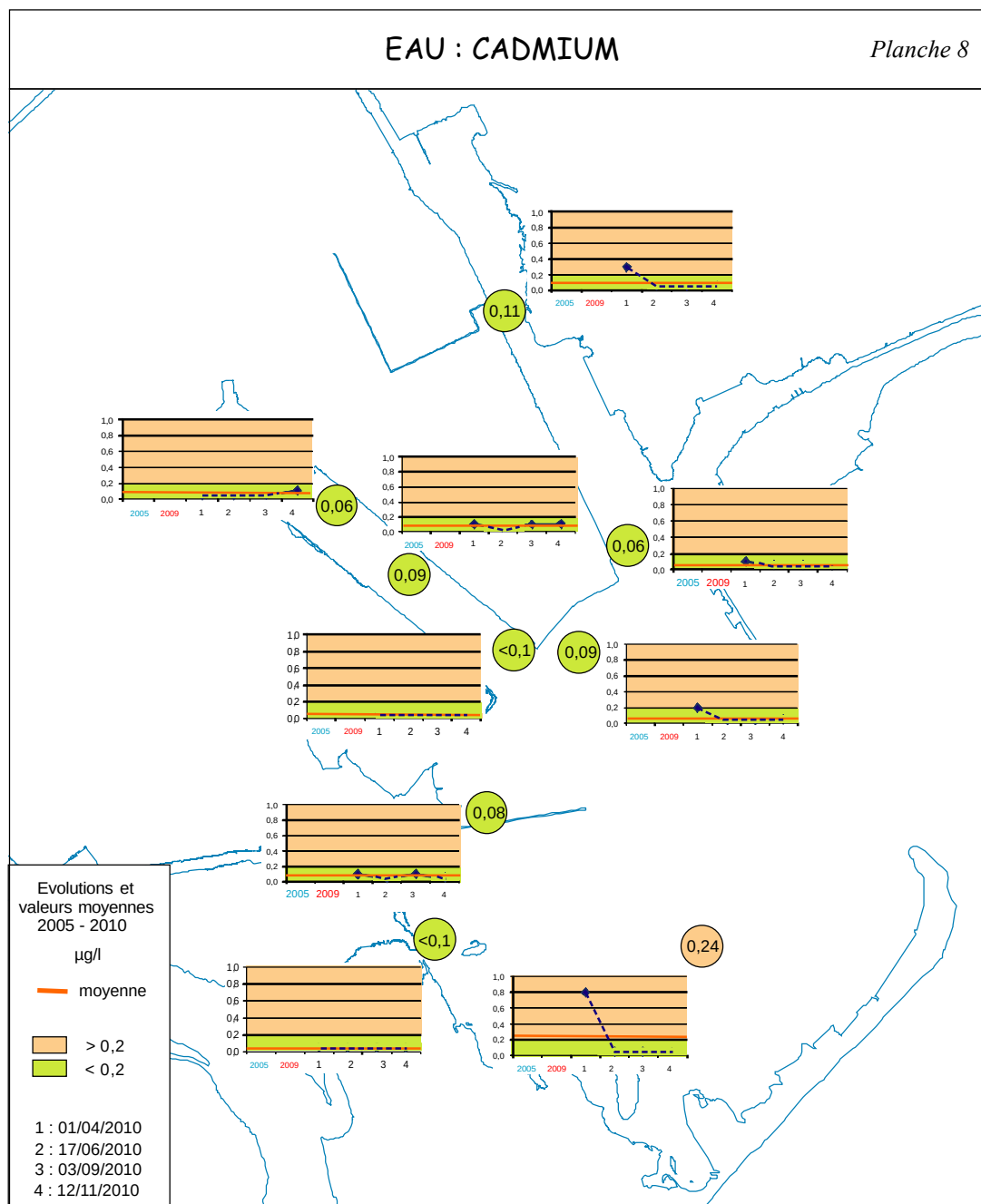
4.5. CADMIUM

- ☞ Les commentaires qu'inspirent les résultats obtenus pour le cadmium sont proches de ceux exprimés pour le mercure : les concentrations sont presque toutes inférieures à la limite de quantification de $0,10 \mu\text{g.l}^{-1}$ (la moitié de la NQE). Seules trois valeurs (sur 36) atteignent ou dépassent la NQE, durant la première campagne du début avril. Elles sont restées isolées et n'ont, toutes trois, pas été suivies de valeurs supérieures à la LQ dans les trois campagnes ultérieures.
- ☞ Aux stations ES1 et ES3, les teneurs sont proches ou égales à la NQE.
- ☞ Seule la station ES4 (Carteau) a ponctuellement accusé une teneur égale à quatre fois la NQE (0,8 ppb).
- ☞ Ici aussi, les LQ de 2009 ($2,5 \mu\text{g.l}^{-1}$) ne permettent pas une comparaison avec l'état de référence.



EAU : CADMIUM

Planche 8





4.6. NICKEL

Ce métal bénéficie d'une LQ 40 fois inférieure à sa NQE, du même ordre que son PNEC.

On dispose, de ce fait, d'une bonne discrimination dans les faibles teneurs : c'est ainsi que l'échelle des concentrations portée sur les graphes de la planche 9 plafonne à $1 \mu\text{g.l}^{-1}$, valeur 20 fois inférieure à la norme environnementale.

Les concentrations moyennes relevées sont toutes très faibles, allant de 0,5 (ou moins) à $0,7 \mu\text{g.l}^{-1}$ (pour une NQE de $20 \mu\text{g.l}^{-1}$).

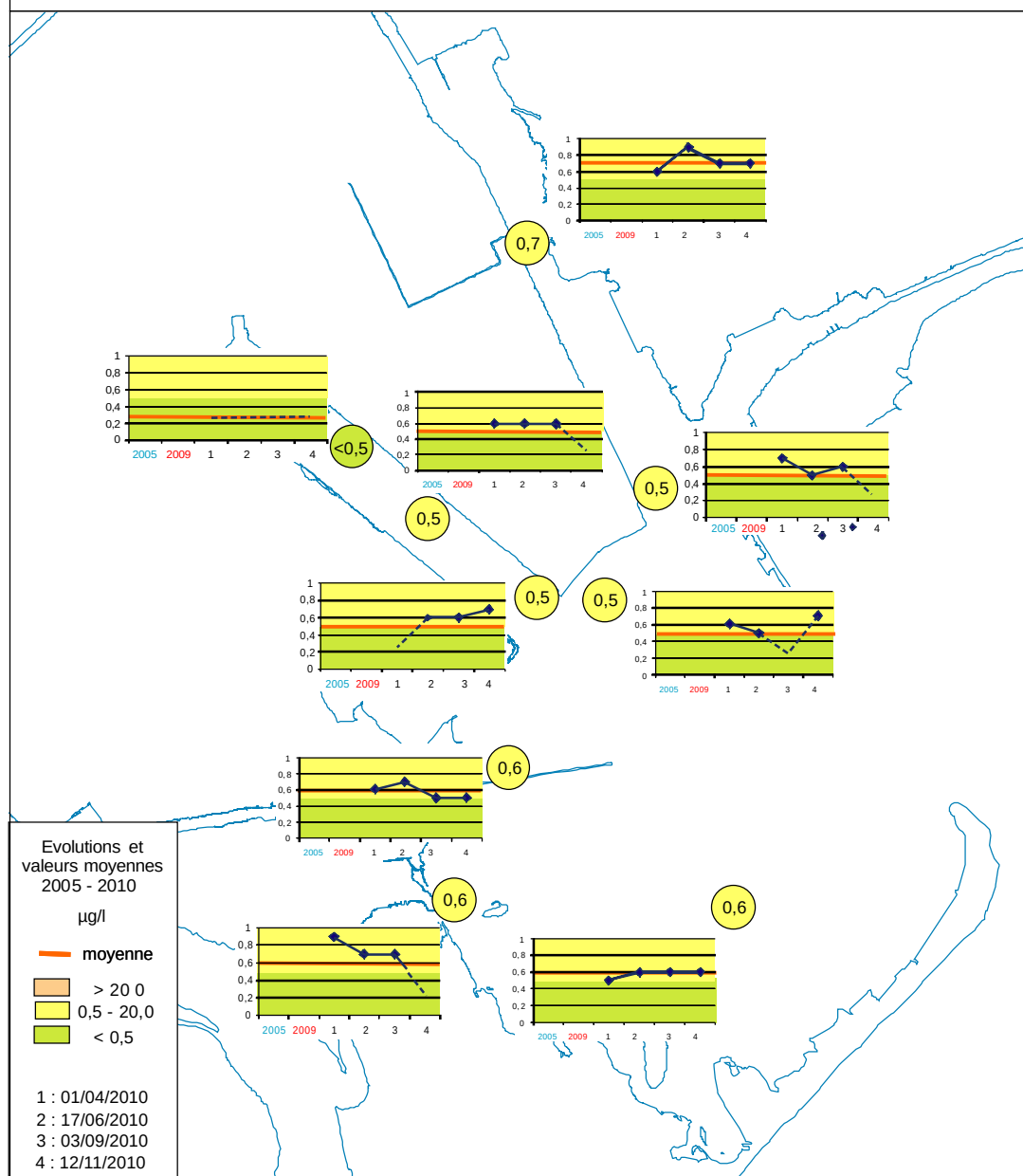
Dans le détail :

- ☞ La station ES6, au nord de la Darse 2, s'avère être toujours inférieure à la limite de quantification (c'est la seule).
- ☞ À l'opposé, la station ES1 (nord de la Darse 1) est, toutes proportions gardées, celle qui présente les plus « fortes » teneurs (influence des apports telluriques du nord de la darse).
- ☞ Les stations du sud (ES7, ES8 et ES9), bien que plus irrégulières, rendent compte d'une influence tellurique plus discrète et/ou plus variable.



EAU : NICKEL

Planche 9





4.7. PLOMB

Comme pour le nickel, la LQ ($0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$) du plomb est 11 fois inférieure à sa PNEC et 15 fois inférieure à sa NQE, si bien que les résultats ont un fort pouvoir discriminant dans les très faibles teneurs, à la limite de la signification pratique : on retiendra que toutes les valeurs obtenues sont faibles dans l'absolu ($\leq 0,8 \mu\text{g.l}^{-1}$). Les moyennes, établies entre 0,1 et $0,3 \mu\text{g.l}^{-1}$, sont de 25 à 50 fois inférieures à la NQE.

On observe, pour chaque station, pas plus de deux résultats quantifiés sur quatre. Les teneurs les moins faibles étant relevées :

- ☞ Lors des deux premières campagnes, aux stations ES1, ES2, ES7 et ES8, les plus influencées par des apports d'eau fluviale.
- ☞ À la dernière campagne, aux autres stations (Darse 2 et Carteau).





4.8. CHROME

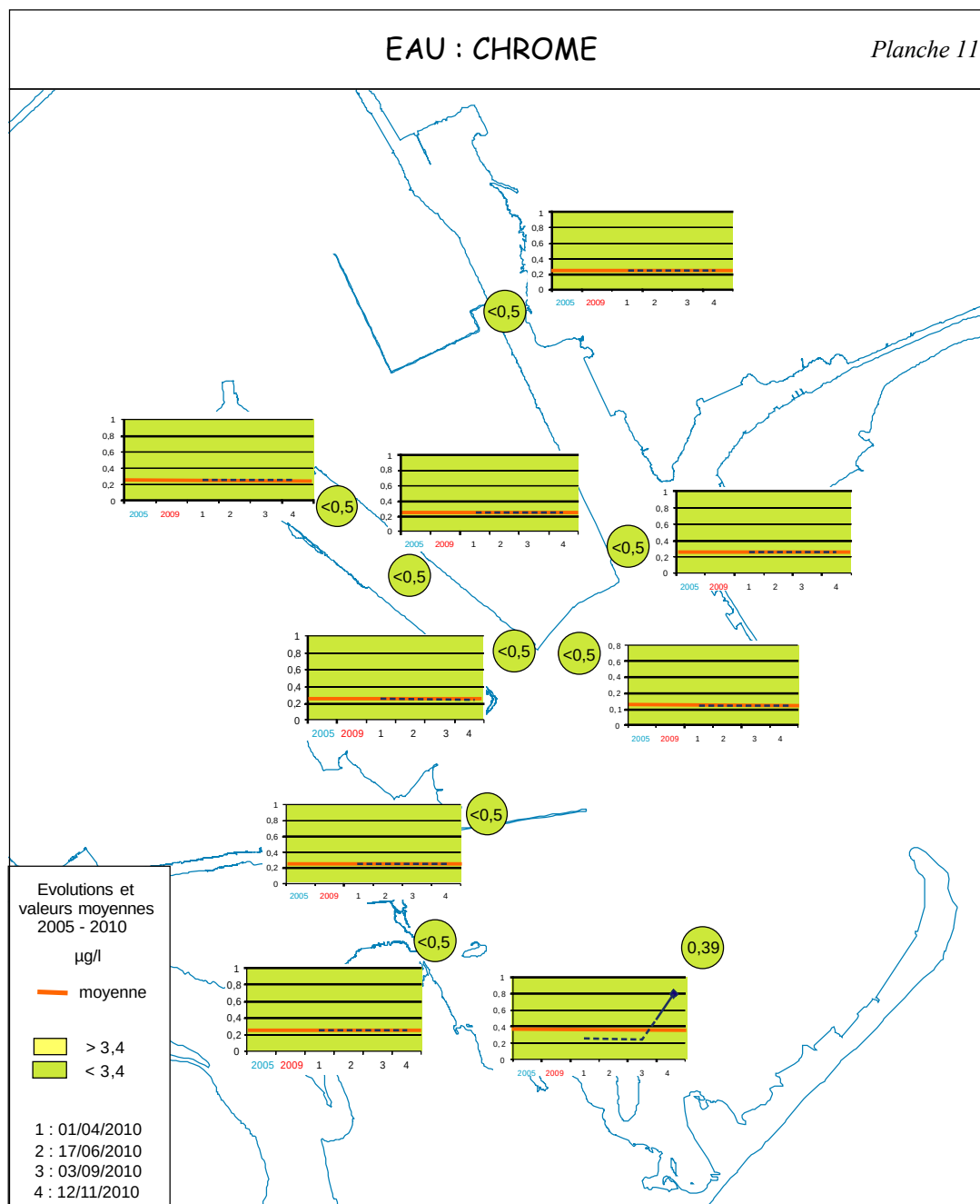
35 valeurs relevées sur 36 sont inférieures à $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$; cette LQ étant, cette fois-ci, inférieure à la PNEC de ce métal.

Seule une concentration de $0,8 \mu\text{g.l}^{-1}$, très modérée dans l'absolu, a été relevée, en novembre, à la station de Carteau.



EAU : CHROME

Planche 11





4.9. ZINC

Aucune NQE n'ayant été établie pour ce métal, la seule référence utilisée, très conservative, est la PNEC*eau de mer*, de l'ordre de $8 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Seules 3 stations sur 9 présentent une moyenne supérieure à cette PNEC : la station ES1 (nord de la Darse 1) et, pour la première fois, les stations ES4 et ES5, en Darse 2.

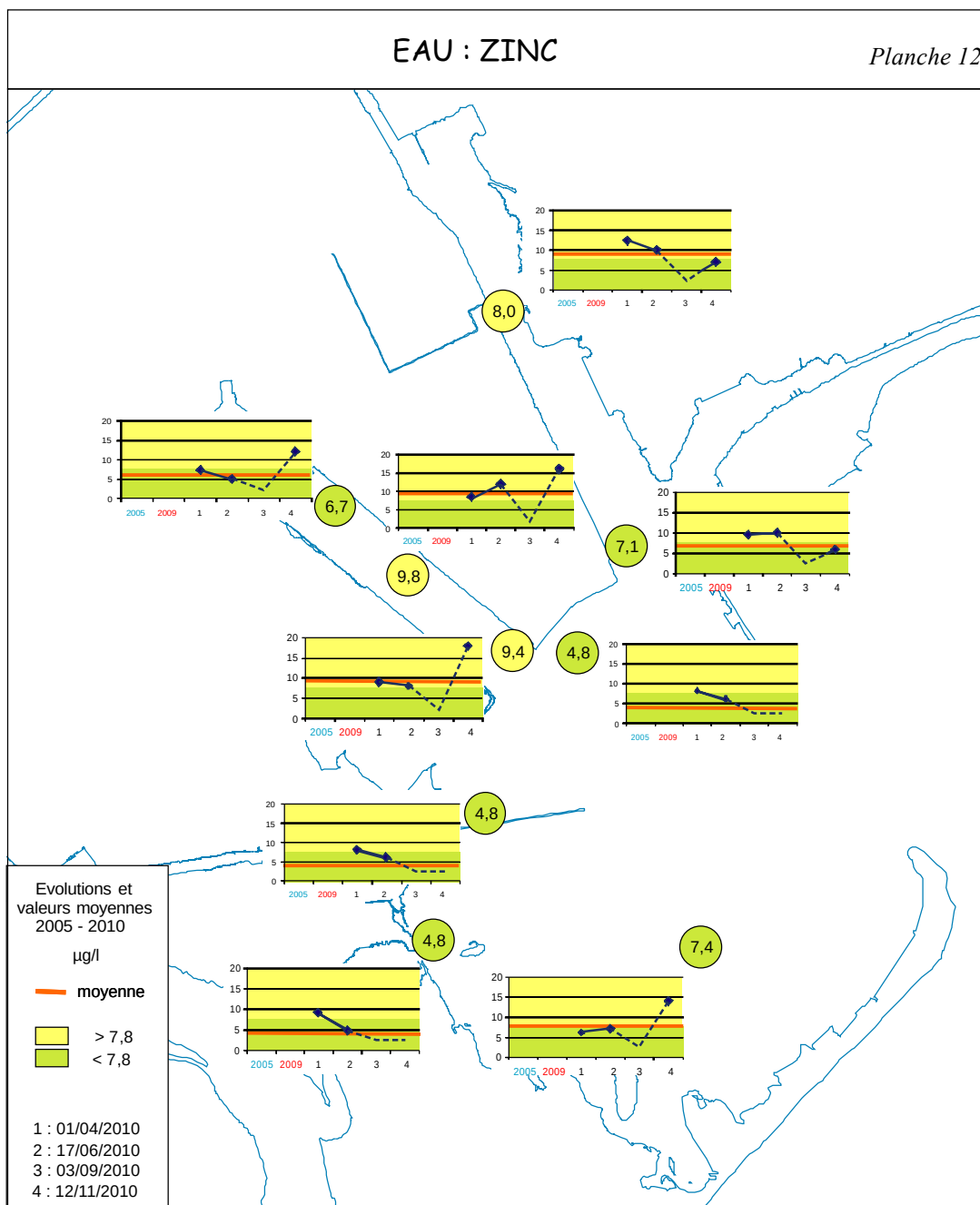
Les variations entre les campagnes montrent :

- ☞ Des teneurs maximales atteintes en novembre aux stations de la Darse 2 et à Carteau, alors qu'elles sont minimales aux trois autres stations du golfe (ES3, ES7 et ES8).
- ☞ Que les profils des stations ES1 et ES2 sont voisins.



EAU : ZINC

Planche 12





4.10. CUIVRE

Comme pour le zinc, la seule référence utilisable est la PNEC_{eau de mer} évaluée à $0,8 \mu\text{g.l}^{-1}$ (à peine supérieure à la LQ de $0,5 \mu\text{g.l}^{-1}$).

Les teneurs moyennes s'échelonnent, selon les stations, entre $0,65 \mu\text{g.l}^{-1}$ (nord de la Darse 2) et $1,55 \mu\text{g.l}^{-1}$ (nord de la Darse 1) ; le niveau global (sur 36 résultats) s'établissant à $0,93 \mu\text{g.l}^{-1}$, soit 15 % au-dessus de la PNEC.

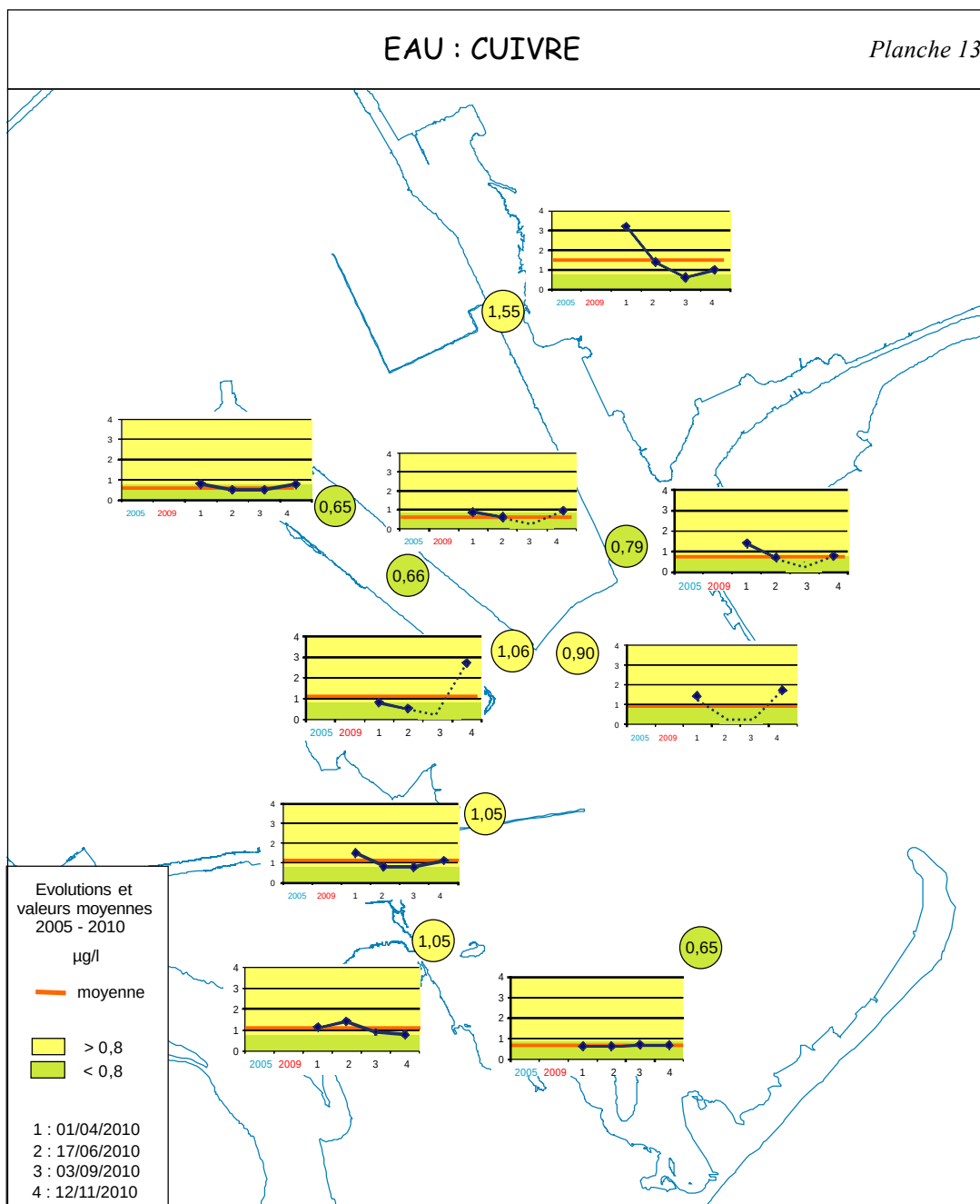
Le maximum absolu a été observé, début avril, à la station ES1, avec $3,2 \mu\text{g.l}^{-1}$, en relation certaine avec une forte alimentation du nord de la Darse 1 en eaux continentales (important flux venant du nord avec une salinité inférieure à 26 UPS).

La concentration de $2,7 \mu\text{g.l}^{-1}$, relevée en novembre à ES4, est difficilement référible.



EAU : CUIVRE

Planche 13





4.11. ARSENIC

Il s'agit du seul élément-trace pour lequel on ne dispose pas de NQE ($10 \mu\text{g.l}^{-1}$ comme «NQE*provisoire*» proposée par l'arrêté du 30/06/05) et où la LQ ($1 \mu\text{g.l}^{-1}$) est supérieure à la PNEC ($0,44 \mu\text{g.l}^{-1}$).

En dépit de ceci, seul 1 résultat sur 36 est inférieur au seuil d'expression.

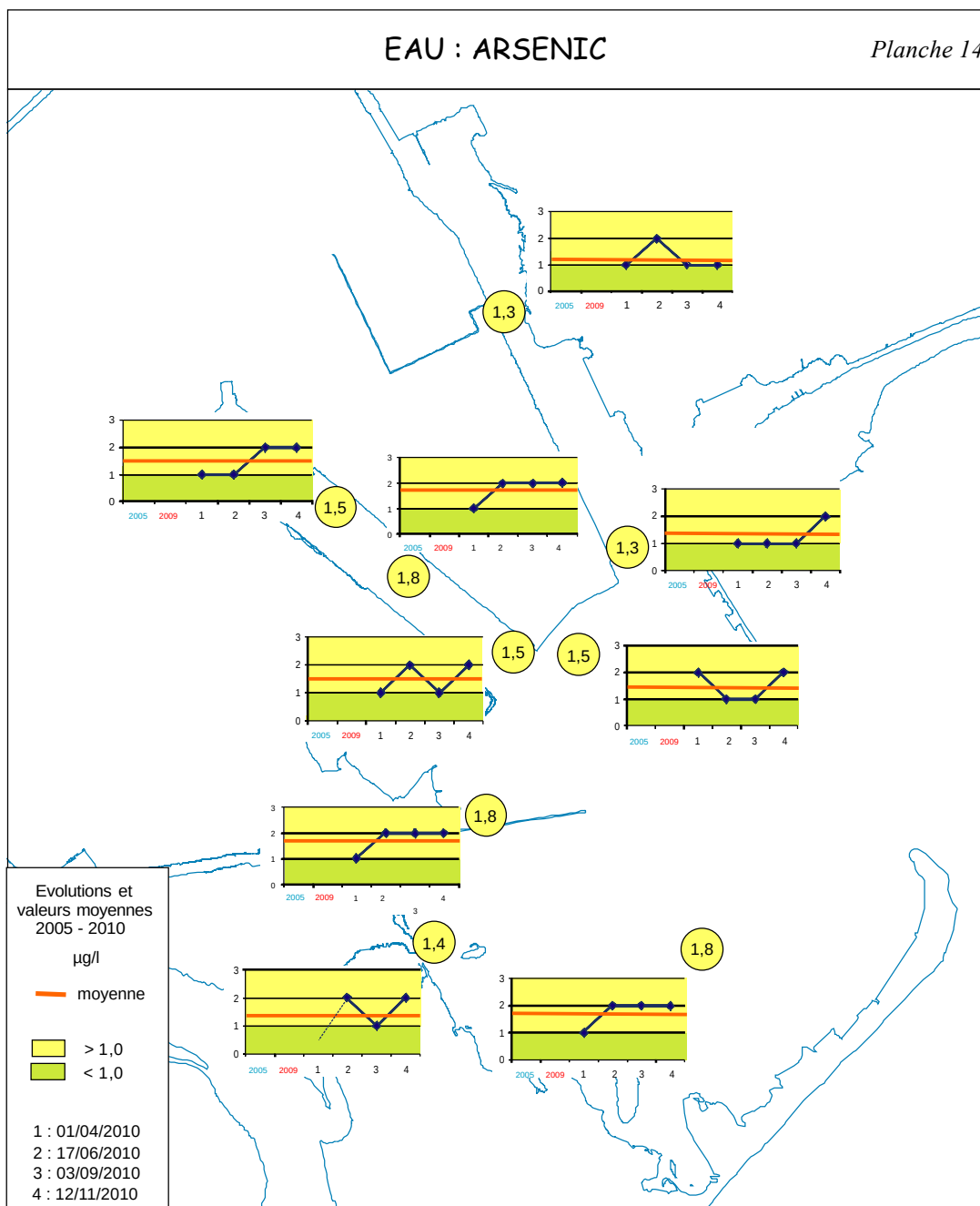
Les valeurs moyennes sont regroupées dans une fourchette étroite, entre $1,3$ et $1,8 \mu\text{g.l}^{-1}$, les résultats individuels ne dépassant pas $2 \mu\text{g.l}^{-1}$ (soit deux fois la LQ, 4,5 fois la PNEC et cinq fois moins que la NQE*provisoire*).

L'évolution des teneurs au cours des quatre campagnes est variable selon les stations. Les « morphologies » des chroniques auraient tendance à faire regrouper les stations ES5 - ES7 - ES9 d'une part, puis ES4 - ES8, et enfin ES2 - ES3, sans être certain de la signification de ces rapprochements.



EAU : ARSENIC

Planche 14





4.12. ALUMINIUM

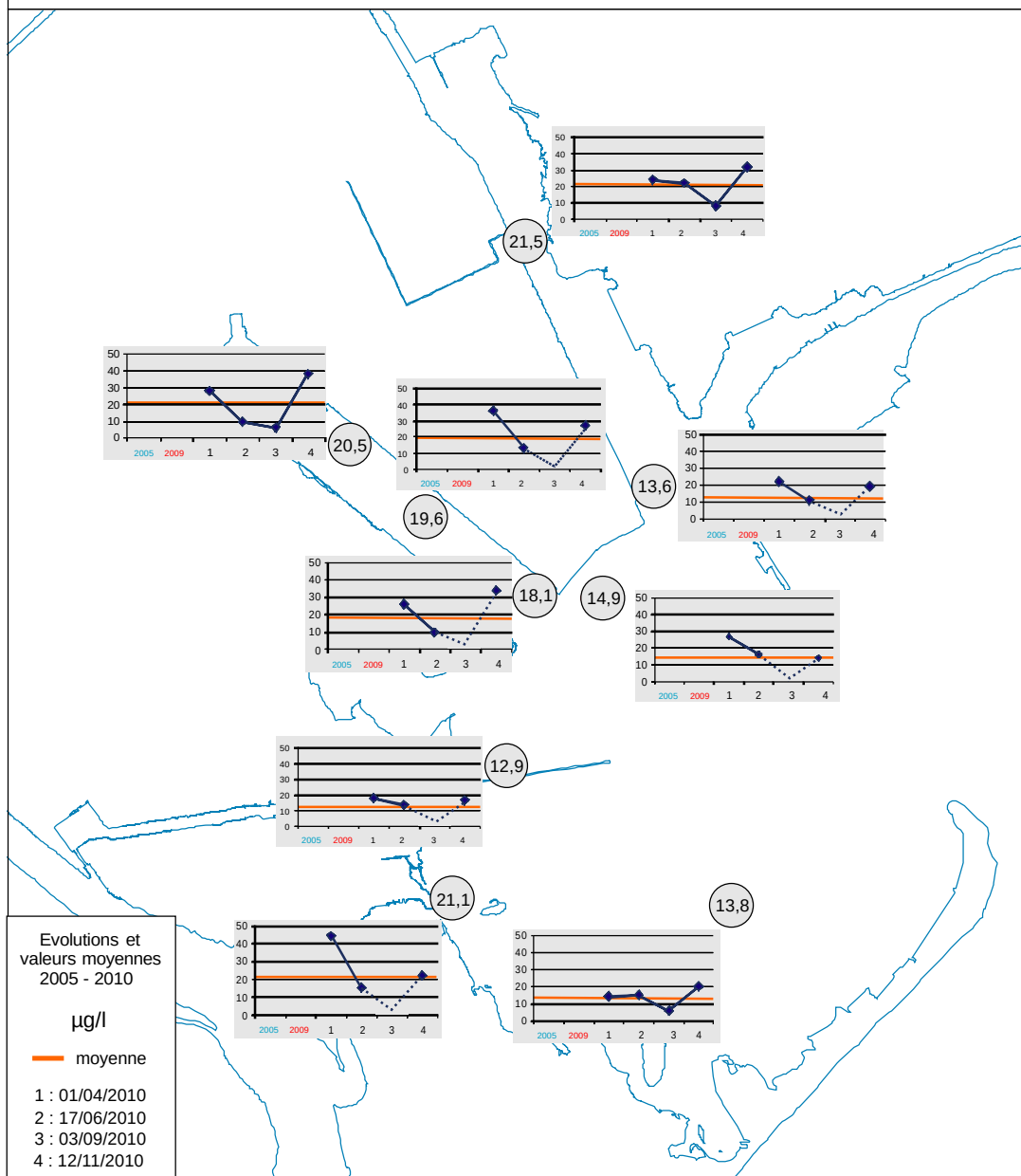
Nous manquons de référence pour juger des résultats obtenus pour ce métal dans l'eau. On se bornera à noter que :

- ☞ Les teneurs moyennes sont comprises entre 13 et 22 $\mu\text{g.l}^{-1}$, avec des maxima au nord de la Darse 1, au nord de la Darse 2 et au canal Saint-Antoine. Les minima sont observés dans le canal Saint-Louis et dans le Golfe.
- ☞ Les teneurs marquent généralement un maximum lors de la première campagne, un maximum secondaire à la dernière et un minimum marqué à la troisième (6 stations sur 9 y sont inférieures à la limite de quantification).
- ☞ Il est à remarquer que les stations directement soumises à des apports fluviaux (nord Darse 1, canal Saint-Louis et Carteau) ont des profils similaires.



EAU : ALUMINIUM

Planche 15





4.13. PCDD/F

4.13.1. TENEURS

Les concentrations des eaux superficielles en dioxines et furannes sont toujours inférieures aux limites de quantification pour 12 congénères sur 17.

Les cinq molécules fournissant une réponse quantifiable sont :

- ☞ Pour les dioxines : les OCDD et les 1234678HpCDD, pour toutes les stations de la première campagne, et pour environ la moitié des stations des deuxième et quatrième campagnes. Les seules valeurs saillantes de toute la mesure concernent l'OCDD à la station ES6 lors de la deuxième campagne (63 pg.l⁻¹) et, plus accessoirement, le 123789HxCDD qui est relevé à plus de 2 pg.l⁻¹ à la station ES9 lors de la dernière campagne.
- ☞ Pour les furannes : le 1234678HpCDF est présent à moins de deux fois la LQ aux stations ES8 et ES9 de la première campagne, et à la station ES5 de la dernière campagne. Le 123478HxCDF est trouvé à 0,13 pg.l⁻¹ à la station ES1, lors de la dernière campagne.

La comparaison avec des résultats de l'état de référence (2009) ne peut se faire pour deux raisons :

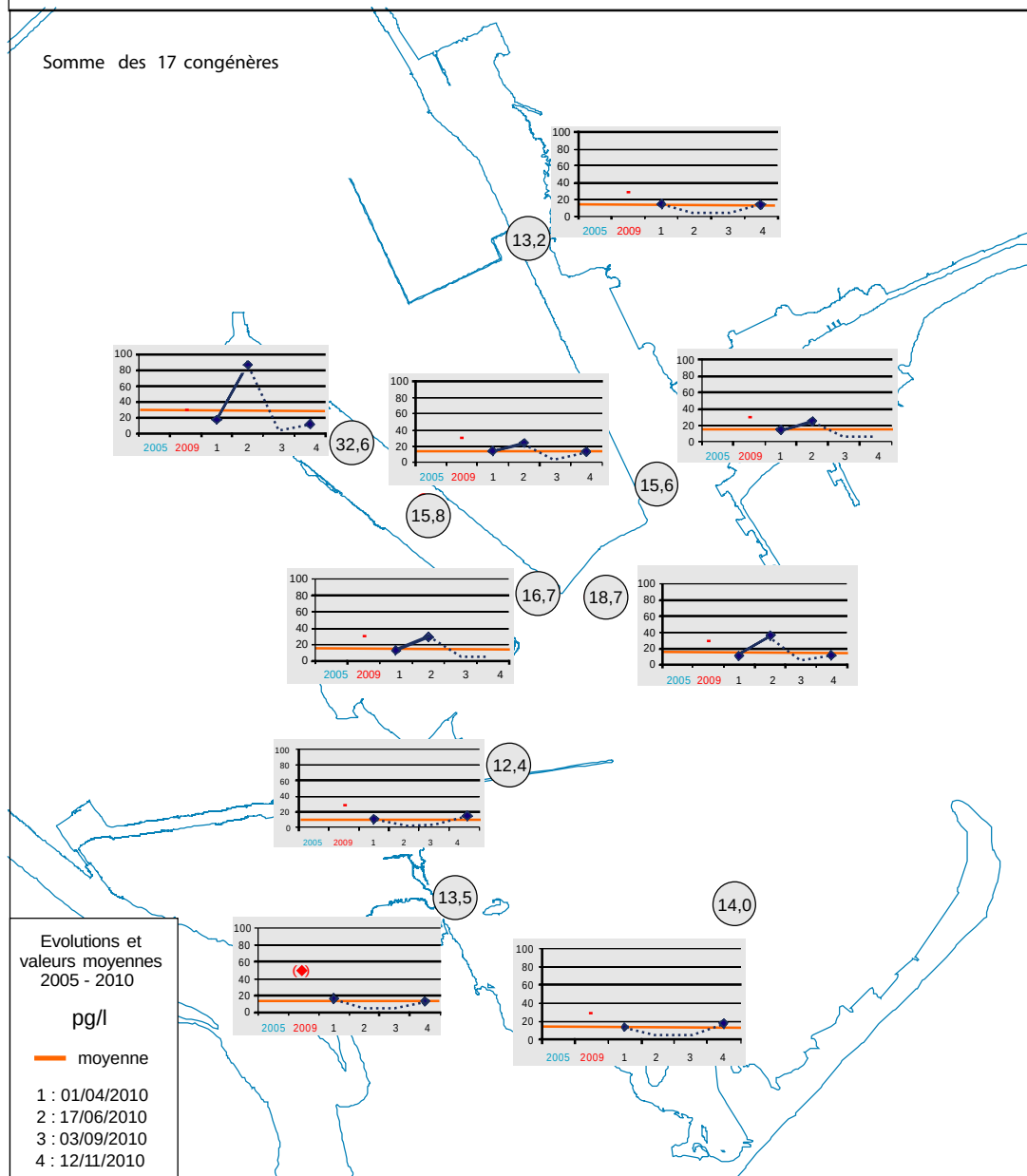
- ☞ Les LQ des congénères identifiés sont très différentes.
- ☞ Vraisemblablement de ce fait, aucun résultat n'est supérieur aux LQ dans la campagne 2009.

Les molécules décelées en quantités exprimables sont trop peu nombreuses pour pouvoir tenter d'y reconnaître des profils caractéristiques de différentes origines. (voir profils par campagne, en annexe 1, p. A174 et A175)



EAU : TENEURS PCDD/F

Planche 16





4.13.2. I-TEQ

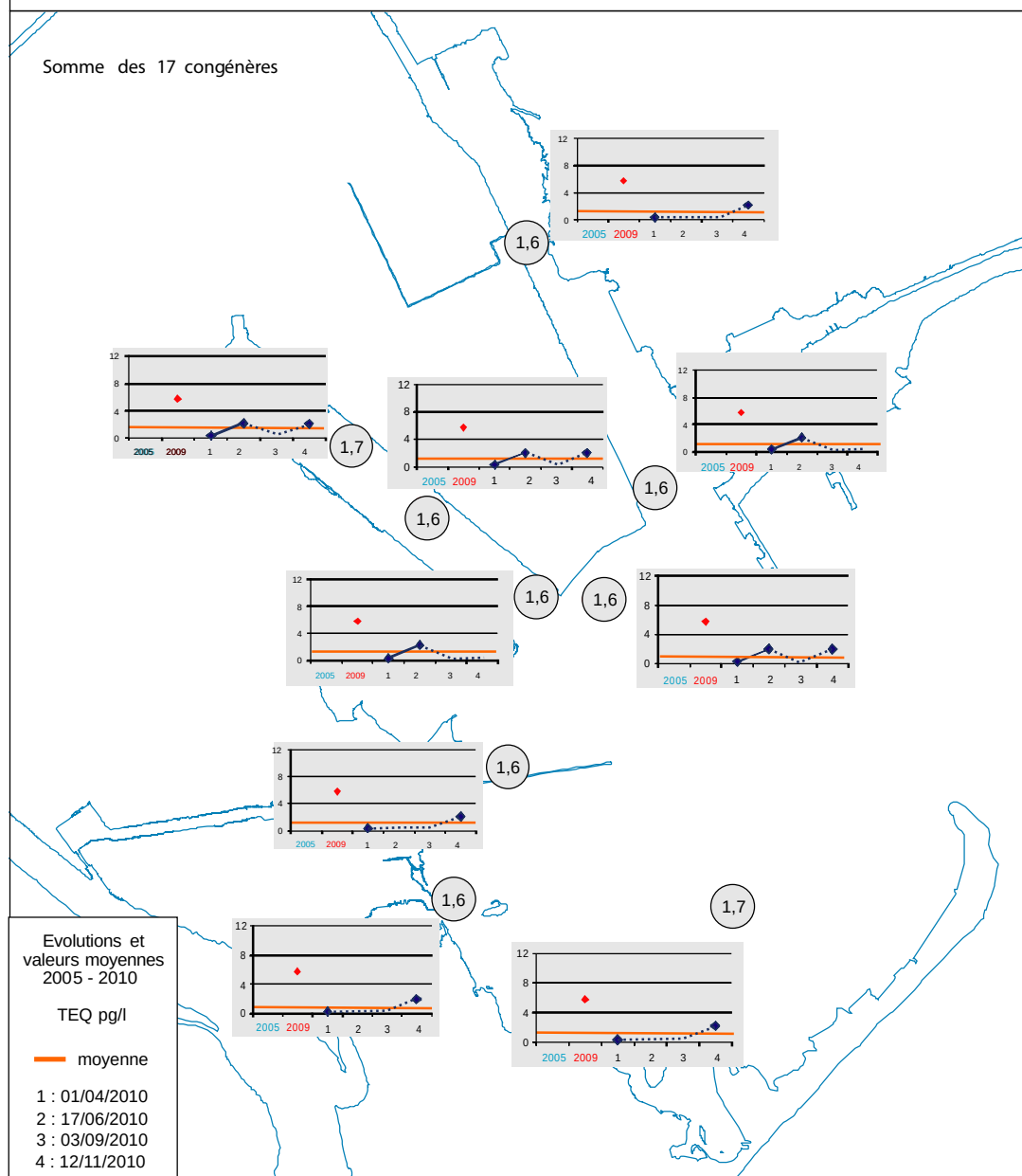
Portée, pour mémoire, page 47, la représentation des résultats convertis en I-TEQ est, dans le cas d'espèce, dépourvue de signification pratique (l'eau de mer n'étant pas une denrée alimentaire).

Les résultats (après adoption d'une valeur égale à la moitié de la limite de quantification, lorsque le résultat n'est pas exprimé) montrent des moyennes comprises entre 1,6 et 1,7 $\mu\text{g.l}^{-1}$ I-TEQ, les profils étant semblables à ceux des concentrations brutes. Seul, le « pic » en OCDD relevé à la station ES6 est « raboté » par un TEF (facteur de toxicité équivalente) égal à 1.10^{-4} .



EAU : I-TEQ PCDD/F

Planche 17





4.14. DL-PCB

4.14.1. TENEURS ABSOLUES

Les 12 congénères de PCB coplanaires sont très généralement présents dans les eaux de surface à des teneurs inférieures au seuil de quantification des résultats.

Une seule exception : les eaux prélevées à la station ES2 (sud Darse 1), lors de la campagne de novembre, accusent plus de 68 ng.l⁻¹ de DL-PCB. Les congénères les plus représentés y sont le 118 (46,7 ng.l⁻¹) et le 205 (16,4 ng.l⁻¹). Ces concentrations sont plus de 30 fois plus fortes que la deuxième valeur relevée selon un classement décroissant (CB 118 à ES6 lors de la deuxième campagne). Les résultats obtenus sur cet échantillon restent isolés et inexpliqués. Le suivi ultérieur permettra, peut-être, de statuer sur l'occurrence et la signification de telles valeurs.

Les 35 autres analyses montrent des concentrations beaucoup plus faibles, de l'ordre de 0,4 - 0,7 ng.l⁻¹, avec une majorité de congénères situés au-dessous de la limite de quantification. Les quelques résultats exprimés portent sur les congénères 118, 105, 156, 77, 167, 114, 123 et 157, les cinq premiers étant, le plus souvent, présents sur toutes les stations.

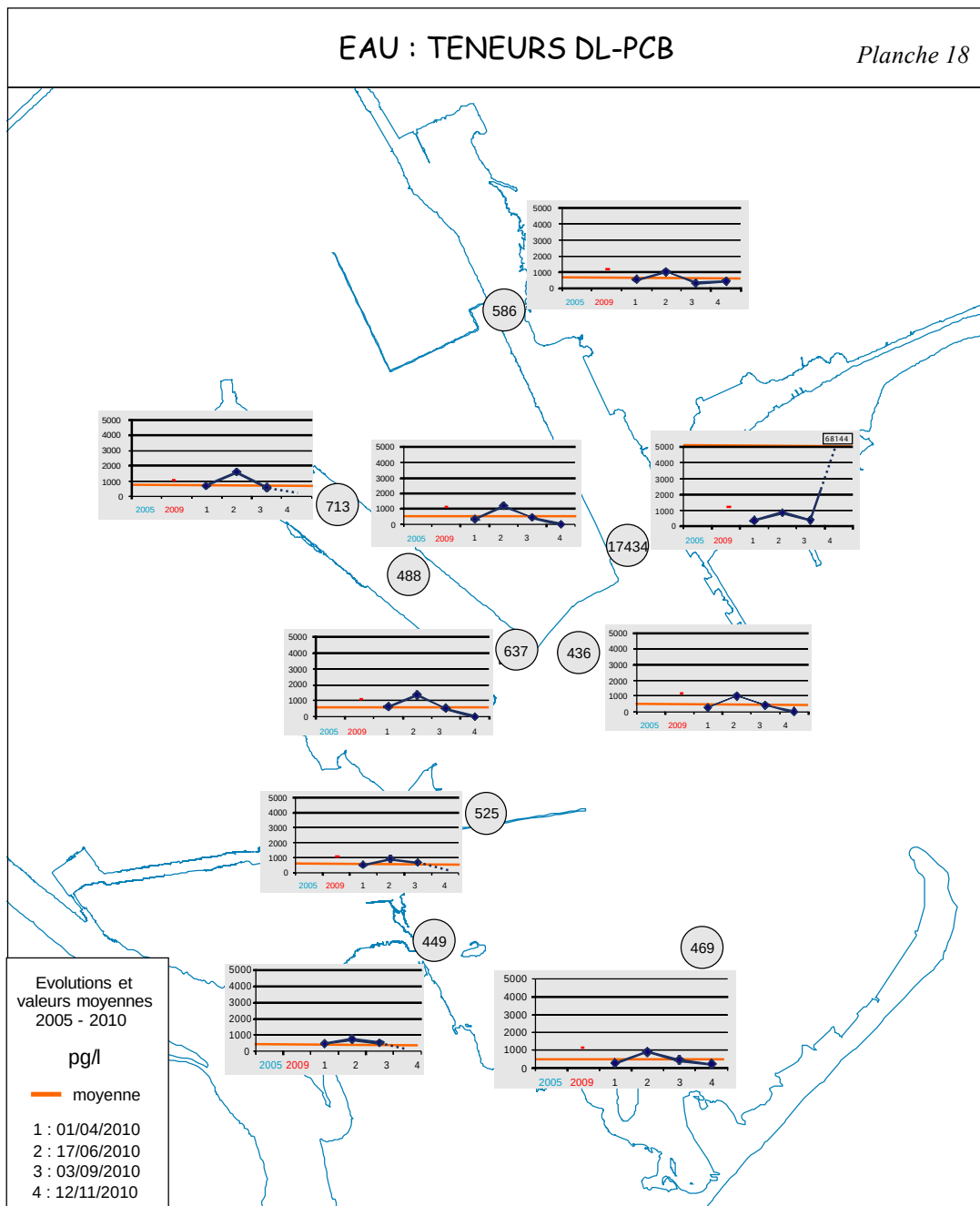
Notons aussi que :

- ☞ La station ES1 est peu chargée en CB 114, 123 et 157, lors de la deuxième campagne.
- ☞ Les congénères les plus représentés (CB 118 et 105) signent surtout les stations ES1 à ES3 (Darse 1) et ES9 (Carteau).
- ☞ La comparaison avec les résultats de 2009 est rendue impossible par la différence de niveau de quantification des résultats (voir tableau 4).



EAU : TENEURS DL-PCB

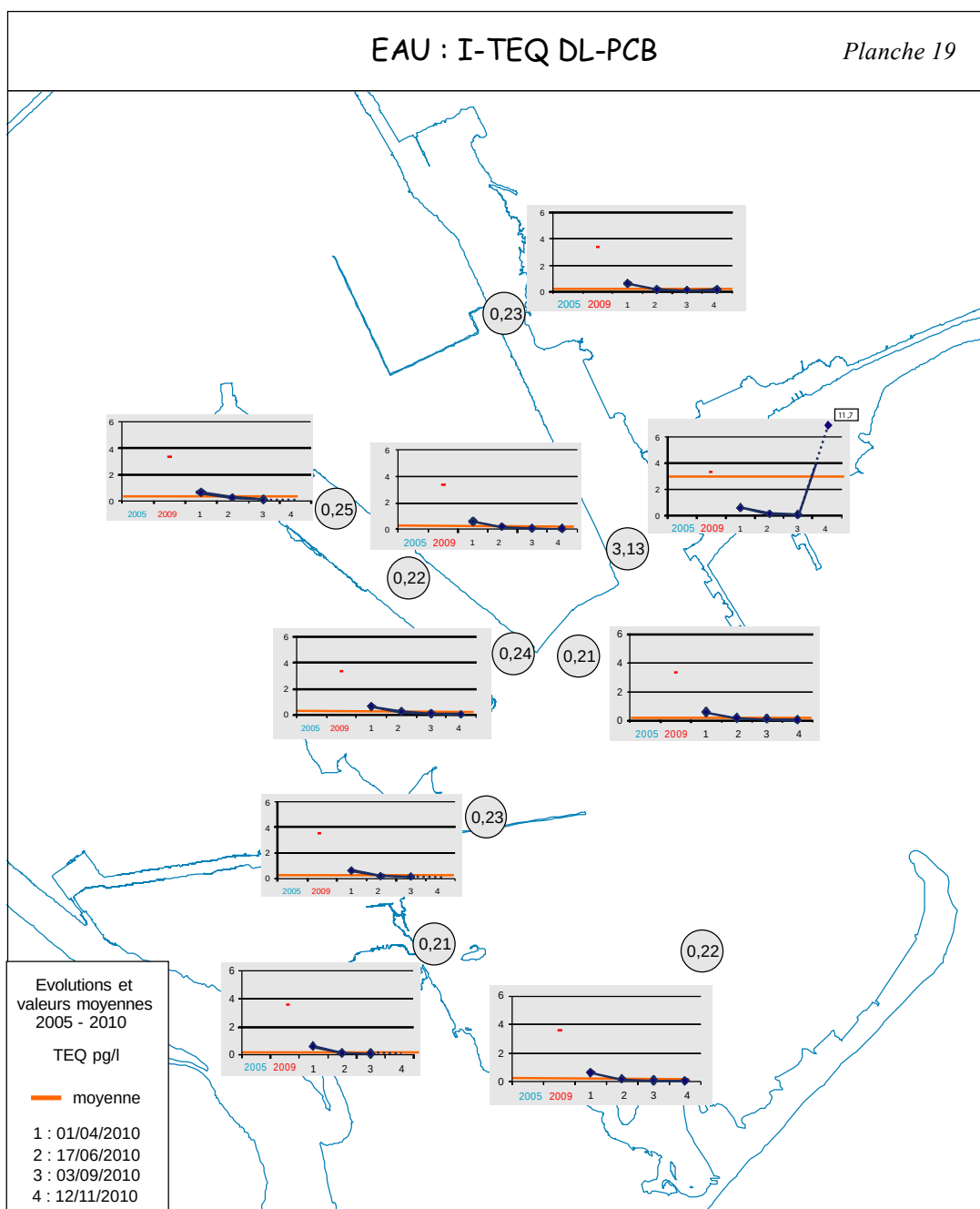
Planche 18





4.14.2. I-TEQ

Comme dit pour les dioxines, cette représentation des résultats n'est pas pertinente dans cette matrice. On retiendra de la planche 19 que les niveaux moyens sont proches de la somme des demi-seuils de quantification, et situés entre 0,21 et 0,25 pg.l⁻¹ I-TEQ, soit 7 fois moins que les niveaux en I-TEQ des dioxines et furannes, évalués dans les mêmes conditions.





V - SÉDIMENT

5.1. FRACTION PÉLITIQUE

La classe des sédiments de diamètre $< 63 \mu\text{m}$ (pélites) renseigne sur la capacité de la matrice sédimentaire à fixer des contaminants hydrophobes (soit, la quasi-totalité des contaminants analysés ici, qu'ils soient métalliques ou organiques).

Elle constitue, à ce titre, un des trois paramètres de normalisation des résultats bruts (aux côtés du COT et de l'aluminium).

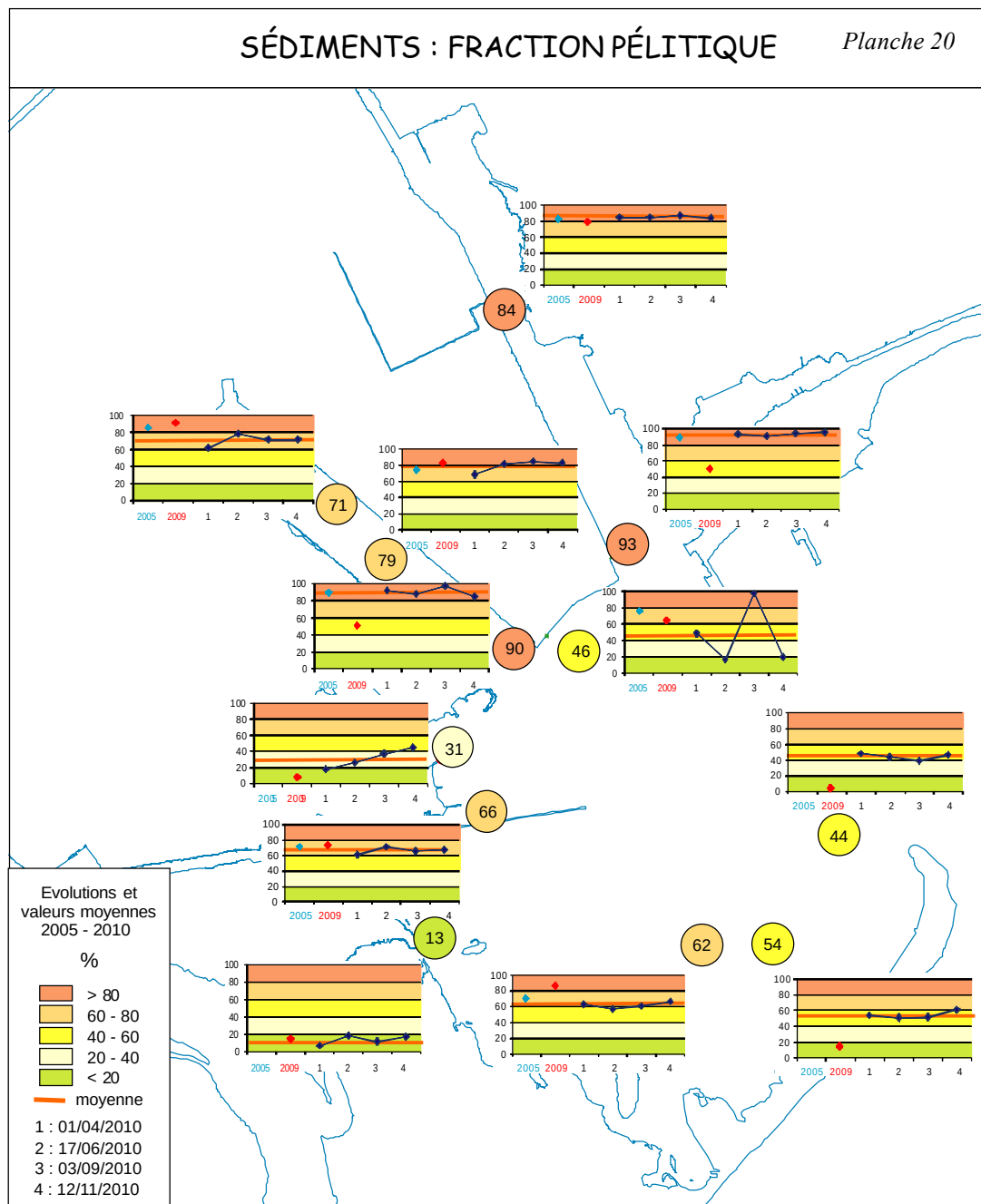
Sa proportion dans la fraction fine ($< 2 \text{ mm}$) est principalement fonction de trois facteurs :

- ☞ De la profondeur (l'envasement croissant avec la bathymétrie).
- ☞ Pour les faibles profondeurs (moins de 6-7 m), de l'exposition au régime de houle dominant et de l'existence ou non d'un «coup de mer» dans la période précédant le prélèvement (vannage et élutriation).
- ☞ Des apports en matériaux fins (taux de sédimentation plus ou moins fort lié aux contributions telluriques, à la proximité de zones de travaux, de rejet...).
- ☞ Les dragages peuvent aussi intervenir (effets de «réinitialisation des sédiments superficiels»).



SÉDIMENTS : FRACTION PÉLITIQUE

Planche 20





Les résultats obtenus lors des quatre campagnes 2010 montrent des niveaux généralement stables, hormis :

- ☞ Pour la station ES3, située sur des fonds de 5 m au droit du quai de servitude du Caban Sud. Cette station fluctue, selon les campagnes, entre 20 à 98% de pélites. Ce comportement peut être lié aux conditions météorologiques antécédentes sensibles sur ce site ouvert au sud-est, soumis à un fort taux d'apports (ce dernier point est d'ailleurs le cas sur l'ensemble de cette zone «estuario-portuaire»).
- ☞ Pour la station ES10 (entrée de la Darse 3) où l'on observe une augmentation régulière de l'envasement au fil des quatre campagnes (de 8 à 45 %).

En ce qui concerne les 10 autres stations, on relève des taux de pélites très stables sur les quatre campagnes (tout au plus peut-on noter un léger déficit, de moins de 5 %, pour les stations de la Darse 2, ES5 et ES6, lors de la première campagne).

Les niveaux moyens de chaque station sont très variés et se répartissent logiquement selon la bathymétrie et l'hydrodynamique. Ils vont de 13 % à la station ES8, sur le haut-fond du canal Saint-Antoine (60 cm d'eau) à 93 % dans le chenal de navigation de la Darse 1, par 24 m de fond.

Les plus forts taux d'envasement (supérieur à 80 %) sont trouvés en Darse 1 et au sud de la Darse 2. Les deux autres stations situées vers le haut de la Darse 2 sont légèrement moins envasées (conséquence d'un dragage plus récent ?).

Puis, on trouve la station du canal Saint-Antoine (-8,5 m) avec 66 % de pélites. La station de Carteau (-4 m) est légèrement plus envasée qu'attendu (zone d'abri hydrodynamique).

Les stations ES11 et ES12 sont peu envasées pour leur profondeur (face nord de la Flèche de la Gracieuse battue par les vagues de mistral).

Les stations ES3 (Caban Sud) et ES10 (entrée de la Darse 3) présentent des teneurs moyennes cohérentes avec leur profondeur (-3 et -5 m).



Ces proportions de pélites sont en accord avec celles relevées en 2005 lors de l'état initial et avec celles du «Point zéro prime» (2009) pour les stations ES1, 3, 5, 6, 7, 8 et 9. Par contre, pour quatre à cinq stations (ES2, 4, 11, 12 et peut-être 10) les teneurs détectées en 2009 sont très largement au-dessous de celles obtenues l'année suivante : cette différence peut provenir de conditions météorologiques antécédentes atypiques pour les stations de la Gracieuse ou d'un lessivage des échantillons durant leur remontée en surface lors de leur prélèvement. Les concentrations fournies pour décrire la géochimie de ses stations pèchent donc vraisemblablement par défaut (seule la normalisation par la fraction pélitique peut permettre d'estimer leur «vrai» niveau de contamination).



5.2. CARBONE ORGANIQUE TOTAL

Le COT ne répond que dans les grandes lignes à la répartition des pélites, avec les teneurs les plus fortes aux stations profondes de la Darse 1 et une teneur faible sur le haut-fond de Saint-Antoine (ES8).

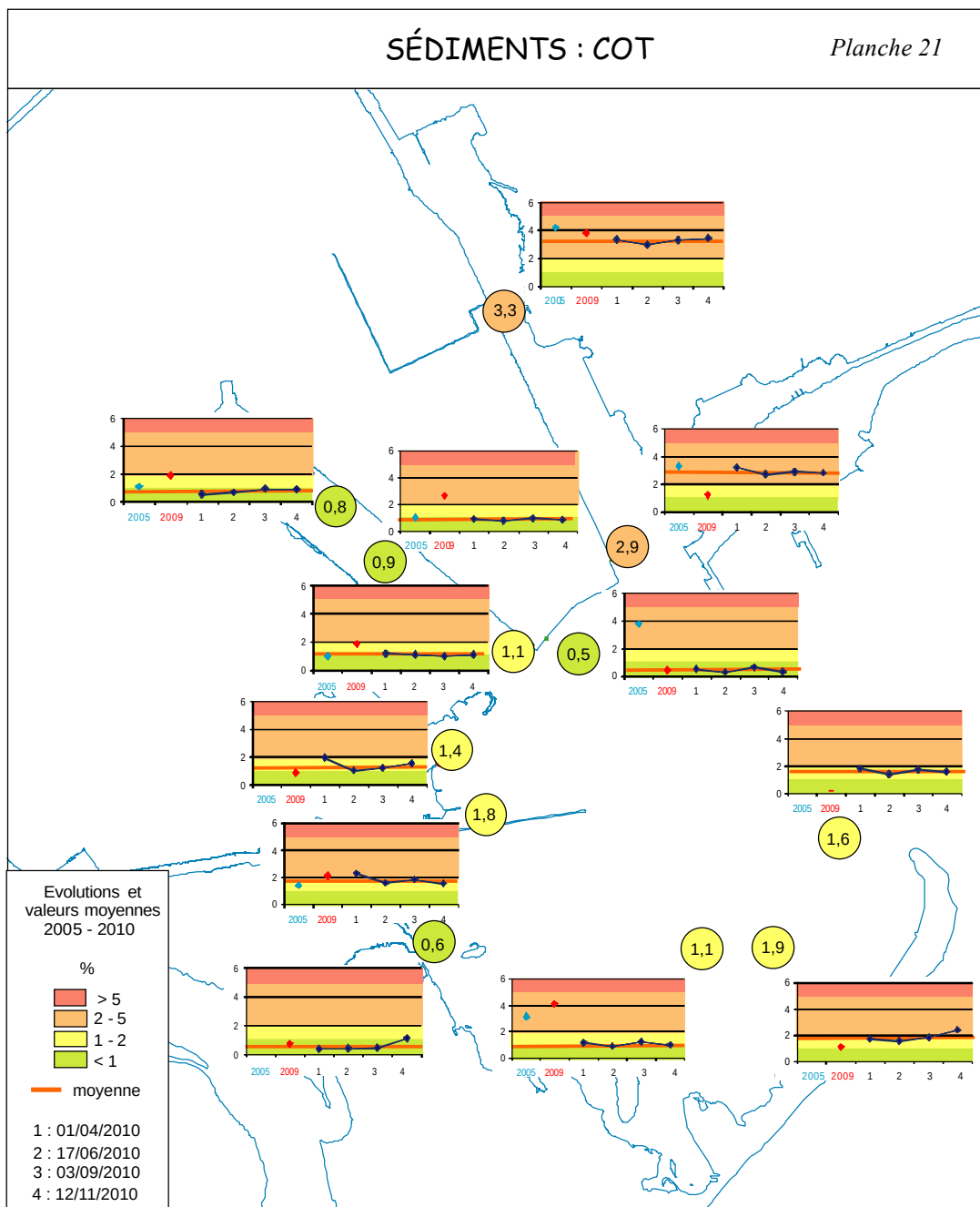
En effet, ce paramètre introduit des nuances dans la distribution des résultats :

- ☞ Tout d'abord, dans la Darse 2, où les trois stations profondes présentent de faibles concentrations en COT, eu égard à leur envasement. Ce constat semble indiquer qu'après un dragage, le sédiment s'enrichit rapidement en matières fines minérales, le niveau organique remontant plus lentement.
- ☞ Pour la station ES3, les teneurs en COT sont régulièrement faibles (comme en 2009) alors qu'elles étaient plus fortes en 2005, en cohérence avec les pélites.
- ☞ Pour la station ES9 (Carteau) les concentrations en COT sont faibles, à la fois dans l'absolu et par rapport au taux de pélites : l'envasement légèrement plus fort au droit des tables conchylicole semble donc dû à un effet d'abri hydrodynamique et n'est pas corrélé à un enrichissement organique pouvant être lié à la culture (« autopolution » par les déjections des moules du parc).
- ☞ En valeur absolue, seule la Darse 1 présente un niveau organique élevé. Le graphe de corrélation (mal ajustée, voir graphe 1) du COT avec la fraction pélitique et celui du COT avec l'aluminium (meilleur ajustement, voir graphe 3) montrent que, même en Darse 1, la contamination est imputable aux caractéristiques de la matrice sédimentaire.
- ☞ Les résultats ponctuellement supra-médians relevés aux stations ES8, 10 et 11 restent isolés et sans signification particulière.
- ☞ La comparaison aux levés antérieurs montre une bonne cohérence avec les résultats de 2005 (sauf pour les stations ES3 et ES9 où les valeurs sont plus fortes en 2005) et avec 2009 (sauf pour ES9, 2 et 11 où les valeurs, nettement inférieures, sont certainement à rapprocher de la faible teneur en pélites de ces échantillons).



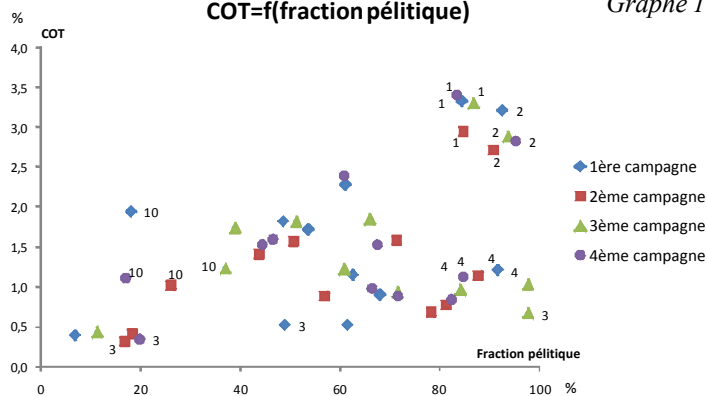
SÉDIMENTS : COT

Planche 21



COT=f(fraction pélitique)

Grphe 1





5.3. ALUMINIUM

L'aluminium est, ici, analysé au titre de paramètre de normalisation de la matrice sédimentaire.

Les valeurs obtenues sont remarquablement constantes au cours des quatre campagnes, avec quelques fluctuations, à la limite du perceptible, en Darse 2.

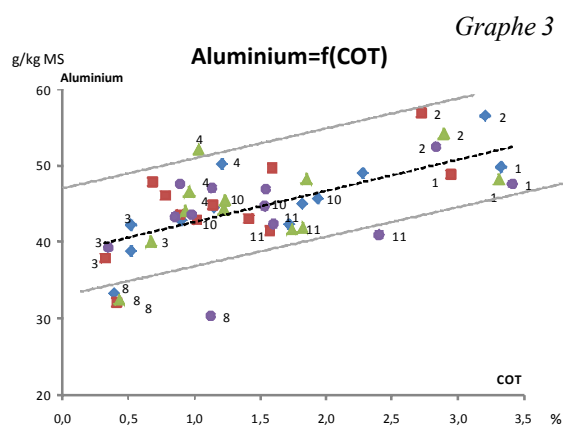
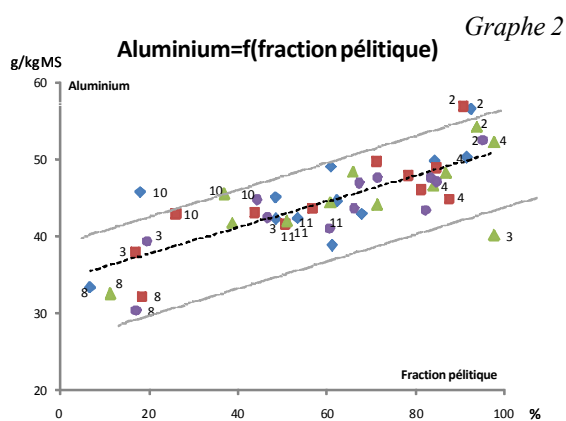
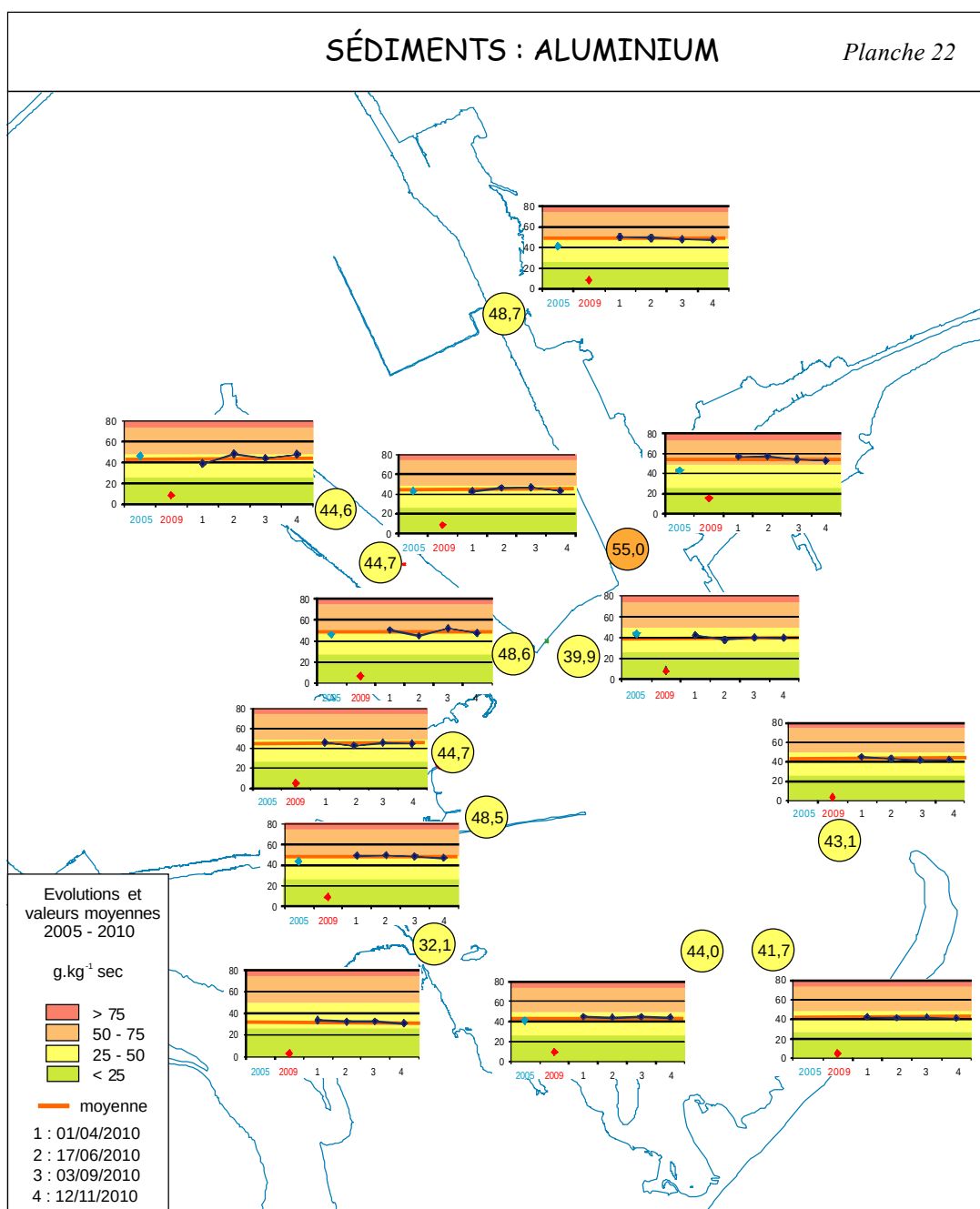
Contrairement aux deux autres paramètres de normalisation, commentés précédemment, le « paysage sédimentaire » décrit par l'aluminium est beaucoup moins contrasté, presque monotone :

- ☞ Une seule station dépasse 5 % (il s'agit de la station ES2, au sud de la Darse 1, qui était déjà la plus envasée).
- ☞ À l'opposé, une seule station est au-dessous de 4 % (la station du canal Saint-Antoine, qui détient aussi le minimum de pélites).
- ☞ Entre 4 et 5 %, on distingue :
 - ✓ Les stations supérieures à 4,8 % (station ES4, mais aussi ES7 à la sortie du canal Saint-Antoine)
 - ✓ Et les autres, Carteau, Gracieuse, Darse 3, Caban et centre Darse 2, où les concentrations sont classiques pour ce type de milieu.

Ce « manque de relief » de la répartition de l'aluminium fait que son effet, comme référence de normalisation, sera peu déterminant. Cependant, sa répartition est bien cohérente avec celle des vases, comme le montre le graphe 2.

Dans le détail, on constate une très légère sur-représentation de l'aluminium à la station ES2 (sud Darse 1) et une, non moins légère, sous-représentation à la station ES8 (canal Saint-Antoine).

Notons que les résultats obtenus sont cohérents, voire souvent identiques, à ceux relevés en 2005. Par contre, les valeurs 2009 sont, de façon systématique, nettement plus faibles et ne peuvent être retenues comme référence.





5.4. MERCURE

Les concentrations relevées sont très généralement inférieures à $0,10 \text{ mg.kg}^{-1}$ sec, teneur admise pour niveau de référence nationale par l'ancien RNO (devenu ROCCH en 2007), en limite basse des teneurs qui caractérisent le sédiment superficiel du golfe de Fos.

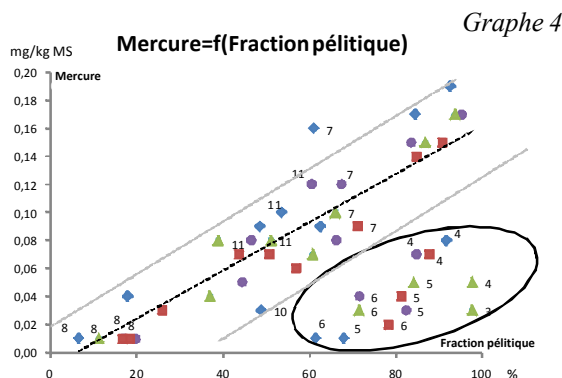
Certaines stations présentent même des niveaux moyens particulièrement bas ($\leq 0,03 \text{ mg.kg}^{-1}$) comme le canal Saint-Antoine, Caban Sud, centre Darse 2.

Les seules teneurs supérieures au bruit de fond sont les stations de la Darse 1, avec $0,15 - 0,17 \text{ ppm}$ en moyenne, et des maxima approchant les $0,20 \text{ ppm}$.

Les teneurs sont globalement plus faibles que celles observées en 2005, notamment au nord de la Darse 2 et à Carteau.

Ces résultats 2010 sont difficilement comparables à ceux de 2009 (LQ plus élevées). Notons néanmoins que, pour les quatre résultats exprimés, on ne relève pas d'incohérence majeure.

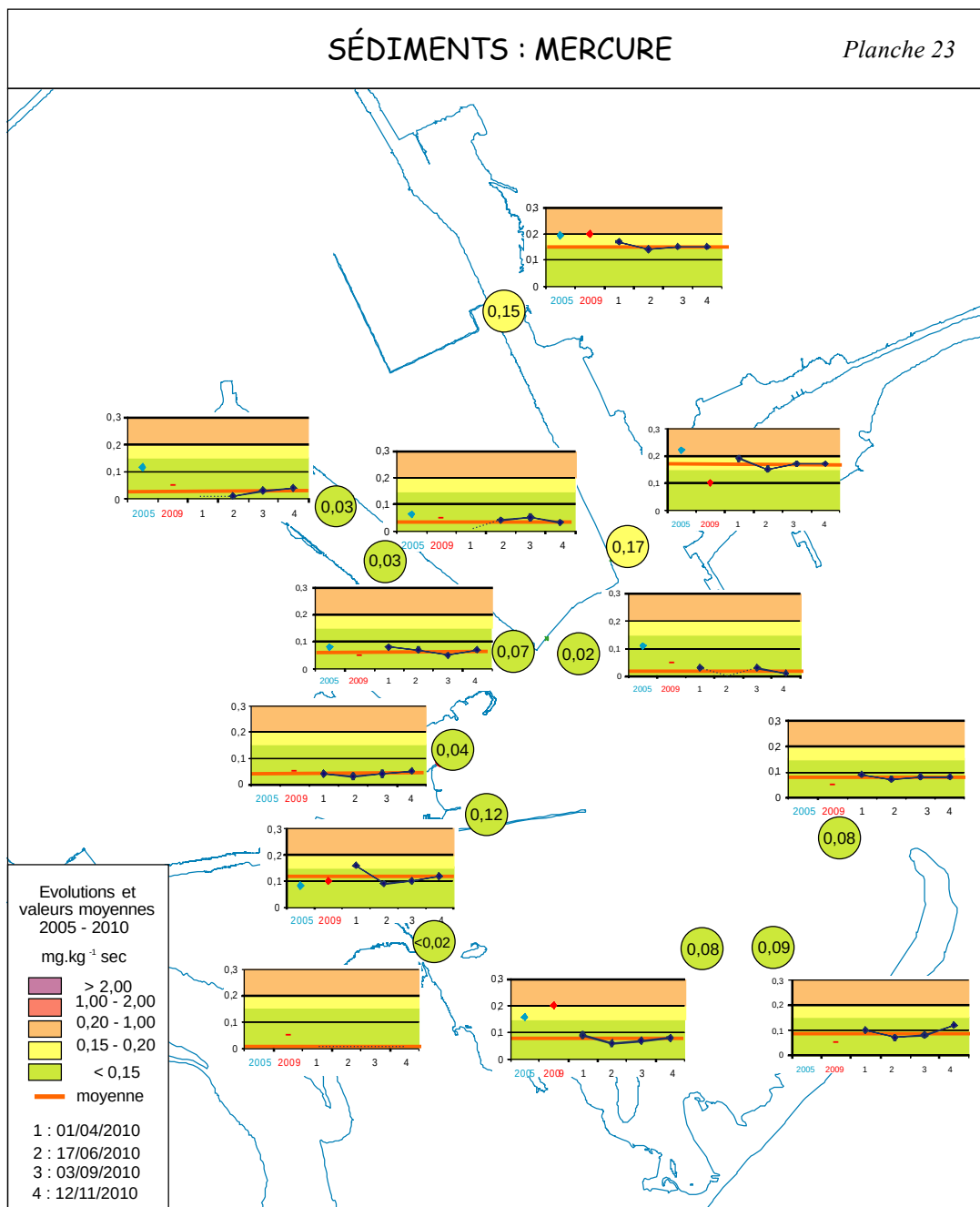
La normalisation des résultats montre un ajustement excellent des teneurs en mercure sur celles du COT (graphe 5), moins bon sur l'aluminium et très médiocre sur la fraction pélitique. Ces deux derniers ajustements isolent les stations ES4, ES5 et ES6 de la Darse 2, caractérisées par une faible contamination en mercure eue égard à leur fort envasement (cette particularité a déjà été signalée pour le carbone organique total).



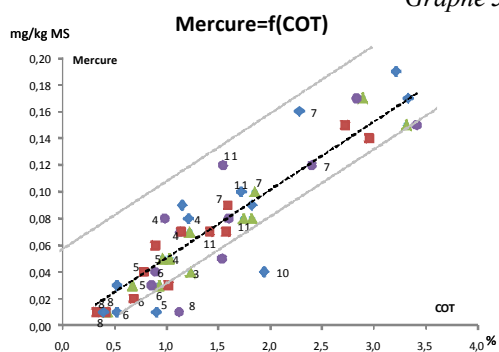


SÉDIMENTS : MERCURE

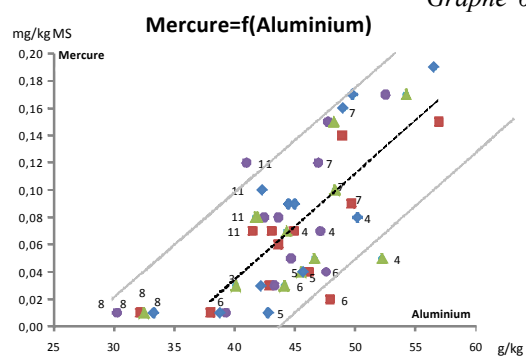
Planche 23



Graphe 5



Graphe 6





5.5. CADMIUM

Les teneurs moyennes tiennent toutes dans un rapport de 1 à 2, entre 0,08 mg.kg⁻¹, en sortie de Darse 3, et 0,20 mg.kg⁻¹, au nord de la Darse 1 (ES1) ou à Carteau.

Ces teneurs sont toutes du même ordre, ou inférieures au fond géochimique pour toutes les stations, sauf le nord des Darses 1 et 2 et le site de Carteau.

Le « pas d'expression des résultats » de 0,20 ppm ne permet pas beaucoup de finesse dans l'évaluation des tendances ni dans les ajustements avec les paramètres de normalisation.

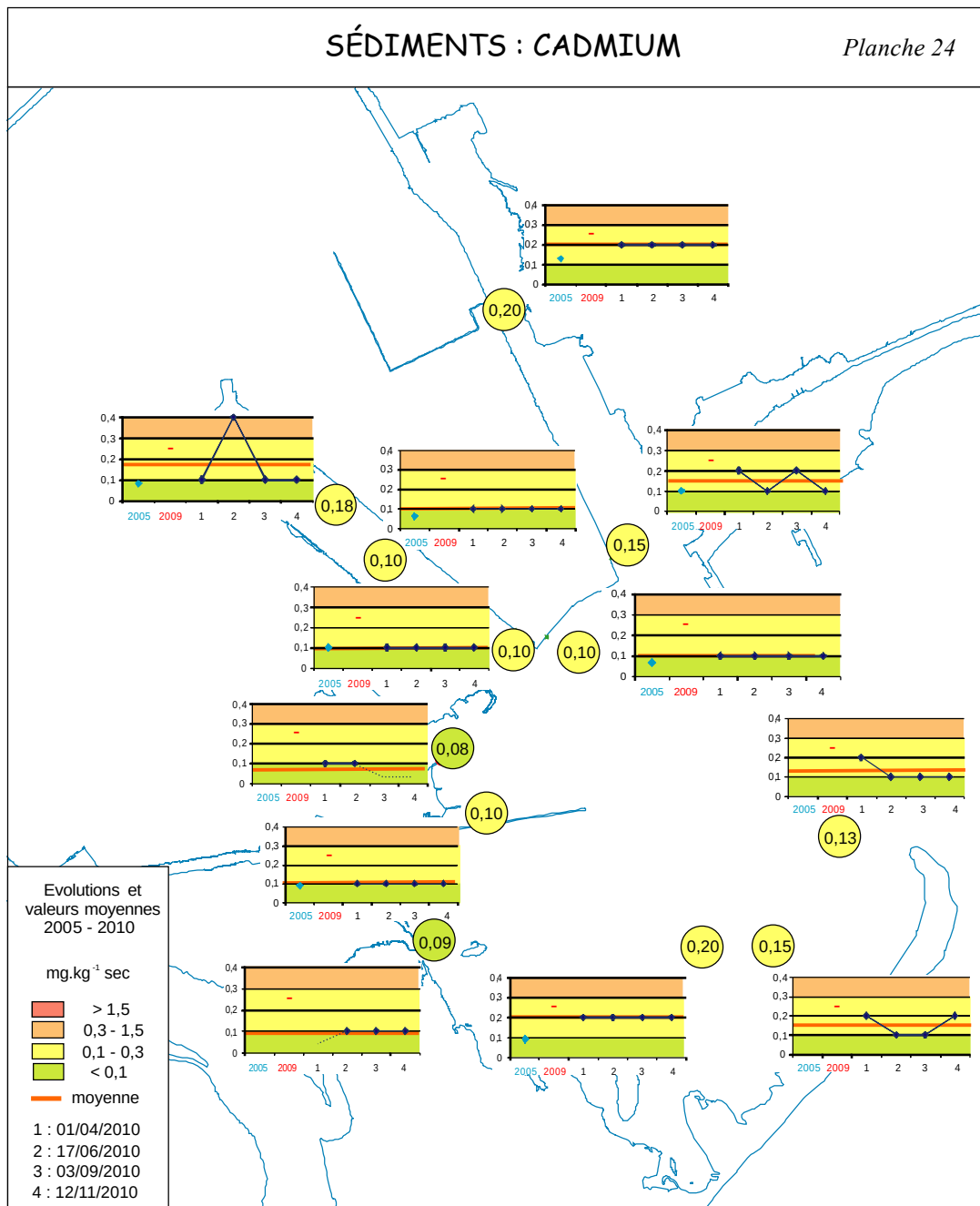
On notera seulement que ces résultats sont généralement répétitifs pour les quatre campagnes sur la moitié des stations, ce qui conforte la validité des niveaux annoncés.

Les deux seules stations où sont observées des fluctuations sont la station ES6, lors de la deuxième campagne (valeur isolée de 0,4 ppm) et la station ES2.



SÉDIMENTS : CADMIUM

Planche 24





5.6. NICKEL

Les teneurs moyennes en nickel dans le sédiment, obtenues en 2010, sont comprises entre 14 et 36 ppm (toujours aux mêmes stations extrêmes ES8 et ES1).

Le bruit de fond moyen du golfe de Fos est de l'ordre de 25 mg.kg⁻¹ sec.

Par rapport à ce fond, la Darse 1 paraît plus contaminée (niveau régulièrement élevé, de l'ordre de 35 ppm), suivie par les trois stations de la Darse 2 et par celle du canal Saint-Louis où les teneurs sont de l'ordre de 30 ppm.

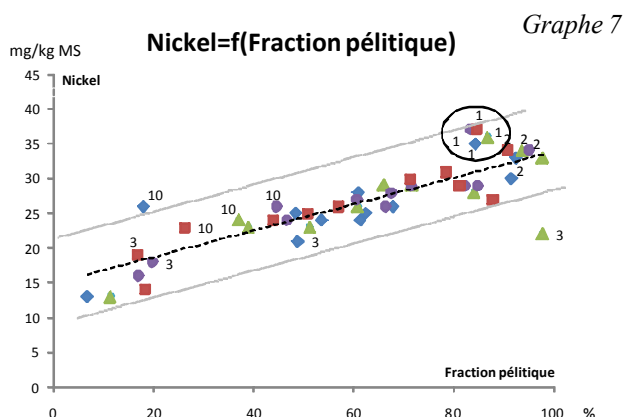
Ces résultats sont parfaitement cohérents avec ceux relevés en 2005 et en 2009.

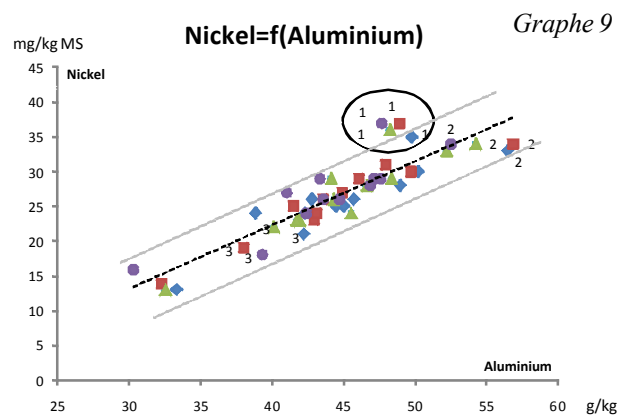
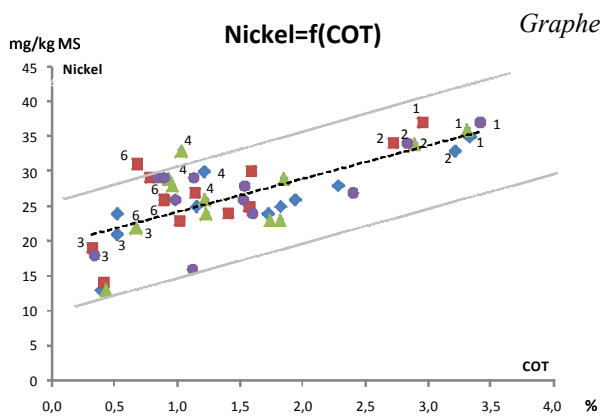
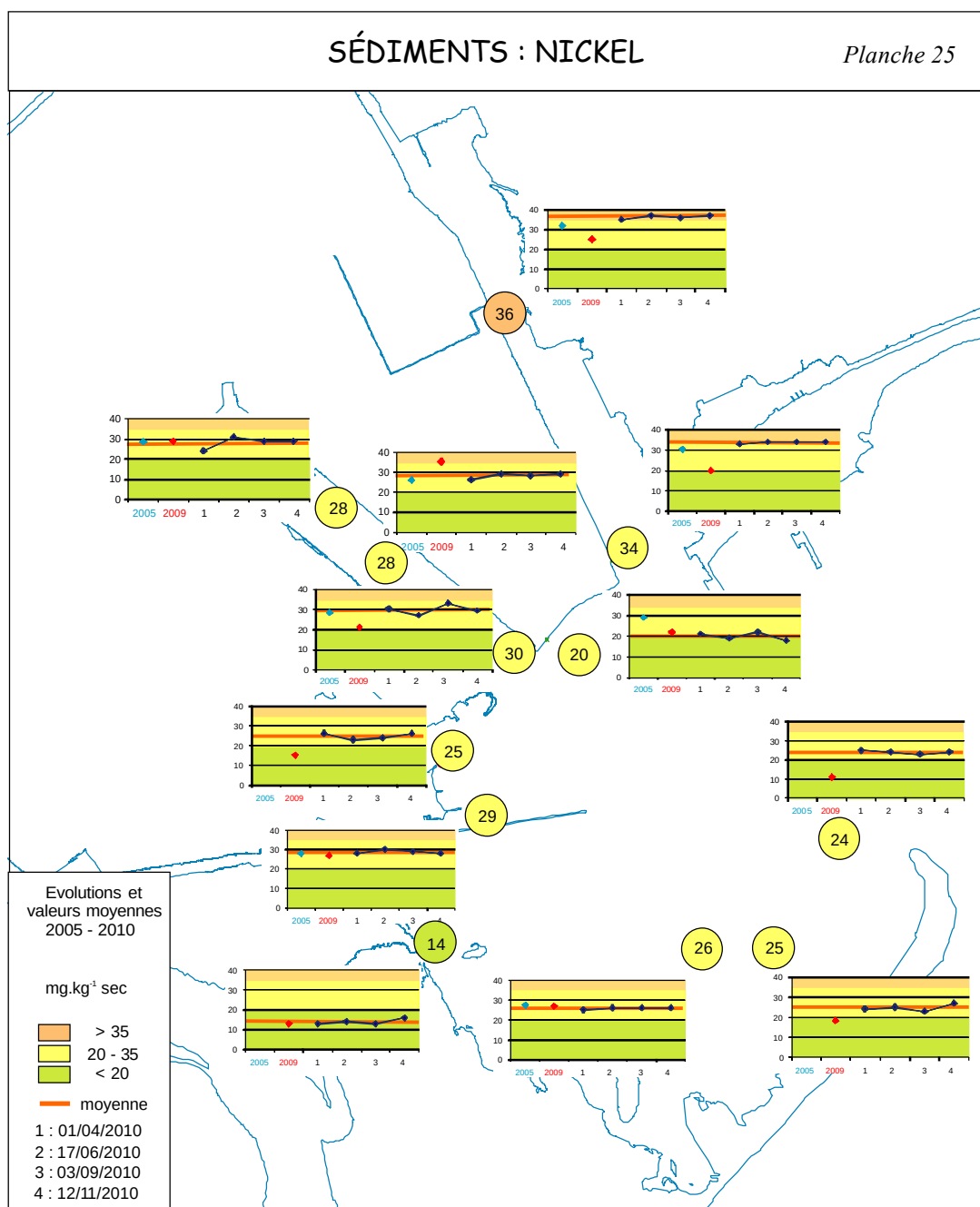
Les rares différences sont :

- ☞ Une seule valeur supérieure en 2005 (à ES3).
- ☞ Des teneurs plus souvent plus basses en 2009 aux stations ES1, 2, 4, 10, 11 et 12, vraisemblablement en relation avec des teneurs en pélites particulièrement faibles sur certaines de ces stations.

Les normalisations par la fraction pélitique et d'aluminium sont de bonne qualité :

- ☞ Elles ne confirment que la contamination de la station ES1.
- ☞ La normalisation par l'aluminium montre que la faible teneur obtenue à la station ES3 est due aux caractéristiques de la matrice (comme pour la station ES8).







5.7. PLOMB

Sur les trois quarts des stations, les concentrations moyennes sont inférieures ou de l'ordre de 25 ppm, cette valeur pouvant être considérée comme le bruit caractéristique des sédiments superficiels du golfe de Fos.

Les trois stations qui dépassent cette valeur sont les stations ES1 et ES2 de la Darse 1 et la station ES7 au débouché du canal Saint-Louis.

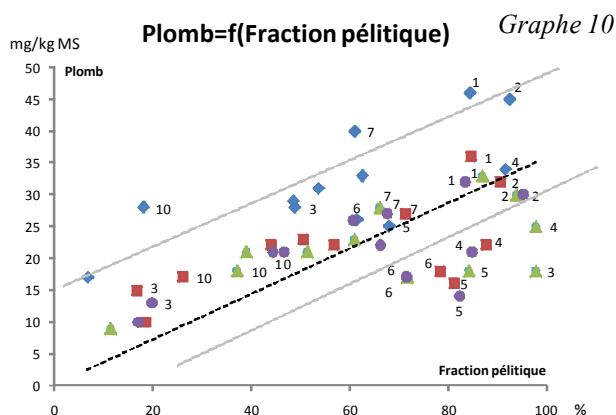
La chronologie montre que les sédiments prélevés lors de la première campagne sont significativement plus contaminés que ceux des campagnes ultérieures.

En Darse 1, on atteint ou dépasse 45 mg.kg^{-1} sec début avril, ce qui est à la limite d'une contamination avérée. Sur les deux stations, les concentrations rejoignent progressivement 30 ppm au cours des trois campagnes suivantes.

Les résultats 2010 sont cohérents avec les résultats obtenus en 2005 et 2009, hormis, en 2009, pour les stations 7, 8, 11 et 12 où des niveaux en plomb particulièrement bas ont été relevés.

La normalisation par les pélites qualifie toujours les stations de la Darse 2 de faiblement contaminées. Les deux autres normalisations isolent la première campagne avec des niveaux de contamination particulièrement élevés.

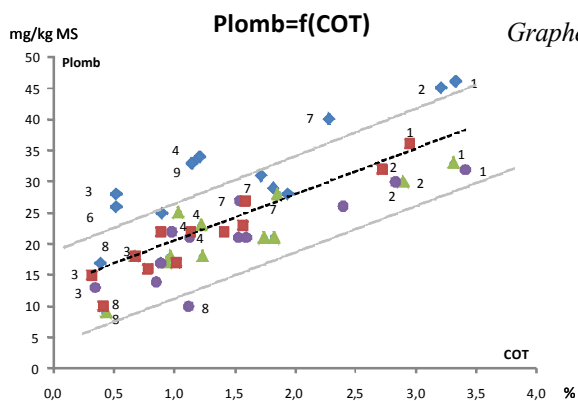
La contamination supra-moyenne des stations ES1, 2 et 7 est confirmée.



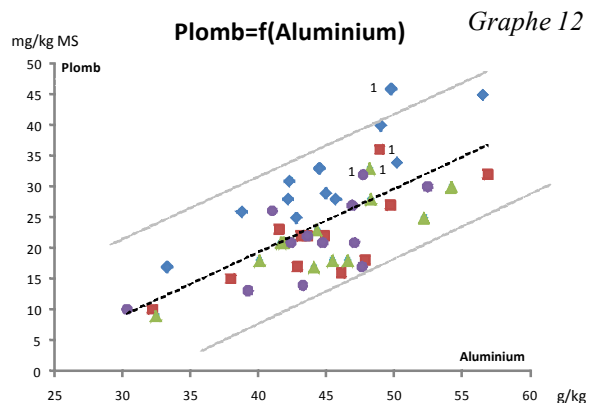


SÉDIMENTS : PLOMB

Planche 26



Graphe 11



Graphe 12



5.8. CHROME

Ce métal présente, en 2010, des teneurs moyennes relativement regroupées (facteur 2 entre la station ES3, au Caban, qui présente 42 ppm, et la station mitoyenne ES2, au sud de la Darse 1, avec 85 ppm). Le bruit de fond (anthropisé) du golfe de Fos peut être estimé à 50 ppm, légèrement au-dessus du fond géochimique de la Méditerranée, évalué à 45 ppm par le RLM.

- ☞ Sont proches de cette valeur les cinq stations du golfe de Fos ES8, 9, 10, 11 et 12 (avec respectivement 49, 53, 51, 52 et 47 ppm), avec des teneurs régulières au cours de l'année.
- ☞ Le centre de la Darse 2 présente les mêmes valeurs moyennes (50 ppm à ES5 et 53 ppm à ES6), mais, en réalité, on observe à ces stations un niveau plus proche de 55 - 60 ppm pour les trois dernières campagnes, la moyenne étant abaissée par une valeur plus faible (35 ppm) relevée début avril.
- ☞ Quatre stations sont régulièrement au-dessus de ce niveau : ce sont les deux stations de la Darse 1 (ES1, et surtout ES2), avec 85 ppm de moyenne et un maximum à 90 ppm lors des deux premières campagnes, et les stations ES4 (sud Darse 2) et ES7 (sortie du canal Saint-Louis) qui présentent des teneurs unifiées de 60 ppm, moins extrêmes, mais tout de même supra-médianes.
- ☞ Enfin, la station ES3 présente, une fois de plus, les teneurs les plus faibles, proches de 40 ppm.

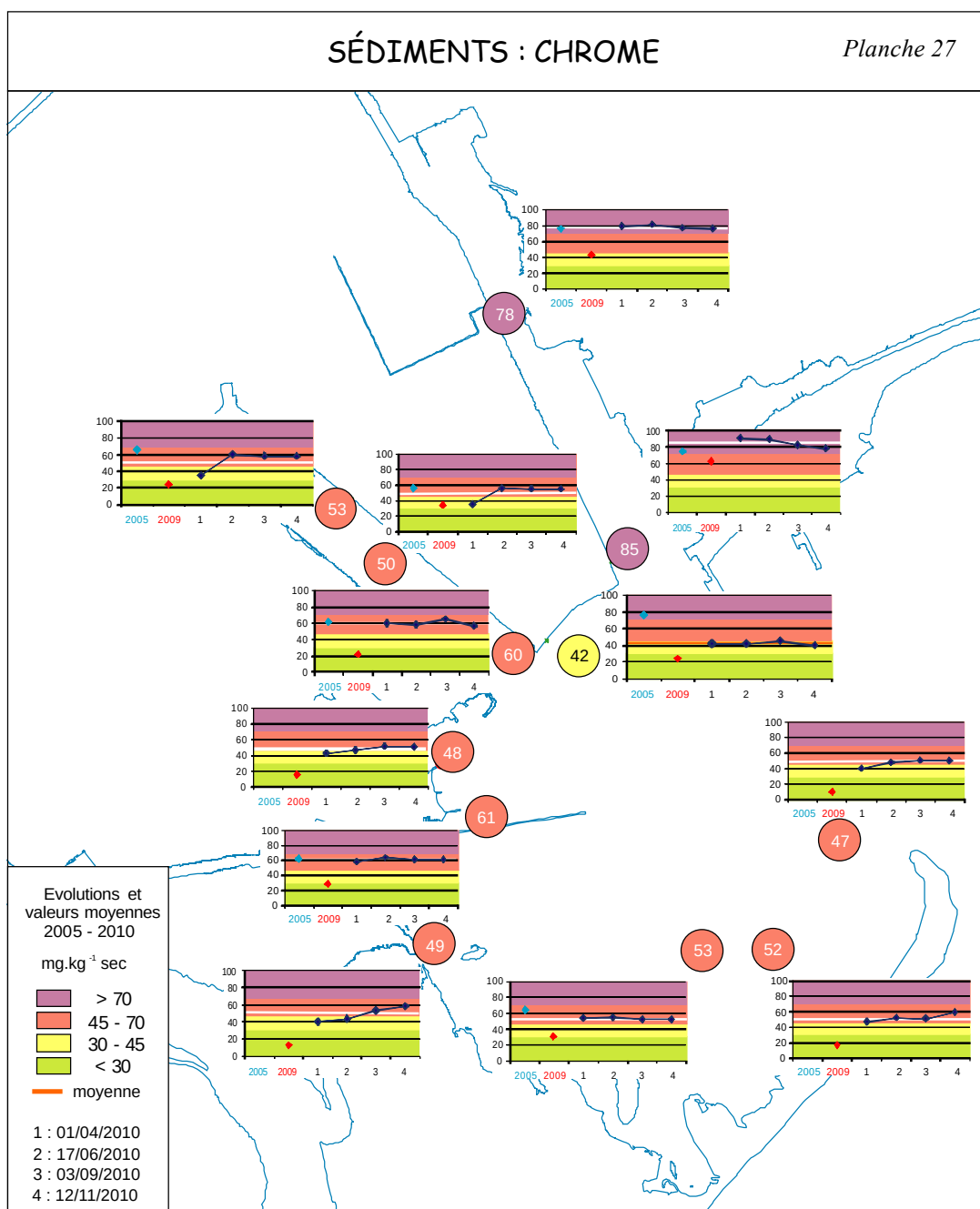
Les valeurs trouvées en 2005 aux stations ES1, 2, 4, 5, 6, 7 et 9 sont toutes très proches de celles de 2010, seule la station « Caban Sud » (ES3) présente une teneur deux fois plus forte. Les résultats 2009 sont systématiquement inférieurs aux autres valeurs : généralement moins de 30 ppm sauf pour les stations ES5, 1 et 2.

La normalisation des résultats par la fraction pélitique désigne les stations ES2 et ES8 (Saint-Antoine) comme stations contaminées, le COT, la station ES2 seule, et l'aluminium, la station Saint-Antoine. Il semblerait donc que cette dernière station soit sous l'influence d'une source de ce métal. Les valeurs absolues « moyennes » qui y sont relevées sont dues à une matrice sédimentaire lessivée par le courant, pauvre en fraction pélitique et en aluminium. Pour preuve : si, à cette station, on normalise la teneur de chrome à une concentration de 5 % d'aluminium, on obtient 100 ppm de chrome, teneur caractéristique d'une contamination avérée.

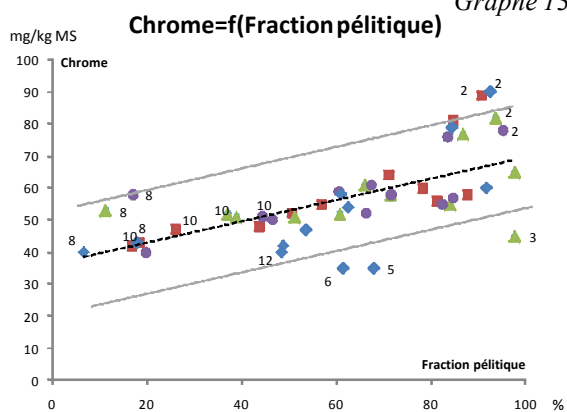


SÉDIMENTS : CHROME

Planche 27

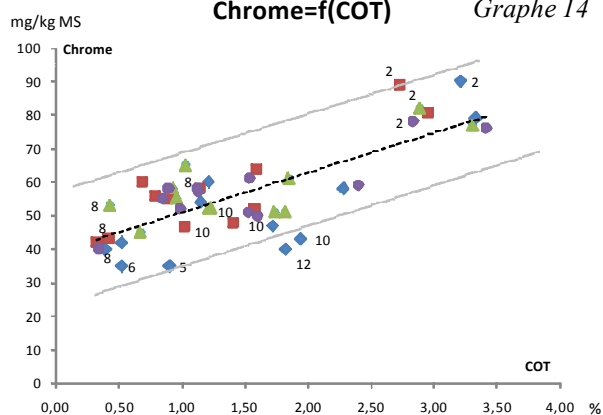


Graphe 13



Chrome=f(COT)

Graphe 14





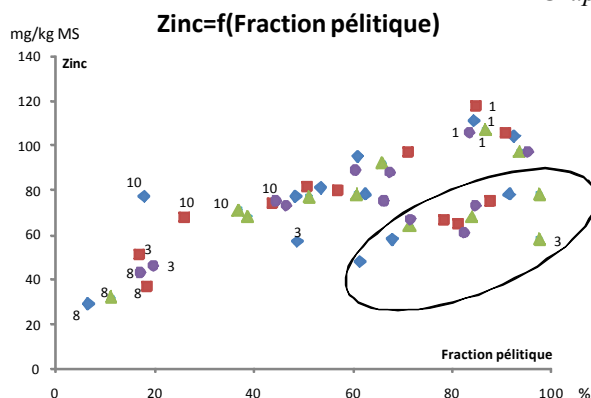
5.9. ZINC

Le niveau de référence du golfe de Fos (bruit de fond fortement anthropisé) pour ce métal est de l'ordre de 75 ppm $\pm$ 3 (pour un niveau d'aluminium de 4,6 % environ), teneur inférieure au bruit de fond méditerranéen du RLM, évalué à 90 ppm.

Par rapport à cette référence, les valeurs absolues montrent une répartition déjà décrite pour d'autres métaux, avec :

- ☞ Des valeurs fortes (90 - 110 ppm) aux stations ES7 (Saint-Louis, avec 93 ppm), ES2 (sud Darse 1, avec 101 ppm) et ES1 (centre Darse 1, avec 111 ppm).
- ☞ Des valeurs plus faibles, centre Darse 2 (62-63 ppm) dans des secteurs récemment dragués.
- ☞ Une teneur brute minimale à ES8.
- ☞ Une concentration faible à ES3 (Caban Sud), de l'ordre de 50 ppm.
- ☞ La normalisation par l'aluminium confirme la contamination des stations ES1 et ES11 (Carteau Est).
- ☞ La fraction pélitique donne des résultats moins nets.
- ☞ La normalisation par le carbone organique total, particulièrement bien ajustée, distingue les stations ES1 et ES7 et confirme un niveau de contamination de la station ES8 situé au-dessous de la droite de référence du golfe de Fos.

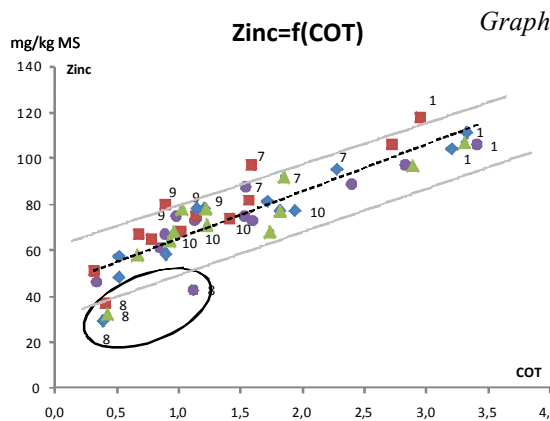
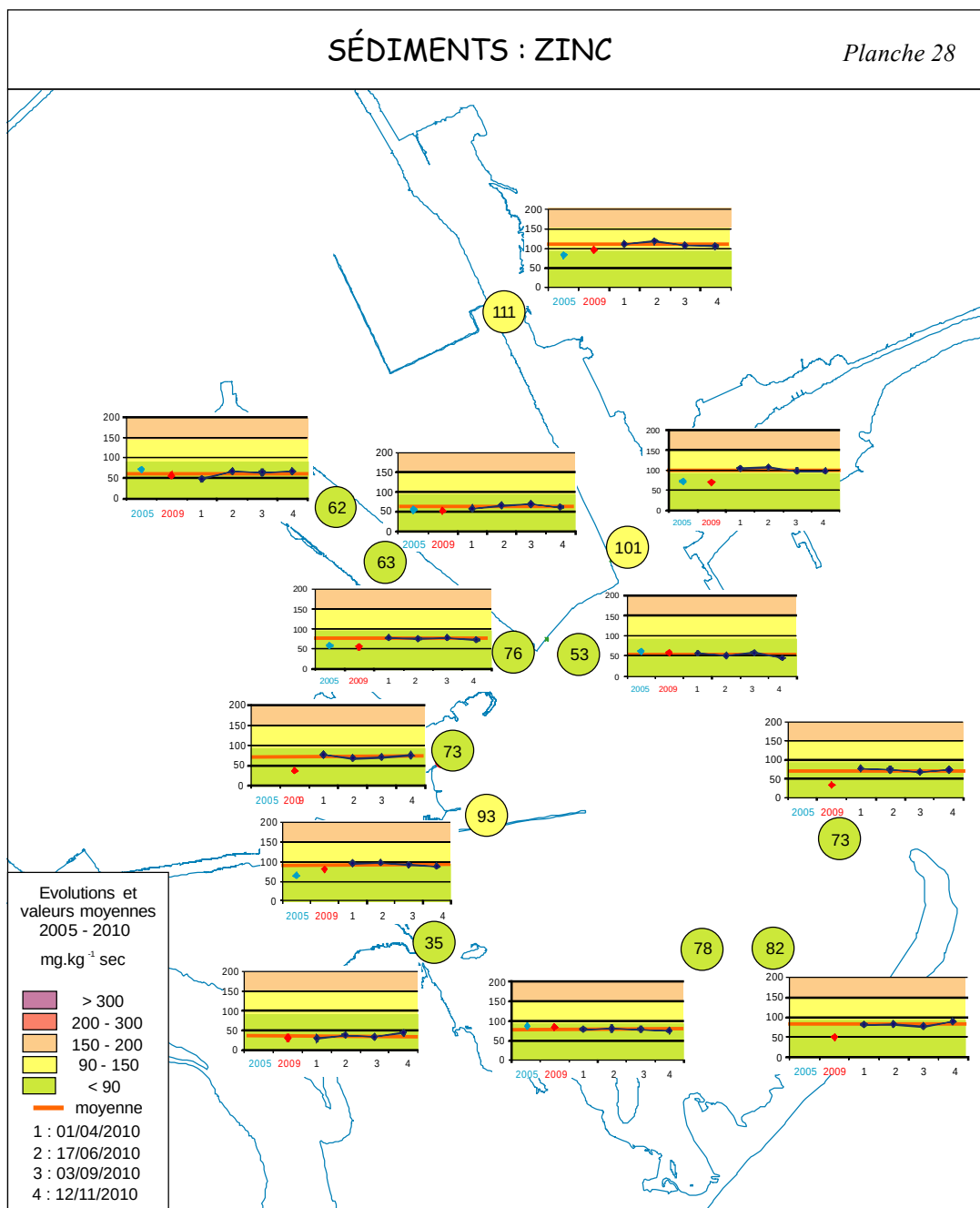
Graphe 15



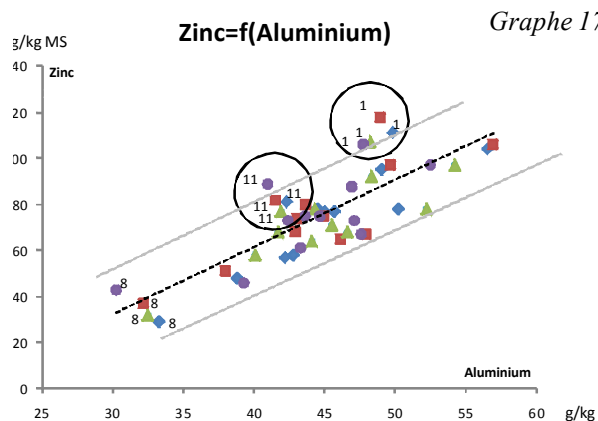


SÉDIMENTS : ZINC

Planche 28



Graphe 16



Graphe 17



5.10. CUIVRE

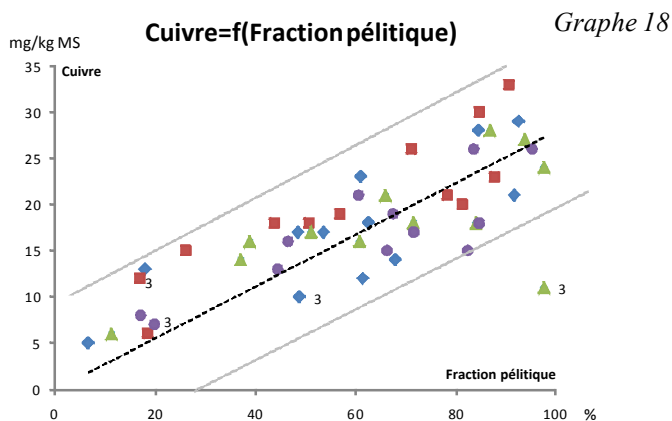
Les stations représentatives du bruit de fond local (ES9, 10, 11 et 12) présentent des teneurs regroupées entre 14 et 18 ppm, à peine supérieures au bruit de fond de la Méditerranée (évalué par le RLM à 15 ppm).

La répartition des teneurs des autres stations suit toujours le même schéma avec :

- ☞ Les stations de la Darse 1 approchant les 30 ppm, niveau presque deux fois plus fort que le bruit de fond, mais non critique dans l'absolu.
- ☞ La station ES7 (canal Saint-Louis), qui, avec 22 ppm, est très légèrement supérieure au bruit de fond.
- ☞ Les stations de la Darse 2, qui ne dépassent pas le niveau de référence, en dépit de leur niveau bathymétrique.
- ☞ Les stations ES3 et surtout ES6 qui présentent des niveaux faibles ou très faibles.

Les normalisations montrent de bonnes corrélations de ce métal avec les paramètres normalisants, en particulier l'aluminium : les différences entre stations, à l'origine de la classification ci-dessus, sont donc majoritairement imputables aux caractéristiques de la matrice sédimentaire et ne font pas apparaître de différence significative de contamination à l'échelle de cette zone.

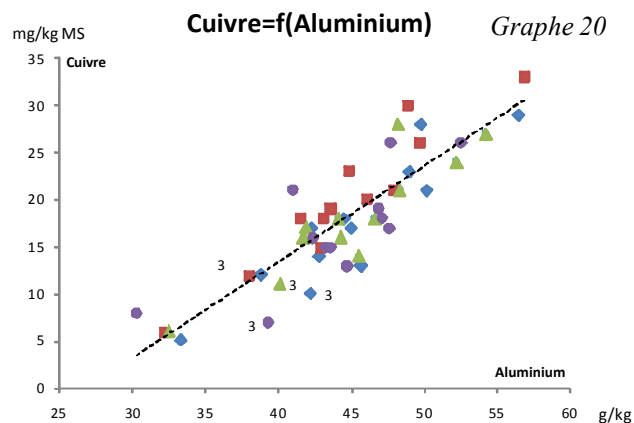
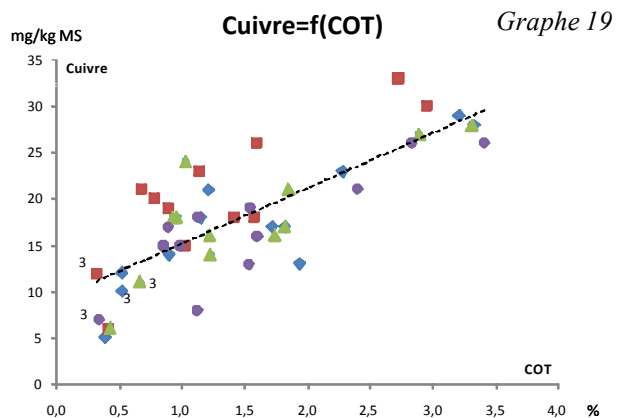
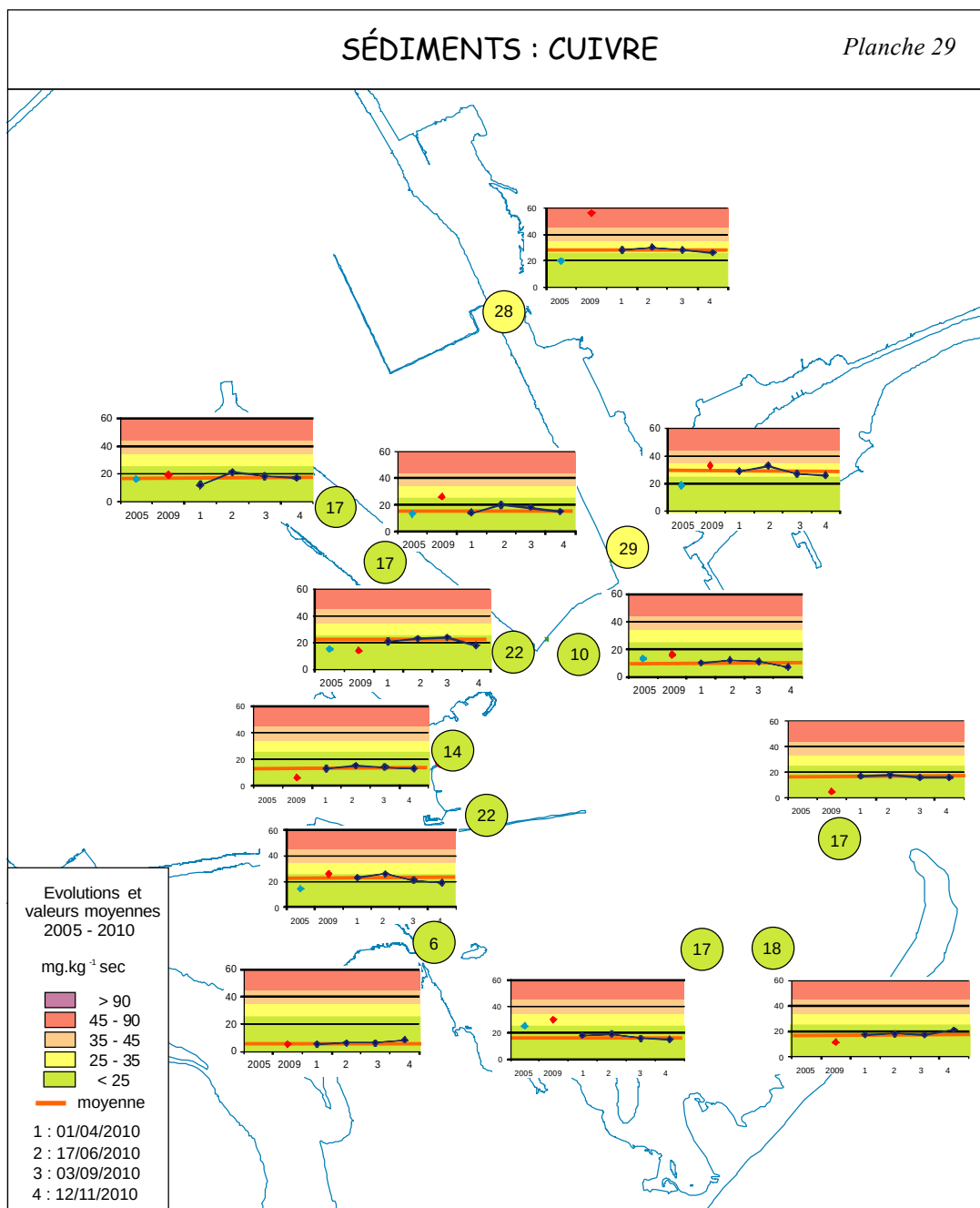
Notons que les résultats relevés en 2010 sont proches de ceux recueillis en 2005 et 2009, hormis, en 2009, une valeur forte à ES1 et une valeur faible à ES12.





SÉDIMENTS : CUIVRE

Planche 29





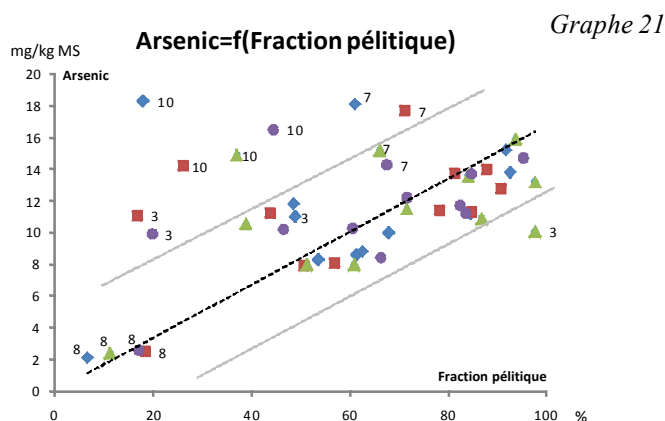
5.11. ARSENIC

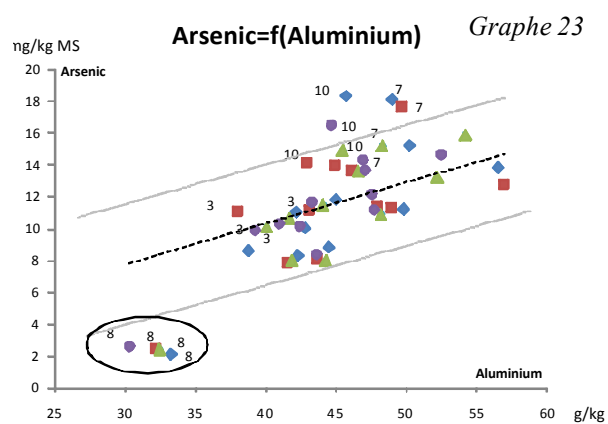
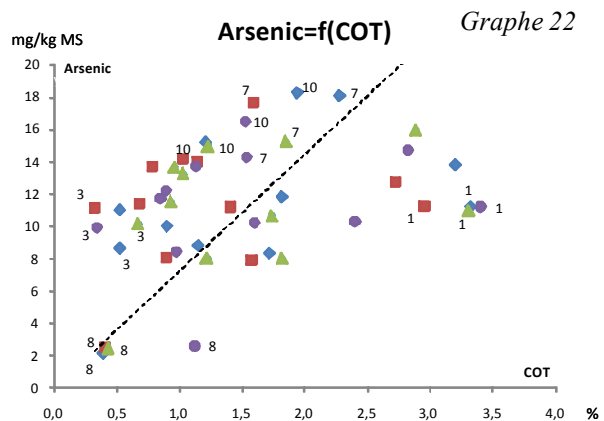
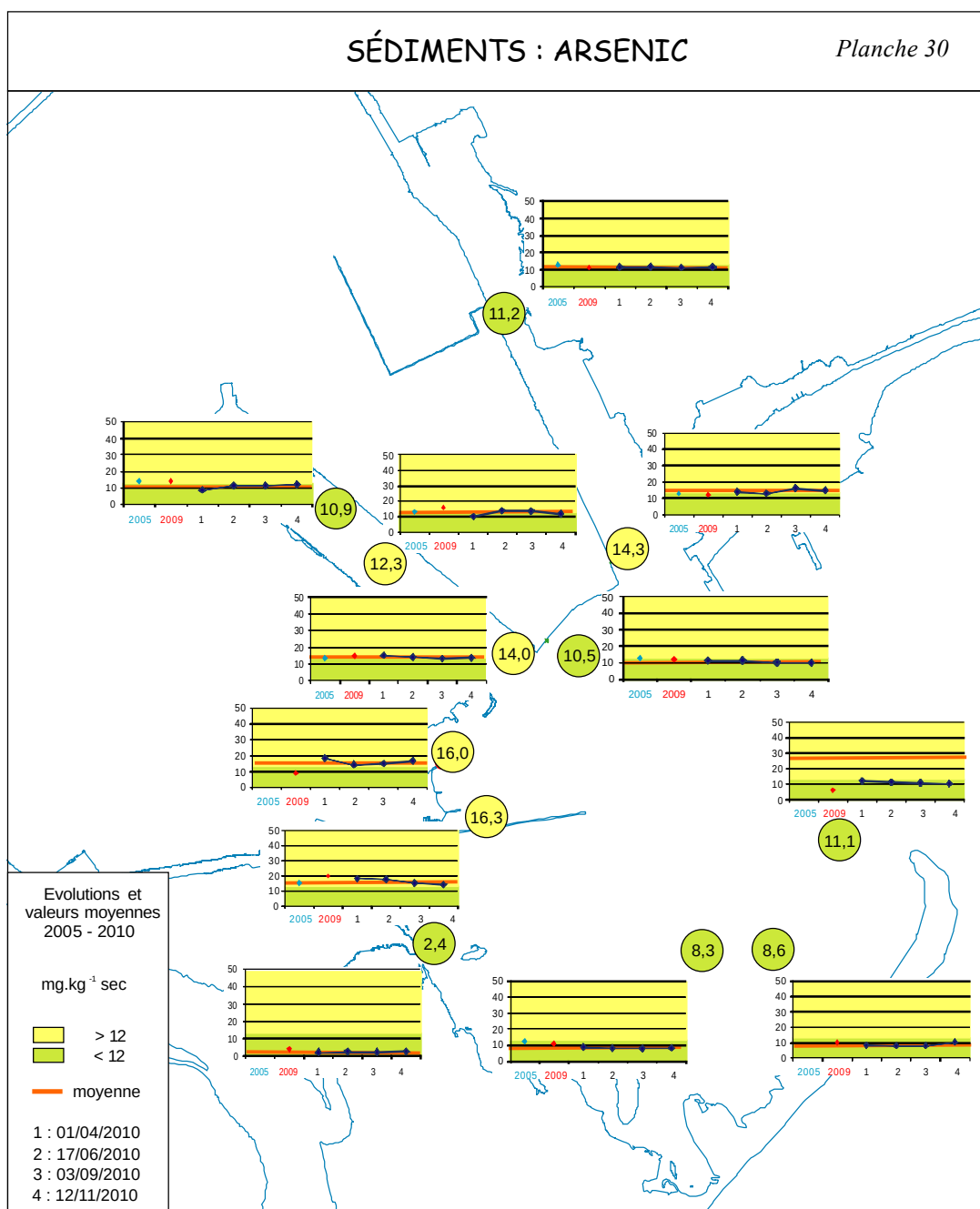
Si on exclut la teneur très faible qui caractérise la station ES8, les concentrations en arsenic sont regroupées dans une fourchette étroite entre 8 et 15 ppm, centrée sur 12 ppm, valeurs jugées représentatives du bruit de fond.

Les trois stations qui dépassent cette valeur sont le sud des Darse 2 (14 ppm) et 1 (14,3 ppm) et les stations mitoyennes ES7 (canal Saint-Louis) et ES10 (entrée de la Darse 3), avec des valeurs régulièrement voisines de 16 ppm.

Les normalisations par les pélites, le COT et l'aluminium désignent, toutes les trois, la station ES8 comme station «blanche», et les stations ES10 et ES7 comme présentant un niveau de contamination supérieur au niveau de référence. Dans ce cas, le bas niveau des valeurs absolues amène à relativiser cette notion même de contamination.

Ces résultats sont en parfaite cohérence avec les campagnes de référence de 2005 et de 2009.







5.12. DIOXINES ET FURANNES

Les 17 molécules de PCDD/Fs sont ici considérées comme des polluants organiques persistants, révélateurs d'une contamination du milieu et, en particulier, du sédiment superficiel du Golfe de Fos. Dans cette optique, ce sont prioritairement les concentrations absolues des différents congénères (et leurs sommes) qui sont significatives (l'interprétation des valeurs exprimées en I-TEQ n'ayant sa place que dans une lecture toxicologique des résultats, peu porteuse de sens pour la matrice «sédiments»).

La planche 31 reporte les variations temporelles et les moyennes de la somme de 17 molécules dans le sédiment, au cours des quatre campagnes.

On constate une grande variabilité spatiale des résultats qui, selon les stations, vont de $100 \text{ pg.g}^{-1} \text{ sec}$ à près de $2500 \text{ pg.g}^{-1} \text{ sec}$.

On retrouve, dans la répartition spatiale des résultats, un schéma déjà décrit lors de la campagne 2005 :

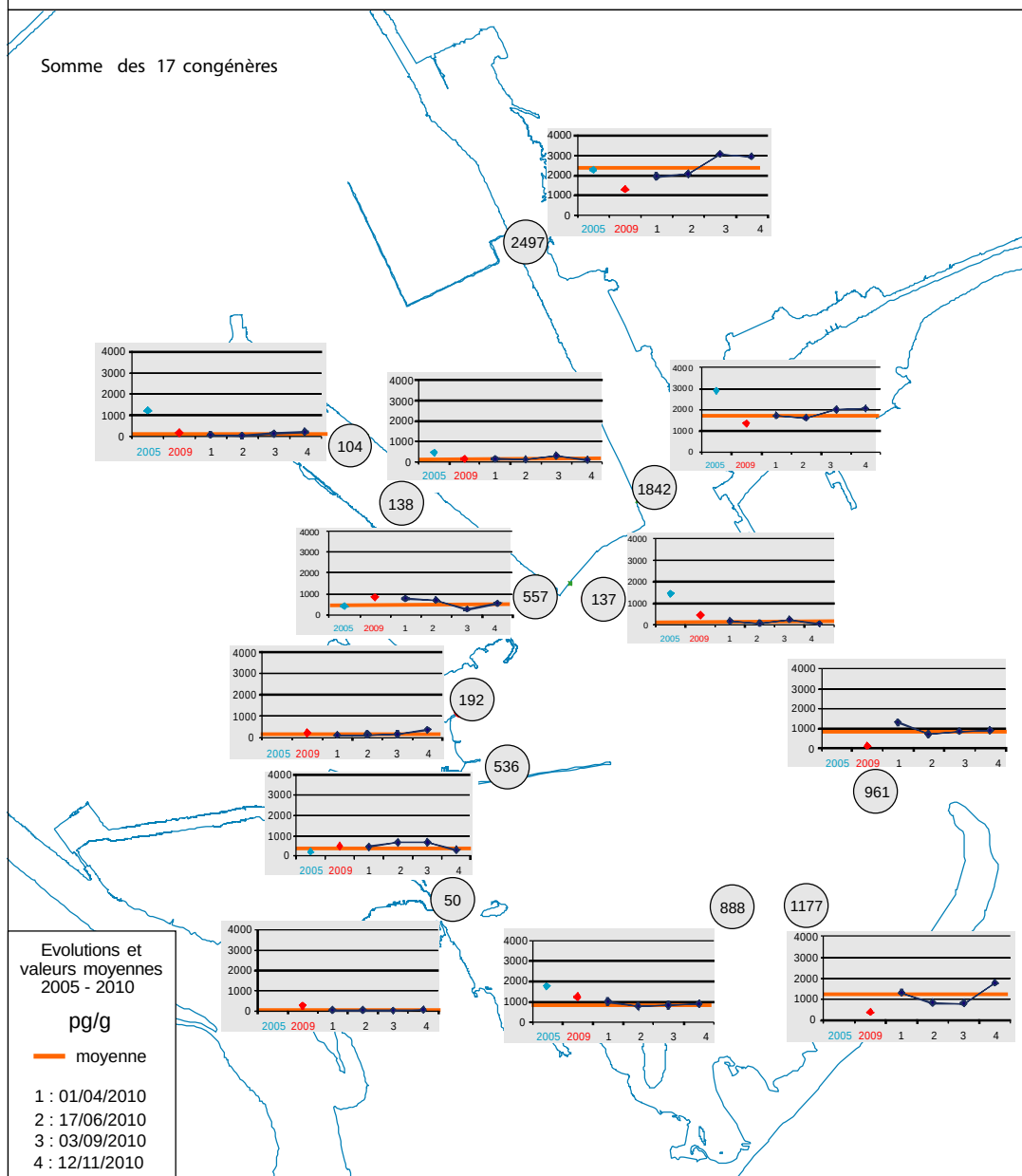
- ☞ On observe un axe aligné sur la Darse 1, où les teneurs décroissent du nord au sud : $2,5 \text{ ng.g}^{-1} \text{ sec}$ au centre de la Darse 1 (station ES1), $1,8 \text{ ng.g}^{-1} \text{ sec}$ au sud de cette darse et trois valeurs comprises entre 880 et $1180 \text{ pg.g}^{-1} \text{ sec}$ dans l'Anse du Repos et entre Carteau et l'extrémité du They de la Gracieuse. Ces teneurs sont cohérentes avec celles trouvées au nord de la Darse 1 (pouvant atteindre 3000 pg.g^{-1}).

Sur cet axe, les concentrations observées en 2005 sont cohérentes pour la station ES1, fortes pour la station ES9 (Carteau) et surtout pour la station ES2 (sud de la Darse 1, où elles dépassent de 50 % celle relevée 5 ans après). Les valeurs de 2009 sont, à l'inverse, généralement plus faibles, sauf à la station de Carteau.



SÉDIMENTS : TENEURS PCDD/F

Planche 31



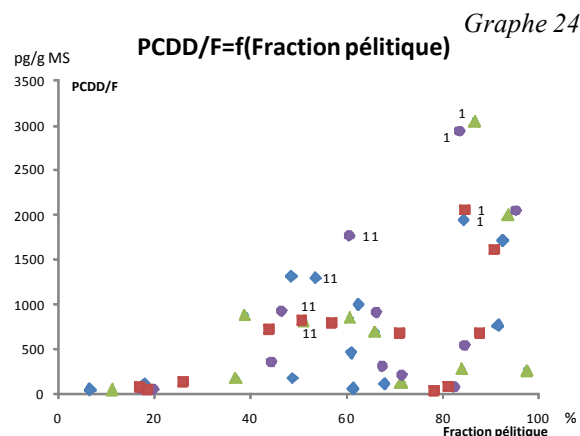


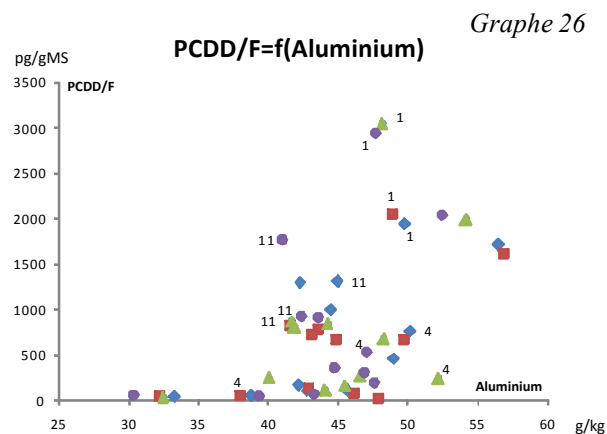
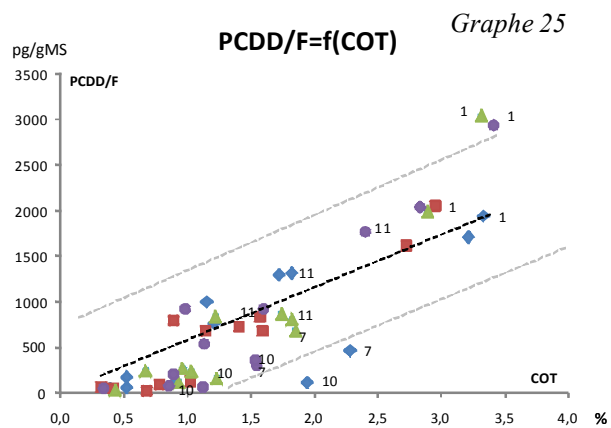
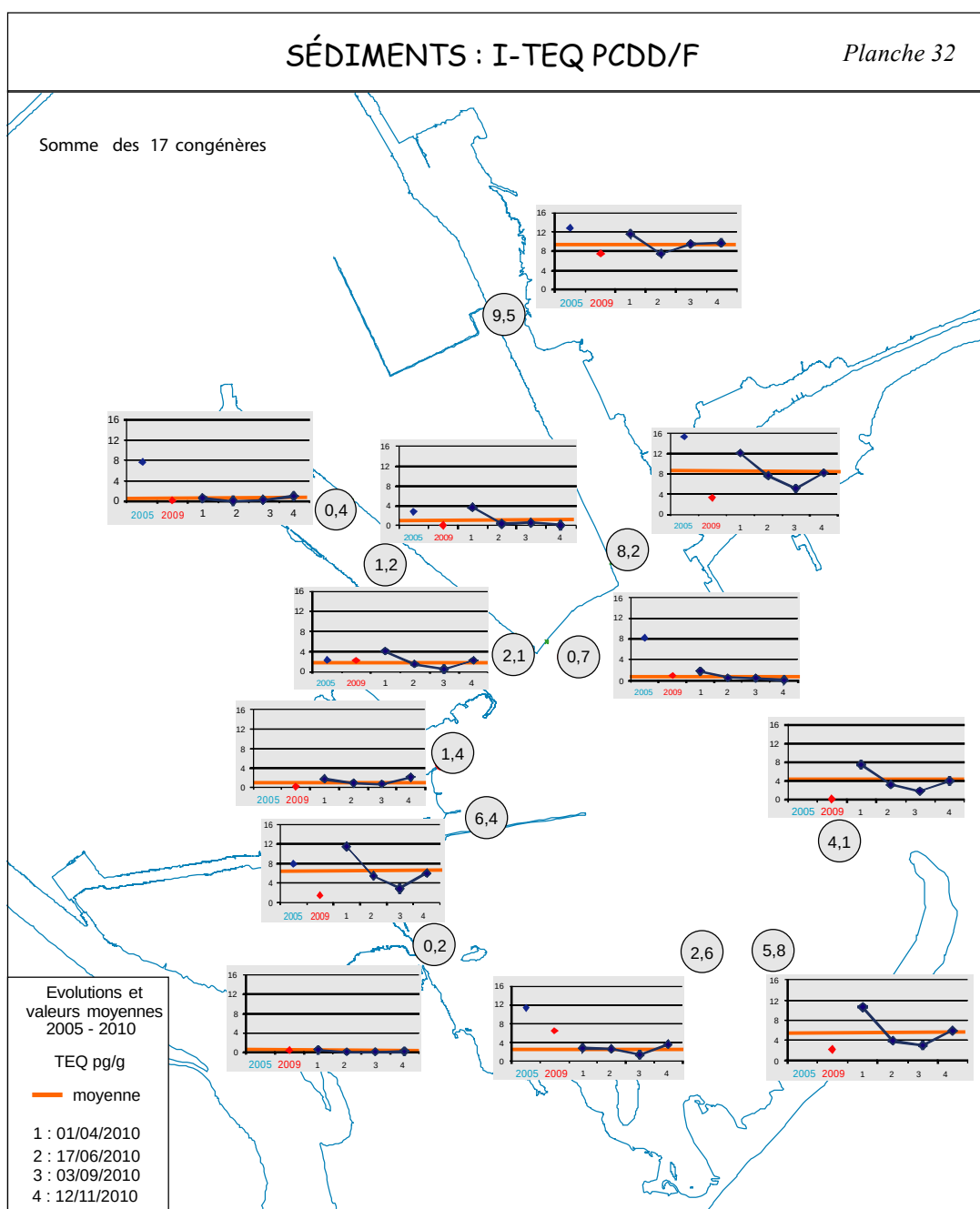
☞ En dehors de cet axe, on trouve, dans l'ordre des teneurs décroissantes :

- ✓ Les stations ES4 et ES7, aux débouchés de la Darse 2 et du canal Saint-Louis, avec des teneurs au moins deux fois plus faibles, de l'ordre de $0,5 \text{ g}^{-1}$.
- ✓ Le troisième palier, constitué de valeurs 10 fois plus faibles en ordre de grandeur, rassemble les stations du centre de la Darse 1, du débouché la Darse 3 et de Caban Sud.
- ✓ Enfin, la station ES8, constitue, comme à l'accoutumée, une station «blanche».

Les teneurs des dioxines sont mal corrélées aux teneurs en pélites et en aluminium ; par contre, elles s'ajustent bien sur les concentrations en carbone organique total (voir graphe 25). Quel que soit le paramètre de normalisation retenu, on constate qu'après avoir pris en compte les caractéristiques physico-chimiques de la matrice, les deux stations qui apparaissent les plus contaminées sont les stations ES1 (nord Darse 1) et ES11 dans l'Anse du Repos (Carteau Sud).

À l'inverse, les stations ES4, 7 et 10 (soit les débouchés de la Darse 2, du canal Saint Louis et de la Darse 3) seraient les moins contaminées.







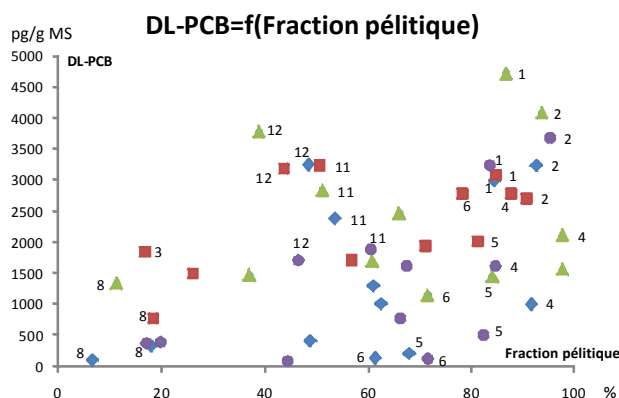
5.13. DL-PCB

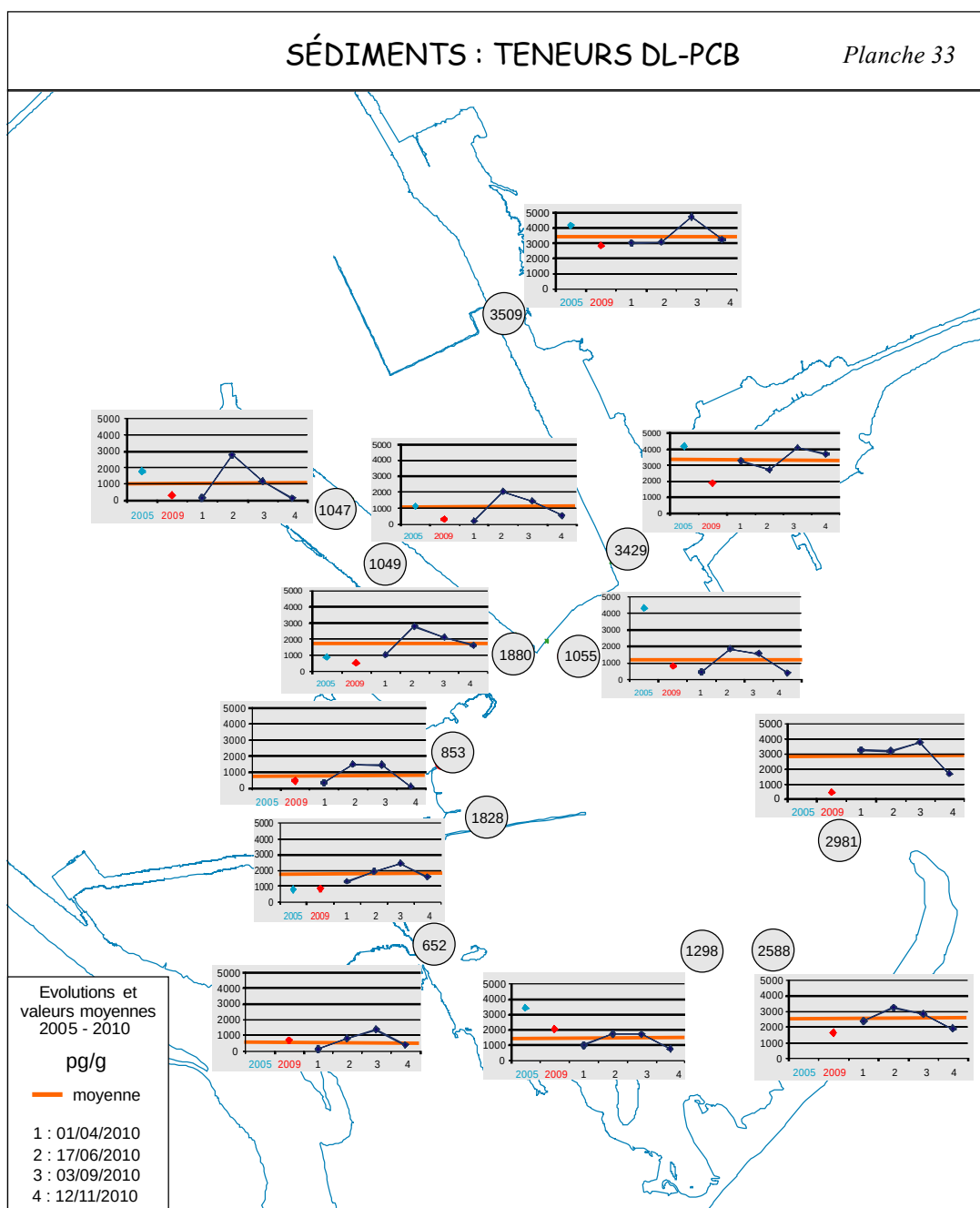
La somme des PCB coplanaires (de type dioxines) présente des teneurs comprises entre 0,7 et 3,5 ng.g⁻¹ sec, soit des valeurs absolues du même ordre que pour les dioxines (avec un seuil plus élevé et une gamme de 5x entre la plus faible et la plus forte valeur).

La répartition spatiale des concentrations peut paraître proche de celle des dioxines, mais présente quelques différences sensibles :

- ☞ On retrouve bien l'axe nord-ouest/sud-est, aligné sur celui de la Darse 1 (et celui des vents dominants) qui recèle les plus fortes teneurs, décroissantes du nord au sud : elles vont de 3,5 ng.g⁻¹ sec à la station ES1 à 2,6 ng.g⁻¹ à la station ES11 en passant par 3,4 ng.g⁻¹ à la station ES2 et 3,0 ng.g⁻¹ à la station ES12. Notons que, par rapport aux PCDD'F, les concentrations relevées sont plus homogènes et que la réduction des teneurs vers le sud est moins marquée : elles ne perdent que 15 % entre le nord de la Darse 1 et la Gracieuse.
- ☞ Après la Darse 1 et Carteau-Gracieuse, on trouve bien le sud de la Darse 1 et Saint-Louis (stations ES4 et ES7), mais avec des teneurs plus élevées, de plus de la moitié des teneurs maximales (alors qu'elles n'en représentaient pas le quart pour les dioxines).

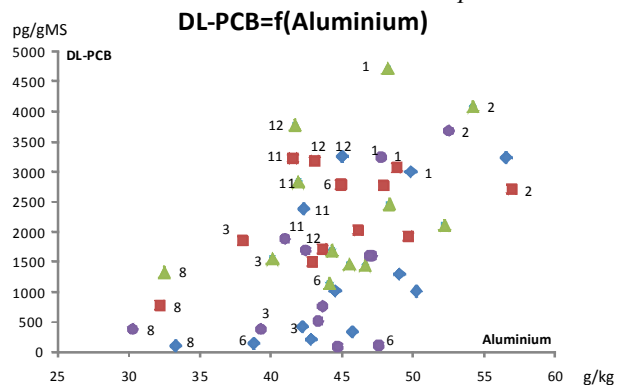
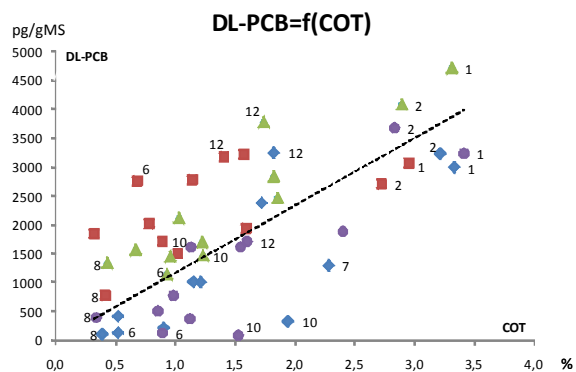
Graphie 27





Graphe 28

Graphe 29





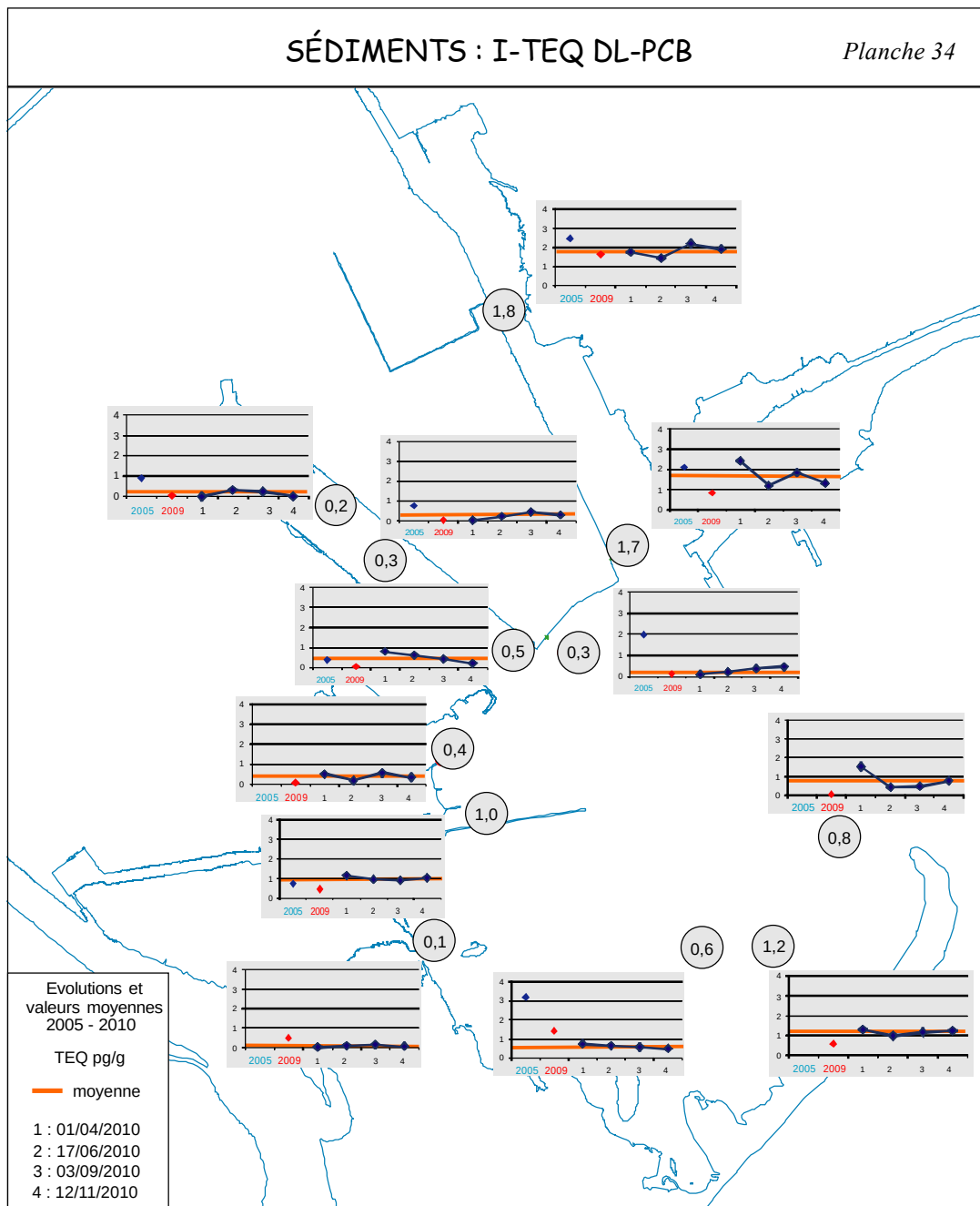
- ☞ La plus forte différence provient des stations ES3, 5 et 6 (Caban Sud et centre Darse 2) qui sont toujours regroupées, mais à un niveau relatif beaucoup plus élevé que celui des PCDD/Fs : les teneurs sont supérieures à 1 ng.g^{-1} , soit de l'ordre de 30 % de la concentration de la station ES1 alors que pour les dioxines, ce niveau n'était que de 5 % du maximum : la contamination des sédiments par le DL-PCB est donc, plus ubiquiste, beaucoup plus uniformément répartie que celle des dioxines.
- ☞ Une autre différence entre ces deux groupes chimiques est que les dioxines et furannes présentent des teneurs régulières sur les quatre campagnes pour la majeure partie des stations (quelques fluctuations aux stations ES1 et ES11). Les DL-PCB, à l'inverse, semblent présenter un cycle annuel avec un maximum au printemps/été (campagne 2 et 3) et un minimum relatif en hiver et à l'automne.
- ☞ Les concentrations des DL-PCB sont indépendantes des teneurs en pérites et en aluminium. Par contre, elles semblent faiblement corrélées aux teneurs du sédiment en carbone organique.
- ☞ Ces résultats sont globalement cohérents avec ceux obtenus en 2005 et 2009, hormis pour la station ES3 en 2005 et la station ES12 en 2009.
- ☞ La fluctuation saisonnière marquée ne permet pas, à ce niveau d'analyse, de déceler une tendance.

Comme pour les dioxines, les représentations des valeurs converties en I-TEQ ne sont fournies, ci-après, qu'accessoirement et ne sauraient être interprétées.



SÉDIMENTS : I-TEQ DL-PCB

Planche 34





VI - MATIÈRE VIVANTE

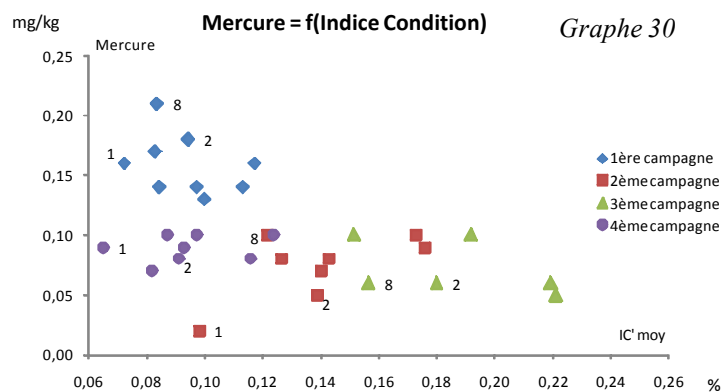
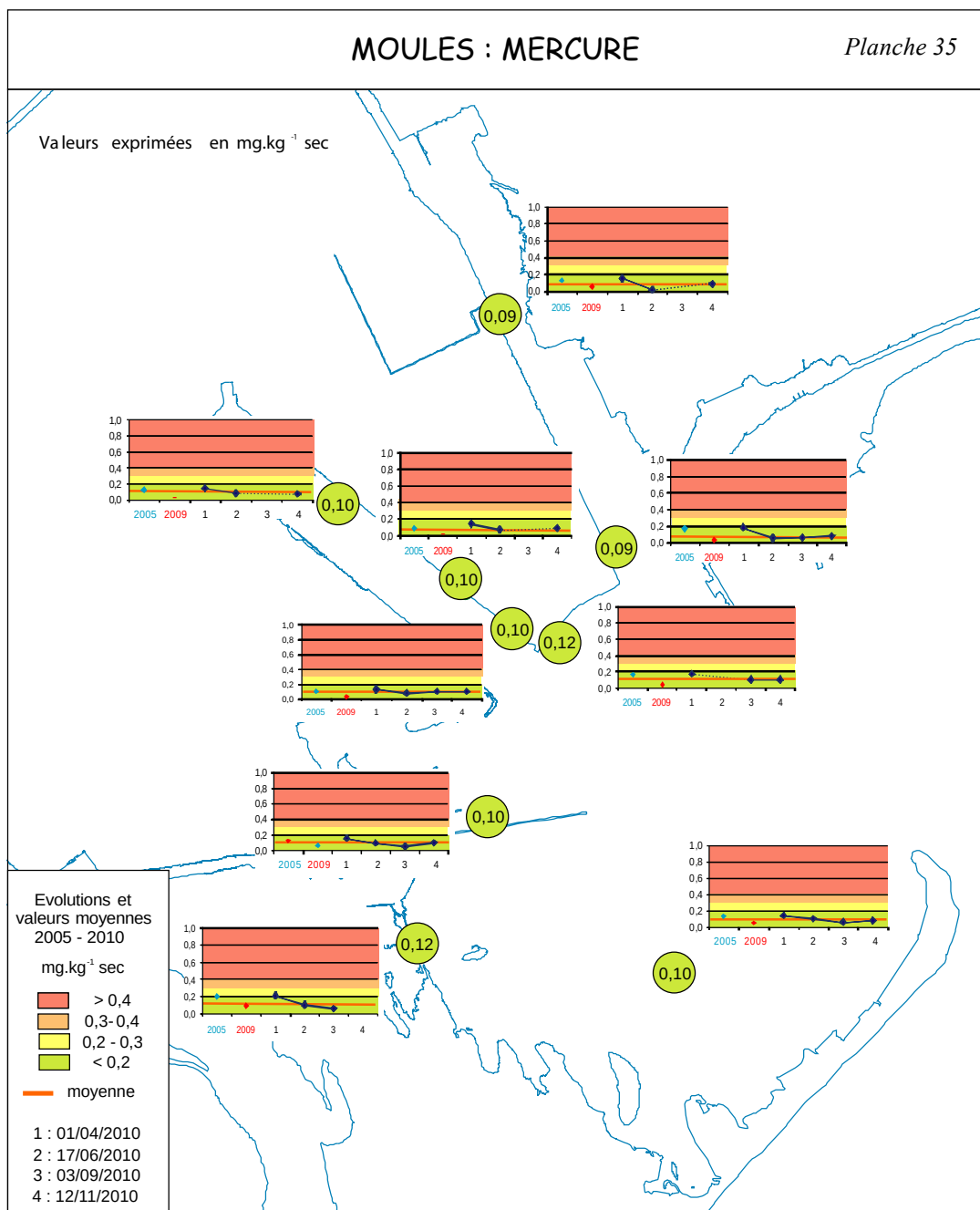
6.1. MERCURE

6.1.1. DANS LES MOULES

☞ Les teneurs en mercure sont toutes comprises entre 0,08 ppm (Carteau) et 0,12 ppm (quai du Caban Sud, canal Saint-Antoine). Ces teneurs, régulièrement basses, sont caractéristiques du bruit de fond du golfe de Fos : à titre d'illustration, le RNO-ROCCH donne, sur la période 2002-2007, une moyenne de 0,10 ppm à Carteau (entre 0,04 et 0,16 ppm) et de 0,17 ppm à Saint-Gervais (de 0,08 à 0,26).

La moyenne méditerranéenne est estimée à 0,17 mg.kg⁻¹ sec.

- ☞ Au cours de l'année, les résultats sont pratiquement stationnaires. Dans le détail, on observe une faible diminution au cours des deux ou trois premières campagnes (jusqu'en septembre) et une légère croissance des teneurs en novembre.
- ☞ On constate bien une relation inverse entre l'état physiologique des lots de moules et leur teneur en mercure : les plus fortes concentrations sont obtenues en avril, alors que les indices de conditions (IC) étaient les plus faibles. A contrario, les IC les plus forts (troisième campagne) correspondent bien à des teneurs faibles.
- ☞ Sur le graphe 30, on n'observe pas de station qui sorte du nuage de points : les teneurs sont globalement cohérentes avec les indices de condition et la normalisation ne fait pas apparaître de différence sensible de niveau de contamination.





6.1.2. DANS LES POISSONS

- ☞ Les teneurs moyennes sont beaucoup plus élevées et plus dispersées que dans la chair de moules : seule, la sole présente une teneur égale au minimum observé sur les moules, les autres espèces présentent des teneurs moyennes supérieures à celles des moules d'un facteur 2,5 (dorade), 10 (congre) et jusqu'à 17 pour le loup.

Comparé aux teneurs moyennes affichées par l'AFSSA (étude CALIPSO) :

- ✓ les loups sont de 1,5 à 4 fois plus contaminés (2,4 fois en moyenne),
- ✓ les dorades, de 2,3 fois moins,
- ✓ les soles de 5 à 20 fois moins.

Cette étude n'apporte pas d'information sur le congre.

L'étude d'IFREMER/ASSET de 2010 sur « l'utilisation des espèces halieutiques exploitées comme indicateur de la contamination chimique littorale » ne comporte pas de données sur le loup en Méditerranée. À titre de valeurs de cadrage, les teneurs moyennes sur les loups analysés ressortent à :

Zones	Nb. éch.	Mercure total	
		mg.kg ⁻¹ (p.s.)	mg.kg ⁻¹ (p.h.)
Manche Est	5	1,34	0,35
Baie de Somme	6	1,10	0,28
Dunkerque	4	0,92	0,24
Bord de Seine	4	0,52	0,14

TABLEAU 11 : CONCENTRATION EN MERCURE TOTAL DANS LA CHAIR DE LOUP (IFREMER/ASSET)

- ☞ Notons que le niveau maximum observé sur le loup lors de la dernière campagne est du même ordre que la teneur de l'échantillon 46 de l'étude précitée (valeur la plus élevée en Manche est), qui recèle 2,73 ppm sec de mercure.



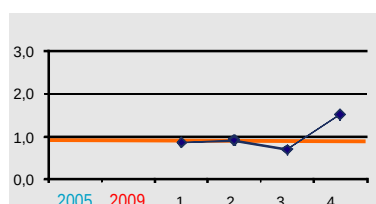
MERCURE

Planche 36

Valeurs exprimées en $\text{mg.kg}^{-1} \text{ sec}$

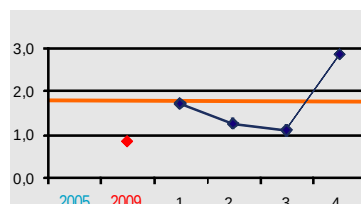
CONGRE

0,98



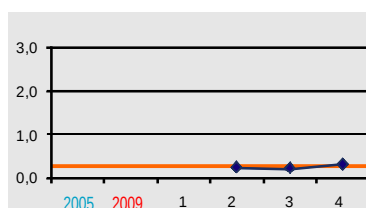
LOUP

1,73



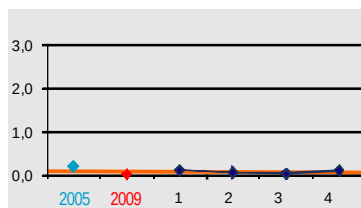
DAURADE

0,26



SOLE

0,08

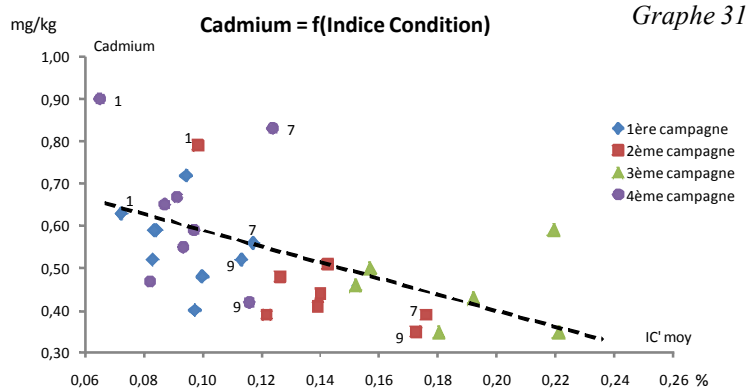
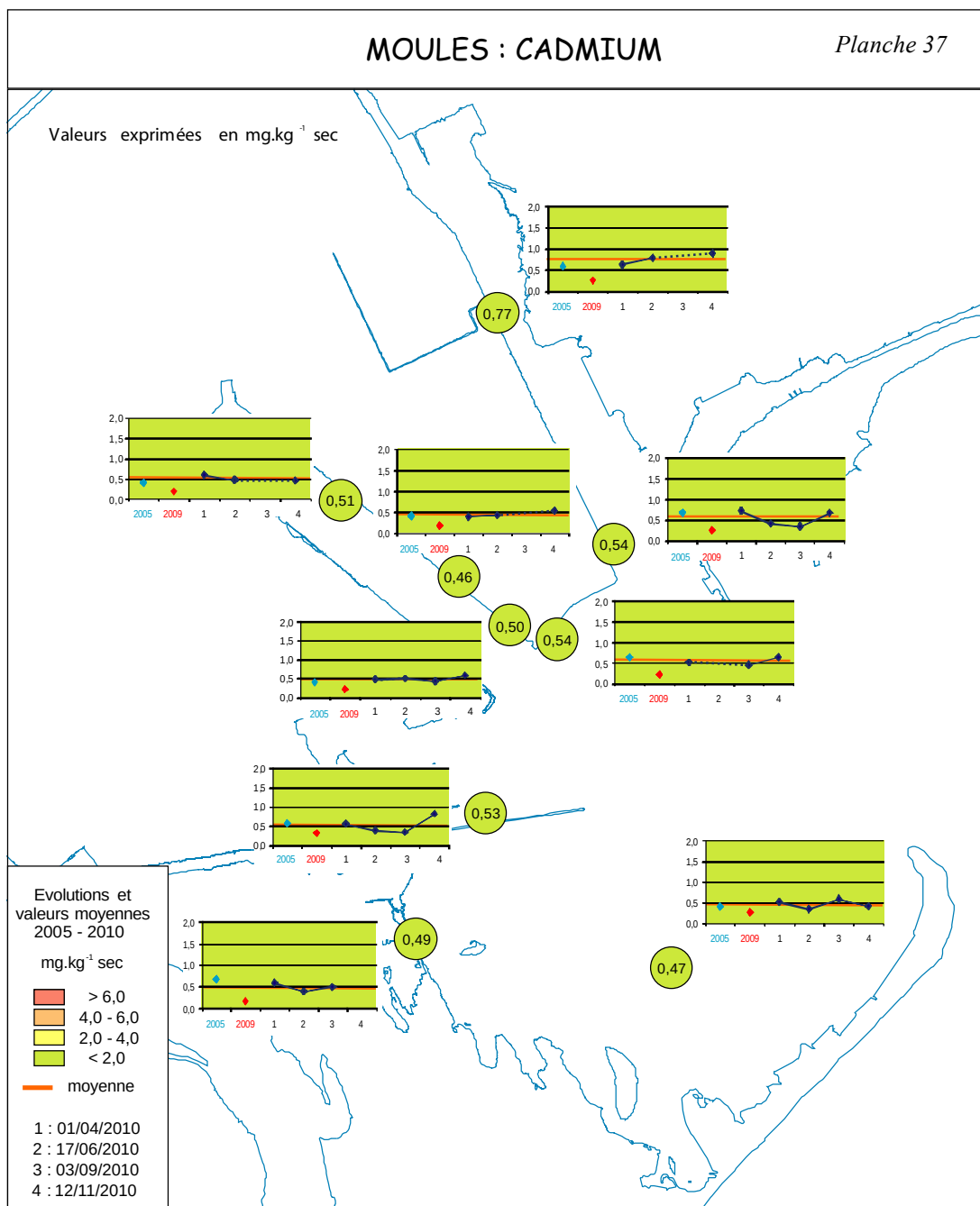




6.2. CADMIUM

6.2.1. DANS LES MOULES

- ☞ Les teneurs en cadmium dans les moules présentent des moyennes comprises entre 0,4 et 0,8 ppm. Si l'on exclut les extrema (MO1 au nord de la Darse 1 pour le maximum, avec 0,77 ppm, et Carteau, pour le minimum, avec 0,42 ppm), les sept autres valeurs sont regroupées entre 0,48 et 0,55 ppm.
- ☞ Ces niveaux sont bien caractéristiques du bruit de fond du golfe de Fos. Par exemple, la moyenne RNO 2002-2007 ressort à 0,47 ppm (entre 0,35 et 0,64) à Carteau, et à 0,60 ppm (de 0,36 à 0,93) à Saint-Gervais.
- ☞ Ces niveaux sont tout à fait semblables à ceux relevés en 2005 et ne montrent aucune évolution en cinq ans.
- ☞ Les teneurs 2009 sont, par contre, systématiquement inférieures d'un facteur 2 à celles de 2010, sans que l'on ne puisse avancer d'explication satisfaisante (différence de laboratoire, de méthode, de préparation, de condition physiologiques des lots de moules ?).





6.2.2. DANS LES POISSONS

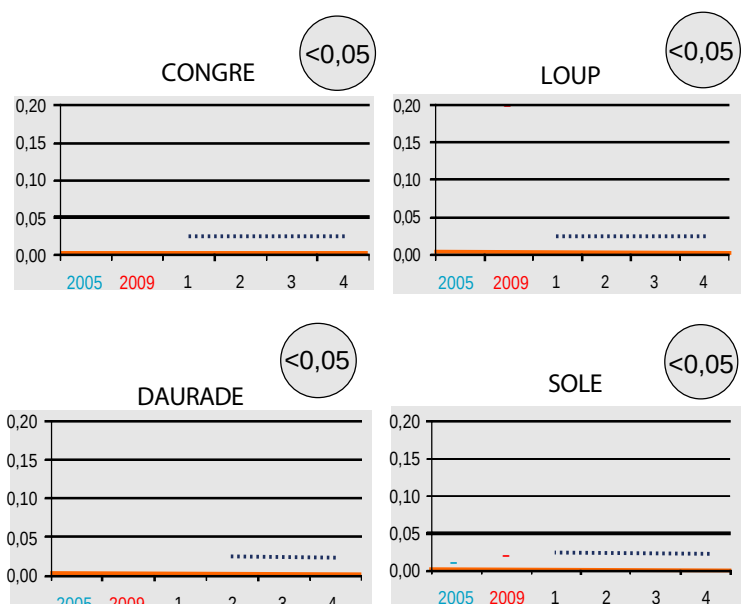
- ☞ Les teneurs en cadmium dans la chair des poissons sont, quelle que soit l'espèce considérée, toutes inférieures à la LQ (de 0,05 ppm).
- ☞ Les teneurs obtenues en 2005 sur la sole étaient, elles aussi, inférieures à la LQ, alors fixée à 0,02 ppm. Celles de 2009 n'atteignaient pas non plus les limites de quantification, il est vrai particulièrement élevées (de 0,34 ppm pour le loup).



CADMIUM

Planche 38

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec





6.3. NICKEL

6.3.1. DANS LES MOULES

- ☞ Les teneurs en nickel dans la chair des moules présentent des variations dans le temps et dans l'espace beaucoup plus marquées que celles observées dans la majeure partie des éléments-trace (chrome, zinc ou cuivre). Les moyennes par station vont de 1,7 ppm, pour le canal Saint-Louis, à 3,9 ppm à la station MO1, au centre de la Darse 1.

Lors de la dernière campagne, on relève un maximum absolu de plus de 8 ppm à la station MO2.

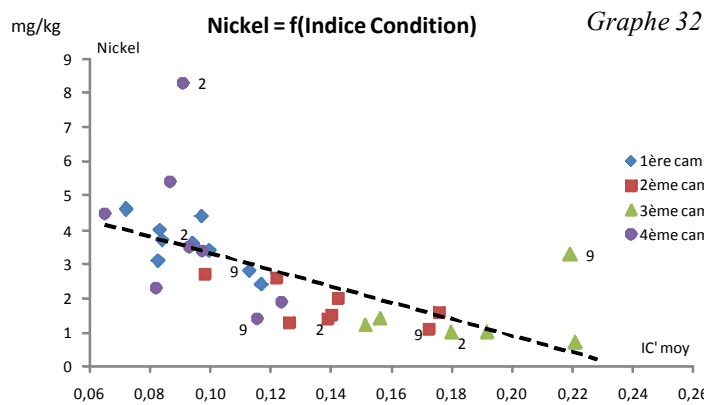
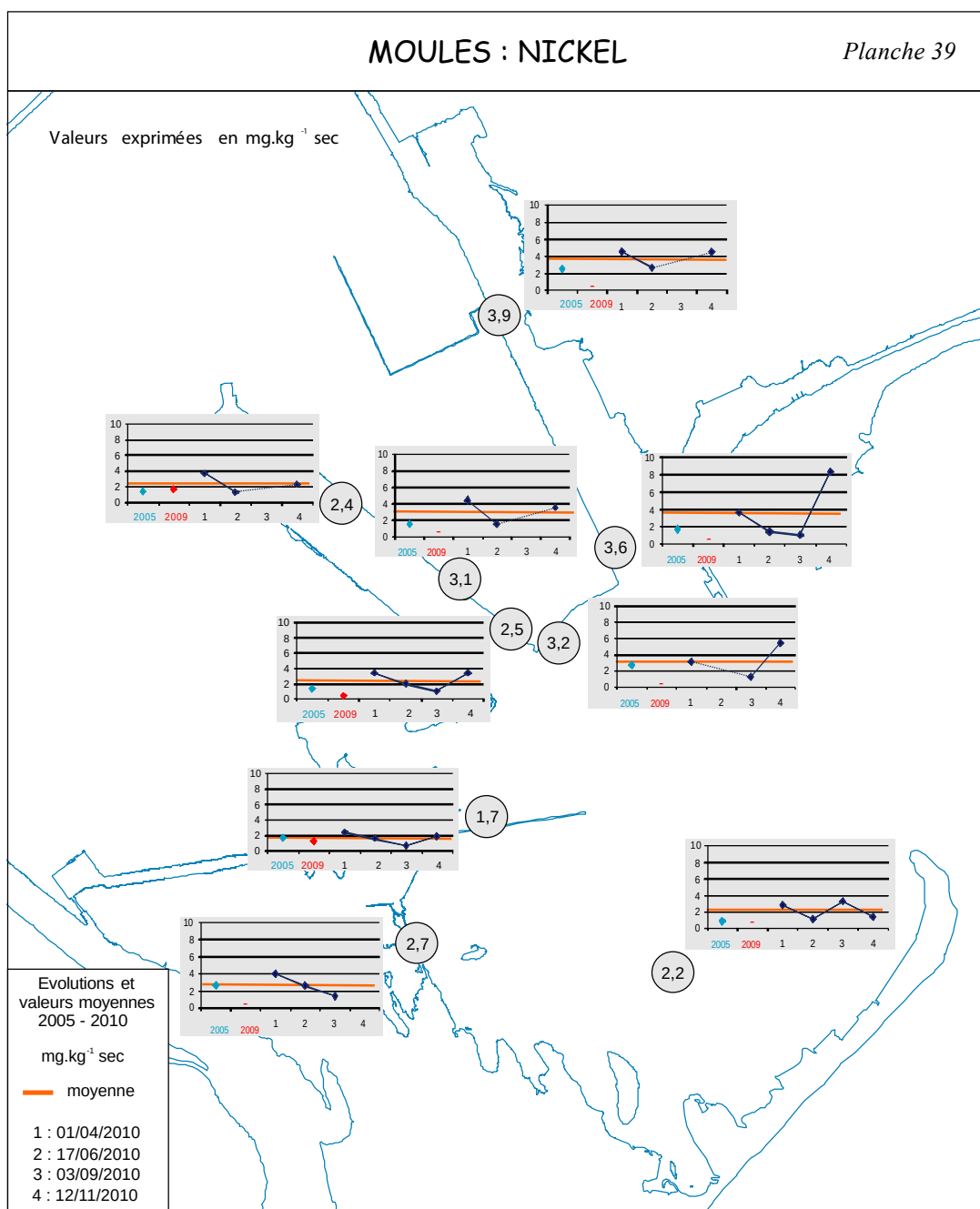
- ☞ Ces niveaux sont globalement plus élevés que ceux observés par IFREMER dans la période 2002-2007 à Carteau (1,09 mg.kg⁻¹ sec de moyenne, avec des valeurs comprises entre 0,7 et 1,6 ppm) et à Saint-Gervais (1,46 mg.kg⁻¹ sec de moyenne, entre 0,9 et 2,8 ppm). Notons que la moyenne du RNO en Méditerranée (2000-2004) est de $1,81 \pm 0,95$ ppm, avec un maximum de 6 ppm observé à l'étang de Bages (PO).

Au vu des résultats 2010, on peut estimer le bruit de fond du golfe de Fos (niveau de référence) aux alentours de 2 ppm.

Sur ces bases, on observe :

- ☞ Une légère contamination des moules du canal Saint-Antoine et de la Darse 2.
- ☞ Une contamination plus marquée les moules du Caban Sud.
- ☞ et une contamination avérée dans la Darse 1.

Ces valeurs sont globalement supérieures à celles trouvées en 2005 (en particulier pour les stations MO1, 2, 4 et 9). Les valeurs fournies en 2009 sont anormalement basses (inférieures à la LQ, voisine de 1 ppm, dans les deux stations de la Darse 1, les plus contaminées).





6.3.2. DANS LES POISSONS

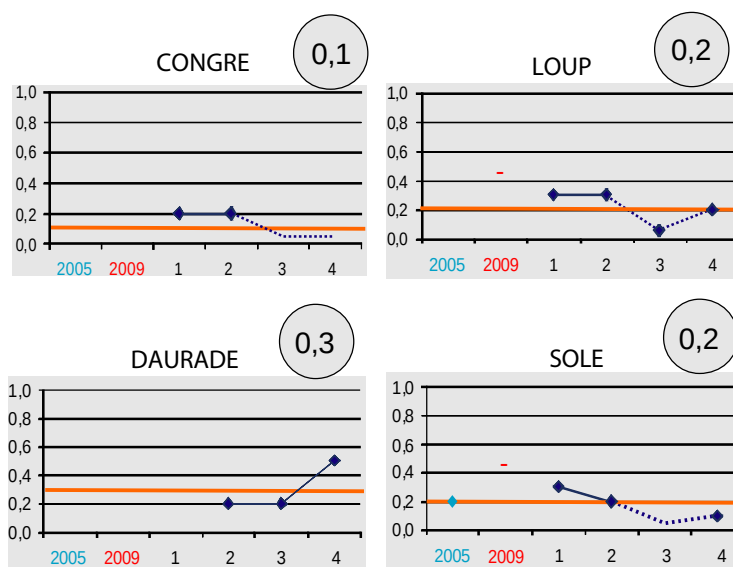
- ☞ Les teneurs de la chair des poissons en nickel sont très faibles pour toutes les espèces analysées : inférieures à la LQ pour deux échantillons sur quatre sur le congre, les valeurs sont uniformément faibles pour ce poisson.
- ☞ Les moyennes sont de l'ordre de 0,2 ppm pour la sole et le loup et 0,3 ppm pour la dorade (soit, des teneurs 10 fois plus faibles que celles rencontrées dans la chair des moules).



NICKEL

Planche 40

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec





6.4. PLOMB

6.4.1. DANS LES MOULES

La concentration en plomb dans la chair des moules présente une base de référence dans le golfe de Fos de l'ordre de 1 ppm (0,9 à 1,1 ppm).

- ☞ Ce niveau est retrouvé dans 6 stations sur 9, dont celles de la Darse 2, du Caban, du sud de la Darse 1 et de Carteau.
- ☞ Une teneur légèrement plus forte est enregistrée aux stations de Saint-Antoine et de Saint-Louis (1,3 et 1,2 ppm).
- ☞ La seule station dépassant nettement le bruit de fond est la station MO1, au centre de la Darse 1, avec une moyenne de 3,2 ppm sur trois analyses et un maximum de 4,5 ppm début avril.

Notons que le RNO 2000-2004 donne, comme moyenne en Méditerranée, 1,8 ppm avec un maximum de l'ordre de 8 ppm. Selon les résultats de ce réseau, la teneur moyenne des moules de Carteau se situe à 1,7 -1,8 ppm et celle de Saint-Gervais à 2,5 ppm.

Des valeurs un peu plus récentes (2002-2007) donnent une moyenne légèrement plus faible à Carteau (1,5 ppm, avec des valeurs dans la fourchette 0,8 - 2,1 ppm) et plus élevée à Saint-Gervais (2,9 ppm, valeurs comprises entre 1,3 et 4,2 ppm).

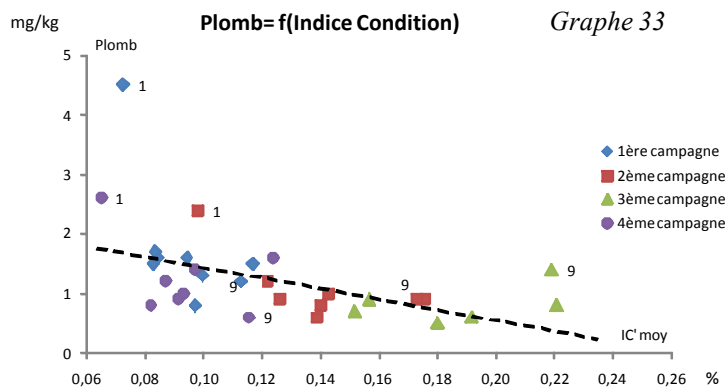
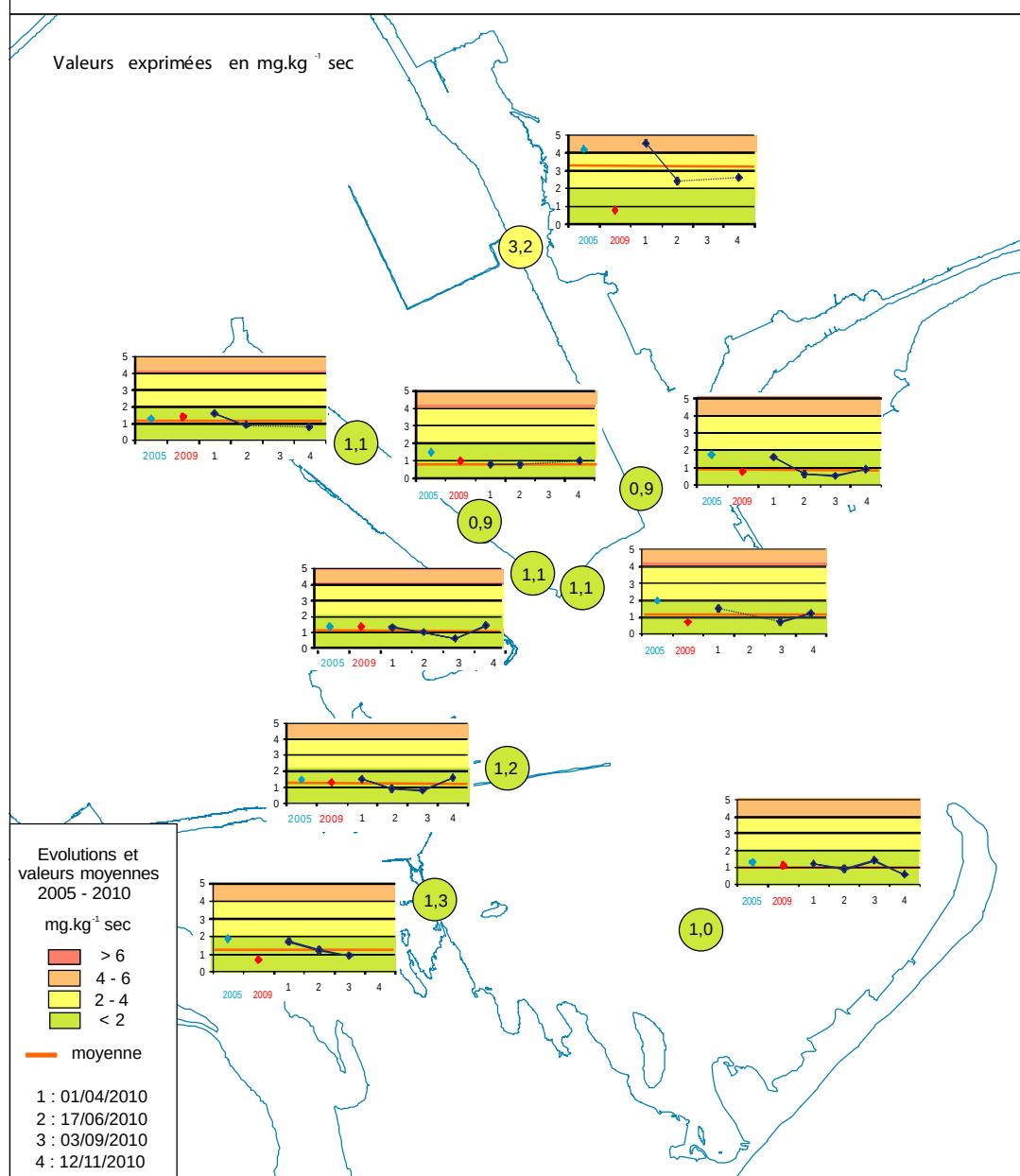
Les concentrations de 2010 varient peu au cours de l'année. Seuls les résultats de la première campagne (début avril) sont légèrement plus élevés que les autres. Ceci est surtout visible à la station MO1 (Darse 1). On décèle aussi (pour les stations MO2, 3, 4 et 7) une légère tendance à la hausse des teneurs en novembre.

Ces valeurs sont cohérentes avec celles relevées en 2005 et en 2009 (si l'on exclut la station MO1, pour cette dernière campagne).



MOULES : PLOMB

Planche 41





6.4.2. DANS LES POISSONS

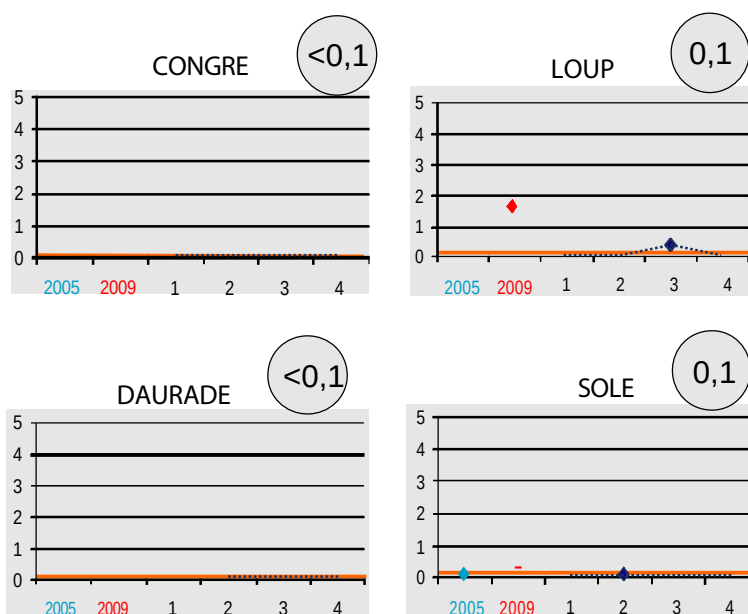
- ☞ Comme pour le nickel, la chair des poissons ne paraît pas contaminée par le plomb. Les teneurs moyennes sont proches ou inférieures au seuil de quantification de 0,1 ppm sec.
- ☞ Ces résultats sont cohérents avec les analyses menées en 2005 et 2009 sur la sole. La teneur la plus élevée, de 1,7 ppm poids sec, trouvée dans la chair de loup en 2009, n'est pas confirmée.



PLOMB

Planche 42

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec





6.5. ZINC

6.5.1. DANS LES MOULES

Les teneurs en zinc de la chair de moules sont situées entre 154 et 200 ppm, pour un niveau de référence évaluable à 150 ppm.

La teneur moyenne en Méditerranée (RNO 2000-2004) est évaluée à 152 ppm (de 43 à 357 ppm). La moyenne à Carreau (2002-2007) ressort à 149 ppm (113-220 ppm) et celle du site de Saint-Gervais, un peu plus faible, à 133 ppm (87-209 ppm).

- ☞ Dans ce contexte, les stations MO1 et MO5 (<165 ppm) peuvent être considérées comme cohérentes avec le bruit de fond.
- ☞ Les stations du Sud (MO7, 8 et 9), créditées de 170 à 176 ppm, apparaissent très légèrement contaminées (la variabilité inter-campagnes enlevant de la signification à une valeur moyenne).
- ☞ Les stations du Caban Sud et du nord de la Darse 2 (MO2, 3, 4 et 6) ont des teneurs comprises entre 180 et 200 ppm. Elles paraissent faiblement contaminées.

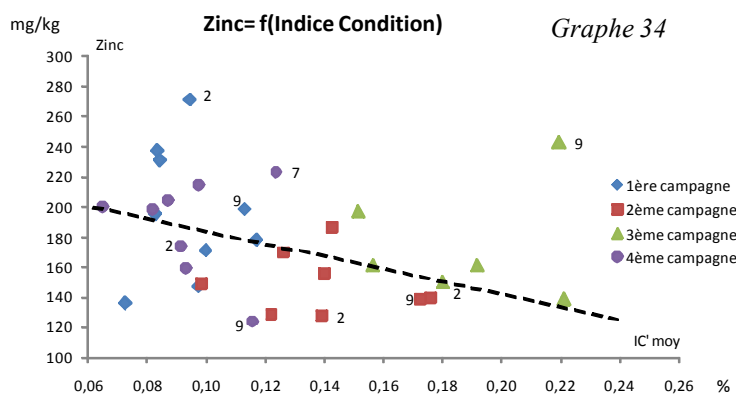
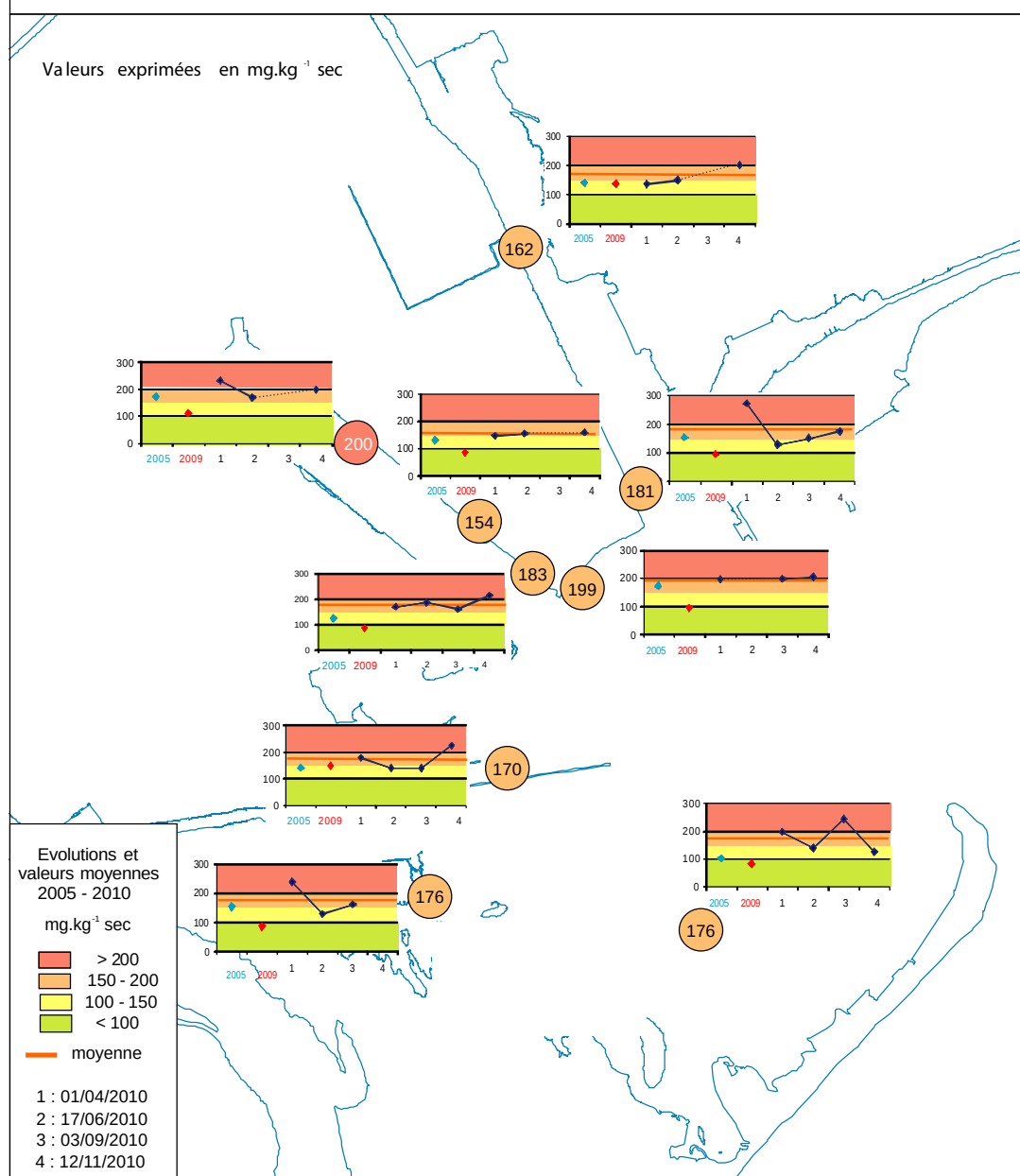
Ces teneurs sont cohérentes avec les valeurs obtenues en 2005. Les résultats de 2009 sont homogènes pour les stations MO1, 7 et 9, plus faibles pour les six autres.

Le zinc apparaît très mal corrélé aux indices de condition, sauf lors de la troisième campagne. Cette normalisation confirmerait une contamination du lot MO9 lors de la 3ème campagne, et du lot MO2 lors de la première campagne (teneurs supérieures à 200 ppm).



MOULES : ZINC

Planche 43





6.5.2. DANS LES POISSONS

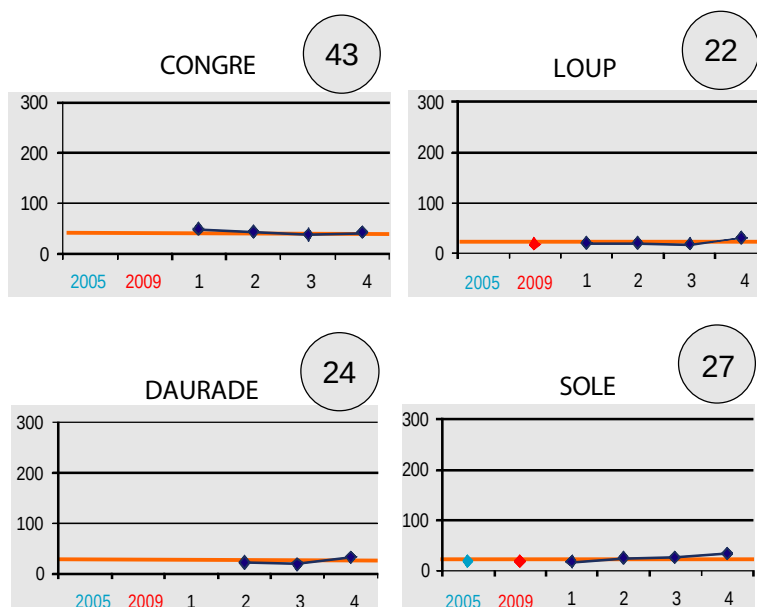
- ☞ Les teneurs en zinc de la chair des poissons sont toujours inférieures à 50 ppm, le congre étant situé à environ 45 ppm et les autres poissons autour de 25 ppm. Ces faibles concentrations confirment les résultats obtenus en 2005 et 2009 sur le loup et la sole.



ZINC

Planche 44

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec





6.6. CHROME

6.6.1. DANS LES MOULES

- ☞ Les teneurs moyennes trouvées dans la chair des moules couvrent une gamme étendue, de 1 à 5 ppm (entre 1,4 mg.kg⁻¹ p.s. à la station MO7 «Saint-Louis» et 7,4 mg.kg⁻¹ p.s. à la station MO6, au nord de la Darse 2). De plus, ces résultats fluctuent d'une campagne à l'autre (hormis aux stations MO9 et MO7 où les teneurs en chrome restent régulièrement basses). Les maxima, généralement observés lors de la dernière campagne, atteignent ou dépassent 12 ppm.

Ces valeurs sont, dans l'absolu, élevées : le RNO (2001-2004) donne, dans le golfe de Fos, une moyenne de 0,83 mg.kg⁻¹ (entre 0,12 et 3,77 mg.kg⁻¹) à Carteau et de 1,32 mg.kg⁻¹ (0,79 - 2,60 mg.kg⁻¹) à Saint-Gervais.

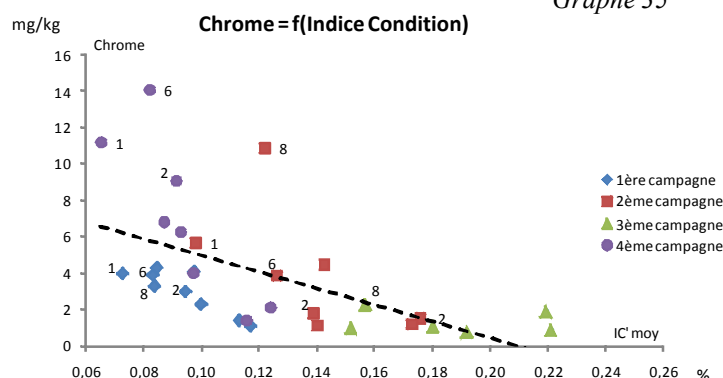
Seules, les stations MO7 et MO9 se situent en limite haute du bruit de fond local, déjà proche de deux fois la moyenne en Méditerranée, toutes les autres sont au-dessus.

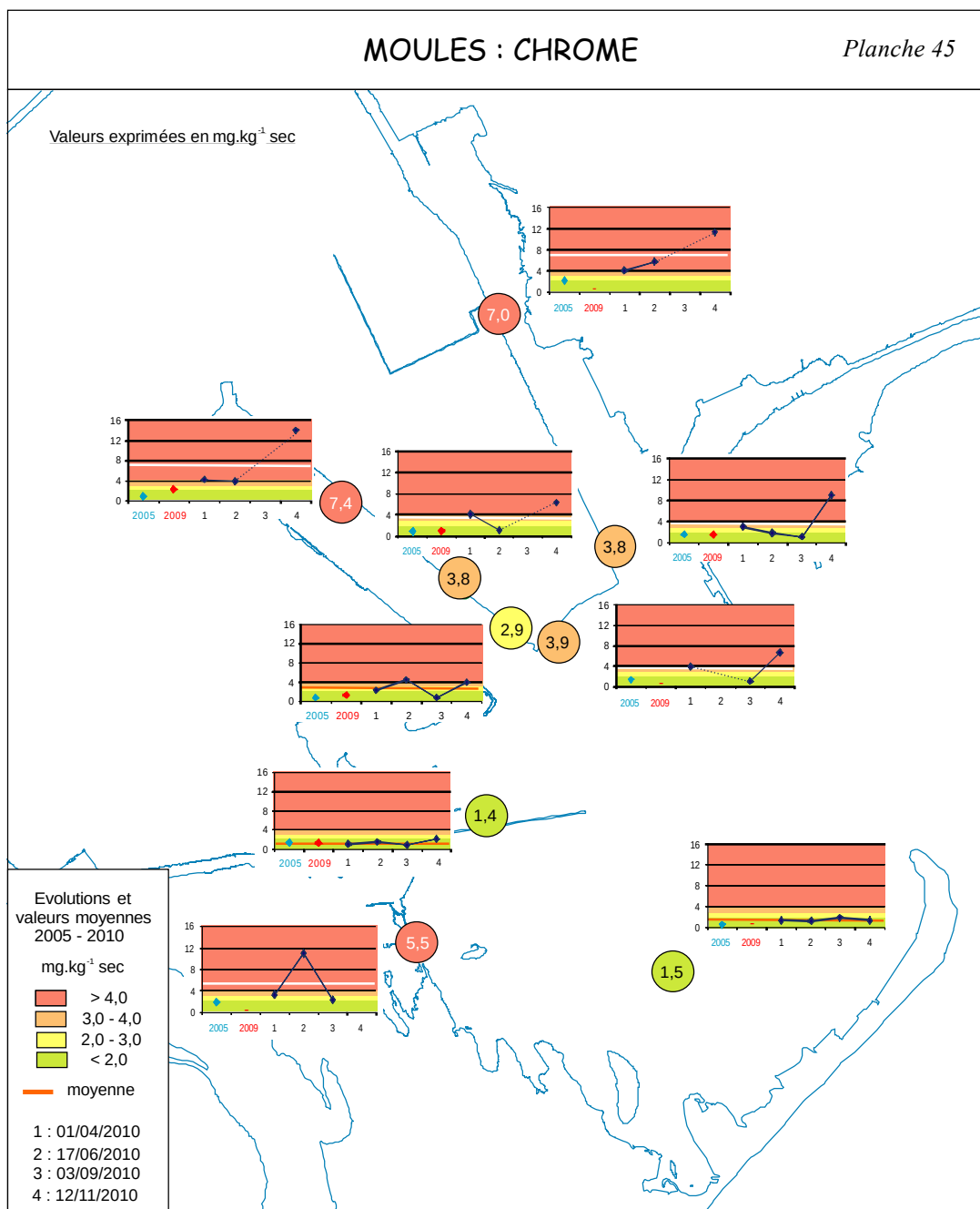
- ☞ Les stations qui ceinturent l'extrémité de la presqu'île du Caban (stations MO2, 3, 4 et 5) montrent des teneurs moyennes de 3 à 4 ppm de chrome total, avec des valeurs comprises entre 4 et 9 ppm lors de la dernière campagne.
- ☞ Ces teneurs dénotent une contamination avérée de ces stations.



- ☞ Les moules du canal Saint-Antoine (station MO8) présentent, en juin, une teneur de près de 11 ppm. La moyenne des trois valeurs disponibles pour ce site (gisement inexistant en novembre) ressort à 5,5 ppm.
- ☞ Enfin, les deux stations du haut des Darses 1 et 2 accusent des moyennes de 7,0 et 7,4 ppm sur trois valeurs (pas d'échantillonnage en septembre), avec des teneurs très élevées en novembre (respectivement 11,2 et 14,1 ppm), 10 fois plus fortes que la moyenne de Méditerranée.
- ☞ Historiquement, les teneurs relevées en 2005 et 2009 sont situées au minimum des concentrations de 2010, voire au-dessous de ce minimum. Seules, les teneurs observées à la station MO1 en 2005 et à la station MO6 en 2009 dépassent, à peine, les 2 ppm.
- ☞ Rappelons que, sous sa forme oxydée (chrome VI), ce métal est toxique et cancérigène. Les niveaux observés en chrome total dans les moules peuvent, s'ils sont ultérieurement confirmés, justifier la recherche des différentes formes d'oxydation de ce métal (spéciation) lors des suivis ultérieurs.
- ☞ La corrélation entre les teneurs en chrome et les «indices de condition» (IC) des différents lots de moules analysés est mauvaise. Elle suggère une diminution des teneurs avec l'augmentation des indices physiologiques (voir graphe 35).

Graphe 35







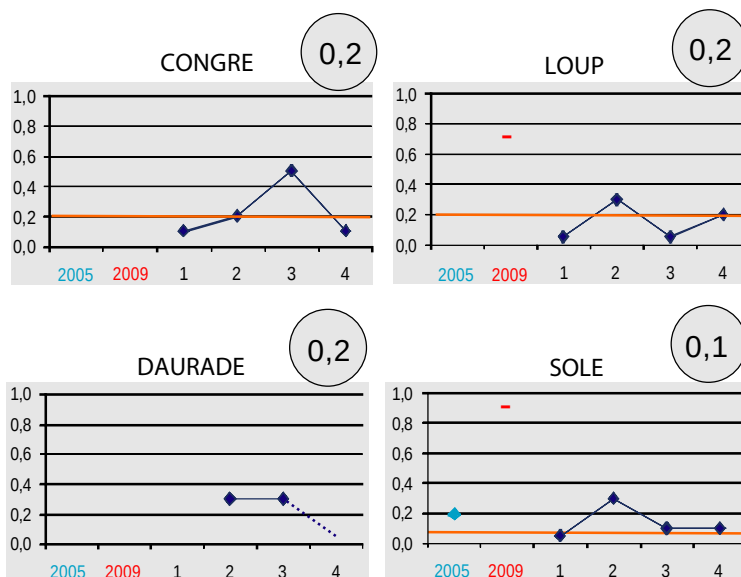
6.6.2. DANS LES POISSONS

- ☞ Les concentrations en chrome sont de l'ordre de 0,1 ppm p.s. pour la sole et de 0,2 ppm p.s. pour les autres poissons.
- ☞ On constate une certaine variation entre stations, avec un maximum de 0,5 ppm pour le congre, lors de la campagne de septembre.
- ☞ La seule valeur exploitable dans les états de référence (0,2 ppm sur la sole) est cohérente avec les données recueillies. Les concentrations relevées en 2009 (loup et sole) ont, en effet, une LQ très élevée, de 0,2 ppm poids frais, soit de l'ordre de 0,8 - 0,9 ppm p.s.

CHROME TOTAL

Planche 46

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec

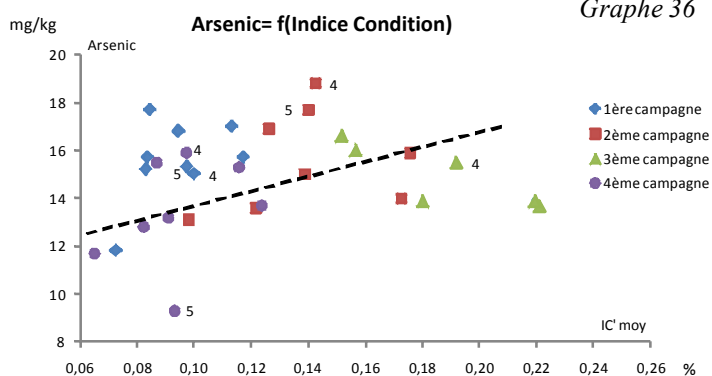
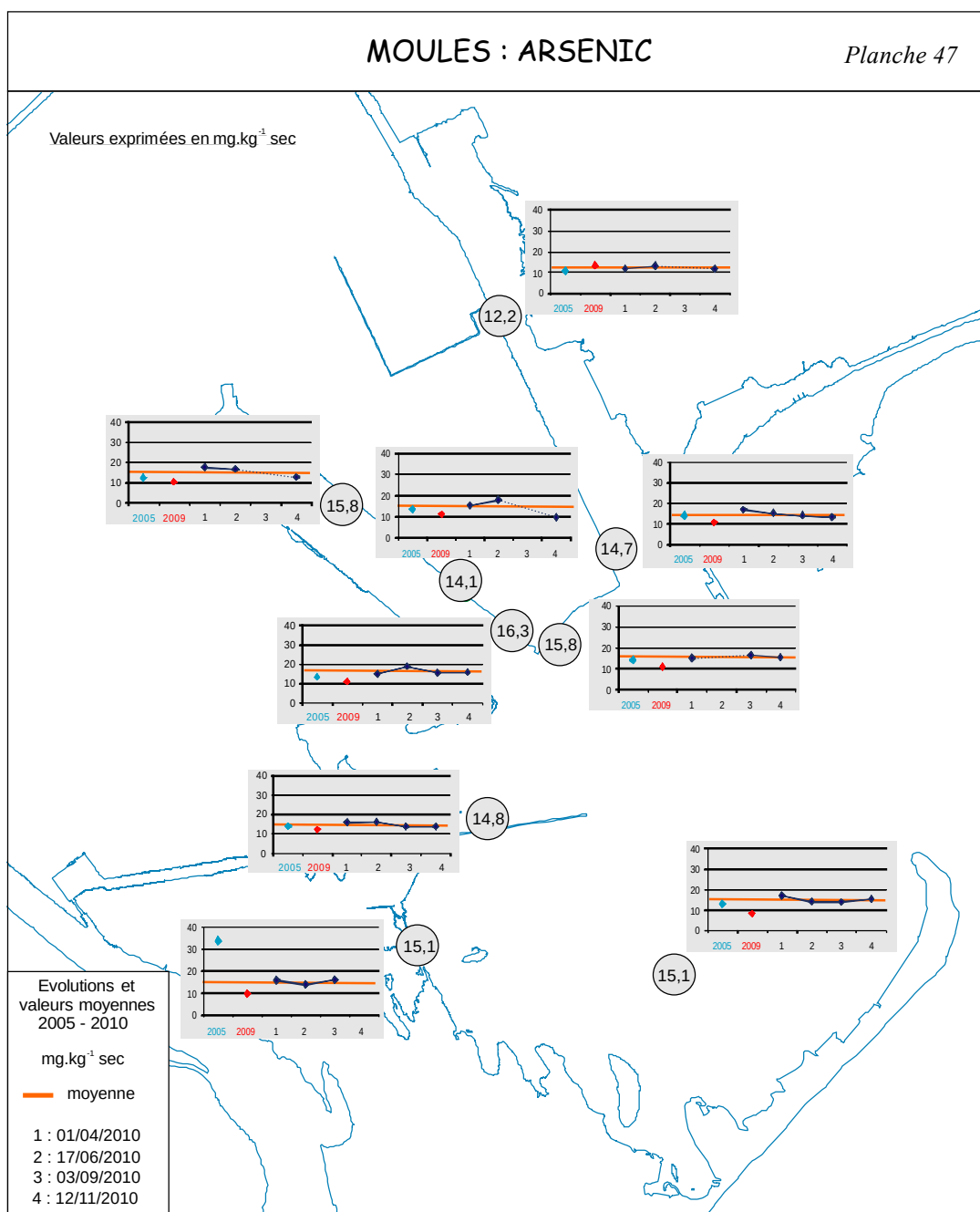




6.7. ARSENIC

6.7.1. DANS LES MOULES

- ☞ Les concentrations en arsenic dans la chair de moule varient peu en fonction des stations et en fonction des campagnes : les teneurs moyennes sont regroupées entre 12,2 et 16,3 ppm.
- ☞ Les extrêmes, sur 4 campagnes, s'écartent peu de ces moyennes : le maximum absolu approche 19 ppm (observé à la station MO4 en juin).
- ☞ Ces teneurs sont cohérentes avec celles relevées en 2005 et supérieures d'environ 50 % à celles observées en 2009, sauf à la station MO1 (où, avec 13,2 ppm, la teneur 2009 est légèrement supérieure à celle de 2010) et à la station MO8 (où la forte teneur relevée en 2005, supérieure à 33 ppm, n'a pas été confirmée en 2010).





6.7.2. DANS LES POISSONS

La chair des poissons prélevés recèle des teneurs en arsenic total très variables selon les espèces et le lot considéré : les résultats vont de moins de 5 ppm, pour le loup, à 90 - 105 ppm, respectivement pour le congre en novembre et pour la sole en juin.

On retrouve là les fortes différences liées à l'éthologie alimentaire des espèces analysées :

- ☞ Le loup présente, classiquement, des concentrations régulières et faibles. La moyenne, de 7 ppm p.s., est légèrement inférieure, mais globalement cohérente, avec la moyenne nationale (de l'ordre de 9 à 10 ppm p.s.).
- ☞ La dorade (avec légèrement plus de 15 ppm p.s, en moyenne sur trois échantillons composites) présente un niveau de contamination identique à la moyenne nationale.
- ☞ La sole, aux teneurs très variables (de 11 à 106 ppm p.s.), présente une moyenne de 43 ppm p.s. (notons que la moyenne nationale est de l'ordre de 70 ppm p.s.). Notons aussi que l'on observe bien un ratio classique de 6 à 7 entre les teneurs chez la sole et celles trouvées dans le loup ; les pleuronectes (poissons plats) concentrant plus l'arsenic total que les espèces pélagiques.
- ☞ Enfin, le congre présente, quant à lui, des concentrations régulièrement plus fortes, comprises entre 52 et 90 ppm p.s. (moyenne de 67 ppm p.s.).

Le maximum relevé, de près de 100 ppm p.s., constitue une valeur classique, et même plutôt basse, pour ce super-prédateur chez lequel des teneurs 6 à 7 fois plus élevées ont été observées par ailleurs.

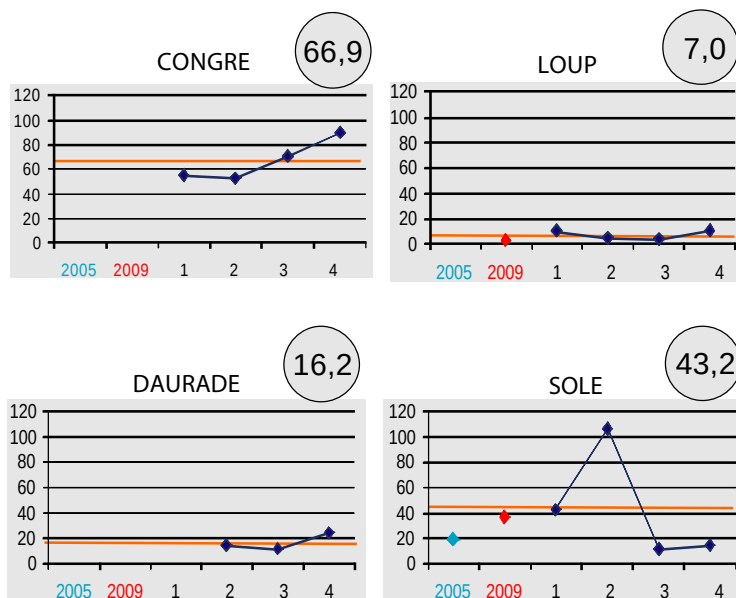
Ces concentrations sont cohérentes avec les quelques données exploitables recueillies en 2005 (sole) et en 2009 (sole et le loup).



ARSENIC

Planche 48

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec





6.8. ALUMINIUM

6.8.1. DANS LES MOULES

Nous manquons de références pour interpréter les teneurs de ce métal chez les mollusques.

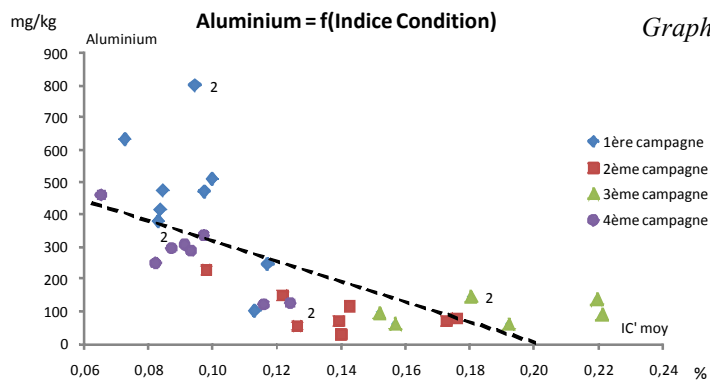
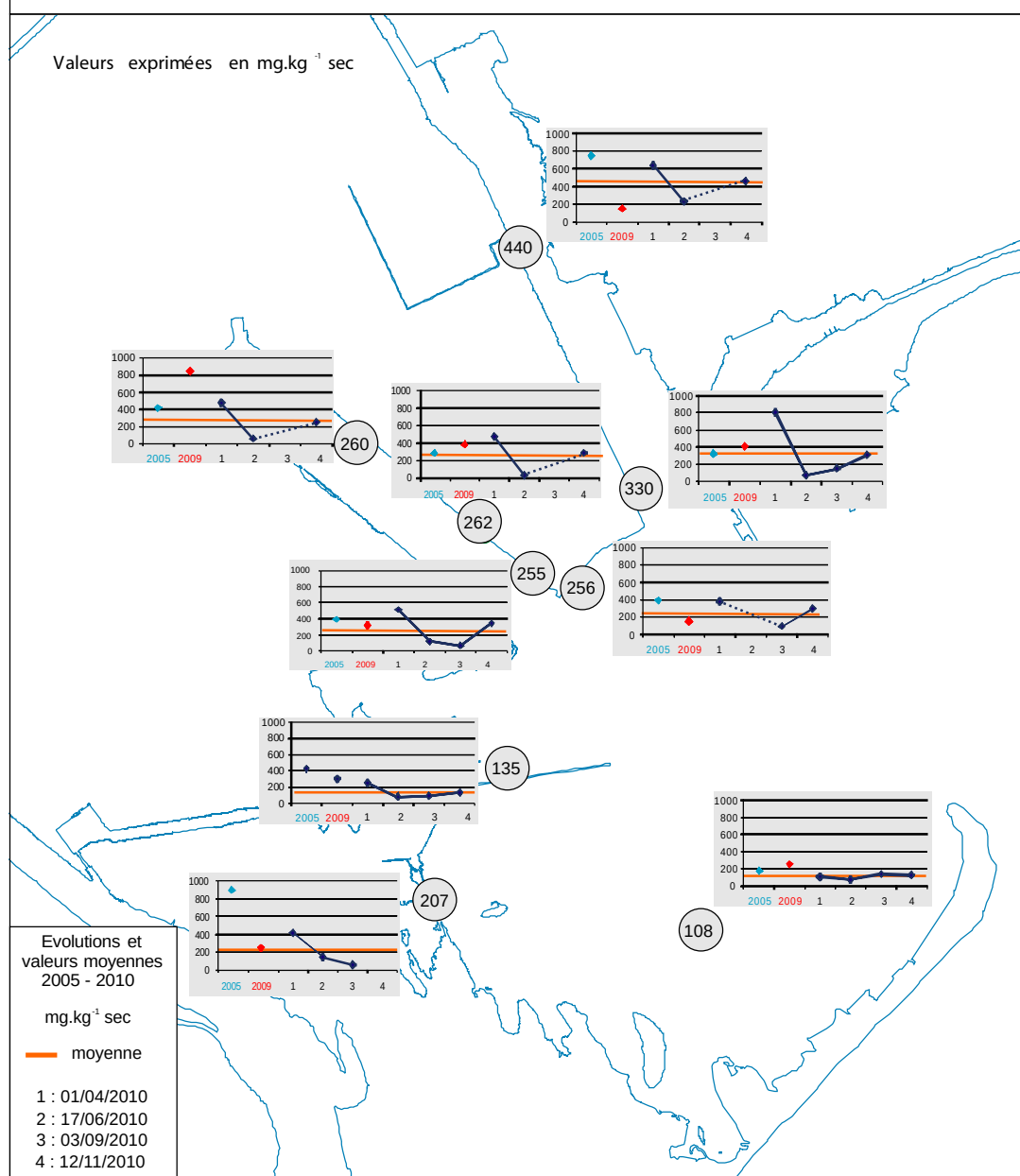
- ☞ On constate une évolution chronologique affectant toutes les stations (sauf la station MO9, apparemment stable), avec un maximum à la première campagne, des minima lors des campagnes de juin et de septembre et un maximum secondaire en novembre.
- ☞ Les valeurs absolues montrent :
 - ✓ De très fortes concentrations en Darse 1 (330 - 440 ppm de moyenne par station).
 - ✓ Des valeurs moyennes et homogènes au Caban et en Darse 2 (250 - 260 ppm).
 - ✓ Une teneur plus faible au canal Saint-Antoine (207 ppm de moyenne sur trois valeurs).
 - ✓ Et des niveaux nettement plus faibles sur les sites du canal Saint-Louis (125 ppm) et de Carteau.

Les teneurs de référence (campagnes 2005 et 2009), parfois dispersées, sont du même ordre de grandeur.



MOULES : ALUMINIUM

Planche 49



Graphe 37



6.8.2. DANS LES POISSONS

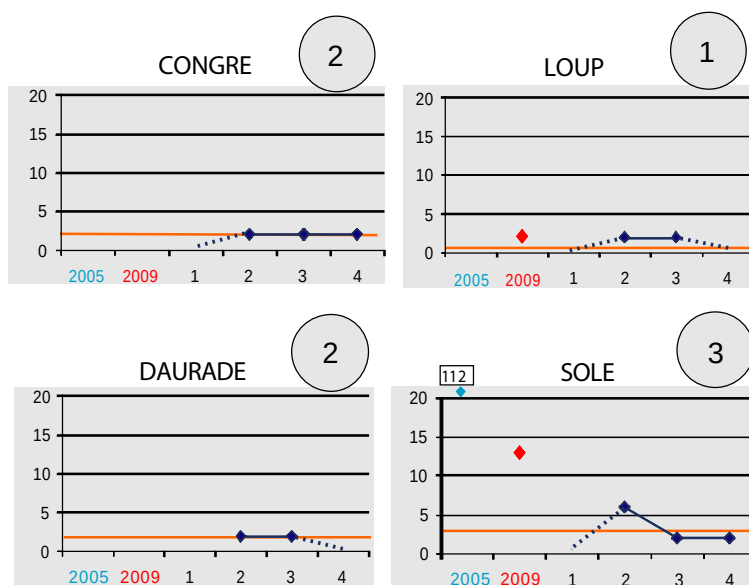
- ☞ Les teneurs sont très faibles, quelle que soit l'espèce considérée, parfois inférieures ou au niveau de la LQ.
- ☞ Chez la sole, ces concentrations sont nettement plus basses que celles relevées en 2009 et surtout en 2005.



ALUMINIUM

Planche 50

Valeurs exprimées en mg.kg^{-1} sec





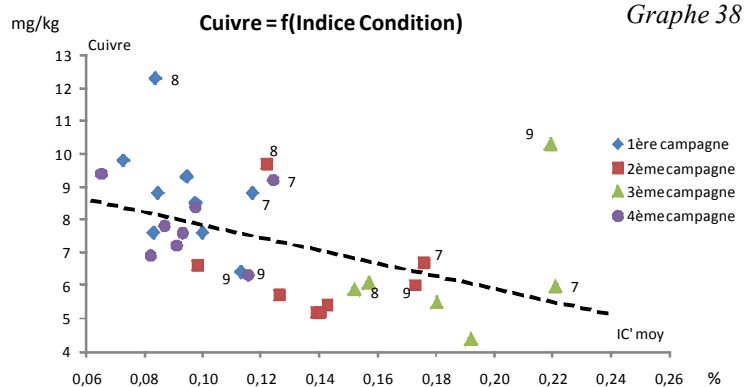
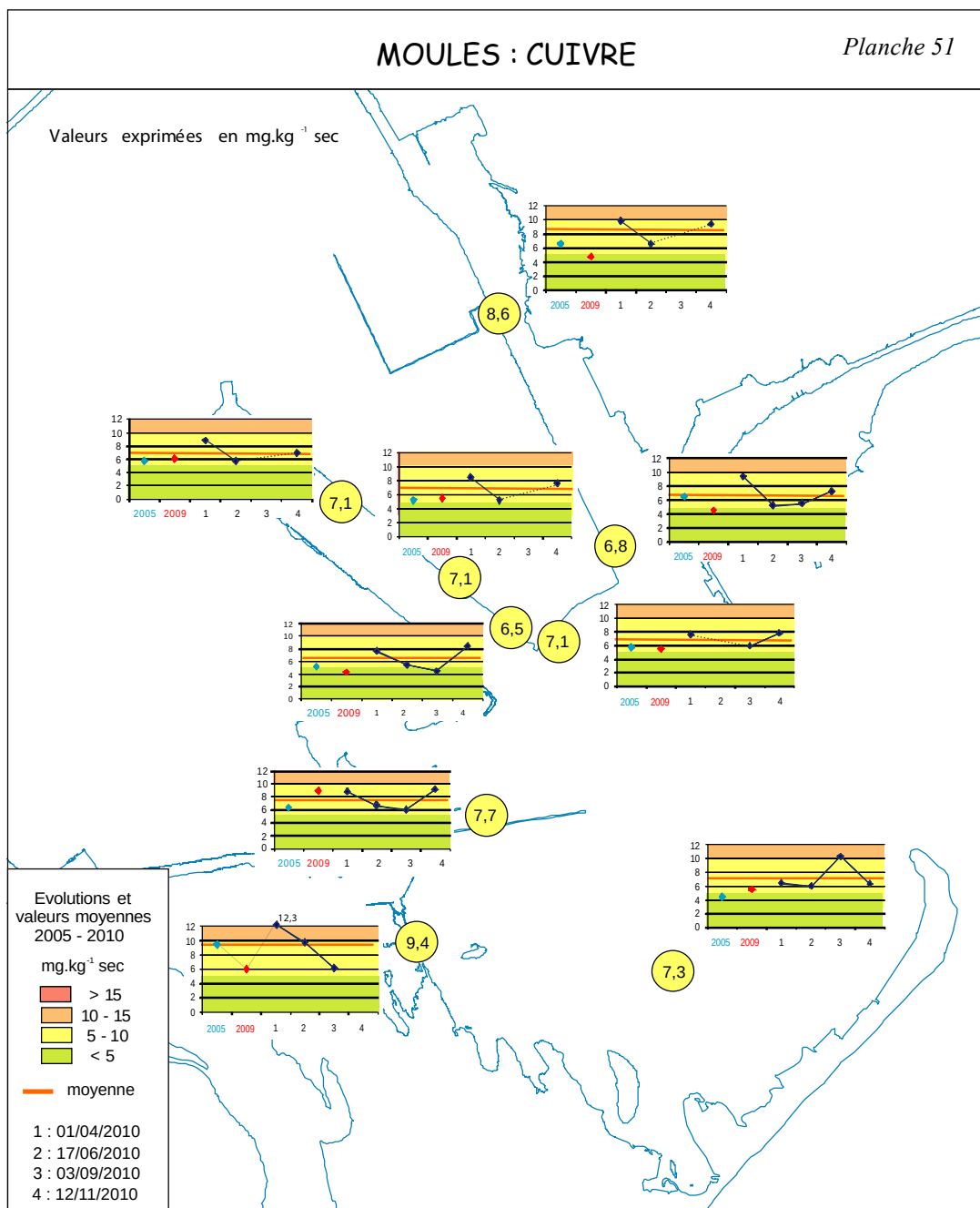
6.9. CUIVRE

6.9.1. DANS LES MOULES

Le cuivre est un métal essentiel intervenant dans les processus métaboliques des moules (cofacteur enzymatique). En conséquence, ces bivalves régulent leur teneur en cuivre en « tamponnant » les fluctuations pouvant être liées à leur milieu de vie.

Chez les moules, ces concentrations sont généralement stabilisées entre 6 et 8 mg.kg⁻¹ : la médiane nationale est évaluée à 6,2 ppm ; en Méditerranée, le RNO a relevé entre 4 et 70 mg.kg⁻¹ p.s. de cuivre, avec une médiane de 6,8 ppm.

- ☞ Les résultats obtenus sont globalement conformes à ce descriptif général, mais sont situés dans la moitié haute des gammes de concentrations rapportées (en moyenne, entre 6,5 et 9,4 ppm selon les stations) :
 - ✓ Le maximum relevé à la station MO8 (canal Saint-Antoine) est élevé (plus de 12 ppm).
 - ✓ Trois maxima secondaires sont voisins de 10 ppm (stations MO1 et MO2 durant la première campagne et station MO9 à la troisième campagne).
- ☞ Les fluctuations saisonnières sont nettes, avec un maximum au printemps et en automne, conformément aux données de la littérature portant sur le dosage des glandes digestives des moules.
- ☞ Si l'on tient compte de cette saisonnalité, les concentrations observées en 2010 sont cohérentes avec celles mesurées en 2005 et 2009. Notons que la campagne 2005 désignait déjà les moules du canal Saint-Antoine comme étant les plus contaminées (produits anti-salissures ? Influence rhodanienne ?)
- ☞ La corrélation avec les indices de condition montre bien une réduction des concentrations en cuivre lorsque les indices physiologiques augmentent.





6.9.2. DANS LES POISSONS

- ☞ Les teneurs moyennes en cuivre dans la chair des poissons varient peu : elles vont de 1,6 à 2,3 ppm p.s. selon l'espèce.

Les références pour ce métal sont très variables : pour le loup par exemple, l'AESN donne 2,0 ppm de moyenne en Manche, alors que, dans l'estuaire de la Seine, des teneurs très importantes sont rapportées (on trouve 70 à 80 ppm p.s. dans la chair du bar à l'estuaire et plus de 100 mg.kg⁻¹ humide pour les bars de la zone du Havre).

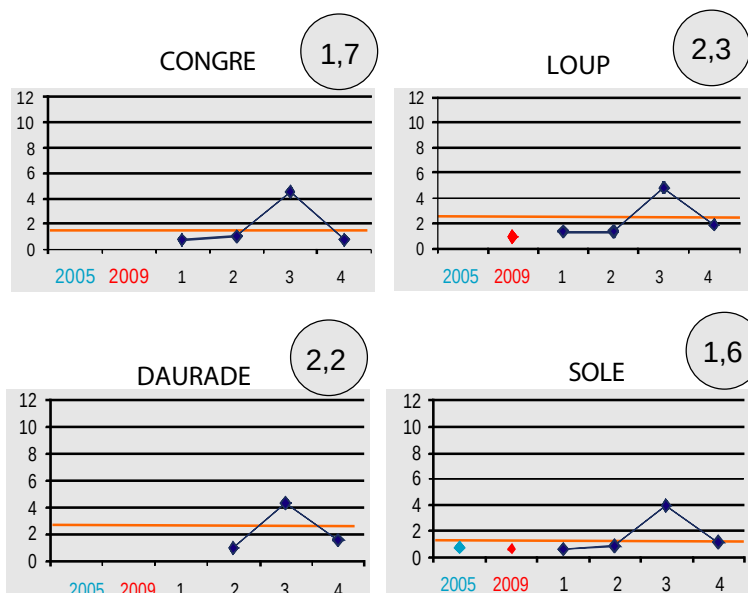
- ☞ Les teneurs obtenues chez les poissons marquent un maximum en été, contrairement à ce qui est observé sur la moule.
- ☞ Les quelques valeurs relevées en 2005 et 2009 sont du niveau des teneurs les plus faibles de 2010.



CUIVRE

Planche 52

Valeurs exprimées en $\text{mg.kg}^{-1} \text{ sec}$

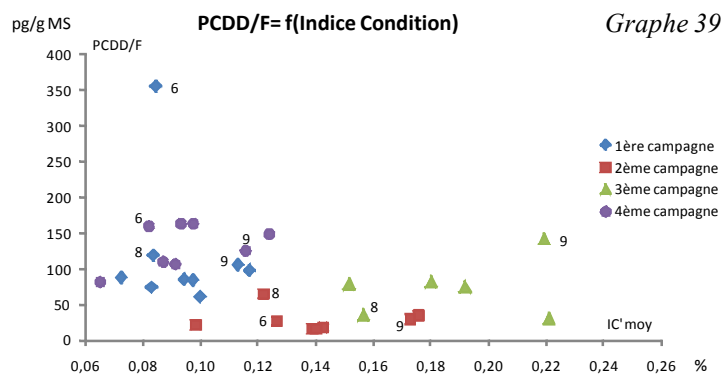
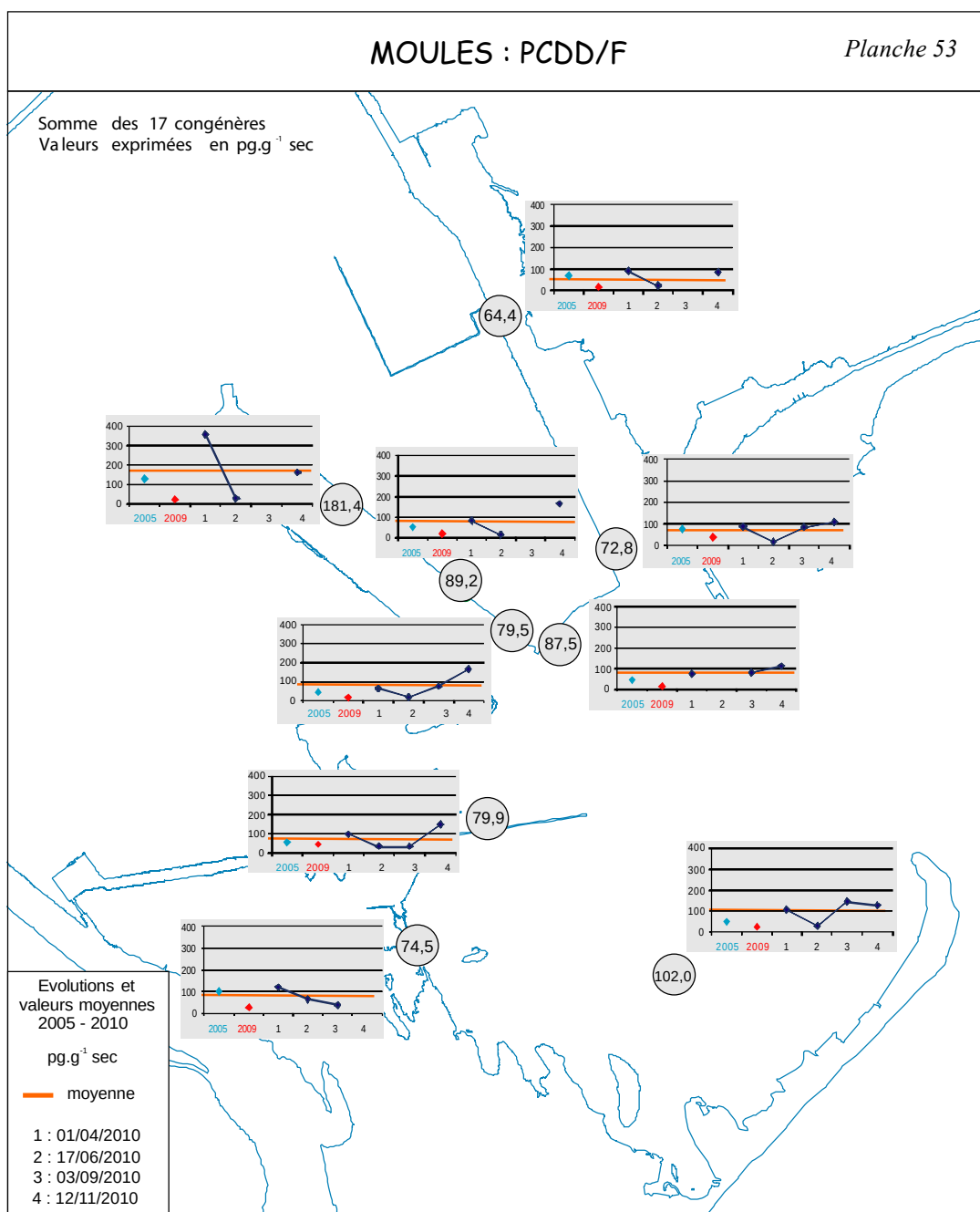




6.10. PCDD/Fs (POIDS EN VALEUR ABSOLUE)

6.10.1. DANS LES MOULES

- ☞ Les poids des 17 molécules de dioxines furannes dans la chair des moules, exprimés en pg.g^{-1} p.s., présentent, en 2010, des moyennes comprises entre 64 (au nord de la Darse 1) et 180 (au nord de la Darse 2).
- ☞ Leur répartition géographique est très différente de celle observée sur la matrice sédimentaire :
 - ✓ Les moules de la Darse 1 (station MO1 et MO2) sont les moins chargées en dioxines (respectivement 64 et 73 pg.g^{-1} p.s. de moyenne). Elles montrent une évolution temporelle similaire.
 - ✓ Les moules de la station MO8 (canal Saint-Antoine) présentent une teneur faible (75 pg.g^{-1}).
 - ✓ La majeure partie des stations de la Darse 2 et du Caban Sud ont des teneurs comprises entre 87 et 180 pg.g^{-1} (seule la station MO4 présente une moyenne légèrement plus faible, de 80 pg.g^{-1} , comme d'ailleurs la station MO7 de la Darse 3).
 - ✓ Enfin, la station de Carteau accuse la teneur la plus forte (102 pg.g^{-1} p.s.).
- ☞ Toutes les stations présentent un minimum en juin.
- ☞ La station MO6, au nord de la Darse 2, présente une teneur exceptionnelle, de plus de 350 pg.g^{-1} , en avril, teneur quatre fois plus forte que celles relevées simultanément sur les deux autres stations de la Darse 2. Cette valeur est restée isolée.
- ☞ Un essai de normalisation ne montre pas de relation entre les teneurs en dioxines et les indices de condition des lots de moules. Les deux seuls résultats « émergeant » du nuage de points sont ceux relevés à la station MO6 lors de la première campagne et à la station MO9 à la troisième campagne.





- ☞ Les niveaux de 2005 sont du même ordre que les moyennes de 2010, alors que ceux relevés en 2009 sont légèrement inférieurs.
- ☞ Les « profils » déterminés par les proportions relatives des différents congénères classent les 17 molécules dans l'ordre pondéral décroissant indiqué sur la planche 53.
- ☞ Une représentation identique, présentée par campagne, est reportée à l'annexe 3, pages A227, A229, A231 et A233,

Il ressort de ces documents :

- ☞ Une variabilité des profils pour une même station en fonction de la saison, exception faite pour la station MO8 (canal Saint-Antoine), homogène dans le temps.
- ☞ Qu'un regroupement en « familles de profils » n'est pas toujours évident :
 - ✓ Lors de la première campagne, on identifie trois groupes : les stations MO1, 2, 3, 7 et 8 d'une part, MO4 et MO5 d'autre part, et enfin MO6 et MO9.
 - ✓ La deuxième campagne regroupe les stations MO1, 2, 4, 5 et 6 d'une part et MO7, 8 et 9 d'autre part.
 - ✓ Aucun regroupement ne ressort des résultats de la troisième campagne.
 - ✓ La quatrième campagne permet d'identifier quatre profils-type (MO2, 4, 5) - (MO3, 6) - (MO7, 9) - (MO1).

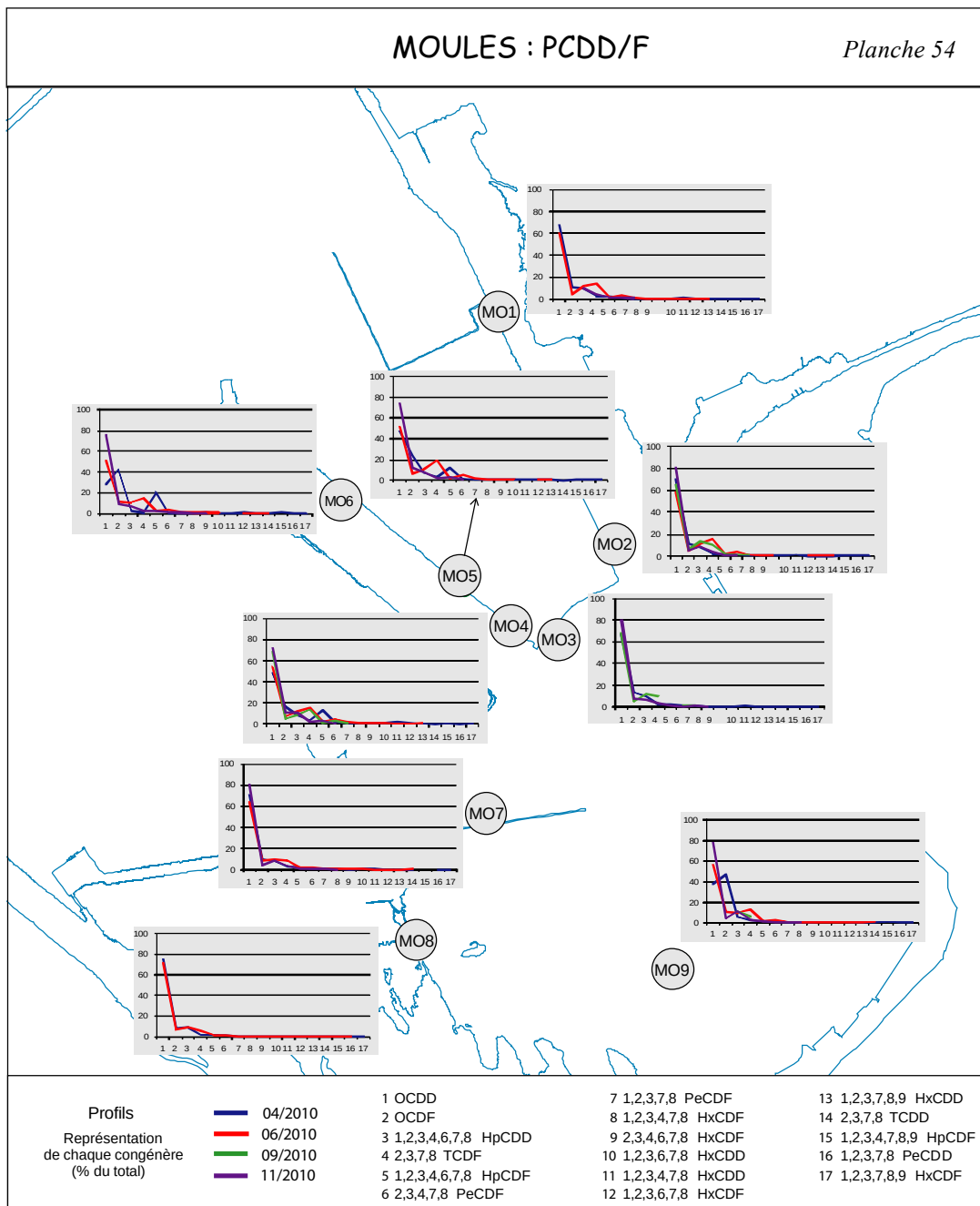
On constate donc que :

- ☞ Les profils des stations de la Darse 1 sont proches lors des deux premières campagnes, mais sont différents en décembre.
- ☞ La station MO9 (Carteau) présente un profil voisin de celui de la station MO6 lors de la première campagne, de la station MO7 en novembre et des stations MO7 et MO8 en juin.
- ☞ Seules les stations MO4 et MO5 présentent des profils voisins au cours des trois campagnes où elles ont pu être échantillonnées.



MOULES : PCDD/F

Planche 54





6.10.2. DANS LES POISSONS

- ☞ Les teneurs en dioxines dans le muscle des poissons pêchés en novembre sont très élevées par rapport à celles des deux (ou trois) campagnes précédentes.

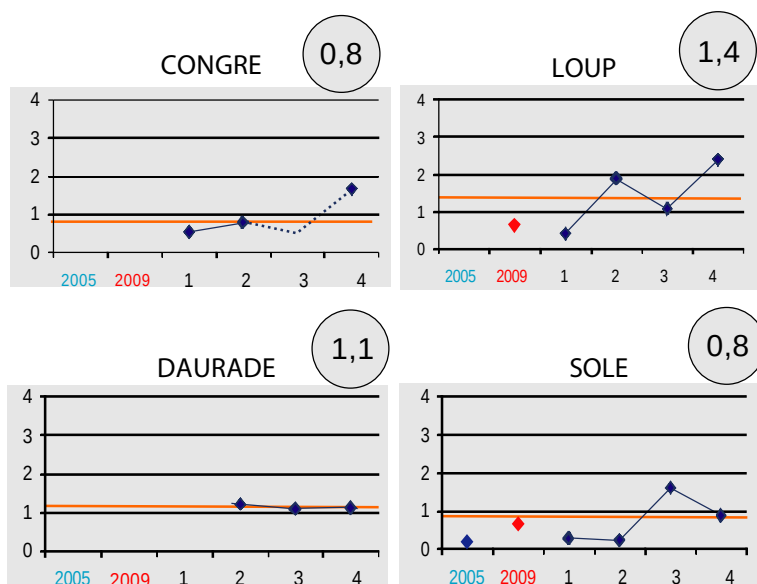
Dans le congre, par exemple, on passe de la LQ en septembre à 82 pg.g^{-1} p.s. en novembre ; pour la sole, de 5 à 35 pg.g^{-1} dans le même temps.

- ☞ Les moyennes, influencées par les derniers résultats, ressortent à 25 pg.g^{-1} pour le congre, 17 pg.g^{-1} pour le loup, suivi de près par la dorade, avec 15 pg.g^{-1} , puis, enfin, à 13 pg.g^{-1} pour la sole.
- ☞ Sur les trois premières campagnes, les moyennes sont respectivement de 6,2 (congre), 10,5 (loup), 9,9 (dorade) et $5,6 \text{ pg.g}^{-1}$ (sole).

I-TEQ PCDD/F *Planche 55*

Somme des 17 congénères

Valeurs exprimées en TEQ pg.g^{-1} sec





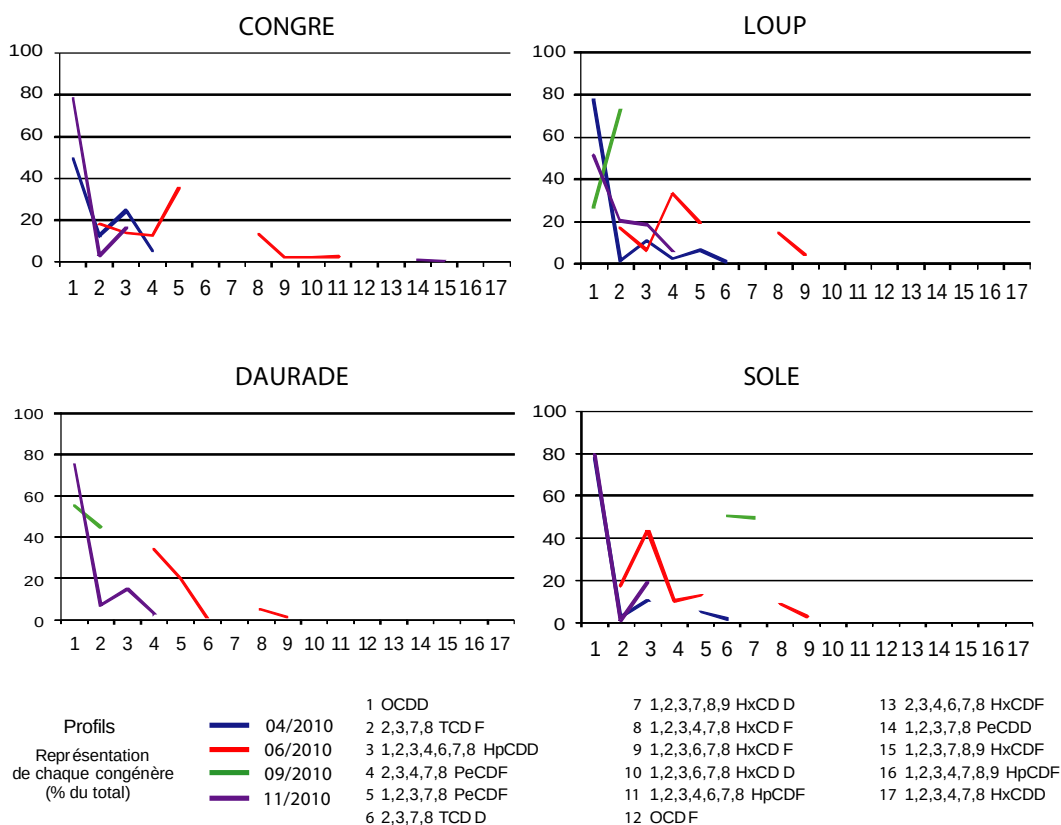
☞ Les profils sont généralement différents de ceux observés chez les moules.

Cette différence d'empreinte pourrait s'expliquer par des rendements de biotransformation par le catabolisme des poissons différents selon les congénères.

☞ Notons que, selon le classement obtenu, la 2378 TCDF, en quatrième place chez la moule, occupe le deuxième rang parmi les congénères les plus représentés chez le poisson.

POISSONS : PCDD/F

Planche 56





6.11. PCDD/Fs (EN I-TEQ)

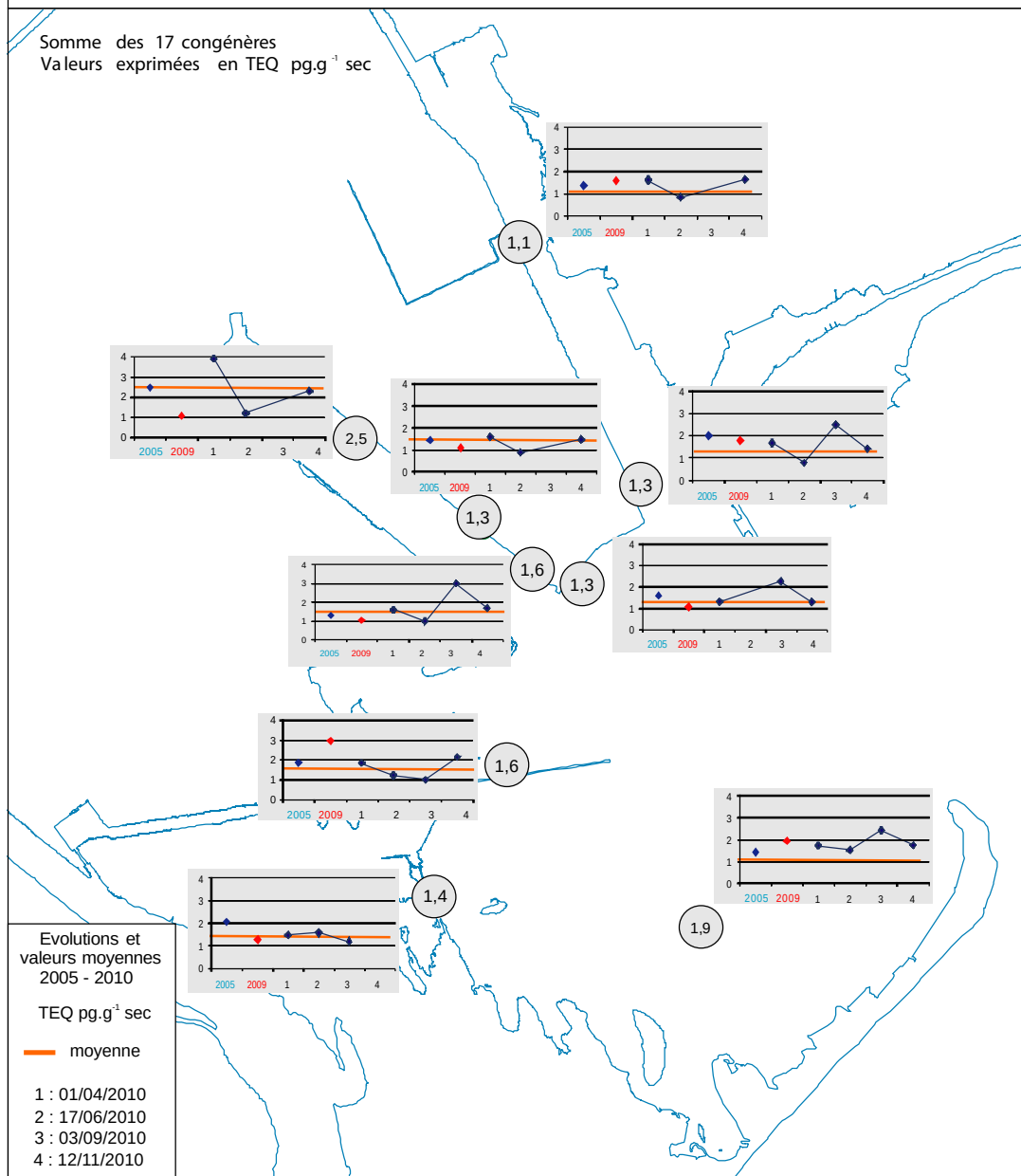
6.11.1. DANS LES MOULES

- ☞ L'expression, dans la matière vivante, des PCDD/Fs en «toxicité équivalente en dioxine», après transformation par I-TEF (facteur de toxicité équivalente OMS 1998) est devenue courante, bien que son intérêt environnemental ne soit pas évident.
- ☞ Les valeurs obtenues sont légèrement plus regroupées que les valeurs brutes : entre 1,2 et 2,5 pg.g⁻¹ p.s. (facteur de 2,3 entre extrema, contre 2,9).
- ☞ Le classement des sites n'est pas modifié par cette expression en I-TEQ.
- ☞ Dans l'absolu, la moyenne nationale dans les moules (selon l'étude CALIPSO) est de l'ordre de 1,1 pg.g⁻¹ TEQ OMS 98 p.s. (0,228 en poids frais) ; soit, le minimum des niveaux moyens relevés lors des campagnes 2010.



MOULES : I-TEQ PCDD/F

Planche 57





6.11.2. DANS LES POISSONS

- ☞ Les I-TEQ sont, en intégrant la quatrième campagne, de $0,8 \text{ pg.g}^{-1} \text{ p.s.}$ pour le congre et la sole, $1,20 \text{ pg.g}^{-1}$ pour la dorade et de $1,4 \text{ pg.g}^{-1}$ pour le loup.

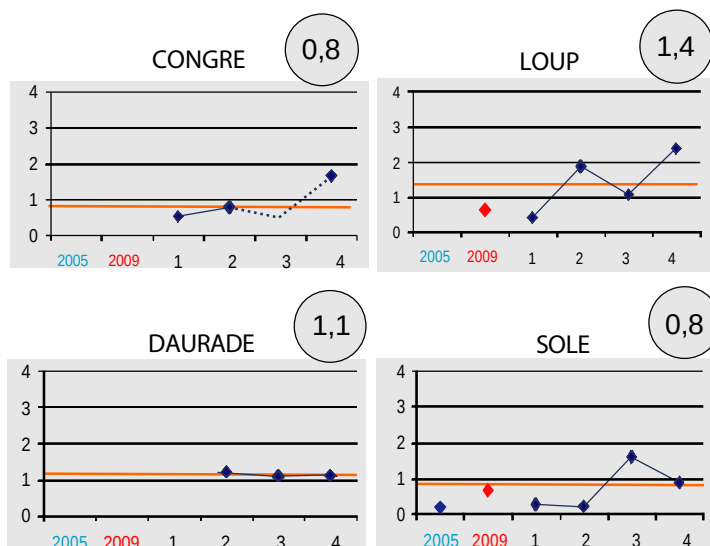
La « moyenne nationale » proposée par CALIPSO est (pour 23 % de poids sec) :

- ☞ 3,5 fois plus faible pour la sole ($0,23 \text{ pg.g}^{-1} \text{ p.s.}$),
- ☞ supérieure de 50 % pour la dorade ($1,65 \text{ pg.g}^{-1}$),
- ☞ et deux fois plus forte pour le loup ($2,8 \text{ pg.g}^{-1}$).



POISSONS : I-TEQ PCDD/F *Planche 58*

Somme des 17 congénères
Valeurs exprimées en TEQ pg.g⁻¹ sec





6.12. DL-PCB (POIDS EN VALEUR ABSOLUE)

6.12.1. DANS LES MOULES

- ☞ Les teneurs en « PCB de type dioxines » (DL-PCB) dans la chair des moules présentent, dans la zone d'étude, des concentrations croissantes du nord vers le sud :
 - ✓ de l'ordre de 5 ng.g^{-1} p.s. dans le nord des Darses 1 et 2,
 - ✓ elles atteignent 6 à 7 ng.g^{-1} p.s. au sud du Caban,
 - ✓ puis, on relève une teneur de $7,6 \text{ ng.g}^{-1}$ p.s. au canal Saint Louis et de 8 ng.g^{-1} au canal Saint-Antoine,
 - ✓ et, pour finir, plus de 11 ng.g^{-1} p.s. sur le site de Carteau.
- ☞ Notons que ce classement est, sans doute, biaisé par une troisième campagne atypique (absence de mesures à l'intérieur des darses, et un résultat particulièrement fort à Carteau).
- ☞ Remarquons que cette répartition géographique ne suit pas celle observée pour les dioxines, où le maximum était relevé en Darse 2.
- ☞ L'évolution au cours des saisons est peu perceptible. Tout au plus note-t-on un maximum en septembre, globalement peu accusé, sauf au sud du golfe, où il est plus net aux stations MO8 et MO9.
- ☞ Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus lors des campagnes de référence (très proches de 2009 et légèrement inférieurs à ceux de 2005).

Planche 59

Valeurs exprimées en $\text{ng.g}^{-1} \text{sec}$

4,8

5,3

5,7

7,3

6,5

7,6

8,0

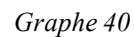
11,3

Evolution et valeurs moyennes 2005 - 2010

$\text{ng.g}^{-1} \text{sec}$

moyenne

1: 01/04/2010
2: 17/06/2010
3: 03/09/2010
4: 12/11/2010





6.12.2. DANS LES POISSONS

Les concentrations en DL-PCB sont très variables d'une espèce à l'autre :

- ☞ La sole présente des teneurs régulièrement basses, avec une moyenne de $7,2 \text{ ng.g}^{-1}$.
- ☞ La dorade accuse une légère tendance à la hausse, du printemps à la fin de l'automne. Sa moyenne est de $16,5 \text{ ng.g}^{-1}$.
- ☞ Le loup montre des teneurs plus élevées (avec une moyenne de $40,7 \text{ ng.g}^{-1}$), croissantes au cours du temps.
- ☞ Enfin, le congre révèle des concentrations irrégulières, avec deux résultats de l'ordre de 25 ng.g^{-1} p.s. en avril et en septembre, et deux teneurs élevées, en juin et en novembre (respectivement 112 et 163 ng.g^{-1} p.s.).



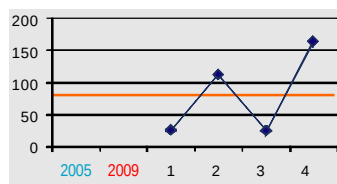
DL-PCB

Planche 60

Somme des 17 congénères
 Valeurs exprimées en $\text{ng.g}^{-1} \text{sec}$

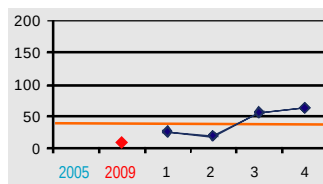
CONGRE

81,5



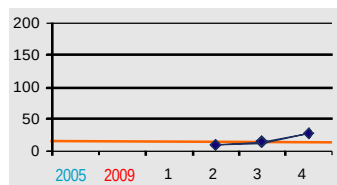
LOUP

40,7



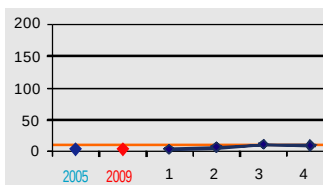
DAURADE

16,5



SOLE

7,2





6.13. DL-PCB (EN I-TEQ)

6.13.1. DANS LES MOULES

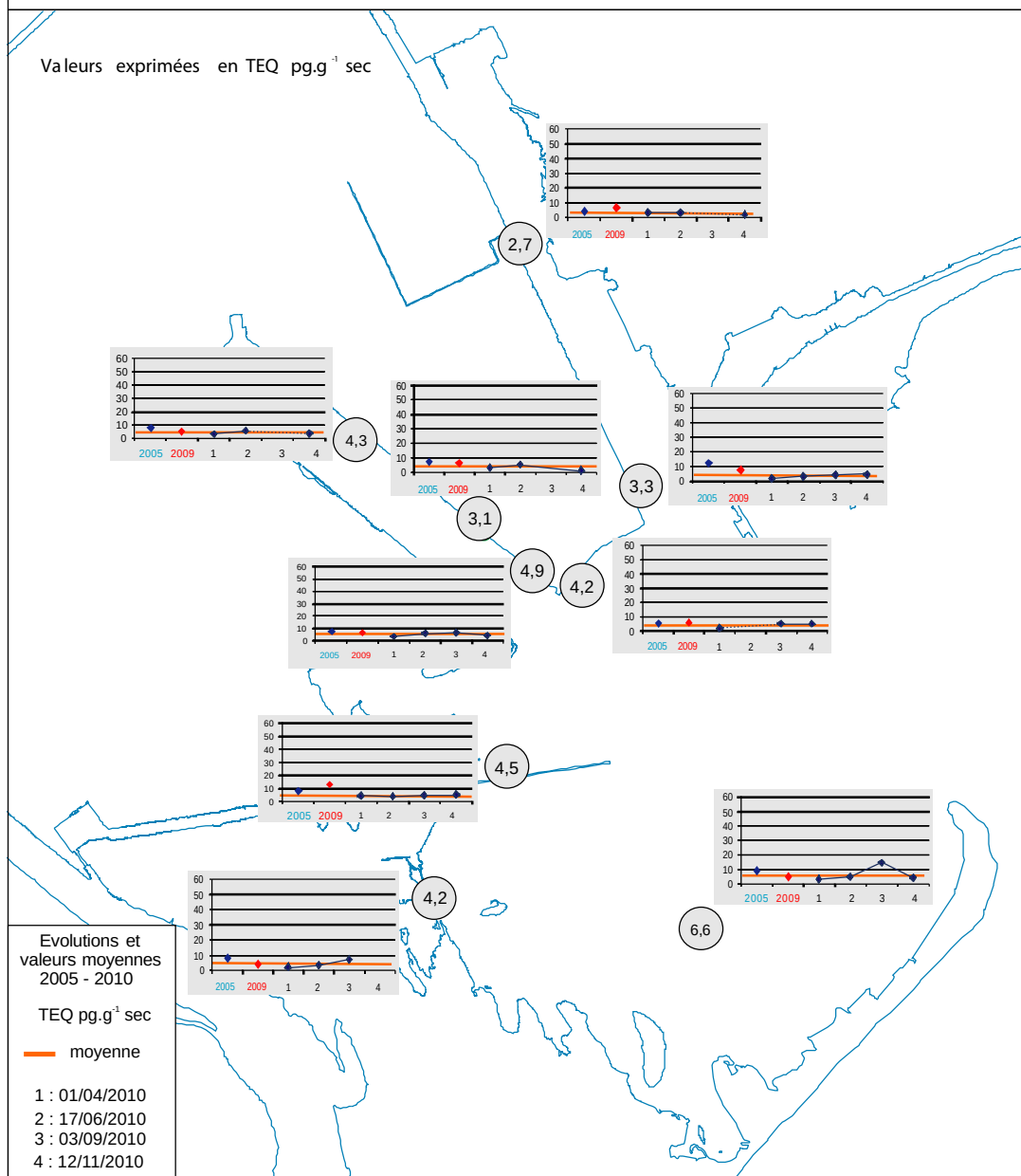
Les concentrations en DL-PCB exprimées en I-TEQ sont représentées sur la planche 60 avec une échelle adaptée aux teneurs élevées, relevées, pour le même paramètre, chez les poissons (maximum de l'axe fixé à 60 pg.g⁻¹).

- ☞ On observe, chez les moules, des «niveaux exprimés en I-TEQ» variant entre 2,7 pg.g⁻¹ (station MO1) et 6,6 pg.g⁻¹ (station MO9, «Carteau»), répondant à la même répartition spatiale que celle des teneurs brutes.
- ☞ Le principal intérêt de cette représentation est de permettre une comparaison avec les niveaux exprimés en I-TEQ publiés dans la littérature. À titre d'exemple, le niveau moyen «national» cité par CALIPSO est de l'ordre de 1,7 pg.g⁻¹ p.s. TEQ (0,334 poids frais) : les résultats en DL-PCB recueillis dans le golfe de Fos, seraient donc 1,6 à 4 fois plus élevés que cette moyenne nationale.
- ☞ L'autre intérêt est la comparaison avec les résultats obtenus sur les poissons.



MOULES : I-TEQ DL-PCB

Planche 61





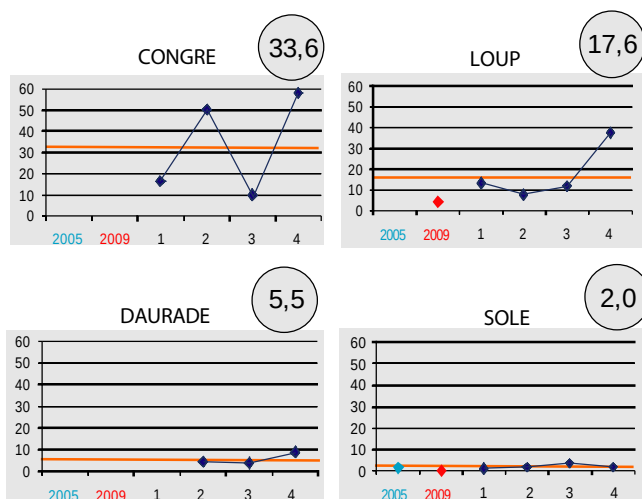
6.13.2. DANS LES POISSONS

- ☞ La gamme obtenue est large : les moyennes s'étirent entre 2 pg.g⁻¹ p.s. chez la sole à plus de 30 pg.g⁻¹ chez le congre.
- ☞ Si l'on compare ces valeurs aux moyennes nationales de l'étude CALIPSO, on constate que l'on débouche sur le même classement de la contamination des espèces vis-à-vis de ce paramètre. On peut souligner quelques nuances :
 - ✓ La sole présente des teneurs faibles, mais tout de même trois fois supérieures à la moyenne nationale (de 0,7 pg.g⁻¹).
 - ✓ La dorade, à l'inverse, avec 5,5 pg.g⁻¹ de moyenne sur trois campagnes, est inférieure de 43 % au niveau cité par CALIPSO (9,6 pg.g⁻¹).
 - ✓ Le loup est crédité d'une concentration moyenne de 17,6 pg.g⁻¹, légèrement supérieure à la moyenne nationale (14 pg.g⁻¹).
 - ✓ Le congre, conformément à sa qualité de super-prédateur, obtient un niveau moyen de 33,6 pg.g⁻¹ (du même ordre que la teneur moyenne observée chez la sardine dans le rapport CALIPSO).
- ☞ On constate, qu'excepté pour la sole, les teneurs dans les poissons sont largement supérieures à celles relevées chez les moules (d'un facteur 2 à 10 environ).
- ☞ Ces résultats sont cohérents avec ceux obtenus en 2005 et 2009 sur la sole, et supérieurs à ceux recueillis sur le loup en 2009.



I-TEQ DL-PCB *Planche 62*

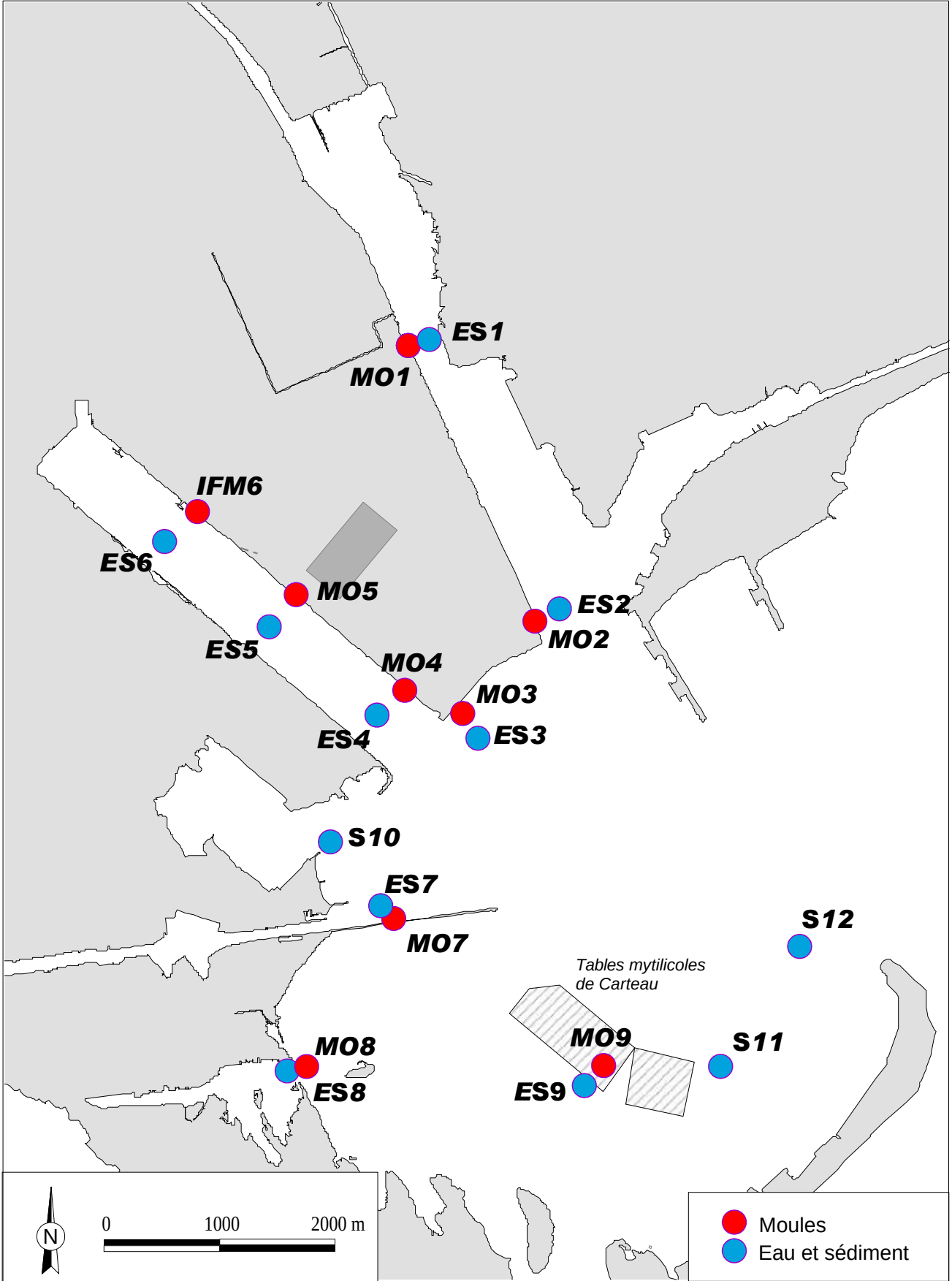
Somme des 17 congénères
Valeurs exprimées en TEQ $\text{pg.g}^{-1} \text{sec}$

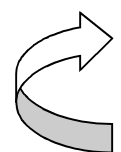




..... * Centre de Traitement Multifilières de Déchets Ménagers de Fos-sur-Mer*
..... - Suivi du milieu marin : année 2010 -
.....

STATIONS DE PRÉLÈVEMENT





Déplier

